



Commessa:

**PR-E-1087 Lavori urgenti di messa in sicurezza  
della briglia selettiva a funzione del manufatto limitatore  
della cassa di espansione di monte del torrente Enza  
CUP B77H22000180001**



**PROGETTO ESECUTIVO - 1° STRALCIO  
GEOLOGIA E GEOTECNICA**

**REPORT DELLE CAMPAGNE  
DI INDAGINI DIAGNOSTICHE**

Scala: -

**2022-1087-PR-GEO3**

Tav.

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	14.11.2022	Emissione	RR	RR	RR

I PROGETTI



*Monica Larocca* IL RUP  
Dott. Ing. Monica Larocca

Tutti i diritti sono riservati a norma di legge.

Di questo elaborato è vietata la riproduzione e la cessione a terzi senza esplicita autorizzazione

## 1 PREMESSA

L'elaborato riepiloga la campagna di indagini diagnostiche di caratterizzazione delle prestazioni meccaniche dei materiali costitutivi gli elementi strutturali del manufatto di dissipazione idraulica esistente commissionate dalla SA nelle annualità 2019-2020

I dati acquisiti sono quindi serviti da supporto, in sede di progettazione esecutiva-definitiva, per la valutazione della sicurezza e vulnerabilità sismica della traversa di dissipazione di monte.

Tali attività sono rese necessarie dalla preferenza progettuale, già espressa dalla SA, di conservazione dei manufatti esistenti.

In ragione di ciò, le analisi strutturali di valutazione della sicurezza statica e vulnerabilità sismica della struttura esistente considereranno la infrastruttura idraulica esistente caratterizzata da una classe d'uso III (*"Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso..."*) come pure valuteranno il possibile declassamento ad una classe d'uso II (*"Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti"*)

La scelta di conservazione dei manufatti esistenti consente di garantire, durante le fasi di messa in sicurezza ripristino della infrastruttura idraulica, la funzionalità del presidio di sicurezza idraulica.

Nell'ambito del livello di progettazione definitiva-esecutiva si è quindi inclusa la Valutazione della Sicurezza e Vulnerabilità Sismica della traversa dissipativa esistente con le elaborazioni prodotte in Doc. 2022-1087-PR-STR3, a cui si rimanda.

Nei paragrafi seguenti verranno pertanto riepilogate le indagini sui materiali e sulle strutture effettuate tra le annualità 2019-2020.

## 2 INDAGINI SUL MANUFATTO ESISTENTE

### 2.1 CAMPAGNA DI INDAGINI 2019

Le prove effettuate nel 2019 sulla traversa dissipativa di monte consistettero in :

- ⇒ Estrazione di 15 carote di cls con verifica della loro resistenza a compressione e controllo dello spessore di carbonatazione;
- ⇒ Estrazione di 3 barre di armatura con verifica della sua resistenza a trazione (e relativo allungamento);
- ⇒ N.5 Pacometrie con verifica della disposizione delle barre d'armatura
- ⇒ N.3 saggi con escavatore di controllo delle strutture di fondazione

N° Id. Carota	Opera	Dettagli	Carbonatazione (mm)
C1	Traversa di monte	Dente	8
C2	Traversa di monte	Spalla dx	16
C3	Traversa di monte	Spalla dx	14
C4	Traversa di monte	Spalla dx	18
C5	Traversa di monte	Protezione dx	8
C6	Traversa di monte	Protezione sx	8
C7	Traversa di monte	Spalla sx	12
C8	Traversa di monte	Spalla sx	16
C9	Traversa di monte	Spalla sx	10
C23	Traversa di monte	Fondazione	5
C30	Traversa di monte	Fondazione	6
C31	Traversa di monte	Fondazione	5
C55	Traversa di monte	Fondazione	8
C56	Traversa di monte	Fondazione	10
C57	Traversa di monte	Fondazione	10

**Figura 1: Elenco dei prelievi di campioni di cls mediante carotaggio eseguiti sulla traversa di monte**

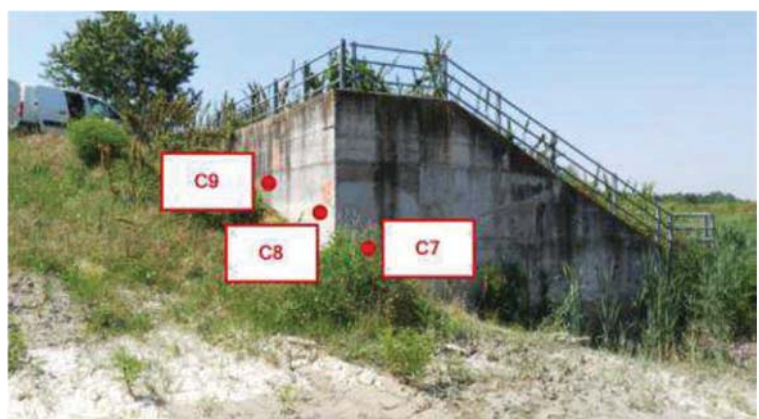




*Figura 2: Ubicazione Carotaggi*



*Figura 3: Ubicazione carotaggi*



*Figura 4: Ubicazione carotaggi*



*Figura 5: Ubicazione carotaggi*

N° Id. Barra	Opera	Dettagli	Diametro misurato (mm)
F1	Traversa di monte	Fondazione	12
F2	Traversa di monte	Fondazione	14
F3	Traversa di monte	Fondazione	20

**Figura 6: Elenco dei prelievi di barre d'armatura**



**Figura 7: Saggio in fondazione sponda destra**



**Figura 8: Saggio in fondazione sponda destra**





*Figura 9: Saggio in fondazione sponda sinistra*



*Figura 10: Saggio in fondazione sponda sinistra*

N° Id. Barra	Diametro	Sez. Effettiva	Fy (MPa)	Ft (MPa)	Agt(%)	Data
F1	12	113	527.2	639.5	11.8	18/06/19
F2	14	153.9	504.1	592.9	12.8	18/06/19
F3	20	314	454.5	668.4	13.4	18/06/19

*Figura 11: Esiti delle prove di trazione delle barre d'armatura – campionamento 2019*

Denominazione: PACOMETRIA P1

Ubicazione prova: Traversa di Monte - Fondazione (Spalla destra, al di sotto del carotaggio C2)

Area indagata: 80cm (altezza) - 120cm (larghezza)

Tipologia scansione: Verticale

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 12/14 - passo 220/260 mm - - copriferro 35/38 mm	Rilevate 3 staffe Ø 12/14 - passo 200/240 mm - copriferro 32/35 mm

*Figura 12: Pacometria sp.dx , carotaggio C2*

Denominazione: PACOMETRIA P2

Ubicazione prova: Traversa di Monte - Fondazione (Spalla sinistra, al di sotto del carotaggio C7)

Area indagata: 100cm (altezza) - 100cm (larghezza)

Tipologia scansione: Verticale

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 12/14 - passo 240/260 mm - - copriferro 45/50 mm	Rilevate 4 staffe Ø 12/14 - passo 230/250 mm - copriferro 38/45 mm

*Figura 13: Pacometria sp.sx , carotaggio C7*

Denominazione: PACOMETRIA P3

Ubicazione prova: Traversa di Monte - Fondazione (in corrispondenza dei carotaggi eseguiti in fondazione - paramento verticale)

Area indagata: 90cm (altezza) - 140cm (larghezza)

Tipologia scansione: Verticale

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 5 correnti Ø 20/22 - passo 210/240 mm - - copriferro 50/55 mm	Rilevate 3 staffe Ø 14/16 - passo 200/220 mm - copriferro 40/48 mm

*Figura 14: Pacometria fondazione*

Denominazione: PACOMETRIA P4

Ubicazione prova: Traversa di Monte - Fondazione (in corrispondenza dei carotaggi eseguiti in fondazione - paramento orizzontale)

Area indagata: 80cm (altezza) - 140cm (larghezza)

Tipologia scansione: Orizzontale

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 20/22 - passo 200/220 mm - - copriferro medio 70/75 mm	Rilevate 3 staffe Ø 18/20 - passo 200/220 mm - copriferro medio 80/90 mm

Note: il copriferro in alcuni punti risulta essere circa 120/130 mm

*Figura 15: Pacometria fondazione*

Denominazione: PACOMETRIA P5

Ubicazione prova: Traversa di Monte - Protezione (in corrispondenza del carotaggio C5)

Area indagata: 150cm (altezza) - 100cm (larghezza)

Tipologia scansione: Diagonale (seguendo il profilo della protezione)

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 5 correnti Ø 8/10 - passo 180/200 mm - - copriferro 70/80 mm	Rilevate 7 staffe Ø 8/10 - passo 180/200 mm - copriferro 70/80 mm

Note: il copriferro in alcuni punti risulta essere maggiore di 180 mm

*Figura 16: Pacometria presso carotaggio C5*

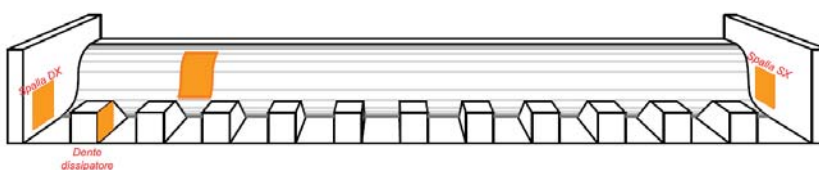


## 2.2 CAMPAGNA DI INDAGINI 2020

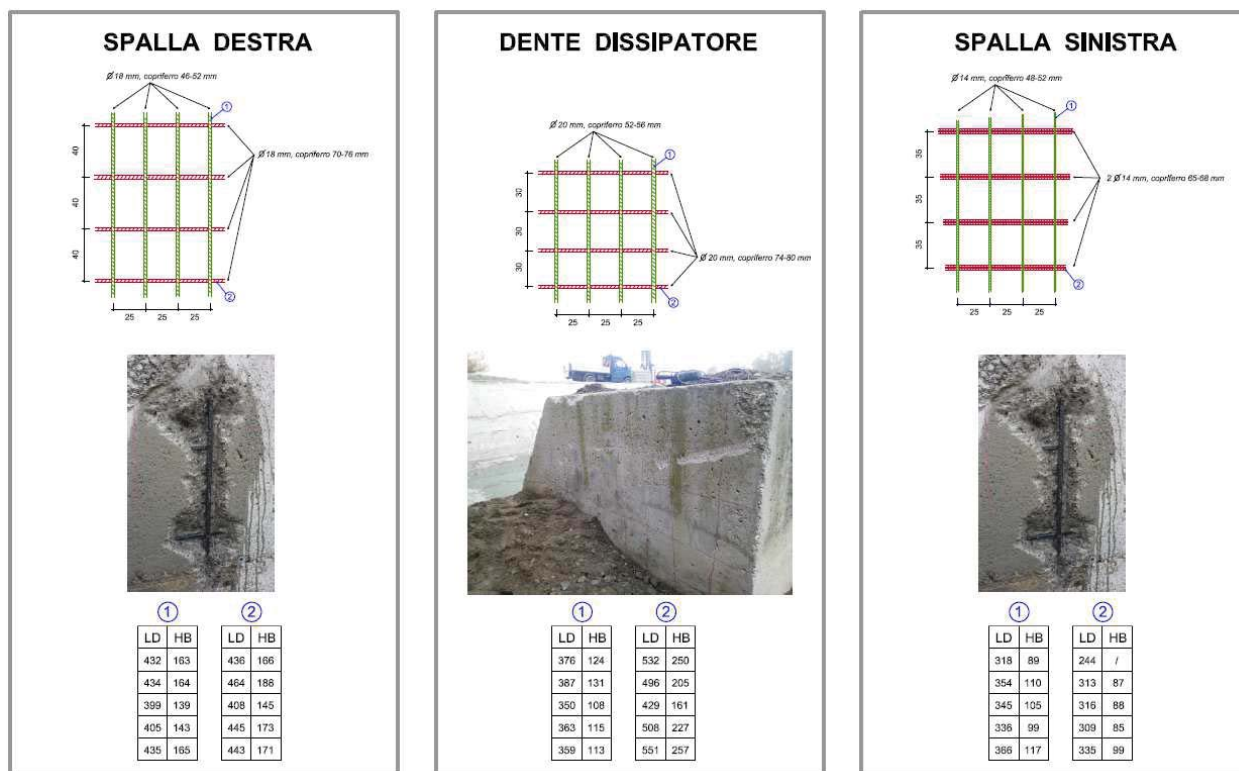
Le indagini condotte nell'anno 2020 dalla Ditta Subsoil s.r.l., commissionate nell'ambito dei "Lavori di somma urgenza per l'esecuzione delle indagini strutturali geologiche e geotecniche per la valutazione del grado di sicurezza della traversa e del manufatto dissipatore di monte della cassa del torrente Enza", sono state focalizzate sulla identificazione e caratterizzazione delle armature del manufatto di dissipazione, secondo il piano di indagini prodotto in figura seguente e composto da:

- N.6 Prove Pacometriche;
- N.1 Prova Georadar;
- N.3 Prelievi di ferri;
- N.6 Prove di Durezza Brinnel.

LAVORAZIONI		TdM			
		Spalla DX	Spalla SX	Dente dissipatore	Schivo
Pacometro e demolizione per verifica ferri	mc	2	2	2	
Verifica ferri con Georadar	n.				1
Demolizione per verifica ferri	n.				
Prelievo ferri per prova di trazione	n.	1	1	1	
Prova di durezza Brinnel con Microdurometro	n.	2	2	2	
Prove sclerometriche	n.				
Prove di estrazione Pull-Out	n.				
Misurazione velocità onde ultrasoniche	n.				
Endoscopiche sugli appoggi	n.				
HVSR	n.				



**Figura 17: Piano delle indagini effettuate nel 2020**



**Figura 18: Ubicazione dei prelievi di barre (maglia  $\phi 18$  sp.dx, maglia  $\phi 20$  dente, maglia  $\phi 14$  sp.sx)**

N° Id. Barra	Diametro	Sez. Effettiva	Fy (MPa)	Ft (MPa)	Agt(%)	Data
F9 - dente	20	314	656.0	748.1	11.9	17/03/20
F10 – sp dx	18	254,3	537.5	649.0	12.2	17/03/20
F11 – sp sx	12	113	556.3	673.1	13.1	17/03/20

**Figura 19: Esiti delle prove di trazione delle barre d'armatura – campionamento 2020**

Preso atto:

- Delle dimensioni della struttura oggetto di analisi (165ml di sviluppo trasversale per circa 12ml di sviluppo longitudinale e complessivi 2000mq di superficie);
- Della acquisizione degli elaborati progettuali del manufatto idraulico
- Delle prescrizioni normative relative ai requisiti minimi della campagna di indagini diagnostiche di caratterizzazione de materiali degli edifici esistenti nell'ambito di un livello di conoscenza LC3 (Circ. n.7 2019 – tabb.C8.5.IV e C8.5.V);
- Della nota esplicativa di tab. C8.5.V relativa al controllo del raggiungimento di elementi indagati in strutture ripetitive che consentano di estendere ad una più ampia percentuale i controlli effettuati su alcuni elementi strutturali facenti parte di una serie con evidenti caratteristiche di ripetibilità per geometria e ruolo nello schema strutturale;
- Della nota esplicativa di tab. C8.5.V in cui si precisa che il numero totale di provini può essere variato in aumento o diminuzione in relazione alle caratteristiche di omogeneità del materiale

**Tabella C8.5.IV – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza, per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio**

Livello di conoscenza	Geometrie (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC (*)
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione; in alternativa rilievo completo ex-novo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>indagini limitate</i> in situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>prove limitate</i> in situ	Analisi lineare statica o dinamica	1,35
LC2		Elaborati progettuali incompleti con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini estese</i> in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali, con <i>prove limitate</i> in situ; in alternativa da <i>prove estese</i> in situ	Tutti	1,20
LC3		Elaborati progettuali completi con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini esaustive</i> in situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con <i>prove estese</i> in situ; in alternativa da <i>prove esaustive</i> in situ	Tutti	1,00

(\*) A meno delle ulteriori precisazioni già fornite nel § C8.5.4.

**Figura 20: Circolare CSLLPP n.7 del 21/01/19 – Tab. C8.5.IV**
**Tabella C8.5.V – Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prova per edifici di c.a.**

Livello di Indagini e Prove	Rilievo(dei dettagli costruttivi) <sup>(a)</sup>	Prove (sui materiali) <sup>(b)(c)(d)</sup>
	Per ogni elemento "primario" (trave, pilastro)	
<i>limitato</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m <sup>2</sup> di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio
<i>esteso</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls. per 300 m <sup>2</sup> di piano dell'edificio, 2 campioni di armatura per piano dell'edificio
<i>esaustivo</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls. per 300 m <sup>2</sup> di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

**Figura 21: Circolare CSLLPP n.7 del 21/01/19 – Tab. C8.5.V**

Si considerano i dati acquisiti dalle indagini diagnostiche sui materiali (cls ed acciaio) dell'opera di dissipazione di monte propri di un livello di conoscenza LC3. Le diaframature di fondazione invece, in quanto non indagate, verranno valutate nell'ambito di un livello di conoscenza LC1 (pur disponendo anche per queste ultime degli elaborati contabili as-built e di progettazione esecutiva).



### **3 ALLEGATI**

#### CAMPAGNA DI INDAGINI 2019

- Report indagini diagnostiche – n°349-2019 a firma dello Studio MM s.r.l.
- Certificati di prova su calcestruzzi 534B/19, 535B/19, 536B/19, 537B/19, 538B/19, 539B/19 emessi dal Laboratorio Geotecnologico Mantovano s.r.l. in data 20.06.2019;

#### CAMPAGNA DI INDAGINI 2020

- Verbale delle indagini strutturali – con rendicontazione delle indagini effettuate da Subsoil s.r.l. in marzo 2020;
- Elaborato grafico STR1 con ubicazione delle indagini effettuate nell'anno 2020
- Elaborato grafico STR7a con rappresentazione delle prove sulle armature della traversa
- Elaborato grafico STR7b con rappresentazione della indagine georadar effettuata sulla traversa
- Certificato di prova sugli acciai per c.a. n.243B/20 emesso dal Laboratorio Geotecnologico Mantovano s.r.l. in data 17.03.2020;

# **REPORT INDAGINI DIAGNOSTICHE**



## **LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA** **MANUFATTI CASSE D'ESPANSIONE TORRENTE** **ENZA FASE 1**

**CUP B72H19000150002 - CIG Z2B2876461**

Ingresso n° 349-2019





## SOMMARIO

<b>A. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>B. CAROTAGGI .....</b>	<b>7</b>
B.1 METODOLOGIA DELLA PROVA .....	7
B.1.1 DETERMINAZIONE DELLA CONSISTENZA DEL CALCESTRUZZO .....	7
B.1.2 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA .....	7
B.2 RESOCONTO INDAGINI .....	8
<b>C. PRELIEVO FERRI DI ARMATURA .....</b>	<b>31</b>
<b>D. INDAGINE PACOMETRICA .....</b>	<b>34</b>
D.1 METODOLOGIA DELLA PROVA .....	34
D.2 RESOCONTO INDAGINI .....	37
<b>E. CARBONTEST .....</b>	<b>45</b>
E.1 METODOLOGIA DELLA PROVA .....	45
E.2 RESOCONTO INDAGINI .....	49
<b>F. INDAGINI VISIVE TRAVI C.A.P. ....</b>	<b>57</b>
<b>G. SAGGI CON ESCAVATORE .....</b>	<b>60</b>
<b>H. ANALISI CHIMICA DELLE ACQUE .....</b>	<b>68</b>

## A. PREMESSA

Durante il mese di Giugno 2019, nell'ambito dei lavori di manutenzione straordinaria dei manufatti casse di espansione torrente Enza, è stata condotta una campagna di prove strumentali e di laboratorio.

Le indagini hanno riguardato la Traversa di Monte, il Manufatto limitatore di Monte e il Manufatto limitatore di Valle.

Le indagini sono state eseguite nei punti indicati dallo strutturista Ing. Luigi D'Antonio e secondo le modalità concordate.

Le prove eseguite sono:

- N° 57 Prelievi di carote da sottoporre a prova di compressione
- N° 57 Prove di carbonatazione su carote prelevate
- N° 9 Prelievi di spezzoni di barre di armatura da sottoporre a prova di trazione
- N° 18 Indagini pacometriche
- N° 9 Carbontest su travi C.A.P.
- N° 3 Indagini visive su travi C.A.P.
- N° 10 Saggi conoscitivi mediante escavatore
- N° 2 Analisi chimica delle acque



**Foto 01.** Manufatti oggetto di indagine





**Foto 02.** Vista aerea satellitare Traversa di Monte



**Foto 03.** Traversa di Monte



**Foto 04.** Traversa di Monte



**Foto 05.** Vista aerea satellitare Manufatto limitatore di Monte



**Foto 06.** Manufatto limitatore di Monte





*Foto 07. Vista aerea satellitare Manufatto limitatore di Valle*



*Foto 08. Manufatto limitatore di Valle*

## **B. CAROTAGGI**

### **B.1 METODOLOGIA DELLA PROVA**

#### **B.1.1 DETERMINAZIONE DELLA CONSISTENZA DEL CALCESTRUZZO**

È stata determinata la resistenza a compressione dei provini cilindrici di alcuni elementi in calcestruzzo prelevati in opera tramite carotaggio. La determinazione della resistenza a compressione è stata determinata secondo UNI EN 12390/3.

#### **B.1.2 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA**

La strumentazione di estrazione consiste in una carotatrice portatile montata su un supporto. Il diametro scelto per il foro è di 100 mm. I provini sono stati preventivamente sottoposti a rettifica meccanica con mola diamantata prima dell'esecuzione della prova a compressione. La resistenza a compressione è stata determinata utilizzando la pressa idraulica motorizzata "CONTROLS" da 3000 KN mod. C50/51.



**Foto 09. Carotatrice portatile**



## B.2 RESOCONTO INDAGINI

Vengono di seguito riportato l'elenco delle carote prelevate con relativa carbonatazione.

