

# SAIE LAB

Laboratori itineranti del saper fare

## 5<sup>a</sup> tappa :Ricostruzione in zona sismica

📍 Pescara, Auditorium Petruzzi c/o Museo delle Genti D'Abruzzo

📅 Giovedì 29 giugno 2023 – ore 09.30

In collaborazione con



ORDINE DEI GEOLOGI  
Regione Abruzzo

Con il patrocinio di



MAIN SPONSOR



EVENT SPONSOR



Progetto e direzione



Prossima edizione



**SAIE BARI 2023**  
La Fiera delle Costruzioni  
progettazione, edilizia, impianti  
19/21 ottobre

**Titolo Intervento :** L'analisi strutturale degli edifici in muratura: da Sisto Mastrodicasa alle NTC 2018

**Nome Relatore :** Prof. Ing. Antonio Borri

Già Ordinario di Scienza delle Costruzioni  
nell'Università degli Studi di Perugia  
Presidente Onorario del Centro Studi Mastrodicasa  
Fondatore e Coordinatore del Master in "Restauro e consolidamento  
del costruito storico e monumentale"



**CONSERVARE LE PROPRIE RADICI:  
LA CULTURA INGEGNERISTICA PER LE COSTRUZIONI MURARIE**

**100 ANNI DI CONOSCENZA E DI ANALISI DELLE COSTRUZIONI MURARIE....**

**DALL'INGEGNERE CHE «PARLAVA CON I MURI» AI TECNICI DELLA «REALTÀ VIRTUALE»  
(EVOLUZIONE O INVOLUZIONE? «MODELLOPATIA» E «TIRANNIA DELL'ALGORITMO»)**

*Premessa: sono solo alcune riflessioni **di carattere generale** che spero non appaiano come i discorsi di un anziano brontolone e nostalgico .....*

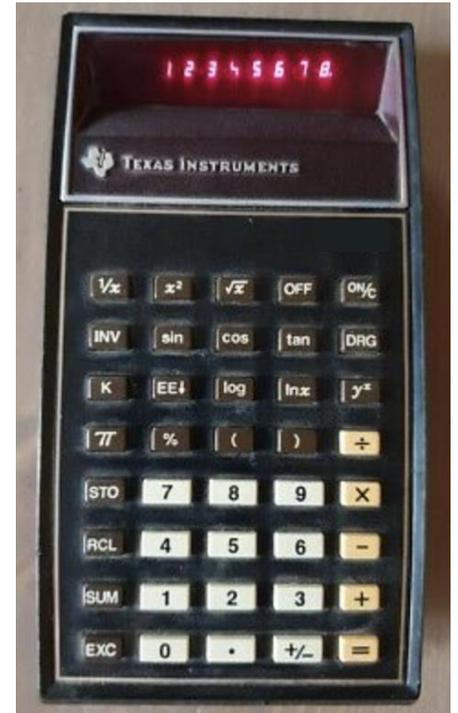
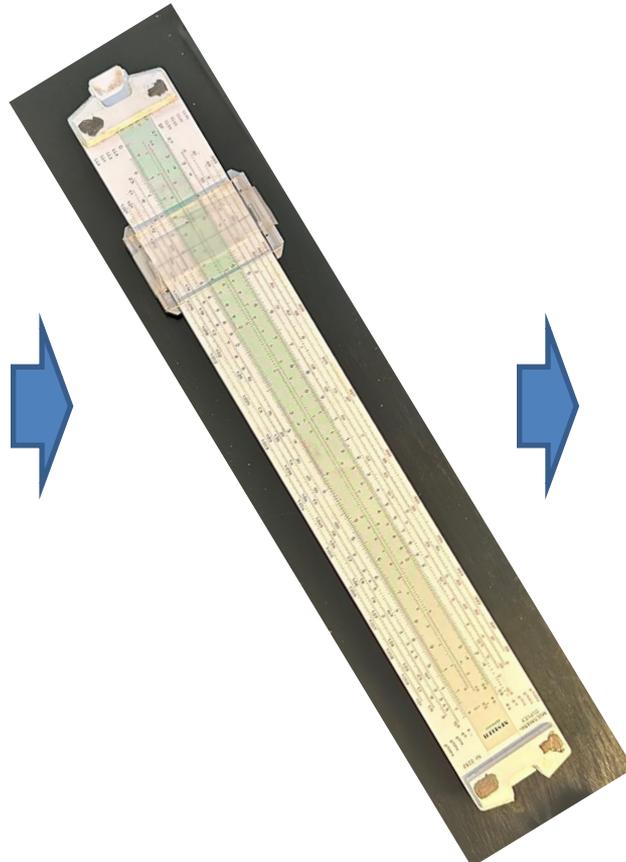
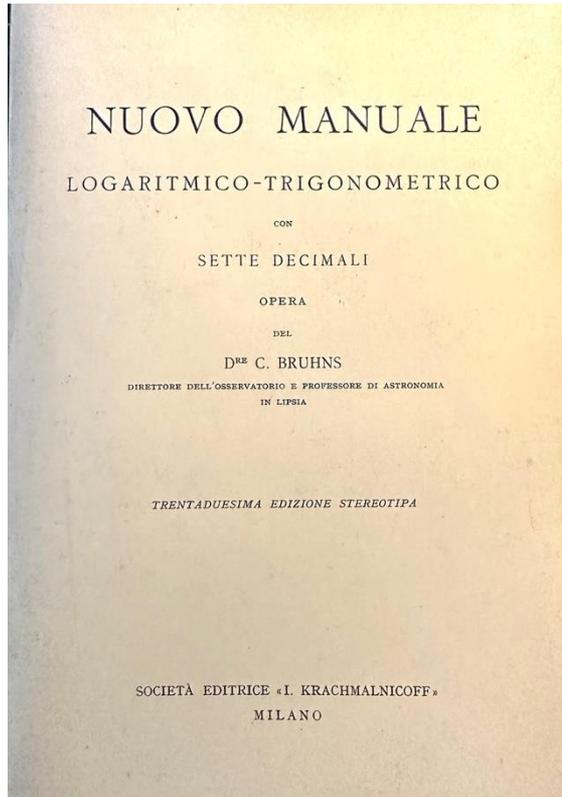
*Andava meglio  
quando andava  
peggio!*



*In realtà, del passato c'è poco da rimpiangere:*

CERTO NESSUN RIMPIANTO PER GLI STRUMENTI PER IL CALCOLO ...

ANNI '70



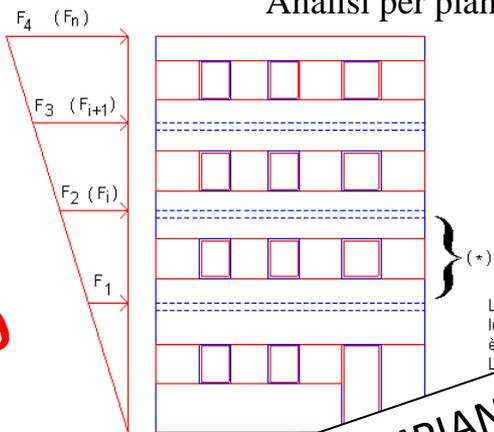


# Metodo POR

Solo pareti direzione sisma;  
analisi secondo due  
direzioni;  
T ripartita secondo rigidezza

ANNI '80

Analisi per piani



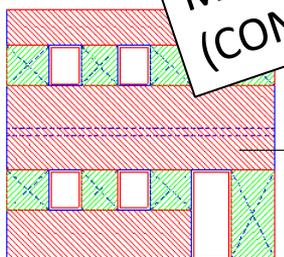
La legge di distribuzione delle forze  
lungo l'altezza dell'edificio  
è di tipo lineare  
La forza



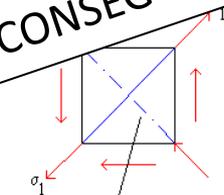
NESSUN RIMPIANTO PER UN METODO CHE HA  
RAPPRESENTATO, PER LE COSTRUZIONI IN  
MURATURA, UNA «TIRANNIA DELL'ALGORITMO»  
(CON CONSEGUENZE SPESSO MOLTO NEGATIVE)

Verifica massiccia

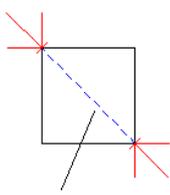
Rottura a taglio dei massicci



Edificio di limitata altezza (2 o 3 piani)

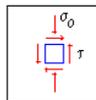


Lesione ortogonale  
alla direzione principale  
di trazione

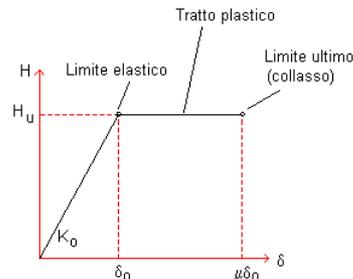


Lesione a 45°  
come in (a)

(c) Stato di tensione  
ipotizzato  
al centro  
del pannello



Legame muratura  
elastico - plastico



Verifica solo a taglio;  
poi introdotta anche a pressoflessione.

**ANNI '80**  
(→ 2009)

**PRASSI OPERATIVA:  
MODELLAZIONE POR SEMPRE E COMUNQUE  
PROGETTO «GUIDATO» DAI RISULTATI DEL POR**

Documento Tecnico 2 (Friuli)

D.M. 30.07.1981 (Irpinia)

Metodo POR

→ Sostituzione di solai

→ Interventi

**NESSUN RIMPIANTO PER UN METODO CHE HA  
RAPPRESENTATO, PER LE COSTRUZIONI IN  
MURATURA, UNA «TIRANNIA DELL'ALGORITMO»  
(CON CONSEGUENZE SPESSO MOLTO NEGATIVE)**

pro-cemento



**DOBBIAMO IMPARARE DAGLI ERRORI  
(per non rifarli ....)**

## DANNI DA NORMATIVA («TIRANNIA DELL'ALGORITMO»)

Friuli '76: POR (→ sostituzione solai e coperture lignee, cordoli in breccia)

Umbria '79 «Protocollo B.»

Irpinia '80: iniezioni di cemento

DM '96 ....

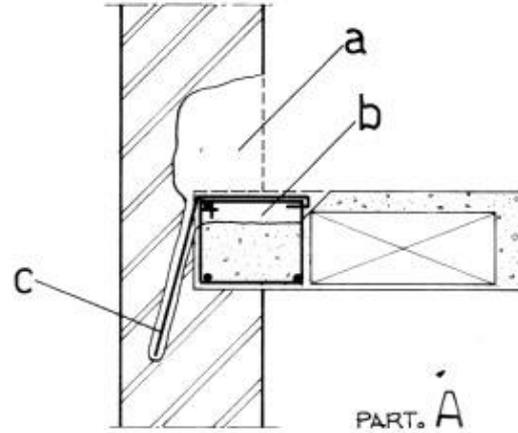
Elenco lunghissimo di danni e lutti .... che purtroppo si allungherà ancora.

Danni maggiori al tessuto tradizionale, ma non solo.

**DOBBIAMO IMPARARE DAGLI ERRORI**

**(per non rifarli ...)**

Cosa si  
pensava negli  
anni '80:



Collegamenti tra solaio e murature verticali

**DOBBIAMO IMPARARE DAGLI ERRORI**  
**(per non rifarli ...)**

# NORME TECNICHE DEL 1996

**D.M. 16 gennaio 1996 <sup>(1)</sup>.**

**Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche <sup>(2)</sup>.**

-----  
(1) Pubblicato nella Gazz. Uff. 5 febbraio 1996, n. 20.

(2) Il presente provvedimento è anche in vigore dalla [legge 2 febbraio 1974, n. 64](#).

**NESSUN RIMPIANTO PER NORME CHE IGNORAVANO  
(QUASI DEL TUTTO) IL COMPORTAMENTO DELLE  
COSTRUZIONI IN MURATURA.**

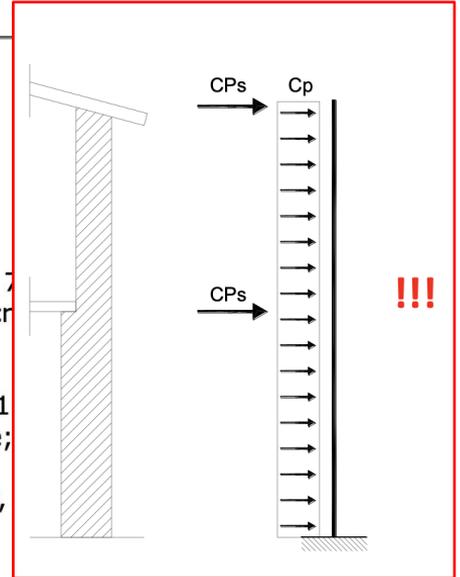
L. 2

IL MINISTRO DELL'INTERNO

Vista la [legge 2 febbraio 1974, n. 64](#), pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 7 del 3 marzo 1974, recante: «Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche».

