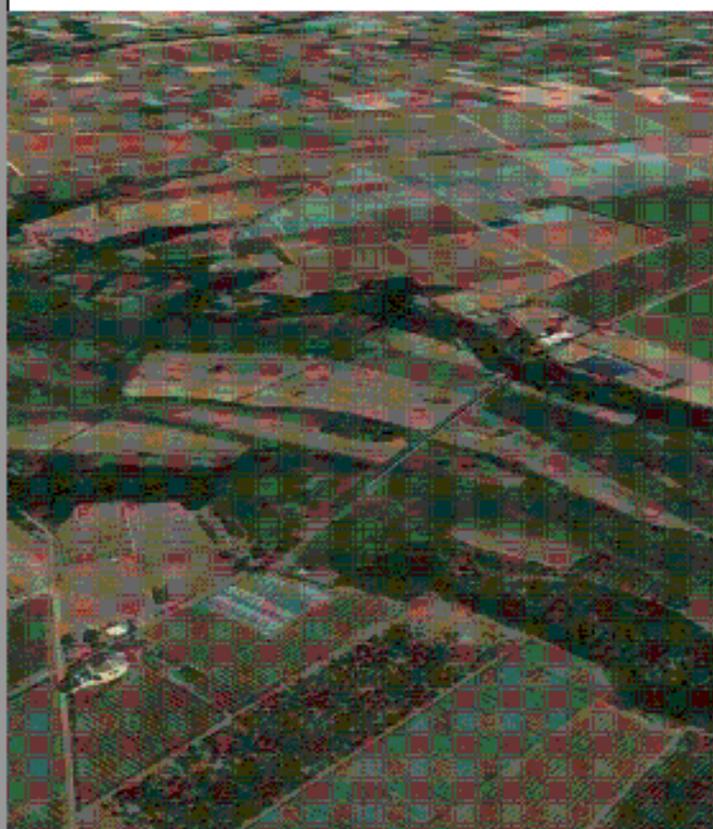


# CONSORZIO DI BONIFICA STORNARA E TARA

viale Magna Grecia, 240 - 74121 TARANTO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI RIPRISTINO DEL  
"PONTE TUBO DELL'IMPIANTO IRRIGUO CONSORTILE SX BRADANO  
UBICATO IN ATTRAVERSAMENTO NELLA LAMA DI LATERZA"  
NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA)  
CIG ZE320C0FE5



**Capogruppo R.T.P.**

ing. Francesco LASIGNA

via del Mercato, 40/E - 74011 CASTELLANETA

**Mandatari R.T.P.**

ing. Giuseppe CARLUCCI

via lago di Molveno, 7 - 74121 TARANTO

dott. geol. Antonio TRAMONTE

via Vittorio Veneto, 134 - 74016 MASSAFRA

**R.U.P. Consorzio di Bonifica**

ing. Santo CALASSO

ELABORATO	DATA	SCALA	ALLEGATO
<i>Indagini geologiche: sismica e rifrazione</i>	07/2018	varie	R.7

AGGIORNAMENTO	DATA	DESCRIZIONE

# **DIAGNOSI DELLE COSTRUZIONI**

## **LABORATORIO PROVE NON DISTRUTTIVE**

**DOTT. ANTONIO TRAMONTE**

PROVE TERMOGRAFICHE  
PROVE PACOMETRICHE  
PROVE ULTRASONICHE  
PROVE DI CARICO

PROVE SONICHE  
PROVE SCLEROMETRICHE  
PROVE CON MARTINETTI PIATTI  
PROVE GEORADAR



Via V. Veneto n. 134, MASSAFRA (TA) Tel/Fax: 099 9677535 Cell: 349 6103296 e-mail: info@lpndtramonte.it

**INTERVENTO: CARATTERI MECCANICI DEI TERRENI DI FONDAZIONE DEL  
PONTE TUBO DELL'IMPIANTO IRRIGUO CONSORTILE SX  
BRADANO**

**LUOGO: LAMA DI LATERZA**

**COMMITTENTE: CONSORZIO DI BONIFICA STORNARA E TARA**

**OPERATORE: DOTT. ANTONIO TRAMONTE**

**PROVA NON DISTRUTTIVA NEL METODO  
SISMICA A RIFRAZIONE**

Massafra, li 25/05/2018

Il Tecnico esecutore di 2° livello

**Dott. Antonio Tramonte**

**L.P.N.D. TRAMONTE**  
Il Tecnico di 2° Livello  
Dott. Antonio Tramonte

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b>	<b>2</b>
<b>2. DESCRIZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE</b>	<b>2</b>
2.1 Metodologia	2
2.2 Modalità di esecuzione	4
<b>3. ANALISI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI</b>	<b>6</b>
<b>ALLEGATI</b>	<b>9</b>
- ORTOFOTO;	
- SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA;	
- CALCOLO SPESSORI E PARAMETRI SISMICI E MECCANICI;	
- DROMOCRONE;	
- DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA;	
- SISMOGRAMMI;	