NUMERO IDENTIFICATIVO CAROTA	OPERA	DETTAGLI	CARBONATAZIONE MISURATA (mm)
C1	Traversa di Monte	Dente	8
C2	Traversa di Monte	Spalla destra	16
C3	Traversa di Monte	Spalla destra	14
C4	Traversa di Monte	Spalla destra	18
C5	Traversa di Monte	Protezione (destra)	8
C6	Traversa di Monte	Protezione (sinistra)	8
C7	Traversa di Monte	Spalla sinistra	12
C8	Traversa di Monte	Spalla sinistra	16
C9	Traversa di Monte	Spalla sinistra	10
C10	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - spalla destra	22
C11	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - spalla destra	20
C12	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - spalla destra	20
C13	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - spalla sinistra	16
C14	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - spalla sinistra	18
C15	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - spalla sinistra	20
C16	Manufatto limitatore di monte	sfioro di ingresso cassa - protezione	20
C17	Manufatto limitatore di monte	sfioro di ingresso cassa - pila	18
C18	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - protezione	4
C19	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - trave laminatrice	10
C20	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - trave laminatrice	12
C21	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - trave laminatrice	10
C22	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - pile	26
C23	Traversa di Monte	Fondazione	5
C24	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - pile	16
C25	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - impalcato - soletta	10
C26	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - impalcato - soletta	10
C27	Manufatto limitatore di monte	sfioro di ingresso cassa - impalcato - soletta	12
C28	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - spalla (sinistra)	38
C29	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - spalla (sinistra)	40
C30	Traversa di Monte	Fondazione	6
C31	Traversa di Monte	Fondazione	5
C32	Manufatto limitatore di monte	Sfioro troppo pieno - protezione	14
C33	Manufatto limitatore di monte	Sfioro troppo pieno - fondazione	8
C34	Manufatto limitatore di monte	Sfioro troppo pieno - fondazione	8
C35	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - spalla (sinistra)	35





**Studio MM S.r.l.**

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

C36	Manufatto limitatore di valle	Sfioro troppo pieno - fondazione	6
C37	Manufatto limitatore di valle	Sfioro troppo pieno - fondazione	8
C38	Manufatto limitatore di valle	Sfioro troppo pieno - protezione	22
C39	Manufatto limitatore di valle	sfioro ingresso cassa - protezione	18
C40	Manufatto limitatore di valle	sfioro ingresso cassa - fondazione	12
C41	Manufatto limitatore di valle	sfioro ingresso cassa - fondazione	12
C42	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - fondazione	8
C43	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - fondazione	10
C44	Manufatto limitatore di valle	sfioro ingresso cassa - protezione	8
C45	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - trave laminatrice	14
C46	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - trave laminatrice	20
C47	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - trave laminatrice	22
C48	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - spalla (destra)	40
C49	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - spalla (destra)	36
C50	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - spalla (destra)	34
C51	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - fondazione	18
C52	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - fondazione	20
C53	Manufatto limitatore di monte	sfioro ingresso cassa - fondazione	10
C54	Manufatto limitatore di monte	sfioro ingresso cassa - fondazione	8
C55	Traversa di Monte	Fondazione	8
C56	Traversa di Monte	Fondazione	10
C57	Traversa di Monte	Fondazione	10



Traversa di Monte  
Manufatto limitatore di Monte  
Manufatto limitatore di Valle

**Figura 01. Tabella riassuntiva carotaggi**

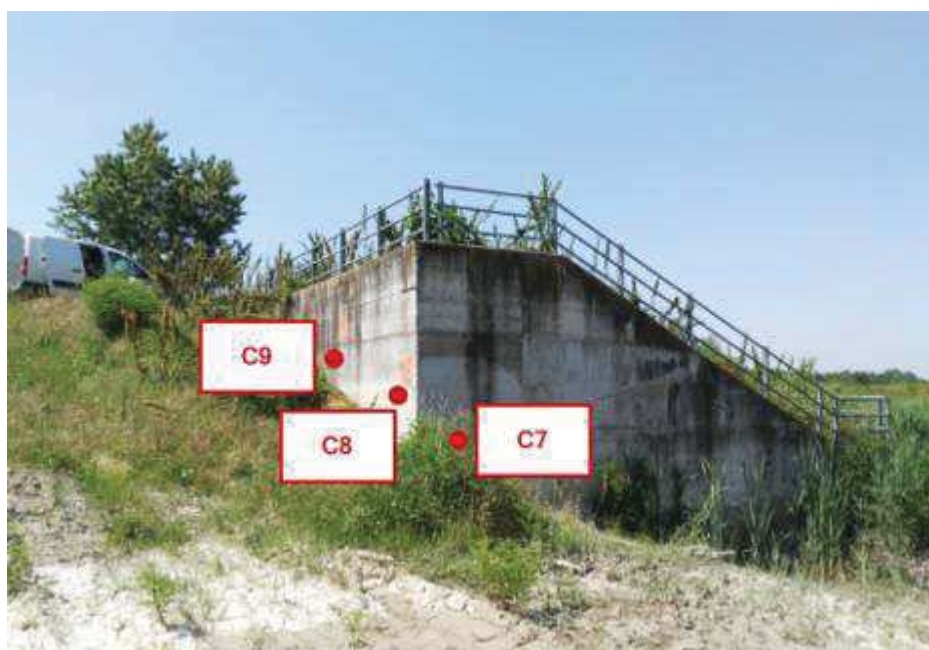
Vengono di seguito riportate le foto dei manufatti con l'ubicazione dei carotaggi.



**Foto 10.** Traversa di Monte. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote



**Foto 11.** Traversa di Monte. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote



**Foto 12.** *Traversa di Monte. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote*



**Foto 13.** *Traversa di Monte. Esecuzione prelievi carote in fondazione*





**Foto 14.** Manufatto limitatore di Monte. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote



**Foto 15.** Manufatto limitatore di Monte. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote



**Foto 16.** Manufatto limitatore di Monte. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote

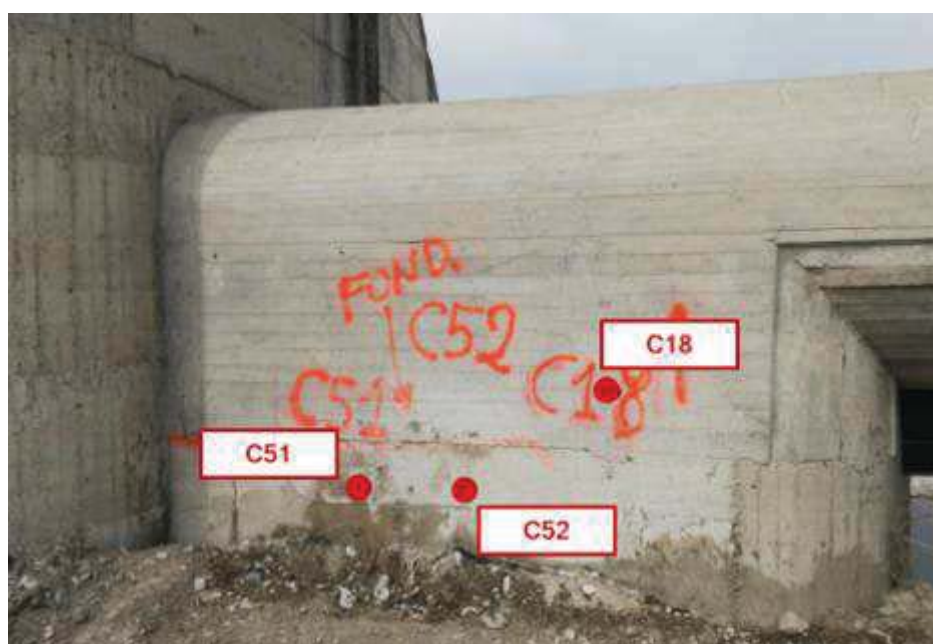


**Foto 17.** Manufatto limitatore di Monte. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote





**Foto 18.** Manufatto limitatore di Monte. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote



**Foto 19.** Manufatto limitatore di Monte. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote

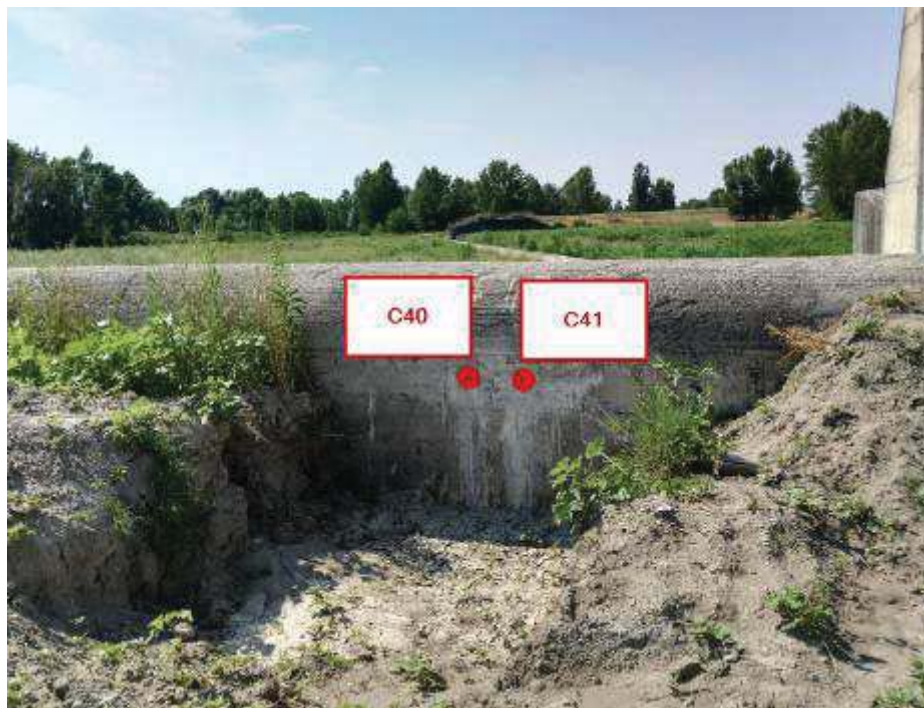




**Foto 20.** Manufatto limitatore di Monte. Esecuzione prelievi carote in fondazione



**Foto 21.** Manufatto limitatore di Valle. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote



**Foto 22.** Manufatto limitatore di Valle. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote



**Foto 23.** Manufatto limitatore di Valle. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote



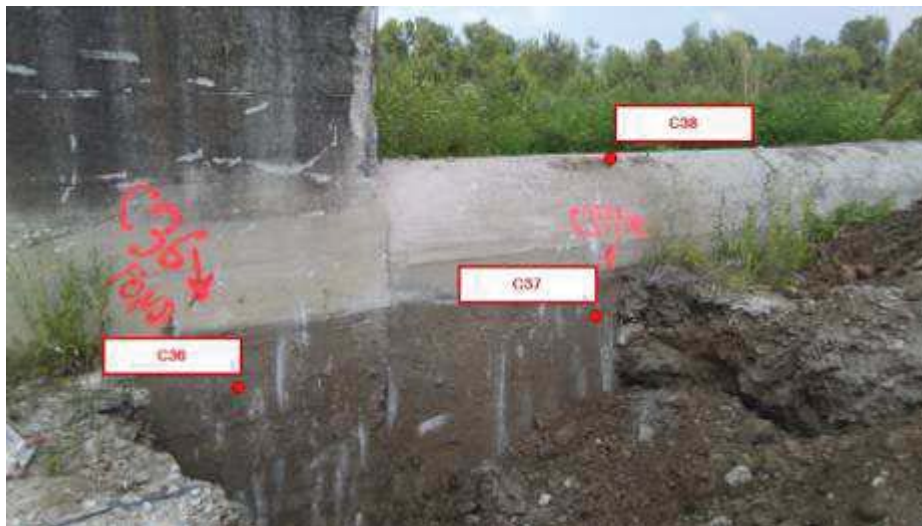


**Foto 24.** Manufatto limitatore di Valle. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote



**Foto 25.** Manufatto limitatore di Valle. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote

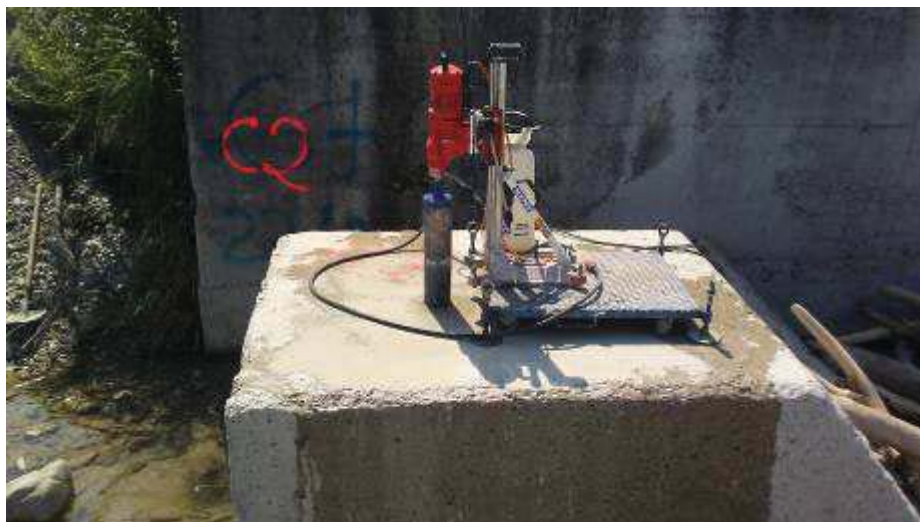




**Foto 26.** Manufatto limitatore di Valle. Evidenziati in rosso i prelievi delle carote



**Foto 27.** Manufatto limitatore di Monte. Sfioro troppo pieno. Esecuzione carotaggi in fondazione



**Foto 28.** *Traversa di Monte. Esecuzione carotaggi*



**Foto 29.** *Traversa di Monte. Esecuzione carotaggi spalla destra*





**Foto 30.** *Traversa di Monte. Esecuzione carotaggi protezione*



**Foto 31.** *Manufatto limitatore di Monte. Esecuzione carotaggi spalla sinistra*





**Foto 32.** *Manufatto limitatore di Monte. Esecuzione carotaggi sull'impalcato*



**Foto 33.** *Manufatto limitatore di Monte. Esecuzione carotaggi su pile*



**Foto 34.** *Manufatto limitatore di Monte. Fase di ripristino fori*

La tabella di seguito riportata è un estratto dei risultati di prova. Il report completo viene allegato (**ALLEGATO 1**).



RISULTATI DELLE PROVE								
N	Contrassegno provini	Dimensioni diametro x altezza (mm)		Rapp. H/Ø	Massa Volumica (Kg/m <sup>3</sup> )	Resistenza Max. Unit. (Mpa)* $f_c$	Data di prelievo	Data prova
1	C1-Traversa di monte - Dente dissipatore	102	x 101	0,99	2183	31,6	04/06/2018	17/06/2019
2	C2- Traversa di monte - Spalla destra	102	x 103	1,01	2232	49,0	04/06/2018	17/06/2019
3	C3- Traversa di monte - Spalla destra	102	x 102	1,00	2250	44,7	04/06/2018	17/06/2019
4	C4- Traversa di monte - Spalla destra	102	x 103	1,01	2242	46,0	04/06/2018	17/06/2019
5	C5 - Traversa di monte - Protezione (Lato destro)	102	x 102	1,00	2235	40,2	04/06/2018	17/06/2019
6	C6 - Traversa di monte - Protezione (Lato sinistro)	102	x 105	1,03	2240	45,0	05/06/2018	17/06/2019
7	C7 Traversa di monte - Spalla sinistra	102	x 103	1,01	2311	61,9	05/06/2018	17/06/2019
8	C8 Traversa di monte - Spalla sinistra	102	x 103	1,01	2315	53,8	05/06/2018	17/06/2019
9	C9 Traversa di monte - Spalla sinistra	102	x 102	1,00	2252	52,4	05/06/2018	17/06/2019
10	C10 -Limitatore di monte - Spalla manufatto in alveo	102	x 102	1,00	2260	33,4	06/06/2018	17/06/2019
11	C11 -Limitatore di monte - Spalla manufatto in alveo	102	x 104	1,02	2215	28,2	06/06/2018	17/06/2019
12	C12 -Limitatore di monte - Spalla manufatto in alveo	102	x 103	1,01	2224	31,1	06/06/2018	17/06/2019

**Figura 02a.** Tabella riassuntiva resistenza a compressione provini





RISULTATI DELLE PROVE									
N	Contrassegno provini	Dimensioni diametro x altezza (mm)			Rapp. H/Ø	Massa Volumica (Kg/m <sup>3</sup> )	Resistenza Max. Unit. (Mpa)* $f_c$	Data di prelievo	Data prova
13	C13 Limitatore di monte - Spalla sfioro ingresso cassa	102	x	103	1,01	2260	38,6	06/06/2018	17/06/2019
14	C14 Limitatore di monte - Spalla sfioro ingresso cassa	102	x	104	1,02	2225	36,6	06/06/2018	17/06/2019
15	C15 Limitatore di monte - Spalla sfioro ingresso cassa	102	x	101	0,99	2300	49,3	06/06/2018	17/06/2019
16	C16 Limitatore di monte - Protezione sfioro ingresso cassa	102	x	103	1,01	2305	68,0	06/06/2018	17/06/2019
17	C17 Limitatore di monte - Pila sfioro ingresso cassa	102	x	104	1,02	2218	31,1	07/06/2018	17/06/2019
18	C18 Limitatore di monte - Protezione manufatto in alveo	102	x	100	0,98	2313	61,7	07/06/2018	17/06/2019
19	C22 Limitatore di monte - Pila centrale manufatto in alveo	102	x	104	1,02	2138	28,8	07/06/2018	17/06/2019

**Figura 02b.** Tabella riassuntiva resistenza a compressione provini



RISULTATI DELLE PROVE							
N	Contrassegno provini	Dimensioni diametro x altezza (mm)	Rapp. H/Ø	Massa Volumica (Kg/m <sup>3</sup> )	Resistenza Max. Unit. (Mpa)* f <sub>c</sub>	Data di prelievo	Data prova
1	C19-Manufatto limitatore monte- Trave laminatrice	102 x 103	1,01	2411	48,2	11/06/2018	19/06/2019
2	C20-Manufatto limitatore monte- Trave laminatrice	102 x 102	1,00	2322	55,3	11/06/2018	19/06/2019
3	C21-Manufatto limitatore monte- Trave laminatrice	102 x 101	0,99	2348	48,9	11/06/2018	19/06/2019
4	C23-Traversa di monte- Fondazione	102 x 105	1,03	2259	38,5	11/06/2018	19/06/2019
5	C24-Manufatto limitatore monte- Pila manif.alveo	102 x 105	1,03	2291	35,3	11/06/2018	19/06/2019
6	C25-Manuf.limit.monte-Soletta impalc.-Manufatto alveo	102 x 105	1,03	2219	28,4	12/06/2018	19/06/2019
7	C26-Manuf.limit.monte-Soletta impalc.-Manufatto alveo	102 x 104	1,02	2215	29,8	12/06/2018	19/06/2019
8	C27-Manuf.limit.monte-Soletta impalc.-Ingresso cassa	102 x 101	0,99	2272	29,6	12/06/2018	19/06/2019
9	C28-Manuf.limit.valle -Spalla Ingresso cassa	102 x 103	1,01	2166	18,8	11/06/2018	19/06/2019
10	C29-Manuf.limit.valle -Spalla Ingresso cassa	102 x 102	1,00	2246	20,7	11/06/2018	19/06/2019
11	C30-Traversa di monte- Fondazione	102 x 100	0,98	2321	26,0	11/06/2018	19/06/2019
12	C31-Traversa di monte- Fondazione	102 x 104	1,02	2222	25,4	11/06/2018	19/06/2019

**Figura 02c.** Tabella riassuntiva resistenza a compressione provini



RISULTATI DELLE PROVE							
N	Contrassegno provini	Dimensioni diametro x altezza (mm)	Rapp. H/Ø	Massa Volumica (Kg/m <sup>3</sup> )	Resistenza Max. Unit. (Mpa)* $f_c$	Data di prelievo	Data prova
13	C32-Manuf.limit.monte-Sfioro troppo pieno-Protezione	102 x 104	1,02	2268	38,4	12/06/2018	19/06/2019
14	C33-Manuf.limit.monte-Sfioro troppo pieno-Fondazione	102 x 101	0,99	2295	52,1	12/06/2018	19/06/2019
15	C34-Manuf.limit.monte-Sfioro troppo pieno-Fondazione	102 x 99	0,97	2236	50,4	12/06/2018	19/06/2019
16	C35-Manuf.limit.valle -Spalla Ingresso cassa	102 x 102	1,00	1967	10,0	11/06/2018	19/06/2019
17	C36-Manuf.limit.valle -Sfioro troppo pieno-Fondazione	102 x 105	1,03	2202	22,0	13/06/2018	19/06/2019
18	C37-Manuf.limit.valle -Sfioro troppo pieno-Fondazione	102 x 103	1,01	2260	21,9	13/06/2018	19/06/2019
19	C38-Manuf.limit.valle -Sfioro troppo pieno-Protezione	102 x 104	1,02	2272	20,5	13/06/2018	19/06/2019
20	C39-Manuf.limit.valle -Sfioro ingr.cassa-Protezione	102 x 103	1,01	2241	25,5	13/06/2018	19/06/2019
21	C40-Manuf.limit.valle - Fondazione ingresso cassa	102 x 102	1,00	2277	22,6	13/06/2018	19/06/2019
22	C41-Manuf.limit.valle - Fondazione ingresso cassa	102 x 104	1,02	2246	24,2	13/06/2018	19/06/2019
23	C42-Manuf.limit.valle - Fondazione manufatto alveo	102 x 102	1,00	2251	21,1	13/06/2018	19/06/2019
24	C43-Manuf.limit.valle - Fondazione manufatto alveo	102 x 105	1,03	2272	27,7	13/06/2018	19/06/2019

**Figura 02d.** Tabella riassuntiva resistenza a compressione provini





RISULTATI DELLE PROVE							
N	Contrassegno provini	Dimensioni diametro x altezza (mm)	Rapp. H/Ø	Massa Volumica (Kg/m <sup>3</sup> )	Resistenza Max. Unit. (Mpa)* $f_c$	Data di prelievo	Data prova
25	C44-Manuf.limit.valle - Protezione manufatto alveo	102 x 101	0,99	2305	48,9	13/06/2018	19/06/2019
26	C45-Manuf.limit.valle -Trave laminatrice	102 x 103	1,01	2261	44,7	14/06/2018	19/06/2019
27	C46-Manuf.limit.valle -Trave laminatrice	102 x 104	1,02	2262	39,9	14/06/2018	19/06/2019
28	C47-Manuf.limit.valle -Trave laminatrice	102 x 105	1,03	2261	37,5	14/06/2018	19/06/2019
29	C48-Manuf.limit.valle -Spalla destra manuf. Alveo	102 x 105	1,03	2248	18,1	15/06/2018	19/06/2019
30	C49-Manuf.limit.valle -Spalla destra manuf. Alveo	102 x 104	1,02	2284	16,5	15/06/2018	19/06/2019
31	C50-Manuf.limit.valle -Spalla destra manuf. Alveo	102 x 106	1,04	2284	28,9	15/06/2018	19/06/2019
32	C51-Manuf.limit.monte- Fondazione-Manufatto alveo	102 x 103	1,01	2231	32,1	13/06/2018	19/06/2019
33	C52-Manuf.limit.monte- Fondazione-Manufatto alveo	102 x 102	1,00	2286	35,2	13/06/2018	19/06/2019
34	C53-Manuf.limit.monte- Fondazione-Ingresso cassa	102 x 103	1,01	2344	40,8	13/06/2018	19/06/2019
35	C54-Manuf.limit.monte- Fondazione-Ingresso cassa	102 x 103	1,01	2276	35,7	13/06/2018	19/06/2019
36	C55- Traversa di monte - Fondazione	102 x 103	1,01	2236	23,8	14/06/2018	19/06/2019

**Figura 02e.** Tabella riassuntiva resistenza a compressione provini



RISULTATI DELLE PROVE							
N	Contrassegno provini	Dimensioni diametro x altezza (mm)	Rapp. H/Ø	Massa Volumica (Kg/m <sup>3</sup> )	Resistenza Max. Unit. (Mpa)* $f_c$	Data di prelievo	Data prova
37	C56- Traversa di monte - Fondazione	102 x 103	1,01	2295	32,4	14/06/2018	19/06/2019
38	C57- Traversa di monte - Fondazione	102 x 104	1,02	2324	25,7	14/06/2018	19/06/2019

**Figura 02f.** Tabella riassuntiva resistenza a compressione provini

Nelle foto sottostanti si vedono alcuni dei provini cilindrici estratti mediante carotaggio sui quali è stata applicata la fenoltaleina per determinare la profondità di carbonatazione.