Visto il [D.M. 24 gennaio 1986](#), pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 108 del 15 gennaio 1986, di approvazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche;

Ritenuto che, in forza dell'art. 3, primo comma, della citata [legge n. 64/1974](#),



Certo che, ai tempi di Sisto...

le norme tecniche erano molto più «snelle»



# NORME TECNICHE DEL 1935

**REGIO DECRETO LEGGE 25 MARZO 1935, n. 640** (*GU n. 120 del 22/05/1935*)

**NUOVO TESTO DELLE NORME TECNICHE DI EDILIZIA CON SPECIALI PRESCRIZIONI PER LE LOCALITÀ COLPITE DAI TERREMOTI. (PUBBLICATO NELLA GAZZETTA UFFICIALE N.120 DEL 22 MAGGIO 1935)**

PD: S9353854

URN: urn:nir:stato:regio.decreto.legge:1935-03-25;640

## Preambolo

VITTORIO EMANUELE III

PER GRAZIA DI DIO E PER VOLONTÀ DELLA NAZIONE

RE D'ITALIA

VISTA LA LEGGE 19 LUGLIO 1914, N. 761;

VISTO IL R. DECRETO 13 MAGGIO 1915, N. 317;

VISTO IL DECRETO LUOGOTENENZIALE 15 MARZO 1915, N. 1661;

VISTO IL TESTO UNIFICATO DELLE PRESCRIZIONI LEGISLATIVE EMANATE IN CONSEGUENZA DEL TERREMOTO DEL 28 DICEMBRE 1908 APPROVATO CON DECRETO

LUOGOTENENZIALE 19 AGOSTO 1917, N. 1399;

VISTO IL DECRETO LUOGOTENENZIALE 5 NOVEMBRE 1916, N. 1518;

VISTO IL DECRETO LUOGOTENENZIALE 29 APRILE 1917, N. 697;

VISTO IL DECRETO LUOGOTENENZIALE 22 DICEMBRE 1918, N. 2080;

VISTO IL R. DECRETO 8 LUGLIO 1919, N. 1384;

VISTO IL R. DECRETO 3 MAGGIO 1920, N. 545;

VISTO IL R. DECRETO 23 SETTEMBRE 1920, N. 1315;

VISTO IL R. DECRETO 12 MARZO 1920, N. 503;

VISTA LA LEGGE 24 AGOSTO 1921, N. 1214;

VISTO IL R. DECRETO 27 SETTEMBRE 1923, N. 2309;

VISTO IL R. DECRETO 17 GENNAIO 1924, N. 75;

VISTO IL R. DECRETO 13 MARZO 1927, N. 431;

VISTO IL R. DECRETO 23 GIUGNO 1927, N. 1529;

VISTA LA LEGGE 6 GENNAIO 1931, N. 92;

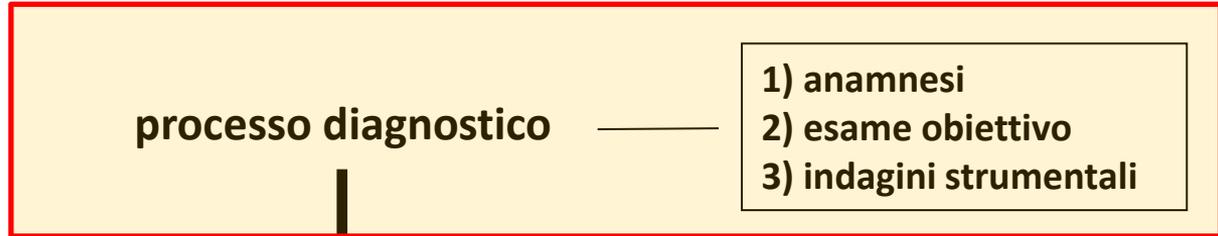
32 pagine

Ai tempi di Sisto gli ingegneri sapevano cosa dovevano fare, sapevano come farlo (ed avevano un ruolo di primo piano nella società....).

E, soprattutto, conoscevano il percorso metodologico da seguire per individuare e comprendere le problematiche di una costruzione muraria:  
**L' APPROCCIO «FISICO-MATERICO»**

## PERCORSO METODOLOGICO (da Sisto Mastrodicasa)

**CULTURA DELLA  
CONOSCENZA**



**diagnosi**



**terapia**

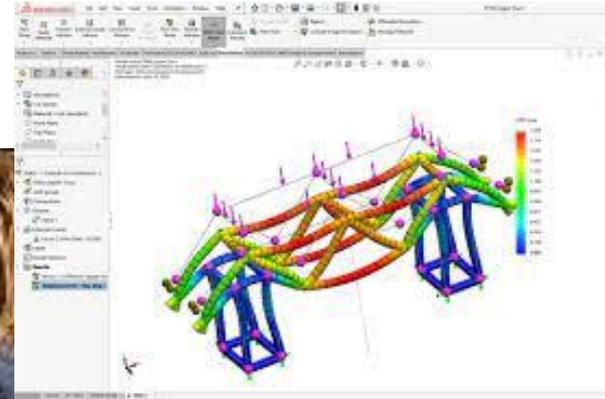
*“Nessun effetto è in natura senza  
cagione: intendi la ragione e non ti  
bisognerà l'esperienza”*

(L. Da Vinci, Pensieri)

Oggi ....

ENORME SVILUPPO DEGLI  
STRUMENTI PER IL CALCOLO

CYBERCULTURA



SVILUPPO DI METODI NUMERICI  
DISPONIBILITÀ DI SOFTWARE DI ANALISI STRUTTURALE

E chissà che futuro ci aspetta ...



AL MOMENTO: SCENARIO DI GRANDI OPPORTUNITÀ  
IN UN QUADRO, PERÒ, ANCHE MOLTO COMPLESSO ED ARTICOLATO ...

RICOSTRUZIONE  
POST SISMICA

INTERVENTI  
SISMABONUS

110%

PNRR

COMPLESSITÀ:

- DELLE REGOLE AMMINISTRATIVE
- DELLE NORME TECNICHE
- DI ALCUNE PROBLEMATICHE SPECIFICHE
- DEGLI STRUMENTI DISPONIBILI (HW & SW)
- ....

**NTC 2018**



**GAZZETTA UFFICIALE**  
DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA

Roma - Martedì, 20 febbraio 2018

SI PUBBLICA TUTTI I GIORNI NON FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA, 76 - 00186 ROMA  
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - VIA SALARIA, 691 - 00138 ROMA - CENTRALINO 06-85001 - LIBRERIA DELLO STATO PIAZZA G. VERDI, 1 - 00198 ROMA

**GAZZETTA UFFICIALE**

DIREZIONE

PARTE PRIMA

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA, 76 - 00186 ROMA  
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - VIA SALARIA, 691 - 00138 ROMA - CENTRALINO 06-85001 - LIBRERIA DELLO STATO PIAZZA G. VERDI, 1 - 00198 ROMA

**Norme complesse, ben fatte, ma talune cose, molto importanti, non sono messe in evidenza come meriterebbero.  
(-> NECESSITA' DI CHIARIRE MEGLIO ...)**

# NORME TECNICHE ATTUALI

N. 8

N. 5

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE  
E DEI TRASPORTI

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE  
E DEI TRASPORTI

DECRETO 17 gennaio 2018.

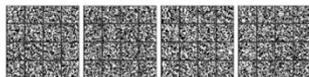
CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

**Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»**

**Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»» di cui al de-**

**720 pagine**

**PIÙ TUTTI I DOCUMENTI E LE NORME DEL CONS SUP LLPP, DEL CNR, ....  
SU FRP, CRM, FRCM, PULTRUSI, FRC, .....**



- A PROPOSITO DELLE COMPLESSITÀ
- DELLE REGOLE AMMINISTRATIVE
  - DELLE NORME TECNICHE
  - ...

## **NORME SISMA 2016**

# **3.024**

**DOCUMENTI NORMATIVI**  
**EMANATI DALLA STRUTTURA**  
**COMMISSARIALE**

**NORME SISMA 2016**

**246    ORDINANZE COMMISSARIALI**

**56**    ORDINANZE ATTUATIVE FONDO PNC AREA SISMA

**142**    ORDINANZE DEL COMMISSARIO

**48**    ORDINANZE SPECIALI

**NORME SISMA 2016**

## **2.675 DECRETI DEL COMMISSARIO**

**417** DECRETI DEL COMMISSARIO STRAORDINARIO 2023

**619** DECRETI COMMISSARIO LEGNINI – ANNO 2022

**627** DECRETI COMMISSARIO LEGNINI – ANNO 2021

**414** DECRETI COMMISSARIO LEGNINI – ANNO 2020

**52** DECRETI DEL COMMISSARIO 2020

**546** DECRETI DEL COMMISSARIO 2019

## **103 “NORME VARIE”**

**53** DECRETI PNC DEL 2023

**34** DECRETI PNC DEL 2022

**1** DETERMINA DEL COMMISSARIO 2022

**12** ATTI DEL COMMISSARIO

**3** CIRCOLARI INTERPRETATIVE

## **NORME DEL GOVERNO E DEL PARLAMENTO**

### **DECRETO LEGGE 17 OTTOBRE 2016, N. 189**

Interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dal sisma del 24 agosto 2016

- [Gazzetta Ufficiale del 18/10/2016](#) > 
- [DL 189/2019 Coordinato](#) > 
- [Gazzetta Ufficiale del 23/12/2019](#) > 
- [Legge 12 Dicembre 2019 n. 156](#) > 

**DECRETO SISMA CENTRO ITALIA – DL 55 DEL 29 MAGGIO 2018/LEGGE DI CONVERSIONE 89 DEL 24 LUGLIO 2018**

**LEGGE DI BILANCIO L 145 DEL 30 DICEMBRE 2018**

**DECRETO SISMA CENTRO ITALIA – DL 123 DEL 24 OTTOBRE 2019/ LEGGE DI CONVERSIONE 156 DEL 12 DICEMBRE 2019**

**DECRETO SBLOCCA CANTIERI – DL 32 DEL 18 APRILE 2019 / LEGGE DI CONVERSIONE 55 DEL 14 GIUGNO 2019**

**DECRETO PROROGA TERMINI – DL 91 DEL 25 LUGLIO 2018 / LEGGE DI CONVERSIONE 108 DEL 21 SETTEMBRE 2018**

**DECRETO GENOVA – DL 109 DEL 28 SETTEMBRE 2018 / LEGGE DI CONVERSIONE 130 DEL 16 NOVEMBRE 2018**

**DECRETO CRESCITA – DL 34 DEL 30 APRILE 2019 / LEGGE DI CONVERSIONE 58 DEL 28 GIUGNO 2019**

SITUAZIONE DI  
«SOVRACCARICO»  
PER IL TECNICO

NORME TECNICHE  
PER LE COSTRUZIONI

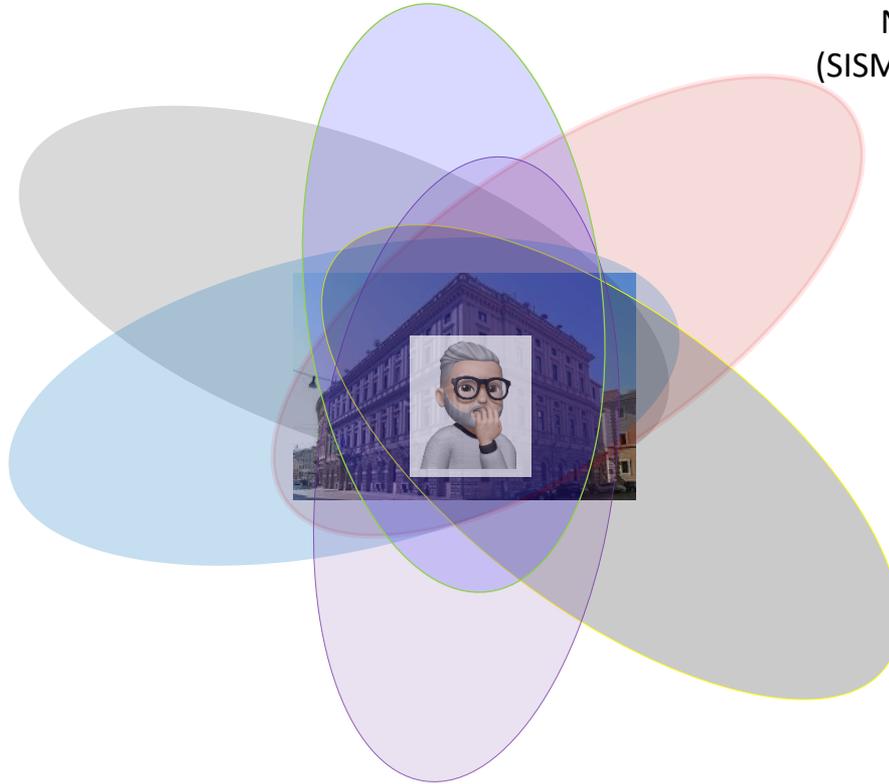
NORME SPECIFICHE  
(SISMABONUS, 110%, PNRR)

NORMATIVA  
SISMA 2016

ASPETTATIVE DELLA  
PROPRIETA'

ESIGENZE DELLA  
CONSERVAZIONE  
(SOPRINTENDENZA)

ASPETTATIVE DI SICUREZZA DA PARTE DELLA SOCIETÀ  
(RESPONSABILITÀ IN SEDE GIUDIZIARIA)



