



CONSIGLIO NAZIONALE
DEGLI INGEGNERI



ASSOCIAZIONE
TECNOLOGI
PER L'EDILIZIA



FONDAZIONE
CONSIGLIO NAZIONALE INGEGNERI

Convegno in modalità on-line
Seminario: L'INDICE DI QUALITÀ MURARIA (IQM)
NELLE ANALISI DELLE COSTRUZIONI MURARIE ESISTENTI
14 OTTOBRE 2026

Analisi di tipologie murarie con l'IQM: metodologia ed esempi

ALESSANDRO DE MARIA
REGIONE UMBRIA

Analisi di tipologie murarie con l'IQM: metodologia ed esempi

Nota:

Gli argomenti esposti nella seguente presentazione sono stati messi a punto in stretta collaborazione col Prof. Antonio Borri.

Molte slides, inoltre, sono state messe a punto con la collaborazione di altri colleghi di cui è doveroso ricordare il contributo.

In particolare le considerazioni sulla normativa derivano in gran parte dal lavoro svolto nel corso degli anni con i colleghi del Servizio Rischio Sismico della Regione Umbria, ex Servizio Controllo Costruzioni della Provincia di Perugia all'epoca diretto dall'Ing. Utilio Nasini.

Inoltre si citano diffusamente le lezioni tenute dal sottoscritto, dall'Ing. Elisabetta Aisa, dall'Ing. Antonio Avorio, dall'Ing. Giovanni Cangi, dal Prof. Giulio Castori, dal Prof. Marco Corradi, dall'Ing. Gianluca Fagotti, dall'Ing. Andrea Giannantoni, dall'Ing. Andrea Grazini, dall'Ing. Utilio Nasini, dal Geol. Francesco Savi, dall'Ing. Romina Sisti, dall'Ing. Riccardo Vetturini e dal Prof. Antonio Borri in varie occasioni.

La qualità muraria

Regola dell'arte

Vitruvio dice (*De Arch.* II, 8, 7) che i Greci, noti per l'ottima qualità delle loro costruzioni, «*plana conlocantes et longitudines eorum alternis in crassitudinem instruentes, non media farciunt, sed e suis frontatis perpetuam et unam crassitudinem parietum consolidant. Praeterea interponunt singulos crassitudine perpetua utraque parte frontatos, quos "διατονοους" appellant, qui maxime religando confirmant parietum soliditatem*»

(collocano le pietre **in piano** e alzano la struttura **muraria alternandole nel senso della lunghezza e dello spessore**, non riempiono la parte intermedia, ma ottengono con i rivestimenti frontali un'unica struttura solida. Inoltre a intervalli dispongono di traverso al muro da una parte all'altra una di queste pietre che chiamano **diatoni** con la funzione di legare e consolidare l'opera muraria).



Regola dell'arte

C8.5.3.1 COSTRUZIONI DI MURATURA

<< La muratura in una costruzione esistente è il risultato dell'assemblaggio di materiali diversi, in cui la **tecnica costruttiva**, le **modalità di posa in opera**, le caratteristiche meccaniche dei **materiali costituenti** e il loro stato di **conservazione**, determinano il comportamento meccanico dell'insieme.>>

<< I coefficienti migliorativi sono funzione dei seguenti fattori: **malta** di buone caratteristiche ... ; presenza di **ricorsi** (o listature) ... ; presenza sistematica di elementi di **collegamento trasversale** tra i paramenti >>

Parametri della regola dell'arte:

MA. = qualità della malta / efficace contatto fra elementi / zeppe;

P.D. = ingranamento trasversale / presenza dei diatoni;

F.EL. = forma degli elementi resistenti;

D.EL. = dimensione degli elementi resistenti;

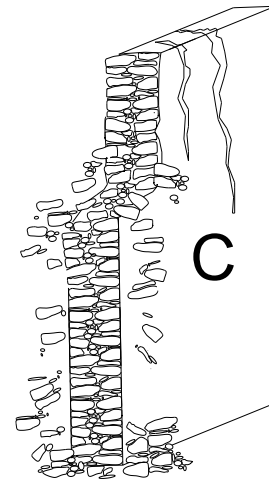
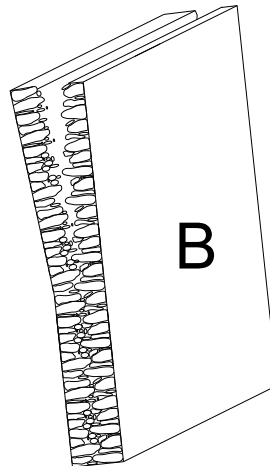
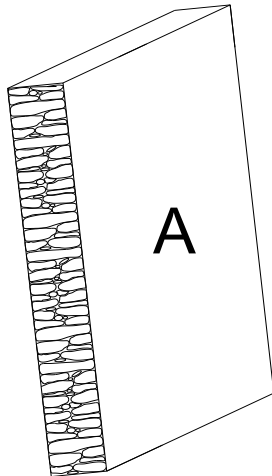
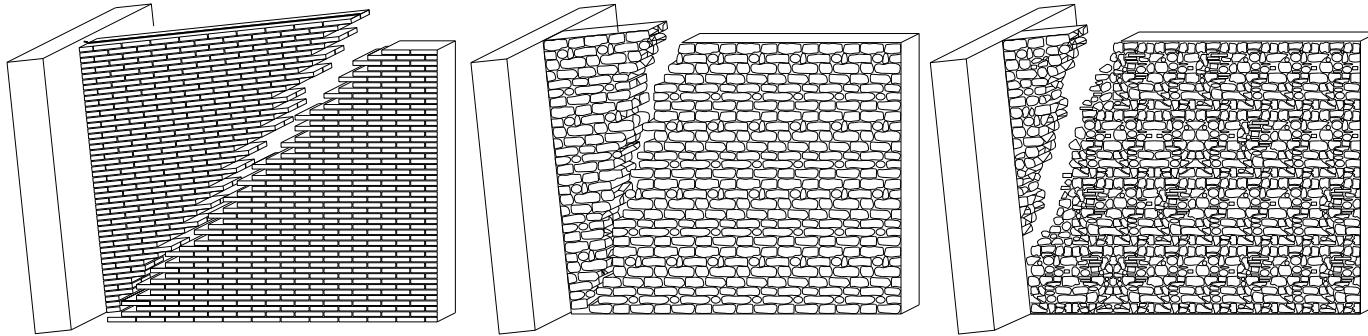
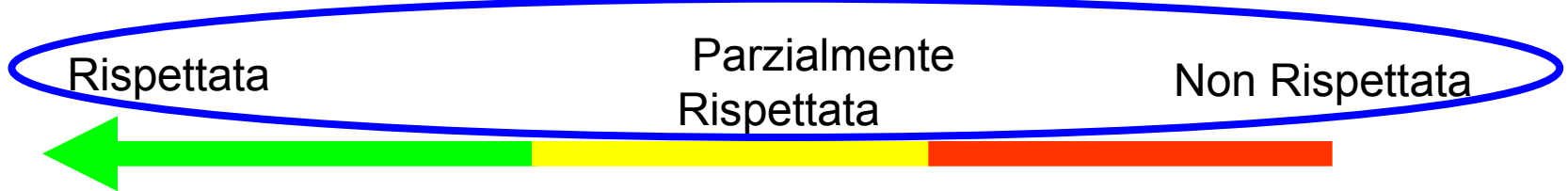
S.G. = sfalsamento dei giunti verticali / ingranamento nel piano della parete;

OR. = orizzontalità dei filari;

RE.EL. = resistenza degli elementi.

Regola dell'arte e qualità muraria

SINTESI → comportamento meccanico della muratura in f.ne del rispetto dei parametri della regola dell'arte





Edificio A

Edificio B

Metodologia e finalità

Valutazione di qualità della muratura: metodo IQM

Circ. 2019

(C8.5.3.1) “*a seguito delle indagini, è necessario valutare, per ogni prova, il grado di rappresentatività sia della classe tipologica attribuita al materiale, sia dei valori medi delle caratteristiche meccaniche dell’edificio da utilizzare nelle modellazioni. A questo scopo possono essere utili metodi che, avvalendosi della lettura visiva dei paramenti e della sezione, consentano di ottenere delle stime di tali caratteristiche attraverso indicatori di qualità muraria, purché elaborati con procedure di comprovata attendibilità”.*



IQM

Indice di Qualità Muraria

(A. Borri – A. De Maria)

IQM : INDICE DI QUALITA' MURARIA

OBIETTIVI:

- a) **valutazione della qualità muraria** espressa mediante un indice;
- b) **stima dei parametri meccanici** della muratura necessari per effettuare le verifiche di sicurezza richieste dalle NTC 2018 per gli edifici esistenti;
- c) **previsione di probabili fenomeni disagregativi**

Parametri della regola dell'arte

MA. = qualità della malta / efficace contatto fra elementi / zeppe;

P.D. = ingranamento trasversale / presenza dei diatoni;

F.EL. = forma degli elementi resistenti;

D.EL. = dimensione degli elementi resistenti;

S.G. = sfalsamento dei giunti verticali / ingranamento nel piano della parete;

OR. = orizzontalità dei filari;

RE.EL. = resistenza degli elementi.

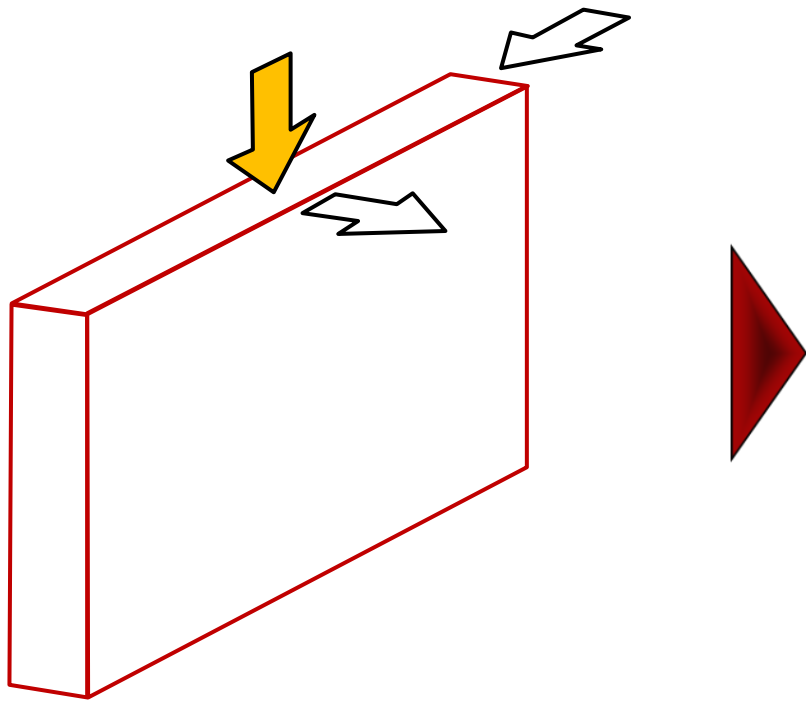
Giudizio sul rispetto dei parametri della regola dell'arte:

R. = parametro rispettato;

P.R. = parametro parzialmente rispettato;

N.R. = parametro non rispettato.

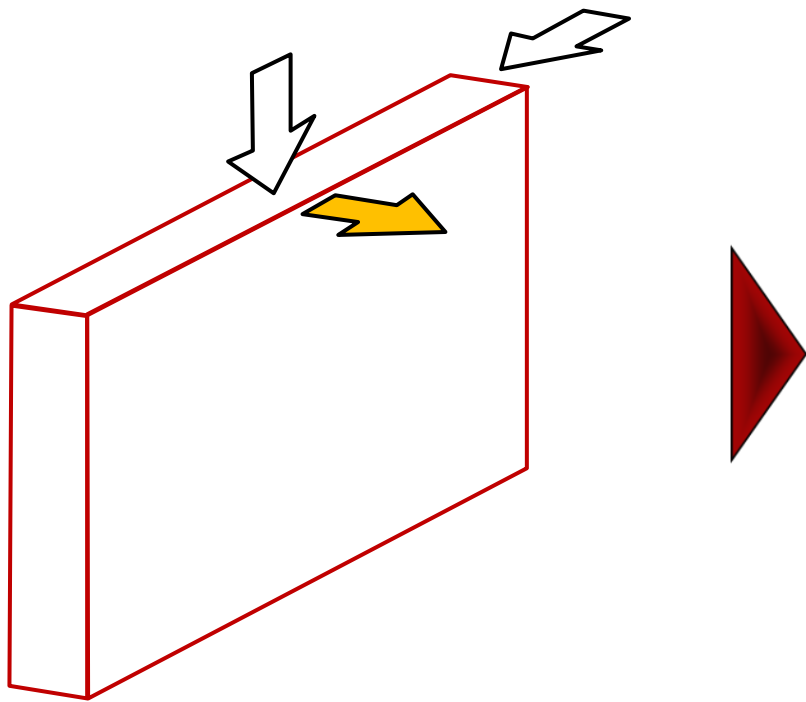
Valutazione di IQM → tramite i giudizi sul grado di rispetto della regola dell'arte si valuta l'IQM per azioni verticali, orizzontali ortogonali al piano e orizzontali nel piano



Attenzione: IQM va distinto in base alla direzione dell'azione sollecitante (tre indici di qualità muraria):

- 1) IQM per **azioni verticali**;
- 2) IQM per azioni ortogonali al piano;
- 3) IQM per azioni nel piano.

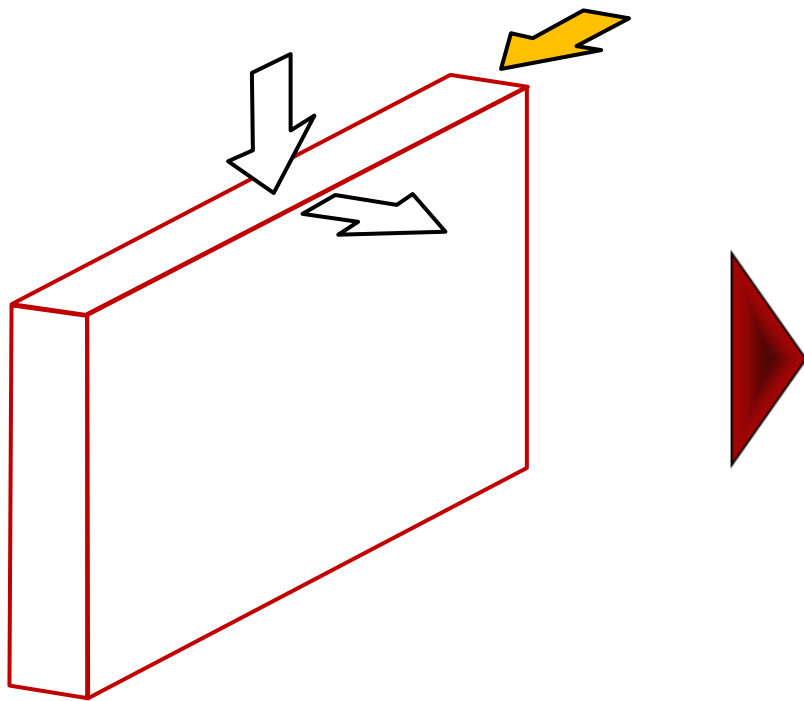
Tipologie murarie che possono essere considerate buone o accettabili per un tipo di azioni possono non esserlo per un tipo di carico diverso



Attenzione: IQM va distinto in base alla direzione dell'azione sollecitante (tre indici di qualità muraria):

- 1) IQM per azioni verticali;
- 2) IQM per **azioni ortogonali al piano**;
- 3) IQM per azioni nel piano.

Tipologie murarie che possono essere considerate buone o accettabili per un tipo di azioni possono non esserlo per un tipo di carico diverso



Attenzione: IQM va distinto in base alla direzione dell'azione sollecitante (tre indici di qualità muraria):

- 1) IQM per azioni verticali;
- 2) IQM per azioni ortogonali al piano;
- 3) IQM per **azioni nel piano**.

Tipologie murarie che possono essere considerate buone o accettabili per un tipo di azioni possono non esserlo per un tipo di carico diverso

Valutazione della Regola dell'Arte

Influenza della REGOLA DELL'ARTE sul comportamento meccanico della muratura

MA - Qualità della malta



La malta è fondamentale nella resistenza di una muratura. La sua principale funzione, nelle murature storiche è quella di regolarizzare la superficie di appoggio fra le pietre consentendo la trasmissione di forza da una pietra all'altra (quest'ultima funzione può essere assolta anche da zeppe o scaglie inserite nei giunti).

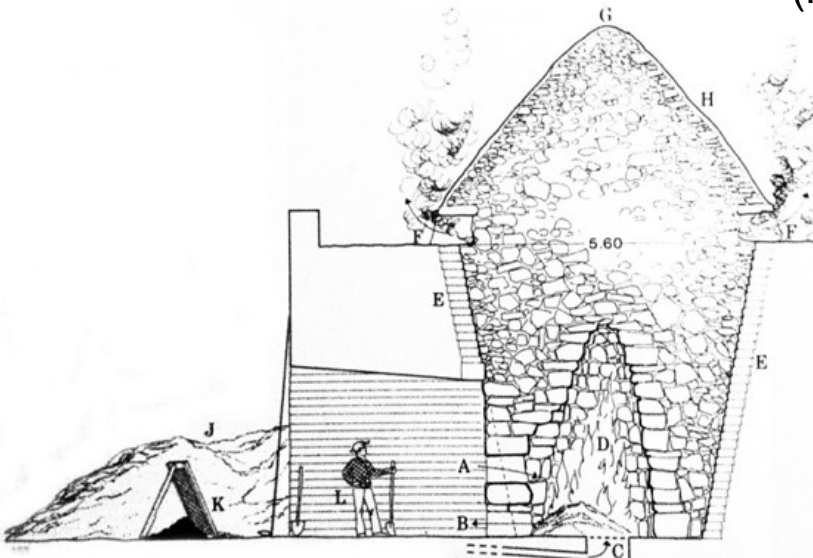
Influenza della REGOLA DELL'ARTE sul comportamento meccanico della muratura

MA - Qualità della malta

<<Le proprietà essenziali delle malte in generale sono:

- 1° d'esser atte a consolidarsi in più o men breve tempo, e a divenir forti, a segno di poter sopportare una gagliarda compressione senza rimanere infrante;
- 2° di contrarre nell'assodarsi una tenacissima aderenza con le pietre sieno naturali, ovvero artefatte, in guisa tale da poter formare con esse delle masse, le cui parti sieno saldamente, e quasi indissolubilmente unite;
- 3° di esser capaci di mantenersi esenti da qualunque alterazione all'aria, all'umido, al gelo, ad ai raggi solari. La bontà delle malte consiste nell'essere più o meno dotate di queste proprietà [...]>>

(N. Cavalieri San-Bertolo, libro III, Capo IV)



Murature di mattoni: problematiche emerse



Il **comportamento sismico della murature in mattoni pieni** e quindi la correlazione IQM nel piano vs τ_0 sono fortemente influenzati da:

- tessitura dei mattoni
- qualità della malta

Importanza dell'argomento evidenziata dal sisma in Emilia nel 2012



MA - Qualità della malta

Murature di mattoni:
influenza della qualità della malta:

Qualità della malta =

→ resistenza a trazione della malta

→ adesione fra malta e mattone



Qualità della malta / efficace contatto fra elementi / zeppe³ (MA.)

RISPETTATA

- a) Malta in buono stato e ben conservata, con giunti di dimensione non eccessiva rispetto alle pietre o ai mattoni oppure con giunti ampi ma di malta di ottima qualità (es. murature romane o bizantine);
- b) Muratura con grandi elementi squadrati e priva di malta o con strato di malta sottilissimo. In tal caso si intende “rispettato” il requisito di un efficace contatto fra le pietre.



PARZIALMENTE RISPETTATA

- a) Malta di qualità intermedia, con giunti non eccessivamente erosi.
- b) Murature con elementi irregolari e malta degradata ma con zeppe efficacemente inserite negli spazi fra gli elementi.



NON RISPETTATA/PESSIMA*

- a) Malta scadente o degradata e polverulenta e del tutto priva di coesione.
- b) Malta assente (escluso il caso di muratura di grossi elementi squadrati).
- c) Giunti di malta di dimensioni eccessive, paragonabili a quelle degli elementi se la malta non è di ottima qualità.
- d) Muratura di elementi porosi (es. tufo) con scarsa aderenza fra la malta e gli stessi elementi.