**Foto 35. Carota C51**



**Foto 36. Carota C52**



**Foto 37. Carota C24**





**Studio MM S.r.l.**  
Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - [www.studio-mm.it](http://www.studio-mm.it) - E-mail: [info@studio-mm.it](mailto:info@studio-mm.it)



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953



**Foto 38. Carota C21**



**Foto 39. Carota C20**



### C. PRELIEVO FERRI DI ARMATURA

Sono stati eseguiti nove prelievi di spezzoni di barre di armatura da sottoporre a prova di trazione.

NUMERO IDENTIFICATIVO FERRO	OPERA	DETTAGLI	Diametro misurato (mm)
F1	Traversa di Monte	Fondazione	12
F2	Traversa di Monte	Fondazione	14
F3	Traversa di Monte	Fondazione	20
F4	Manufatto limitatore di monte	Fondazione	12
F5	Manufatto limitatore di monte	Fondazione	14
F6	Manufatto limitatore di monte	Fondazione	12
F7	Manufatto limitatore di valle	Fondazione	14
F8	Manufatto limitatore di valle	Fondazione	14
F9	Manufatto limitatore di valle	Fondazione	20

	Traversa di Monte
	Manufatto limitatore di Monte
	Manufatto limitatore di Valle

**Figura 03.** Tabella riassuntiva prelievo spezzoni di armatura



**Foto 40.** *Prelievo ferri esposti. Manufatto limitatore di Monte*



**Foto 41.** *Prelievo ferri esposti. Manufatto limitatore di Valle*





La tabella di seguito riportata è un estratto dei risultati di prova. Il report completo viene allegato (**ALLEGATO 2**).

**RISULTATI DELLE PROVE A TRAZIONE**

N° identificativo L.T.M	Contrassegno	Ø nominale effettivo (mm)	Sezione effettiva $S_o$ (mm <sup>2</sup> )	Tensione di snervamento $f_y$ (MPa)*	Tensione di rottura $f_t$ (MPa)*	$A_{gt}(\%)$	Data di prova
1	F1 - Fondazione - Traversa di monte	12	113,0	527,2	639,5	11,8	18/06/19
2	F2 - Fondazione - Traversa di monte	14	153,9	504,1	592,9	12,5	18/06/19
3	F3 - Fondazione - Traversa di monte	20	314,0	454,5	668,4	13,4	18/06/19
4	F4 - Fondazione - Manufatto limitatore di monte	12	113,0	617,0	715,7	11,6	18/06/19
5	F5 - Fondazione - Manufatto limitatore di monte	14	153,9	508,5	596,6	12,1	18/06/19
6	F6 - Fondazione - Manufatto limitatore di monte	12	113,0	636,8	740,9	12,3	18/06/19
7	F7 - Fondazione - Manufatto limitatore di valle	14	153,9	497,7	593,3	12,7	18/06/19
8	F8 - Fondazione - Manufatto limitatore di valle	14	153,9	493,6	583,5	12,2	18/06/19
9	F9 - Fondazione - Manufatto limitatore di valle	20	314,0	457,4	633,7	13,5	18/06/19

**Figura 04.** Tabella riassuntiva resistenza a trazione ferri

## D. INDAGINE PACOMETRICA

### D.1 METODOLOGIA DELLA PROVA

È stata condotta una campagna pacometrica per verificare i ferri di armatura. Di seguito si riporta la descrizione della strumentazione e della metodologia utilizzata.

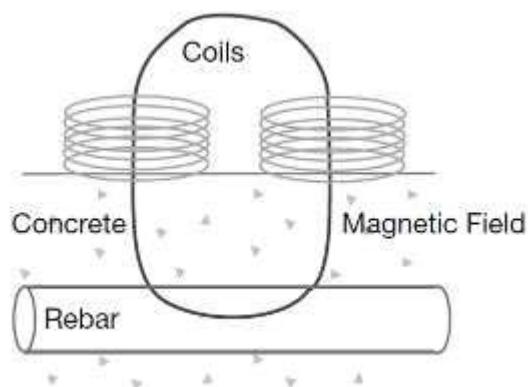
#### **Strumentazione e metodologia**

Sono state eseguite indagini diagnostiche mediante pacometro portatile modello “Profoscope”.



**Figura 05.** Strumento utilizzato per le indagini (pacometro modello “Profoscope Proceq”).

Tale strumento utilizza l’induzione ad impulsi elettromagnetici per rilevare elementi di metallo. Le bobine della sonda vengono periodicamente caricate di impulsi di corrente generando così un campo magnetico. Sulla superficie dei materiali che conducono elettricità, all’interno del campo magnetico, si producono correnti a vortice. Esse inducono un campo magnetico nella direzione contraria. La differenza di tensione viene sfruttata per la misurazione.



**Figura 06.** Schema di funzionamento del pacometro nell'individuazione dei ferri di armatura.

“Profoscope” usa diverse configurazioni di bobine per generare vari campi magnetici. L'elaborazione avanzata del segnale consente la:

- localizzazione di una armatura;
- localizzazione del punto medio tra le armature;
- determinazione della copertura;
- stima del diametro dell'armatura;
- verifica dell'orientamento di una armatura.

Il pacometro ha la capacità di rilevare il diametro di ferri compresi tra i 5 e i 57 mm e di analizzare la profondità delle coperture fino ad un massimo di 180 mm.





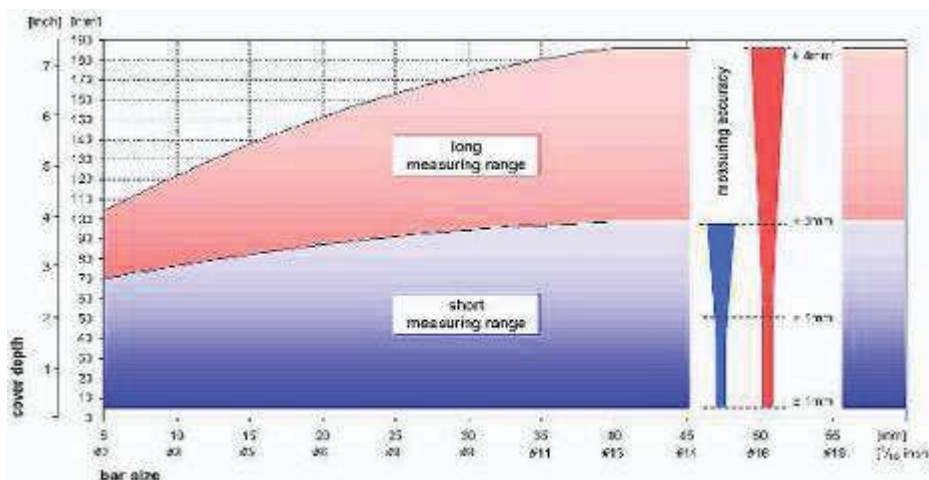
**Studio MM S.r.l.**  
Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953



E' molto importante tenere presente che:

Il pacometro fornisce misure piuttosto attendibili sulla localizzazione dei ferri anche se è influenzato da vari fattori quali diametro e profondità dei ferri e presenza di disturbi di materiali metallici nelle vicinanze.

Risulta invece poco attendibile nella stima del diametro dei ferri specialmente se il copriferro è consistente.

## D.2 RESOCONTO INDAGINI

Sono state eseguite 18 prove pacometriche su altrettanti elementi strutturali per verificare presenza ed ubicazione dei ferri di armatura fornendo anche una stima del diametro.

Denominazione: **PACOMETRIA P1**

Ubicazione prova: **Traversa di Monte - Fondazione (Spalla destra, al di sotto del carotaggio C2)**

Area indagata: **80cm (altezza) - 120cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 12/14 - passo 220/260 mm - - copriferro 35/38 mm	Rilevate 3 staffe Ø 12/14 - passo 200/240 mm - copriferro 32/35 mm

Denominazione: **PACOMETRIA P2**

Ubicazione prova: **Traversa di Monte - Fondazione (Spalla sinistra, al di sotto del carotaggio C7)**

Area indagata: **100cm (altezza) - 100cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 12/14 - passo 240/260 mm - - copriferro 45/50 mm	Rilevate 4 staffe Ø 12/14 - passo 230/250 mm - copriferro 38/45 mm



**Studio MM S.r.l.**  
Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

Denominazione: **PACOMETRIA P3**

Ubicazione prova: **Traversa di Monte - Fondazione (in corrispondenza dei carotaggi eseguiti in fondazione - paramento verticale)**

Area indagata: **90cm (altezza) - 140cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 5 correnti Ø 20/22 - passo 210/240 mm - - copriferro 50/55 mm	Rilevate 3 staffe Ø 14/16 - passo 200/220 mm - copriferro 40/48 mm

Denominazione: **PACOMETRIA P4**

Ubicazione prova: **Traversa di Monte - Fondazione (in corrispondenza dei carotaggi eseguiti in fondazione - paramento orizzontale)**

Area indagata: **80cm (altezza) - 140cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Orizzontale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 20/22 - passo 200/220 mm - - copriferro medio 70/75 mm	Rilevate 3 staffe Ø 18/20 - passo 200/220 mm - copriferro medio 80/90 mm

Note: **il copriferro in alcuni punti risulta essere circa 120/130 mm**

Denominazione: **PACOMETRIA P5**

Ubicazione prova: **Traversa di Monte - Protezione (in corrispondenza del carotaggio C5)**

Area indagata: **150cm (altezza) - 100cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Diagonale (seguendo il profilo della protezione)**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 5 correnti Ø 8/10 - passo 180/200 mm - - copriferro 70/80 mm	Rilevate 7 staffe Ø 8/10 - passo 180/200 mm - copriferro 70/80 mm

Note: **il copriferro in alcuni punti risulta essere maggiore di 180 mm**





**Studio MM S.r.l.**

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

Denominazione: **PACOMETRIA P6**

Ubicazione prova: **Manufatto limitatore di Monte - manufatto in Alveo (in corrispondenza dei carotaggi C51 - C52)**

Area indagata: **60cm (altezza) - 130cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 5 correnti Ø 18/22 - passo 220/260 mm - - copriferro 98/105 mm	Rilevate 3 staffe Ø 10/14 - passo 220/260 mm - copriferro 105/110 mm

Denominazione: **PACOMETRIA P7**

Ubicazione prova: **Manufatto limitatore di Monte - sfioro di ingresso cassa (in corrispondenza dei carotaggi C53 - C54)**

Area indagata: **80cm (altezza) - 130cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 5 correnti Ø 18/22 - passo 200/240 mm - - copriferro 92/110 mm	Rilevate 3 staffe Ø 10/14 - passo 230/260 mm - copriferro 80/95 mm

Denominazione: **PACOMETRIA P8**

Ubicazione prova: **Manufatto limitatore di Monte - sfioro di troppo pieno - fondazione (in corrispondenza dei carotaggi C33)**

Area indagata: **100cm (altezza) - 100cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 20/22 - passo 220/250 mm - - copriferro 50/55 mm	Rilevate 4 staffe Ø 18/22 - passo 210/230 mm - copriferro 38/42 mm



**Studio MM S.r.l.**

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

Denominazione: **PACOMETRIA P9**

Ubicazione prova: **Manufatto limitatore di Monte - sfioro di troppo pieno - fondazione (in corrispondenza dei carotaggi C34)**

Area indagata: **100cm (altezza) - 100cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 20/22 - passo 210/230 mm - - copriferrò 75/85 mm	Rilevate 4 staffe Ø 18/20 - passo 200/220 mm - copriferrò 70/75 mm

Denominazione: **PACOMETRIA P10**

Ubicazione prova: **Manufatto limitatore di Monte - manufatto in Alveo - Spalla destra (in corrispondenza dei carotaggi C10 - C11 - C12)**

Area indagata: **100cm (altezza) - 100cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 14/18 - passo 230/250 mm - - copriferrò 68/80 mm	Rilevate 4 staffe Ø 12/16 - passo 220/240 mm - copriferrò 70/75 mm

Denominazione: **PACOMETRIA P11**

Ubicazione prova: **Manufatto limitatore di Monte - sfioro di ingresso cassa - Spalla sinistra (in corrispondenza dei carotaggi C13 - C14 - C15)**

Area indagata: **100cm (altezza) - 100cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 14/18 - passo 230/250 mm - - copriferrò 88/100 mm	Rilevate 4 staffe Ø 12/16 - passo 220/240 mm - copriferrò 79/85 mm



**Studio MM S.r.l.**

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

Denominazione: **PACOMETRIA P12**

Ubicazione prova: **Manufatto limitatore di Monte - sfioro di ingresso cassa - Pila (in corrispondenza del carotaggio C22)**

Area indagata: **100cm (altezza) - 100cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 16/20 - passo 240/260 mm - - copriferro 55/62 mm	Rilevate 4 staffe Ø 12/14 - passo 230/260 mm - copriferro 50/55 mm

Denominazione: **PACOMETRIA P13**

Ubicazione prova: **Manufatto limitatore di Valle - Spalla sinistra (in corrispondenza dei carotaggi C28 - C29 - C35)**

Area indagata: **100cm (altezza) - 100cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 18/20 - passo 220/250 mm - - copriferro 94/106 mm	Rilevate 4 staffe Ø 12/14 - passo 220/260 mm - copriferro 90/101 mm

Denominazione: **PACOMETRIA P14**

Ubicazione prova: **Manufatto limitatore di Valle - Sfioro di ingresso cassa - Fondazione (in corrispondenza dei carotaggi C40 - C41)**

Area indagata: **90cm (altezza) - 120cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 5 correnti Ø 16/18 - passo 220/240 mm - - copriferro 45/49 mm	Rilevate 3 staffe Ø 12/14 - passo 220/250 mm - copriferro 40/49 mm





**Studio MM S.r.l.**

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

Denominazione: **PACOMETRIA P15**

Ubicazione prova: **Manufatto limitatore di Valle - Manufatto in alveo - Fondazione (in corrispondenza dei carotaggi C42 - C43)**

Area indagata: **100cm (altezza) - 100cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 18/20 - passo 200/220 mm - - copriferro 80/92 mm	Rilevate 4 staffe Ø 12/14 - passo 220/240 mm - copriferro 82/88 mm

Denominazione: **PACOMETRIA P16**

Ubicazione prova: **Manufatto limitatore di Valle - Manufatto in alveo - Trave laminatrice (in corrispondenza dei carotaggi C20 – C22)**

Area indagata: **100cm (altezza) - 100cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 18/20 - passo 220/240 mm - - copriferro 95/100 mm	Rilevate 4 staffe Ø 14/16 - passo 240/260 mm - copriferro 89/96 mm

Denominazione: **PACOMETRIA P17**

Ubicazione prova: **Manufatto limitatore di Valle - Sfioro di ingresso cassa - Protezione**

Area indagata: **150cm (altezza) - 100cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Diagonale (seguendo il profilo della protezione)**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 5 correnti Ø 8/10 - passo 180/200 mm - - copriferro 82/108 mm	Rilevate 7 staffe Ø 8/10 - passo 180/200 mm - copriferro 80/109 mm

Note: **il copriferro in alcuni punti risulta essere maggiore di 180 mm**

Denominazione: **PACOMETRIA P18**

Ubicazione prova: **Manufatto limitatore di Valle - Sfiore di troppo pieno - Fondazione**

Area indagata: **100cm (altezza) - 100cm (larghezza)**

Tipologia scansione: **Verticale**

CARATTERISTICHE ELEMENTI STRUTTURALI	
Correnti	Staffe
Rilevati 4 correnti Ø 18/20 - passo 220/240 mm - - copriferro 45/52 mm	Rilevate 4 staffe Ø 14/16 - passo 230/250 mm - copriferro 42/48 mm



**Foto 42.** Manufatto limitatore di Valle. Spalla destra. Misura copriferro reale



**Foto 43.** Manufatto limitatore di Valle. Spalla sinistra. Misura, mediante calibro digitale, diametro corrente. Precedentemente è stato misurato il copriferro reale.



## E. CARBONTEST

### E.1 METODOLOGIA DELLA PROVA

La prova di carbonatazione, effettuata mediante Kit Carbontest, ha lo scopo di determinare le caratteristiche dello stato di conservazione delle armature mediante prelievo di polveri in situ.

Normativa di riferimento: Norma UNI 9944 - 1992

#### Strumentazione e metodologia

Viene di seguito riportata la procedura di prova per la determinazione della profondità di carbonatazione e la strumentazione utilizzata.



**Figura 07. Kit Carbontest**



**Studio MM S.r.l.**  
Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

**1**

## SCELTA DEL PUNTO DI PROVA

Scegliere il punto di prova cercando di individuare la porzione di superficie in grado di fornire i risultati più significativi e rappresentativi dello stato generale.



⚠ La superficie dell'elemento deve essere prevalentemente verticale in modo da garantire la caduta per gravità della polvere nella provetta.

⚠ Si consiglia di evitare elementi che presentano rivestimenti superficiali che potrebbero modificare la disposizione della polvere nella provetta o interferire con la reazione della fenoltaleina.

**Figura 08. Fasi di indagine. Fase 1**

**2**

## PRELIEVO DEL CAMPIONE

Posizionare lo strumento di raccolta, completo della provetta di accumulo, in aderenza alla superficie del manufatto ed inserire la punta del trapano nel foro predisposto nella spazzola.

Usare un comune trapano a percussione con punta per muratura di diametro 8÷10 mm.

Durante la perforazione potrebbe esserci una lieve fuoriuscita di polvere dal taglio longitudinale della provetta.



⚠ Procedere alla perforazione con velocità costante mantenendo il trapano ortogonale alla superficie.

⚠ Evitare di riempire la provetta oltre il livello dell'imbuto del picker.

**Figura 09. Fasi di indagine. Fase 2**



**Studio MM S.r.l.**

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

**3**

### MISURAZIONE FORO E PROVETTA



Al termine della perforazione sfilare delicatamente la provetta di campione, contenente la polvere, dal picker.

Battere delicatamente la provetta su una superficie piana in modo da compattare il contenuto della provetta.

Mantenendo la provetta di campione in posizione verticale misurare, con il righello graduato, la quantità di polvere nella provetta (PF). Il riferimento per la misura è costituito dal tappo inferiore di chiusura della provetta.

Sempre con il righello graduato misurare la profondità del foro (PF) prendendo come origine del riferimento il fondo del foro.



Le misurazioni vanno eseguite con precisione millimetrica.

**Figura 10. Fasi di indagine. Fase 3**

**4**

### ANALISI CON FENOLFTALEINA



Disporre la provetta di campione in posizione orizzontale sul tappetino graduato ponendo il fondo della provetta sull'origine della scala graduata.

Prelevare dal fiasco, con l'apposita pipetta, la fenolftaleina e farla penetrare lungo l'incaglio longitudinale svasato della provetta, partendo dal tappo di chiusura. Procedere lentamente lungo l'incaglio facendo penetrare il liquido all'interno del campione di polvere. La reazione chimica del reagente avviene immediatamente.

Il calcestruzzo NON CARBONATATO assume il tipico colore rosso magenta.

Raggiunto il punto di cambio di colore terminare l'applicazione del reagente e lasciare asciugare per una decina di secondi il campione.



In alcuni casi la presenza di intonaco sul calcestruzzo può produrre una lieve colorazione della polvere superficiale disposta sul fondo della provetta.

**Figura 11. Fasi di indagine. Fase 4**



## 5 MISURAZIONE CARBONATAZIONE



Lasciando disposta la provetta sul tappetino graduato, misurare la profondità di carbonatazione (CM) con precisione millimetrica individuando il punto di viraggio del colore nella provetta.

Tale misurazione consentirà di calcolare la reale profondità di carbonatazione.



La polvere nella provetta occupa un volume superiore di quello del calcestruzzo compatto. Per determinare la reale profondità di carbonatazione (CR) occorre effettuare alcune proporzioni.

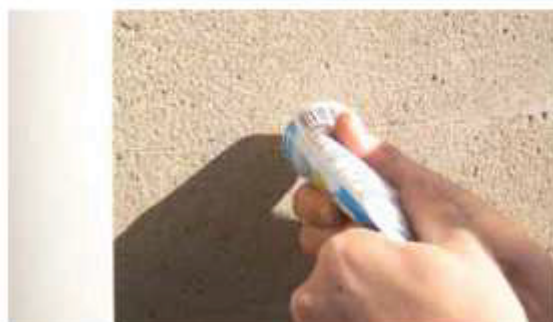
$$RS = PF / PP$$

$$CR = RS * CM$$

PF = Profondità del foro  
 PP = Polvere in provetta  
 RS = Rapporto di scala  
 CM = Carbonatazione misurata  
 CR = Carbonatazione reale

**Figura 12. Fasi di indagine. Fase 5**

## 6 CHIUSURA DEL FORO



Per restituire l'aspetto estetico originario all'elemento provato, iniettare lo stucco per cemento del foro creato per il prelievo.

Con l'ausilio di una spatola è possibile completare la finitura superficiale.

L'asciugatura, in condizioni normali, avviene in una decina di minuti.



Al primo utilizzo, è necessario disporre di un cutter per tagliare il beccuccio di chiusura del tubetto.

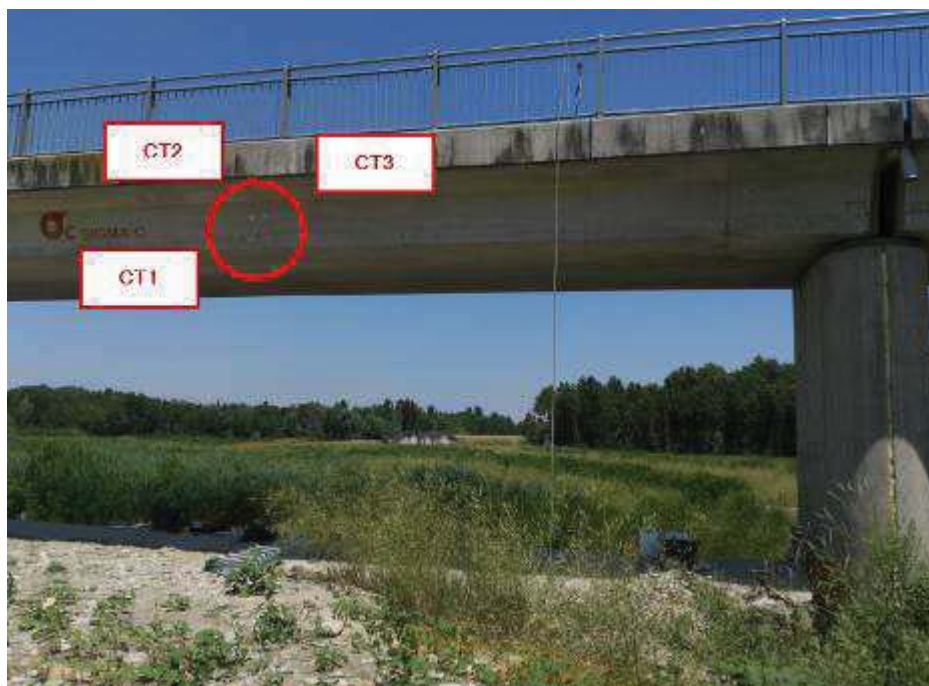
**Figura 13. Fasi di indagine. Fase 6**

## E.2 RESOCONTO INDAGINI

Sono state eseguite 9 prove carbontest denominate CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8 e CT9 su due travi C.A.P. costituenti l'impalcato del Manufatto limitatore di Monte.

