

---

L'Ordine degli Ingegneri di Cuneo  
In collaborazione con Engineering Controls Srl e DRC Srl  
Organizza il Convegno

*Vulnerabilità sismica degli edifici esistenti:  
Procedure di gestione e tecniche di indagine non invasive*

Cuneo, 25 Settembre 2015



Ordine degli Ingegneri  
della Provincia di Cuneo



*Con la collaborazione di:*



*Con il patrocinio di:*





***Vulnerabilità sismica degli edifici esistenti:  
Procedure di gestione e tecniche di indagine non invasive***

Cuneo, 25 Settembre 2015

**COMPETENZE ED AMBITI OPERATIVI:  
Personale e metodi non distruttivi**

*Ing. Rocco Ferrini– Studio tecnico Diagnostica Edilizia Progettazione*

*Con la collaborazione di:*

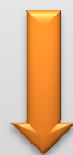


*Con il patrocinio di:*



## VULNERABILITÀ SISMICA DEGLI EDIFICI

### ***valutazione della vulnerabilità sismica***



**Cap. 8 delle NTC (D.M. 14/01/2008)**

**edifici esistenti (*scuole, ospedali, edifici per civile abitazione, ecc...*)**

La manifestazione ripetitiva dei danni strutturali è la dimostrazione che alcuni difetti esecutivi delle strutture in c.a. sembrano rispettare delle vere e proprie regole costruttive; a tal fine è consigliabile che i disegni originali di carpenteria siano sempre verificati con il costruito.

## ***diagnosi delle strutture***

**COMPLESSO DI ATTIVITÀ CHE HA COME OBIETTIVO L'ACQUISIZIONE DI INFORMAZIONI RILEVANTI DELLA STRUTTURA E/O DELLE AZIONI A CUI È SOTTOPOSTA.**

**L'attività progettuale** (adeguamento, miglioramento, riparazione o valutazione della sicurezza) ha come oggetto una **costruzione esistente**, di cui però solitamente **non sono note** le caratteristiche strutturali

➡ il professionista deve anteporre all'attività di progettazione una fase conoscitiva.





Il **progettista**, nella definizione del piano d'indagine, è consigliabile si avvalga della collaborazione del ***Soggetto incaricato ad eseguirlo (meglio se certificato)*** al fine di identificare i risultati ottenibili dalle diverse tecniche utilizzabili.

Tale collaborazione può diventare maggiormente proficua nella fase di interpretazione dei risultati, dove il coinvolgimento dell'esecutore delle prove può essere utile per trasferire informazioni non facilmente interpretabili in un rapporto di prova che, se debitamente considerate, possono sicuramente migliorare il risultato finale.

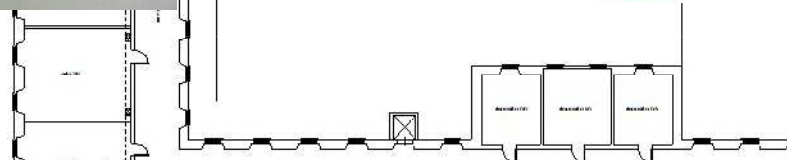
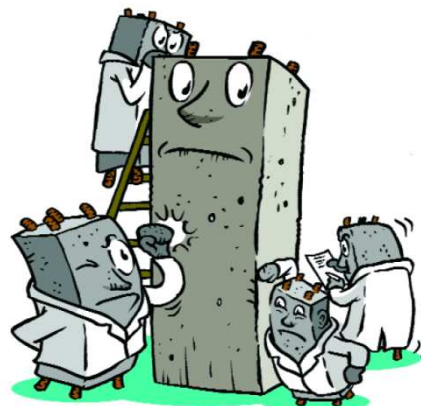


## L'ATTIVITÀ DI INDAGINE

L'attività di indagine può essere vista come un momento progettuale con l'obiettivo di fornire la miglior stima delle proprietà ricercate minimizzando nel contempo l'impatto sulla struttura.

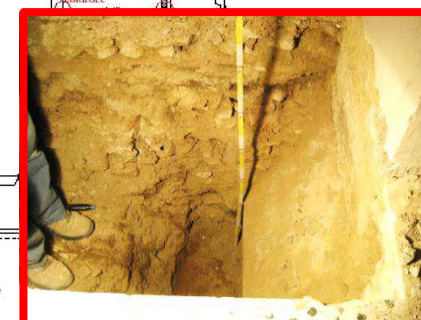
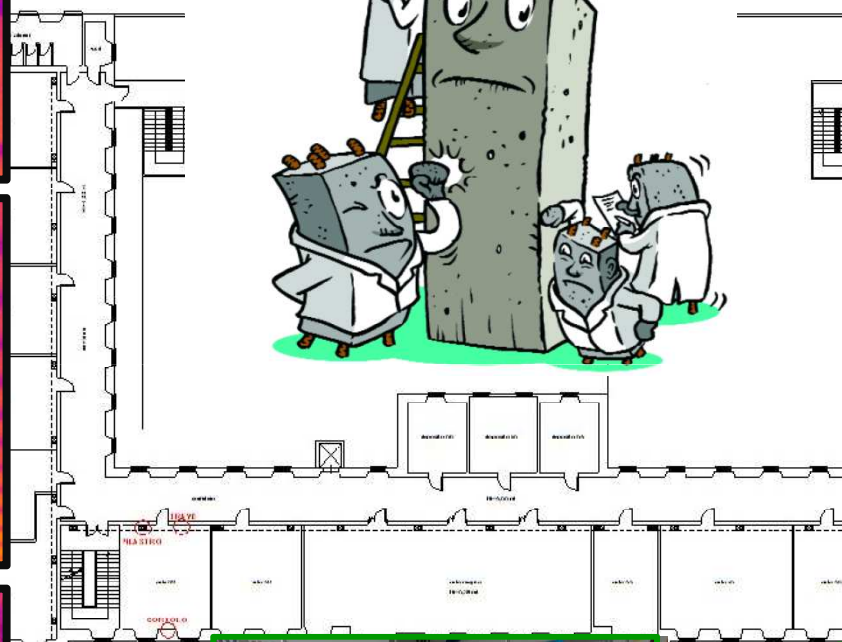
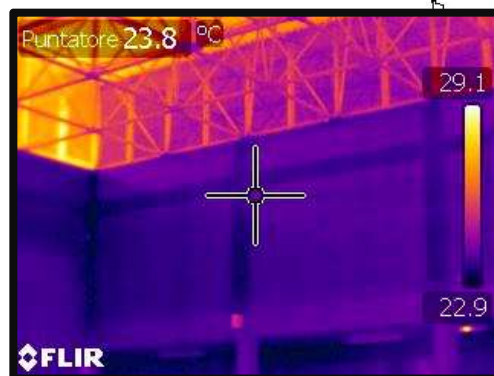
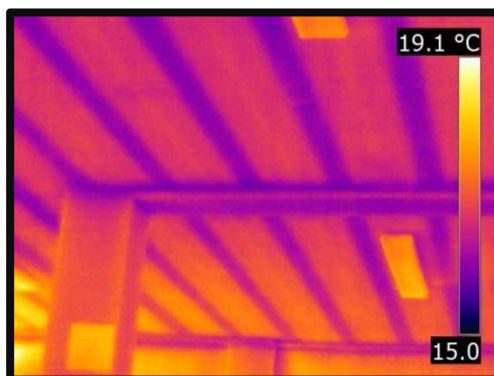


## Controlli "non distruttivi"

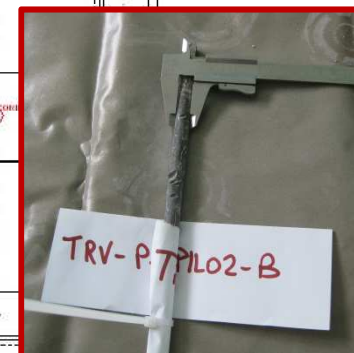
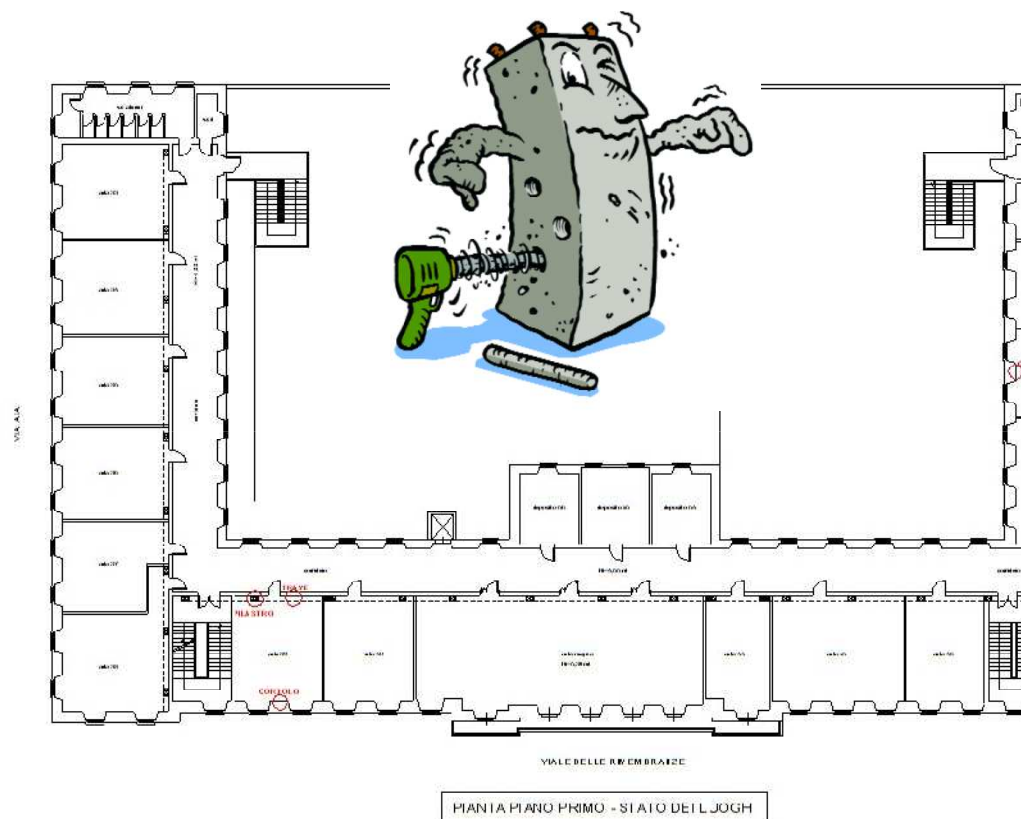