## **1. PREMESSA**

La presente campagna di indagini con metodologia sismica a rifrazione, è stata eseguita su incarico affidato dal Consorzio di bonifica Stornara e Tara, C.F. 80005450731), in qualità di proprietario del ponte tubo dell'impianto irriguo consortile Sx Bradano, ubicato in attraversamento della Lama di Laterza, oggetto di progettazione di fattibilità tecnico economica.

L'indagine ed è stata condotta sulla superficie di calpestio della pista di servizio limitrofa al ponte tubo, come riportata nell'allegata ortofoto, al fine di verificare le caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione, mediante l'analisi delle onde meccaniche riflesse e rifratte dalle superfici di discontinuità.

L'indagine è stata effettuata in ottemperanza dell'O.P.C.M. del 20/03/2003 n. 3274 e delle "Norme Tecniche per le costruzioni" (Decreto 14 gennaio 2008 e Decreto 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni").

L'indagine ha avuto lo scopo di acquisire le seguenti informazioni:

- la velocità di propagazione delle onde P ed onde S nel sottosuolo;
- lo spessore del terreno agrario o di riporto e dei materiali sciolti di copertura;
- la profondità del bedrock;
- la determinazione qualitativa e semiquantitativa di alcuni parametri elastici relativi ai sismostrati, utili anche ai fini del calcolo del coefficiente di sottofondo;
- il valore della VS,eq.

La base sismica coniugata a rifrazione (SS01), è stata eseguita a quota dell'attuale piano campagna, di lunghezza pari a 77m.

## **2. DESCRIZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE**

### **2.1 METODOLOGIA**

L'indagine geognostica, eseguita con il metodo della sismica a rifrazione, ha avuto lo scopo di:

- a) ricostruire la successione litostratigrafica del sottosuolo individuando superfici di discontinuità fisiche laterali e/o verticali;
- b) fornire indicazioni sulle caratteristiche geomeccaniche dei terreni in oggetto;

- c) evidenziare la presenza di eventuali anomalie geofisiche;
- d) definire la “Categoria di suolo di fondazione” attraverso il calcolo del valore del  $V_{S,eq}$ ;

Il metodo consiste nell'inviare nel terreno un impulso sismico, tramite un'opportuna sorgente ad impatto oppure esplosiva, e nel rilevare il primo arrivo di energia, costituito da un'onda elastica diretta oppure da un'onda elastica rifratta. L'onda rifratta, emergente in superficie, viene generata da interfacce rifrangenti, che separano mezzi a differente velocità sismica (sismostrati), generalmente, crescente con la profondità.

I primi arrivi, individuati su sismogrammi rilevati da geofoni e registrati tramite un sismografo, sono riportati su grafici tempo-distanza (dromocrone), in seguito interpretati per ottenere informazioni sismostratigrafiche.

La strumentazione utilizzata è composta da un sismografo a 12 canali, della “Pasi” modello 16S12, con acquisizione computerizzata dei dati. È stata utilizzata una sorgente del tipo ad impatto verticale ed orizzontale (massa battente) per la generazione di onde, rilevate da 12 geofoni verticali a 14 Hz per le onde P e da 12 geofoni orizzontali a 14 Hz per le onde S.

Come tutte le indagini geofisiche, per limitare i margini di errore, è necessaria una taratura con una stratigrafia di riferimento in sito.

Ai fini di una corretta interpretazione dei risultati dell'indagine sismica è importante sottolineare che:

- a) i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;
- b) la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore  $h$  ubicato a profondità  $z$  dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui  $h < 0.25 * z$ ;
- c) nelle indagini superficiali, le onde di taglio, meno veloci, arrivano in un tempo successivo, per cui il segnale registrato sarà la risultante delle onde S con le onde P;

quindi la lettura dei tempi di arrivo delle onde S può risultare meno precisa della lettura dei tempi di arrivo delle onde P;

d) le velocità delle onde P misurate in terreni saturi o molto umidi dipende, talora in maniera decisiva, dalle vibrazioni trasmesse dall'acqua interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale; perciò tale valore può non essere rappresentativo delle proprietà meccaniche del materiale in questione. Ne consegue che per alcuni terreni, al disotto della falda, le uniche onde in grado di fornire informazioni precise sulla rigidità del terreno sono quelle di taglio.

e) i terreni esaminati possono ricoprire un ampio campo delle velocità sismiche, in relazione alla presenza di materiale di riporto, di terreno vegetale e di acqua di falda nonché ai vari gradi di addensamento, consistenza e stratificazione delle formazioni presenti.