Le prove CT1, CT2 e CT3 sono state condotte su una trave C.A.P. ubicata nello "Sfioro di ingresso cassa" mentre le rimanenti prove sono state condotte su una trave C.A.P. situata nel "Manufatto in alveo".

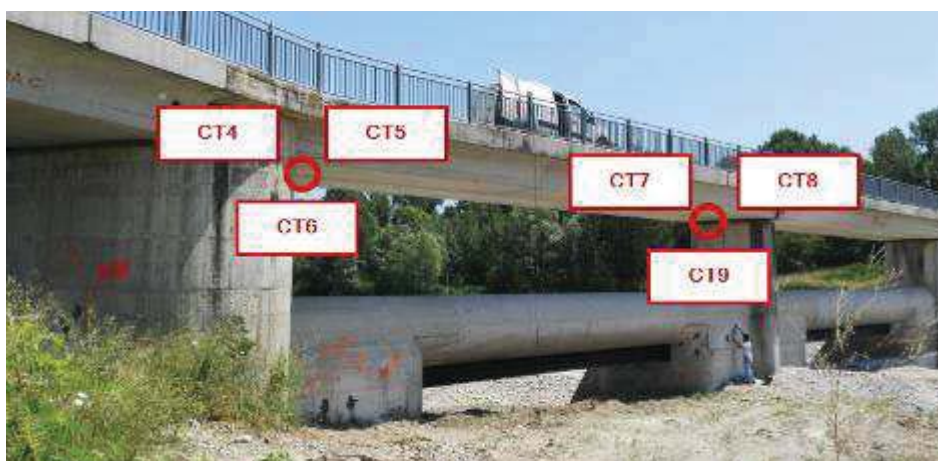
Nelle immagini sottostanti si possono vedere i punti di indagine.



**Foto 44.** Manufatto limitatore di Monte. Sfioro di ingresso cassa. Trave C.A.P. con evidenziati in rosso i punti di prova.

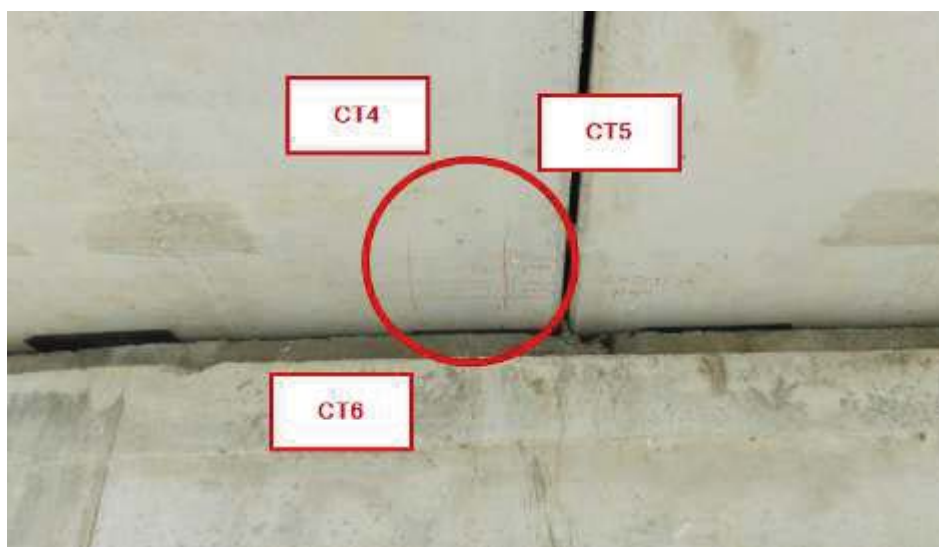


**Foto 45.** Manufatto limitatore di Monte. Sfioro di ingresso cassa. Trave C.A.P. con evidenziati in rosso i punti di prova. Fase di chiusura dei fori



**Foto 46.** Manufatto limitatore di Monte. Manufatto in Alveo. Trave C.A.P. con evidenziati in rosso i punti di prova.





**Foto 47.** Manufatto limitatore di Monte. Manufatto in Alveo. Trave C.A.P. con evidenziati in rosso i punti di prova. Fase di chiusura dei fori



**Foto 48.** Manufatto limitatore di Monte. Manufatto in Alveo. Trave C.A.P. con evidenziati in rosso i punti di prova. Fase di chiusura dei fori

SCHEDA CARBONTEST
CODICE IDENTIFICATIVO: <b>CT1</b>  UBICAZIONE PROVA: Manufatto limitatore di Monte - Sfioro di ingresso cassa - Trave C.A.P.  ORIENTAMENTO SUPERFICIE: Verticale  CLASSE DI ESPOSIZIONE secondo UNI EN 206-1:
Profondità foro: 74mm  Quantità polvere in provetta: 150mm  Diametro punta: 8mm  Carbonatazione misurata: 10mm  Carbonatazione reale: 5mm

**Figura 14. Scheda prova**

SCHEDA CARBONTEST
CODICE IDENTIFICATIVO: <b>CT2</b>  UBICAZIONE PROVA: Manufatto limitatore di Monte - Sfioro di ingresso cassa - Trave C.A.P.  ORIENTAMENTO SUPERFICIE: Verticale  CLASSE DI ESPOSIZIONE secondo UNI EN 206-1:
Profondità foro: 72mm  Quantità polvere in provetta: 145mm  Diametro punta: 8mm  Carbonatazione misurata: 12mm  Carbonatazione reale: 6mm

**Figura 15. Scheda prova**

SCHEDA CARBONTEST
CODICE IDENTIFICATIVO: <b>CT3</b>  UBICAZIONE PROVA: Manufatto limitatore di Monte - Sfioro di ingresso cassa - Trave C.A.P.  ORIENTAMENTO SUPERFICIE: Verticale  CLASSE DI ESPOSIZIONE secondo UNI EN 206-1:
Profondità foro: 74mm  Quantità polvere in provetta: 148mm  Diametro punta: 8mm  Carbonatazione misurata: 12mm  Carbonatazione reale: 6mm

**Figura 16. Scheda prova**

SCHEDA CARBONTEST
CODICE IDENTIFICATIVO: <b>CT4</b>  UBICAZIONE PROVA: Manufatto limitatore di Monte - Manufatto in Alveo - Trave C.A.P.  ORIENTAMENTO SUPERFICIE: Verticale  CLASSE DI ESPOSIZIONE secondo UNI EN 206-1:
Profondità foro: 74mm  Quantità polvere in provetta: 145mm  Diametro punta: 8mm  Carbonatazione misurata: 16mm  Carbonatazione reale: 8mm

**Figura 17. Scheda prova**



SCHEDA CARBONTEST
CODICE IDENTIFICATIVO: <b>CT5</b>  UBICAZIONE PROVA: Manufatto limitatore di Monte - Manufatto in Alveo - Trave C.A.P.  ORIENTAMENTO SUPERFICIE: Verticale  CLASSE DI ESPOSIZIONE secondo UNI EN 206-1:
Profondità foro: 72mm  Quantità polvere in provetta: 140mm  Diametro punta: 8mm  Carbonatazione misurata: 17mm  Carbonatazione reale: 8mm

**Figura 18. Scheda prova**

SCHEDA CARBONTEST
CODICE IDENTIFICATIVO: <b>CT6</b>  UBICAZIONE PROVA: Manufatto limitatore di Monte - Manufatto in Alveo - Trave C.A.P.  ORIENTAMENTO SUPERFICIE: Verticale  CLASSE DI ESPOSIZIONE secondo UNI EN 206-1:
Profondità foro: 70mm  Quantità polvere in provetta: 140mm  Diametro punta: 8mm  Carbonatazione misurata: 16mm  Carbonatazione reale: 8mm

**Figura 19. Scheda prova**

SCHEDA CARBONTEST
CODICE IDENTIFICATIVO: <b>CT7</b>  UBICAZIONE PROVA: Manufatto limitatore di Monte - Manufatto in Alveo - Trave C.A.P.  ORIENTAMENTO SUPERFICIE: Verticale  CLASSE DI ESPOSIZIONE secondo UNI EN 206-1:
Profondità foro: 74mm  Quantità polvere in provetta: 142mm  Diametro punta: 8mm  Carbonatazione misurata: 20mm  Carbonatazione reale: 10mm

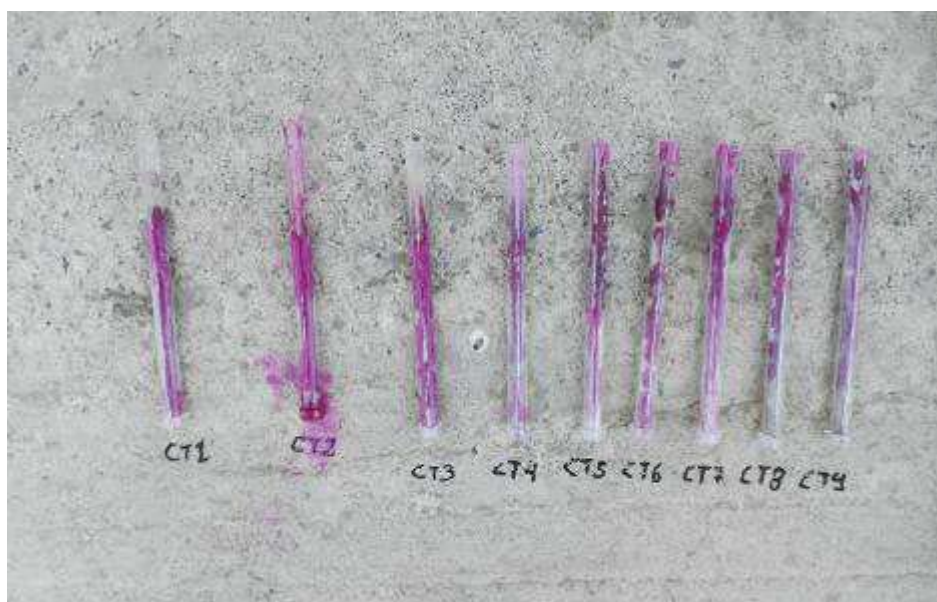
**Figura 20. Scheda prova**

SCHEDA CARBONTEST
CODICE IDENTIFICATIVO: <b>CT8</b>  UBICAZIONE PROVA: Manufatto limitatore di Monte - Manufatto in Alveo - Trave C.A.P.  ORIENTAMENTO SUPERFICIE: Verticale  CLASSE DI ESPOSIZIONE secondo UNI EN 206-1:
Profondità foro: 75mm  Quantità polvere in provetta: 147mm  Diametro punta: 8mm  Carbonatazione misurata: 21mm  Carbonatazione reale: 10mm

**Figura 21. Scheda prova**

SCHEDA CARBONTEST
CODICE IDENTIFICATIVO: <b>CT9</b>
UBICAZIONE PROVA: Manufatto limitatore di Monte - Manufatto in Alveo - Trave C.A.P.
ORIENTAMENTO SUPERFICIE: Verticale
CLASSE DI ESPOSIZIONE secondo UNI EN 206-1:
Profondità foro: 70mm
Quantità polvere in provetta: 144mm
Diametro punta: 8mm
Carbonatazione misurata: 19mm
Carbonatazione reale: 9mm

**Figura 22. Scheda prova**



**Foto 49. Provini**



#### **F. INDAGINI VISIVE TRAVI C.A.P.**

Sono state eseguite alcune indagini visive nei giunti tra le travi precomprese a sostegno della soletta carraia del Manufatto limitatore di Monte. Le indagini sono state svolte sia nei giunti presenti nel Manufatto in alveo sia nei giunti presenti nello Sfiore di ingresso cassa.

Vengono di seguito riportate alcune foto scattate nei punti oggetto di indagine.



**Foto 50.** Manufatto limitatore di Monte. Sfiore di ingresso cassa.  
Appoggio trave C.A.P. su pilastro



**Foto 51.** Manufatto limitatore di Monte. Sfioro di ingresso cassa. Teste travi C.A.P.



**Foto 52.** Manufatto limitatore di Monte. Manufatto in Alveo. Teste travi C.A.P.



## G. SAGGI CON ESCAVATORE

Sono stati eseguiti dieci saggi conoscitivi in fondazione mediante escavatore così suddivisi:

- N° 4 saggi Traversa di Monte
- N° 3 saggi Manufatto limitatore di Monte
- N° 3 saggi Manufatto limitatore di Valle



**Foto 53.** Traversa di Monte. Saggio in fondazione sponda destra



**Foto 54.** *Traversa di Monte. Saggio in fondazione sponda destra*



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953



**Foto 55.** Traversa di Monte. Saggio in fondazione sponda sinistra





**Foto 56.** Traversa di Monte. Saggio in fondazione sponda sinistra



***Foto 57.** Manufatto limitatore di monte. Sfioro di troppo pieno. Saggio in fondazione*





**Foto 58.** Manufatto limitatore di monte. Sfioro ingresso cassa. Saggio in fondazione



**Foto 59.** Manufatto limitatore di monte. Manufatto in alveo. Saggio in fondazione





**Foto 60.** Manufatto limitatore di valle. Sfioro troppo pieno. Saggio in fondazione



**Foto 61.** Manufatto limitatore di valle. Manufatto in alveo. Saggio in fondazione

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953



**Foto 62.** Manufatto limitatore di valle. Sfioro di ingresso cassa. Saggio in fondazione spalla destra

## H. ANALISI CHIMICA DELLE ACQUE

Sono state eseguite due prelievi di acqua dal torrente Enza.

I campioni sono stati prelevati nelle giornate di martedì 18.06.2019 (nei pressi del Manufatto limitatore di Monte) e venerdì 28.06.2019 (nei pressi del Manufatto limitatore di Valle).

Le tabelle di seguito riportate sono un estratto dei risultati di prova. Il report integrale viene allegato (**ALLEGATO 3**).

Committente	AIPo - Agenzia Interregionale per il fiume PO
Tipologia del campione	Campione acqua prelevata dal Torrente Enza
Luogo del campionamento	Cassa di espansione Torrente Enza - Manufatto limitatore di monte
Data del campionamento	18/06/2019
Rapporto di prova N.	AIP_349-2019/SC1

PROVA	ESITO	Um
pH	7,9	
Fluoruri	< 0,1	mg/l
Cloruri Cl <sup>-</sup>	16	mg/l

**Figura 23a.** Estratto analisi chimica acque torrente Enza

Committente	AIPo - Agenzia Interregionale per il fiume PO
Tipologia del campione	Campione acqua prelevata dal Torrente Enza
Luogo del campionamento	Cassa di espansione Torrente Enza - Manufatto limitatore di valle
Data del campionamento	28/06/2019
Rapporto di prova N.	AIP_349-2019/SC2

PROVA	ESITO	Um
pH	8,02	
Fluoruri	< 0,1	mg/l
Cloruri Cl <sup>-</sup>	22	mg/l

**Figura 23b.** Estratto analisi chimica acque torrente Enza



*Mamiano di Traversetolo, 3 luglio 2019*

*Tecnici incaricati per le prove*

*Dott. Geol. Alessandro Vignali*

*Dott. Arch. Stefano Guarnieri*

*Responsabile Studio MM*

*Dott. Geol. Michele Mazzoni*

**LAVORI DI MANUTENZIONE CASSE DI ESPANSIONE TORRENTE ENZA - PIANO DELLE INDAGINI STRUTTURALI Fase 1 -**  
**Schema carotaggio con relativa profondità di carbonatazione misurata**

IDENTIFICATIVO CAROTA	OPERA	DETTAGLI	CARBONATAZIONE MISURATA (mm)
C1	Traversa di Monte	Dente	8
C2	Traversa di Monte	Spalla destra	16
C3	Traversa di Monte	Spalla destra	14
C4	Traversa di Monte	Spalla destra	18
C5	Traversa di Monte	Protezione (destra)	8
C6	Traversa di Monte	Protezione (sinistra)	8
C7	Traversa di Monte	Spalla sinistra	12
C8	Traversa di Monte	Spalla sinistra	16
C9	Traversa di Monte	Spalla sinistra	10
C10	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - spalla destra	22
C11	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - spalla destra	20
C12	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - spalla destra	20
C13	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - spalla sinistra	16
C14	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - spalla sinistra	18
C15	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - spalla sinistra	20
C16	Manufatto limitatore di monte	sfioro di ingresso cassa - protezione	20
C17	Manufatto limitatore di monte	sfioro di ingresso cassa - pila	18
C18	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - protezione	4
C19	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - trave laminatrice	10
C20	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - trave laminatrice	12
C21	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - trave laminatrice	10
C22	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - pile	26
C23	Traversa di Monte	Fondazione	5
C24	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - pile	16
C25	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - impalcato - soletta	10
C26	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - impalcato - soletta	10
C27	Manufatto limitatore di monte	sfioro di ingresso cassa - impalcato - soletta	12
C28	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - spalla (sinistra)	38
C29	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - spalla (sinistra)	40
C30	Traversa di Monte	Fondazione	6
C31	Traversa di Monte	Fondazione	5
C32	Manufatto limitatore di monte	Sfioro troppo pieno - protezione	14
C33	Manufatto limitatore di monte	Sfioro troppo pieno - fondazione	8
C34	Manufatto limitatore di monte	Sfioro troppo pieno - fondazione	8

C44	Manufatto limitatore di valle	sfioro ingresso cassa - protezione	8
C45	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - trave laminatrice	14
C46	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - trave laminatrice	20
C47	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - trave laminatrice	22
C48	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - spalla (destra)	40
C49	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - spalla (destra)	36
C50	Manufatto limitatore di valle	manufatto in alveo - spalla (destra)	34
C51	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - fondazione	18
C52	Manufatto limitatore di monte	manufatto in alveo - fondazione	20
C53	Manufatto limitatore di monte	sfioro ingresso cassa - fondazione	10
C54	Manufatto limitatore di monte	sfioro ingresso cassa - fondazione	8
C55	Traversa di Monte	Fondazione	8
C56	Traversa di Monte	Fondazione	10
C57	Traversa di Monte	Fondazione	10



## SEZIONE CALCESTRUZZI

PROT. N. 534B/19

Verbale di accettazione N. 256B/19 del 13/06/19

Mantova, 20/06/19

### RAPPORTO DI PROVA

Soggetto consegnatario:

<b>RICHIEDENTE</b>	: STUDIO MM SRL
<b>INDIRIZZO</b>	: Strada Pedemontana, 40/S - Mamiano di Traversetolo (PR)
<b>NATURA DEI CAMPIONI</b>	: Carote in calcestruzzo prelevata da struttura in opera dal Committente
<b>PROVA RICHIESTA</b>	: Resistenza alla compressione - UNI EN 12390/3
<b>CANTIERE DI PROVENIENZA</b>	: AIPo "Casse di espansione Enza" - Piano delle indagini strutturali - Fase 1 - Lavori di manutenzione straordinaria

### Determinazione della resistenza a compressione secondo UNI EN 12390/3

RISULTATI DELLE PROVE								
N	Contrassegno provini	Dimensioni diametro x altezza (mm)		Rapp. H/Ø	Massa Volumica (Kg/m <sup>3</sup> )	Resistenza Max. Unit. (Mpa)* f <sub>c</sub>	Data di prelievo	Data prova
1	C1-Traversa di monte - Dente dissipatore	102	x 101	0,99	2183	31,6	04/06/2018	17/06/2019
2	C2- Traversa di monte - Spalla destra	102	x 103	1,01	2232	49,0	04/06/2018	17/06/2019
3	C3- Traversa di monte - Spalla destra	102	x 102	1,00	2250	44,7	04/06/2018	17/06/2019
4	C4- Traversa di monte - Spalla destra	102	x 103	1,01	2242	46,0	04/06/2018	17/06/2019
5	C5 - Traversa di monte - Protezione (Lato destro)	102	x 102	1,00	2235	40,2	04/06/2018	17/06/2019
6	C6 - Traversa di monte - Protezione (Lato sinistro)	102	x 105	1,03	2240	45,0	05/06/2018	17/06/2019
7	C7 Traversa di monte - Spalla sinistra	102	x 103	1,01	2311	61,9	05/06/2018	17/06/2019
8	C8 Traversa di monte - Spalla sinistra	102	x 103	1,01	2315	53,8	05/06/2018	17/06/2019
9	C9 Traversa di monte - Spalla sinistra	102	x 102	1,00	2252	52,4	05/06/2018	17/06/2019
10	C10 -Limitatore di monte - Spalla manufatto in alveo	102	x 102	1,00	2260	33,4	06/06/2018	17/06/2019
11	C11 -Limitatore di monte - Spalla manufatto in alveo	102	x 104	1,02	2215	28,2	06/06/2018	17/06/2019
12	C12 -Limitatore di monte - Spalla manufatto in alveo	102	x 103	1,01	2224	31,1	06/06/2018	17/06/2019

(\*) 1 MPa = 1N/mm<sup>2</sup> = 10,2 Kg/cm<sup>2</sup>

Prove eseguite secondo la normativa UNI EN 12390/3

Attrezzatura utilizzata: Pressa idraulica motorizzata "CONTROLS" da 3000 kN - mod. C50/51 - matricola 96113675 - Data ultima taratura: 17/05/19

#### OSSERVAZIONI :

Le facce di carico dei provini sono state preventivamente sottoposte a rettifica meccanica con mola diamantata.

Tipo di rottura soddisfacente.