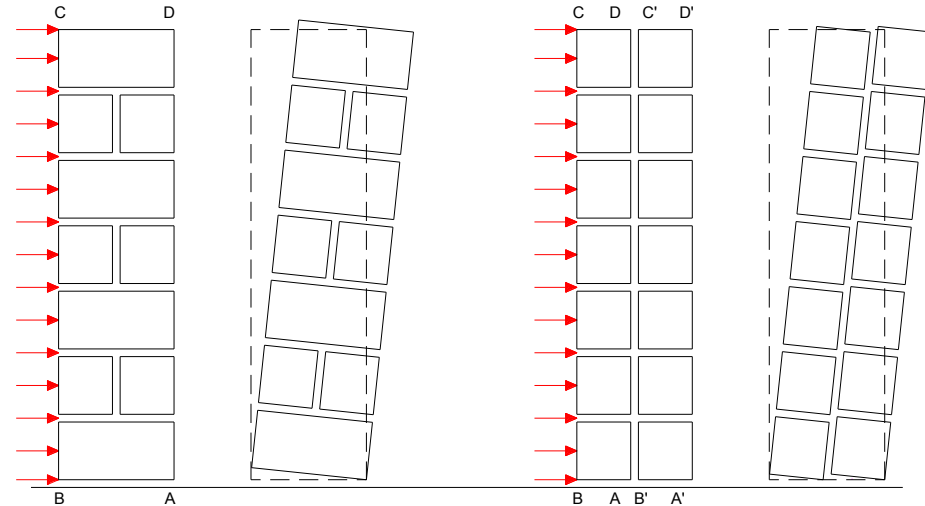
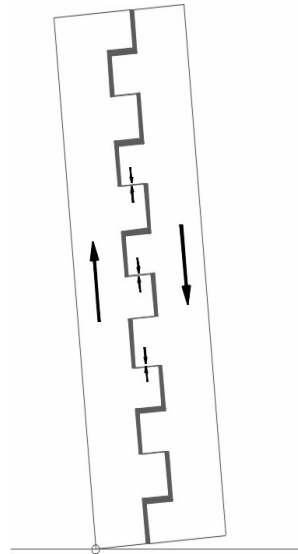
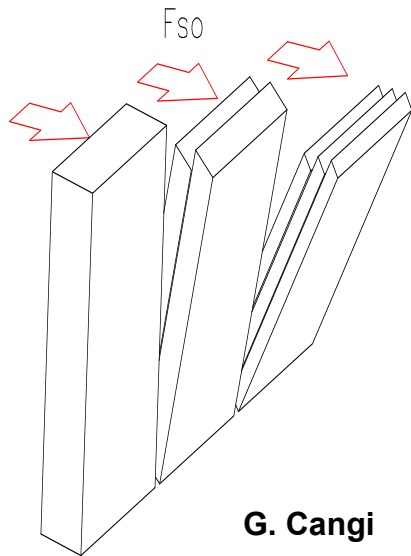


* la malta sarà giudicata “pessima” se le caratteristiche riportate in tabella sono molto accentuate oppure sono diffuse sulla quasi totalità del paramento murario.



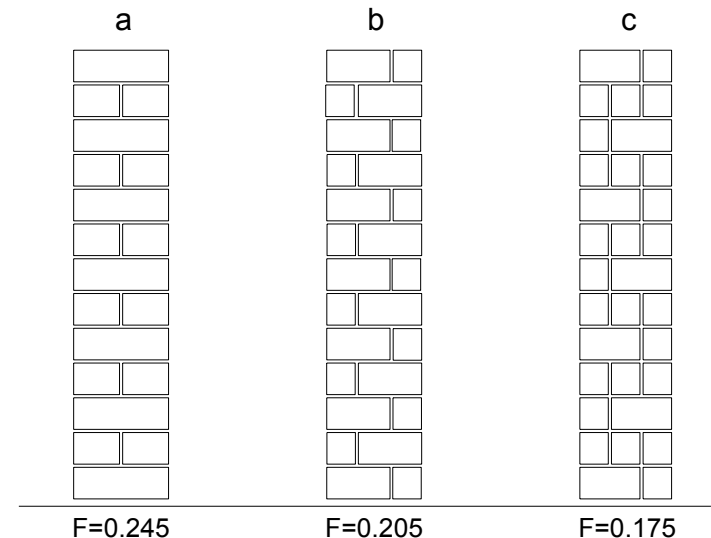
Influenza della REGOLA DELL'ARTE sul comportamento meccanico della muratura

P.D. – Presenza di diatoni (ingranamento trasversale)

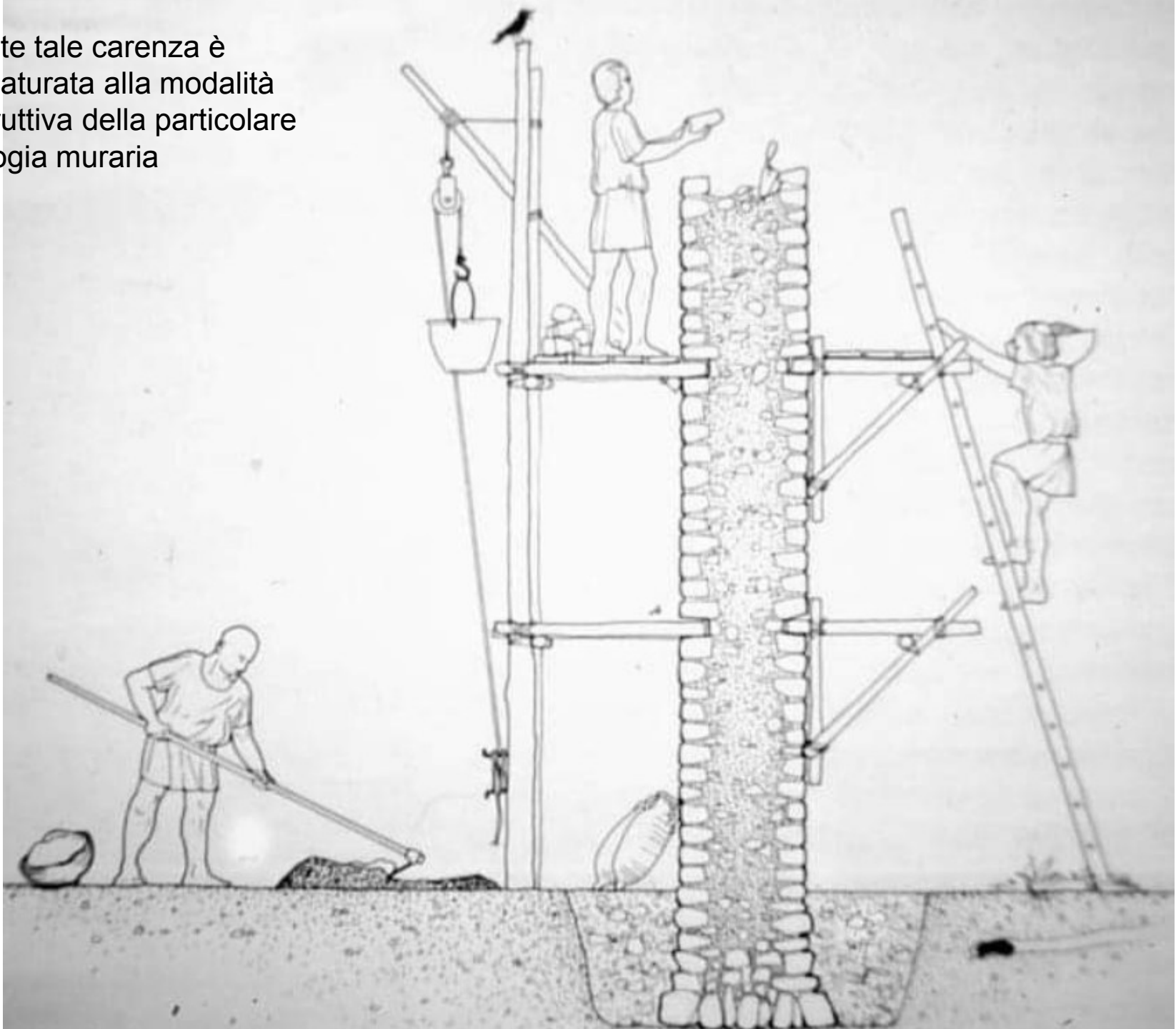


Aumenta resistenza a ribaltamento e azioni fuori piano.

Può essere ottenuto con diatoni o semidiatoni (pietre passanti nello spessore murario) o, artificialmente, con diatoni artificiali o perforazioni armate.



A volte tale carenza è
connaturata alla modalità
costruttiva della particolare
tipologia muraria



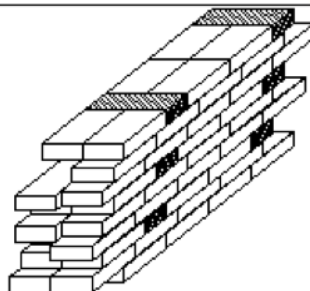


Presenza di diatoni / ingranamento trasversale (P.D.)

(Valutazione "convenzionale" svolta senza osservare l'intera sezione muraria)

RISPETTATA

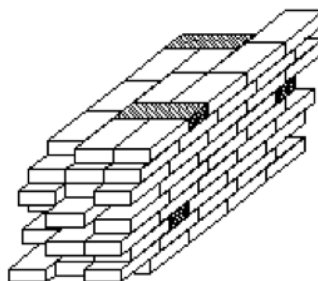
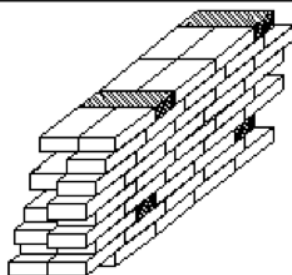
Paramento ben tessuto; blocchi o pietre di dimensione paragonabile a quella dello spessore della parete; presenza sistematica di pietre disposte di testa.



PARZIALMENTE RISPETTATA

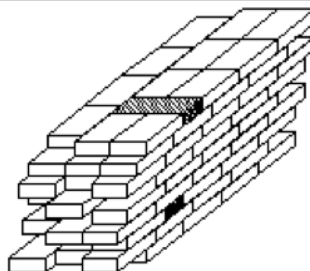
Situazione intermedia fra il rispetto ed il non rispetto di tale parametro.

Paramento ben tessuto ed ordinato almeno su una faccia; alcune pietre sono disposte di testa; spessore del muro non eccessivo rispetto alle dimensioni delle pietre (orientativamente: pietre di lunghezza massima almeno pari ai 2 / 3 dello spessore della parete).

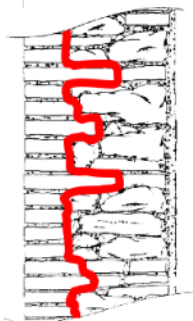
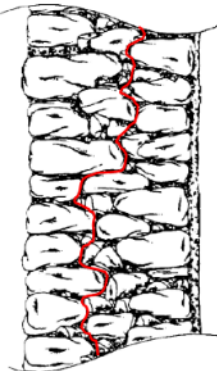
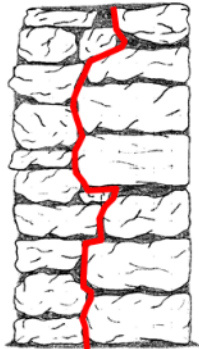
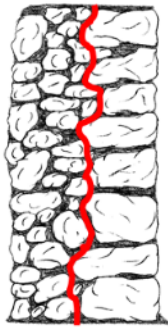


NON RISPETTATA

Pietre piccole rispetto allo spessore del muro; assenza di pietre palesemente disposte in senso trasversale alla parete (di testa).



IQM

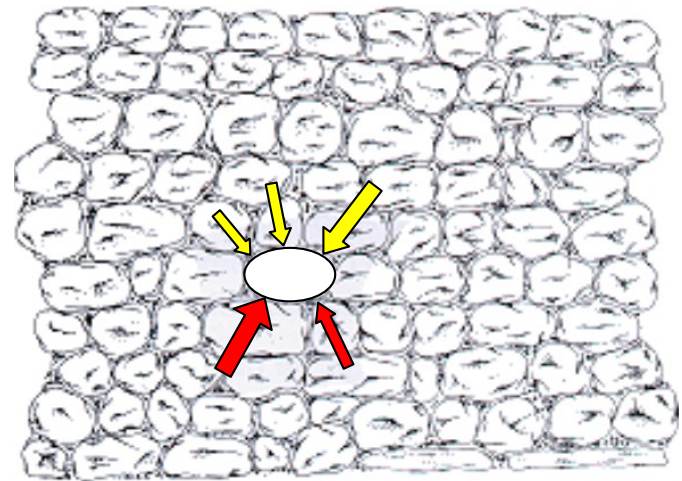
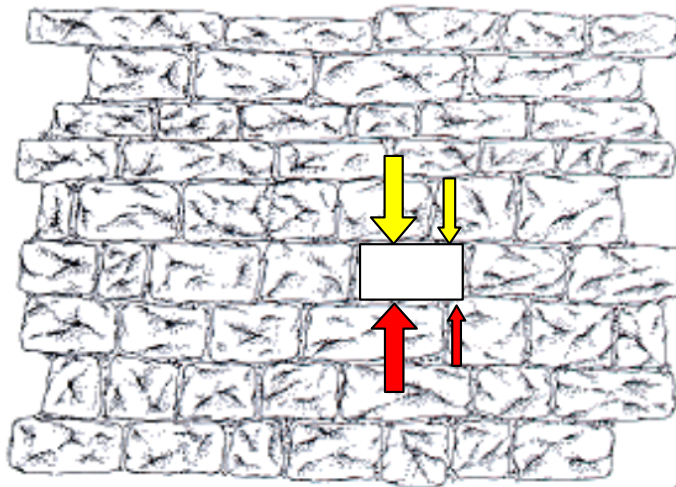
Presenza di <u>diatoni</u> / ingranamento <u>trasversale</u> (P.D.) (valutazione tramite la LMT ³ trasversale – Sezione interamente osservabile)		
RISPETTATA LMT maggiore di 155 cm	 LMT = 160 cm	 LMT = 176 cm
PARZIALMENTE RISPETTATA LMT compresa fra 155 cm e 125 cm	 LMT = 145 cm	 LMT = 126 cm
NON RISPETTATA LMT inferiore a 125 cm Pietre di piccole dimensioni qualunque sia il valore di LMT (es. parete con sacco interno)	 LMT = 110 cm	 LMT = 120 cm



Ingranamento dei paramenti, metodo di valutazione quantitativo:
 “Linea di Minimo Tracciato” (Doglioni, Mirabella, IUAV Venezia)

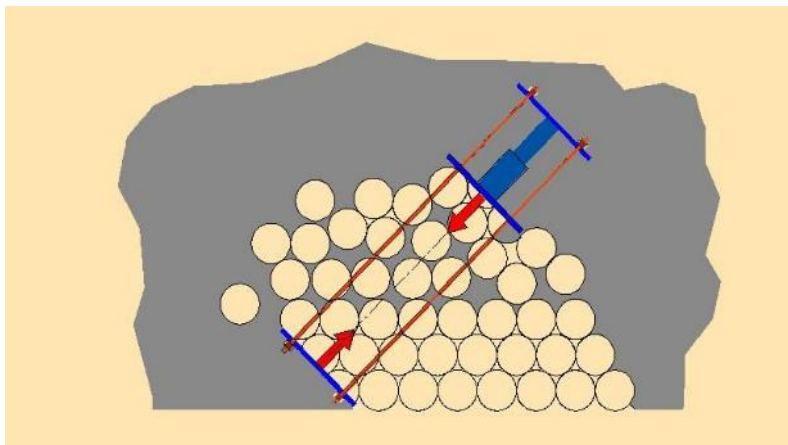
Influenza della REGOLA DELL'ARTE sul comportamento meccanico della muratura

F.EL. = forma degli elementi resistenti

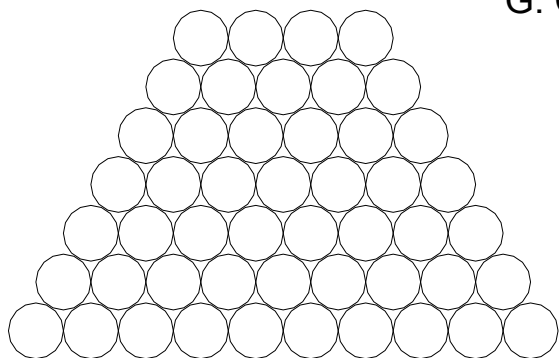


Influenza della REGOLA DELL'ARTE sul comportamento meccanico della muratura

F.EL. = forma degli elementi resistenti

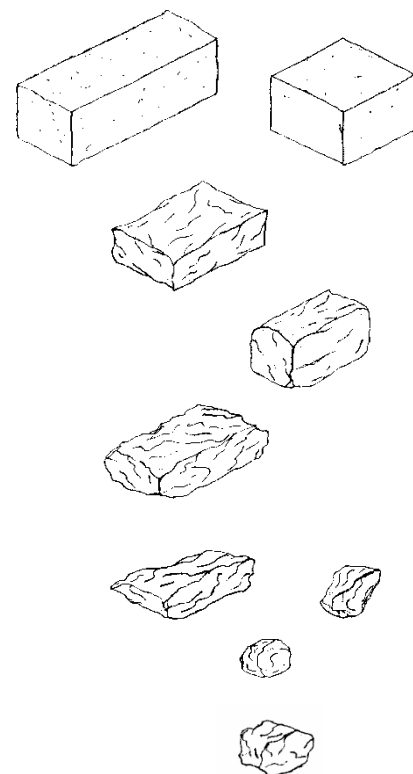


G. Cangi



Elementi in pietra di qualità decrescente per forma:

- Blocchi squadrati
- Blocchi sbozzati
- Pietre irregolari allungate
- Pietrame da spacco
- Pietre arrotondate o ciottoli



La forma regolare migliora la stabilità globale del muro e permette "l'autoequilibrio" dovuto all'azione stabilizzante delle forze peso

Tempio di Giove a Terracina (LT). Le pietre arrotondate sono stabilizzate da grosse angolate di confinamento che ne assorbono la spinta interna.

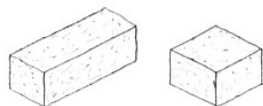




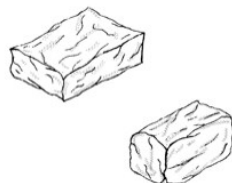
Forma degli elementi resistenti (F.EL.)

RISPETTATA

Prevalenza di elementi di forma squadrata o sbozzata oppure mattoni o laterizi di forma parallelepipedica su entrambe le facce della parete.



Blocchi squadrati



Blocchi sbozzati

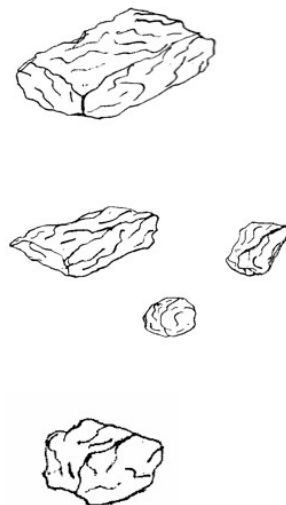


PARZIALMENTE RISPETTATA

Compresenza di elementi irregolari o ciottoli e blocchi di forma squadrata o mattoni.

Pareti con una faccia di blocchi di forma regolare o mattoni e l'altra faccia di ciottoli od elementi di forma irregolare.

Elementi arrotondati o irregolari ma con interstizi riempiti di zeppe ben inserite.



NON RISPETTATA

Prevalenza di elementi di forma irregolare o arrotondata oppure ciottoli su entrambe le facce della parete.

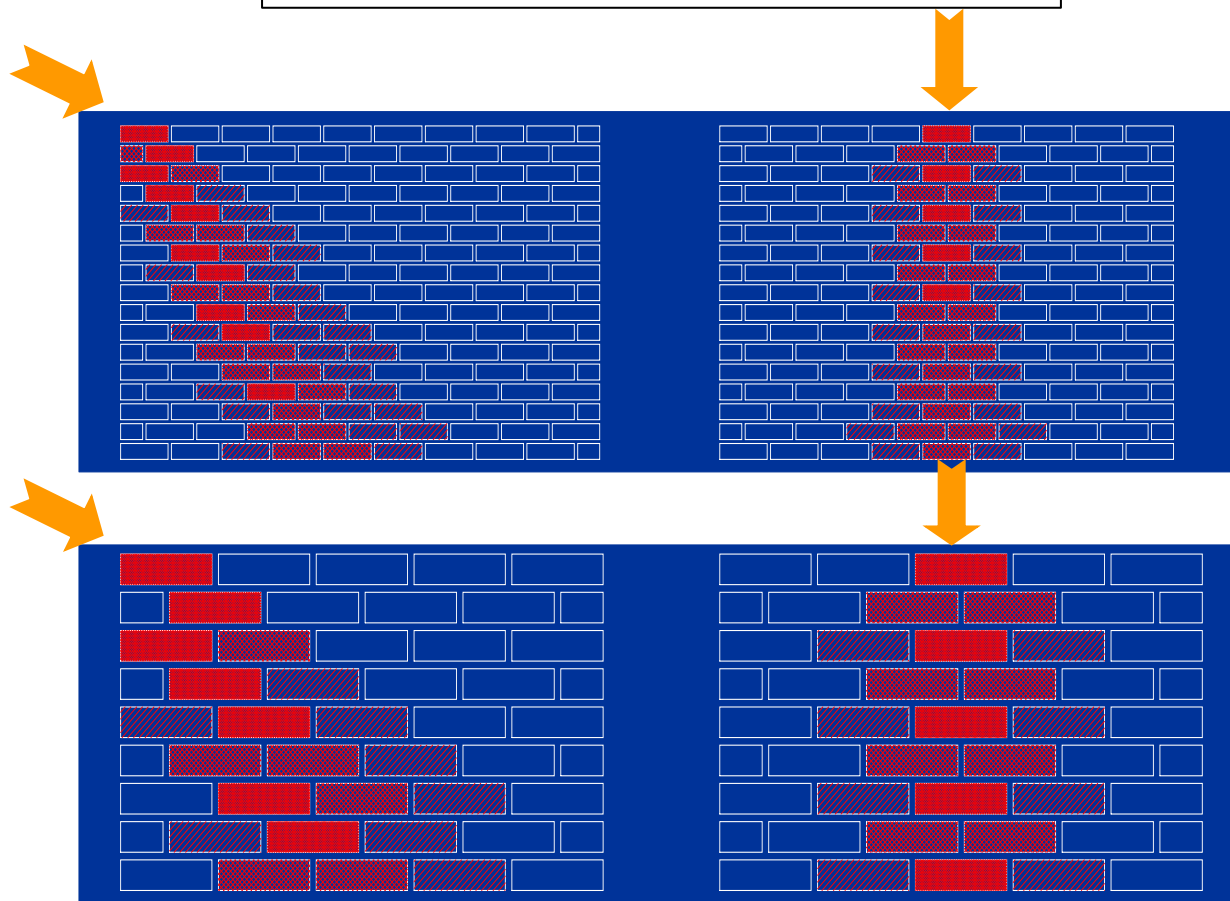
Blocchi di forma irregolare, arrotondata o ciottoli.