**Tabella 2.1.1 – Valori di velocità per le onde di compressione** (da “Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo” di Carrara – Rapolla – Roberti, “Il manuale del geologo” di Cassadio – Elmi)

LITOTIPO	Vp (m/sec)
Areato superficiale	300-800
Argille	1100-2900
Sabbia asciutta	200-1000
Sabbie umida	600-1800
Terreni alluvionali sciolti	400-2100
Acqua	1400-1500
Calcere fratturato	700-4200
Calcere compatto	2800-6400
Calcere cristallino	5700-6400
Piroclastiti coerenti (tufo)	750-2450
Piroclastiti incoerenti (pozzolana)	350-1000
Arenaria	1400-4500
Granito, Monzonite, Granodiorite, Gabbro, Diabase, Basalto	4000-6000
Anidrite	3500-5500
Gesso	1800-4000
Gneiss e scisti	3500-7500

## 2.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE

E' stato eseguito un profilo sismico coniugato (SS01), di lunghezza pari a m 84 (compreso le battute esterne) ed offset di m 3,5 con battuta centrale, tra i geofoni G6 e G7, oltre a quelle classiche alle estremità.

**Intervento:** verifica dei parametri meccanici del terreno di fondazione.

**Luogo:** ponte tubo Sx Bradano in attraversamento della Lama di Laterza (TA)

La profondità di investigazione massima, ottenuta nello stendimento, è stata di circa m 30 con l'utilizzo della metodologia a rifrazione.

Ai fini di una corretta interpretazione dei risultati del sondaggio è importante sottolineare che l'indagine sismica è stata eseguita a quota dell'attuale piano campagna costituito dall'alveo del fiume Lato, con lo stendimento orientato così come riportato nella planimetria allegata fig. 1.1. Adoperando opportune relazioni analitiche desunte da correlazioni empiriche è possibile associare alle caratteristiche elastiche alcuni parametri fisico-meccanici (vedi tab. P1).

Sono stati calcolati, oltre alle velocità di propagazione delle onde P ed allo spessore dei mezzi sismici individuati, alcuni parametri geotecnici. In termini congrui, dalle velocità sismiche, assegnando la densità in situ, è stato calcolato il coefficiente di Poisson ed il modulo elastico dinamico.

Le determinazioni dei moduli elastici, effettuate mediante metodologie sismiche, sono riferibili a volumi significativi di terreno in condizioni relativamente indisturbate, a differenza delle prove geotecniche di laboratorio che, pur raggiungendo un elevato grado di sofisticazione ed affidabilità, soffrono della limitazione di essere puntuali cioè relative ad un modesto volume di terreni di fondazione. I moduli elastici sismici possono essere messi in relazione ai normali moduli statici, attraverso un fattore di riduzione, (Rzhevsky et alii, 1971) evidenziando semplicemente che si riferiscono, in virtù delle energie movimentate dall'indagine e del conseguente basso livello di deformazione raggiunto, ad un modulo statico tangente iniziale.

Infine, con i dati ottenuti, dall'indagine eseguita è possibile calcolare il coefficiente di reazione del terreno  $K_s$  (Kg/cm<sup>2</sup>) attraverso la relazione semplificata di Vesic (1961):

$$K_s = E/B(1 - \nu^2)$$

Dove:

B = larghezza della fondazione;

E = modulo di elasticità del terreno;

$\nu$  = coefficiente di Poisson.

### 3. ANALISI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI

L'indagine è stata eseguita a quota dell'attuale piano campagna, caratterizzato dalla presenza di materiale di riporto.

Sulla base dell'interpretazione quantitativa del profilo sismico eseguito, è stato possibile rilevare che il sottosuolo indagato risulta costituito da tre sismostrati ben definiti, le cui caratteristiche dinamiche migliorano procedendo in profondità (vedi sezione sismostratigrafica allegata fig. 3.1).