Il Committente dichiara le seguenti profondità di carbonatazione :rif. Campione C1: 08mm - rif. Campione C2: 16mm - rif. Campione C3: 14mm - rif. Campione C4: 18mm - rif. Campione C5: 08mm - rif. Campione C6: 08mm - rif. Campione C7: 12mm - rif. Campione C8: 16mm - rif. Campione C9: 10mm - rif. Campione C10: 22mm - rif. Campione C11: 20mm - rif. Campione C12: 20mm

Nel campione C10 è presente N°1 tondo nervato Ø 12 passante nella sezione trasversale

Il presente rapporto di prova non è riproducibile, neppure parzialmente, senza autorizzazione scritta del Laboratorio.  
Gli esiti in esso contenuti si riferiscono ai soli campioni sottoposti a prova

**Il Tecnico Sperimentatore**  
Gozzi L.M. Fabio

**Il Direttore del Laboratorio**  
dott. ing. Giuliano Ferrari

## SEZIONE CALCESTRUZZI

**PROT. N. 535B/19**
**Verbale di accettazione N. 256B/19 del 13/06/19**
**Mantova, 20/06/19**

### RAPPORTO DI PROVA

**Soggetto consegnatario:**

<b>RICHIEDENTE</b>	: STUDIO MM SRL
<b>INDIRIZZO</b>	: Strada Pedemontana, 40/S - Mamiano di Traversetolo (PR)
<b>NATURA DEI CAMPIONI</b>	: Carote in calcestruzzo prelevata da struttura in opera dal Committente
<b>PROVA RICHIESTA</b>	: Resistenza alla compressione - UNI EN 12390/3
<b>CANTIERE DI PROVENIENZA</b>	: AIPo "Casse di espansione Enza" - Piano delle indagini strutturali - Fase 1 - Lavori di manutenzione straordinaria

### Determinazione della resistenza a compressione secondo UNI EN 12390/3

RISULTATI DELLE PROVE							
N	Contrassegno provini	Dimensioni diametro x altezza (mm)	Rapp. H/Ø	Massa Volumica (Kg/m <sup>3</sup> )	Resistenza Max. Unit. (Mpa)* f <sub>c</sub>	Data di prelievo	Data prova
13	C13 Limitatore di monte - Spalla sfioro ingresso cassa	102 x 103	1,01	2260	38,6	06/06/2018	17/06/2019
14	C14 Limitatore di monte - Spalla sfioro ingresso cassa	102 x 104	1,02	2225	36,6	06/06/2018	17/06/2019
15	C15 Limitatore di monte - Spalla sfioro ingresso cassa	102 x 101	0,99	2300	49,3	06/06/2018	17/06/2019
16	C16 Limitatore di monte - Protezione sfioro ingresso cassa	102 x 103	1,01	2305	68,0	06/06/2018	17/06/2019
17	C17 Limitatore di monte - Pila sfioro ingresso cassa	102 x 104	1,02	2218	31,1	07/06/2018	17/06/2019
18	C18 Limitatore di monte - Protezione manufatto in alveo	102 x 100	0,98	2313	61,7	07/06/2018	17/06/2019
19	C22 Limitatore di monte - Pila centrale manufatto in alveo	102 x 104	1,02	2138	28,8	07/06/2018	17/06/2019

(\*) 1 MPa = 1N/mm<sup>2</sup> = 10,2 Kg/cm<sup>2</sup>

Prove eseguite secondo la normativa UNI EN 12390/3

Attrezzatura utilizzata: Pressa idraulica motorizzata "CONTROLS" da 3000 kN - mod. C50/51 - matricola 96113675 - Data ultima taratura: 17/05/19

#### OSSERVAZIONI :

Le facce di carico dei provini sono state preventivamente sottoposte a rettifica meccanica con mola diamantata.

Tipo di rottura soddisfacente.

Il Committente dichiara le seguenti profondità di carbonatazione :rif. Campione C13: 16mm - rif. Campione C14: 18mm -rif. Campione C15: 20mm - rif. Campione C16: 20mm - rif. Campione C17: 18mm -rif. Campione C18: 04mm -rif. Campione C22: 26mm

Il presente rapporto di prova non è riproducibile, neppure parzialmente, senza autorizzazione scritta del Laboratorio.  
Gli esiti in esso contenuti si riferiscono ai soli campioni sottoposti a prova

**Il Tecnico Sperimentatore**  
Gozzi L.m. Fabio

**Il Direttore del Laboratorio**  
dott. ing. Giuliano Ferrari

## SEZIONE CALCESTRUZZI

PROT. N. 536B/19

Verbale di accettazione N. 256B/19 del 13/06/19

Mantova, 20/06/19

### RAPPORTO DI PROVA

Soggetto consegnatario:

**RICHIEDENTE** : STUDIO MM SRL  
**INDIRIZZO** : Strada Pedemontana, 40/S - Mamiano di Traversetolo (PR)  
**NATURA DEI CAMPIONI** : Carote in calcestruzzo prelevata da struttura in opera dal Committente  
**PROVA RICHIESTA** : Resistenza alla compressione - UNI EN 12390/3  
**CANTIERE DI PROVENIENZA** : AIPo "Casse di espansione Enza" - Piano delle indagini strutturali - Fase 1 - Lavori di manutenzione straordinaria

### Determinazione della resistenza a compressione secondo UNI EN 12390/3

RISULTATI DELLE PROVE							
N	Contrassegno provini	Dimensioni diametro x altezza (mm)	Rapp. H/Ø	Massa Volumica (Kg/m <sup>3</sup> )	Resistenza Max. Unit. (Mpa)* f <sub>c</sub>	Data di prelievo	Data prova
1	C19-Manufatto limitatore monte- Trave laminatrice	102 x 103	1,01	2411	48,2	11/06/2018	19/06/2019
2	C20-Manufatto limitatore monte- Trave laminatrice	102 x 102	1,00	2322	55,3	11/06/2018	19/06/2019
3	C21-Manufatto limitatore monte- Trave laminatrice	102 x 101	0,99	2348	48,9	11/06/2018	19/06/2019
4	C23-Traversa di monte- Fondazione	102 x 105	1,03	2259	38,5	11/06/2018	19/06/2019
5	C24-Manufatto limitatore monte- Pila manif.alveo	102 x 105	1,03	2291	35,3	11/06/2018	19/06/2019
6	C25-Manuf.limit.monte-Soletta impalc.-Manufatto alveo	102 x 105	1,03	2219	28,4	12/06/2018	19/06/2019
7	C26-Manuf.limit.monte-Soletta impalc.-Manufatto alveo	102 x 104	1,02	2215	29,8	12/06/2018	19/06/2019
8	C27-Manuf.limit.monte-Soletta impalc.-Ingresso cassa	102 x 101	0,99	2272	29,6	12/06/2018	19/06/2019
9	C28-Manuf.limit valle -Spalla Ingresso cassa	102 x 103	1,01	2166	18,8	11/06/2018	19/06/2019
10	C29-Manuf.limit valle -Spalla Ingresso cassa	102 x 102	1,00	2246	20,7	11/06/2018	19/06/2019
11	C30-Traversa di monte- Fondazione	102 x 100	0,98	2321	26,0	11/06/2018	19/06/2019
12	C31-Traversa di monte- Fondazione	102 x 104	1,02	2222	25,4	11/06/2018	19/06/2019

(\*) 1 MPa = 1N/mm<sup>2</sup> = 10,2 Kg/cm<sup>2</sup>

Prove eseguite secondo la normativa UNI EN 12390/3

Attrezzatura utilizzata: Pressa idraulica motorizzata "CONTROLS" da 3000 kN - mod. C50/51 - matricola 96113675 - Data ultima taratura: 17/05/19

#### OSSERVAZIONI :

Le facce di carico dei provini sono state preventivamente sottoposte a rettifica meccanica con mola diamantata.

Tipo di rottura soddisfacente.

Il Committente dichiara la profondità carbonatazione : Rif. campioni C19: 10mm - C20: 12mm - C21: 10mm - C23: 05mm - C24: 16mm - C25: 10mm - C26: 10mm - C27: 12mm - C28: 38mm - C29: 40mm - C30: 06mm - C31: 05mm

Nel campione C19 è presente N°1 tondo nervato Ø 14 passante nella sezione trasversale, nel campione C29 è presente N°1 tondo nervato Ø 12

Il presente rapporto di prova non è riproducibile, neppure parzialmente, senza autorizzazione scritta del Laboratorio.  
Gli esiti in esso contenuti si riferiscono ai soli campioni sottoposti a prova

Il Tecnico Sperimentatore

Gozzi T.M. Fabio

Il Direttore del Laboratorio

dott. ing. Giuliano Ferrari



## SEZIONE CALCESTRUZZI

**PROT. N. 537B/19**
**Verbale di accettazione N. 256B/19 del 13/06/19**
**Mantova, 20/06/19**

### RAPPORTO DI PROVA

**Soggetto consegnatario:**

<b>RICHIEDENTE</b>	: STUDIO MM SRL
<b>INDIRIZZO</b>	: Strada Pedemontana, 40/S - Mamiano di Traversetolo (PR)
<b>NATURA DEI CAMPIONI</b>	: Carote in calcestruzzo prelevata da struttura in opera dal Committente
<b>PROVA RICHIESTA</b>	: Resistenza alla compressione - UNI EN 12390/3
<b>CANTIERE DI PROVENIENZA</b>	: AIPo "Casse di espansione Enza" - Piano delle indagini strutturali - Fase 1 - Lavori di manutenzione straordinaria

### Determinazione della resistenza a compressione secondo UNI EN 12390/3

RISULTATI DELLE PROVE							
N	Contrassegno provini	Dimensioni diametro x altezza (mm)	Rapp. H/Ø	Massa Volumica (Kg/m³)	Resistenza Max. Unit. (Mpa)* f <sub>c</sub>	Data di prelievo	Data prova
13	C32-Manuf.limit monte-Sfioro troppo pieno-Protezione	102 x 104	1,02	2268	38,4	12/06/2018	19/06/2019
14	C33-Manuf.limit monte-Sfioro troppo pieno-Fondazione	102 x 101	0,99	2295	52,1	12/06/2018	19/06/2019
15	C34-Manuf.limit monte-Sfioro troppo pieno-Fondazione	102 x 99	0,97	2236	50,4	12/06/2018	19/06/2019
16	C35-Manuf.limit valle -Spalla Ingresso cassa	102 x 102	1,00	1967	10,0	11/06/2018	19/06/2019
17	C36-Manuf.limit valle -Sfioro troppo pieno-Fondazione	102 x 105	1,03	2202	22,0	13/06/2018	19/06/2019
18	C37-Manuf.limit valle -Sfioro troppo pieno-Fondazione	102 x 103	1,01	2260	21,9	13/06/2018	19/06/2019
19	C38-Manuf.limit valle -Sfioro troppo pieno-Protezione	102 x 104	1,02	2272	20,5	13/06/2018	19/06/2019
20	C39-Manuf.limit valle -Sfioro ingr.cassa-Protezione	102 x 103	1,01	2241	25,5	13/06/2018	19/06/2019
21	C40-Manuf.limit valle - Fondazione ingresso cassa	102 x 102	1,00	2277	22,6	13/06/2018	19/06/2019
22	C41-Manuf.limit valle - Fondazione ingresso cassa	102 x 104	1,02	2246	24,2	13/06/2018	19/06/2019
23	C42-Manuf.limit valle - Fondazione manufatto alveo	102 x 102	1,00	2251	21,1	13/06/2018	19/06/2019
24	C43-Manuf.limit valle - Fondazione manufatto alveo	102 x 105	1,03	2272	27,7	13/06/2018	19/06/2019

(\*) 1 MPa = 1N/mm² = 10,2 Kg/cm²

Prove eseguite secondo la normativa UNI EN 12390/3

Attrezzatura utilizzata: Pressa idraulica motorizzata "CONTROLS" da 3000 kN - mod. C50/51 - matricola 96113675 - Data ultima taratura: 17/05/19

**OSSERVAZIONI :**

Le facce di carico dei provini sono state preventivamente sottoposte a rettifica meccanica con mola diamantata.

Tipo di rottura soddisfacente.

Il Committente dichiara la seguente profondità di carbonatazione : Rif. Campioni C32: 14mm - C33: 08mm - C34: 08mm - C35: 35mm - C36: 06mm - C37: 08mm - C38: 22mm - C39: 18mm - C40: 12mm - C41: 12mm - C42: 08mm - C43: 10mm

 Il presente rapporto di prova non è riproducibile, neppure parzialmente, senza autorizzazione scritta del Laboratorio.  
 Gli esiti in esso contenuti si riferiscono ai soli campioni sottoposti a prova

**Il Tecnico Sperimentatore**  
 Gozzi L.M. Fabio

**Il Direttore del Laboratorio**  
 dott. ing. Giuliano Ferrari

## SEZIONE CALCESTRUZZI

**PROT. N. 538B/19**
**Verbale di accettazione N. 256B/19 del 13/06/19**
**Mantova, 20/06/19**

### RAPPORTO DI PROVA

**Soggetto consegnatario:**

<b>RICHIEDENTE</b>	: STUDIO MM SRL
<b>INDIRIZZO</b>	: Strada Pedemontana, 40/S - Mamiano di Traversetolo (PR)
<b>NATURA DEI CAMPIONI</b>	: Carote in calcestruzzo prelevata da struttura in opera dal Committente
<b>PROVA RICHIESTA</b>	: Resistenza alla compressione - UNI EN 12390/3
<b>CANTIERE DI PROVENIENZA</b>	: AIPo "Casse di espansione Enza" - Piano delle indagini strutturali - Fase 1 - Lavori di manutenzione straordinaria

### Determinazione della resistenza a compressione secondo UNI EN 12390/3

RISULTATI DELLE PROVE							
N	Contrassegno provini	Dimensioni diametro x altezza (mm)	Rapp. H/Ø	Massa Volumica (Kg/m³)	Resistenza Max. Unit. (Mpa)* f <sub>c</sub>	Data di prelievo	Data prova
25	C44-Manuf.limit.valle - Protezione manufatto alveo	102 x 101	0,99	2305	48,9	13/06/2018	19/06/2019
26	C45-Manuf.limit.valle -Trave laminatrice	102 x 103	1,01	2261	44,7	14/06/2018	19/06/2019
27	C46-Manuf.limit.valle -Trave laminatrice	102 x 104	1,02	2262	39,9	14/06/2018	19/06/2019
28	C47-Manuf.limit.valle -Trave laminatrice	102 x 105	1,03	2261	37,5	14/06/2018	19/06/2019
29	C48-Manuf.limit.valle -Spalla destra manuf. Alveo	102 x 105	1,03	2248	18,1	15/06/2018	19/06/2019
30	C49-Manuf.limit.valle -Spalla destra manuf. Alveo	102 x 104	1,02	2284	16,5	15/06/2018	19/06/2019
31	C50-Manuf.limit.valle -Spalla destra manuf. Alveo	102 x 106	1,04	2284	28,9	15/06/2018	19/06/2019
32	C51-Manuf.limit.monte- Fondazione-Manufatto alveo	102 x 103	1,01	2231	32,1	13/06/2018	19/06/2019
33	C52-Manuf.limit.monte- Fondazione-Manufatto alveo	102 x 102	1,00	2286	35,2	13/06/2018	19/06/2019
34	C53-Manuf.limit.monte- Fondazione-Ingresso cassa	102 x 103	1,01	2344	40,8	13/06/2018	19/06/2019
35	C54-Manuf.limit.monte- Fondazione-Ingresso cassa	102 x 103	1,01	2276	35,7	13/06/2018	19/06/2019
36	C55- Traversa di monte - Fondazione	102 x 103	1,01	2236	23,8	14/06/2018	19/06/2019

(\*) 1 MPa = 1N/mm² = 10,2 Kg/cm²

Prove eseguite secondo la normativa UNI EN 12390/3

Attrezzatura utilizzata: Pressa idraulica motorizzata "CONTROLS" da 3000 kN - mod. C50/51 - matricola 96113675 - Data ultima taratura: 17/05/19

#### OSSERVAZIONI :

Le facce di carico dei provini sono state preventivamente sottoposte a rettifica meccanica con mola diamantata.

Tipo di rottura soddisfacente.

Il Committente dichiara le seguenti profondità di carbonatazione: Rif. campioni C44: 08mm - C45: 14mm - C46: 20mm - C47: 22mm - C48: 40mm - C49: 36mm - C50: 34mm - C51: 18mm - C52: 20mm - C53: 10mm - C54: 08mm - C55: 08mm

Nel campione C54 è presente N°1 tondo nervato Ø 12

Il presente rapporto di prova non è riproducibile, neppure parzialmente, senza autorizzazione scritta del Laboratorio.  
Gli esiti in esso contenuti si riferiscono ai soli campioni sottoposti a prova

**Il Tecnico Sperimentatore**  
Gozzi L.M. Fabio

**Il Direttore del Laboratorio**  
dott. ing. Giuliano Ferrari

## SEZIONE CALCESTRUZZI

PROT. N. 539B/19

Verbale di accettazione N. 256B/19 del 13/06/19

Mantova, 20/06/19

### RAPPORTO DI PROVA

Soggetto consegnatario:

**RICHIEDENTE** : STUDIO MM SRL  
**INDIRIZZO** : Strada Pedemontana, 40/S - Mamiano di Traversetolo (PR)  
**NATURA DEI CAMPIONI** : Carote in calcestruzzo prelevata da struttura in opera dal Committente  
**PROVA RICHIESTA** : Resistenza alla compressione - UNI EN 12390/3  
**CANTIERE DI PROVENIENZA** : AlPo "Casse di espansione Enza" - Piano delle indagini strutturali  
Fase 1 - Lavori di manutenzione straordinaria

### Determinazione della resistenza a compressione secondo UNI EN 12390/3

RISULTATI DELLE PROVE							
N	Contrassegno provini	Dimensioni diametro x altezza (mm)	Rapp. H/Ø	Massa Volumica (Kg/m <sup>3</sup> )	Resistenza Max. Unit. (Mpa)* $f_c$	Data di prelievo	Data prova
37	C56- Traversa di monte - Fondazione	102 x 103	1,01	2295	32,4	14/06/2018	19/06/2019
38	C57- Traversa di monte - Fondazione	102 x 104	1,02	2324	25,7	14/06/2018	19/06/2019

(\*) 1 MPa = 1N/mm<sup>2</sup> = 10,2 Kg/cm<sup>2</sup>

Prove eseguite secondo la normativa UNI EN 12390/3

Attrezzatura utilizzata: Pressa idraulica motorizzata "CONTROLS" da 3000 kN - mod. C50/51 - matricola 96113675 - Data ultima taratura: 17/05/19

#### OSSERVAZIONI :

Le facce di carico dei provini sono state preventivamente sottoposte a rettifica meccanica con mola diamantata.

Tipo di rottura soddisfacente.

Il Committente dichiara le seguenti profondità di carbonatazione: Rif. campioni C56: 10mm - C57: 10mm

Il presente rapporto di prova non è riproducibile, neppure parzialmente, senza autorizzazione scritta del Laboratorio.  
Gli esiti in esso contenuti si riferiscono ai soli campioni sottoposti a prova

Il Tecnico Sperimentatore

Gozzi L.M. Fabio

Il Direttore del Laboratorio

dott. ing. Giuliano Ferrari



## CASSA ESPANSIONE ENZA

LAVORI DI SOMMA URGENZA PER L'ESECUZIONE DEL PIANO DELLE INDAGINI STRUTTURALI; GEOLOGICHE E GEOTECNICHE PER LA VALUTAZIONE DEL GRADO DI SICUREZZA DELLA TRAVERSA E DEL MANUFATTO DISSIPATORE DI MONTE DELLA CASSA DEL TORRENTE ENZA.

**campagna indagini strutturali**

### VERBALE INDAGINI STRUTTURALI



**SUBSOIL srl**

Strada Barco, 1/C - 42027 Montecchio E. (RE)  
Tel. 0522 887268 - fax 0522 249540

IMPRESA ESECUTRICE				
REV.	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
A		FEBBRAIO 2020	FEBBRAIO 2020	FEBBRAIO 2020
		Dott. Fabrizio Cattabiani	Dott. Roberto Spagni	Dott.Geol. Fabrizio Giorgini

COMMESSA: 06100019\_FG

---

## INDICE

---

INDICE.....	1
1. PREMESSA.....	2
2. INDAGINI ESEGUITE.....	3
3. PROVE PACOMETRICHE .....	4
4. MICRODUROMETRO .....	5
5. PRELIEVO DEI FERRI E PROVA DI TRAZIONE .....	7
6. PROVE DI PULL-OUT .....	8
7. PROVE SCLEROMETRICHE.....	10
8. PROVE ULTRASONICHE .....	12
9. PROVE SONREB .....	14
10. VIDEOISPEZIONI .....	15
11. HVSR.....	23
12. CONCLUSIONI.....	24

## ALLEGATI

---

ALLEGATO STR 1 - Piano di Indagini
ALLEGATO STR 2a - MLMc Indagini Spalle e Pile
ALLEGATO STR 2b - MLMc Indagini Spalle e Pile
ALLEGATO STR 3a - MLMc Campata 1 - Pacometrie e Pull-out
ALLEGATO STR 3b - MLMc Campata 1 - Ultrasoniche
ALLEGATO STR 3c - MLMc Campata 1 - Sclerometriche e Sonreb
ALLEGATO STR 3d - MLMc Campata 1 - Pull-out
ALLEGATO STR 4a - MLMc Campata 3 - Pacometrie e Pull-out
ALLEGATO STR 4b - MLMc Campata 3 - Ultrasoniche
ALLEGATO STR 4c - MLMc Campata 3 - Sclerometriche e Sonreb
ALLEGATO STR 4d - MLMc Campata 3 - Georadar
ALLEGATO STR 4e - MLMc Campata 3 - Pull-out
ALLEGATO STR 5a - MLMc Campata 8 - Pacometrie e Pull-out
ALLEGATO STR 5b - MLMc Campata 8 - Ultrasoniche
ALLEGATO STR 5c - MLMc Campata 8 - Sclerometriche e Sonreb
ALLEGATO STR 5d - MLMc Campata 8 - Georadar
ALLEGATO STR 5e - MLMc Campata 8 - Pull-out
ALLEGATO STR 6 - MLMc Trave Laminatrice
ALLEGATO STR 7a - TdM Spalle e dente dissipatore
ALLEGATO STR 7b - TdM Georadar scivolo
ALLEGATO STR 8 - MLMc Videoispezioni
ALLEGATO STR 9 - MLMc HVSR
ALLEGATO STR 10 - Prove di Trazione

## 1. PREMESSA

**Codice commessa:**

06100019\_FG

**Committente:**

AIPO – Agenzia Interregionale per il Fiume Po.

**Referente:**

Dott. Geol. Annamaria Belardi

**Area di intervento/cantiere:**

Cassa Espansione Torrente Enza, località Montecchio Emilia (RE)

**Oggetto dell'incarico:**

LAVORI DI SOMMA URGENZA PER L'ESECUZIONE DEL PIANO DELLE INDAGINI STRUTTURALI; GEOLOGICHE E GEOTECNICHE PER LA VALUTAZIONE DEL GRADO DI SICUREZZA DELLA TRAVERSA E DEL MANUFATTO DISSIPATORE DI MONTE DELLA CASSA DEL TORRENTE ENZA.

**Rilievi:**

Indagini su Strutture eseguite da ottobre 2019.

**Responsabile di commessa**

Dott. Geol. Fabrizio Giorgini

**Rilevatori**

Dott. Fabrizio Cattabiani, Dott. Andrea Saracchi, Dott. Roberto Spagni, Dott. Marco Cocchi

Il presente documento illustra il programma delle indagini strutturali eseguite per caratterizzare i materiali di costruzione delle opere di sbarramento del torrente ENZA, site nei comuni di Montechiarugolo (PR) e Montecchio Emilia (RE). Più in dettaglio, le opere oggetto di studio sono:

- **traversa di monte**, un'opera di sbarramento che ha lo scopo di dissipare l'energia cinetica della corrente; l'opera, in calcestruzzo armato, è costituita da sfioratore, vasca e denti dissipatori. Ai lati sono presenti le spalle di bordo.
- **manufatto limitatore di monte con passerella di servizio**; l'opera ha il compito di convogliare le ondate di piena verso le casse di espansione che sono di tipo "a derivazione". Inoltre su essa è stata realizzata una passerella con le caratteristiche previste dalle norme per i ponti di 2° Categoria. Tutto il complesso è costituito dai seguenti elementi strutturali:
  1. manufatto limitatore;
  2. sfioro ingresso cassa;
  3. passerella pedonale con pile di sostegno e impalcato;
  4. spalla destra e sinistra

Lo sfioratore, la trave laminatrice, le pile, gli sfiori dalla cassa e le spalle sono realizzati in calcestruzzo armato ordinario, mentre gli impalcati sono realizzati con travi scatolari in c.a.p. e soletta integrativa gettata in opera.