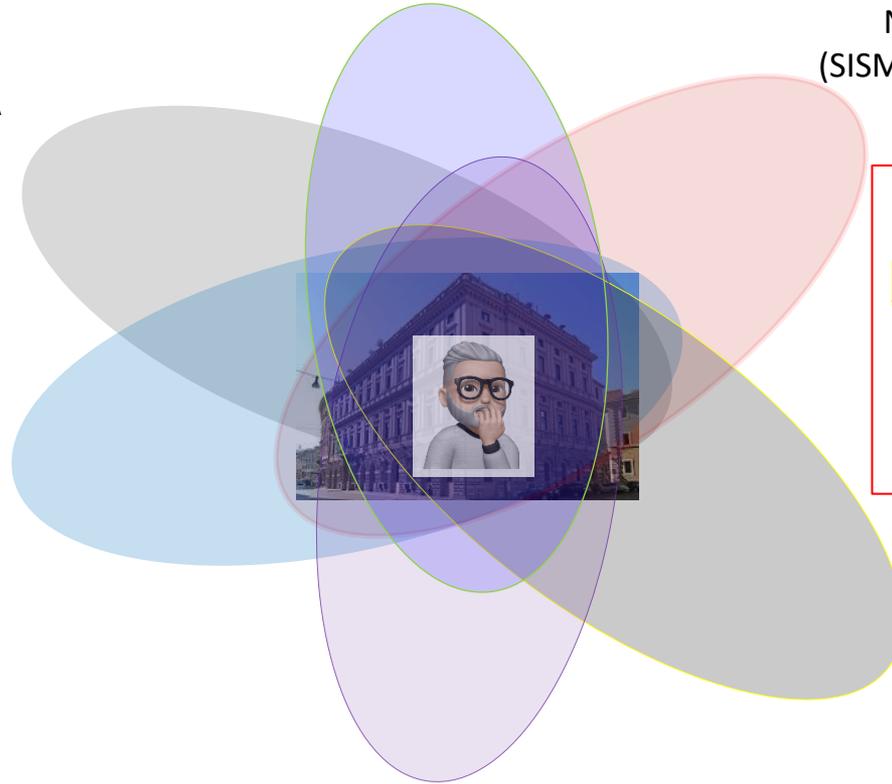
SITUAZIONE DI  
«SOVRACCARICO»  
PER IL TECNICO

NORME TECNICHE  
PER LE COSTRUZIONI

NORME SPECIFICHE  
(SISMABONUS, 110%, PNRR)

NORMATIVA  
SISMA 2016

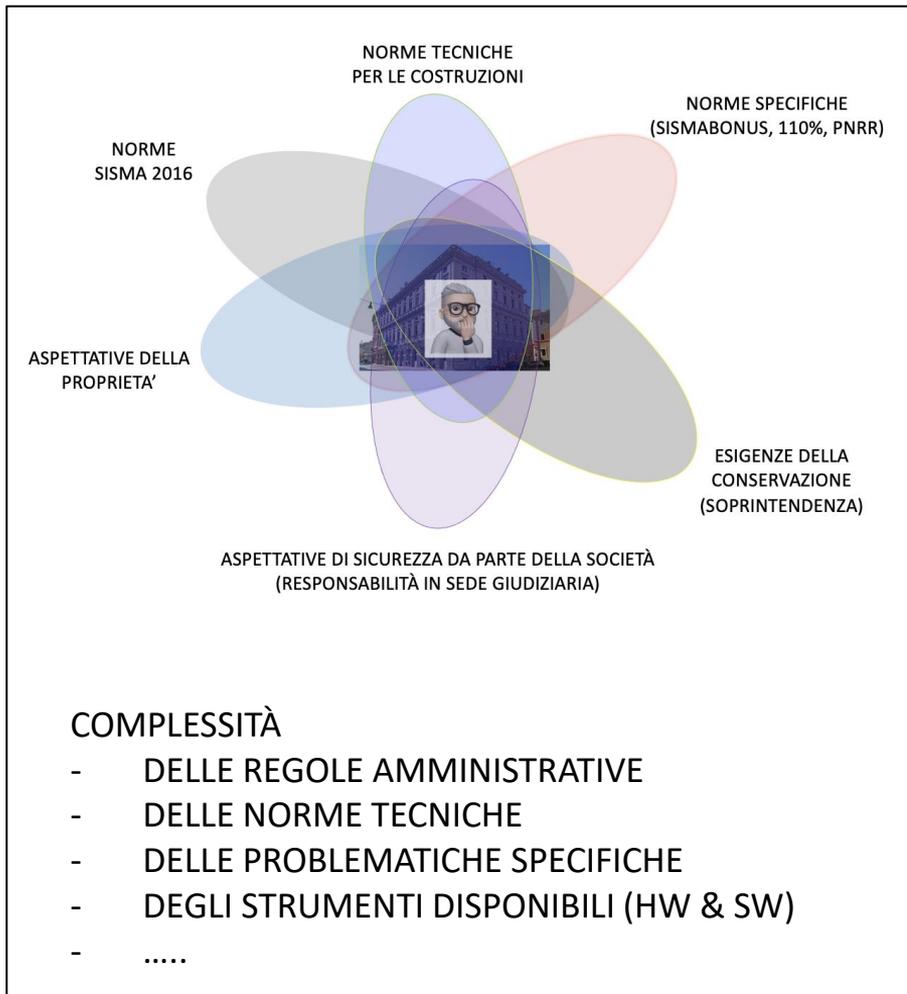
ASPETTATIVE DELLA  
PROPRIETA'



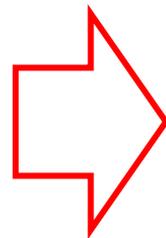
Il Min Cultura  
è rimasto al DM 2011,  
**UN TESTO CHE FA RIFERIMENTO  
ALLE NTC 2008 !!!**  
(e manca tutta l'innovazione  
tecnologica che c'è stata in  
questi anni ...).

ESIGENZE DELLA  
CONSERVAZIONE  
(SOPRINTENDENZA)

ASPETTATIVE DI SICUREZZA DA PARTE DELLA SOCIETÀ  
(RESPONSABILITÀ IN SEDE GIUDIZIARIA)



SITUAZIONE DI  
«SOVRACCARICO»  
PER IL TECNICO

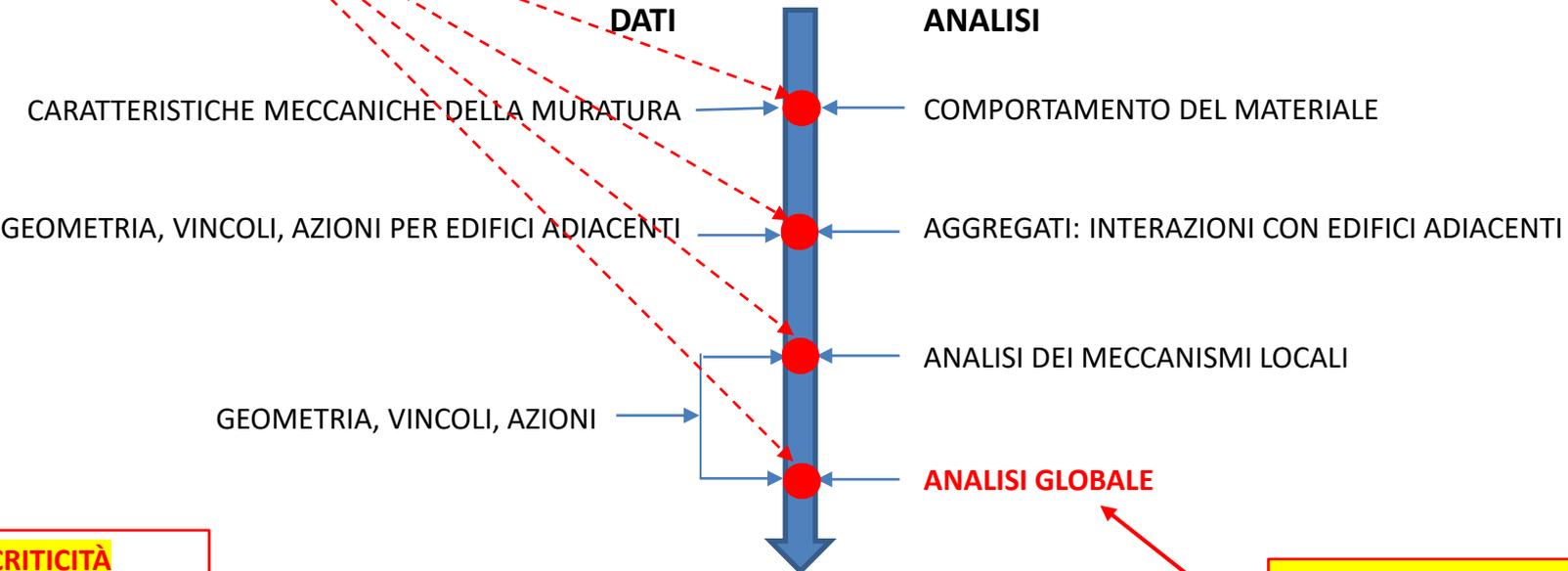


«Incombenze  
varie ....»



Tempo disponibile  
per gli aspetti tecnici

**LE CRITICITÀ E LE INCERTEZZE PER LE COSTRUZIONI ESISTENTI IN MURATURA SONO MOLTE:**



**VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA**

**PROGETTO DEGLI INTERVENTI**

**QUI, PER BREVTÀ,  
DIRÒ QUALCOSA SOLO  
SULLE ANALISI GLOBALI**

PER LE ANALISI DELLE COSTRUZIONI MURARIE  
ESISTENTI, LE NTC 2018 RIMANDANO A QUANTO  
SCRITTO PER LE NUOVE COSTRUZIONI

## **7 PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE**

.....

### **7.3 METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA**

....

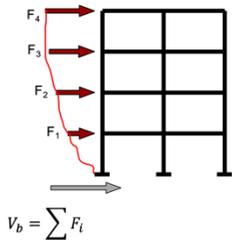
*7.3.3 Analisi lineare dinamica o statica*

*7.3.4 Analisi non lineare statica o dinamica*

.....

ANALISI PUSHOVER. DETERMINAZIONE TAGLIO ALLA BASE

**(Metodologia complessa .....)**



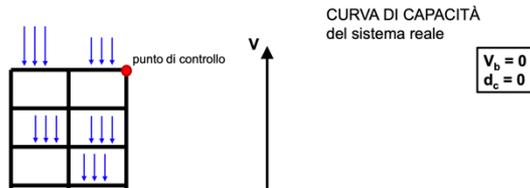
ANALISI PUSHOVER. Costruzione curva di capacità Vb-dc del sistema reale

PASSO 0

Risoluzione della struttura con i soli carichi verticali (si suppone che per i soli carichi verticali nessun elemento della struttura vada in fase plastica)

Risultati:

- sollecitazioni ( $N_{i0}$ ,  $T_{i0}$ ,  $M_{i0}$ ) di ciascun elemento murario i-esimo;
- spostamento ( $d_{i0}$ ) di ciascun elemento murario i-esimo;



ANALISI PUSHOVER. Costruzione curva di capacità Vb-dc del sistema reale

PASSO 1

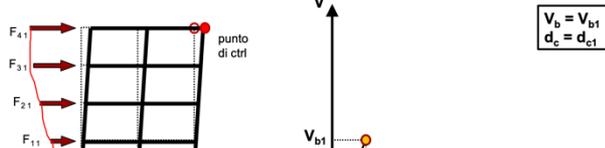
applicazione del 1° sistema di forze orizzontali  $F_{i1}$

(Nota:  $F_{i1} = \alpha T_{MAX}$  con  $\alpha$  fra 1/10 e 1/50 del  $T_{MAX}$  stimato)

Risultati:

- sollecitazioni ( $N_{i1}$ ,  $T_{i1}$ ,  $M_{i1}$ ) di ciascun elemento murario i-esimo;
- spostamento ( $d_{i1}$ ) di ciascun elemento murario i-esimo;

Le sollecitazioni ( $N_{i1}$ ,  $T_{i1}$ ,  $M_{i1}$ ) sono ottenute combinando gli effetti dei carichi orizzontali con quelli dei carichi verticali



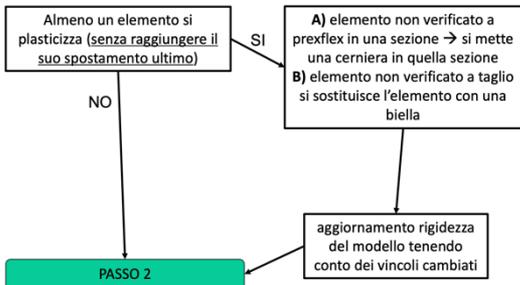
**PER DARE UN'IDEA DELLA COMPLESSITÀ DI UN'ANALISI PUSHOVER: QUESTI SONO SOLO I PASSI DI BASE ...**

ANALISI PUSHOVER. Costruzione curva di capacità Vb-dc del sistema reale

PASSO 1

VERIFICA DEGLI ELEMENTI MURARI

→ verifica puntuale su ciascun elemento secondo i criteri di resistenza definiti per i pannelli portanti e le travi di accoppiamento



ANALISI PUSHOVER. Costruzione curva di capacità Vb-dc del sistema reale

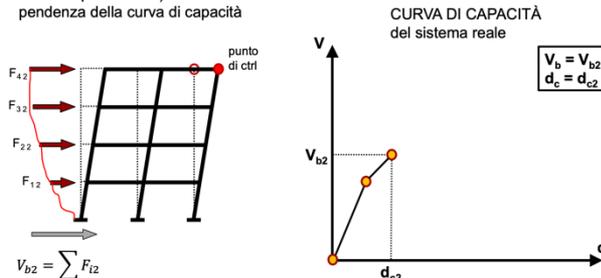
PASSO 2

applicazione del 2° sistema di forze orizzontali  $F_{i2} (= F_{i1} + \alpha T_{MAX})$

Risultati:

- sollecitazioni ( $N_{i2}$ ,  $T_{i2}$ ,  $M_{i2}$ ) di ciascun elemento murario i-esimo;
- spostamento ( $d_{i2}$ ) di ciascun elemento murario i-esimo;

riducendo la rigidità del modello (per gli elementi plasticizzati) → si riduce la pendenza della curva di capacità