In particolare, dall'alto verso il basso, si riscontra:

- 1° sismostrato a bassa velocità di propagazione delle onde P (da 347 m/s a 507 m/s);
- 2° sismostrato caratterizzato da una velocità di propagazione delle onde P da 1280 m/s a 1718 m/s;
- 3° sismostrato caratterizzato da una velocità di propagazione delle onde P da 2123 m/s a 2326 m/s.

Il primo sismostrato comprende depositi fluviali superficiali costituiti da sabbie e limi con ciottoli, la profondità è compresa tra m 1,10 e m 1,40 dal piano campagna. La velocità media delle onde S è di 140 m/s.

Il secondo sismostrato, ha un velocità media delle onde P di 1499 m/s, ed è associabile a limo argilloso - sabbioso mediamente consistente con lenti sabbiose; esso si rinviene fino ad una profondità media di circa m 6,0-7,3 dal piano campagna, risultando più potente in prossimità della battuta di andata. La velocità media delle onde S è di 391 m/s.

Il terzo sismostrato, ha un velocità media delle onde P di 2210 m/s, ed è associabile a limo argilloso - sabbioso consistente. La velocità media delle onde S è di 444 m/s.

In sintesi, per i "mezzi sismici" rinvenuti, non considerando il primo sismostrato in quanto costituito da depositi fluviali superficiali sabbiosi e limosi con ciottoli, non interessati dal sovraccarico trasmesso dalla struttura sovrastante, è possibile fare riferimento ai seguenti valori medi:

Sismostrato n°2:

Vp	1499
Vs	391
Ed	938
Es	31
$\gamma$	1,9
$\nu$	0,46

Sismostrato n°3:

Vp	2210
Vs	444
Ed	1179
Es	47
$\gamma$	2,1
$\nu$	0,48

Vp = velocità onde longitudinali (m/s)

Ed = modulo elastico dinamico (MPa)

Es = modulo elastico statico (MPa)

$\gamma$  = densità del mezzo (t/m<sup>3</sup>)

$\nu$  = coefficiente di Poisson

L'indagine ha contribuito a definire le caratteristiche elastiche delle formazioni geologiche presenti, evidenziando la presenza di materiale incoerente e sciolto, in superficie, e di materiale via via più consistente in profondità.

Sotto la formazione incoerente troviamo limo argilloso - sabbioso consistente.

Dai risultati dell'indagine sismica è possibile determinare il valore del  $V_{s,eq}$  attraverso la relazione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Dove:

**Intervento:** verifica dei parametri meccanici del terreno di fondazione.

**Luogo:** ponte tubo Sx Bradano in attraversamento della Lama di Laterza (TA)

$h_i$  = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato; N

= numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

$$V_{s,eq} = 397 \text{ m/s}$$

Pertanto, ai fini dell'azione sismica di progetto, nell'area di indagine, la categoria di suolo di fondazione rientra nella Categoria **B** di suolo di fondazione, avendo valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s ("Norme Tecniche per le costruzioni", approvate con D.M. 14/01/2008 e **Decreto 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni"**).

Per quanto riguarda l'*Amplificazione topografica*, si utilizza il valore del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella Tab. 3.2.VI (*Norme Tecniche per le Costruzioni*), in funzione delle categorie topografiche e dell'ubicazione dell'opera con  $T_1$  pari a  $S_T = 1,0$ .