Le opere idrauliche sono realizzate con due tipologie di calcestruzzo una per la platea, l'altra per il rivestimento adottando calcestruzzo additivato per resistere alle azioni abrasive prodotte dalla corrente fluviale.

È presente anche una scala per la risalita della fauna ittica.

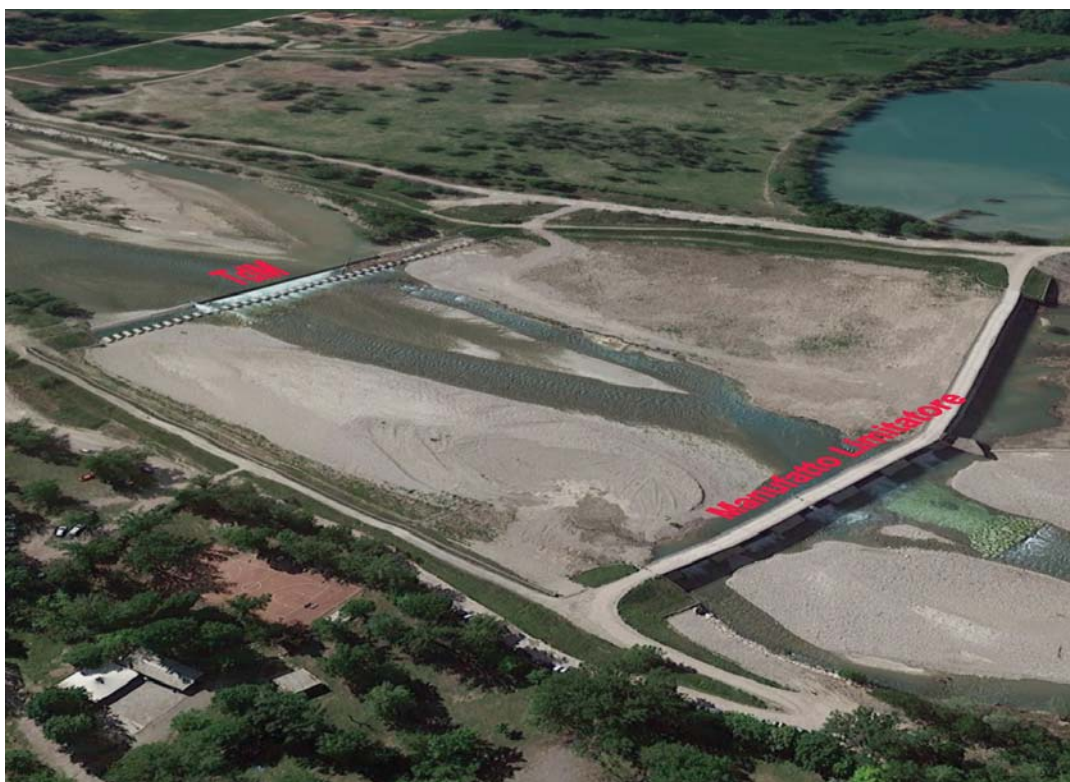


## 2. INDAGINI ESEGUITE

Ai fini di individuare le caratteristiche dei materiali di costruzione sono state eseguite le seguenti prove:

- **prova pacometrica** per la determinazione della maglia di armatura del calcestruzzo
- **prova di durezza Brinell** eseguito con Microdurometro
- **prelievo di barre di armatura**
- **prove di trazione** sulle barre di armatura
- **prove di Pull-Out**, per la determinazione della forza di estrazione
- **misurazione della velocità di propagazione delle onde ultrasoniche**
- **determinazione dell'indice sclerometrico**
- **Georadar**
- **Videoispezioni**
- **Sismica passiva HVSR**

Le ubicazioni delle singole indagini sono riportate negli allegati.



**Figura 2.1:** Ubicazione area di indagine e descrizione del ponte

### 3. PROVE PACOMETRICHE

Le prove di pacometriche consistono nella misura del campo magnetico determinato dalla presenza di armature di acciaio in vicinanza della superficie del calcestruzzo degli elementi strutturali (travi, pilastri, pareti). Tali prove consentono di "leggere", in proiezione sulla superficie di calcestruzzo, la posizione delle armature, così da consentire una stima della misura dell'interfero e del copriferro delle armature longitudinali, presenti nel piano parallelo al piano d'indagine, e del passo delle staffe. L'utilizzo del pacometro, come strumento di prova non distruttivo, è regolato dalla norme BS 1881:204. Su ogni faccia delle superfici di calcestruzzo è individuabile la posizione delle barre di armatura. Ripetendo l'operazione su più sezioni dell'elemento, e disegnando sulla superficie dello stesso, mediante una matita o altro, una retta che passi per i punti individuati, sarà possibile tracciare il reticolo delle armature presenti in vicinanza della superficie indagata.

La prova pacometrica consente anche di individuare le zone dell'elemento prive di armatura nelle quali eseguire le indagini finalizzate alla conoscenza delle caratteristiche del calcestruzzo, quali, ad esempio, il prelievo di carote, le prove sclerometriche e quelle ultrasoniche. Ne consegue che l'indagine pacometrica deve essere preliminare a qualsiasi altro tipo di indagine, distruttiva e non, condotta su elementi in cemento armato. In funzione del tipo di strumento, noto il copriferro, è anche determinabile il diametro delle barre di armatura. Si sottolinea che gli abachi standardizzati a corredo di alcuni pacometri, indicanti il diametro delle armature in funzione del copriferro (trasversale al piano su cui si sta lavorando), devono esser utilizzati con molta cautela, a causa dell'elevata incertezza sulla conoscenza del reale spessore del copriferro presente in corrispondenza di ciascuna barra posta in opera.

È auspicabile che tale operazione venga eseguita abbinando dei saggi sul calcestruzzo atti ad accertare il reale valore del copriferro. Si ricorda che tali indagini dovranno essere eseguite previa rimozione dell'intonaco, salvo quando l'indagine pacometrica abbia solo la finalità di individuare la posizione delle armature.



Figura 3.1: Strumentazione indagine pacometrica

## 4. MICRODUROMETRO

La “durezza” è comunemente intesa come la resistenza di un materiale a lasciarsi penetrare da un corpo più duro. Su tale principio si basano le più importanti prove di durezza: Brinell, Rockwell, Vickers.

Nelle leghe metalliche la durezza aumenta a causa dell'incrudimento dovuto alle lavorazioni a freddo, a causa delle tensioni interne provocate ancora dalle lavorazioni meccaniche o da alcuni trattamenti termici (es.: tempra); la durezza dipende dalla struttura cristallina del materiale e dalla sua elasticità.

Le prove di durezza consentono di risalire indirettamente a molte caratteristiche dei materiali, come la resistenza a trazione, la tenacità, la lavorabilità alle macchine utensili ecc.

Lo strumento utilizzato è definito con il termine “Durometro” e il principio di funzionamento dei durometri è pressoché identico per le varie tipologie: una punta di forma varia, viene spinta con una forza nota contro il materiale da testare, a seconda della durezza del materiale e direttamente proporzionale ad essa, questo penetrerà per una certa profondità. Misurando la profondità di penetrazione o la dimensione dell'impronta si ha l'indicazione della durezza del materiale.

Il durometro a rimbalzo, avendo all'interno le curve di correlazione già inserite, restituisce direttamente la durezza del materiale in base alla scala selezionata.

A differenza dei metodi tradizionali, in cui la forza è applicata uniformemente, il metodo dinamico applica un carico istantaneo. Una prova di durezza a rimbalzo si effettua in soli 2 secondi e utilizzando la sonda ad impatto tipo D (per la maggior parte delle applicazioni) viene lasciata una impronta di soli 400/500 micron su un acciaio con durezza di circa 600 HLD contro un impronta di 3 mm per la prova Brinell (durezza circa 400 HBW 10/3000) con un tempo di prova di almeno 15 secondi più il tempo necessario alla misura dell'impronta.

Di seguito la tabella di conversione delle scale:

TABELLA CONVERSIONE DUREZZE								
HRC	HV	HB	HRC	HV	HB	HRC	HV	HB
67.5	1.007	-	50	535	490	32.5	323	314
67	980	-	49.5	527	483	32	321	311
66.5	966	-	49	518	477	31.5	315	306
66	940	-	48.5	511	473	31	312	304
65.5	927	-	48	501	466	30.5	308	302
65	900	-	47.5	496	461	30	304	296
64.5	890	-	47	481	450	29.5	301	293
64	870	-	46.5	475	444	29	294	288
63.5	856	-	46	467	438	28.5	290	285
63	833	-	45.5	462	434	28	287	282
62.5	823	-	45	454	429	27.5	283	277
62	792	-	44.5	449	421	27	281	275
61.5	780	-	44	441	415	26.5	275	270
61	763	-	43.5	437	410	26	274	269
60.5	753	627	43	429	405	25.5	269	264
60	736	619	42.5	424	401	25	267	262
59.5	726	614	42	418	394	24.5	263	257
59	710	606	41.5	410	388	24	260	255
58.5	702	601	41	406	384	23.5	257	251
58	685	591	40.5	401	381	23	254	248
57.5	679	586	40	396	375	22.5	252	247
57	666	578	39.5	390	371	22	249	244
56.5	661	574	39	385	367	21.5	247	241
56	648	568	38.5	381	363	21	245	240
55.5	639	562	38	375	358	20.5	242	237
55	629	555	37.5	370	355	20	240	235
54.5	618	548	37	366	352	-	232	227
54	608	540	36.5	361	345	-	210	205
53.5	598	534	36	355	341	-	187	182
53	590	527	35.5	352	338	-	164	159
52.5	579	520	35	348	334	-	141	136
52	570	514	34.5	344	331	-	119	114
51.5	561	507	34	339	327	-	96	91
51	553	502	33.5	331	321			
50.5	543	495	33	328	318			

HV durezza Vickers, HB durezza Brinell, HR durezza Rockwell



La strumentazione usata **NOVATEST mod. HARTIP 3000** ha le seguenti caratteristiche.

- Schermo LCD: retroilluminato
- sonda tipo D
- Riconoscimento automatico del tipo di sonda
- Direzione Sonde: 360°
- Visualizzazione scale durezza: HRB HRC HV HB HS HLD
- Memoria: 100 gruppi
- Informazioni di carica della batteria
- Funzione di calibratura
- Software opzionale di connessione con i PC
- 2 Batterie tipo AA garantiscono un'autonomia di 100 ore
- Autospegnimento per il risparmio energetico
- Conforme secondo Standard ASTM A965 e DIN 50156
- Funzioni sul display: Direzione d'impatto, consumo batteria, scala di durezza, il valore di durezza, valore medio, tipo di materiale, numero misure
- Durezze misurabili: HRB - HRC - HV - HB - HS - HLD

Informazioni di misura:

- Forza d'impatto: 11Nmm
- Massa penetratore: 5.5g
- Minimo spessore del pezzo: 5mm
- Minimo spessore riporti: 0.8mm
- Rugosità max. superficie Ra: 1.6µm
- Massima durezza pezzo: 950HV



**Figura 4.1:** Strumentazione Microdurometro

## 5. PRELIEVO DEI FERRI E PROVA DI TRAZIONE

Si è proceduto al prelievo di due campioni di armatura metallica del calcestruzzo, dopo la demolizione del copriferro con martello demolitore.

La prova di trazione consiste nel sottoporre alcune provette del materiale in esame ad uno sforzo gradatamente crescente fino a provocarne la rottura. La prova di resistenza a trazione è la più importante prova meccanica per i materiali metallici. I diversi valori di resistenza che si determinano sono gli elementi più validi e quindi più utilizzati per esprimere le caratteristiche di un materiale e individuarne la possibilità di impiego.

Sotto lo sforzo di trazione, applicato in modo graduale e continuo, da zero fino ad un suo valore massimo, la provetta subisce un certo allungamento che verrà misurato dopo la rottura facendo combaciare i due spezzoni della provetta.

### PARAMETRI CARATTERISTICI DELLA PROVA

Nel caso di un acciaio a basso tenore di carbonio, una volta eseguita la prova e registrato il diagramma carico-allungamenti, il tecnico di laboratorio può determinare i seguenti parametri:

**Carichi di snervamento** : il carico unitario di snervamento è ottenuto dividendo il carico di snervamento superiore o inferiore per la sezione iniziale.

$$R_{eh} = F_{eh}/S_0 \quad R_{el} = F_{el}/S_0$$

**Carico di rottura** : rappresenta il valore massimo del carico raggiunto durante la prova di trazione condotto fino alla rottura. Il carico massimo unitario è dato dal rapporto fra il carico massimo e la sezione iniziale della provetta.

$$R_m = F_m / S_0$$

**Allungamento percentuale**: si definisce l'allungamento come il rapporto fra l'allungamento permanente della lunghezza utile della provetta dopo la rottura, espresso in percentuale della lunghezza iniziale

$$A\% = (L_f - L_0)/L_0$$

Il Certificato della prova a trazione è riportata nell'**ALLEGATO STR 10** – PROVA DI TRAZIONE.

## 6. PROVE DI PULL-OUT

La prova pull-out è un metodo d'indagine non distruttiva finalizzato alla valutazione della resistenza a compressione media del calcestruzzo.

Viene usato, ad esempio su strutture vecchie e deteriorate per le quali si deve accertare l'eventuale caratteristica statica, o su strutture da sottoporre a risanamento conservativo in cui risulta determinante la valutazione delle caratteristiche meccaniche del materiale.

La prova consiste nell'estrazione di un tassello metallico da un elemento in calcestruzzo e la metodologia è codificata da norme UNI per il calcestruzzo.

### ATTREZZATURA PER L'ESECUZIONE DELLA PROVA

L'attrezzatura utilizzata è composta da un martinetto, in alluminio, per l'estrazione degli appositi tasselli (Fischer Zicom M10) preparati per questa metodologia; da una pompa idraulica manuale con relativa tubazione di lunghezza 2.00 m, da un manometro per le letture (con restituzione valori in bar), e da un sistema di foratura del calcestruzzo per l'inserimento dell'inserto metallico.



**Il Kit per prova di estrazione Pull-Out è così composto:**

- N.1 Pompa a leva monostadio, pressione di lavoro 500bar, 3,4 cc/pompata, serbatoio utile 1,1 litri
- N.1 Manometro digitale ad alta precisione 0-500bar con indicazione picco di pressione min/max, memorizzazione valori e diverse unità di misura
- N.1 Adattatore per manometro 1/2"G per collegamento a presa di pressione
- N.1 Cilindro forato a semplice effetto, ritorno a molla, capacità 10ton, corsa 50mm
- N.1 Distanziale di reazione in alluminio completo di N.1 piastra d'appoggio in acciaio
- N.1 Perno di tiro completo di adattatore maschio-femmina da avvitare su perno per poter utilizzare tasselli con filetto M10, completo di rondella di contrasto auto-livellante
- N.1 Punta trapano con campana svasatrice per eseguire fori tronco-conici
- N.1 Percussore per inserimento tasselli
- N.1 Kit tasselli FZA 14x40
- Giunti rapidi con tappi di protezione
- N.1 Flessibile ad alta resistenza L=2m

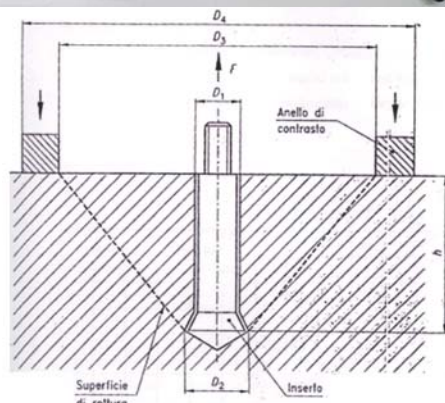


Figura 6.1: Kit per prova di pull-out.



### **ELABORAZIONE DEI DATI**

La prova è finalizzata a determinare la forza necessaria ad estrarre l'inserito metallico ad espansione geometrica, inserito in un foro, opportunamente realizzato nell'elemento di calcestruzzo. L'azione avviene facendo contrasto sulla superficie con l'impiego di un martinetto.

La forza di estrazione è ricavata dal valore della pressione applicata dall'apparato di carico, che consente l'estrazione, e dalle caratteristiche del suo attuatore (martinetto idraulico):

$$F = p A$$

p - Pressione applicata (misurata con un manometro)

A - Area su cui agisce il fluido all'interno dell'attuatore

Il valore della forza così ottenuto è utilizzato per la determinazione della resistenza a compressione tramite curva di correlazione ricavata sperimentalmente con metodi distruttivi.

La stessa prova, se opportunamente strumentata, con la misura della deformazione del calcestruzzo consente di ricavare i parametri di elasticità del materiale.

La valutazione si ottiene correlando il valore della forza necessaria all'estrazione del tassello con il valore della resistenza cubica determinata la seguente formula.

$$R_{mc} = \frac{-12,5 \cdot 10^{-6} \cdot F^2 + 0,157 \cdot F + 10}{10} \text{ [MPa]}$$

dove  $F$  = forza di estrazione [daN]

## 7. PROVE SCLEROMETRICHE

Lo sclerometro è uno strumento “a massa battente” con cui si misura la durezza superficiale dell'elemento strutturale. Si è ritenuto significativo eseguire qualche prova sclerometrica relativamente al fatto che non si sono individuate aree carbonatate.

La durezza superficiale, da evidenze sperimentali, è strettamente collegata alla resistenza e durabilità dei materiali esaminati. Si ricorda che l'uso del solo metodo sclerometrico comporta delle percentuali di incertezza, rispetto ai valori reali di resistenza del cls, pari circa al  $\pm 30\%$ , come riportato anche in letteratura.

Il metodo, infatti, fornisce una misura della durezza superficiale del cls attraverso un indice di rimbalzo; i dati ottenuti sono dunque fortemente influenzati dallo stato di carbonatazione dello strato superficiale di cls, dall'eventuale presenza di lesioni, dal grado di invecchiamento del materiale, dalla presenza di inerti affioranti, più o meno visibili.

La campagna sclerometrica può fornire una prima indicazione generale sulla resistenza del cls e sull'omogeneità dei getti.



### Caratteristiche tecniche:

- Modello: Sclerometro meccanico tipo N
- Energia di impatto: 2,207 Nm
- Range di misura: 10-110 Nmm<sup>2</sup>
- Limiti di utilizzo: Sp. => 100mm
- Norme di riferimento: UNI EN 12504 n2, ASTM C 805, BS1881
- Peso: 1,8 Kg

Figura 7.1 : Sclerometro meccanico tipo N .

Le battute sclerometriche sono state precedute dalla verifica con pacometro per il rilievo delle armature, in cui la griglia dei ferri è identificata negli elaborati in allegato.

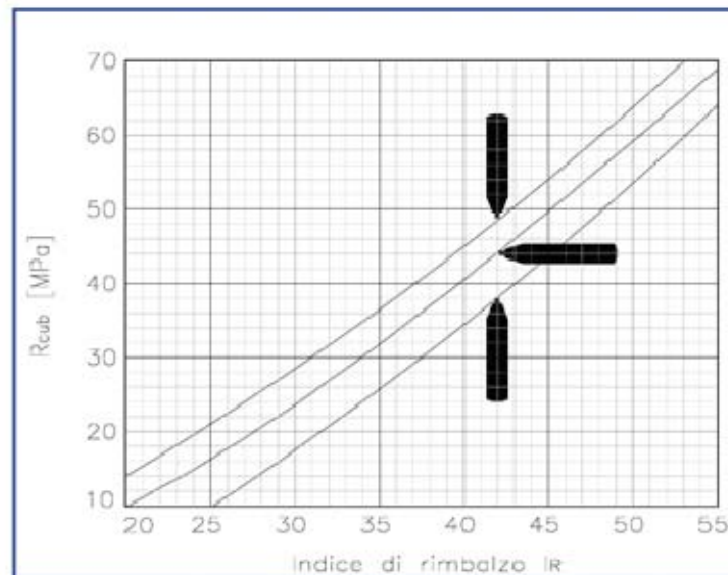
- Esecuzione della prova magnetometrica con pacometro Bosh GMS 120 e materializzazione della griglia d'armatura sulla struttura;
- esecuzione delle battute di taratura dello sclerometro mediante incudine;
- individuazione delle aree di battuta e preparazione della superficie privata di sporgenze e resa uniforme attraverso raschiatura della parte interessata con mola a mano. Le aree per ogni elemento indagato sono state sottoposte a n.12 battute previo materializzazione dei punti con apposita maschera;
- verifica della distanza dai ferri individuati con il pacometro (non <2.5 cm);
- verifica della temperatura registrata di circa 11°C (temperatura consigliata per l'indagine è 10-35°C);
- lo strumento è stato disposto in modo da formare un angolo pari a 0° rispetto all'orizzontale, appoggiato alla superficie da provare con l'asta di percussione in posizione di massima estensione in modo che l'asta di percussione venga pressata contro la superficie da provare;
- ogni battuta sclerometrica viene annotata.
- documentazione fotografica dell'elemento strutturale prima, durante e dopo la prova

Per la determinazione dell'Indice Medio di Rimbalzo dei 12 dati acquisiti per area, vengono esclusi il valore più alto e il valore più basso fra quelli ottenuti.

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. Con tale metodo si consegue, per la determinazione della resistenza del calcestruzzo, una precisione che può stimarsi nell'ordine del 15÷20%, in quanto influenzata dalla non omogeneità e isotropicità del calcestruzzo.

L'indice di rimbalzo va trasformato in Resistenza cubica attraverso le curve di correlazione legate alla direzione d'uso dello sclerometro.



**Tabella 7.2:** curva di correlazione IR-Rcub..

Mediante l'uso di curve sperimentali si correla l'indice di rimbalzo con la resistenza media a compressione.



## 8. PROVE ULTRASONICHE

Le prove ultrasoniche basano la loro capacità di stima della resistenza del calcestruzzo sulla velocità di propagazione delle onde ultrasoniche nel calcestruzzo stesso, essendo tale velocità strettamente correlata con il modulo elastico del calcestruzzo, a sua volta correlato con la resistenza a compressione (UNI EN 12504-4 [UNI 2005]. La strumentazione permette di misurare la velocità dell'impulso ad ultrasuoni nel materiale (nota la distanza tra le sonde) e il tempo impiegato dall'impulso per attraversare il materiale in esame. Lo strumento è dotato di trasduttori piezoelettrici con frequenza propria di 54 KHz e superficie di contatto di circa 18.8 cmq.



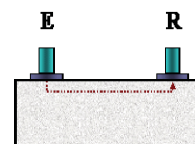
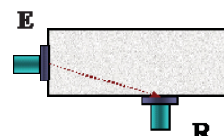
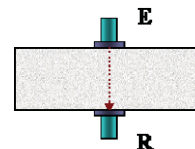
Tabella 8.1: Kit strumentazione per le prove ultrasoniche..