## Controlli “non” distruttivi



## Controlli distruttivi



# Controlli non distruttivi : *metodologie*

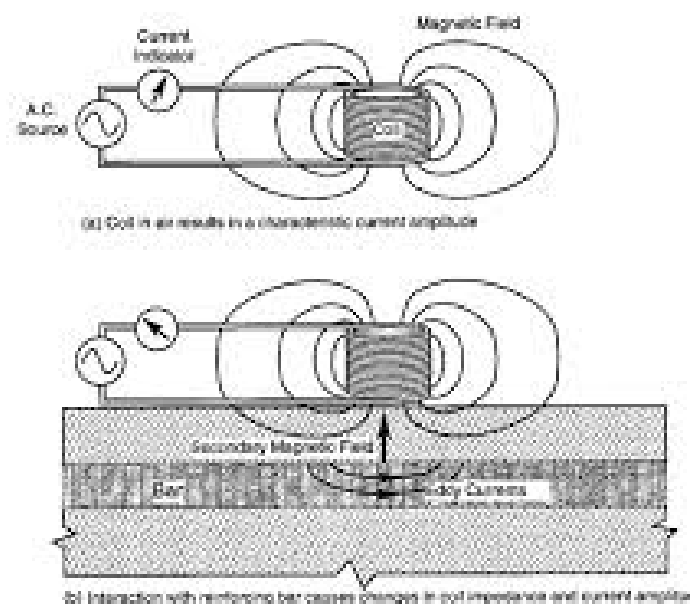




## INDAGINE MAGNETOMETRICA

I metodi magnetici utilizzano le proprietà magnetiche dell'acciaio e vengono di solito utilizzati per il rilievo delle barre di armatura all'interno dei getti di calcestruzzo.

Questo metodo si avvale del principio della misurazione dell'assorbimento del campo magnetico, prodotto dalla stessa apparecchiatura, che viene evidenziato tramite sistema analogico o digitale ed acustico.



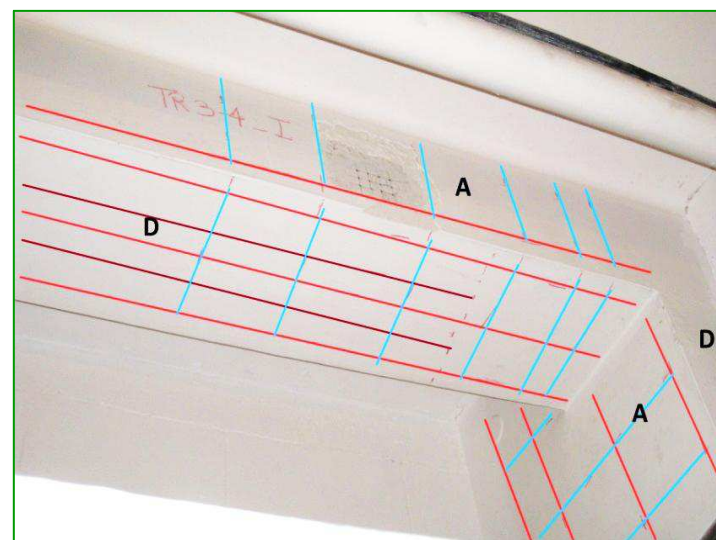
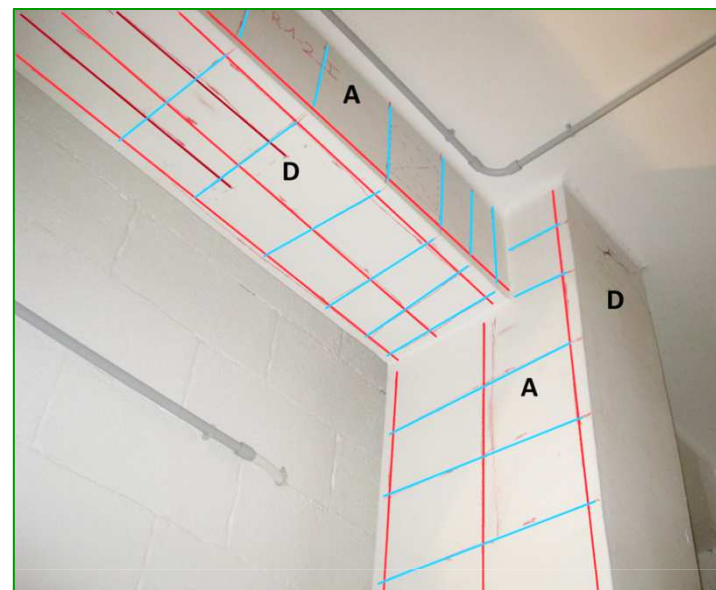


## ***Finalità dell'indagine***

Lo scopo è quello di conoscere i dettagli costruttivi delle strutture quali:

- ✓ l'effettiva disposizione delle barre di armatura,
- ✓ il loro numero,
- ✓ il loro diametro,
- ✓ la misura del copriferro

***è fondamentale collocarsi in una posizione dove non ci siano barre di armatura, al fine di non vanificare il significato delle indagini.***

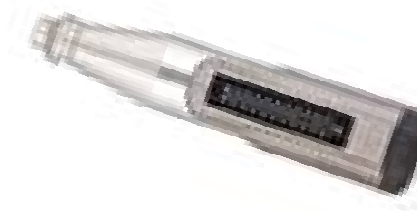




## INDAGINE SCLEROMETRICA

La **UNI EN 12504-2:2012**, prescrive che

*«il metodo di prova non è inteso come una alternativa per la determinazione della resistenza alla compressione del calcestruzzo ma, con una opportuna correlazione, può fornire una stima della resistenza in sito.»*

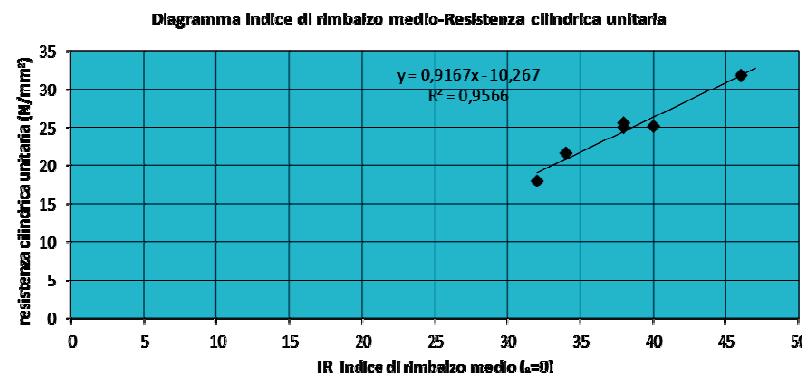


**L'indice sclerometrico**, determinato mediante questo metodo, può essere utilizzato per la valutazione dell'uniformità del calcestruzzo in sito, per delineare le zone o aree di calcestruzzo di scarsa qualità o deteriorato presenti nelle strutture.»

### **Risultato della prova**

Il risultato deve essere calcolato come la media di tutte le misure ed espressa come numero intero.

*(a seconda dell'orientamento dello sclerometro durante la prova va incrementato o decrementato di opportune quantità secondo quanto riportato nelle curve di correlazione del costruttore dello strumento).*



- Umidità, alterazioni da carbonatazione, aggressioni chimiche, microfessurazioni, composizione e storia del calcestruzzo, stato di scabrosità superficiale e massa sottostante la superficie oggetto della percussione, sono tutti elementi che influiscono sul valore dell'indice di rimbalzo.

Durezza e resistenza vengono correlate con relazioni di natura empirica o basate su metodi probabilistici, in quanto molteplici sono i fattori che influenzano la misura.

La correlazione tra l'indice di rimbalzo  $I_m$  e la resistenza a compressione  $R_c$  del calcestruzzo è del tipo:

$$R_c = A \times I_m^B$$

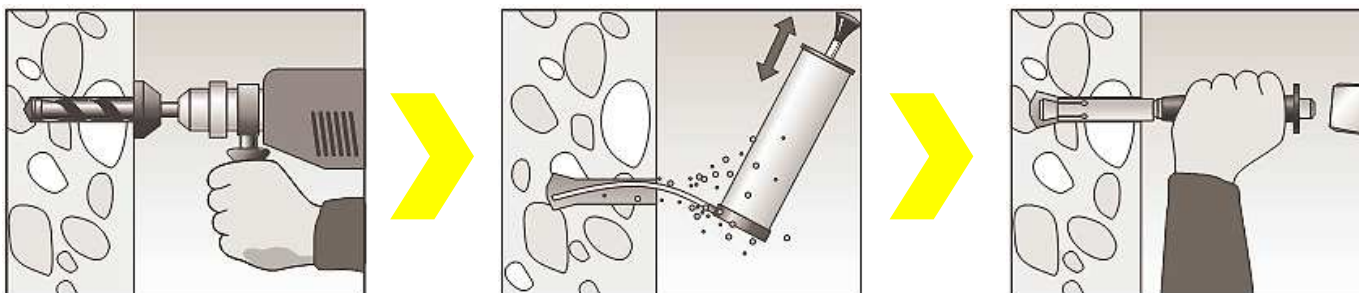
Con A e B parametri dipendenti dalle caratteristiche del calcestruzzo ed  $I_m$  è l'indice medio di rimbalzo.

## **INDAGINE PULL-OUT**

La prova consiste nel misurare la forza necessaria per estrarre dal calcestruzzo un tassello mediante la spinta di un disco metallico, precedentemente inserito nel calcestruzzo, contro un anello di contrasto posizionato sulla superficie.

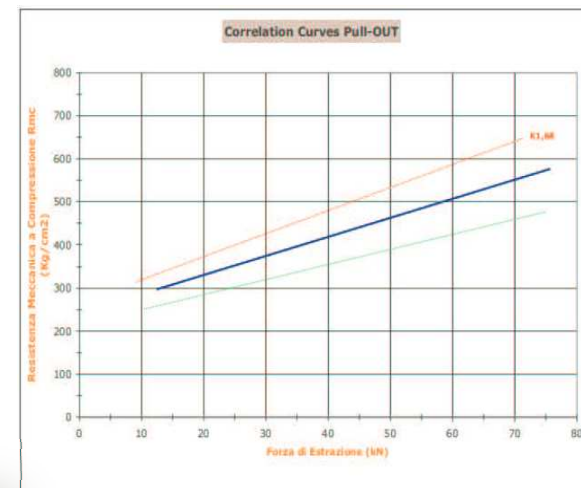


*La forza di estrazione del tassello consente di determinare la resistenza meccanica a compressione mediante correlazioni rilevate sperimentalmente.*



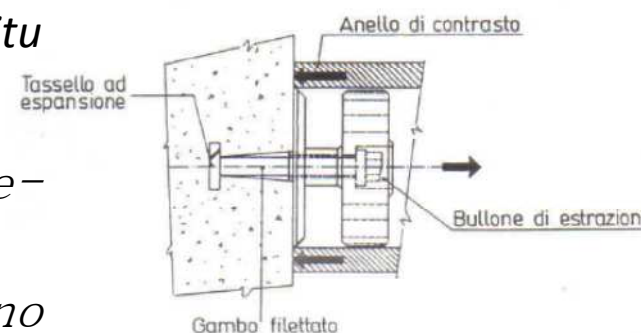
## INDAGINE PULL-OUT

I risultati di tale prova risultano attendibili e la correlazione determinata risulta stabile e non influenzata da variazioni quali il tipo di cemento, l'età, la presenza di vuoti, il tipo e dimensione degli aggregati. Tale metodo risulta normato a livello nazionale dalla **UNI EN 12504-3:2005**.