IQM

Influenza della REGOLA DELL'ARTE sul comportamento meccanico della muratura

D.EL. – dimensione elementi



Elementi di grande dimensione coinvolgono maggiori zone di muratura nella distribuzione dei carichi, sia verticali sia orizzontali. Inoltre diminuiscono le zone di malta (giunti) solitamente più deboli degli elementi lapidei o di pietra.

Dimensione degli elementi resistenti (D.EL.)

RISPETTATA

Prevalenza di elementi con la loro dimensione maggiore sopra i 40 cm.

In tali pareti i blocchi solitamente sono così grossi da interessare gran parte dello spessore della parete e quindi essi possono svolgere anche la funzione di diatoni.



PARZIALMENTE RISPETTATA

Prevalenza di elementi con la loro dimensione maggiore fra 20 e 40 cm.

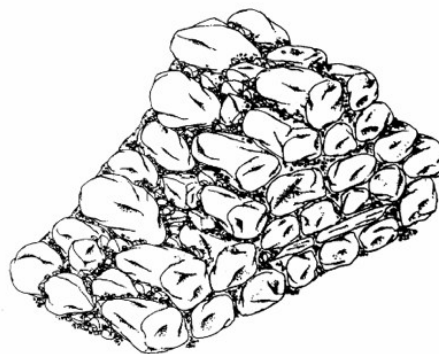
Compresenza di elementi di dimensione variabile.



NON RISPETTATA

Prevalenza di elementi con la loro dimensione maggiore sotto i 20 cm.

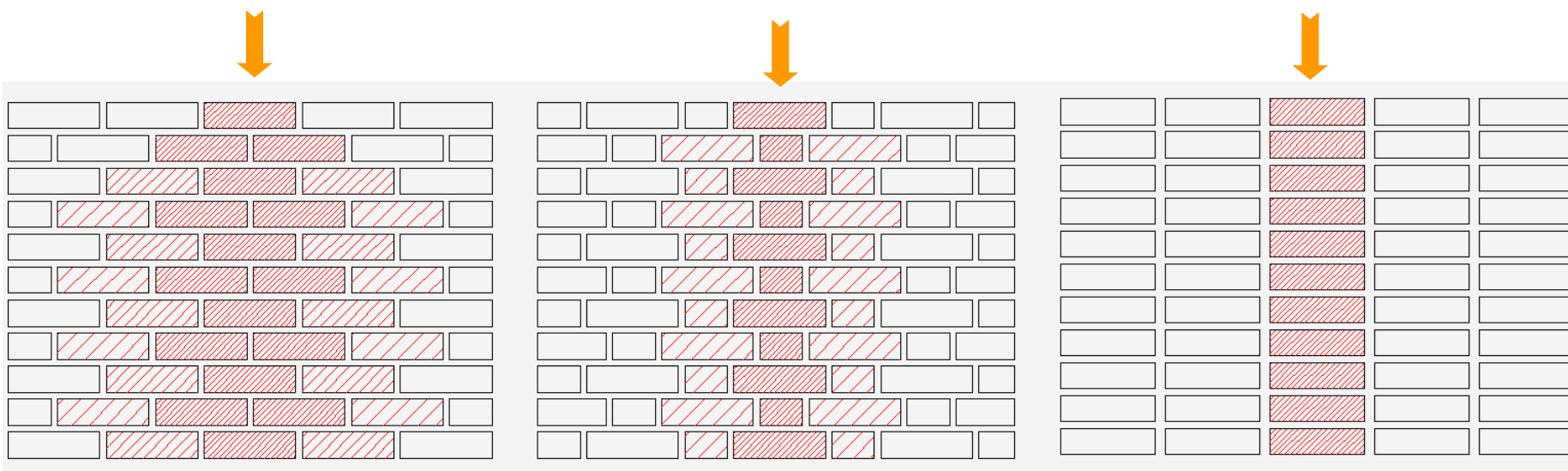
Parete di soli diatoni in mattoni pieni.



IQM

Influenza della REGOLA DELL'ARTE sul comportamento meccanico della muratura

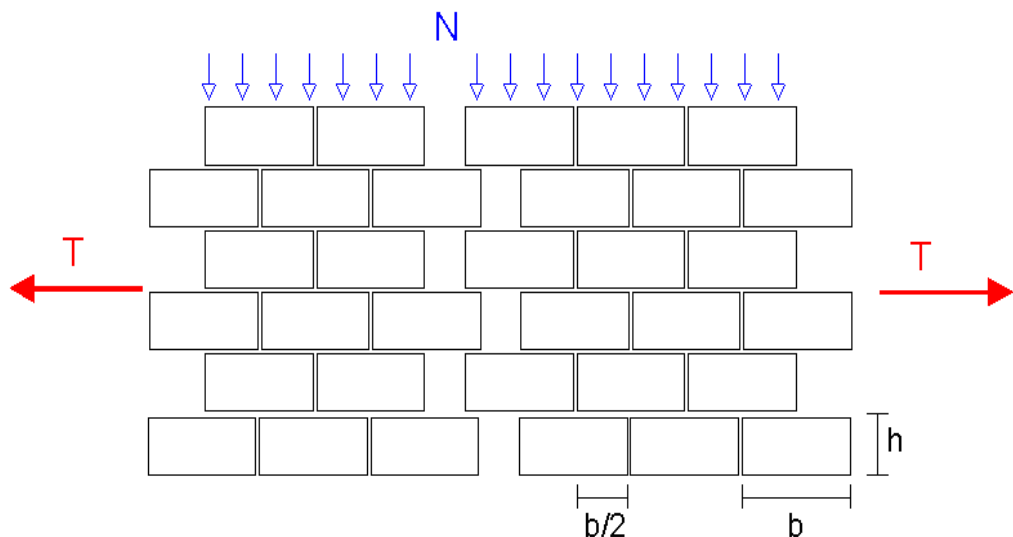
S.G. - Sfalsamento giunti verticali



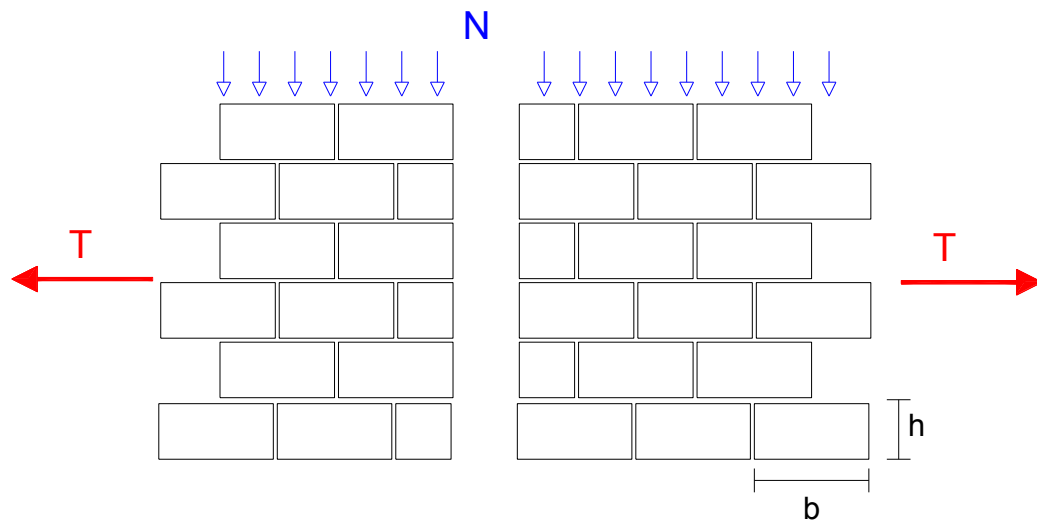
Effetto positivo sulla ripartizione dei carichi verticali: uno sfalsamento dei giunti verticali coinvolge più elementi lapidei o pietre nella “risposta” a sollecitazioni esterne.

Influenza della REGOLA DELL'ARTE sul comportamento meccanico della muratura

S.G. - Sfalsamento giunti verticali



Effetto positivo sulla ripartizione sulla resistenza ad azioni orizzontali perché aumenta la superficie sottoposta all'attrito ("pseudoresistenza a trazione")



Sfalsamento fra i giunti verticali / Ingranamento nel piano (S.G.)
(Valutazione qualitativa)

RISPETTATO

Prevalenza di giunti verticali in corrispondenza della zona centrale dell'elemento inferiore o comunque tali da garantire un sufficiente grado di incastro tra gli elementi.

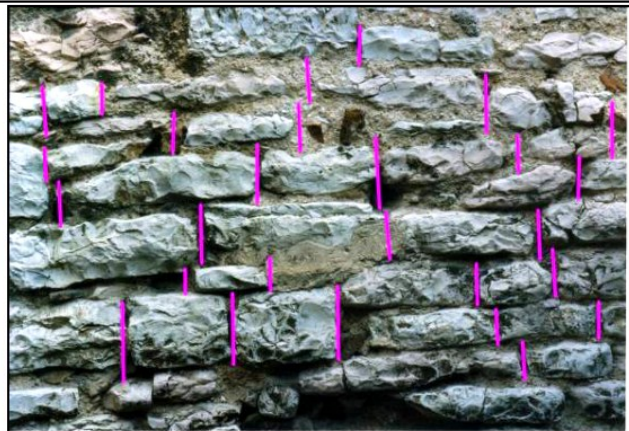
Va escluso il caso di parete in mattoni pieni disposti solo a diatoni.



PARZIALMENTE RISPETTATO

Giunto verticale in posizione intermedia tra zona centrale dell'elemento inferiore e il suo bordo.

Compresenza di giunti verticali adeguatamente sfalsati e giunti verticali allineati.



NON RISPETTATO

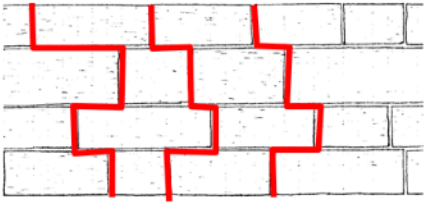
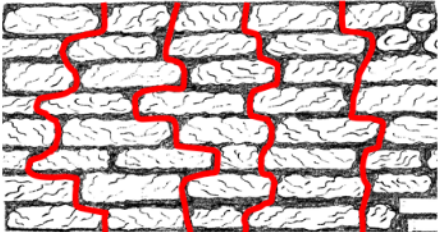
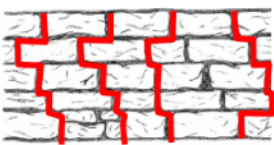
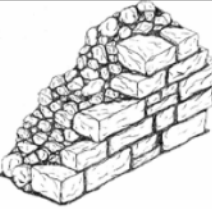
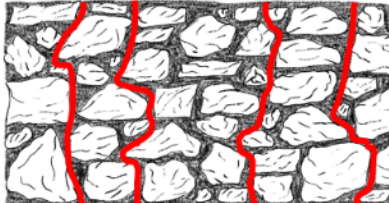
Giunti verticali allineati.

Giunti allineati verticalmente su due o più elementi in ampie porzioni della parete.

Parete di soli diatoni di mattoni pieni, anche con giunti verticali sfalsati⁴.

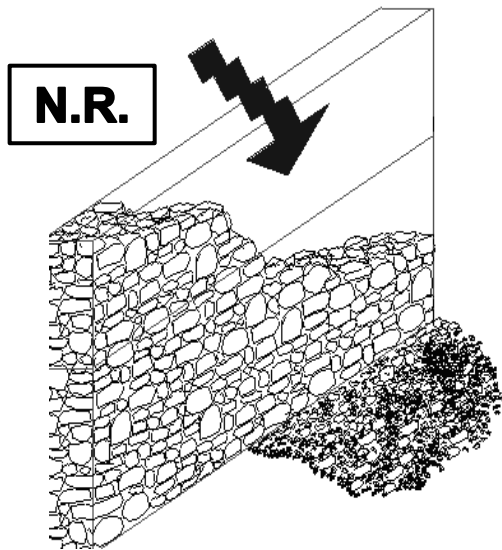
Evidente assenza di ingranamento nel piano della parete.



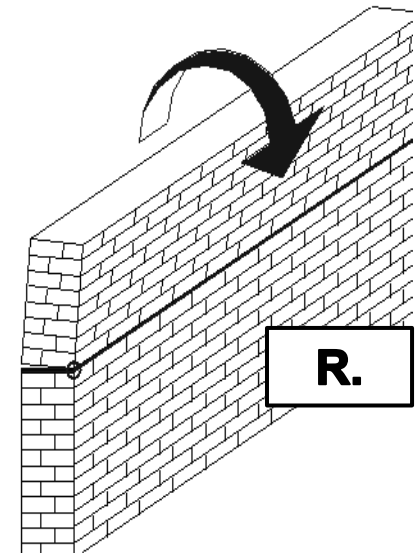
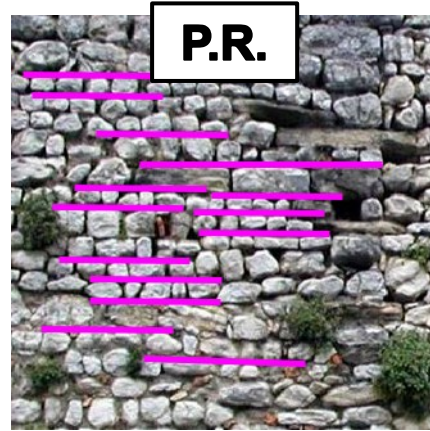
Sfalsamento fra i giunti verticali (S.G.) (valutazione quantitativa tramite la LMT ⁵ nelle facce della parete)	
RISPETTATO Parete a paramento unico: $LMT > 160$ Parete a doppio paramento: $LMT > 160$ su entrambe le facce.	 $LMT = 166$; $h \text{ muro} = 1 \text{ m}$. Paramento unico.
PARZIALMENTE RISPETTATO Parete a paramento unico: LMT fra 140 e 160. Parete a doppio paramento: a) entrambi i paramenti con LMT fra 140 e 160. b) LMT rispettato su una faccia e non rispettato sull'altra faccia. c) LMT rispettato su una faccia e parzialmente rispettato sull'altra faccia.	 $LMT = 158$ su entrambe le facce $h \text{ muro} = 1 \text{ m}$.
NON RISPETTATO Parete a paramento unico: $LMT < 140$ Parete a doppio paramento: $LMT < 140$ su una faccia e $LMT < 160$ sull'altra faccia. Parete di soli diatoni di mattoni pieni, qualunque sia il valore di LMT . Parete con pietre di piccole dimensioni qualunque sia il valore di LMT . Evidente assenza d'ingranamento su una o più linee verticali della parete qualunque sia il valore di LMT ⁶ .	  $LMT \text{ faccia esterna} = 146$; $LMT \text{ faccia interna} < 140$ $\rightarrow$ SG non è rispettato. $h \text{ muro} = 1 \text{ m}$  $LMT = 113 - h \text{ muro} = 1 \text{ m}$.



Ingranamento nel piano, metodo di valutazione quantitativo:
 “Linea di Minimo Tracciato” (Doglioni, Mirabella, IUAV Venezia)



OR – filari orizzontali



Il pannello non trova cerniere di oscillazione e si frantuma.

Le tensioni verticali sono massime nei limitati punti di contatto fra pietre.

Non è garantito l'attrito a causa delle inclinazioni casuali dei piani di appoggio fra pietre.

Consente piccole oscillazioni attorno a una cerniera orizzontale.

Consente il flusso delle tensioni dentro il paramento murario privo di interruzioni (→ orizzontalità del piano di appoggio)

Permette all'attrito di esplicare il suo effetto benefico (massimo attrito è su superfici orizzontali)

Murature listate

- Effetto positivo sulla orizzontalità dei filari.
- Effetto positivo sulla ripartizione delle tensioni verticali.
- Non contribuisce alla resistenza a taglio nel piano (servono almeno tre filari con corretto sfalsamento dei giunti verticali)

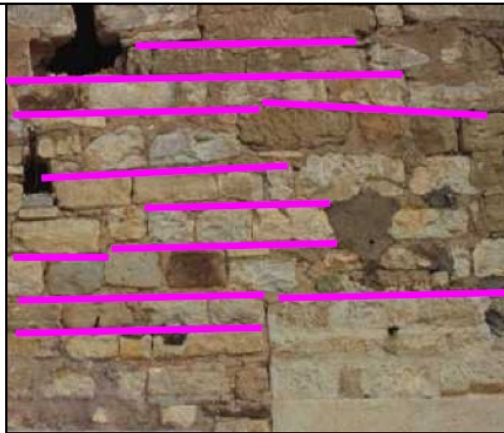


Presenza di filari orizzontali (OR.)

ORIZZONTALITÀ RISPETTATA

Filari orizzontali su gran parte della parete, senza presentare interruzioni di continuità per tratti lunghi circa 100 cm e su entrambe le facce della parete.

Murature listate con listature a interasse inferiore a 100 cm.



PARZIALMENTE RISPETTATA

Situazioni intermedie fra il rispetto e il non rispetto, compreso il caso di filari orizzontali solo su una faccia della parete.

Pietre di forma non squadrata ma disposte con regolarità in riferimento all'orizzontalità



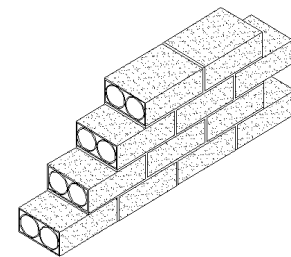
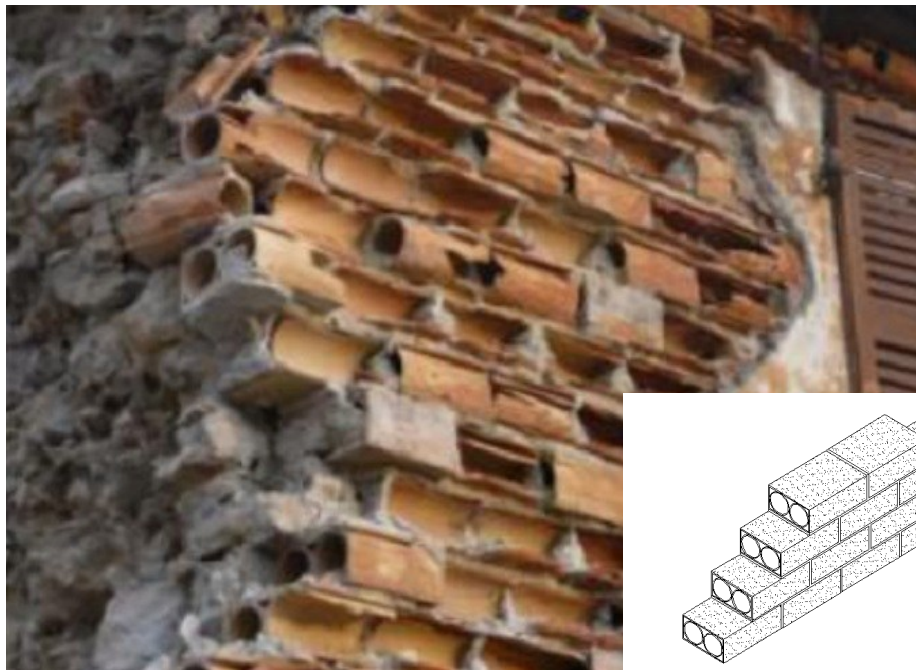
NON RISPETTATA

I tratti orizzontali sono interrotti con frequenza decimetrica o presentano evidenti sfalsamenti sull'intera facciata muraria.



Influenza della REGOLA DELL'ARTE sul comportamento meccanico della muratura

R.EL. – Resistenza degli elementi



Un'insufficiente resistenza dell'elemento può portare alla sua rottura prima che avvenga la fessurazione della malta o prima che si mobilitino altre risorse resistenti della muratura.