Il metodo, in relazione alle modalità di propagazione degli impulsi, si basa sulle seguenti considerazioni:

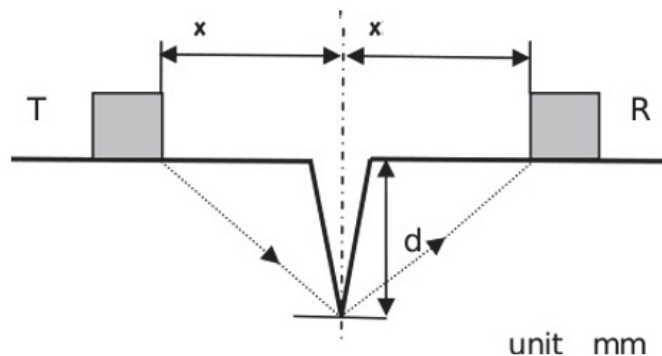
- la velocità con cui tali impulsi si propagano in un mezzo è funzione delle caratteristiche elastiche del mezzo (modulo di elasticità e coefficiente di Poisson dinamici) e della sua densità;
- le disomogeneità (fessure, zone degradate) variano la velocità di propagazione, riflettendo e rifrangendo l'onda di vibrazione, assorbendola parzialmente e attenuandola secondo determinate direzioni; analizzando tali processi è possibile risalire alle disomogeneità stesse.

L'indagine viene condotta secondo tre procedure:

- per trasmissione *diretta* dell'impulso. I trasduttori sono posizionati sui due piani opposti dell'elemento da indagare
- per trasmissione *semidiretta* dell'impulso. I trasduttori sono posizionati su due piani adiacenti perpendicolari all'elemento da indagare;
- per trasmissione indiretta o *superficiale* dell'impulso. I trasduttori sono posizionati su uno stesso piano dell'elemento da indagare



La prova ultrasonica può essere utilizzata per stimare le caratteristiche fisiche delle lesioni presenti nel calcestruzzo, utilizzando la metodologia della trasmissione indiretta, ossia allontanando i trasduttori e mantenendo le sonde in posizione simmetrica alla fessura da esaminare. Con questa metodologia è possibile definire la profondità di fratture in quanto l'impulso generato effettuerà sempre il percorso più breve all'interno del mezzo indagato, superando la discontinuità come riportato nello schema di figura x. La geometria della lesione oggetto di studio, però, deve essere semplificata come piana e perpendicolare alla superficie esterna della parete.



Visto che, in corrispondenza del calcestruzzo "sano" il percorso dell'impulso risulta lineare e corrispondente alla distanza più corta tra le due sonde, la velocità di propagazione risulta definita dalla seguente formula:

$$V_s = \frac{2x}{T_d}$$

Al contrario la presenza della lesione induce l'impulso ad effettuare un percorso più lungo corrispondente a:

$$A_d = 2 \cdot \sqrt{x^2 + d^2}$$

e pertanto la velocità dell'onda nel tratto lesionato viene definita come:

$$V_d = \frac{2 \cdot \sqrt{x^2 + d^2}}{T_d}$$

Fondamentale è conoscere la velocità di propagazione dell'impulso all'interno del calcestruzzo, che viene stimata in una porzione della muratura adiacente ma priva di lesioni, come la media delle velocità calcolate ponendo le sonde a distanze maggiori.

In questo caso specifico, per la velocità media del materiale non è stata presa in considerazione la velocità calcolata nella parte più superficiale della muratura (distanza sonde 20 cm), poiché questo valore determinato risulta decisamente inferiore rispetto a quello definito all'interno della muratura stessa misurato ponendo le sonde a distanze maggiori (40 e 60 cm).

## 9. PROVE SONREB

L'applicazione del Metodo SONREB ha lo scopo di calcolare la resistenza media a compressione del calcestruzzo combinando la velocità ultrasonica  $V$ , ottenuta con prove ultrasoniche, con l'indice di rimbalzo  $S$  ottenuto con prove sclerometriche, compensando gli errori di entrambi le prove.

Tali metodologie pur offrendo il vantaggio di essere poco invasive e facilmente estendibili ad un numero elevato di elementi, sono influenzati da numerosi fattori come la carbonatazione, la porosità, la presenza di fessurazioni o di inerti affioranti e dalle condizioni ambientali (temperatura e umidità) prese durante l'effettuazione della prova.

Il contenuto di umidità fa sottostimare l'indice sclerometrico e sovrastimare la velocità ultrasonica, mentre l'età del calcestruzzo tende a far aumentare l'indice sclerometrico e diminuire la velocità.

Attraverso la combinazione dei due indici (sclerometrico e ultrasonico) è possibile caratterizzare i calcestruzzi mediante curve di correlazione sperimentale di isoresistenza (vedi esempio sottostante).

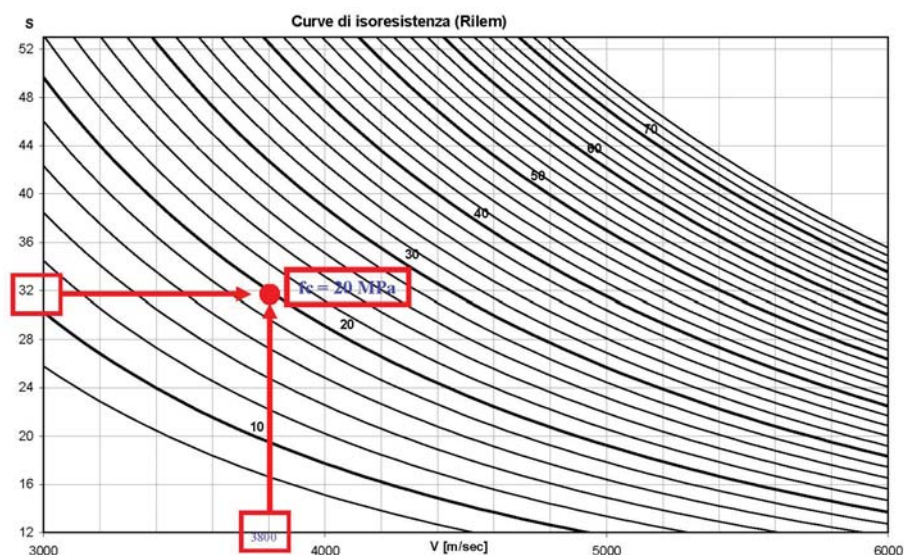


Figura 9.1: Curve di isoresistenza (MPa) per la correlazione tra Indice di rimbalzo e velocità ultrasoniche.

In letteratura esistono numerose formule, di natura empirica, per la determinazione della resistenza a compressione del calcestruzzo con il metodo combinato SONREB, ma non sempre queste risultano affidabili.

L'equazione più semplice e nota è la seguente:

$$R = R_0 \cdot e^a \cdot V^b \cdot I^c$$

$R$  = resistenza a compressione del calcestruzzo in MPa

$R_0$  = fattore conversione unità di misura

$V$  = velocità di propagazione del treno d'onda ultrasonico

$I$  = Indice rimbalzo rilevato dallo sclerometro

$a, b, c$  = parametri sperimentali di correzione adimensionali



## 10. VIDEOISPEZIONI

E' stata eseguita una videoispezione lungo l'intero sviluppo della perforazione ed è stata visionata dall'operatore attraverso l'utilizzo di una telecamera con registrazione oltre che visiva anche sonora al fine di verbalizzare ogni elemento significativo durante l'avanzamento in foro. Il sistema utilizzato è il WELL CAMERA –PASI



### SPECIFICHE TECNICHE

Testa della Telecamera	
Diametro	40mm
Lunghezza	150 mm
Tipo di sensore	CCD 1/3"
Risoluzione	480 linee
Minima intensità luminosa	1 lux
Tipo di illuminazione	6x led ad alta intensità
Massima profondità	IP68, tenuta stagna fino 350 m di colonna d'acqua (35 bar)

Figura 10.1: Kit per le videoispezioni e caratteristiche tecniche della strumentazione.

Le osservazioni e le note delle endoscopiche su ciascun foro sono riportate in **ALLEGATO STR 8 - MLMc VIDEOISPEZIONI**.

## 11. GEORADAR

L'indagine georadar è stata eseguita sullo scivolo della traversa di monte sull'impalcato del Manufatto Limitaore di Monte in sostituzione della prova pacometrica, là dove lo spessore del copriferro è superiore ai 12 cm. Tale indagine è stata eseguita per definire la geometria dei ferri di armatura.

La prospezione georadar (GPR Ground Penetrating Radar) è una metodologia di indagine geofisica che si basa sulla propagazione di onde elettromagnetiche ad elevata frequenza.

L'indagine prevede l'immissione di un breve impulso elettromagnetico in un materiale per mezzo di un'antenna la cui frequenza può variare da 10 a 2.600 MHz. L'impulso si propaga nel materiale con una velocità che dipende principalmente dalla costante dielettrica del materiale stesso. Quando l'impulso incontra un'interfaccia con proprietà dielettriche differenti dal mezzo che la circonda viene parzialmente riflesso in superficie.

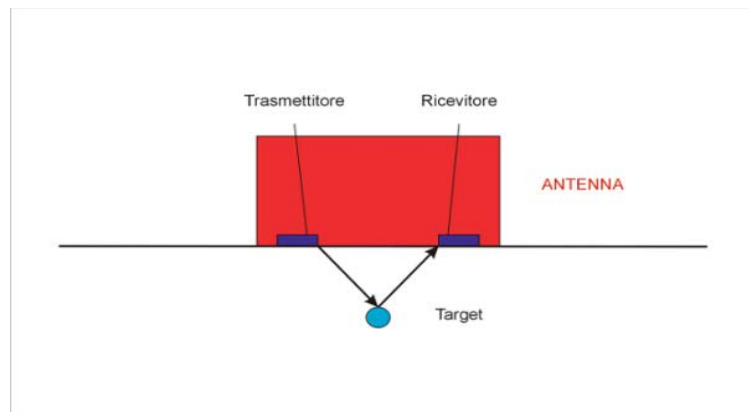


Figura 11.1

Nel campo dell'ingegneria civile la prospezione radar rappresenta un rapido metodo di indagine non invasiva utilizzabile per la definizione di obiettivi quali:

- *controlli strutturali su manufatti*
- *analisi della qualità dei getti in calcestruzzo e verifiche di spessore*
- *verifiche su lesioni*
- *localizzazione di armature*
- *localizzazione di sottoservizi*
- *analisi pavimentazioni stradali*

Le onde elettromagnetiche si propagano nell'aria con una velocità di 0.3 m/ns mentre nei materiali la velocità si riduce in funzione delle proprietà elettromagnetiche: permittività dielettrica relativa (costante dielettrica)  $\epsilon_r$ , permeabilità magnetica relativa  $\mu_r$  e conducibilità elettrica  $\sigma$ .

La velocità delle onde elettromagnetiche nei materiali può essere espressa dalla seguente equazione:

$$v = \frac{c}{\sqrt{1 + \frac{\sqrt{1 + (\sigma/\omega\epsilon)^2}}{2}}} * \epsilon_r * \mu_r$$

dove:

$c$  = velocità delle onde elettromagnetiche nel vuoto (0.3 m/ns)

$\epsilon = \epsilon_r * \epsilon_0$  permittività dielettrica ( $\epsilon_r$  costante dielettrica nel materiale,  $\epsilon_0$  costante dielettrica nel vuoto)

$\omega = \pi f$  frequenza angolare

Nei materiali non magnetici come la sabbia pulita e la ghiaia all'interno dei quali il fattore di attenuazione è considerato pari a zero, la velocità delle onde elettromagnetiche può essere ridotta alla formula:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

Tale assunto non può essere applicato ai materiali caratterizzati da un'elevata conducibilità elettrica poiché provocano un'elevata attenuazione del segnale.

Il coefficiente di attenuazione può essere così espresso:

$$\alpha = \omega \sqrt{\epsilon \mu \frac{\sqrt{1 + (\sigma/\omega\epsilon)^2} - 1}{2}}$$

e nei materiali resistivi può essere così ridotto:

$$\alpha = \frac{\sigma}{2} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$$

Ipotizzando che i materiali attraverso i quali passa l'impulso elettromagnetico, non siano magnetici (si considera uguale alla permeabilità magnetica del vuoto), l'equazione evidenzia come l'attenuazione sia proporzionale alla conducibilità elettrica. Pertanto risulta elevata nei materiali con un'alta conducibilità quali le argille, i metalli e le acque con un notevole quantitativo di sali disciolti, mentre è caratterizzata da bassi valori nelle ghiaie, nelle sabbie e nelle rocce cristalline.

I materiali con elevati valori di attenuazione limitano notevolmente la profondità di penetrazione del segnale, ma costituiscono degli ottimi riflettori.

La quantità di energia riflessa in superficie può essere espressa attraverso il coefficiente di riflessione R, il quale, in condizioni di bassa attenuazione e materiali non magnetici, è determinato dalla seguente equazione:

$$R = \frac{\sqrt{\epsilon_1} - \sqrt{\epsilon_2}}{\sqrt{\epsilon_1} + \sqrt{\epsilon_2}}$$

Dove  $\epsilon_1$  e  $\epsilon_2$  rappresentano le costanti dielettriche dei mezzi separati dall'interfaccia di riflessione.



### 11.1 Riflessione e Rifrazione di un'onda elettromagnetica

Quando un impulso elettromagnetico incontra un'interfaccia che separa materiali con differenti proprietà dielettriche, una porzione del fronte d'onda cambierà direzione a causa del fenomeno definito come dispersione.

La dispersione può verificarsi in quattro differenti modi:

1. **Riflessione** (Fig. 11.2.A): quando l'impulso incontra l'interfaccia tra i due mezzi parte dell'energia dell'onda che incide la superficie, viene riflessa nel mezzo 1 in base alla legge di Snell (angolo di riflessione=angolo di incidenza) che può essere espressa dalla seguente equazione:

$$\varphi_1 = \varphi_2$$

$\varphi_1$  = angolo di incidenza

$\varphi_2$  = angolo di riflessione

2. **Rifrazione** (Fig. 11.2.B): quando l'impulso incontra l'interfaccia tra i due mezzi parte dell'energia dell'onda che incide la superficie attraverserà il mezzo 2 con un angolo definito dalla seguente legge di Snell:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin \varphi_1}{\sin \varphi_2}$$

dove:

$v_1$  = velocità nel mezzo 1

$v_2$  = velocità nel mezzo 2

$\varphi_1$  = angolo di incidenza

$\varphi_2$  = angolo di rifrazione

Qualora la velocità del mezzo 2 sia maggiore di quella del mezzo 1, l'onda viaggerà lungo l'interfaccia tra i materiali con una velocità uguale a quella del mezzo 2 (riflessione totale). In questo caso l'angolo, definito angolo critico, sarà pari a  $90^\circ$  e può essere così espresso:

$$\frac{v_1}{v_2} = \sin \varphi_1$$

3. **Diffrazione** (Fig. 11.2.C): questo fenomeno si verifica quando l'impulso è parzialmente ostacolato da una variazione repentina di inclinazione dell'interfaccia. L'onda si disperde da un punto in varie direzioni.
4. **Risonanza** (Fig. 11.2.D): questo fenomeno si verifica quando l'impulso incide su un oggetto di dimensioni ridotte o qualora il contrasto tra la costante dielettrica dell'oggetto e quella del mezzo incassante sia elevato. L'onda rimbalza tra differenti punti all'interno dell'oggetto.

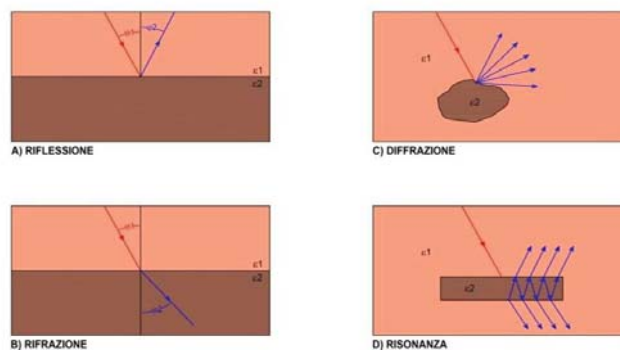


Figura 11.2

Il tempo che l'impulso elettromagnetico impiega dall'antenna emittente a raggiungere quella ricevente è definito tempo di transito. Misurando il tempo di transito del segnale è possibile calcolare la profondità del riflettore (h):

$$h = \frac{ct}{2\sqrt{\varepsilon}} = \frac{vt}{2}$$

dove:

$v$  = velocità dell'impulso nel mezzo

$t$  = tempo di transito

$\varepsilon$  = costante dielettrica del mezzo

Quando l'impulso incontra un'interfaccia continua rispetto alla direzione di movimento dell'antenna, la riflessione viene identificata sulla radargrafia come un elemento lineare (Fig. 11.3):

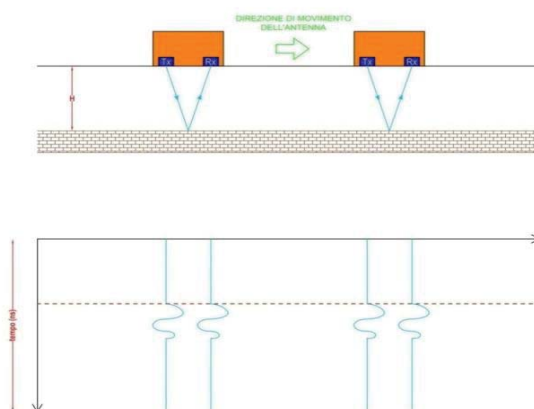


Figura 11.3

Quando l'impulso incontra un'interfaccia di limitata estensione laterale rispetto alla direzione di movimento dell'antenna, la riflessione viene identificata sulla radargrafia come un'iperbole (Fig. 10.4). Tipico esempio di interfaccia di limitata estensione laterale è rappresentato dai sottoservizi (quando la linea di rilievo è perpendicolare alla direzione di sviluppo degli stessi).

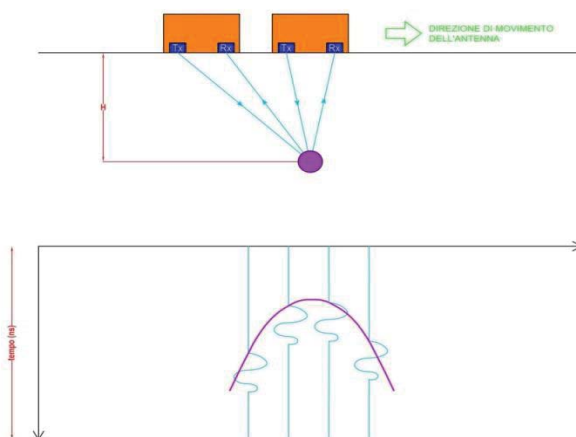


Figura 11.4

### 11.2 Costante Dielettrica

La costante dielettrica dei materiali è il parametro fondamentale per la metodologia GPR poiché da essa dipendono:

- velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche nel mezzo
- coefficienti di riflessione

Nelle rocce e nei sedimenti le costanti dielettriche dipendono principalmente dalla frequenza di misura e dalle proprietà dei materiali, quali porosità, contenuto d'acqua e caratteristiche geometriche della fase solida.

Nella tabella di seguito si riportano alcuni valori di costanti dielettriche:

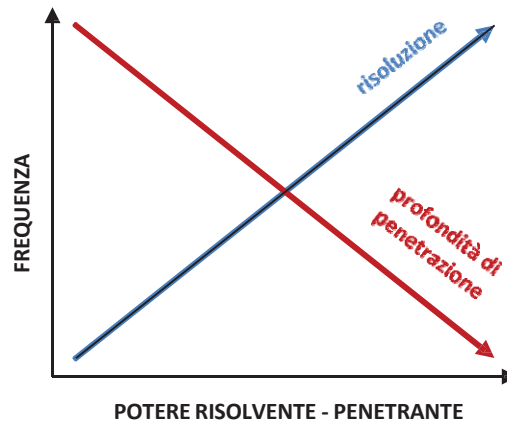
Materiale	Costante dielettrica	Velocità (mm/ns)
aria	1	300
acqua	81	33
ghiaccio	3,2	167
permafrost	1-8	106-300
sabbia (asciutta)	3-6	120-170
sabbia (bagnata)	25-30	55-60
limo (bagnato)	10	95
argilla	8-15	86-110
terreno agricolo	15	77
suolo	16	75
granito	5-8	106-120
calcare	7-9	100-113
dolomia	6,8-8	106-115
basalto (bagnato)	8	106
scisti (bagnati)	7	113
arenaria (bagnata)	6	112
carbone	4-5	134-150
quarzo	4-3	145
calcestruzzo	5-8	55-120
asfalto	3-5	134-173
PVC	3	173

*John Wiley & Sones "An introduction to applied and environmental geophysics" 1997*



### 11.3 Profondità di penetrazione

La *profondità di penetrazione* del segnale è funzione della frequenza centrale dell'antenna, della conducibilità elettrica e dell'attenuazione dei materiali indagati.



L'attenuazione del segnale dipende dalla conducibilità elettrica dei materiali, pertanto i materiali resistivi attenuano molto lentamente il segnale, mentre nei materiali conduttivi o nelle argille l'attenuazione è rapida e la profondità di penetrazione si riduce significativamente.

La massima profondità di penetrazione si raggiunge nelle sabbie e nelle ghiaie asciutte oppure nelle arenarie (materiali resistivi).

La *risoluzione verticale* dipende principalmente dalla lunghezza d'onda  $\lambda$  del segnale elettromagnetico che a sua volta è determinata dalla frequenza  $f$  e dalla velocità  $v$  dei materiali (poiché  $\lambda = v/f$ ).

Si considera come massima risoluzione verticale  $\frac{1}{4}$  della lunghezza d'onda della frequenza centrale dell'antenna.

#### 11.4 Strumentazione utilizzata

Il set di strumentazione per le indagini GPR è costituito dal sistema RIS MF Hi-Mod della IDS avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- ✓ massima velocità di acquisizione: 9kp/h
- ✓ posizionamento: ruota magnetica
- ✓ unità elettronica di controllo multicanale: DAD MCH FW
- ✓ velocità di scansione (512 campioni a scansione): da 741 a 181 scan/sec
- ✓ intervallo di scansione: 42 scan/sec
- ✓ configurazione antenne: 200/600 MHz

Le antenne in un sistema radar costituiscono l'elemento fondamentale poiché determinano la risoluzione e la massima profondità di penetrazione.

La scelta dell'antenna è dettata dalla profondità dell'obiettivo da identificare e dalla precisione con la quale deve essere ricostruito. Le antenne emettono energia con un ampio cono paragonabile ad una semisfera. Questo cono si riduce ad una apertura di 60-90 gradi quando l'antenna è a diretto contatto con la superficie oppure a breve distanza.



**Figura 11.5:** Sistema RIS MF Hi-Mod della IDS.

Dato lo spessore cospicuo del coprifermo per l'impalcato del Manufatto Limitatore di Monte e per lo scivolo della Traversa di Monte, si è provveduto eseguendo una maglia di estendimenti di georadar al fine di definire la geometria dei ferri di armatura.

## 11. HVSR

Le misure dei microtremori permettono di definire i modi di vibrare delle strutture in esame, i quali sono legati alle proprie caratteristiche geometriche, meccaniche e di vincolo. La ripetizione di queste misure nel tempo ed il loro confronto, inoltre, permetteranno una verifica in tempi lunghi delle condizioni generali dell'opera.

Per l'acquisizione del segnale è stato utilizzato lo strumento denominato TROMINO®, in grado di acquisire frequenze di vibrazione dovute al solo microtremore sismico ambientale comprese tra 0,1 e 1024 Hz, con 6 livelli di amplificazione (saturazione da  $\pm 1,2$  mm/s a  $\pm 50$  mm/s in banda).