*Il metodo del Pull-out viene utilizzato per la verifica in situ della resistenza del conglomerato cementizio:*

- *Per nuove strutture i tasselli sono pre-inglobati nel getto;*
- *Per strutture esistenti i tasselli vengono posti successivamente con opportune tecniche*





## **INDAGINE PULL-OFF – PROVA DI ADERENZA**



## **INDAGINE SONDA WINSOR**

La prova consiste nel valutare la resistenza a penetrazione di un chiodo sparato con una apposita pistola munita di una carica esplosiva (calibrata). Per ogni zona sottoposta ad indagine bisogna effettuare almeno 3 prove di penetrazione, assumendo come risultato la media dei valori registrati. *Tale metodo risulta normato dalla ASTM C803.*

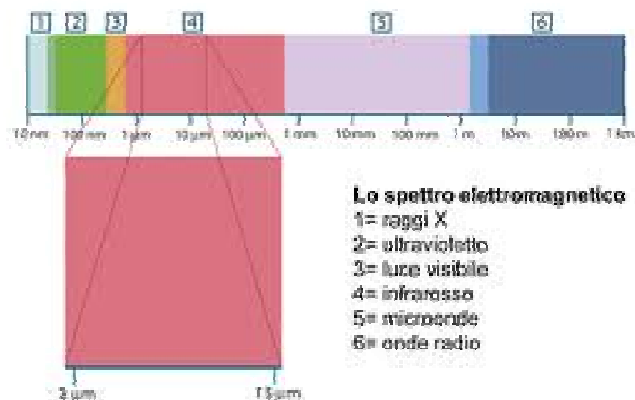
*L'apparecchio è costituito essenzialmente da una pistola, una sonda (chiodo) realizzata con una lega di acciaio duro, un involucro ed un calibro per la misura della penetrazione del chiodo.*

*Questo metodo risulta principalmente utilizzato per verificare l'uniformità del calcestruzzo nelle diverse parti dell'opera.*

Risulta comunque un metodo leggermente distruttivo, ma presenta il vantaggio di non essere influenzato da fattori di disturbo quali carbonatazione, umidità e stato della superficie.



## TERMOGRAFIA INFRAROSSO



**TERMOGRAFIA**, cioè « scrivere con il calore »

*E' la scienza che permette di acquisire ed analizzare le informazioni provenienti da dispositivi termici di rilevamento senza contatto.*

L'acquisizione delle immagini avviene nel campo dell'infrarosso, cioè delle onde elettromagnetiche di lunghezza d'onda oltre il rosso dello spettro del visibile, sfruttando il fenomeno fisico della trasmissione di calore per irraggiamento che avviene per tutti gli oggetti che presentano una temperatura superiore allo zero assoluto.

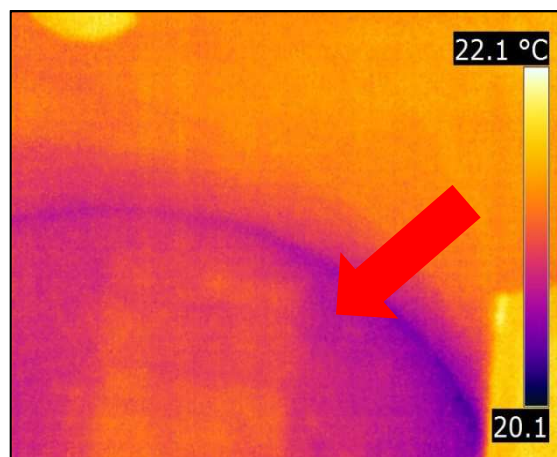




## PROVE NON INVASIVE: TERMOGRAFIA



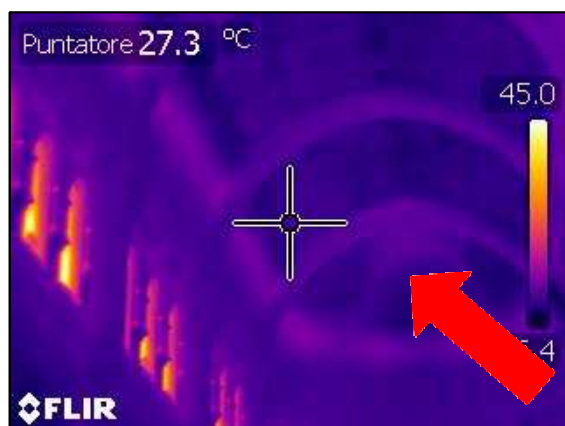
**PRESENZA DI ARCHITRAVE SOTTO  
RIVESTIMENTO DI INTONACO**



**CHIUSURA NASCOSTA  
VANO PORTA**



**PRESENZA DI CORDOLO IN C.A**



**COMPONENTI STRUTTURALI  
NASCOSTE (NERVATURE)**



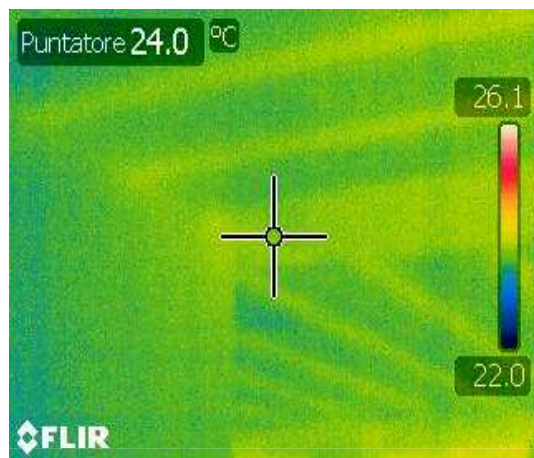
**ANALISI DI UMIDITA'  
E/O INFILTRAZIONI**



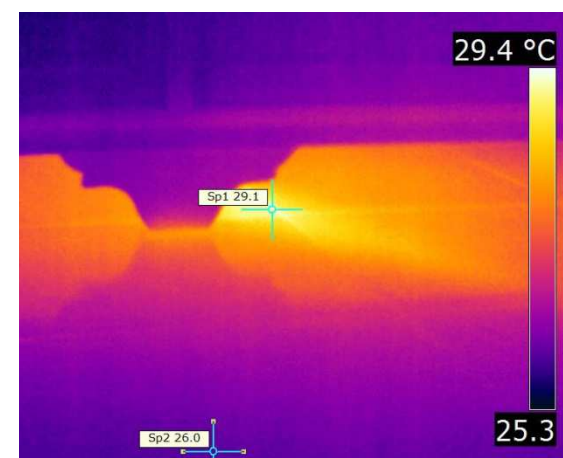
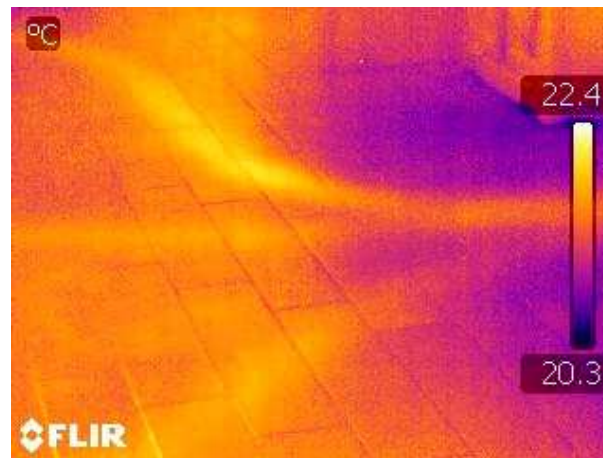
**QUADRI FESSURATIVI**



## **PROVE NON INVASIVE: TERMOGRAFIA**



**ORDITURA DEI SOLAI**

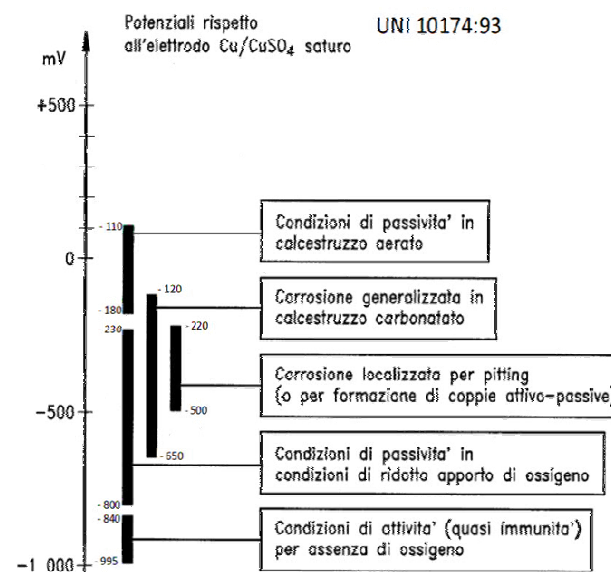


**RICERCA DI IMPIANTI NELLE ABITAZIONI**

## MISURA DEL POTENZIALE ELETTROCHIMICO



Tale metodologia d'indagine riguarda l'ispezione delle strutture in cemento armato esposte all'atmosfera mediante il metodo della mappatura del potenziale, allo scopo di valutare lo stato di corrosione delle armature. Mediante tale metodo è possibile determinare la situazione di corrosione, cioè se le armature sono o non sono sottoposte ad un attacco corrosivo, sia esso generalizzato o localizzato.



## **MISURA DELLA PROFONDITÀ DI CARBONATAZIONE**

La protezione naturale delle barre d'armatura all'interno della matrice di calcestruzzo è garantita dall'ambiente fortemente alcalino (pH 12,5-13,5) determinato dalla presenza di idrossido di calcio  $\text{Ca(OH)}_2$  o calce idrata nella pasta di cemento.