ANALISI PUSHOVER. Costruzione curva di capacità Vb-dc del sistema reale

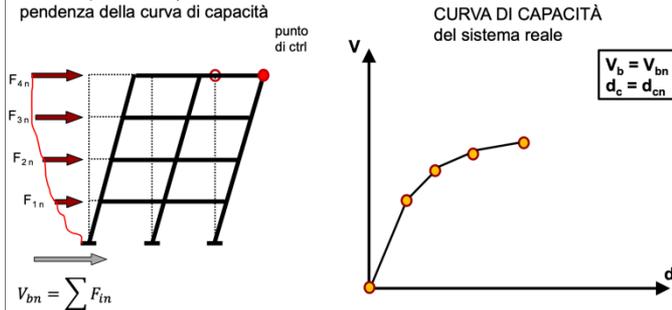
PASSO n

applicazione del n° sistema di forze orizzontali  $F_{in} (= F_{i(n-1)} + \alpha T_{MAX})$

Risultati:

- sollecitazioni ( $N_{in}$ ,  $T_{in}$ ,  $M_{in}$ ) di ciascun elemento murario i-esimo;
- spostamento ( $d_{in}$ ) di ciascun elemento murario i-esimo;

riducendo la rigidità del modello (per gli elementi plasticizzati) → si riduce la pendenza della curva di capacità



**(Metodologia complessa .....)**

**ANALISI PUSHOVER. Costruzione curva di capacità Vb-dc del sistema reale**

**PASSO n**  
 Ci sarà un passo di carico in cui la struttura non è più in grado di resistere ad ulteriori incrementi di carico a causa del collasso di qualche elemento

A. almeno un elemento degli elementi già plasticizzati raggiunge il limite di spostamento ultimo (lo spostamento ultimo è quello relativo al primo meccanismo di collasso instauratosi nell'elemento)

B. almeno un elemento viene sollecitato con uno sforzo assiale di trazione

C. almeno un elemento non soddisfa la verifica a precollapsione fuori

**ANALISI PUSHOVER. Costruzione curva di capacità Vb-dc del sistema reale**

**PASSO n**  
 Ci sarà un passo di carico in cui la struttura non è più in grado di resistere ad ulteriori incrementi di carico a causa del collasso di qualche elemento

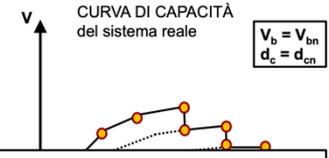
**CAMBIA LO SCHEMA STATICO DEL MODELLO**  
 non è più sufficiente aggiornare la rigidità del modello tenendo conto degli elementi plasticizzati ma non ancora collassati → l'analisi può riprendere a patto di: 1) introdurre negli elementi collassati nuove caratteristiche di rigidità; 2) ripartire dal passo zero



**ANALISI PUSHOVER. Costruzione curva di capacità Vb-dc del sistema reale**

**PASSO n + 1**  
 si ripete l'intera procedura (dal passo 0 al passo N) sul modello con lo schema statico modificato → si arriva a costruire una "sottocurva" che manifesterà una rigidità e resistenza inferiori alla prima curva di capacità (a parità di incrementi di forza la struttura è più deformabile)

la procedura descritta sarà da ripetersi varie volte, in modo da ottenere un diagramma forza-spostamento dalla forma caratteristica a "denti di sega"

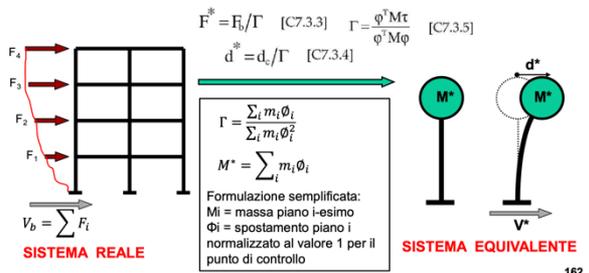


**PER DARE UN'IDEA DELLA COMPLESSITÀ DI UN'ANALISI PUSHOVER: QUESTI SONO SOLO I PASSI DI BASE ...**

**ANALISI PUSHOVER. Costruzione curva di capacità V\*-d\* del sistema equivalente**

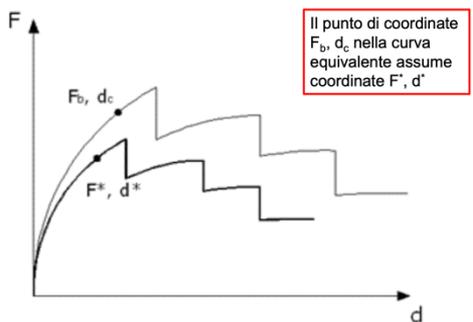
Per svolgere l'analisi pushover occorre **trasformare la curva di capacità (Vb - dc)** ottenuta per una struttura a più gradi di libertà (MDOF, "multi-degree-of-freedom") nella curva di capacità (V\* - d\*) di un oscillatore equivalente a 1 G.D.L. (SDOF, "single-degree-of-freedom")

Ipotesi: il 1° modo di vibrare della struttura è predominante sui modi inferiori e non è influenzato dalla deformazione della struttura stessa (analisi "non adattiva")



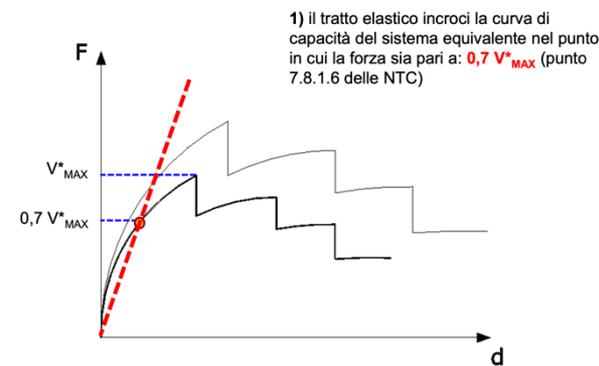
**ANALISI PUSHOVER. Costruzione curva di capacità V\*-d\* del sistema equivalente**

Per svolgere l'analisi pushover occorre trasformare la curva di capacità (Vb - dc) ottenuta per una struttura a più gradi di libertà (MDOF, "multi-degree-of-freedom") nella curva di capacità (V\* - d\*) di un oscillatore equivalente a 1 G.D.L. (SDOF, "single-degree-of-freedom")



**ANALISI PUSHOVER. Bilinearizzazione della curva di capacità (V\* - d\*) del sistema equivalente**

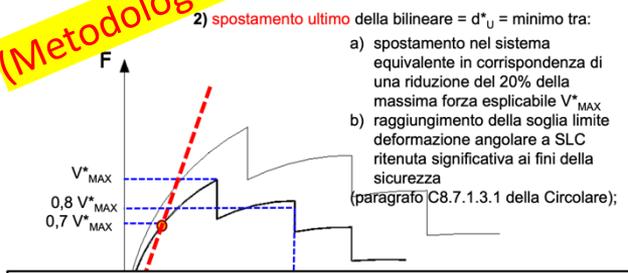
A partire dalla curva di capacità del sistema equivalente (V\* - d\*) si **traccia una bilineare con un tratto elastico ed un successivo tratto perfettamente plastico** (quindi orizzontale)



**ANALISI PUSHOVER.**

**Bilinearizzazione della curva di capacità (V\* - d\*) del sistema equivalente**

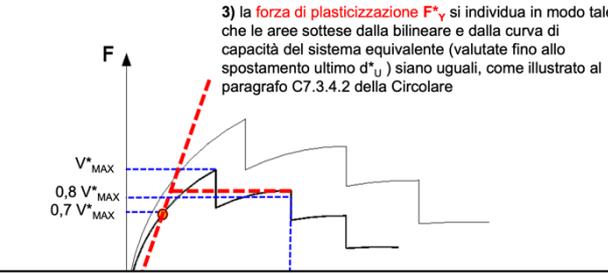
A partire dalla curva di capacità del sistema equivalente (V\* - d\*) si traccia una bilineare con un tratto elastico ed un successivo tratto perfettamente plastico (quindi orizzontale)



**ANALISI PUSHOVER.**

**Bilinearizzazione della curva di capacità (V\* - d\*) del sistema equivalente**

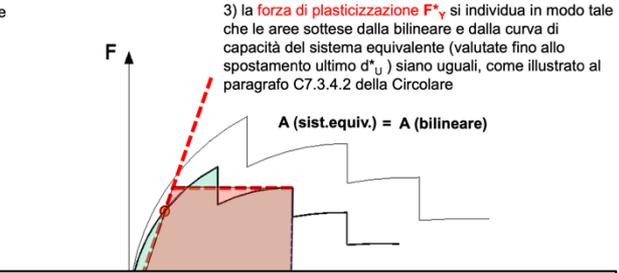
A partire dalla curva di capacità del sistema equivalente (V\* - d\*) si traccia una bilineare con un tratto elastico ed un successivo tratto perfettamente plastico (quindi orizzontale)



**ANALISI PUSHOVER.**

**Bilinearizzazione della curva di capacità (V\* - d\*) del sistema equivalente**

A partire dalla curva di capacità del sistema equivalente (V\* - d\*) si traccia una bilineare con un tratto elastico ed un successivo tratto perfettamente plastico (quindi orizzontale)

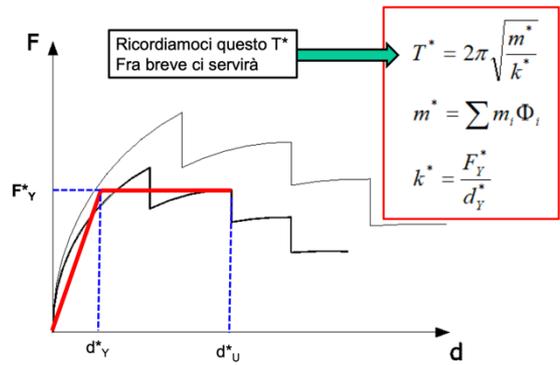


**PER DARE UN'IDEA DELLA COMPLESSITÀ DI UN'ANALISI PUSHOVER:  
QUESTI SONO SOLO I PASSI DI BASE ...**

**ANALISI PUSHOVER.**

**Bilinearizzazione della curva di capacità (V\* - d\*) del sistema equivalente**

A partire dalla curva di capacità del sistema equivalente (V\* - d\*) si traccia una bilineare con un tratto elastico ed un successivo tratto perfettamente plastico (quindi orizzontale)



La verifica di sicurezza del modello strutturale consiste in un confronto fra spostamenti. Si tratta di controllare che la "domanda" di spostamento per lo stato limite prescelto (cioè lo spostamento che la struttura dovrebbe sopportare in caso di sisma) sia inferiore alla "capacità" di spostamento per quello stato limite prescelto (ossia lo spostamento che la struttura può sopportare a quello stato limite).

$$d_{MAX}^* \leq d_U^*$$

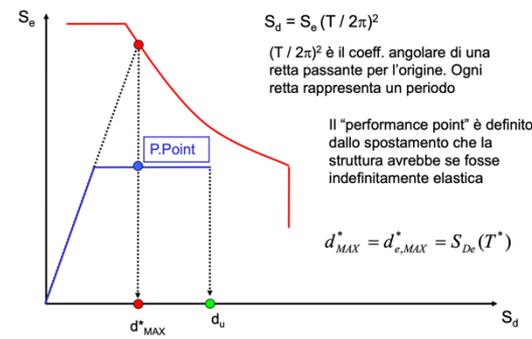
La valutazione di  $d_{MAX}^*$  dipende dal periodo proprio di oscillazione della struttura  $T^*$  trovato in precedenza

se  $T^* \geq T_C$

$$d_{MAX}^* = d_{e,MAX}^* = S_{De}(T^*)$$

dove  $S_{De}(T^*)$  è lo spettro elastico in spostamento definito al punto 3.2.3.2.3 delle NTC. Esso va calcolato per lo stato limite prescelto e per un periodo pari a  $T^*$ .

Piano ADRS. Passaggio dello spettro di risposta da  $S_e-T$  ad  $S_d-S_d \rightarrow$



(Metodologia complessa .....)

ANALISI PUSHOVER. Verifiche di sicurezza

NTC 2018

La valutazione di  $d_{MAX}^*$  dipende dal periodo proprio di oscillazione della struttura  $T^*$  trovato in precedenza

se  $T^* < T_C$

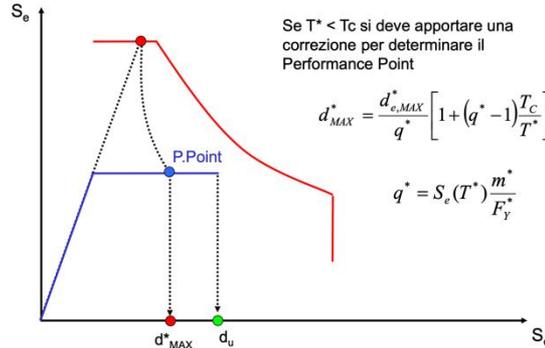
$$d_{MAX}^* = \frac{d_{e,MAX}^*}{q^*} \left[ 1 + (q^* - 1) \frac{T_C}{T^*} \right]$$

$$q^* = S_e(T^*) \frac{m^*}{F_Y^*}$$

$S_e(T^*)$  è lo spettro elastico in accelerazione definito al punto 3.2.3.2.1 delle NTC. Esso va calcolato per lo stato limite prescelto e per un periodo pari a  $T^*$ .

ANALISI PUSHOVER. Verifiche di sicurezza

Piano ADRS. Passaggio dello spettro di risposta da  $S_e-T$  ad  $S_e-S_d \rightarrow$



Se  $T^* < T_C$  si deve apportare una correzione per determinare il Performance Point

$$d_{MAX}^* = \frac{d_{e,MAX}^*}{q^*} \left[ 1 + (q^* - 1) \frac{T_C}{T^*} \right]$$

$$q^* = S_e(T^*) \frac{m^*}{F_Y^*}$$

ANALISI PUSHOVER. Verifiche di sicurezza

NTC 2018

Condizioni sul  $q^*$

$$q^* = S_e(T^*) \frac{m^*}{F_Y^*}$$

7.8.1.6 VERIFICHE DI SICUREZZA

...  
In ogni caso, sia per le costruzioni in muratura ordinaria sia per le costruzioni in muratura armata senza progettazione in capacità, la verifica di sicurezza non è soddisfatta qualora il rapporto tra taglio totale agente alla base del sistema equivalente a un grado di libertà, calcolato con lo spettro di risposta elastico, e taglio alla base resistente del sistema equivalente a un grado di libertà ottenuto dall'analisi non lineare, ecceda il valore 4,0.