Influenza della REGOLA DELL'ARTE sul comportamento meccanico della muratura

R.EL. – Resistenza degli elementi



Il vento proveniente dalla galleria nel corso degli anni ha eroso le pietre in arenaria della parete (Città di Castello)



Un ulteriore problema è il deterioramento dell'elemento (es. pietra arenaria nell'alta Umbria)

Deterioramento di una base di una colonna in pietra arenaria (Gubbio)

Influenza della REGOLA DELL'ARTE sul comportamento meccanico della muratura

R.EL. – Resistenza degli elementi



Casa di fango e sassi

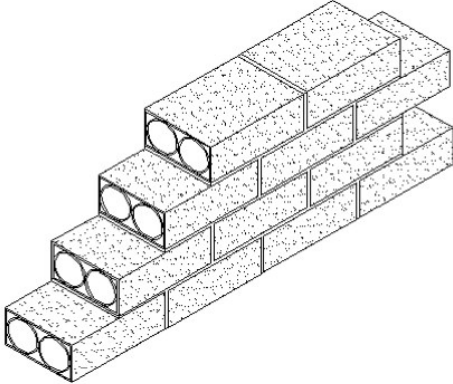


Costruzioni di argilla cruda e paglia

LA FORTEZZA DI BAM (XVII SEC)



Bam, 27 dicembre 2003

Qualità degli elementi resistenti (RE.EL.)	
RISPETTATA Pietre non degradate o poco degradate Muratura con pochi elementi degradati (orientativamente meno del 10%) Mattoni pieni cotti Elementi di tufo duro vulcanico Elementi laterizi con foratura < 55% Blocchi in calcestruzzo (anche forati)	
PARZIALMENTE RISPETTATA Alcuni elementi della muratura sono degradati (orientativamente fra il 10% ed il 50%) Elementi laterizi con foratura fra 70% e 55% Elementi in tufo tenero (<u>calcarenite</u>)	
NON RISPETTATA Elementi degradati in misura superiore al 50%. Elementi laterizi con percentuale di foratura > 70% Mattoni in fango o argilla non cotta	



Procedura di calcolo di IQM e attribuzione della classe di qualità muraria

CALCOLO DELL' I.Q.M.

	Azioni verticali			Azioni fuori piano			Azioni nel piano		
	NR	PR	R	NR	PR	R	NR	PR	R
OR. Orizzontalità dei filari	0	1	2	0	1	2	0	0.5	1
P.D. Presenza dei diatoni / ingranamento trasversale	0	1	1	0	1.5	3	0	1	2
F.EL. Forma degli elementi resistenti	0	1.5	3	0	1	2	0	1	2
S.G. Sfalsamento dei giunti verticali / ingranamento nel piano	0	0.5	1	0	0.5	1	0	1	2
D.EL. Dimensione degli elementi resistenti	0	0.5	1	0	0.5	1	0	0.5	1
MA. Qualità della malta / efficace contatto fra elementi / zeppe	0	0.5	2	0	0.5	1	0	1	2
RE.EL. Resistenza degli elementi	0.3	0.7	1	0.5	0.7	1	0.3	0.7	1

Tabella 1. Punteggi da attribuire ai parametri della regola dell'arte.

Giudizio sul rispetto dei parametri della regola dell'arte:

R. = parametro rispettato;

P.R. = parametro parzialmente rispettato;

N.R. = parametro non rispettato.

QUALSIASI MURATURA NON IN MATTONI:

$$IQM_V = m \times REEL_V \times (OR_V + PD_V + FEL_V + SG_V + DEL_V + MA_V)$$

$$IQM_{FP} = m \times REEL_{FP} \times (OR_{FP} + PD_{FP} + FEL_{FP} + SG_{FP} + DEL_{FP} + MA_{FP})$$

$$IQM_{NP} = m \times REEL_{NP} \times (OR_{NP} + PD_{NP} + FEL_{NP} + SG_{NP} + DEL_{NP} + MA_{NP})$$

m = 0.7 in caso di malta «pessima»

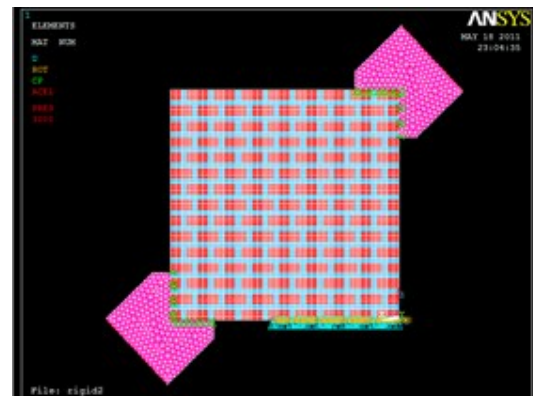
m = 1.0 in tutti gli altri casi

**FORMULAZIONE CHE TIENE CONTO DELLE NOVITÀ INTRODOTTE
DALLA CIRCOLARE N.7/2019 (NTC)**

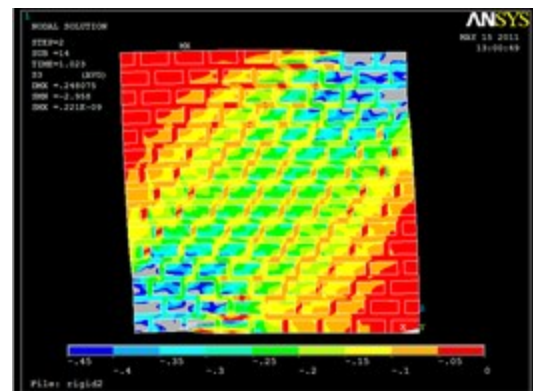
CALCOLO DELL' I.Q.M.

Particolare comportamento delle murature in mattoni pieni (o in blocchi di analoghe caratteristiche) **in funzione della qualità della malta**: la resistenza tangenziale media e quella a compressione media del pannello murario sono infatti fortemente influenzate da essa. Per tali tipologie murarie:

- spesso la tessitura è tale da escludere fenomeni di ingranamento o incastro fra gli elementi, a differenza di quanto avviene per le murature in pietra
- la malta, anche se di elevata qualità, risulta in genere meno resistente dei blocchi o poco aderente ad essi e quindi il fenomeno fessurativo si esplica spesso esclusivamente nei giunti di malta



Simulazioni su modelli
Prove reali
Osservazione danni post sisma



r = coefficiente di dipendenza dalla malta per la muratura in mattoni pieni o blocchi; esso è distinto in base alla direzione delle azioni sollecitanti

Caso di murature in mattoni pieni:

$$IQM_V = m \times g \times r_V \times REEL_V \times (OR_V + PD_V + FEL_V + SG_V + DEL_V + MA_V)$$

$$IQM_{FP} = m \times g \times r_{FP} \times REEL_{FP} \times (OR_{FP} + PD_{FP} + FEL_{FP} + SG_{FP} + DEL_{FP} + MA_{FP})$$

$$IQM_{NP} = m \times g \times r_{NP} \times REEL_{NP} \times (OR_{NP} + PD_{NP} + FEL_{NP} + SG_{NP} + DEL_{NP} + MA_{NP})$$

m (coefficiente correttivo per malta pessima (vale per tutti i tipi di muratura):

m = 0.7 in caso di malta «pessima»

m = 1.0 in tutti gli altri casi

g (coefficiente correttivo per giunti ampi (vale solo per murature di mattoni pieni):

g = 0.7 in caso di muratura in mattoni pieni con giunti di malta «ampi»

g = 1.0 in tutti gli altri casi.

r_V, r_{FP}, r_{NP} .

Parametro MA	r_V	r_{FP}	r_{NP}
NR	0,2	1	0,1
PR	0,6	1	0,85
R	1	1	1

**FORMULAZIONE CHE TIENE
CONTO DELLE NOVITÀ
INTRODOTTE DALLA
CIRCOLARE N.7/2019 (NTC)**

DETERMINAZIONE CATEGORIA MECCANICA DELLA MURATURA

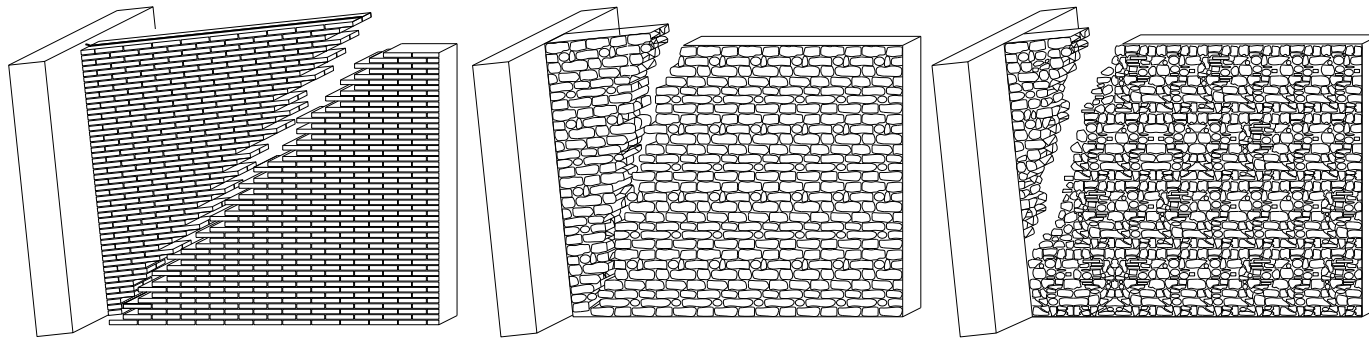
Categoria Azioni	A	B	C
azioni verticali	$5 \leq IQ \leq 10$	$2,5 \leq IQ < 5$	$0 \leq IQ < 2,5$
azioni orizzontali ortogonali	$7 \leq IQ \leq 10$	$4 < IQ < 7$	$0 \leq IQ \leq 4$
azioni orizzontali complanari	$5 < IQ \leq 10$	$3 < IQ \leq 5$	$0 \leq IQ \leq 3$

SINTESI → tre categorie di comportamento (A, B e C)

IQM = 10

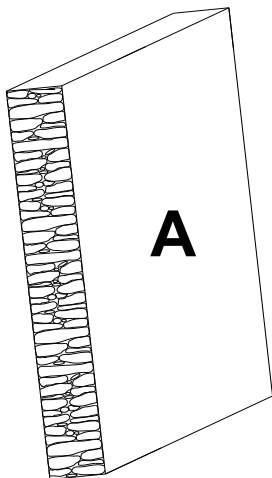
IQM

IQM = 0

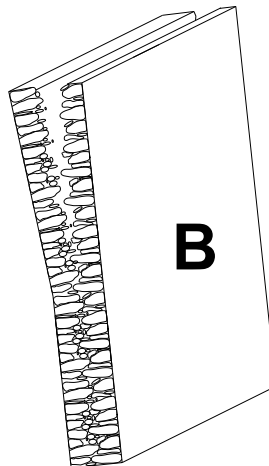


Comportamento nel piano

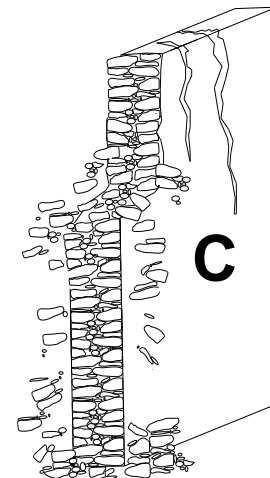
Ora siamo in grado di quantificare tale aspetto



A



B

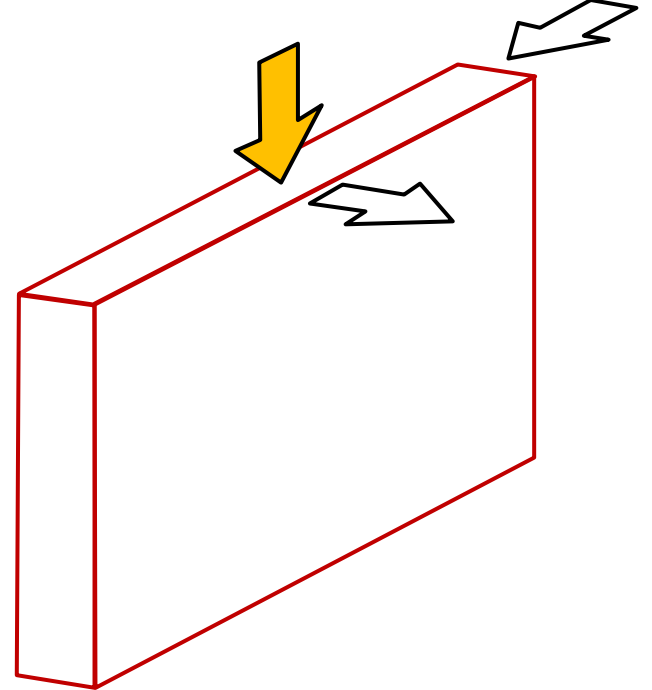


C

Comportamento fuori piano

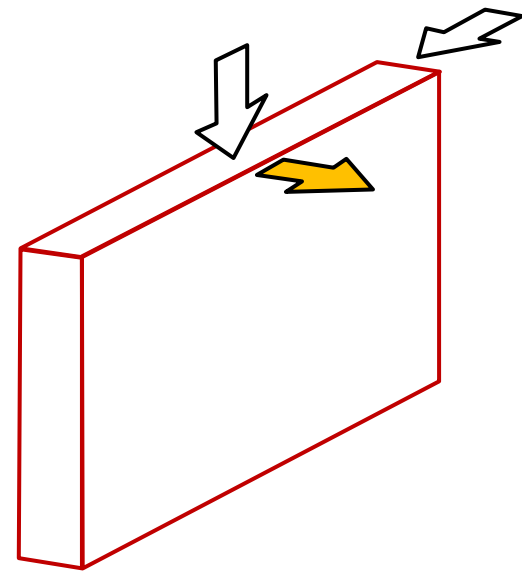
Per azioni verticali:

- una muratura di **categoria A** difficilmente subisce lesioni e può essere considerata di buona qualità;
- una muratura di **categoria B** ha bassa probabilità di collassare ma essa può lesionarsi; può quindi considerarsi di media qualità;
- una muratura di **categoria C** ha elevata probabilità di subire **lesioni** o di andare **fuori piombo** per il fenomeno dell'**instabilità**, specie se di spessore limitato e se molto caricata e specialmente in corrispondenza di carichi concentrati. In condizioni estreme risulta possibile il collasso. Tale categoria di murature va considerata di scarsa qualità.



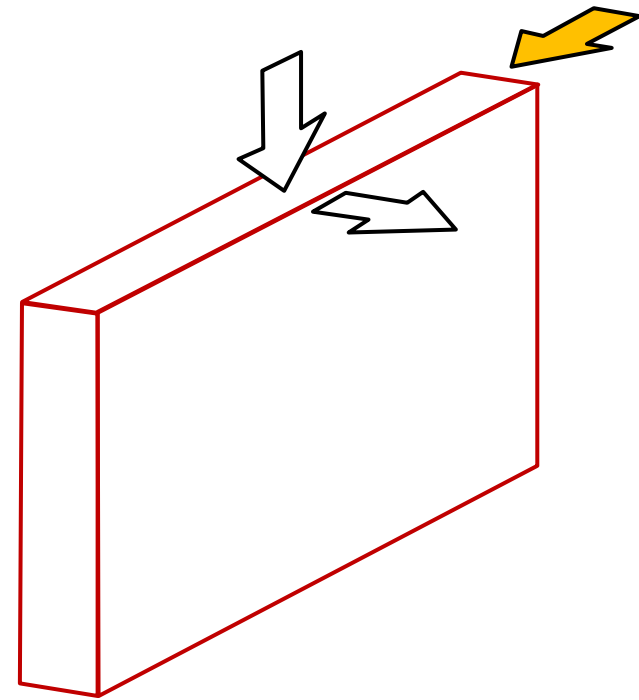
Per azioni orizzontali fuori piano:

- una muratura di **categoria A** è in grado di mantenere un comportamento monolitico. Le verifiche per meccanismi di collasso possono essere svolte ipotizzando un comportamento monolitico.
- una muratura di **categoria B** non è in grado di mantenere un comportamento monolitico ma non si disgrega. Le verifiche per meccanismi di collasso possono essere svolte, in favore di sicurezza, ipotizzando che la muratura sia formata da due paramenti distinti.
- una muratura di **categoria C** si disgrega in caso di **sisma**; per essa è molto probabile il collasso, anche in presenza di efficaci collegamenti. Le verifiche per meccanismi di collasso sono sostanzialmente non indicative in quanto non sono rispettate le ipotesi di sufficiente coesione degli elementi murari.



Per azioni orizzontali nel piano:

- una muratura di **categoria A** ha basse probabilità di lesionarsi;
- una muratura di **categoria B**, in caso di sisma, ha buone probabilità di lesionarsi, specialmente se le pareti sono sottili o se sono poche rispetto all'area coperta dall'edificio; tuttavia tali lesioni saranno di scarsa entità;
- una muratura di **categoria C** ha **molte probabilità di lesionarsi nel piano delle pareti** e le lesioni che subirà saranno ampie.



Correlazione IQM vs parametri meccanici

CORRELAZIONE TRA IQM E CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLA MURATURA

Combinando le tipologie della tabella C.8.5.I (circolare esplicativa NCT) con i possibili coefficienti correttivi della tabella C.8.5.II:

→ 74 diverse tipologie murarie “di normativa”.

In base alle descrizioni presenti nelle NTC, per ciascuna tipologia si può valutare l'IQM e quindi esaminare le correlazioni tra gli IQM trovati e i valori delle caratteristiche meccaniche forniti dalle tabelle delle NCT.

Determinazione di IQM in base alle descrizioni nella Circolare:

Tipologia di muratura	f (N/mm ²)	τ_0 (N/mm ²)	f_{v0} (N/mm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	w (kN/m ³)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	- -	690-1050	230-350	19



Esempio: τ_0 (medio) = 2,0 N/cm²

C8.5.3.1 MURATURA

«La tabella C8.5.I [...vale...] a precise condizioni: malta di calce di modeste caratteristiche (resistenza media a compressione f_m stimabile tra 0,7 a 1,5 N/mm²), assenza di ricorsi (listature), paramenti semplicemente accostati o mal collegati, tessitura (nel caso di elementi regolari) a regola d'arte, muratura non consolidata».

«muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)»
 « ... malta di calce di modeste caratteristiche (resistenza media a compressione f_m stimabile tra 0,7 a 1,5 N/mm²), assenza di ricorsi (listature), paramenti semplicemente accostati o mal collegati, tessitura (nel caso di elementi regolari) a regola d'arte, muratura non consolidata»

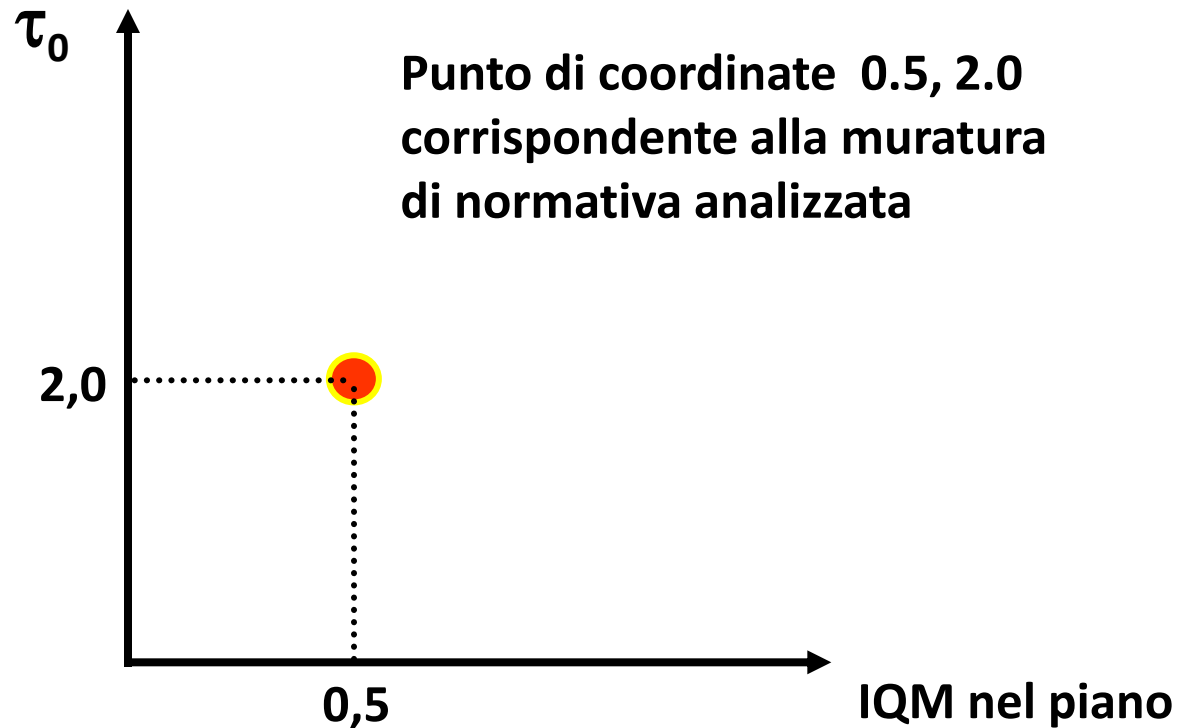
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	VALUTAZIONE DELLA QUALITA' MURARIA										
2	Pannello n. X								Rispettata		
3									Parz. Rispett.		
4									Non Rispett.		
5											
6	Parametri regola arte							Azioni verticali	Azioni ortogonali	Azioni complanari	
7											
8	OR.	Non Rispett.						0	0	0	
9	PD.	Non Rispett.						0	0	0	
10	F.EL./Reg.EL.	Non Rispett.						0	0	0	
11	S.G.	Non Rispett.						0	0	0	
12	D.EL.	Parz. Rispett.						0.5	0.5	0.5	
13	MA.	Non Rispett.						0	0	0	
14											
15	RE.EL.	Rispettata						1	1	1	
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											

In base alla descrizione si valutano i parametri della regola dell'arte (muratura “di normativa”) e si perviene ai valori di IQM.