Tuttavia, a causa della porosità del calcestruzzo, l'anidride carbonica  $\text{CO}_2$  penetra gradualmente all'interno del calcestruzzo reagendo con l'idrossido di calcio dando luogo ad una reazione chimica che ha come prodotti carbonato di calcio  $\text{CaCO}_3$  ed acqua  $\text{H}_2\text{O}$ :



Diminuendo l'idrossido di calcio la matrice cementizia diviene meno basica (pH 8,5-9) e quando tale fenomeno, detto appunto di **carbonatazione**, giunge al livello delle armature viene a mancare la protezione naturale delle stesse le quali, in presenza di umidità, possono venire ossidate dall'ossigeno dell'aria.



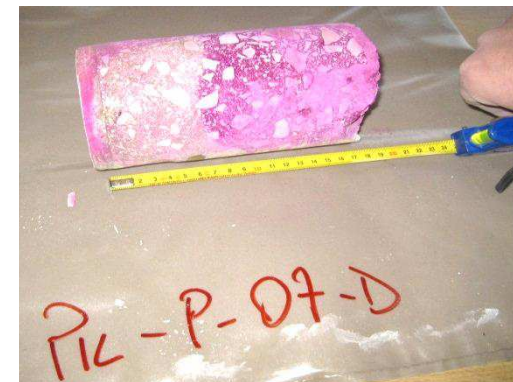
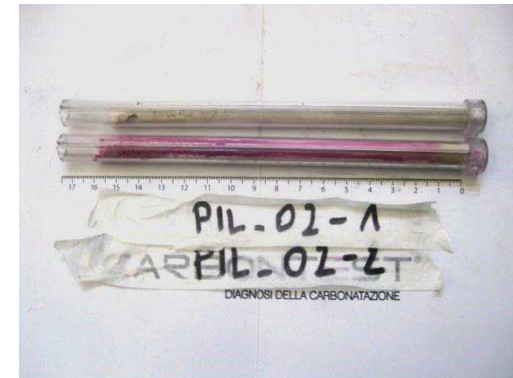
## **MISURA DELLA PROFONDITÀ DI CARBONATAZIONE**

La prova deve essere eseguita in accordo alla norma **UNI 994:1992**

*“Corrosione e protezione dell’armatura del calcestruzzo. Determinazione della profondità di carbonatazione e del profilo di penetrazione degli ioni cloruro nel calcestruzzo”.*

**La prova viene effettuata mediante applicazione sulla superficie di una soluzione di fenolftaleina all’1% in alcool etilico (Indicatore chimico di carbonatazione).**

In ciascuno dei saggi lo spessore in cui non è avvenuto il viraggio al violetto della soluzione indica che il calcestruzzo in prossimità delle barre di armatura risulta carbonatato.





## **METODO ULTRASONICO**

Quando un solido viene eccitato da una vibrazione continua o impulsiva applicata in un punto della sua superficie esterna, al suo interno si propagano onde meccaniche.

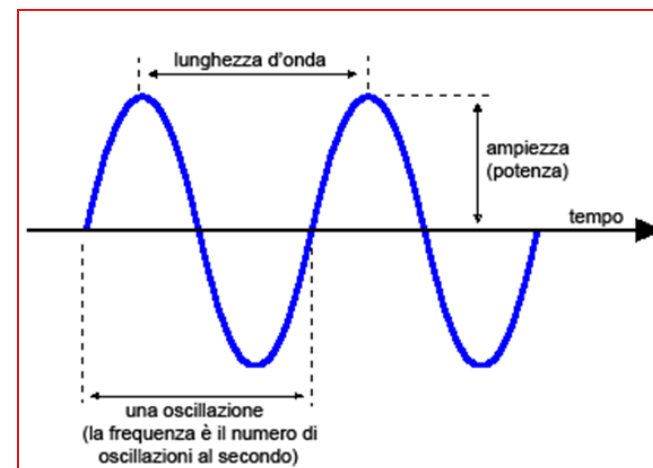
***“un’ onda può essere definita come una perturbazione che si propaga senza trasporto di materia” ( Shull & Tittman)***

Le onde hanno una velocità di propagazione nel mezzo dipendente dalla frequenza dell’onda e dalle proprietà meccanico-fisiche del materiale.

La presenza di difetti provoca anomalie nella propagazione delle onde, proprio tale studio permette l’impiego di metodi basati sulla propagazione delle onde per un’**analisi defectologica** finalizzata alla valutazione della natura e dell’entità dei difetti non visibili esternamente.

## Grandezze significative

- **Velocità di propagazione V:** È la velocità con cui si muove l'onda.;
- **Periodo T:** *il tempo necessario al sistema per riprendere la medesima configurazione assunta al tempo t;*
- **Frequenza f:** Rappresenta la distanza tra due successivi massimi dell'ampiezza ( $V = \lambda/T$ );
- **Pressione acustica:** Costituisce la pressione presente in un determinato istante in un punto di un solido attraversato da onde di pressione (onde P);
- **Impedenza acustica Z:** È il prodotto della densità del materiale per la velocità di propagazione delle onde P (pertanto è una *caratteristica del materiale*)



Le procedure operative per l'esecuzione di misure a ultrasuoni su calcestruzzo sono descritte dalla norma **UNI EN 12504-4:2005** " *Prove sul calcestruzzo nelle strutture – parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici* "

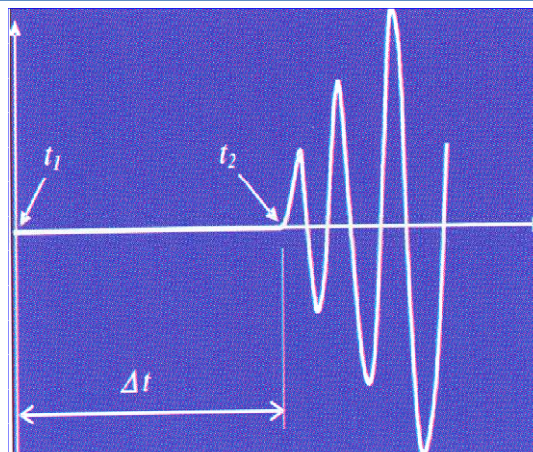
### MISURA DEI PARAMETRI SIGNIFICATIVI:

#### Misura del tempo di volo

il *tempo di volo* è il tempo che intercorre tra l'istante di partenza dell'impulso dalla sonda emittente e l'istante di arrivo a quella ricevente.

- **Misura dell'Attenuazione**

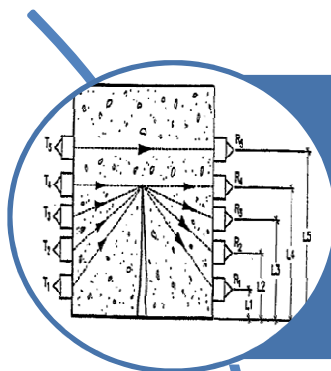
- L'attenuazione è data dal rapporto tra la pressione acustica nel punto di ricezione e quella nel punto di emissione.



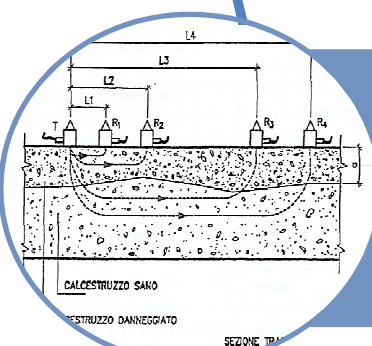
Prima di eseguire le misure è indispensabile **CALIBRARE** il dispositivo di misura.



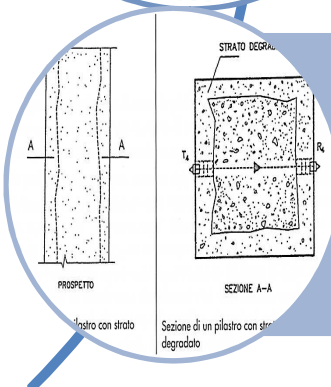
**ANALISI DEI DIFETTI  
(defectologia del calcestruzzo)**



**VALUTAZIONE DELLA PROFONDITÀ  
DELLE FESSURE**  
(metodo diretto)



**VALUTAZIONE DELLA PROFONDITÀ  
DI STRATI SUPERFICIALI  
DEGRADATI**  
(metodo indiretto)



**VALUTAZIONE DELLA PROFONDITÀ  
DI STRATI SUPERFICIALI DEGRADATI**  
(metodo diretto)



## Correlazione con metodo SONREB

La formula analitica che meglio descrive il legame funzionale tra i parametri non distruttivi e la resistenza cubica  $R_s$  (strutturale) stimata in situ è di tipo esponenziale:

$$R_s = a N^b V^c$$

dove le costanti **a**, **b**, **c** dipendono da diversi fattori legati alle modalità che caratterizzano la campagna sperimentale, quali:

- la qualità dei materiali costituenti il calcestruzzo
- il dosaggio dei materiali
- le modalità di maturazione
- le condizioni di stagionatura

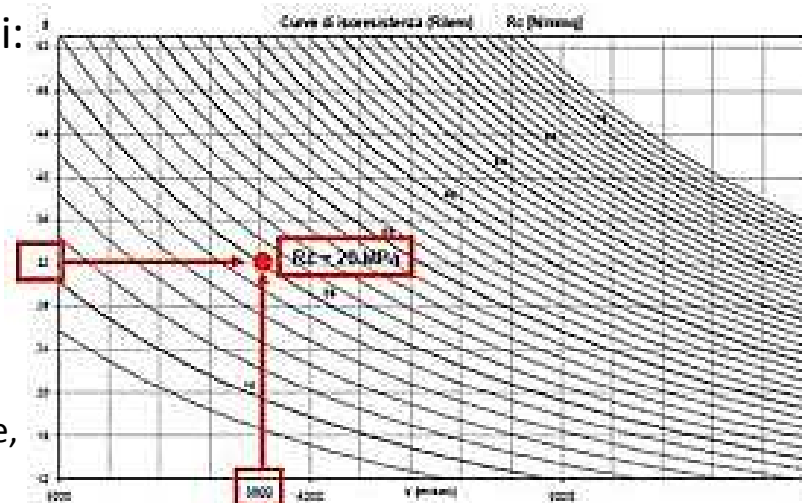
La letteratura tecnica riporta diverse funzioni di correlazione, le più utilizzate hanno le seguenti espressioni:

$$- R_s = 7,546 \cdot 10^{-11} \cdot N^{1,4} \cdot V^{2,6} \text{ (Giacchetti – Lacquaniti)}$$

$$- R_s = 8,06 \cdot 10^{-8} \cdot N^{1,246} \cdot V^{1,85} \text{ (Gasparik)}$$

$$- R_s = 1,20 \cdot 10^{-9} \cdot N^{1,058} \cdot V^{2,446} \text{ (De Leo– Pascale)}$$

$$- R_s = 0,00004 \cdot N^{1,88148} \cdot V^{0,8084} \text{ (Bufarini-D'Aria-Menditto)}$$



Dove

$R_s$  è la resistenza cubica stimata [Mpa]

$V$  la velocità di propagazione [m/sec]

$N$  è l'indice di rimbalzo dello sclerometro modello Schmidt di tipo N.