Circ. 2019

C8.7.1.3.1 Edifici singoli

La domanda di spostamento, da confrontarsi con le suddette capacità di spostamento ai diversi stati limite, può essere valutata sul sistema bilineare equivalente attraverso le espressioni indicate nel § C.7.3.4.2, valide sia per la risposta in campo non lineare (SLV, con  $q^* \leq 3$  e SLC, con  $q^* \leq 4$ ) che in campo lineare equivalente (SLO e SLD).

PER DARE UN'IDEA DELLA COMPLESSITÀ DI UN'ANALISI PUSHOVER:  
QUESTI SONO SOLO I PASSI DI BASE ...

«Incombenze  
varie ....»

Tempo disponibile  
per gli aspetti tecnici

COMPLESSITÀ:

- DELLE METODOLOGIE DI ANALISI
- DEGLI STRUMENTI HW & SW
- ...

COSÌ, SPESSO, LA PRASSI OPERATIVA DIVENTA:

«nativo digitale»



**Rischio: tecnicismo numerico molto sofisticato,  
ma sconnesso con la realtà muraria.**



«Vecchio» ingegnere:  
conosce le  
problematiche delle  
murature,  
ma «poco» i metodi  
numerici attuali.

«cultural  
divide»



Ingegnere  
«nativo digitale»:  
conosce le analisi  
numeriche,  
ma «poco» le  
problematiche  
delle murature.

«APPROCCIO VIRTUALE»



E (TALVOLTA) IL PROGETTO VIENE «GUIDATO» DAI RISULTATI DELLA PUSHOVER

(LA STORIA DEL POR SI RIPETE ....)

GIÀ MOLTI ANNI FA, PER STRUTTURE IN C.A. (CON INCERTEZZE BEN DIVERSE DALLE MURATURE!) I «PADRI» DELL'INGEGNERIA SISMICA AVEVANO AVVERTITO DEI RISCHI:

«**A seconda della validità delle ipotesi fatte nel ridurre il problema fisico a un algoritmo numerico, l'output del computer può fornire un quadro dettagliato del vero comportamento fisico o potrebbe non assomigliare nemmeno lontanamente**».  
Ray Clough, 1980.

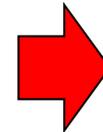
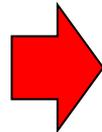
«Oggi, l'accesso immediato al software versatile e potente consente all'ingegnere di fare di più e pensare di meno!». Mete Sozen, 2002.

"Ci sono alcuni aspetti negativi della dipendenza dai computer di cui dovremmo preoccuparci. È un peccato che ci sia stata una **tendenza tra i giovani ingegneri praticanti, che stanno conducendo analisi strutturali, progettazione e dettagli utilizzando i computer, a pensare che il computer fornisca automaticamente affidabilità**". Vitelmo Bertero, 2009.

**OGGI ABBIAMO A DISPOSIZIONE MOLTI PRODOTTI SOFTWARE AFFIDABILI, SOFISTICATI, DI GRANDI POTENZIALITÀ E CAPACI DI ANALIZZARE SITUAZIONI ANCHE MOLTO COMPLESSE.**

RICORDIAMO PERÒ UNA REGOLA GENERALE, NOTA SIN DAGLI ALBORI DELLA INFORMATICA:

**GARBAGE IN → GARBAGE OUT**





**SE MANCA UNA ADEGUATA CONOSCENZA DELLA COSTRUZIONE MURARIA  
NESSUN MODELLO (E NESSUN PROGRAMMA)  
POTRÀ FORNIRE RISULTATI COERENTI CON LA REALTÀ**

**OCCORRE AVERE (DI BASE) UNA CULTURA INGEGNERISTICA SULLE MURATURE**

**PROTOCOLLO DI BASE  
PER LE COSTRUZIONI MURARIE ESISTENTI**

**STEP 1**

**CONOSCENZA**

**ESAME ACCURATO DELLA COSTRUZIONE**

*«Guarda bene l'edificio e le sue criticità. Fai i saggi, fai le prove ...»*

- Anamnesi;
- Esame obiettivo (rilievo materico, riconoscimento tipologie murarie, presenza/efficacia dei collegamenti, rilievo e lettura del quadro fessurativo, presenza di vuoti e cavità, di elementi in falso, presenza/efficacia di incatenamenti, ...);
- Saggi e indagini sperimentali (esame dei paramenti, della sezione muraria, angolate, solai, volte, fondazioni, copertura, ..., caratteristiche delle murature, degli elementi lignei, tiro nelle catene, ...).

Ricordando Leonardo Sciascia:

*Tutti i nodi vengono al pettine.*

*Quando c'è il pettine.*

Qui, il «pettine», quello capace di «tirare fuori» le reali problematiche,  
è: **L'OSSERVAZIONE ACCURATA ED APPROFONDATA DELLA COSTRUZIONE.**

QUANDO QUESTA CONOSCENZA MANCA,  
LE REALI CARENZE DELL'EDIFICIO NON EMERGONO.

**«APPROCCIO MATERICO-FISICO»: GUARDA E «ASCOLTA» LA COSTRUZIONE!**

STEFANO VICARELLI

# SISTO MASTRODICASA

SCIENZA E ARTE NEL DIALOGO CON I MURI



Morlacchi Editore

STEFANO VICARELLI

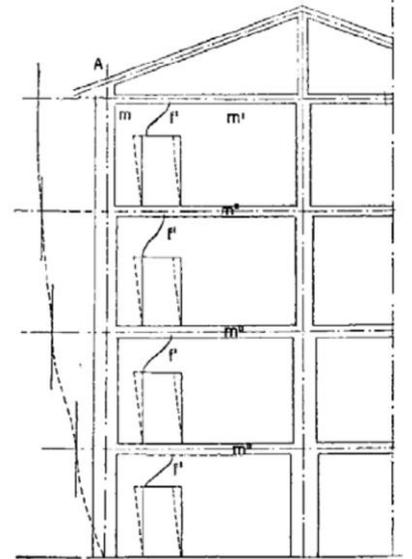
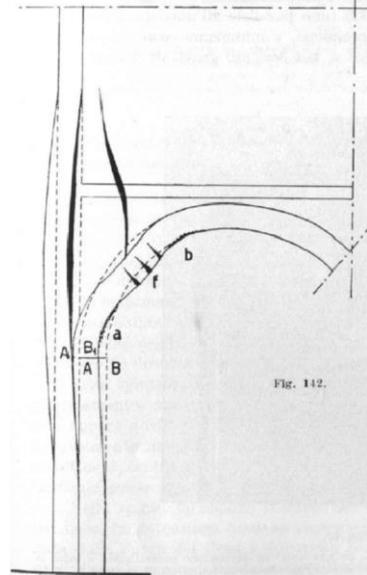
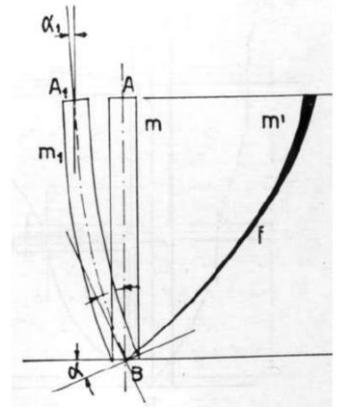
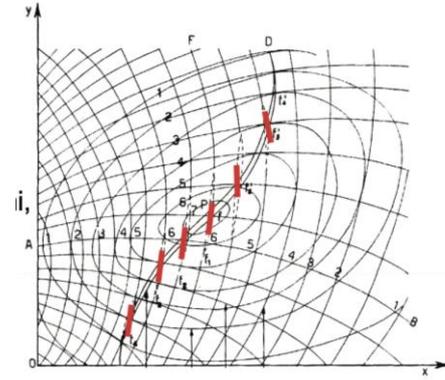
# SISTO MASTRODICASA



L'UOMO CHE SAPEVA PARLARE CON I MURI



?



*«Pars destruens»*

ACCENNO A DUE TEMI:

- *«Improbabili analisi modali su edifici in muratura “fatta come gomma”» (Angelillo, 2020)*
- *«Non appropriatezza», in alcuni casi, della pushover.*

## 7 PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE

.....

### 7.3 METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA

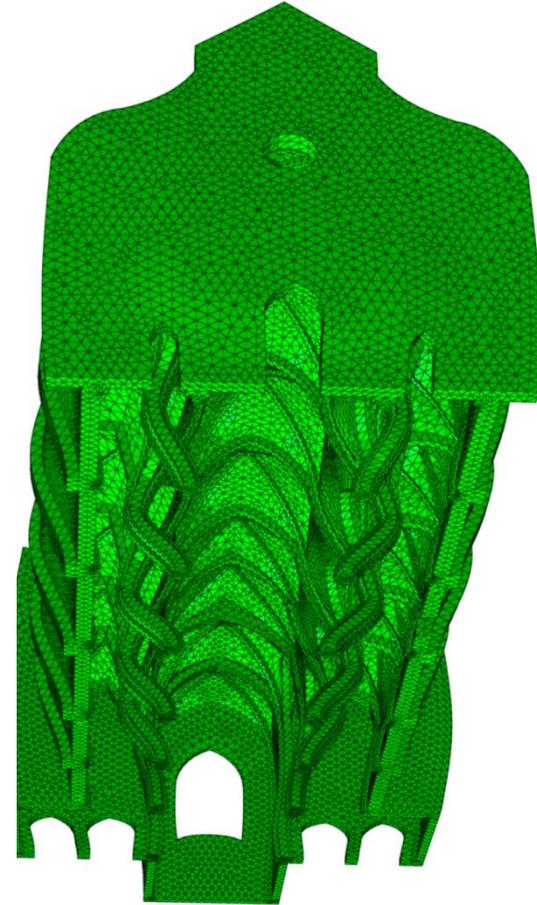
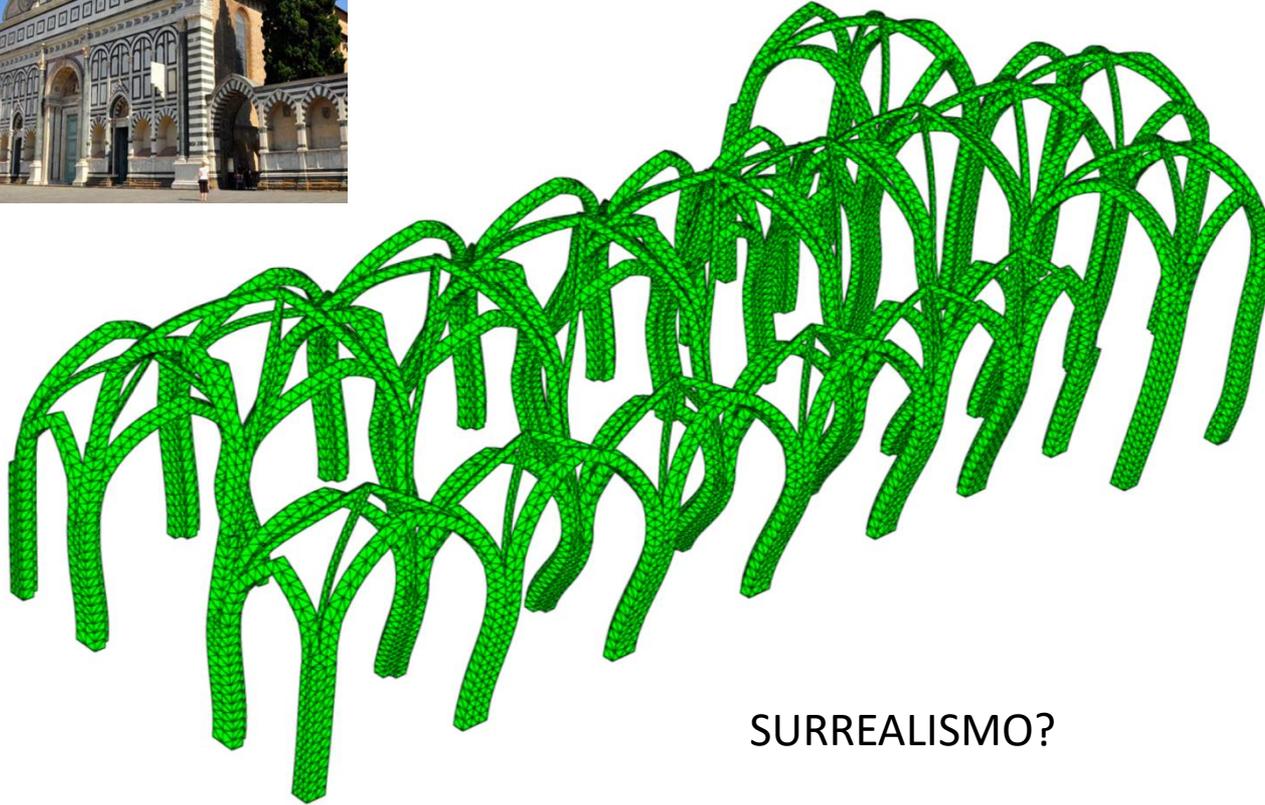
....

7.3.3 *Analisi lineare dinamica* o statica

7.3.4 *Analisi non lineare statica* o dinamica

.....