Esempio:

Correlazione fra IQM nel piano e τ_0 (medio)

**In questo caso d'esempio si è trovato un punto nel diagramma:
IQM nel piano – τ_0**



Dalle 74 tipologie murarie “di normativa” previste dalla circolare

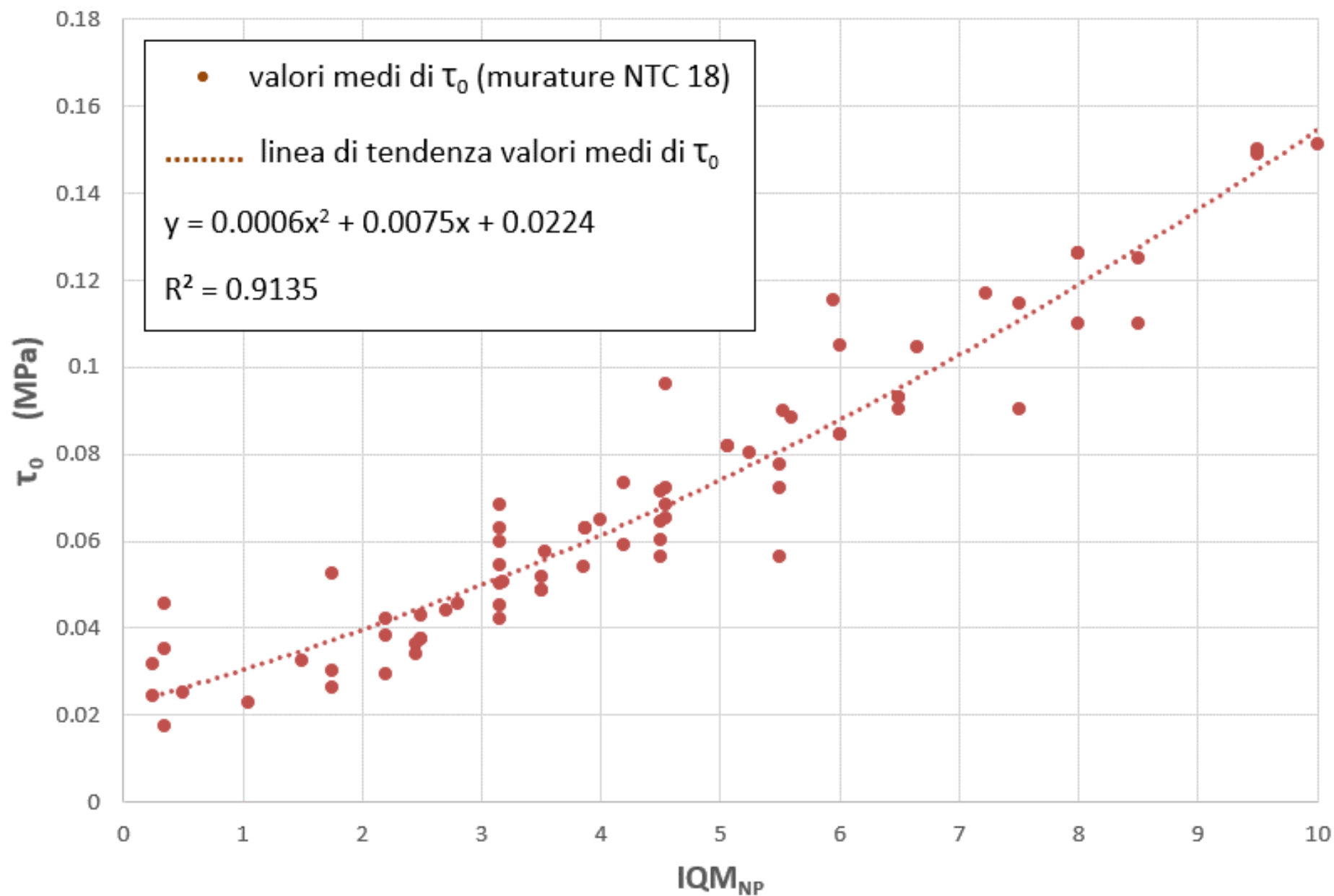
→ 74 punti sul diagramma di correlazione

Correlazioni indagate:

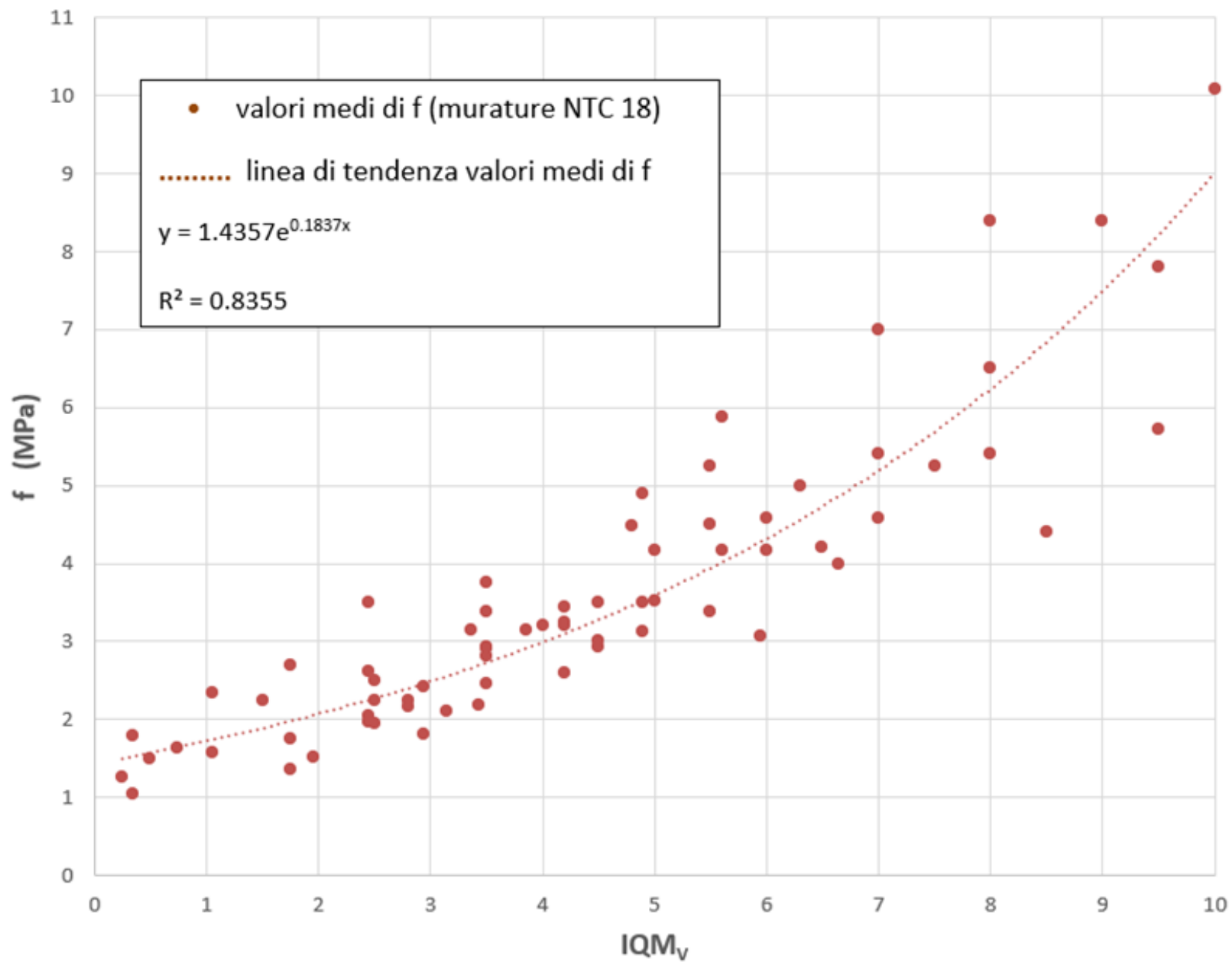
- τ_0 vs IQM nel piano**
- f_{v0} vs IQM nel piano**
- f vs IQM verticale**
- E vs IQM verticale**
- G vs IQM nel piano**

Muratura di base	Malta buona	Malta pessima (verif. sismica)	Ricorsi listature	Connessioni trasversale	Coeff.migliorativi			fm			Tau0			fv0			E			G			Parametri IQM							IQM (verticale)	IQM (fuori piano)	IQM (nel piano)	
					Malta buona	Ricorsi listature	Connessione trasversale	MIN	MED	MAX	MIN	MED	MAX	MIN	MED	MAX	MIN	MED	MAX	MIN	MED	MAX	OR.	PD.	F.EL.	S.G.	D.EL.	MA.	RE.EL.				
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	no		no	no	1	1	1	1	1.5	2	0.018	0.025	0.032	-	-	-	690	870	1050	230	290	350	n	n	n	n	p	n	r	0.5	0.5	0.5	
	no	si	no	no	1	1	1	0.70	1.05	1.40	0.0126	0.0175	0.0224	-	-	-	552	696	840	184	232	280	n	n	n	n	p	n	r	0.35	0.35	0.35	
	si		no	no	1.5	1	1	1.5	2.25	3	0.027	0.0375	0.048				1035	1305	1575	345	435	525	n	n	n	n	p	r	r	2.5	1.5	2.5	
	no	si	si	no	1	1.3	1	0.91	1.365	1.82	0.01638	0.02275	0.02912				690	870	1050	230	290	350	r	n	n	n	p	n	r	2.5	2.5	1.5	
	no	si	no	si	1	1	1.5	1.5	2.25	3	0.027	0.0375	0.048				552	696	840	184	232	280	r	n	n	n	p	n	r	1.75	1.75	1.05	
	no	si	no	si	1	1	1.5	1.5	2.25	3	0.027	0.0375	0.048				690	870	1050	230	290	350	n	r	n	n	n	p	n	r	1.5	3.5	2.5
	si		si	no	1.5	1.3	0	1.95	2.925	3.9	0.0351	0.04875	0.0624				552	696	840	184	232	280	n	r	n	n	p	n	r	1.05	2.45	1.75	
	si		si	no	1.5	1.3	0	1.95	2.925	3.9	0.0351	0.04875	0.0624				1035	1305	1575	345	435	525	r	n	n	n	p	r	r	4.5	3.5	3.5	
	si		no	si	1.5	1	1.5	2.25	3.375	4.5	0.0405	0.05625	0.072				1035	1305	1575	345	435	525	n	r	n	n	p	r	r	3.5	4.5	4.5	
	no	si	si	si	1	1.3	1.5	1.95	2.925	3.9	0.0351	0.04875	0.0624				690	870	1050	230	290	350	r	r	n	n	p	n	r	3.5	5.5	3.5	
si		si	si	1	1.3	1.5	1.365	2.0475	2.73	0.02457	0.034125	0.04368				552	696	840	184	232	280	r	r	n	n	p	n	r	2.45	3.85	2.45		
si		si	si	1.5	1.3	1.5	2.25	3.375	4.5	0.0405	0.05625	0.072				1035	1305	1575	345	435	525	r	r	n	n	p	r	r	5.5	6.5	5.5		
Muratura a conci sbazzati, con parametri di spessore disomogeneo	no		no	no	1	1	1	2	2.5	3	0.035	0.043	0.051	-	-	-	1020	1230	1440	340	410	480	n	n	p	p	p	n	r	2.5	2	2.5	
	no	si	no	no	1	1	1	1.4	1.75	2.1	0.0245	0.0301	0.0357	-	-	-	816	984	1152	272	328	384	n	n	p	p	p	n	r	1.75	1.4	1.75	
	si		no	no	1.4	1	1	2.8	3.5	4.2	0.049	0.0602	0.0714				1428	1722	2016	476	574	672	n	n	p	p	p	r	r	4.5	3	4.5	
	no	si	si	no	1	1.2	1	2.4	3	3.6	0.042	0.0516	0.0612				1020	1230	1440	340	410	480	r	n	p	p	p	n	r	4.5	4	3.5	
	no	si	si	no	1	1.2	1	1.68	2.1	2.52	0.0294	0.03612	0.04284				816	984	1152	272	328	384	r	n	p	p	p	n	r	3.15	2.8	2.45	
	no	si	no	si	1	1	1.5	3	3.75	4.5	0.0525	0.0645	0.0765				1020	1230	1440	340	410	480	n	r	p	p	p	n	r	3.5	5	4.5	
	no	si	no	si	1	1	1.5	2.1	2.625	3.15	0.03675	0.04515	0.05355				816	984	1152	272	328	384	n	r	p	p	p	n	r	2.45	3.5	3.15	
	si		si	no	1.4	1.2	1	3.36	4.2	5.04	0.0588	0.07224	0.08568				1428	1722	2016	476	574	672	r	n	p	p	p	r	r	6.5	5	5.5	
	si		no	si	1.4	1	1.5	4.2	5.25	6.3	0.0735	0.0903	0.1071				1428	1722	2016	476	574	672	n	r	p	p	p	r	r	5.5	6	6.5	
	no	si	si	si	1	1.2	1.5	3.6	4.5	5.4	0.063	0.0774	0.0918				1020	1230	1440	340	410	480	r	r	p	p	p	n	r	5.5	7	5.5	
no	si	si	si	1	1.2	1.5	2.52	3.15	3.78	0.0441	0.05418	0.06426				816	984	1152	272	328	384	r	r	p	p	p	n	r	3.85	4.9	3.85		
si		si	si	1.4	1.2	1.5	4.2	5.25	6.3	0.0735	0.0903	0.1071				1428	1722	2016	476	574	672	r	r	p	p	p	r	r	7.5	8	7.5		
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	no		no	no	1	1	1	2.6	3.2	3.8	0.056	0.065	0.074	-	-	-	1500	1740	1980	500	580	660	p	n	p	r	p	n	r	4	3.5	4	
	no	si	no	no	1	1	1	1.82	2.24	2.66	0.0392	0.0455	0.0518	-	-	-	1200	1392	1584	400	464	528	p	n	p	r	p	n	r	2.8	2.45	2.8	
	si		no	no	1.3	1	1	3.38	4.16	4.94	0.0728	0.0845	0.0962				1950	2262	2574	650	754	858	p	n	p	r	p	r	r	6	4.5	6	
	no	si	si	no	1	1.1	1	2.86	3.52	4.18	0.0616	0.0715	0.0814				1500	1740	1980	500	580	660	r	n	p	r	p	n	r	5	4.5	4.5	
	no	si	si	no	1	1.1	1	2.002	2.464	2.926	0.04312	0.05005	0.05698				1200	1392	1584	400	464	528	r	n	p	r	p	n	r	3.5	3.15	3.15	
	no	si	no	si	1	1	1.3	3.38	4.16	4.94	0.0728	0.0845	0.0962				1500	1740	1980	500	580	660	p	r	p	p	p	n	r	5	6.5	6	
	no	si	no	si	1	1	1.3	2.366	2.912	3.458	0.05096	0.05915	0.06734				1200	1392	1584	400	464	528	p	r	p	p	p	n	r	3.5	4.55	4.2	
	si		si	no	1.3	1.1	1	3.718	4.576	5.434	0.08008	0.09295	0.10582				1950	2262	2574	650	754	858	r	n	p	r	p	r	r	7	5.5	6.5	
	si		no	si	1.3	1	1.3	4.394	5.408	6.422	0.09464	0.10985	0.12506				1950	2262	2574	650	754	858	p	r	p	r	p	n	r	7	7.5	8	
	no	si	si	si	1	1.1	1.3	3.718	4.576	5.434	0.08008	0.09295	0.10582				1500	1740	1980	500	580	660	r	r	p	r	p	n	r	6	7.5	6.5	
no	si	si	si	1	1.1	1.3	2.6026	3.2032	3.8038	0.056056	0.065065	0.074074				1200	1392	1584	400	464	528	r	r	p	r	p	n	r	4.2	5.25	4.55		
si		si	si	1.3	1.1	1.3	4.394	5.408	6.422	0.09464	0.10985	0.12506				1950	2262	2574	650	754	858	r	r	p	r	p	r	r	8	8.5	8.5		
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	no		no	no	1	1	1	1.4	1.8	2.2	0.028	0.035	0.042	-	-	-	900	1080	1260	300	360	420	n	n	n	n	p	n	p	0.35	0.35	0.35	
	no	si	no	no	1	1	1	0.98	1.26	1.54	0.0196	0.0245	0.0294				720	864	1008	240	288	336	p	0.245	n	n	n	p	n	p	0.245	0.245	0.245
	si		no	no	1.5	1	1	2.1	2.7	3.3	0.042	0.0525	0.063				1350	1620	1890	450	540	630	n	n	n	n	p	n	p	1.75	1.05	1.75	
	no	si	si	no	1	1.2	1	1.68	2.16	2.64	0.0336	0.042	0.0504				900	1080	1260	300	360	420	r	n	p	n	p	n	p	2.8	2.45	1.75	
	no	si	si	no	1	1.2	1	1.176	1.512	1.848	0.02352	0.0294	0.03528				720	864	1008	240	288	336	n	n	p	n	p	n	p	1.96	1.715	1.225	
	no	si	no	si	1	1	1.3	1.82	2.34	2.86	0.0364	0.0455	0.0546				900	1080	1260	300	360	420	n	r	n	n	p	n	p	1.05	2.45	1.75	
	no	si	no	si	1	1	1.3	1.274	1.638</																								