## **CAROTAGGIO**

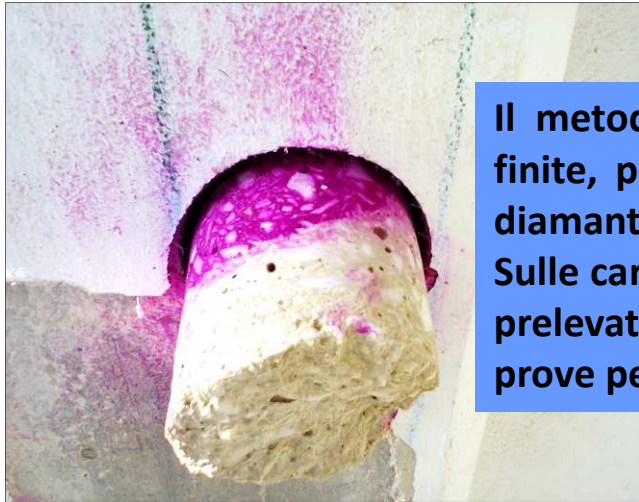
**Il metodo dei carotaggi è certamente la metodologia di prova più valida per la caratterizzazione di un calcestruzzo in opera, in quanto consente la determinazione diretta della resistenza mediante la prova di compressione.**

Tuttavia, il carattere distruttivo di questo tipo di prova ed il conseguente danneggiamento degli elementi strutturali, non consentono, in generale, l'effettuazione di un numero di prove sufficiente a caratterizzare in modo significativo una intera struttura.

Le tecniche non distruttive permettono di stimare la resistenza del calcestruzzo, ma in generale con un minor grado di attendibilità dei risultati rispetto ai carotaggi: tali tecniche, infatti, si basano su misure indirette, cioè sulla misura di grandezze fisiche correlate, e risalgono alla grandezza di interesse attraverso relazioni ricavate empiricamente.

**La validità di tali metodi è pertanto legata alla disponibilità di valide correlazioni fra i valori misurati dagli strumenti e le resistenze effettive.**





**Il metodo consiste nel prelevare campioni (carote) dalle strutture finite, per mezzo di apposite attrezzature dotate di mole a corona diamantata.**

**Sulle carote si possono effettuare, in analogia alle prove sui campioni prelevati dai getti, prove di compressione, prove di trazione indiretta, prove per la determinazione del modulo elastico, ecc.**

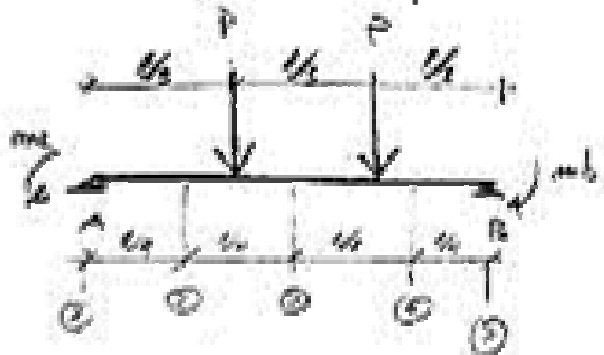
*La norma **EN 12504-1:2002** fornisce indicazioni circa il prelievo, l'esame e la prova di compressione di carote prelevate dalle strutture.*

**Le zone in cui effettuare i carotaggi devono essere scelte in modo da non alterare apprezzabilmente la capacità portante dell'elemento strutturale.**

**Particolare attenzione è necessaria quando i carotaggi devono essere effettuati in prossimità dei nodi strutturali e negli elementi compressi; in questi ultimi occorre assolutamente evitare di effettuare fori in posizione eccentrica.**

## PROVE DI CARICO

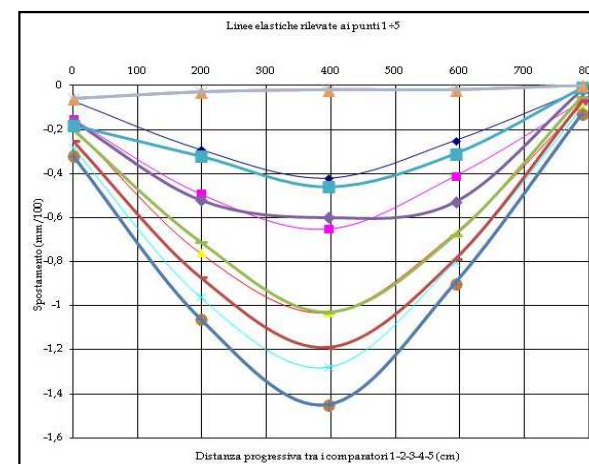
Le prove di carico sono contemplate al § 9.2 del D.M. 14 gennaio 2008 e sono previste dal Collaudatore allo scopo di certificare la sicurezza dell'opera.



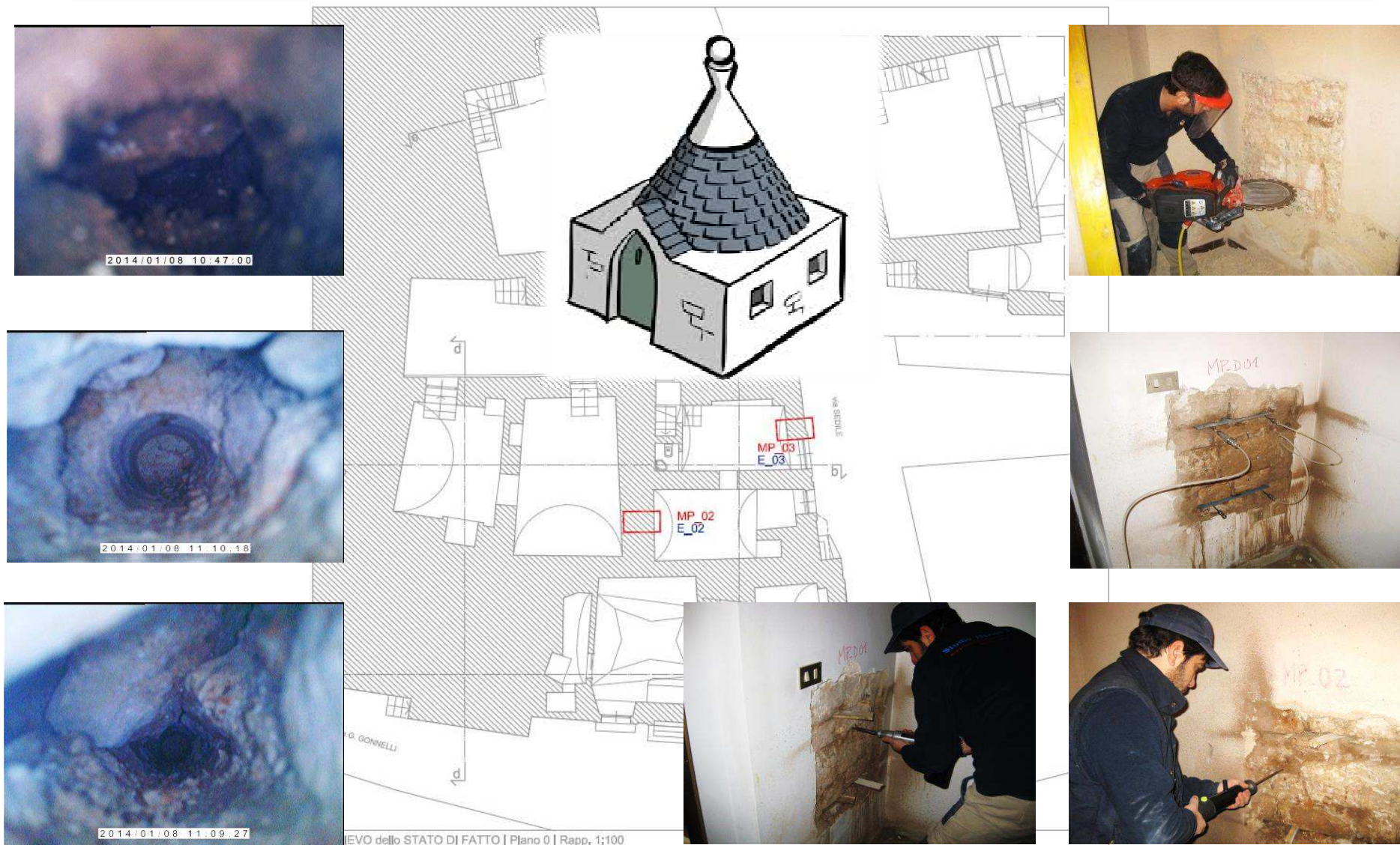
Queste vengono attuate ponendo un carico di prova sui campi di solaio e misurando gli spostamenti verticali mediante l'ausilio di comparatori digitali o analogici.