Le analisi modali sono utili per i modi principali e per la distribuzione di forze da adottare nelle analisi statiche n.l..  
In casi come questo .....

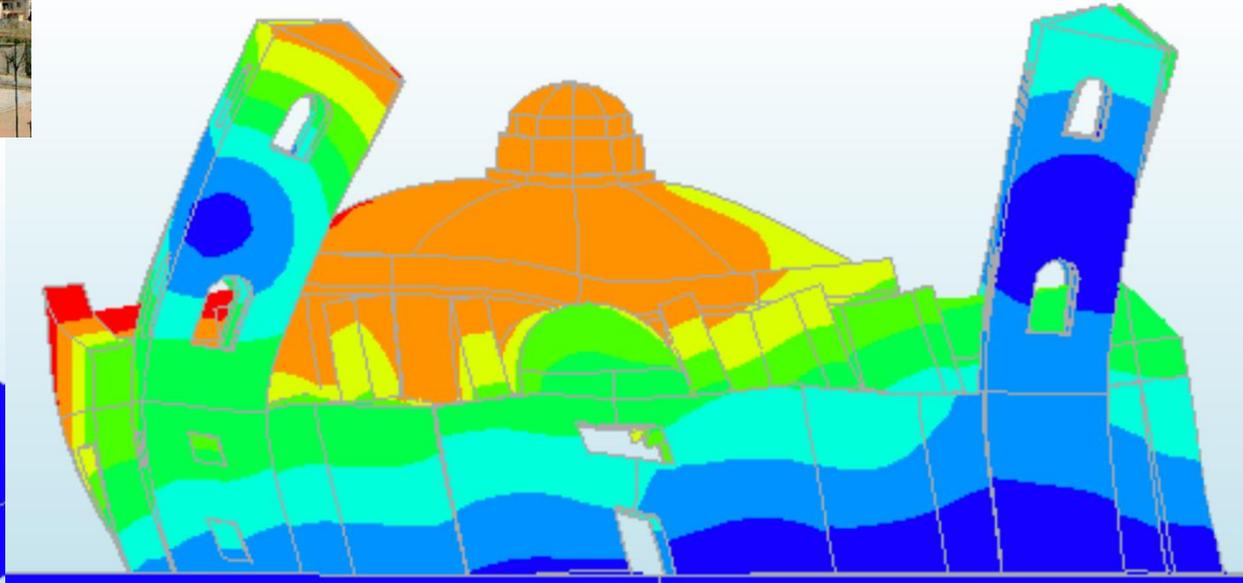
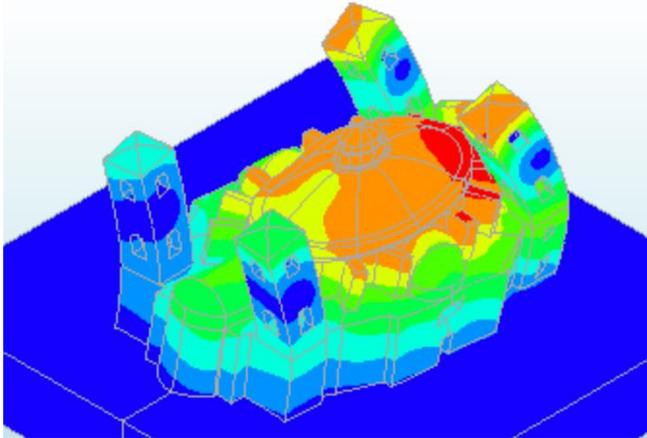


SURREALISMO?



Le analisi modali sono utili per i modi principali e per la distribuzione di forze da adottare nelle analisi statiche n.l.. In casi come questo .....

**muratura o giochi gonfiabili?**

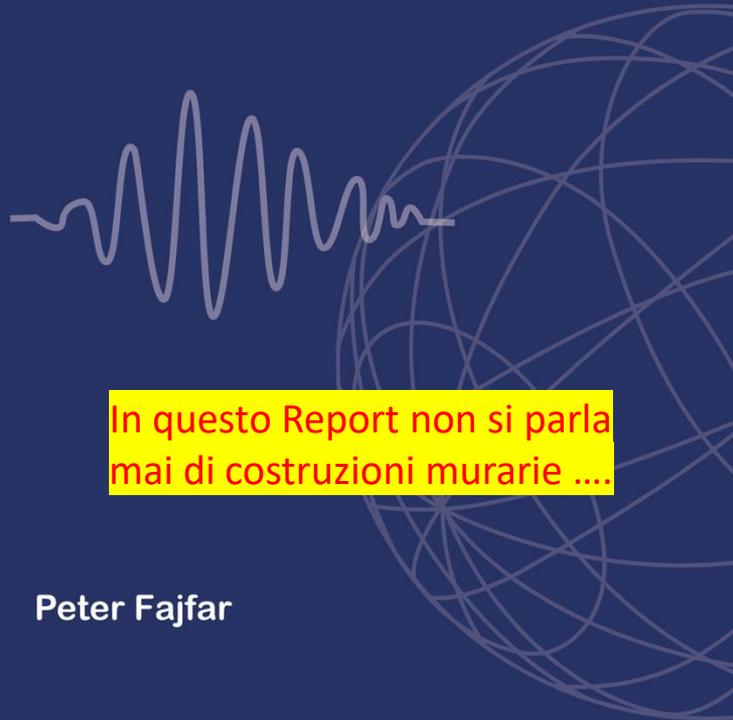


## INAPPLICABILITÀ, IN MOLTI CASI, DELLA PUSHOVER

(nota: Nelle NTC 2018 ci sono chiare indicazioni, ma sono «disperse» nelle 720 pagine di testo ...)

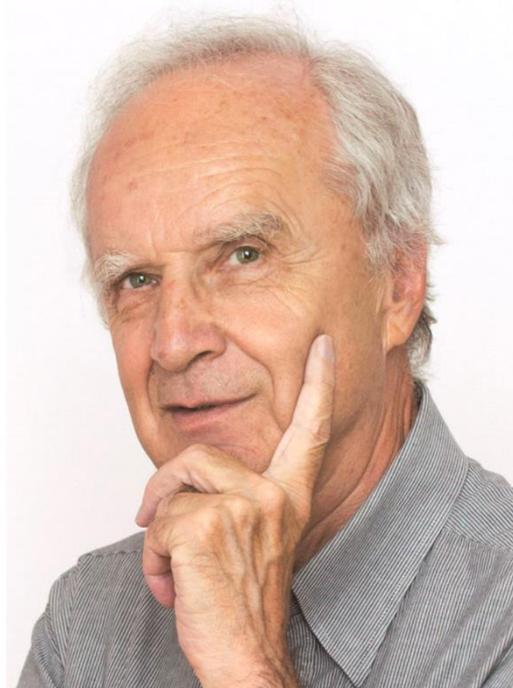
Metodologia nata per edifici moderni (in c.a.) .....

## The Story of the N2 Method



In questo Report non si parla  
mai di costruzioni murarie ....

Peter Fajfar



PETER FAJFAR

University of Ljubljana, Slovenia



PETER FAJFAR

*Fajfar*

University of Ljubljana, Slovenia

# Metodologia nata per edifici moderni .....



Bradbury Building, Los Angeles, 1893



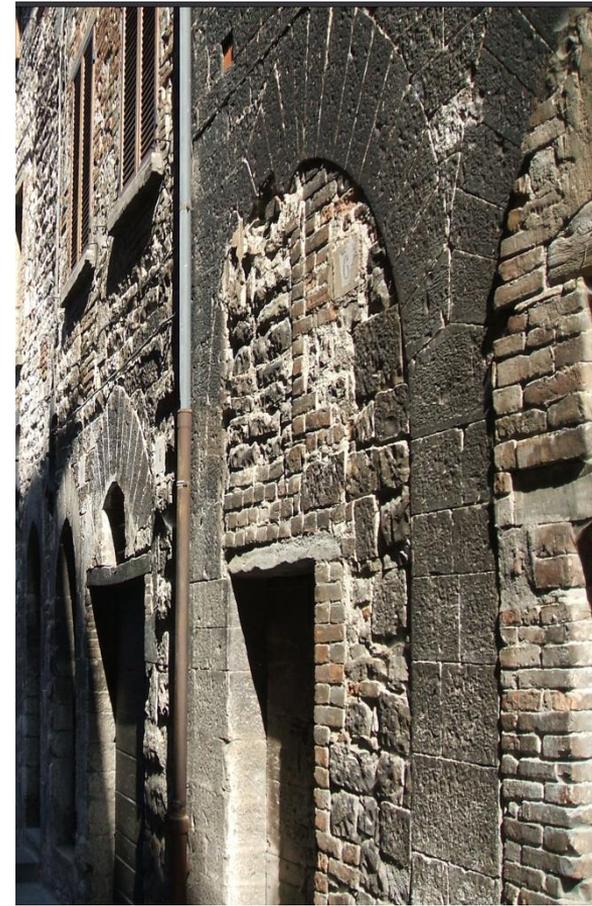
«Esportata ed adattata» per edifici in muratura  
ma comunque di particolare qualità costruttiva

Bank of Italy Building, Los Angeles, 1922



«Esportata ed adattata» per edifici in muratura  
ma comunque di particolare qualità costruttiva

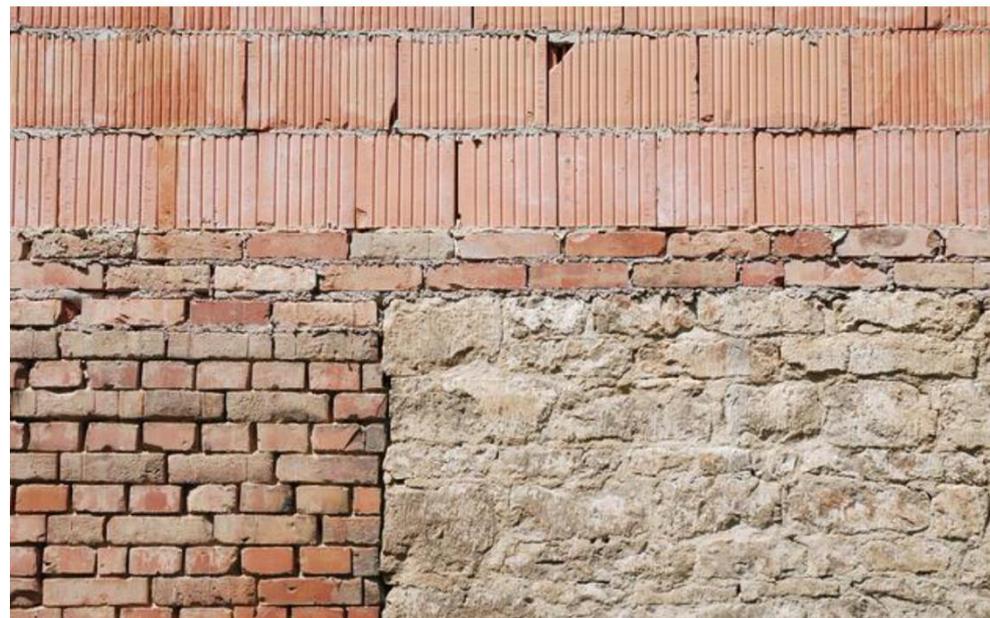
PURTROPPO, MOLTE DELLE  
NOSTRE COSTRUZIONI IN MURATURA  
SONO UN PIÙ «COMPLICATE» .....



PURTROPPO, MOLTE DELLE  
NOSTRE COSTRUZIONI IN MURATURA  
SONO UN PIÙ «COMPLICATE» .....



E LE TIPOLOGIE MURARIE, SPESSO, SONO PIÙ «ARTICOLATE» .....



E LE TIPOLOGIE MURARIE, SPESSO, SONO PIÙ «ARTICOLATE» .....

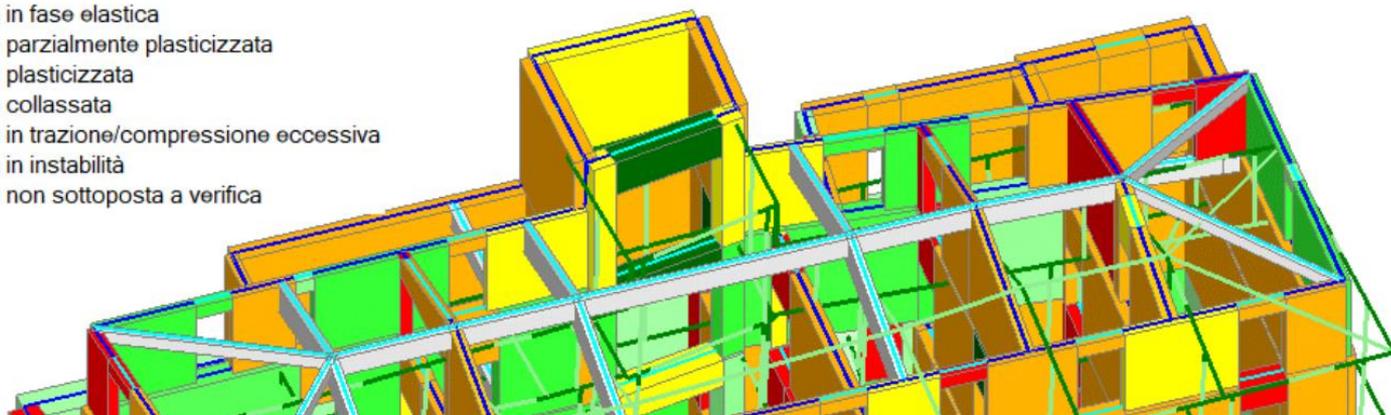


E LE TIPOLOGIE MURARIE, SPESSO, SONO PIÙ «ARTICOLATE» .....