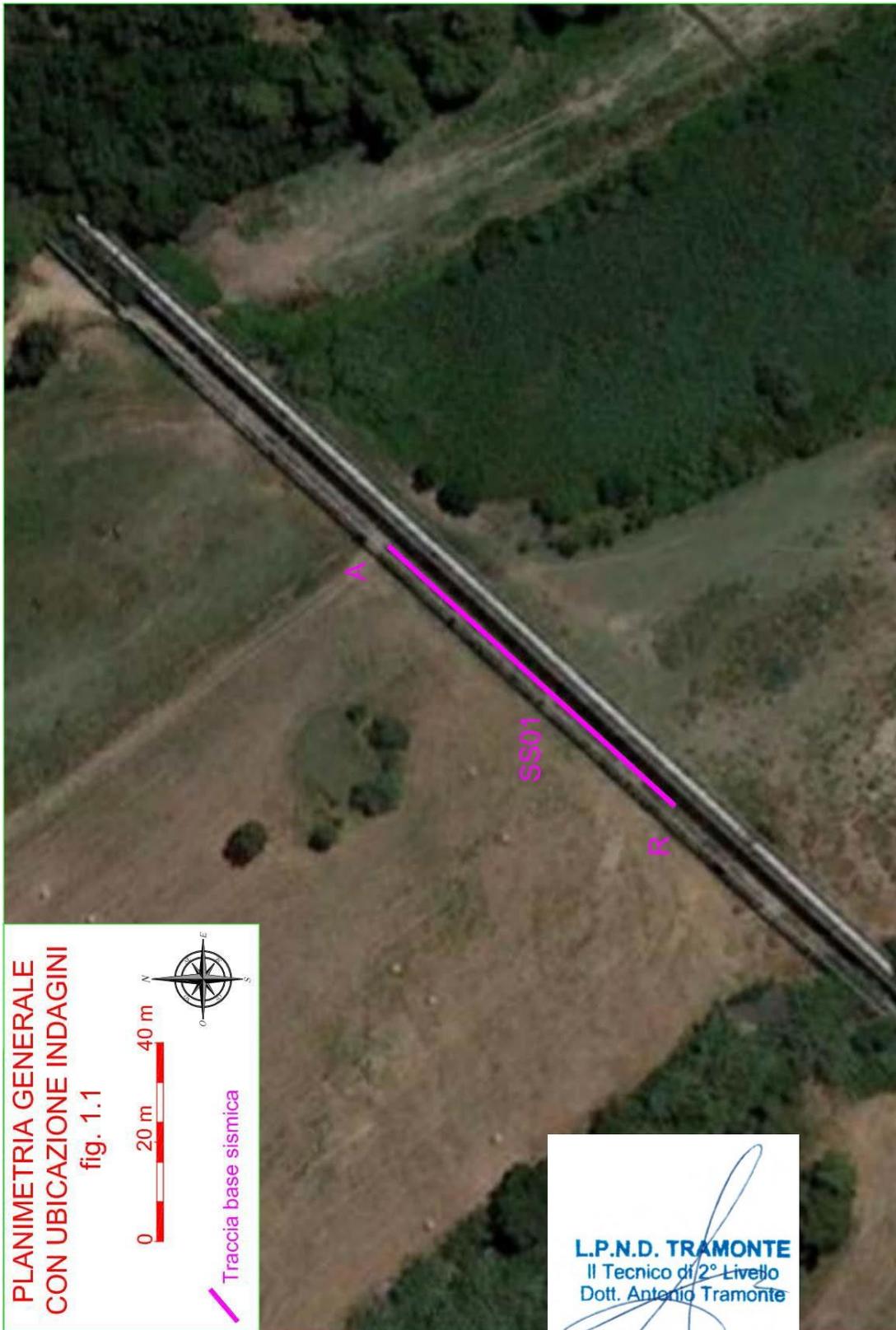
Tutte le ulteriori informazioni sugli spessori dei sismostrati, sui valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio e sulle caratteristiche elastiche dei mezzi indagati, sono riportate nelle tabelle dei parametri sismici e meccanici (tab. P1) e nella sezione sismostratigrafica (fig. 3.1).