Per avere un esito positivo delle prove devono verificarsi le seguenti condizioni:

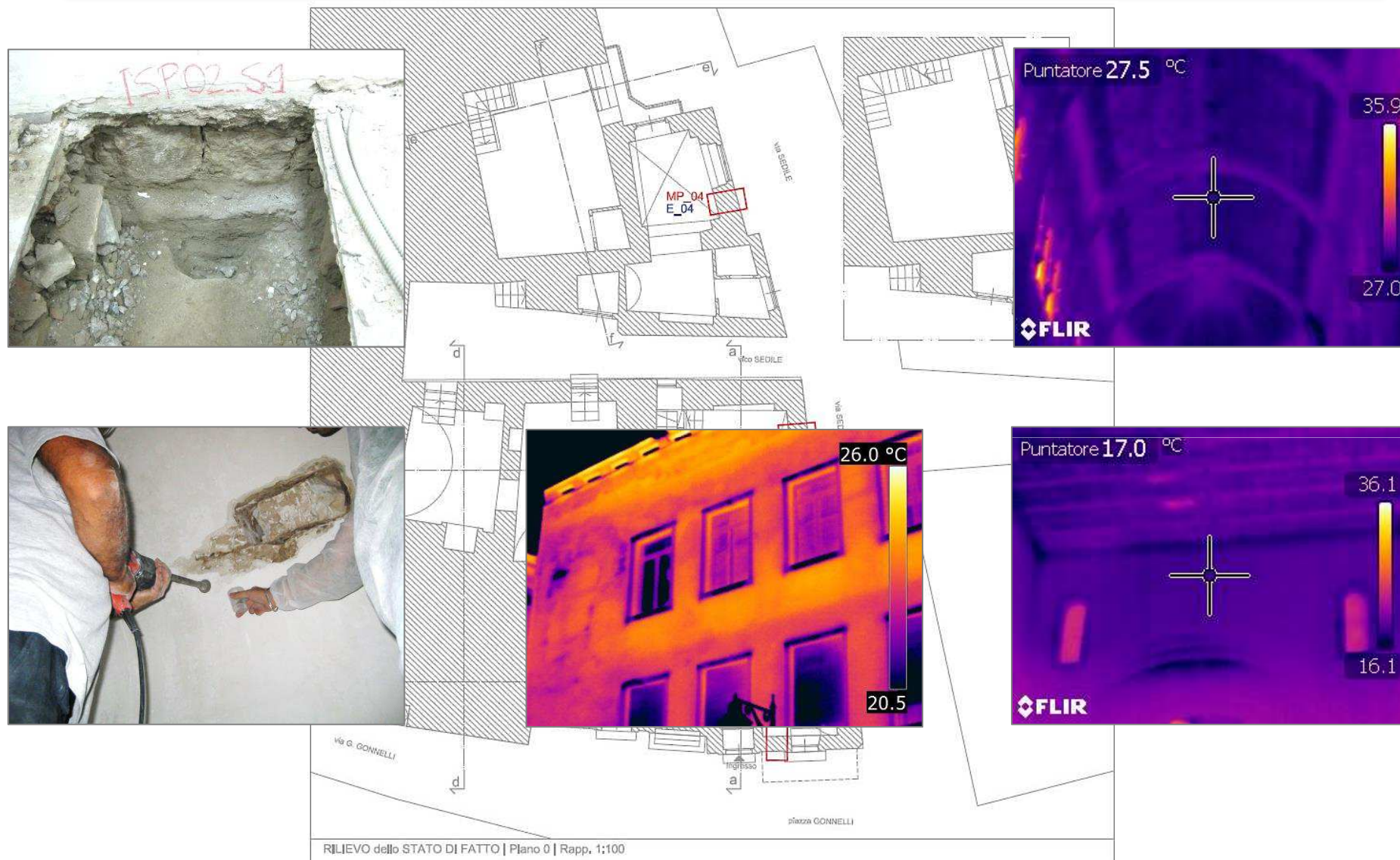
- sviluppo delle deformazioni proporzionale ai carichi imposti;
- assenza di lesioni, deformazioni o dissesti che compromettano la sicurezza o la conservazione dell'opera;
- l'entità della deformazione residua non superi una quota parte di quella totale commisurata ai prevedibili assestamenti iniziali di tipo anelastico.













## **PROVA CON MARTINETTI PIATTI**

La prova con i martinetti piatti consente di fornire informazioni attendibili sulle principali caratteristiche meccaniche di una struttura in termini di deformabilità, stato di sforzo e resistenza.

La prova si può definire “quasi non distruttiva” e si articola in due fasi distinte:

- **FASE 1**: misura dello stato di sollecitazione  
*(martinetti piatti in configurazione singola);*
- **FASE 2**: determinazione delle caratteristiche di deformabilità e della tensione di collasso per compressione  
*(martinetti piatti in configurazione doppia).*

Le prove meccaniche in situ (martinetti piatti semplici e doppi) possono fornire informazioni quantitative sui parametri meccanici della muratura, mentre le prove di laboratorio sono importanti per la caratterizzazione dei singoli componenti (malta, mattoni, pietre) o di piccoli campioni di muratura.

## **STRUMENTAZIONE**

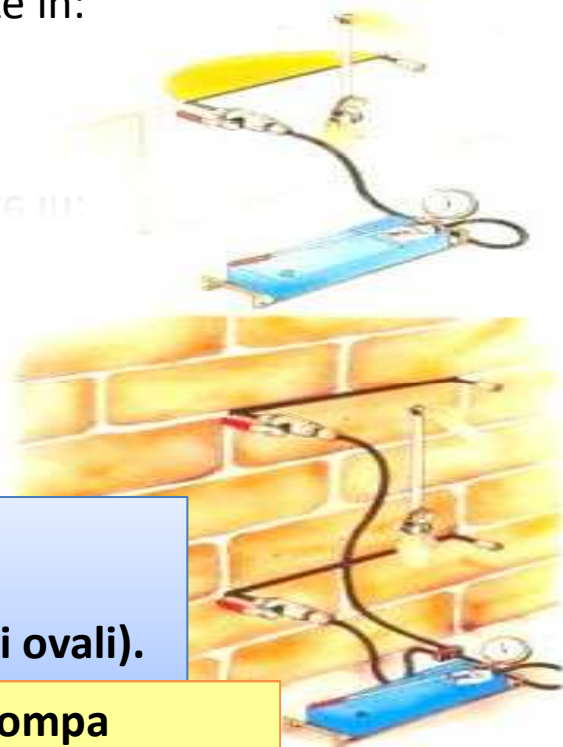
La strumentazione per le prove in situ effettuate sulle murature mediante indagine con martinetti piatti in configurazione singola e/o doppia consiste in:

**martinetti in acciaio :**  
possono avere forma rettangolare,  
semicircolare o semiovale

**deformometro millesimale  
e  
basi deformometriche di 250 mm;**

**Trapano a rotopercussione, sega a nastro o sega  
circolare a trasmissione eccentrica (per martinetti ovali).**

**pompa  
idraulica**



**La prova deve essere condotta in accordo con la norma di riferimento:  
ASTM STANDARD C 1196-91 - ASTM STANDARD C 1197-91**



## MARTINETTO PIATTO IN CONFIGURAZIONE SINGOLA

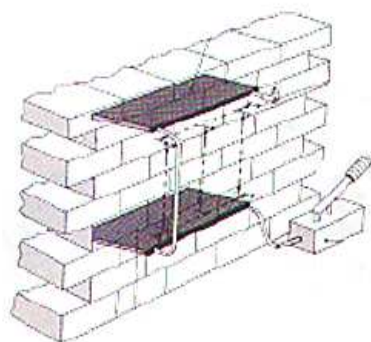
1. Prima del taglio posizionare tre basi estensimetriche in maniera distribuita su tutta la lunghezza del martinetto, facendo in modo che tale distanza risulti pari a circa 1/4 della dimensione del martinetto
2. Effettuare la lettura sulla barra di taratura
3. Effettuare la lettura sulle basi estensimetriche



È molto importante, per la scelta della tipologia di martinetto da testare, effettuare una preliminare **indagine endoscopica** e verificare la stratigrafia della stessa.



## MARTINETTO IN CONFIGURAZIONE DOPPIA

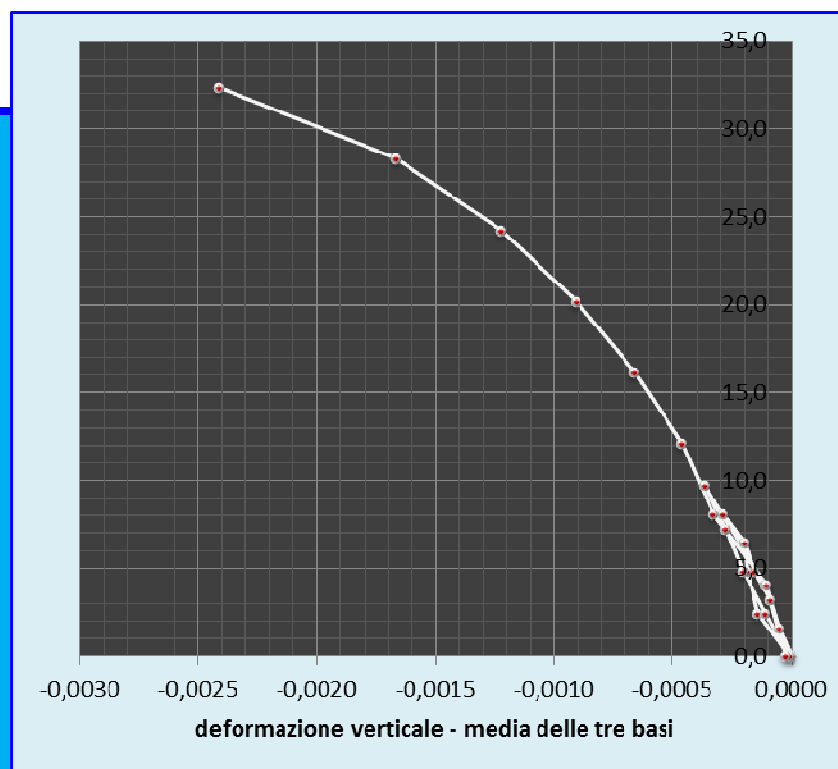
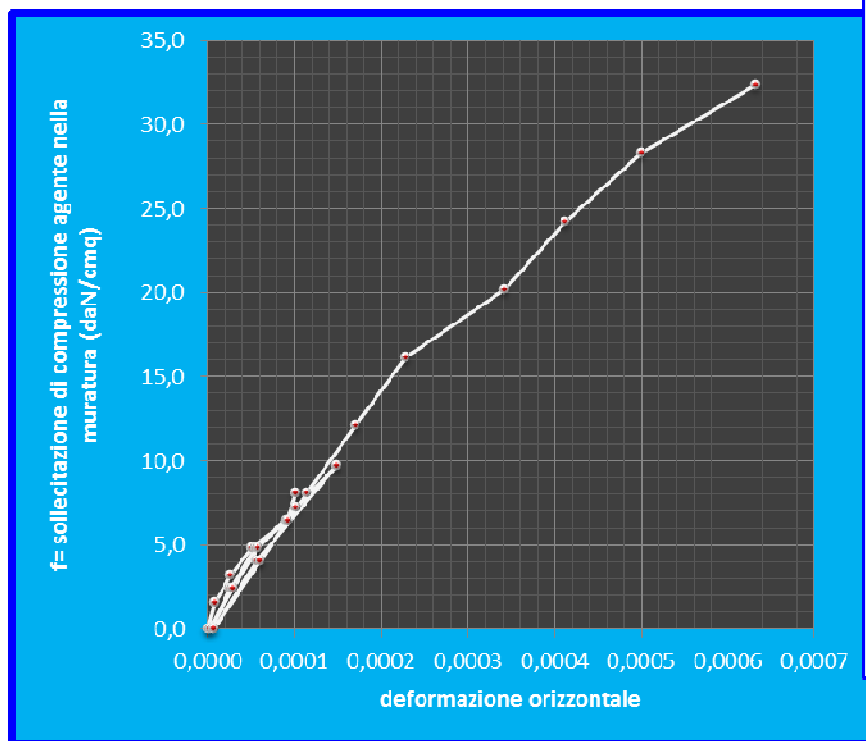


Terminata la fase precedente e determinata la pressione corrispondente al ripristino della distanza tra i capisaldi delle basi estensimetriche prima del taglio, si scarica il martinetto e si procede ad un **secondo taglio** nella muratura per inserire il secondo martinetto necessario per la **configurazione doppia**.