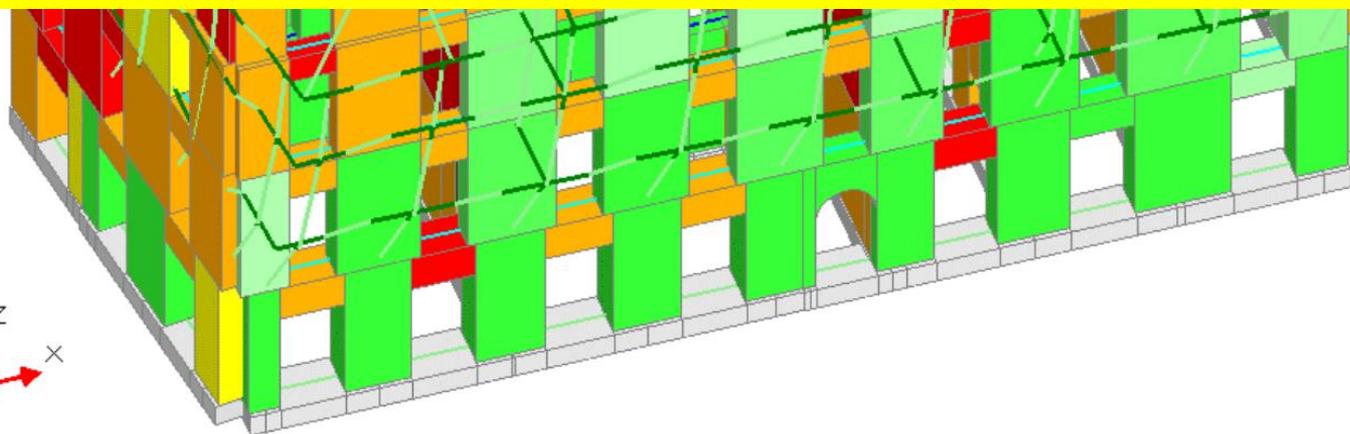


## Taglio

- Asta in fase elastica
- Asta parzialmente plasticizzata
- Asta plasticizzata
- Asta collassata
- Asta in trazione/compressione eccessiva
- Asta in instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



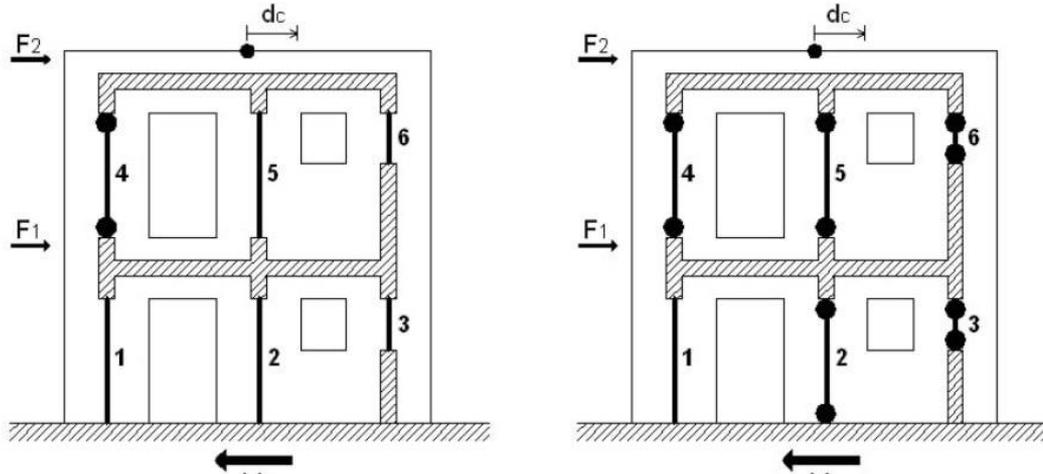
In ogni caso, ricordiamoci che la realtà fisica dell'edificio in muratura è comunque molto diversa da come appare negli output ....



# ANALISI STATICA NON LINEARE PER EDIFICI IN MURATURA

## Modellazione a telai

(ANALISI TALVOLTA «IMPOSTA» DA ALCUNI ORGANI DI CONTROLLO : «TIRANNIA DELL'ALGORITMO»)



Nella modellazione si ipotizzano **elementi monodimensionali** (travi e pilastri)  
(D'altra parte, il DNA della pushover è quello delle strutture in c.a.)

Si tratta quindi di una «realtà virtuale», molto lontana dalla realtà fisica.

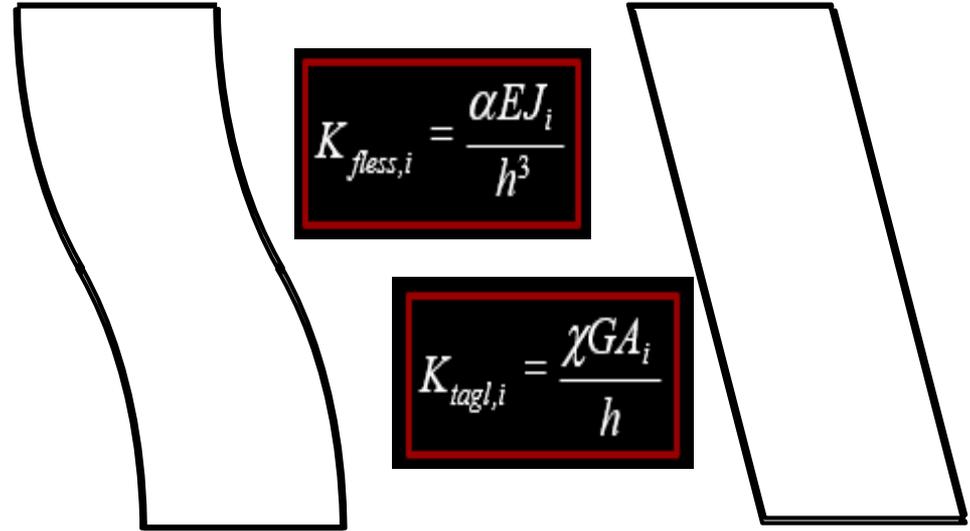
**(«VIRTUALITÀ»: QUALCOSA CHE POTREBBE ESISTERE, MA NON ESISTE!)  
AL PIÙ: UNA SIMULAZIONE DELLA REALTÀ.**

PER MOLTE MURATURE NON HA SENSO RIFERIRSI A MODELLI ELASTICI DI SOLIDI MONODIMENSIONALI ....



???

???



Barrè de Saint Venant si rivolta nella tomba ...

UNA ANALISI DI QUESTO TIPO PUÒ DARE RISULTATI ATTENDIBILI SOLO SE:

- 1) non c'è disgregazione muraria;
- 2) non c'è separazione dei paramenti murari;
- 3) sono stati eliminati cinematicismi e criticità locali.

Se è stato fatto i.a. o simili (CRM, FRCM) in modo diffuso: **OK.**

Se i paramenti sono sufficientemente ingranati in senso trasversale (diatoni, tirantini, perfori etc) e la muratura è di buona qualità: **OK.**

**In tutti gli altri casi, nessuno è in grado di dire se e quanto quel modello corrisponda alla realtà.**

«*Pars costruens*»

UNA (MODESTA) PROPOSTA: Un «protocollo» di riferimento, ad uso di chiunque sia interessato al «dialogo» materico con la costruzione ...

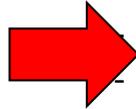
(Nota: non c'è nulla di nuovo rispetto alle norme vigenti; vengono solo messe in fila, e in evidenza, le priorità e le esigenze strutturali ....)

«*Pars costruens*»

## PROTOCOLLO DI BASE PER LE COSTRUZIONI MURARIE ESISTENTI

(GERARCHIA DELLE ANALISI, DEI MECCANISMI E DEGLI INTERVENTI)

**I PRINCIPI BASE DERIVANO  
DA QUESTE NORME**



Riferimenti:

- Ord. Comm. 61/1997 - Sisma Umbria-Marche
- **DGR Umbria n. 5180/1998**
- **Ord. Comm. 44/2018 - Sisma 2016**
- NTC 2018 e relativa Circolare esplicativa

# PROTOCOLLO DI BASE PER LE COSTRUZIONI MURARIE ESISTENTI

( GERARCHIA DELLE ANALISI, DEI MECCANISMI E DEGLI INTERVENTI )

## ANALISI

- 1) **QUALITÀ MURARIA**
- 2) CINEMATISMI DI COLLASSO
- 3) COMPORTAMENTO DI INSIEME (EVENTUALE)

## MECCANISMI

- 1) **DISGREGAZIONE** («NON MECCANISMO»)
- 2) CINEMATISMI LOCALI
- 3) MECCANISMO GLOBALE (OVE POSSIBILE)

## INTERVENTI

- 1) **ELIMINAZIONE CRITICITÀ ESISTENTI**
- 2) **ELIMINAZIONE SPINTE**
- 3) INCREMENTO CAPACITÀ (OVE NECESSARIO)

DGR Umbria n. 5180/1998

Ord. Comm. 44/2018 - Sisma 2016

«INTERVENTI MINIMI»

**QUI, PER BREVIÀ, SOLO UN CENNO ALL'ORD. 44/2017**

**ESPERIENZE DAL SISMA 2016**  
(come Comitato Tecnico Scientifico a supporto del Commissario)

**CRITERI DI INDIRIZZO**  
**PER LA PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE**  
**DEGLI INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO LOCALE**  
**(ORD. N. 44 DEL 18/12/17)**

**Per la prima volta in Italia, in una ricostruzione  
si fa prevenzione  
e non solo ripristino dei danni.**

La riduzione della vulnerabilità sismica può essere perseguita attraverso la **sistematica applicazione di una serie di interventi di rafforzamento locale finalizzati a ridurre/eliminare i collassi locali.**

Si dovranno riparare, anzitutto, i danni e le lesioni causati dal sisma.

Si dovrà poi valutare se la costruzione esistente abbia:

1. **qualità muraria** sufficiente per rispondere ad azioni, sia verticali, sia orizzontali come quelle sismiche, **senza disgregarsi**;
2. **vincoli bilaterali efficaci** tra pareti e tra pareti e orizzontamenti, nonché vincoli efficaci sugli elementi non strutturali (comignoli, torrini, sporti di gronda, parapetti).
3. sufficiente **capacità di sostenere le spinte** di archi, volte e coperture;
4. **orizzontamenti con capacità portante** per carichi verticali **sufficiente**.

## Scarsa qualità muraria

Occorre considerare la capacità o meno della tipologia muraria dell'edificio in esame di avere un comportamento strutturale vero e proprio.

Se la muratura tende a disgregarsi\* sotto azioni cicliche ripetute viene vanificato qualsiasi tipo di intervento che non sia capace anche di ostacolare tale disgregazione.

.....

\* Viene citato il documento ReLUIS relativo al metodo IQM

*“Come primo punto occorre considerare la capacità o meno della tipologia muraria dell’edificio in esame di avere un comportamento strutturale vero e proprio.*

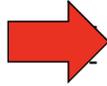
*Infatti, nel caso in cui la muratura tenda a disgregarsi e decomporsi sotto azioni cicliche ripetute, viene vanificato qualsiasi tipo di intervento che non sia capace anche di ostacolare tale disgregazione.*

*In queste situazioni perdono significato sia i valori delle caratteristiche di resistenza e deformabilità di cui alle normative, sia i metodi di analisi ivi previsti”.*

Interventi:

- **rifacimento dell'intonaco** con idonea malta, previa incisa scarnitura delle commessure murarie;
- posa in opera di **intonaco** eseguito con malta leggera e **rinforzato** con reti di metallo o di altro materiale resistente a trazione. L'intervento deve avvenire, di norma, su entrambi i lati della parete, collegando tra loro le reti mediante adeguati connettori. Caratteristiche delle reti, spessore e malta dell'intonaco rinforzato così ottenuto dovranno essere tali da non comportare variazioni significative del comportamento della costruzione;
- **ristilatura armata con connessione dei paramenti**, effettuata mediante fili di acciaio o altro materiale resistente a trazione, passanti nelle commessure previa incisa scarnitura delle stesse e loro successiva stuccatura;
- **iniezioni** localizzate di miscele cementizie o di calce, purché non comportino variazioni significative del comportamento della costruzione e a condizione che gli effettivi benefici delle iniezioni vengano verificati sia preliminarmente (attraverso prove di iniettabilità), sia a posteriori (attraverso saggi e riscontri sperimentali);

I PRINCIPI BASE DERIVANO  
DA QUESTE NORME



Riferimenti:

- Ord. Comm. 61/1997 - Sisma Umbria-Marche  
**DGR Umbria n. 5180/1998**
- Ord. Comm. 44/2018 - Sisma 2016
- NTC 2018 e relativa Circolare esplicativa



## **PROTOCOLLO DI BASE PER LE COSTRUZIONI MURARIE ESISTENTI**

- **CONOSCENZA**
- **ANALISI QUALITÀ MURARIA**
- **RISOLUZIONE ELEMENTI VULNERABILITÀ**
- **ANALISI CINEMATISMI**
- **ANALISI COMPLESSIVA**

# PROTOCOLLO DI BASE

## PER LE COSTRUZIONI MURARIE ESISTENTI

### GERARCHIA DELLE ANALISI, DEI MECCANISMI E DEGLI INTERVENTI PER LE COSTRUZIONI ESISTENTI IN MURATURA

(A. Borri – G. Castori – A. De Maria)

Livello	Se siamo nella situazione:		Comportamento sismico atteso	Analisi più adatta	Intervento prioritario
Preliminare	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	Complessivo (risposta d'insieme e carichi per zone d'influenza) Assenza di effetti torcenti globali	Analisi non lineare su modello 3D Analisi non lineare per allineamenti	Migliorare resistenza e capacità deformativa degli elementi resistenti
		Impalcati rigidi	Globale (risposta d'insieme e carichi proporzionali alle rigidità) Presenza di effetti torcenti globali	Analisi non lineare su modello 3D	Migliorare resistenza e capacità deformativa degli elementi resistenti

**PROTOCOLLO DI BASE  
PER LE COSTRUZIONI MURARIE ESISTENTI**

**STEP 1**

**CONOSCENZA**

**ESAME ACCURATO DELLA COSTRUZIONE**

*«Guarda bene l'edificio e le sue criticità. Fai i saggi, fai le prove ...»*

- Anamnesi;
- Esame obiettivo (rilievo materico, riconoscimento tipologie murarie, presenza/efficacia dei collegamenti, rilievo e lettura del quadro fessurativo, presenza di vuoti e cavità, di elementi in falso, presenza/efficacia di incatenamenti, ...);
- Saggi e indagini sperimentali (esame dei paramenti, della sezione muraria, angolate, solai, volte, fondazioni, copertura, ..., caratteristiche delle murature, degli elementi lignei, tiro nelle catene, ...).