Massafra, lì 25/05/2018

Il tecnico



**L.P.N.D. TRAMONTE**  
Il Tecnico di 2° Livello  
Dott. Antonio Tramonte



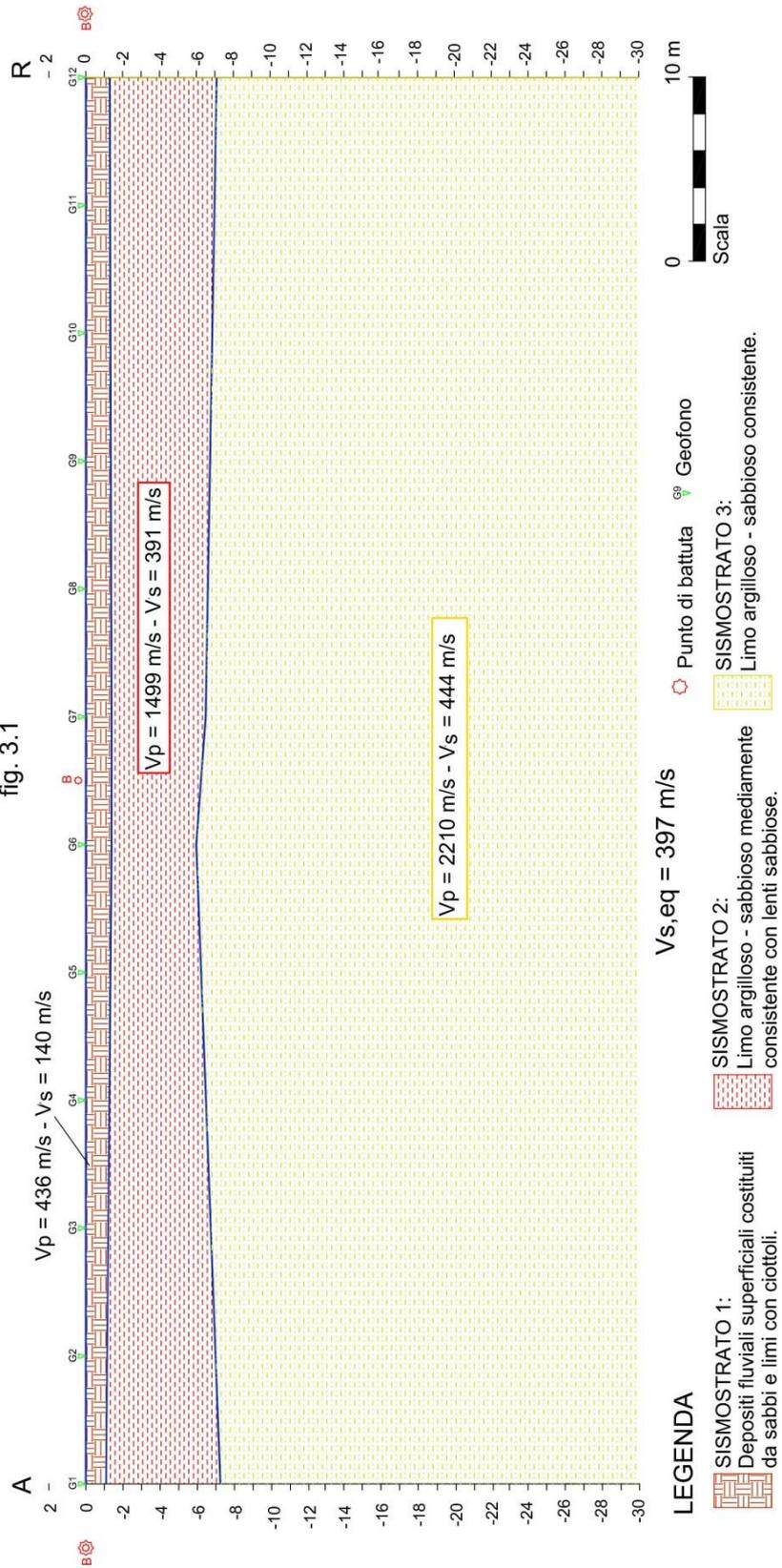
ORTOFOTO CON INDICAZIONE DELLA TOMOGRAFIA SISMICA ESEGUITA (FONTE GOOGLE HEART)

**Intervento:** verifica dei parametri meccanici del terreno di fondazione.

**Luogo:** ponte tubo Sx Bradano in attraversamento della Lama di Laterza (TA)

**L.P.N.D. TRAMONTE**  
Il Tecnico di 2° Livello  
Dott. Antonio Tramonte

BASE SISMICA SS01 - SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA  
fig. 3.1



**Intervento:** verifica dei parametri meccanici del terreno di fondazione.

**Luogo:** ponte tubo Sx Bradano in attraversamento della Lama di Laterza (TA)

**L.P.N.D. TRAMONTE**  
Il Tecnico di 2° Livello  
Dott. Antonio Tramonte

**CALCOLO SPESSORE ORIZZONTI SISMICI-Metodo delle "intercette" Sondaggio Sismico a rifrazione SS01**

Velocità

Andata	Centr. Andata	Centr. Ritorno	Ritorno	Velocità media
v1:	347 m/s	412 m/s	v1:	479 m/s
v2:	1718 m/s	1667 m/s	v2:	1280 m/s
v3:	2123 m/s	2188 m/s	v3:	2210 m/s

Tempi di intercetta

Andata	Centr. Andata	Centr. Ritorno	Ritorno
t2:	8,18	12:	5,18
t3:	11,82	10:	12,98
t4:	-	t4:	-

**RISULTATI**

**Spessore orizzonti sismici**

Andata	Centrale Andata a m	38,5	Centrale Ritorno a m	45,5	Ritorno
Z1	1,1 m	Z1	1,4 m	Z1	1,3 m
Z2	6,2 m	Z2	5,1 m	Z2	5,8 m
Z3	- m	Z3	- m	Z3	- m