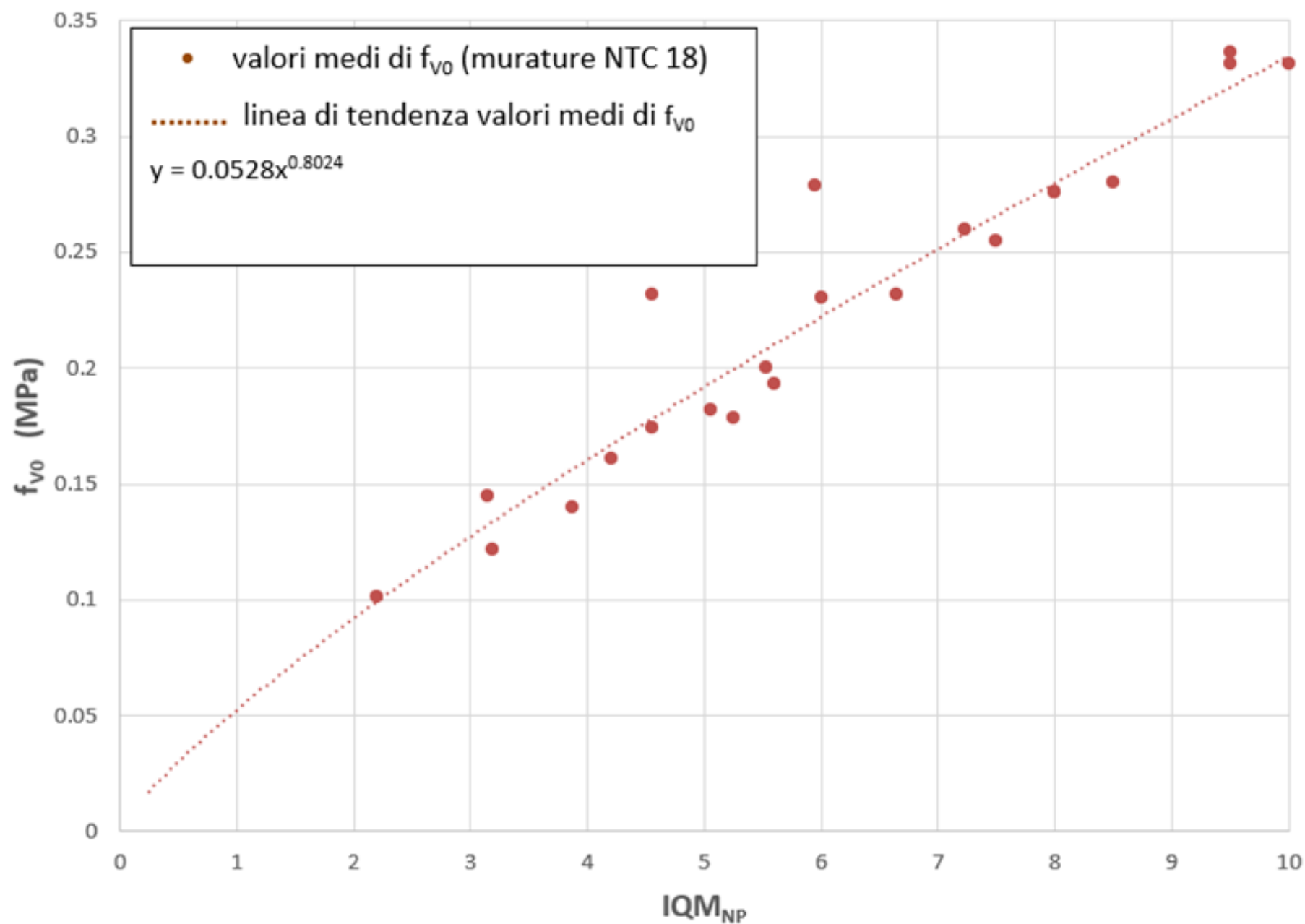
IQM_{NP} vs resistenza tangenziale τ_0



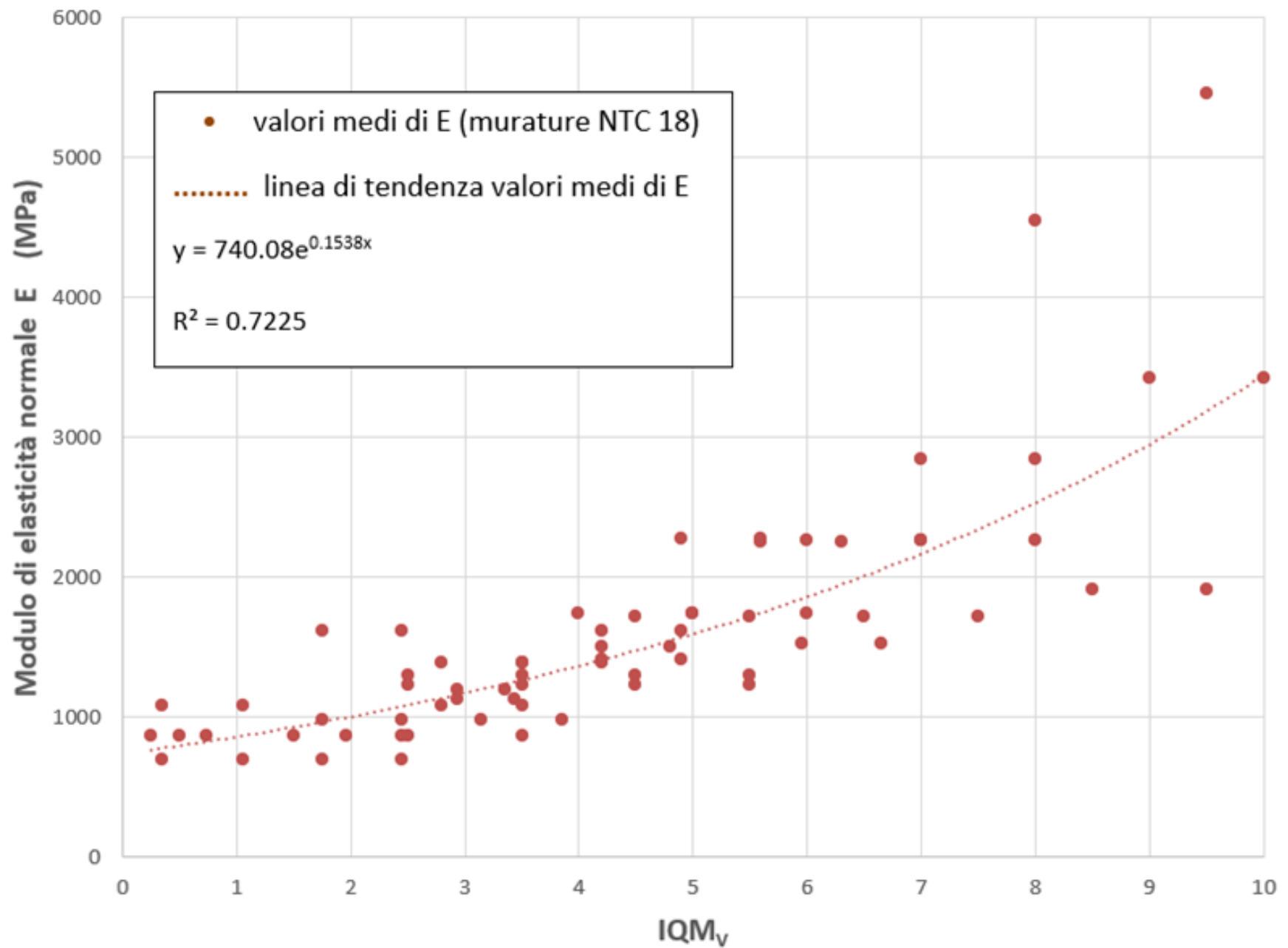
IQM_V vs resistenza a compressione f



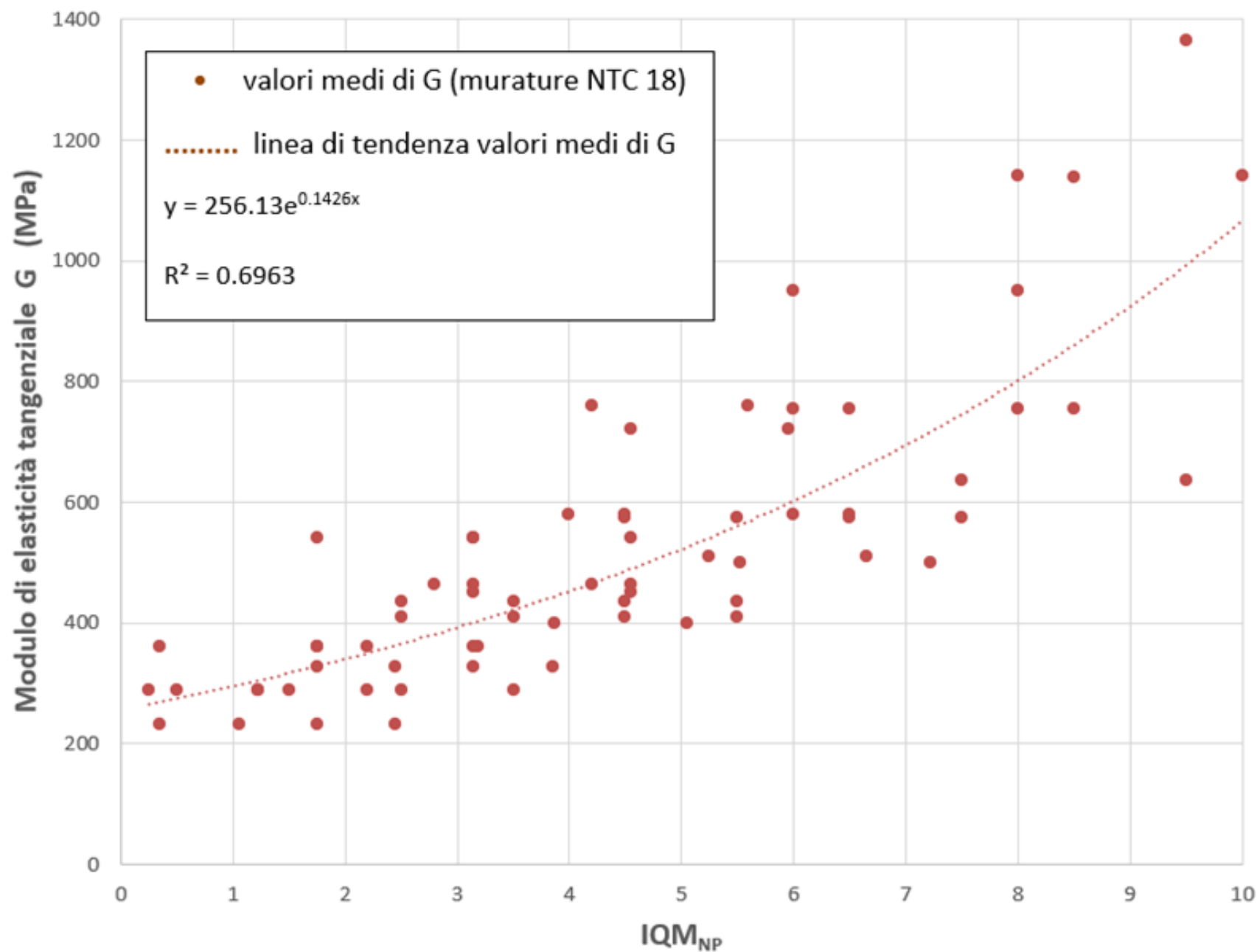
IQM_{NP} vs resistenza tangenziale f_{v0}



IQM_v vs Modulo di elasticità normale E

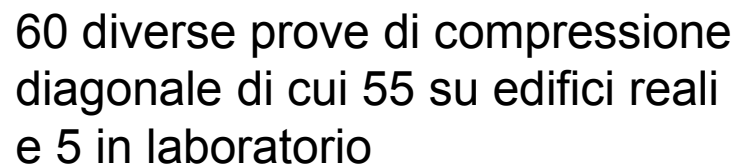


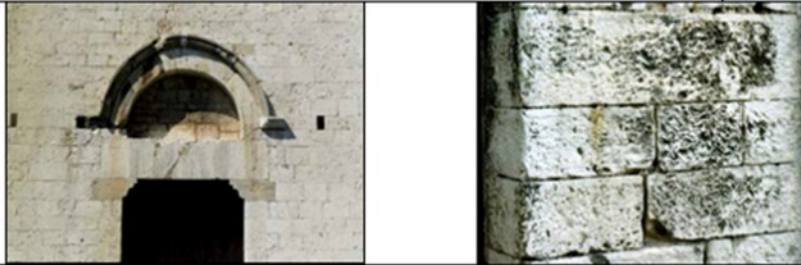
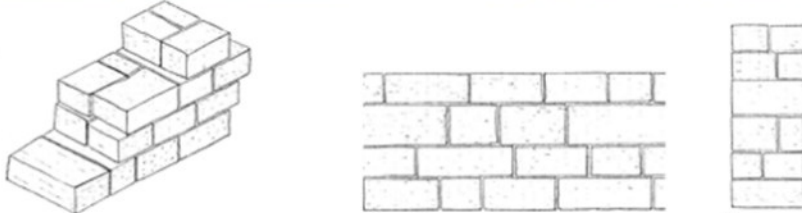
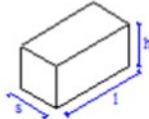
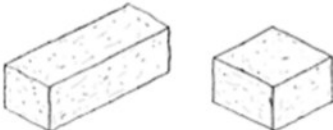
IQM_{NP} vs Modulo di elasticità tangenziale G



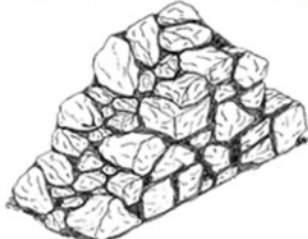
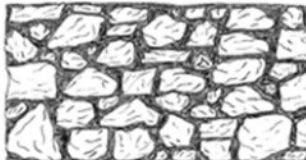
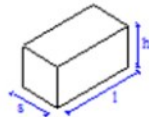


Dati sperimentali IQM_{NP} vs τ_0



SCHEDA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITA' MURARIA							NUM. 01			
							FOTO			
 Vista assonometrica Prospetto Sezione							SCHEMI			
<i>Muratura di blocchi di pietra perfettamente squadrata.</i> I paramenti sono costituiti da conci lavorati di pietra calcarea bianca o rosa e talvolta arenaria. La tessitura muraria regolare presenta corsi orizzontali di altezze diverse ed un buon sfalsamento dei giunti verticali. Vi è presenza di elementi disposti ortogonalmente al piano della muratura (diatoni).							DESCRIZIONE			
Calcare bianco e rosato di Gubbio: compatto a frattura concoide. Calcarei compatti di Perugia: biancastri o rossastri dal bianco al grigio nero, al roseo al rosso. Calcarei del Subasio (Assisi): calcari bianchi e rossi, duri e compatti. Macigno di Scheggia e Gubbio: grigio, simile alla pietra serena toscana. Pietra serena del Trasimeno e dell'altotevere: colore grigiastro, con talvolta infiltrazioni giallo marronastre. Malta di calce e sabbia spesso polverulenta ma sufficiente ad assicurare un contatto uniforme tra i blocchi.							MATERIALI			
 Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi: s = 15 ÷ 30 cm h = 15 ÷ 20 cm l = 15 ÷ 50 cm 							GEOMETRIA			
P.D.	MA.	F. EL.	S. G.	R. EL.	OR.	D. EL.	Categoria	Verticali	Fuori piano	Nel piano
R	PR	R	R	R	R	R	Metodo Punteggi	A	A	A
							LMT		160	166
							IQM	8,5	9,5	9
Parametri meccanici				f (N/mm ²)			τ ₀ (N/mm ²)	f _{v0} (N/mm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)
Valore minimo				5.49			0.098	0.221	2269	764
Valore medio				6.81			0.137	0.310	2727	919
Valore massimo				8.15			0.168	0.398	3184	1073

33 schede esemplificative sviluppate e commentate

SCHEDA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITA' MURARIA								NUM. 14			
								FOTO			
								SCHEMI			
Assonometria				Prospetto				Sezione			
Muratura di pietra calcarea con elementi di forma e dimensione irregolare. Muratura realizzata con calcare massiccio di colore bianco, doppio paramento con interposizione interna casuale di scaglie e pietre piccole. Paramento esterno realizzato con blocchi di pietra di medie dimensioni e forma non regolare, inzeppati con scaglie della stessa pietra. La tessitura muraria si presenta irregolare senza il rispetto dei filari orizzontali né lo sfalsamento dei giunti verticali; diatoni assenti. Il paramento interno ricalca le caratteristiche di quello esterno ma con minor accuratezza nella scelta e disposizione delle pietre.										DESCRIZIONE	
Calcarei compatti e a frattura concoide, colori vari. Malta di calce e sabbia di scarsa qualità.										MATER.	
				Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi: s = 8 ÷ 15 cm h = 8 ÷ 25 cm l = 10 ÷ 35 cm 				GEOMETRIA			
P.D.	MA.	F. EL.	S. G.	R. EL.	OR.	D. EL.	Categoria	Verticali	Fuori piano	Nel piano	
NR	PR	PR	NR	R	NR	PR	Metodo punteggi	B	C	C	
N.B. La presenza di zeppe fa in modo che MA e F.EL. siano parzialmente rispettate.							LMT (sezione)		118	116	
							IQM	2,5	2	2,5	
Parametri meccanici				f (N/mm²)		τ₀ (N/mm²)	f_v₀ (N/mm²)	E (N/mm²)	G (N/mm²)		
Valore minimo				1.69		0.033	0.069-	886-	295-		
Valore medio				2.25		0.044	0.104	1077	356		
Valore massimo				2.81		0.054	0.139	1268	418		
										ANALISI IQM	

33 schede esemplificative sviluppate e commentate

Suscettibilità alla disgregazione







La disgregazione vanifica l'effetto di catene e connessioni

Bazzano (AQ, 2009)
Inutile inserire collegamenti e catene se la qualità muraria è scadente.
La qualità muraria rimane il primo requisito per la sicurezza





Poiché spesso il fenomeno della disgregazione è una evoluzione infausta di un meccanismo locale, appare logico considerare, come discriminante, il valore dell'indice IQM fuori del piano (IQM_{FP}).



Analisi di casi reali a seguito di terremoti distruttivi:

- Valutazione risposta sismica (disgregativa o no)
- Valutazione a posteriori tipologia muraria secondo NTC 2018 e valutazione di IQM
- Approccio statistico-empirico



Risultati:

- «disgregazione» = perdita di equilibrio e distacco di elementi (pietre o blocchi) da una porzione del pannello murario che precede ogni altro meccanismo di collasso
- **risposta sismica disgregativa è una evoluzione infausta di cinematismi** che, per debolezza muraria, non riescono a svilupparsi una volta innescati
- fattori che **favoriscono la disgregazione**:
 1. **Assenza di ingranamento trasversale (diatoni)**
 2. **Malta di cattiva qualità**
 3. **Irregolarità della tessitura muraria**
- non necessariamente la disgregazione riguarda l'intero edificio; può interessare anche solo le parti di maggior vulnerabilità o dove si accaniscono maggiormente le azioni sismiche (es. livelli elevati)
- per i casi osservati si è riscontrata disgregazione per valori di **$IQM_{FP} \leq 4$**
- valori di IQM_{FP} eguali od inferiori a 4 dovrebbero richiamare l'attenzione nei confronti di possibili fenomeni disgregativi da parte di chi effettua una valutazione di sicurezza o si accinge ad intervenire su un edificio in zone sismica

Foglio di calcolo
Chiunque può
redigerlo sulla
base delle formule
interamente
pubblicate e
spiegate

	A	B	C	D	E	F	G
4	PARAMETRI DELLA REGOLA DELL'ARTE						
5					Punteggi		
6	Simbolo	Descrizione	Giudizio		Verticale	Fuori piano	Nel piano
7	OR.	orizzontalità dei filari	R	(R , PR, NR)	2	2	1
8	P.D.	ingranamento trasversale / presenza dei diatoni	R	(R , PR, NR)	1	3	2
9	F.EL.	forma degli elementi resistenti	R	(R , PR, NR)	3	2	2
10	S.G.	sfalsamento dei giunti verticali / ingranamento nel piano della parete	R	(R , PR, NR)	1	1	2
11	D.EL.	dimensione degli elementi resistenti	PR	(R , PR, NR)	0.5	0.5	0.5
12	MA.	qualità della malta / efficace contatto fra elementi / presenza di zeppe	R	(R , PR, NR)	2	1	2
13	RE.EL.	resistenza degli elementi	NR	(R , PR, NR)	0.3	0.5	0.3
14							
15					Correttivo		
16		MALTA PESSIMA (solo se MA="NR")	NO	(SI , NO)	1		
17							
18		MATTONI PIENI O BLOCCHI EQUIVALENTI	SI	(SI , NO)			
19							
20		GIUNTI AMPI (solo se muratura in mattoni pieni)	NO	(SI , NO)	1		
21							
22							
23	INDICE DI QUALITA' MURARIA IQM E CATEGORIA MURARIA						
24							
25		AZIONI VERTICALI - IQM v	2.85	B	Muratura di media qualità		
26		AZIONI ORIZZONTALI FUORI PIANO - IQM fp	4.75	B	Muratura di media qualità		
27		AZIONI ORIZZONTALI NEL PIANO - IQM np	2.85	C	Muratura di scarsa qualità		
28							
29							
30	CORRELAZIONE VALORI PARAMETRI CARATTERISTICI MURATURA (MPa)						
31							
32			MIN	MED	MAX		
33	f	resistenza media a compressione	1.83	2.43	3.01		
34	τ_0	resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali - Formula C8.7.1.16	0.036	0.049	0.061		
35	f_{v0}	resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali - Formula C8.7.1.17	0.078	0.116	0.155		
36	G	valore medio del modulo di elasticità tangenziale	315	381	446		
37	E	valore medio del modulo di elasticità normale	944	1146	1348		

Web-App gratuita

IQM IQMIndex

https://www.iqminindex.com

Home Schede Profilo Aiuto Logout

Benvenuto su IQMIndex.com

(Versione 2021.1)

IQMIndex implementa il metodo dell'Indice di Qualità Muraria proposto da Prof. Antonio Borri e Ing. Alessandro De Maria

Inizia a creare schede di valutazione



[Nuova Scheda](#) [Sfoglia Schede](#)

Consulta la manualistica



[Manuale dell'Applicazione](#) [Guida al metodo IQM](#)

Contattaci
Per supporto o informazioni scrivere a info@iqminindex.com

Privacy
Termini e Condizioni

Orgogliosamente sviluppato da Nicola Ferrante per  **Aedes**
Software per Ingegneria Civile

Scrivi qui per eseguire la ricerca

10:48
03/03/2021

Software Aedes PCM 2025
IQM è integrato nel modello

C25/30

▼ Acciaio

Acciaio S235

▼ Muratura esistente

Muratura mista buona qualità

▼ Muratura nuova

Muratura nuova

▼ Materiale generico

Legno

▼ Blocchi e giunti

Blocchi e giunti

Generale

Nome	Muratura mista buona qualità	
Riferimento	NTC 2018, Tab. C8.5.I	
Tipologia	Conci sbozzati	
Condizioni	Standard	
Fattore di Confidenza	1.35	
Valutazione IQM	Si	
Indici di Qualità Muraria		

▼ Moduli elastici

Valori	Medi	
E	1087	1087
G	366	366

▼ Resistenze

Valori	Minimi	
f,m	1.707	1.707
f,tm	0.171	0.171
f,hm	0.854	0.854
τ_0	0.034	0.034
f,vm0		

▼ Altre proprietà meccaniche

w	20.00	
α	0.000010	
f,b		
μ		
φ		
> Coefficienti correttivi		

▼ Proprietà grafiche

Colore 2D		DarkGray
Colore 3D		Wheat
Texture		Pietra_1

▼ Requisiti geometrici maschi murari

Spessore minimo	0.300	
Spessore complanare limite	2.000	

[Anteprima proprietà di calcolo](#)

Valutazione IQM

Indica se i valori di moduli elastici e resistenze derivano dalla valutazione degli Indici di Qualità Muraria (IQM). In caso positivo, vengono riportati valori distinti per Analisi Statica e Analisi Sismica.