*«Tutti i nodi vengono al pettine.  
Quando c'è il pettine».*

**PROTOCOLLO DI BASE  
PER LE COSTRUZIONI MURARIE ESISTENTI**

**STEP 2**

**QUALITÀ MURARIA**

*«Fai l'analisi qualità muraria. Con IQM o come vuoi, però falla!  
Se non è ok, fermati! Inutile andare avanti. Fermati e risolvi le carenze della muratura».*

Valutazione della qualità meccanica della muratura  
(ad esempio, con il METODO IQM)

**Se la qualità muraria è insufficiente (ad esempio, quando  $IQM_{FP} < 4$ ): STOP!**  
**Prima di qualsiasi altra cosa, occorre consolidare la muratura!**

Se invece la qualità muraria è sufficiente, si passa allo STEP successivo.

GAZZETTA



DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA

Roma - Martedì, 20 febbraio 2018

SI PUBBLICA TUTTI I  
GIORNI NON FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA, 70 - 00186 ROMA  
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - VIA SALARIA, 691 - 00138 ROMA - CENTRALINO 06-85881 - LIBRERIA DELLO STATO

GAZZETTA



UFFICIALE

DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA

Roma - Lunedì, 11 febbraio 2019

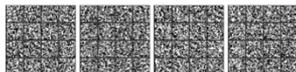
SI PUBBLICA TUTTI I  
GIORNI NON FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA, 70 - 00186 ROMA

## IL PROBLEMA DELLA DISGREGAZIONE MURARIA VIENE CITATO (SOLO) IN DUE PAGINE (MA SONO DUE PESANTI «STRONCATURE»!)

Pag. 257 della G.U. (Circolare esplicativa 2019):

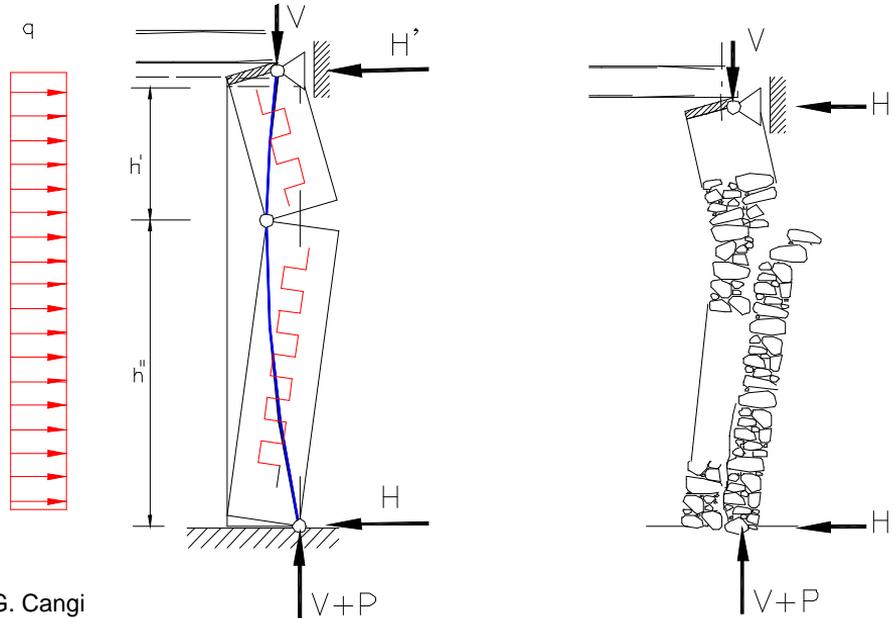
«I dati riportati nella Tabella C8.5.I fanno riferimento, ad eccezione dell'ultima riga, a una muratura costituita da due paramenti accostati, con eventuale nucleo interno di limitato spessore (significativamente inferiore a quello dei paramenti). In questi casi è preventivamente necessario valutare se la muratura ha caratteristiche tali da garantire che il pannello murario possa comportarsi unitariamente nei riguardi delle sollecitazioni .....; in caso contrario la modellazione con parametri meccanici equivalenti ha poco significato».



**IL PROBLEMA DELLA DISGREGAZIONE MURARIA  
VIENE CITATO (SOLO) IN DUE PAGINE  
(MA SONO DUE PESANTI «STRONCATURE»!)**

**Pag. 268 della G.U. (Circolare esplicativa 2019):**

**«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».**



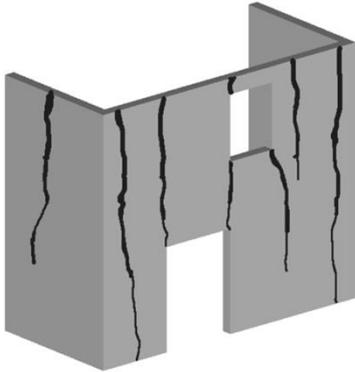
Disegni: G. Cangini

**PROTOCOLLO DI BASE  
PER LE COSTRUZIONI MURARIE ESISTENTI**

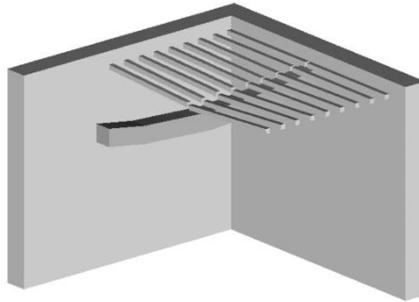
**STEP 3**

**ANALISI PER CARICHI VERTICALI**

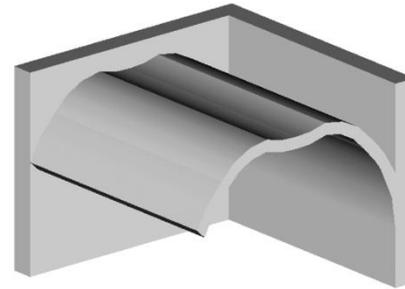
Murature con lesioni  
verticali



Solai in legno deformati  
eccessivamente



Volte con deformazioni  
eccessive



**PROTOCOLLO DI BASE  
PER LE COSTRUZIONI MURARIE ESISTENTI**

**STEP 4**

**INTERVENTI MINIMI\*(1)**

*«Per prima cosa, elimina le criticità locali che hai rilevato!»*

Interventi sugli elementi con capacità portante per carichi verticali insufficiente.

Eliminazione/riduzione delle criticità locali:

- vuoti/cavità;
- elementi in falso;
- Mancanza di collegamento tra i paramenti;
- mancanza di collegamento per gli elementi non strutturali (comignoli, torrini, sporti di gronda, parapetti);
- catene non efficienti;
- ...

*\* «Interventi minimi (a differenza del «minimo intervento») significa fare quello che è necessario!»*

**PROTOCOLLO CULTURALE DI BASE  
PER LE COSTRUZIONI MURARIE ESISTENTI**

**STEP 5**

**INTERVENTI MINIMI\*(2)**

*«Quando necessario, intervieni per migliorare qualità muraria e collegamenti!»  
(Senza tali requisiti la costruzione non può rispondere in modo adeguato).*

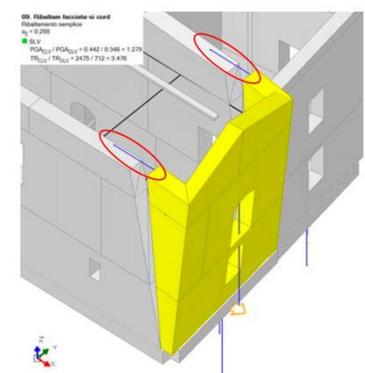
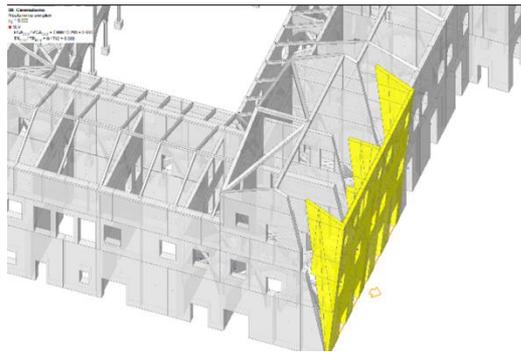
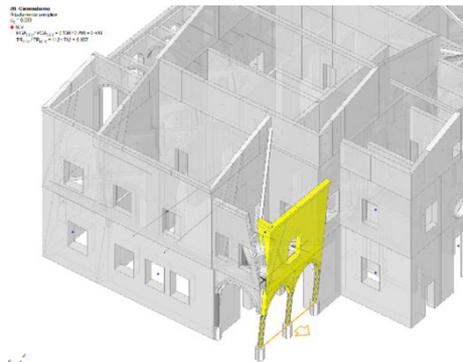
Fai quegli «interventi minimi» (ved. ad es. DGR Umbria n. 5180/98 e Ord. 44/97 - Sisma 2016) necessari per avere qualità muraria sufficiente per rispondere ad azioni, come quelle sismiche, senza disgregarsi.

*\* «Interventi minimi (a differenza del «minimo intervento») significa fare quello che è necessario!»*

# PROTOCOLLO DI BASE PER LE COSTRUZIONI MURARIE ESISTENTI

## STEP 6 ANALISI DEI CINEMATISMI

Analisi cinematica dei meccanismi di collasso.



**PROTOCOLLO DI BASE  
PER LE COSTRUZIONI MURARIE ESISTENTI**

**STEP 7**

**INTERVENTI MINIMI\* (3)**

*«Riduci/elimina le spinte presenti sugli elementi murari!»*

Per i possibili cinematismi di collasso, per le spinte di archi, volte e coperture, introduci vincoli capaci di impedirli/ostacolarli: catene, collegamenti, speroni, contrafforti, ....

*\* «Interventi minimi (a differenza del «minimo intervento») significa fare quello che è necessario!»*

Nota: le NTC 2018 ci ricordano che si devono considerare sempre i cinematismi di collasso e (se hanno senso) quelli globali, ma solo dopo che i meccanismi locali siano stati impediti.

**Nota a pag. 250 della Circolare 2019 (G.U.):**

.... la valutazione della sicurezza deve essere effettuata nei confronti dei meccanismi di collasso, sia locali, sia globali, ove questi ultimi siano significativi;

.... la verifica dei meccanismi globali diviene, in genere, significativa solo dopo che gli eventuali interventi abbiano eliminato i meccanismi di collasso locale.

**PROTOCOLLO DI BASE  
PER LE COSTRUZIONI MURARIE ESISTENTI**

**STEP 8**

**ANALISI DEL COMPORTAMENTO GLOBALE**

*Se e quando ha senso, cioè:*

*se non c'è il rischio di disgregazione muraria\**

*se i paramenti sono sufficientemente collegati in senso trasversale\**

*se sono stati eliminati cinematismi e criticità locali\**

Analisi modale con spettro di risposta

(per i modi principali; per la distribuzione di forze da adottare nelle analisi statiche n.l.)

Analisi statica n.l. della risposta d'insieme:

- per allineamenti (impalcati deformabili)
  - globale 3D (impalcati rigidi)

\* In caso contrario, torna agli «interventi minimi»!

**PROTOCOLLO DI BASE  
PER LE COSTRUZIONI MURARIE ESISTENTI**

**STEP 9**

**INTERVENTI**

*«Fai gli altri interventi (oltre a quelli «minimi») necessari per raggiungere gli obiettivi del progetto ...»*

Ove necessario: migliora resistenza e capacità deformativa degli elementi resistenti.



GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

# SAIE LAB

Laboratori itineranti del saper fare

## 5<sup>a</sup> tappa : Ricostruzione in zona sismica

In collaborazione con



ORDINE DEI GEOLOGI  
Regione Abruzzo

Con il patrocinio di



ABRUZZO ANCE ABRUZZO



oice



UNIONE NAZIONALE INGEGNERI



Collegio Provinciale  
Geometri e Geometri Laureati  
dell'Aquila



Collegio Provinciale  
Geometri e Geometri Laureati  
di Teramo



ANTEL  
Associazione Nazionale  
tecnici enti locali

MAIN SPONSOR



EVENT  
SPONSOR



ASDEA  
EXCLUSIVE  
ENGINEERING  
& TECHNOLOGY



ASDEA  
EXCLUSIVE  
ENGINEERING  
& TECHNOLOGY



DET FIRE  
Sistemi di Sicurezza



Progetto  
SISMA

Progetto e direzione



MESTIERE FIERE

Prossima edizione



SAIE BARI 2023  
La Fiera delle Costruzioni  
progettazione, edilizia, impianti  
19/21 ottobre