Verranno effettuati dei cicli di carico e scarico fino a portare a rottura (*eventuale*) la muratura tra i due martinetti.

L'interpretazione dei dati rilevati con le letture ci permettono di risalire alle proprietà del materiale indagato, permettendoci di definire il **modulo elastico  $E_d$**  e la **tensione di rottura**.



## ***LE INDAGINI SONICHE SULLA MURATURA***

Le cosiddette “***prove soniche***” rappresentano una interessante risposta alla caratterizzazione *rapida* e poco costosa di *porzioni di muratura di volume consistente*.

La misura della velocità di penetrazione di un’onda di frequenza medio-bassa all’interno della parete, effettuata adottando una griglia sufficientemente estesa (alcuni metri quadrati) di punti di emissione e punti di ricezione dell’onda, consente di realizzare una “**tomografia sonica**” della parete che **permette di ricavare informazioni preziose sulla densità media del materiale esaminato e sulla presenza di eventuali zone di densità bassa.**

Questa tecnica di indagine ha usualmente una utilità di **confronto** rivolta alla definizione di “**zone**” di murature tra loro **omogenee**.

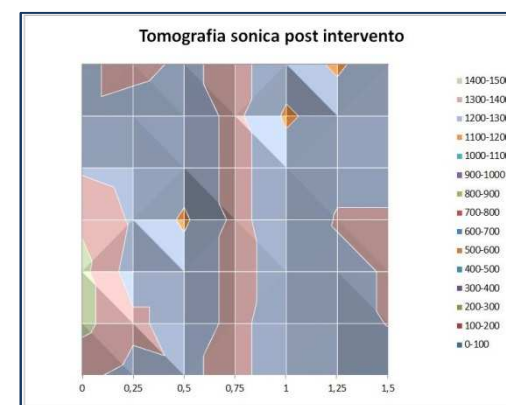
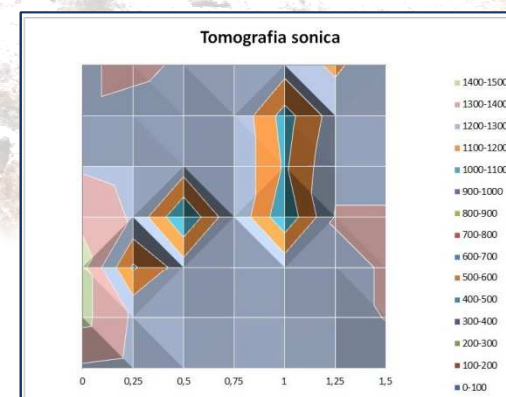


Le onde elastiche per indagini non distruttive su murature in pietra o mattoni, caratterizzate da elevata disomogeneità, sono generate con basse frequenze (da 3 a 20 KHz) mediante appositi trasduttori (ad esempio martelli strumentati).

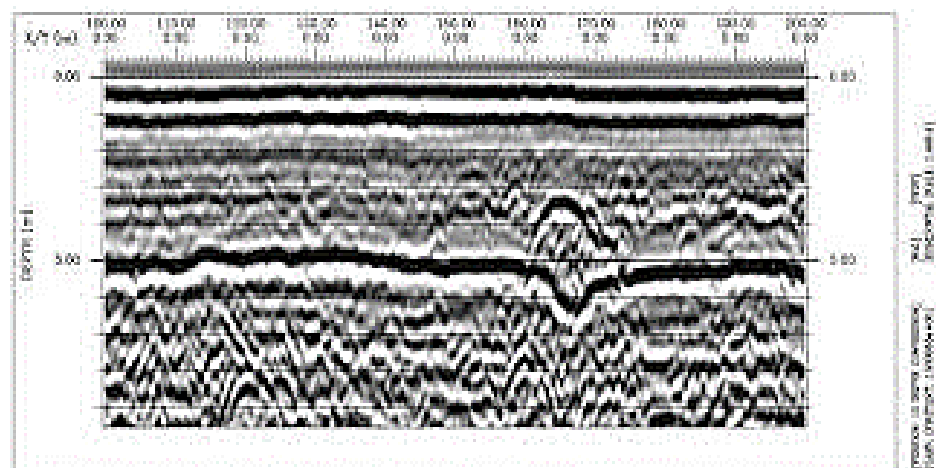
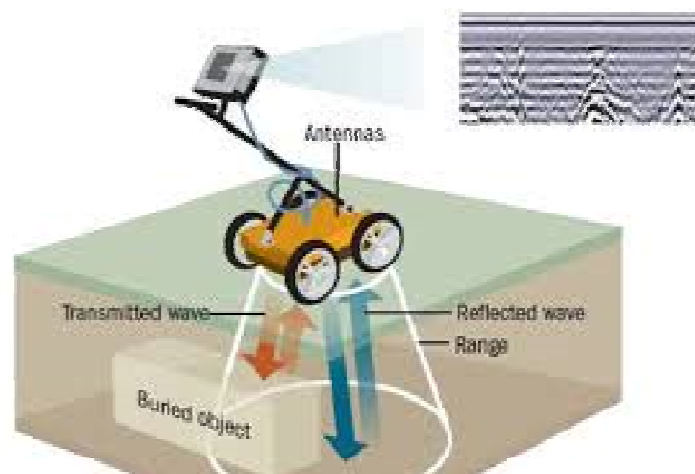
La velocità di trasmissione è minima attraverso l'aria.  
All'aumentare del livello di danneggiamento della muratura e quindi della presenza di fessure e vuoti la velocità misurata diminuisce rispetto alle zone compatte.

Le indagini soniche sono utilizzate nella diagnosi della muratura per:

- ☐ **qualificare la morfologia della sezione, individuando la presenza di vuoti o difetti o lesioni;**
- ☐ **controllare le caratteristiche della muratura dopo interventi di consolidamento (iniezioni di malte e resine o ristilature di giunti).**



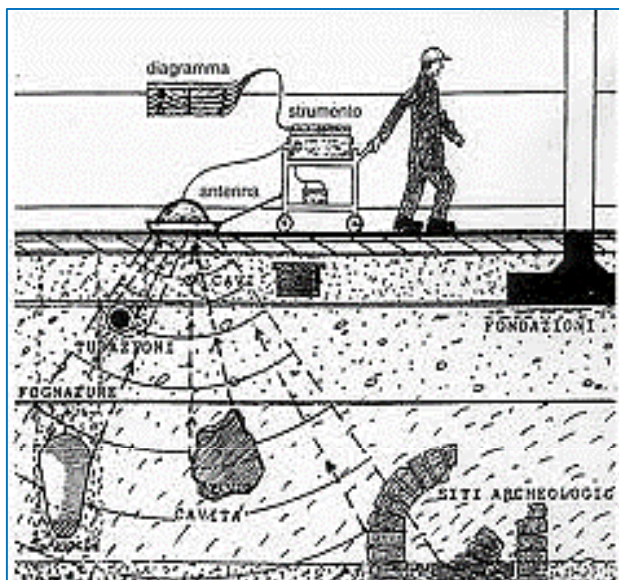
## GEORADAR



**Questa tecnica è basata sulla trasmissione di brevi impulsi di onde elettromagnetiche in radiofrequenza all'interno di un mezzo e sulla ricezione di echi riflessi da superfici aventi proprietà elettriche.**

Viene effettuata una scansione a brevi intervalli di tempo a mano a mano che l'antenna viene spostata, producendo un profilo continuo delle superfici elettriche presenti all'interno del mezzo.

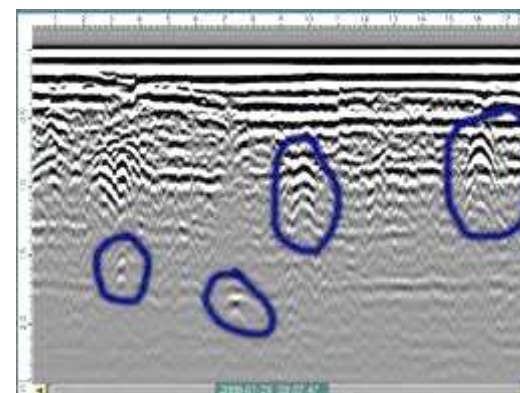
## GEORADAR



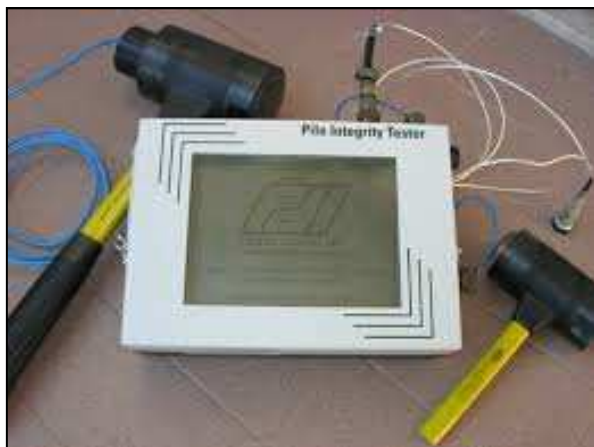
Trova applicazioni nel campo civile sia per indagare strutture in calcestruzzo armato che in muratura per :

- Ricerca di discontinuità, vuoti, variazioni di spessore;
- Ricerca di elementi metallici immersi in materiali differenti;
- Valutazioni degli spessori (murature a sacco);
- Rilievo della profondità di fondazioni

L'interpretazione dei dati richiede personale esperto e specializzato; l'interpretazione dei risultati richiede tempi maggiori rispetto all'acquisizione dei dati che al contrario è molto rapida.