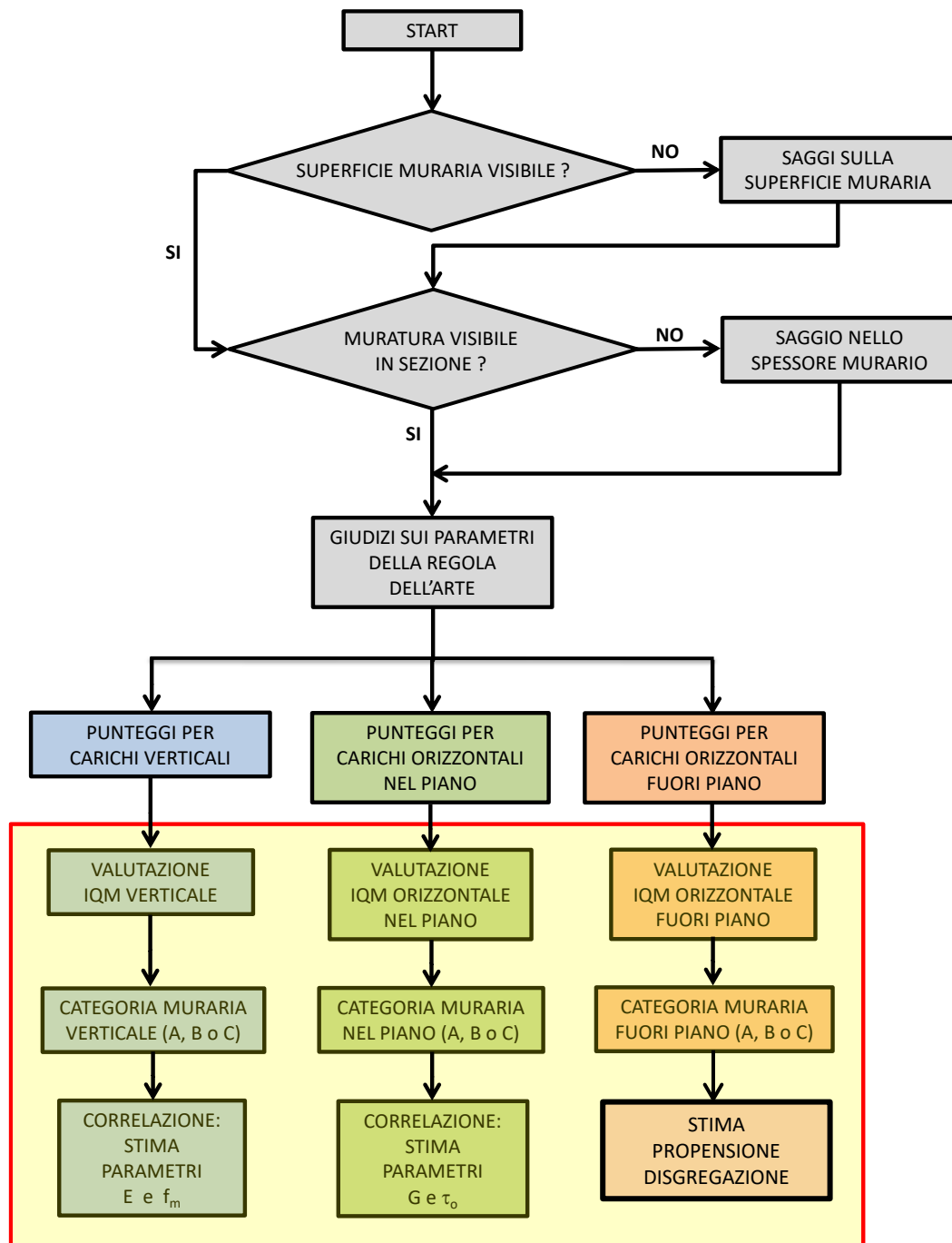
Aggiungi

Rimuovi

OK

Dalla finestra di definizione dei materiali si accede all'ambiente IQM

Esempi applicativi



CASO 1

Facile: tutto è osservabile dopo il sisma...



IQM. INDICE DI QUALITA' MURARIA.						
(Rev. 22.11.2020 - agg. articolo disagregazione e App IQMindex)						
PARAMETRI DELLA REGOLA DELL'ARTE						
				Punteggi		
Simbolo	Descrizione	Giudizio		Verticale	Fuori piano	Nel piano
OR.	orizzontalità dei filari	NR	(R , PR, NR)	0	0	0
P.D.	ingranamento trasversale / presenza dei diatoni	NR	(R , PR, NR)	0	0	0
F.EL.	forma degli elementi resistenti	NR	(R , PR, NR)	0	0	0
S.G.	sfalsamento dei giunti verticali / ingranamento nel piano della parete	NR	(R , PR, NR)	0	0	0
D.EL.	dimensione degli elementi resistenti	PR	(R , PR, NR)	0.5	0.5	0.5
MA.	qualità della malta / efficace contatto fra elementi / presenza di zeppe	NR	(R , PR, NR)	0	0	0
RE.EL.	resistenza degli elementi	R	(R , PR, NR)	1	1	1
				Correttivo		
	MALTA PESSIMA (solo se MA="NR")	SI	(SI , NO)	0.7		
	MATTONI PIENI O BLOCCHI EQUIVALENTI	NO	(SI , NO)			
	GIUNTI AMPI (solo se muratura in mattoni pieni)	NO	(SI , NO)	1		
INDICE DI QUALITA' MURARIA IQM E CATEGORIA MURARIA						
	AZIONI VERTICALI - IQM v	0.35	C	Muratura di scarsa qualità		
	AZIONI ORIZZONTALI FUORI PIANO - IQM fp	0.35	C	Muratura di scarsa qualità		
	AZIONI ORIZZONTALI NEL PIANO - IQM np	0.35	C	Muratura di scarsa qualità		
				Rischio disagregazione!		
CORRELAZIONE VALORI PARAMETRI CARATTERISTICI MURATURA (MPa)						
		MIN	MED	MAX		
f	resistenza media a compressione	1.12	1.53	1.94		
τ ₀	resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali - Formula C8.7.1.16	0.018	0.023	0.028		
f _{v0}	resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali - Formula C8.7.1.17	0.014	0.023	0.031		
G	valore medio del modulo di elasticità tangenziale	223	269	315		
E	valore medio del modulo di elasticità normale	642	781	919		

CASO 2

Abbiamo
saggio e video-
endoscopia



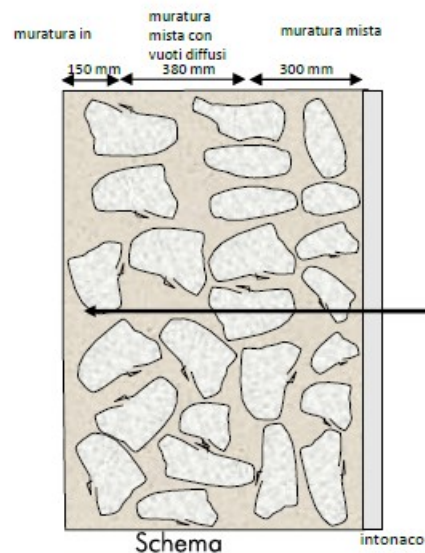
d. prova: VE03 Data prova: 21/05/2024. Cond.: -

Elemento: Parete Posizione: Piano Terra

Descrizione: Parete perimetrale esterna a sacco. Muratura mista in pietra e laterizio, malta di calce. Spessore elemento 850 mm. Perforo di lunghezza 700 mm Ø16 non passante (per non danneggiare il rivestimenti in pietra esterno), perforo svolto a 0° rispetto l'orizzontale. Stratigrafia desunta: 0-20 mm intonaco cementizio, 20-320 mm muratura mista compatta, 320-700 mm muratura mista con vuoti diffusi, da 700 mm muratura in pietra compatta (rivestimento esterno).



Videoispezione



Si rilevano
vuoti ampi e
diffusi e non
episodici



IQM. INDICE DI QUALITA' MURARIA.						
(Rev. 22.11.2020 - agg. articolo disagregazione e App IQMindex)						
PARAMETRI DELLA REGOLA DELL'ARTE						
Simbolo	Descrizione	Giudizio		Punteggi		
				Verticale	Fuori piano	Nel piano
OR.	orizzontalità dei filari	NR	(R , PR, NR)	0	0	0
P.D.	ingranamento trasversale / presenza dei diatoni	NR	(R , PR, NR)	0	0	0
F.EL.	forma degli elementi resistenti	PR	(R , PR, NR)	1.5	1	1
S.G.	sfalsamento dei giunti verticali / ingranamento nel piano della parete	NR	(R , PR, NR)	0	0	0
D.EL.	dimensione degli elementi resistenti	PR	(R , PR, NR)	0.5	0.5	0.5
MA.	qualità della malta / efficace contatto fra elementi / presenza di zeppe	NR	(R , PR, NR)	0	0	0
RE.EL.	resistenza degli elementi	R	(R , PR, NR)	1	1	1
				Correttivo		
	MALTA PESSIMA (solo se MA="NR")	NO	(SI , NO)	1		
	MATTONI PIENI O BLOCCHI EQUIVALENTI	NO	(SI , NO)			
	GIUNTI AMPI (solo se muratura in mattoni pieni)	NO	(SI , NO)	1		
INDICE DI QUALITA' MURARIA IQM E CATEGORIA MURARIA						
	AZIONI VERTICALI - IQM v	2	C	Muratura di scarsa qualità		
	AZIONI ORIZZONTALI FUORI PIANO - IQM fp	1.5	C	Muratura di scarsa qualità		
	AZIONI ORIZZONTALI NEL PIANO - IQM np	1.5	C	Muratura di scarsa qualità		
				Rischio disagregazione!		
CORRELAZIONE VALORI PARAMETRI CARATTERISTICI MURATURA (MPa)						
		MIN	MED	MAX		
f	resistenza media a compressione	1.55	2.07	2.59		
τ_0	resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali - Formula C8.7.1.16	0.026	0.034	0.042		
f_{v0}	resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali - Formula C8.7.1.17	0.049	0.073	0.097		
G	valore medio del modulo di elasticità tangenziale	263	317	371		
E	valore medio del modulo di elasticità normale	830	1007	1183		

Conferme post
sisma





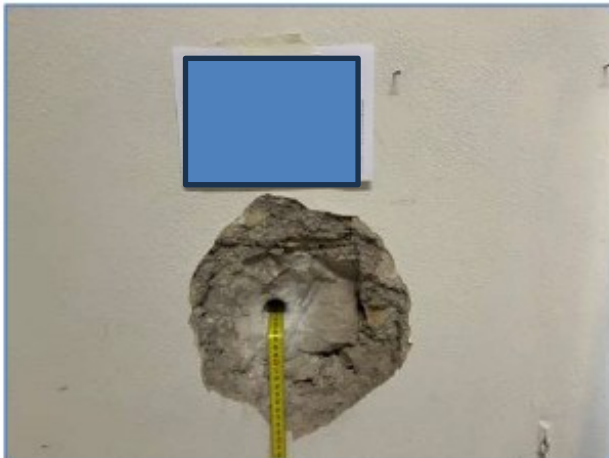
Ma, in questo caso, non è stato solo un problema di muratura

CASO 3

Parete osservabile
e video-endoscopia



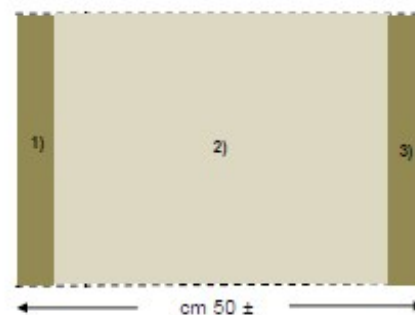
Spessore 45 cm



DESCRIZIONE

Foro $\varnothing$ 32 mm passante con profondità di cm 50 circa
Esecuzione della ripresa video-endoscopica mediante sonda a fibre ottiche con telecamera a colori con diametro $\varnothing$ 26,0 mm

- 1) Intonaco cm 3,0 $\pm$
- 2) Materiale lapideo cm 44,0 $\pm$ con malta legante compatta e presenza a tratti di piccoli vuoti
- 3) Intonaco cm 3,0 $\pm$



IQM. INDICE DI QUALITA' MURARIA.

(Rev. 22.11.2020 - agg. articolo disagregazione e App IQMindex)

PARAMETRI DELLA REGOLA DELL'ARTE

Simbolo	Descrizione	Giudizio	Punteggi		
			Verticale	Fuori piano	Nel piano
OR.	orizzontalità dei filari	R	2	2	1
P.D.	ingranamento trasversale / presenza dei diatoni	PR	1	1.5	1
F.EL.	forma degli elementi resistenti	PR	1.5	1	1
S.G.	sfalsamento dei giunti verticali / ingranamento nel piano della parete	NR	0	0	0
D.EL.	dimensione degli elementi resistenti	PR	0.5	0.5	0.5
MA.	qualità della malta / efficace contatto fra elementi / presenza di zeppe	R	2	1	2
RE.EL.	resistenza degli elementi	R	1	1	1

MALTA PESSIMA (solo se MA="NR")	NO	(SI , NO)	Correttivo 1		
MATTONI PIENI O BLOCCHI EQUIVALENTI	NO	(SI , NO)			
GIUNTI AMPI (solo se muratura in mattoni pieni)	NO	(SI , NO)	1		

INDICE DI QUALITA' MURARIA IQM E CATEGORIA MURARIA

AZIONI VERTICALI - IQM v	7	A	Muratura di buona qualità
AZIONI ORIZZONTALI FUORI PIANO - IQM fp	6	B	Muratura di media qualità
AZIONI ORIZZONTALI NEL PIANO - IQM np	5.5	A	Muratura di buona qualità

CORRELAZIONE VALORI PARAMETRI CARATTERISTICI MURATURA (MPa)

		MIN	MED	MAX
f	resistenza media a compressione	4.11	5.19	6.27
τ_0	resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali - Formula C8.7.1.16	0.060	0.082	0.102
f_{v0}	resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali - Formula C8.7.1.17	0.145	0.207	0.269
G	valore medio del modulo di elasticità tangenziale	466	561	656
E	valore medio del modulo di elasticità normale	1802	2172	2539

ORIZZONTALITÀ RISPETTATA

Filari orizzontali su gran parte della parete, senza presentare interruzioni di continuità per tratti lunghi circa 100 cm e su entrambe le facce della parete.

Murature listate con listature a interasse inferiore a 100 cm.

PARZIALMENTE RISPETTATA

Situazione intermedia fra il rispetto ed il non rispetto di tale parametro.

Paramento ben tessuto ed ordinato almeno su una faccia; alcune pietre sono disposte di testa; spessore del muro non eccessivo rispetto alle dimensioni delle pietre (orientativamente: pietre di lunghezza massima almeno pari ai 2 / 3 dello spessore della parete).

PARZIALMENTE RISPETTATA

Compresenza di elementi irregolari o ciottoli e blocchi di forma squadrata o mattoni.

NON RISPETTATO

Giunti verticali allineati.
Giunti sostanzialmente allineati verticalmente su due o più elementi in ampie porzioni della parete.
Parete di soli diatoni di mattoni pieni, anche con giunti verticali sfalsati⁶.
Evidente assenza di ingranamento nel piano della parete.

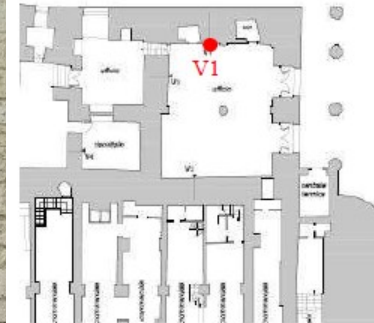
CASO 4

(palazzo dei Priori a Perugia)

Parete osservabile
e video-endoscopia



Posizione in pianta della prova



Schema semplificato

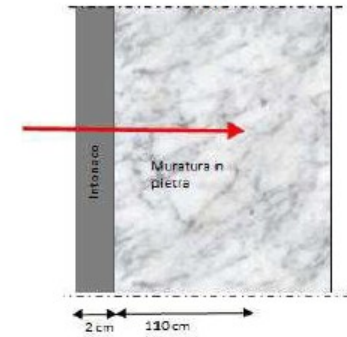


Immagine della prova.



Immagine a 110 cm dall'inizio del foro.
Muratura in elementi lapidei.



Immagine a 100 cm dall'inizio del foro.
Muratura in elementi lapidei.

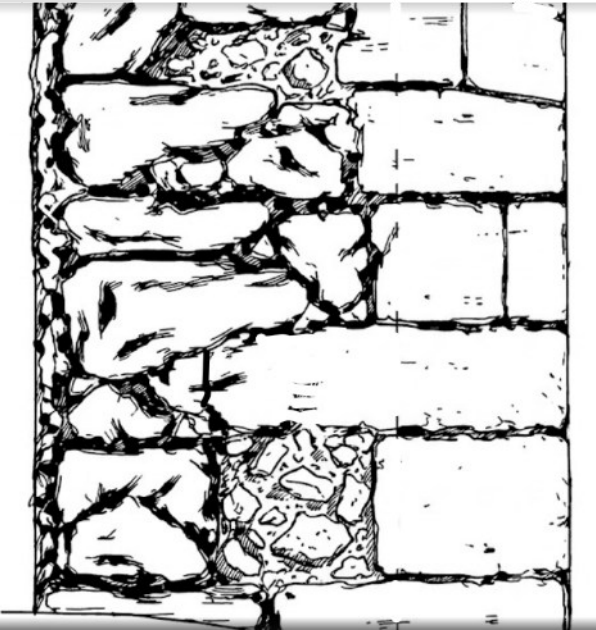


Immagine a 95 cm dall'inizio del foro.
Muratura in elementi lapidei.

Spessore > 2 m

Conclusioni: Si è indagato il foro non passante per una profondità di 110 cm. Dall'inizio del foro si notano 2 cm di intonaco; 108 cm di muratura in elementi lapidei. Dalla profondità di 95 cm si notano discontinuità.

IQM. INDICE DI QUALITA' MURARIA.					
(Rev. 22.11.2020 - agg. articolo disgregazione e App IQMindex)					
PARAMETRI DELLA REGOLA DELL'ARTE					
Simbolo	Descrizione	Giudizio		Punteggi	
				Verticale	Fuori pian
OR.	orizzontalità dei filari	R	(R , PR, NR)	2	2
P.D.	ingranamento trasversale / presenza dei diatoni	PR	(R , PR, NR)	1	1.5
F.EL.	forma degli elementi resistenti	R	(R , PR, NR)	3	2
S.G.	sfalsamento dei giunti verticali / ingranamento nel piano della parete	PR	(R , PR, NR)	0.5	0.5
D.EL.	dimensione degli elementi resistenti	R	(R , PR, NR)	1	1
MA.	qualità della malta / efficace contatto fra elementi / presenza di zeppe	R	(R , PR, NR)	2	1
RE.EL.	resistenza degli elementi	R	(R , PR, NR)	1	1
	MALTA PESSIMA (solo se MA="NR")	NO	(SI , NO)	Correttivo 1	
	MATTONI PIENI O BLOCCHI EQUIVALENTI	NO	(SI , NO)		
	GIUNTI AMPI (solo se muratura in mattoni pieni)	NO	(SI , NO)	1	
INDICE DI QUALITA' MURARIA IQM E CATEGORIA MURARIA					
	AZIONI VERTICALI - IQM v	9.5	A	Muratura di buona qualità	
	AZIONI ORIZZONTALI FUORI PIANO - IQM fp	8	A	Muratura di buona qualità	
	AZIONI ORIZZONTALI NEL PIANO - IQM np	8	A	Muratura di buona qualità	
CORRELAZIONE VALORI PARAMETRI CARATTERISTICI MURATURA (MPa)					
		MIN	MED	MAX	
f	resistenza media a compressione	6.69	8.22	9.76	
τ ₀	resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali - Formula C8.7.1.16	0.085	0.121	0.151	
f _{vo}	resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali - Formula C8.7.1.17	0.199	0.280	0.360	
G	valore medio del modulo di elasticità tangenziale	666	802	936	
E	valore medio del modulo di elasticità normale	2656	3190	3721	



CASO 5

Abbiamo solo un saggio
(es. edifici minori oppure
edifici tutelati dove non
sono possibili video-
endoscopie)



Spessore 70-80 cm



IQM. INDICE DI QUALITA' MURARIA.

(Rev. 22.11.2020 - agg. articolo disagregazione e App IQMindex)

PARAMETRI DELLA REGOLA DELL'ARTE

Simbolo	Descrizione	Giudizio		Punteggi		
				Verticale	Fuori piano	Nel piano
OR.	orizzontalità dei filari	PR	(R , PR, NR)	1	1	0.5
P.D.	ingranamento trasversale / presenza dei diatoni	NR	(R , PR, NR)	0	0	0
F.EL.	forma degli elementi resistenti	PR	(R , PR, NR)	1.5	1	1
S.G.	sfalsamento dei giunti verticali / ingranamento nel piano della parete	NR	(R , PR, NR)	0	0	0
D.EL.	dimensione degli elementi resistenti	PR	(R , PR, NR)	0.5	0.5	0.5
MA.	qualità della malta / efficace contatto fra elementi / presenza di zeppe	NR	(R , PR, NR)	0	0	0
RE.EL.	resistenza degli elementi	R	(R , PR, NR)	1	1	1
				Correttivo		
	MALTA PESSIMA (solo se MA="NR")	SI	(SI , NO)	0.7		
	MATTONI PIENI O BLOCCHI EQUIVALENTI	NO	(SI , NO)			
	GIUNTI AMPI (solo se muratura in mattoni pieni)	NO	(SI , NO)	1		

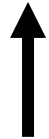
INDICE DI QUALITA' MURARIA IQM E CATEGORIA MURARIA

	AZIONI VERTICALI - IQM v	2.1	C	Muratura di scarsa qualità
	AZIONI ORIZZONTALI FUORI PIANO - IQM fp	1.75	C	Muratura di scarsa qualità
	AZIONI ORIZZONTALI NEL PIANO - IQM np	1.4	C	Muratura di scarsa qualità
				Rischio disagregazione!