Lo strumento costituito da una terna di velocimetri elettromeccanici, registra contemporaneamente la componente verticale e due componenti orizzontali ortogonali tra loro.

L'orientazione degli strumenti (direzione Nord) risulta parallelo non al Nord geografico ma alle strutture portanti dell'edificio in modo da poter descrivere meglio il comportamento della struttura in funzione della sua forma e dei suoi lati.

La misura è stata completata con l'acquisizione di n.° 1 segnale ambientale per consentire la depurazione degli effetti antropici e ambientali presenti nel sito.

I risultati della sismica passiva HVSR sono riportati in **ALLEGATO STR 9 - MLMc HVSR**.

## 12. CONCLUSIONI

Le prove eseguite e la loro ubicazione vengono descritte in ALLEGATO 1 – PIANO DI INDAGINI. Si precisa che non è stato possibile eseguire il Piano di indagine progettuale; in particolare l'elevato spessore del copriferro per lo scivolo della Traversa di monte e per l'impalcato del Manufatto Limitatore di Monte ha reso vano la prova pacometrica.

Si è provveduto a sostituire tale prova con un indagine con georadar al fine di stabilire la geometria della maglia di armatura.

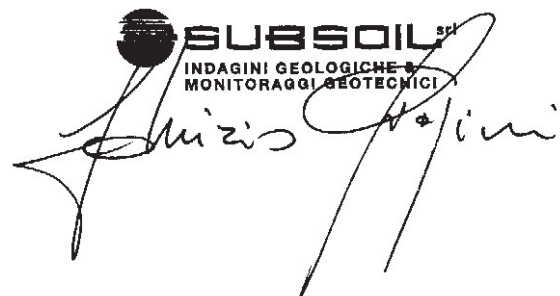
Le dimensioni del copriferro superiori ai 15 cm e la natura del calcestruzzo additivato ha reso impossibile il prelievo dei ferri di armatura sullo scivolo della Traversa di Monte

Uno spessore cospicuo del copriferro, con valori superiori ai 15 cm, è stato riscontrato sulle spalle e sulla pila num.5 del Manufatto Limitatore di Monte. Si è provveduto alla demolizione del calcestruzzo fino al rinvenimento del ferro di armatura, ai fini di individuare il diametro e la maglia delle barre. Non è stato possibile prelevare il ferro per la prova di trazione.

MARZO 2020

Il geologo

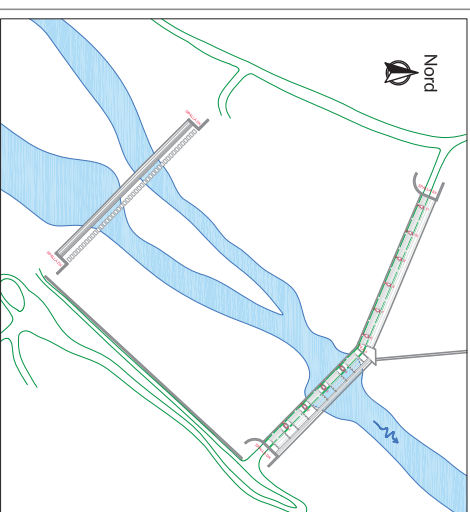
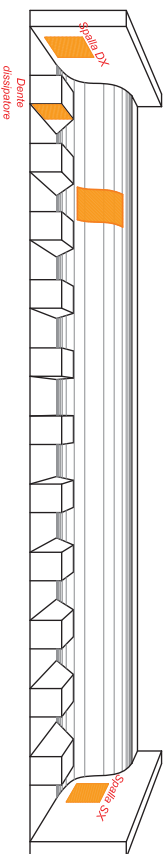
Dott. Fabrizio Giorgini



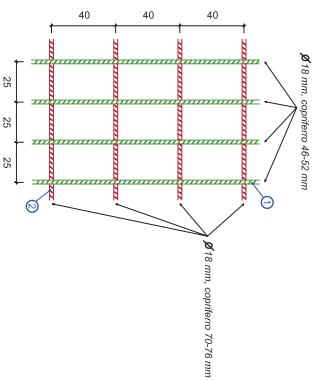
**SUBSOIL**  
INDAGINI GEOLOGICHE &  
MONITORAGGI GEOTECNICI







## SPALLA DESTRA



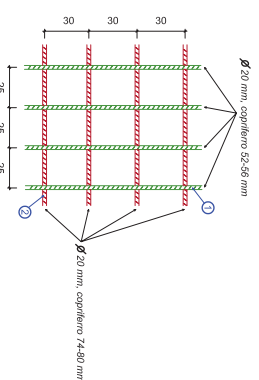
①

LD	HB
432	163
434	164
399	139
405	143
435	165

②

LD	HB
436	166
464	188
408	145
445	173
443	171

## DENTE DISSIPATORE



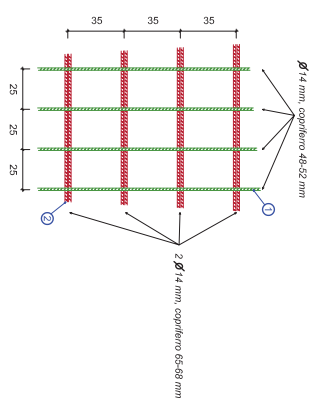
①

LD	HB
376	124
387	131
350	108
363	115
359	113

②

LD	HB
532	260
496	205
429	161
508	227
551	267

## SPALLA SINISTRA



①

LD	HB
318	89
354	110
345	105
336	99
366	117

②

LD	HB
244	/
313	87
316	88
309	85
335	99



## CASSA ESPANSIONE ENZA

LAVORI DI SOMMA URGENZA PER L'ESECUZIONE DEL PIANO DELLE INDAGINI STRUTTURALI; GEOLOGICHE E GEOTECNICHE PER LA VALUTAZIONE DEL GRADO DI SICUREZZA DELLA TRAVERSA E DEL MANUFATTO DISSIPATORE DI MONTE DELLA CASSA DEL TORRENTE ENZA.

campagna indagini sulle strutture

TDM - INDAGINI SPALLE E DENTI DISSIPATORI

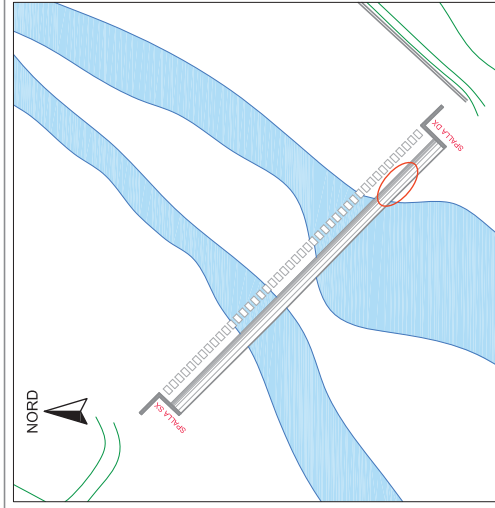
STR 7a



SUBSOL srl  
Strada Basso, 11C - 42027 Montecchio E. (RE)  
Tel. 0522 8817588 - fax 0522 249540

REV.	Descr.	Impresa Esecutrice	Verificato	Approvato
A		Doc. F. Rizzato Cataldini	Doc. F. Rizzato Cataldini	Doc. G. F. Rizzato Cataldini

COMMESSA: 00100019\_FG



LAVORI DI SOMMA URGENZA PER L'ESECUZIONE  
DEL PIANO DELLE INDAGINI STRUTTURALI;  
GEOLOGICHE E GEOTECNICHE PER LA  
VALUTAZIONE DEL GRADO DI SICUREZZA DELLA  
TRAVESSA E DEL MANUFATTO DISSIPATORE DI  
MONTE DELLA CASSA DEL TORRENTENZA.

**TdM - INDAGINI SCIVOLO -  
GEORADAR**



IMPRESA ESECUTIVE				
REV.	Descr.	Redatto	Verificato	Approvato
A		GENNAIO 2020 Dott. Fabrizio Caltabiani	GENNAIO 2020 Dott. Fabrizio Caltabiani	GENNAIO 2020 Dott. Geo. Fabrizio Caltabiani

COMMESSA: 06100019\_FG

## CASSA ESPANSIONE ENZA

LAVORI DI SOMMA URGENZA PER L'ESECUZIONE DEL PIANO DELLE INDAGINI STRUTTURALI; GEOLOGICHE E GEOTECNICHE PER LA VALUTAZIONE DEL GRADO DI SICUREZZA DELLA TRAVERSA E DEL MANUFATTO DISSIPATORE DI MONTE DELLA CASSA DEL TORRENTE ENZA.

**campagna indagini strutturali**

**PROVE DI TRAZIONE**

ALLEGATO

**STR  
10**



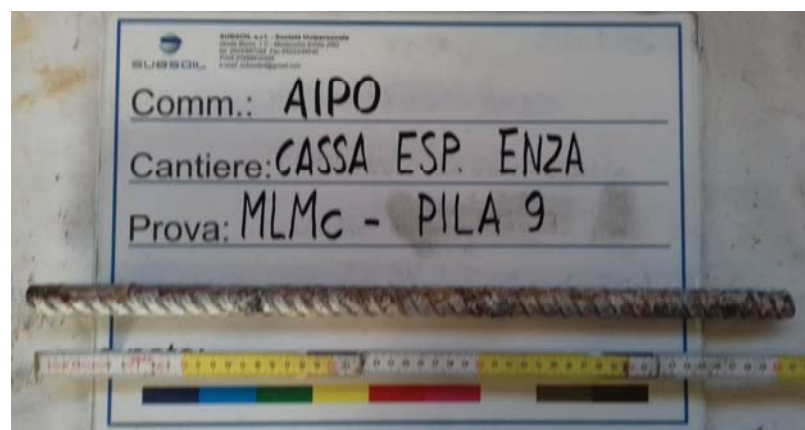
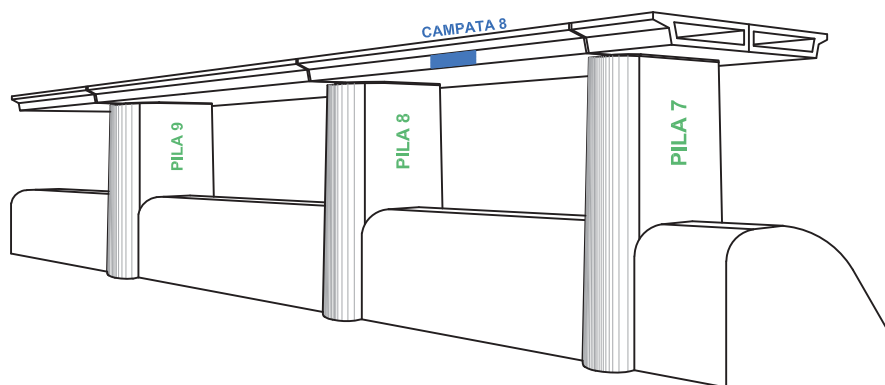
**SUBSOIL srl**

Strada Barco, 1/C - 42027 Montecchio E. (RE)  
Tel. 0522 887268 - fax 0522 249540

IMPRESA ESECUTRICE				
REV.	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
A		FEBBRAIO 2020	FEBBRAIO 2020	FEBBRAIO 2020
		Dott. Fabrizio Cattabiani	Dott. Roberto Spagni	Dott.Geol. Fabrizio Giorgini

COMMESSA: 06100019\_FG





**LAVORI DI MANUTENZIONE  
STRAORDINARIA MANUFATTI CASSE  
DI ESPANSIONE TORRENTE ENZA**

Campagna delle indagini strutturali

**PRELIEVO FERRI**

DATA: FEBBRAIO 2020

ALLEGATO

**STR  
10**

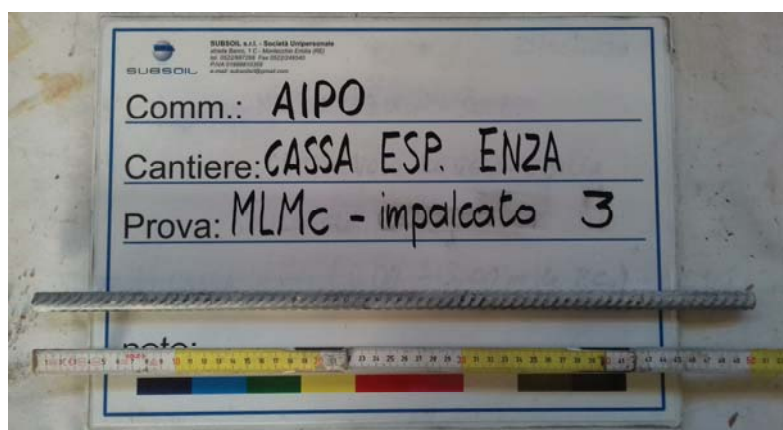
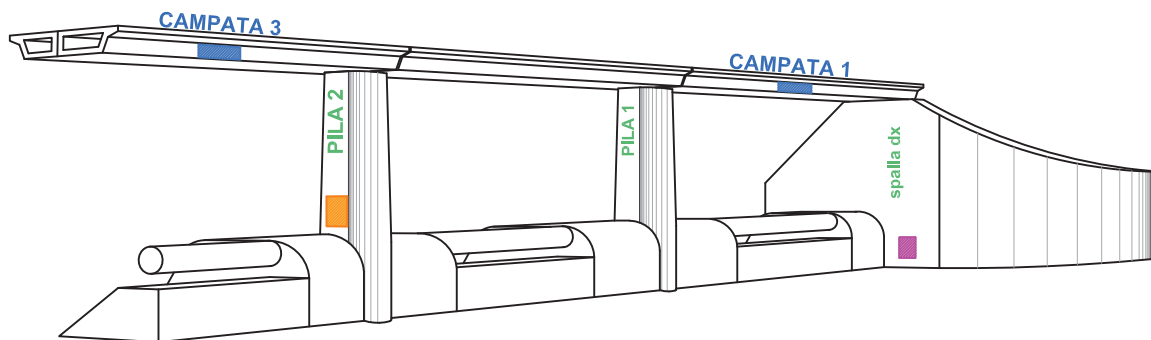
Redatto  
Dott. Fabrizio Cattabiani

Approvato  
Dott. Geol. Fabrizio Giorgini



Strada Barco, 1/C - 42027 Montecchio E. (RE)  
Tel. 0522 887268 - fax 0522 249540

COMMESSA: 06100019\_FG



Campagna delle indagini strutturali

**PRELIEVO FERRI**

DATA: FEBBRAIO 2020

ALLEGATO

**STR  
10**

**LAVORI DI MANUTENZIONE  
STRAORDINARIA MANUFATTI CASSE  
DI ESPANSIONE TORRENTE ENZA**

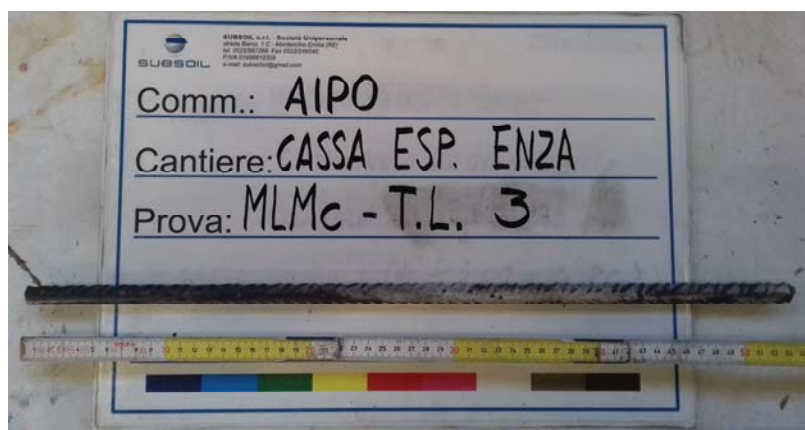
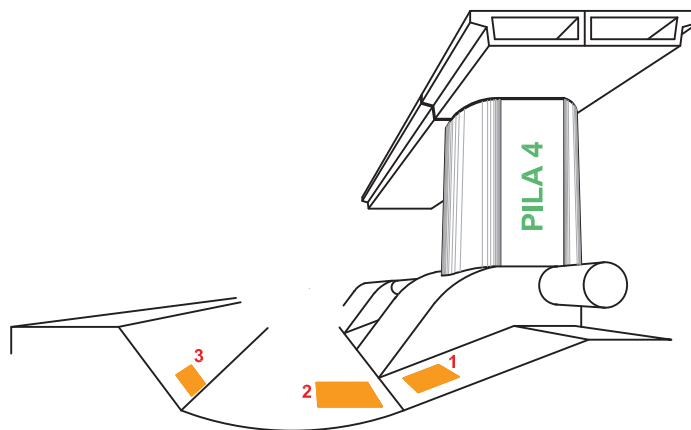
Redatto  
Dott. Fabrizio Cattabiani

Approvato  
Dott. Geol. Fabrizio Giorgini



Strada Barco, 1/C - 42027 Montecchio E. (RE)  
Tel. 0522 887268 - fax 0522 249540

COMMESSA: 06100019\_FG



**LAVORI DI MANUTENZIONE  
STRAORDINARIA MANUFATTI CASSE  
DI ESPANSIONE TORRENTE ENZA**

Campagna delle indagini strutturali

**PRELIEVO FERRI**

DATA: FEBBRAIO 2020

ALLEGATO

**STR  
10**

Redatto  
Dott. Fabrizio Cattabiani

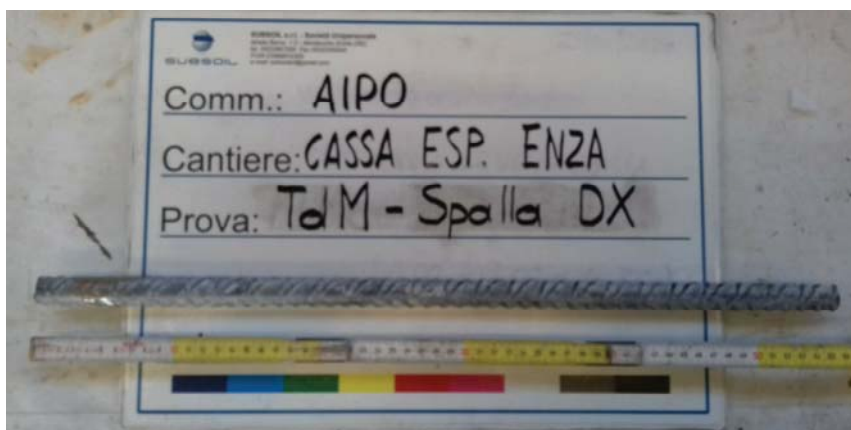
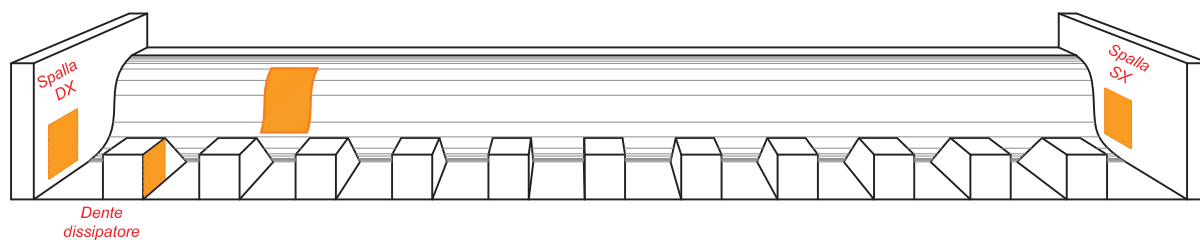
Approvato  
Dott. Geol. Fabrizio Giorgini



Strada Barco, 1/C - 42027 Montecchio E. (RE)  
Tel. 0522 887268 - fax 0522 249540

COMMESSA: 06100019\_FG





**LAVORI DI MANUTENZIONE  
STRAORDINARIA MANUFATTI CASSE  
DI ESPANSIONE TORRENTE ENZA**

Campagna delle indagini strutturali

**PRELIEVO FERRI**  
DATA: FEBBRAIO 2020

ALLEGATO  
**STR  
10**

Redatto  
Dott. Fabrizio Cattabiani

Approvato  
Dott. Geol. Fabrizio Giorgini



Strada Barco, 1/C - 42027 Montecchio E. (RE)  
Tel. 0522 887268 - fax 0522 249540

COMMESSA: 06100019\_FG



**SEZIONE ACCIAI**

PROT. N. 243B/20

Verbale di accettazione N. 150B/20 del 04/03/20

Mantova, 06/04/20

**RAPPORTO DI PROVE A TRAZIONE**

<b>COMMITTENTE</b>	: STUDIO MM SRL
<b>INDIRIZZO</b>	: Strada Pedemontana, 40/S - 43029 Mamiano di traversetolo (PR)
<b>NATURA DEI CAMPIONI</b>	: Spezzoni di tondo nervato prelevati in opera dal Committente
<b>PROVENIENZA CAMPIONI</b>	: MONTECCHIO E. (RE) - CASSA TORRENTE ENZA - AIPO - COMM.: 06100019_FG -

**RISULTATI DELLE PROVE A TRAZIONE**

N° identificativo L.T.M.	Contrassegno	Ø nominale effettivo (mm)	Sezione effettiva So (mm <sup>2</sup> )	Tensione di snervamento f <sub>y</sub> (MPa)*	Tensione di rottura f <sub>t</sub> (MPa)*	A <sub>gt</sub> (%)	Data di prova
1	MLMc - campata 1	10	78,5	517,5	634,4	10,5	17/03/20
2	MLMc - campata 8	10	78,5	483,3	589,4	9,1	17/03/20
3	MLMc - impalcato 3	14	153,9	575,8	687,4	12,4	17/03/20
4	MLMc - impalcato 8	14	153,9	584,0	698,6	10,6	17/03/20
5	MLMc - pila 9	20	314,0	525,5	634,8	11,7	17/03/20
6	MLMc - trave laminatrice 1	20	314,0	556,6	620,5	12,1	17/03/20
7	MLMc - trave laminatrice 2	16	201,0	476,5	572,0	12,3	17/03/20
8	MLMc - trave laminatrice 3	14	153,9	524,2	597,1	12,8	17/03/20
9	Tdm - dente dissipatore	20	314,0	656,0	748,1	11,9	17/03/20
10	Tdm - spalla destra	18	254,3	537,5	649,0	12,2	17/03/20
11	Tdm - spalla sinistra	12	113,0	556,3	673,1	13,1	17/03/20

(\*) 1 Mpa = 1N/mm<sup>2</sup> = 10.2 Kg/cm<sup>2</sup>

Prove eseguite secondo le normative UNI EN 15630/1 - UNI EN ISO 6892/1

Attrezzatura utilizzata: Pressa idraulica motorizzata "METROCOM" da 600 kN - mod. UI 60 C - Matricola 7399 - Data ultima taratura: 17/05/19

**OSSERVAZIONI:** Nessun marchio di ferriera rilevato

Documento non valido ai fini del D.M. 17/01/18

Il presente rapporto di prova non è riproducibile, neppure parzialmente, senza autorizzazione scritta del Laboratorio.  
Gli esiti in esso contenuti si riferiscono ai soli campioni sottoposti a prova**Il Tecnico Sperimentatore**  
Fedrazzoni geom. Alessandro**Il Direttore del Laboratorio**  
dott. ing. Giuliano Ferrari