Z medio  
1,3 m  
5,4 m

**Profondità orizzonti sismici**

Andata	Centrale Andata a m	38,5	Centrale Ritorno a m	45,5	Ritorno
H1	1,1 m	H1	1,4 m	H1	1,3 m
H2	7,3 m	H2	6,5 m	H2	7,1 m
H3	- m	H3	- m	H3	- m

H media  
1,3 m  
6,7 m

**Tabella parametri sismici e meccanici dei sismostrati**

Vs,eqf 397 m/sec

N° strati sismici	Descrizione litologica	Vp	Vs	Mod. di Poisson	densità	Indice di dirompibilità	Edin (mod. di Young di nemico)	G (mod. di taglio)	Es (mod. di Young statico)	Rigidità Sismica	Periodo dello strato	Frequenza dello stato
		m/s	m/s		g/cm <sup>3</sup>	%	MPa	MPa	MPa	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	sec.	hz
1	Depositi fluvisili superficiali costituiti da sabbie e limi con ciottoli	436	140	0,44	1,4	3,11	81	28	3	197,4	0,04	27
2	Limo a argilla - sabbioso mediamente consistente con limi sabbiosi	1499	391	0,46	1,9	3,83	938	321	31	754,6	0,06	18
3	Limo a argilla - sabbioso consistente	2210	444	0,48	2,1	4,98	1179	398	47	941,3	-	-

**Intervento:** verifica dei parametri meccanici del terreno di fondazione.

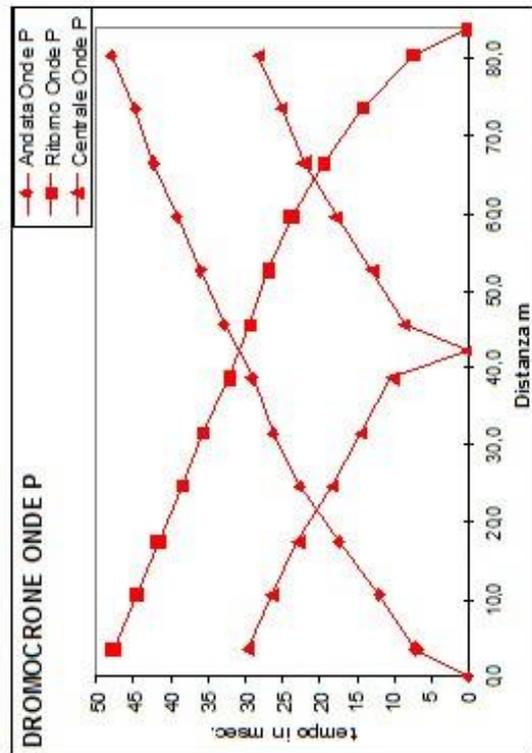
**Luogo:** ponte tubo Sx Bradano in attraversamento della Lama di Laterza (TA)