CORRELAZIONE VALORI PARAMETRI CARATTERISTICI MURATURA (MPa)

		MIN	MED	MAX		
f	resistenza media a compressione	1.58	2.11	2.64		
τ_0	resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali - Formula C8.7.1.16	0.025	0.033	0.040		
f_{v0}	resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali - Formula C8.7.1.17	0.046	0.069	0.092		
G	valore medio del modulo di elasticità tangenziale	259	313	366		
E	valore medio del modulo di elasticità normale	843	1022	1201		

HP in sicurezza

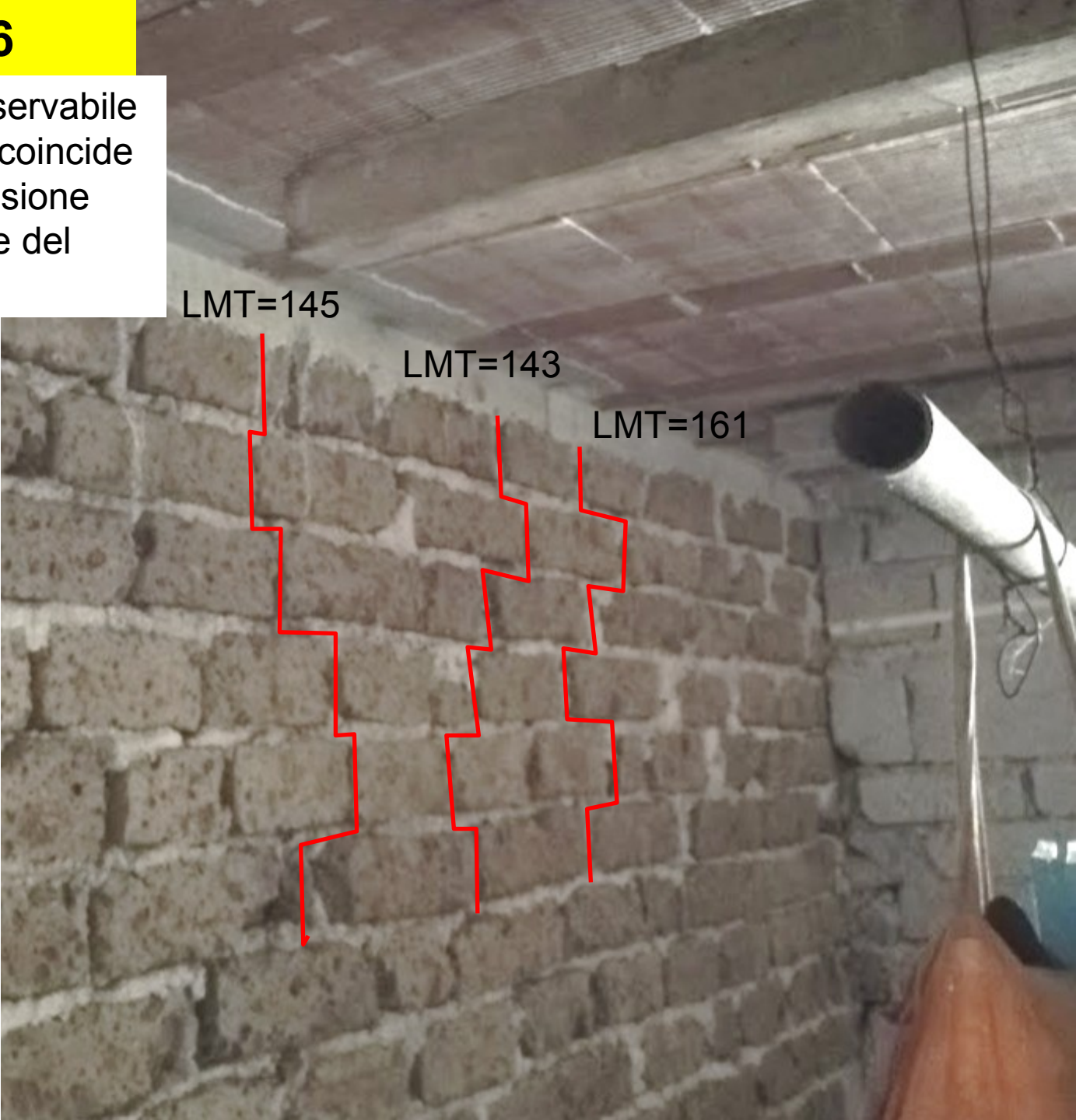


Se non è nota la stratigrafia interna del muro

N.B. Si ritiene comunque essenziale conoscere la sezione muraria per applicare correttamente IQM

CASO 6

Parete osservabile
Spessore coincide
con dimensione
trasversale del
blocco.



PARAMETRI DELLA REGOLA DELL'ARTE						
Simbolo	Descrizione	Giudizio		Punteggi		
				Verticale	Fuori piano	Nel piano
OR.	orizzontalità dei filari	R	(R , PR, NR)	2	2	1
P.D.	ingranamento trasversale / presenza dei diatoni	R	(R , PR, NR)	1	3	2
F.EL.	forma degli elementi resistenti	R	(R , PR, NR)	3	2	2
S.G.	sfalsamento dei giunti verticali / ingranamento nel piano della parete	PR	(R , PR, NR)	0.5	0.5	1
D.EL.	dimensione degli elementi resistenti	PR	(R , PR, NR)	0.5	0.5	0.5
MA.	qualità della malta / efficace contatto fra elementi / presenza di zeppe	NR	(R , PR, NR)	0	0	PARZIALMENTE RISPETTATO Parete a paramento unico: LMT fra 140 e 160.
RE.EL.	resistenza degli elementi	PR	(R , PR, NR)	0.7	0.7	
				Correttivo		
	MALTA PESSIMA (solo se MA="NR")	NO	(SI , NO)	1		
	MATTONI PIENI O BLOCCHI EQUIVALENTI	NO	(SI , NO)			
	GIUNTI AMPI (solo se muratura in mattoni pieni)	NO	(SI , NO)	1		PARZIALMENTE RISPETTATA Alcuni elementi della muratura sono degradati (orientativamente fra il 10% ed il 50%) Elementi laterizi con foratura fra 70% e 55% Elementi in tufo tenero e poroso (calcarenite)
INDICE DI QUALITA' MURARIA IQM E CATEGORIA MURARIA						
	AZIONI VERTICALI - IQM v	4.9	B	Muratura di media qualità		
	AZIONI ORIZZONTALI FUORI PIANO - IQM fp	5.6	B	Muratura di media qualità		
	AZIONI ORIZZONTALI NEL PIANO - IQM np	4.55	B	Muratura di media qualità		
CORRELAZIONE VALORI PARAMETRI CARATTERISTICI MURATURA (MPa)						
		MIN	MED	MAX		
f	resistenza media a compressione	2.73	3.53	4.33		
τ ₀	resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali - Formula C8.7.1.16	0.052	0.069	0.086		
f _{v0}	resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali - Formula C8.7.1.17	0.124	0.178	0.232		
G	valore medio del modulo di elasticità tangenziale	407	490	573		
E	valore medio del modulo di elasticità normale	1301	1572	1842		

CASO 7



Parete osservabile
Spessore coincide con
dim. blocco trasversale

Muratura in forati,
alcuni sono disposti
trasversalmente.
Giunti di malta ampi.

IQM. INDICE DI QUALITA' MURARIA.						
(Rev. 22.11.2020 - agg. articolo disagregazione e App IQMindex)						
PARAMETRI DELLA REGOLA DELL'ARTE						
Simbolo	Descrizione	Giudizio		Punteggi		
				Verticale	Fuori piano	Nel piano
OR.	orizzontalità dei filari	R	(R , PR, NR)	2	2	1
P.D.	ingranamento trasversale / presenza dei diatoni	R	(R , PR, NR)	1	3	2
F.EL.	forma degli elementi resistenti	R	(R , PR, NR)	3	2	2
S.G.	sfalsamento dei giunti verticali / ingranamento nel piano della parete	R	(R , PR, NR)	1	1	2
D.EL.	dimensione degli elementi resistenti	PR	(R , PR, NR)	0.5	0.5	0.5
MA.	qualità della malta / efficace contatto fra elementi / presenza di zeppe	NR	(R , PR, NR)	0	0	0
RE.EL.	resistenza degli elementi	NR	(R , PR, NR)	0.3	0.5	0.3
	MALTA PESSIMA (solo se MA="NR")	NO	(SI , NO)	Correttivo 1		
	MATTONI PIENI O BLOCCHI EQUIVALENTI	SI	(SI , NO)			
	GIUNTI AMPI (solo se muratura in mattoni pieni)	SI	(SI , NO)	0.7		
INDICE DI QUALITA' MURARIA IQM E CATEGORIA MURARIA						
	AZIONI VERTICALI - IQM v	0.315	C	Muratura di scarsa qualità		
	AZIONI ORIZZONTALI FUORI PIANO - IQM fp	2.975	C	Muratura di scarsa qualità		
	AZIONI ORIZZONTALI NEL PIANO - IQM np	0.1575	C	Muratura di scarsa qualità		
				Rischio disagregazione!		
CORRELAZIONE VALORI PARAMETRI CARATTERISTICI MURATURA (MPa)						
		MIN	MED	MAX		
f	resistenza media a compressione	1.11	1.52	1.92		
τ ₀	resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali - Formula C8.7.1.16	0.016	0.021	0.026		
f _{v0}	resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali - Formula C8.7.1.17	0.007	0.012	0.017		
G	valore medio del modulo di elasticità tangenziale	217	262	307		
E	valore medio del modulo di elasticità normale	639	777	914		

NON RISPETTATA/PESSIMA*

a) Malta scadente o degradata e polverulenta e del tutto priva di coesione.

b) Malta assente (escluso il caso di muratura di grossi elementi squadrate).

c) Giunti di malta di dimensioni eccessive, paragonabili a quelle degli elementi se la malta non è di ottima qualità.

d) Muratura di elementi porosi (es. tufo) con scarsa

NON RISPETTATA

Elementi degradati in misura superiore al 50%.

Elementi laterizi con percentuale di foratura > 70%

Mattoni in fango o argilla non cotta

CASO 8

Parete costituita da soli diatoni.
Malta di buona qualità.

Parete osservabile
Spessore coincide con
dim. blocco trasversale



IQM. INDICE DI QUALITA' MURARIA.

(Rev. 22.11.2020 - agg. articolo disagregazione e App IQMindex)

PARAMETRI DELLA REGOLA DELL'ARTE

Simbolo	Descrizione	Giudizio		Punteggi		
				Verticale	Fuori piano	Nel piano
OR.	orizzontalità dei filari	R	(R , PR, NR)	2	2	1
P.D.	ingranamento trasversale / presenza dei diatoni	R	(R , PR, NR)	1	3	2
F.EL.	forma degli elementi resistenti	R	(R , PR, NR)	3	2	2
S.G.	sfalsamento dei giunti verticali / ingranamento nel piano della parete	NR	(R , PR, NR)	0	0	0
D.EL.	dimensione degli elementi resistenti	NR	(R , PR, NR)	0	0	0
MA.	qualità della malta / efficace contatto fra elementi / presenza di zeppe	R	(R , PR, NR)	2	1	2
RE.EL.	resistenza degli elementi	R	(R , PR, NR)	1	1	1
	MALTA PESSIMA (solo se MA="NR")	NO	(SI , NO)			
	MATTONI PIENI O BLOCCHI EQUIVALENTI	SI	(SI , NO)			
	GIUNTI AMPI (solo se muratura in mattoni pieni)	NO	(SI , NO)			
INDICE DI QUALITA' MURARIA IQM E CATEGORIA MURARIA						
	AZIONI VERTICALI - IQM v	8	A	Muratura di buona qualità		
	AZIONI ORIZZONTALI FUORI PIANO - IQM fp	8	A	Muratura di buona qualità		
	AZIONI ORIZZONTALI NEL PIANO - IQM np	7	A	Muratura di buona qualità		

CORRELAZIONE VALORI PARAMETRI CARATTERISTICI MURATURA (MPa)

		MIN	MED	MAX		
f	resistenza media a compressione	4.99	6.24	7.49		
τ ₀	resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali - Formula C8.7.1.16	0.075	0.105	0.131		
f _{v0}	resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali - Formula C8.7.1.17	0.178	0.252	0.324		
G	valore medio del modulo di elasticità tangenziale	577	695	812		
E	valore medio del modulo di elasticità normale	2105	2533	2959		

NON RISPETTATO

Giunti verticali allineati.
Giunti sostanzialmente allineati verticalmente su due o più elementi in ampie porzioni della parete.
Parete di soli diatoni di mattoni pieni, anche con giunti verticali sfalsati⁶.
Evidente assenza di ingranamento nel piano della parete.

NON RISPETTATA

Prevalenza di elementi con la loro dimensione maggiore sotto i 20 cm.
Parete di soli diatoni in mattoni pieni.

CASO 9

Parete osservabile
Spessore 25-30 cm

Due paramenti separati.
Esterno mattoni cotti.
Interno mattoni crudi.



IQM. INDICE DI QUALITA' MURARIA.						
(Rev. 22.11.2020 - agg. articolo disgregazione e App IQMindex)						
PARAMETRI DELLA REGOLA DELL'ARTE						
Simbolo	Descrizione	Giudizio		Punteggi		
				Verticale	Fuori piano	Nel piano
OR.	orizzontalità dei filari	R	(R , PR, NR)	2	2	1
P.D.	ingranamento trasversale / presenza dei diatoni	NR	(R , PR, NR)	0	0	0
F.EL.	forma degli elementi resistenti	R	(R , PR, NR)	3	2	2
S.G.	sfalsamento dei giunti verticali / ingranamento nel piano della parete	PR	(R , PR, NR)	0.5	0.5	1
D.EL.	dimensione degli elementi resistenti	PR	(R , PR, NR)	0.5	0.5	0.5
MA.	qualità della malta / efficace contatto fra elementi / presenza di zeppe	PR	(R , PR, NR)	0.5	0.5	1
RE.EL.	resistenza degli elementi	PR	(R , PR, NR)	0.7	0.7	0.7
				Correttivo		
	MALTA PESSIMA (solo se MA="NR")	NO	(SI , NO)	1		
	MATTONI PIENI O BLOCCHI EQUIVALENTI	SI	(SI , NO)			
	GIUNTI AMPI (solo se muratura in mattoni pieni)	NO	(SI , NO)	1		
INDICE DI QUALITA' MURARIA IQM E CATEGORIA MURARIA						
	AZIONI VERTICALI - IQM v	2.73	B	Muratura di media qualità		
	AZIONI ORIZZONTALI FUORI PIANO - IQM fp	3.85	C	Muratura di scarsa qualità		
	AZIONI ORIZZONTALI NEL PIANO - IQM np	3.2725	B	Muratura di media qualità		
				Rischio disgregazione!		
CORRELAZIONE VALORI PARAMETRI CARATTERISTICI MURATURA (MPa)						
		MIN	MED	MAX		
f	resistenza media a compressione	1.79	2.37	2.95		
τ ₀	resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali - Formula C8.7.1.16	0.040	0.053	0.066		
f _{vo}	resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali - Formula C8.7.1.17	0.094	0.137	0.179		
G	valore medio del modulo di elasticità tangenziale	339	408	478		
E	valore medio del modulo di elasticità normale	929	1126	1322		

PARZIALMENTE RISPETTATA

Alcuni elementi della muratura sono degradati (orientativamente fra il 10% ed il 50%)

Elementi laterizi con foratura fra 70% e 55%

Elementi in tufo tenero e poroso (calcarenite)

CASO 10

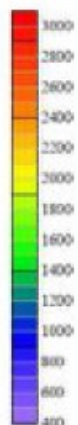
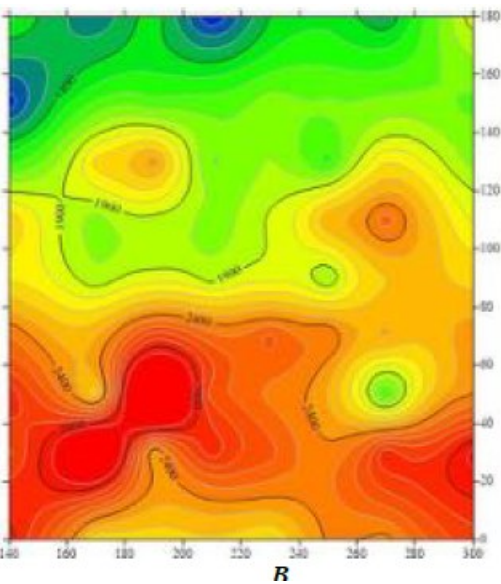
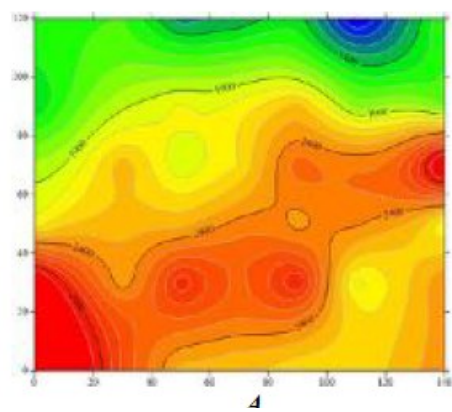
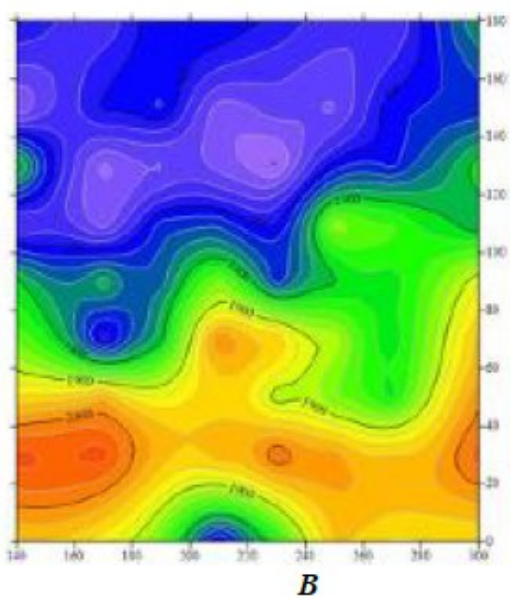
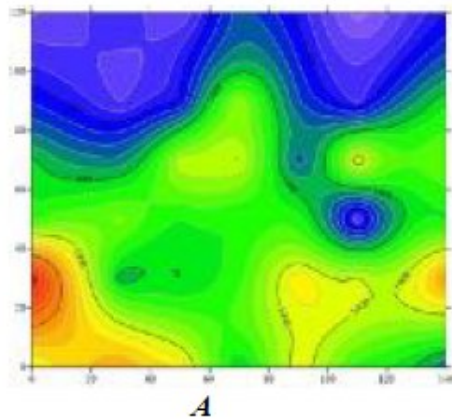
Parete osservabile sia in sezione sia sui due lati.

Qualità muraria visibilmente scadente. Si notano i tubi per le iniezioni che stanno per essere realizzate.



IQM. INDICE DI QUALITA' MURARIA.						
(Rev. 22.11.2020 - agg. articolo disagregazione e App IQMindex)						
PARAMETRI DELLA REGOLA DELL'ARTE						
				Punteggi		
Simbolo	Descrizione	Giudizio		Verticale	Fuori piano	Nel piano
OR.	orizzontalità dei filari	NR	(R , PR, NR)	0	0	0
P.D.	ingranamento trasversale / presenza dei diatoni	NR	(R , PR, NR)	0	0	0
F.EL.	forma degli elementi resistenti	NR	(R , PR, NR)	0	0	0
S.G.	sfalsamento dei giunti verticali / ingranamento nel piano della parete	NR	(R , PR, NR)	0	0	0
D.EL.	dimensione degli elementi resistenti	PR	(R , PR, NR)	0.5	0.5	0.5
MA.	qualità della malta / efficace contatto fra elementi / presenza di zeppe	NR	(R , PR, NR)	0	0	0
RE.EL.	resistenza degli elementi	R	(R , PR, NR)	1	1	1
				Correttivo		
	MALTA PESSIMA (solo se MA="NR")	SI	(SI , NO)	0.7		
	MATTONI PIENI O BLOCCHI EQUIVALENTI	NO	(SI , NO)			
	GIUNTI AMPI (solo se muratura in mattoni pieni)	NO	(SI , NO)	1		
INDICE DI QUALITA' MURARIA IQM E CATEGORIA MURARIA						
	AZIONI VERTICALI - IQM v	0.35	C	Muratura di scarsa qualità		
	AZIONI ORIZZONTALI FUORI PIANO - IQM fp	0.35	C	Muratura di scarsa qualità		
	AZIONI ORIZZONTALI NEL PIANO - IQM np	0.35	C	Muratura di scarsa qualità		
				Rischio disagregazione!		
CORRELAZIONE VALORI PARAMETRI CARATTERISTICI MURATURA (MPa)						
		MIN	MED	MAX		
f	resistenza media a compressione	1.12	1.53	1.94		
τ ₀	resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali - Formula C8.7.1.16	0.018	0.023	0.028		
f _{v0}	resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali - Formula C8.7.1.17	0.014	0.023	0.031		
G	valore medio del modulo di elasticità tangenziale	223	269	315		
E	valore medio del modulo di elasticità normale	642	781	919		

Prova sonica per verifica iniezioni



<i>Velocità medie [m/s]</i>	<i>Campagna indagini 05/10/2023</i>	<i>Campagna indagini 19/10/2023</i>
<i>Pannello 1</i>	<i>1448</i>	<i>2135</i>



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