## **PROVA DI INTEGRITÀ**



Prova di integrità o Low Strain Integrity Testing definisce il metodo di prova che analizza la risposta di un palo “incastrato” nel terreno che viene sottoposto ad una sollecitazione impulsiva di forza generata da un martello portatile o in rari casi da una vibrodina elettrodinamica.

Sono Tecniche che analizzano proprietà fisico meccaniche dell'elemento-sistema palo-terreno attraverso la misura di grandezze che non sono direttamente quelle legate alle prestazioni strutturali.

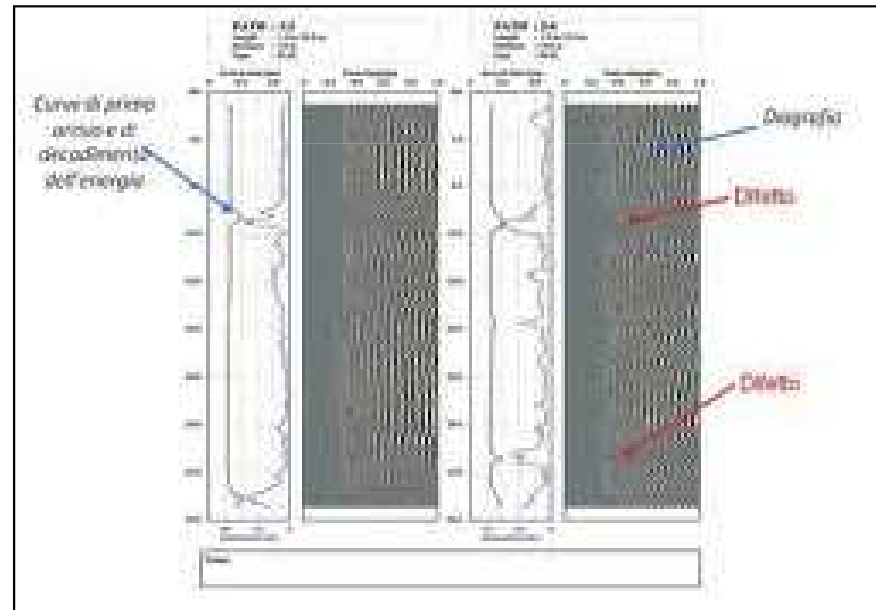
Generalmente sono misure di onde acustiche, meccaniche, elettriche.



## PROVA DI INTEGRITÀ

Queste tecniche indirette si dividono in:

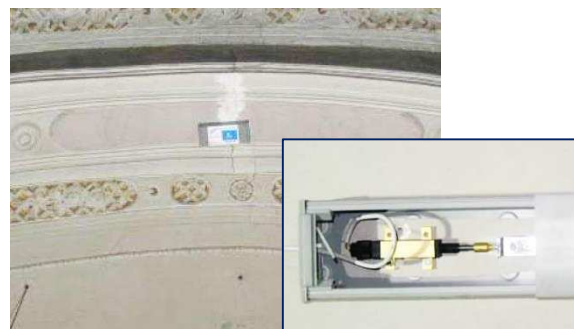
- ❖ **Interne**: Metodo che utilizza “condotti o canali” (fori) per inserimento di sistemi di misura che acquisiscono dati / misure sulla qualità del materiale – fondazione
- ❖ **Esterne** : Metodo che utilizza la parte superiore della fondazione per l’esecuzione della prova.  
Testa del Palo
- ❖ **Remote** : Sistemi utilizzati quando non è possibile o difficile l’accesso al palo diretto. Sistema di lettura di onde di riflessione o segnali magnetici – conduttivi.





## **MONITORAGGI DI TIPO STATICO E DINAMICO CONTROLLO DELLE VIBRAZIONI SULLE STRUTTURE**

**MONITORAGGIO DI QUADRI  
FESSURATIVI**



**MONITORAGGIO CON  
ACCELEROMETRI**



**CONTROLLO DELLE  
VIBRAZIONI SULLE  
STRUTTURE**





## **CONTROLLI SULLE STRUTTURE IN ACCIAIO DA CARPENTERIA**

**CONTROLLO DELLE  
SALDATURE**



**LIQUIDI PENETRANTI**



**CONTROLLI  
MAGNETOSCOPICI**



**INDAGINE ULTRASUONI**



**VERIFICHE DI  
SERRAGGIO DEI BULLONI**



**PROVE DUROMETRICHE**



**CONTROLLO DEGLI SPESSORI**

## **LA QUALIFICAZIONE DEL PERSONALE : PERCHÉ È IMPORTANTE?**

- L'importanza della **certificazione** e **qualificazione** del personale secondo standard europei, fondamentale risiede nella consapevolezza che:
  - **IL FATTORE UMANO** è responsabile del **95% del processo** e della **qualità dei risultati**.
  - Le Strumentazioni, per quanto siano tecnologicamente avanzate, hanno un ruolo ridotto.



Gli **ERRORI**, che personale non preparato può commettere, si ripercuotono irrimediabilmente sul risultato finale, correndo il rischio di avere una informazione errata e lontana dalla realtà con le conseguenze che ne derivano nel processo di verifica e valutazione della sicurezza strutturale.



## **QUALIFICAZIONE DEL PERSONALE SECONDO LA ISO 9712:2012**

- E' un processo essenziale in tutte le attività nella quali la preparazione, l'abilità, la capacità e l'esperienza dell'operatore assumono un ruolo ed un valore determinante per la qualità finale di una determinata operazione.
- La certificazione iniziale pertanto è finalizzata ad assicurare che una persona abbia adeguata conoscenza, esperienza e capacità per effettuare una determinata operazione.
- E' un processo che non si esaurisce con il rilascio del Certificato, ma è continuativo con verifiche e revisioni periodiche finalizzate ad assicurare che siano mantenuti ed aggiornati adeguati standard minimi di preparazione.



Corso di Addestramento presso un Centro Autorizzato riconosciuto



Durata del corso è in funzione del Metodo di Indagine selezionato e del Livello

L'addestramento si compone di Formazione teorica e Formazione pratica



Viene rilasciato un Attestato di Frequenza Riconosciuto dal Centro di Esame



## ESAME

Obiettivo dell' ESAME è di verificare le conoscenze tecnologiche acquisite dei materiali, delle norme, le capacità operative del candidato nell'utilizzo della strumentazione, la metodologia di interpretazione dei dati.

## LIVELLO 1

- a) regola l'apparecchiatura PND;
- b) esegue le prove;
- c) registra e classifica i risultati delle prove in relazione a criteri scritti;
- d) stende un resoconto dei risultati.

non deve essere responsabile della scelta del metodo, né della valutazione dei risultati della prova.

## **PERSONALE CERTIFICATO ISO 9712:2012**

## LIVELLO 2

- a) seleziona la tecnica PND per il metodo di prova da utilizzare;
- b) definisce i limiti di applicazione del metodo di prova;
- c) traduce le norme e le specifiche PND in istruzioni PND;
- d) regola e verifica le regolazioni delle apparecchiature;
- e) esegue e sovrintende a prove;
- f) interpreta e valuta i risultati in conformità alle norme, ai codici o alle specifiche applicabili;
- g) preparare istruzioni PND scritte;

## LIVELLO 3

- a) assumersi la piena responsabilità di un laboratorio di prova o di un centro di esame e del relativo personale;
- b) stabilire e convalidare istruzioni e procedure PND;
- c) interpretare norme, codici, specifiche e procedure;
- d) stabilire i particolari metodi di prova, le procedure e le istruzioni PND da utilizzare



## **REQUISITI PER L'AMMISSIONE ALL'ESAME**

- In relazione al livello (1-2-3) per il quale chiede di essere ammesso a sostenere l'esame, il candidato deve dimostrare di possedere i requisiti minimi di:
  - **addestramento** (in ore, sotto la responsabilità di un livello 3);
  - **esperienza** (espressa in mesi e documentata);
  - **idoneità fisica** (capacità visiva certificata)
- in conformità alla norma **UNI EN 473:2001 – ISO 9712:2012**
- ***“Prove non distruttive - Qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive – Principi generali.”***

## ***PERIODO DI VALIDITA' DELLA CERTIFICAZIONE***

- Il periodo di *validità della certificazione*: **5 Anni**
- Il prolungamento di *validità* della certificazione: **5 Anni**
  - *(previa verifica della capacità visiva e attività svolta in modo continuativo senza significative interruzioni)*
- Alla scadenza del secondo periodo di validità della certificazione iniziale: **la *Certificazione deve essere rinnovata***

## **CAMPI DI APPLICAZIONE DELLA CERTIFICAZIONE**

<b>Campi di Applicazione</b>	
A	Prove non Distruttive
B	Prove Con Martinetti Piatti
C	Prove di Carico

<b>Prove Non distruttive - A</b>	
Ultrasonore	Del Potenziale di Corrosione
Sonore	Di Estrazione
Sclerometriche	Delle Tensioni Residue
Magnetometriche	Di Penetrazione
Chimiche in sito	Monitoraggi Strutturali dei Quadri Fessurativi
Di Permiabilità	Esame Visivo delle Opere
Termografia	Georadar

## **ESPERIENZA ACQUISITA (mesi)**

METODO	Livello 1	Livello 2	Livello 3
Ultrasonore	3	9	36
Sonore	3	9	36
Sclerometriche	1	2	24
Magnetometriche	1	2	24
Chimica in sito	1	2	24
Di permeabilità	1	2	24
Del potenziale di corrosione delle armature	1	2	24
Di estrazione	1	2	24
Delle tensioni residue	3	9	24
Di penetrazione	1	2	24
Monitoraggi	3	9	36
Esame visivo delle opere	3	9	36
Georadar	3	9	36
Termografia	3	9	24
Prove con martinetti piatti	3	9	36
Prove di carico	3	12	36





*Alla luce di quanto fin qui esposto, benchè **la certificazione (in ambito civile) non risulti cogente nel nostro sistema normativo, la necessità che l'operatore che esegue controlli non distruttivi sia qualificato e certificato assicura:***



**una CORRETTA ESECUZIONE  
della prova secondo  
PROCEDURE NORMALIZZATE**

**una GARANZIA per il  
COMMITTENTE della  
prova.**



*Vulnerabilità sismica degli edifici esistenti:  
Procedure di gestione e tecniche di indagine non invasive*

Cuneo, 25 Settembre 2015

# Grazie per l'attenzione

**ING. ROCCO FERRINI**

Tecnico certificato PND ISO 9712:2012

Settore civile / industriale

Info: [info@ferrinidep.it](mailto:info@ferrinidep.it) web: [www.ferrinidep.it](http://www.ferrinidep.it)

*Con la collaborazione di:*



*Con il patrocinio di:*