**L.P.N.D. TRAMONTE**  
 Il Tecnico di 2° Livello  
 Dott. Antonio Tramonte

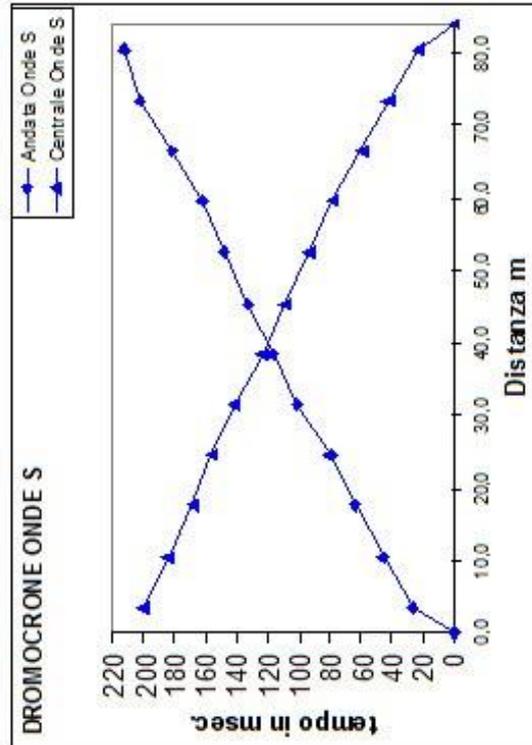
**Sondaggio Sismico a rifrazione SS01**

**Distanza intergeofonica:** m. 7,0  
**Lunghezza stendimento:** m. 77,0  
**Offset** m. 3,5

		ONDE P				ONDE S			
Geofono	Distanza A/R	Time A	Time R	Geofono	Time C	Time A	Time R	Time A	Time R
N°	m	ms	ms	N°	ms	ms	ms	ms	ms
Punto di battuta (A)	0,0	0	-		0,00	-	-	0	-
1	3,5	6,9	47,8	1	3,50	29,6	200,1	26,5	200,1
2	10,5	11,9	44,6	2	10,50	26,3	184,3	46,2	184,3
3	17,5	17,4	41,8	3	17,50	22,8	169,1	64,5	169,1
4	24,5	22,6	38,4	4	24,50	18,3	156,2	79,8	156,2
5	31,5	28,1	35,6	5	31,50	14,4	141,5	100,6	141,5
6	38,5	29,1	32,0	6	38,50	10,1	123,5	117,0	123,5
7	45,5	32,9	29,3	Battuta (C)	42,00	0,0	109,9	132,8	109,9
8	52,5	35,9	26,8	7	45,50	8,5	93,6	148,5	93,6
9	59,5	39,1	23,8	8	52,50	12,9	78,4	162,4	78,4
10	66,5	42,4	19,3	9	59,50	17,8	59,8	181,5	59,8
11	73,5	44,9	14,1	10	66,50	22,0	42,8	201,8	42,8
12	80,5	48,0	7,3	11	73,50	25,1	23,7	212,2	23,7
Punto di battuta (R)	84,0	-	0,0	12	80,50	28,3	0,0	-	0,0



**Dromocrone Sondaggio Sismico a rifrazione SS01**



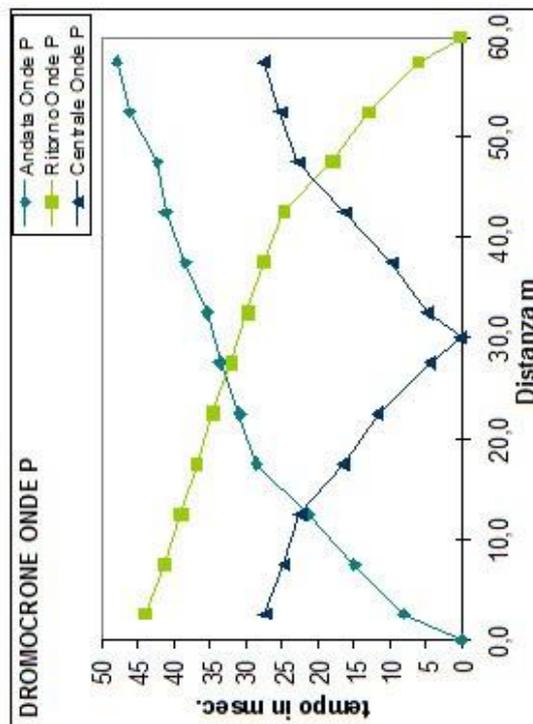
tab. D1

**L.P.N.D. TRAMONTE**  
Il Tecnico di 2° Livello  
Dott. Antonio Tramonte

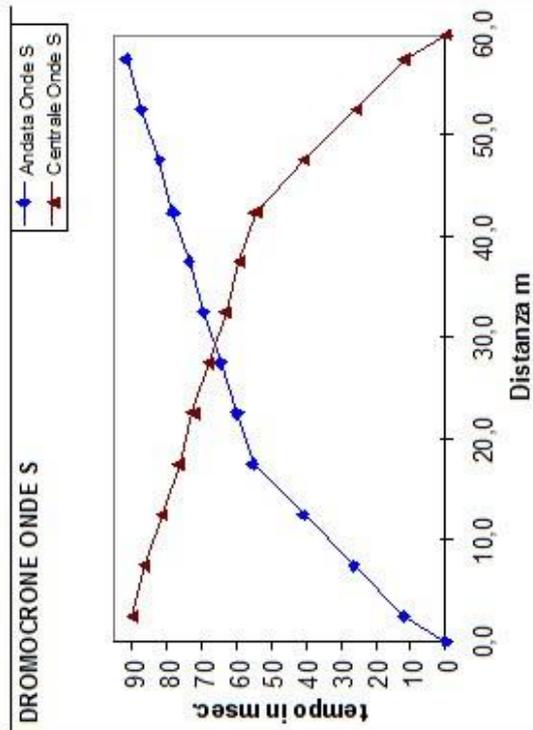
**Sondaggio Sismico a rifrazione SS01**

**Distanza a intergeofonica:** m. 5,0  
**Lunghezza stendimento:** m. 55,0  
**Offset** m. 2,50

	ONDEP					ONDES			
	Geofono N°	Distanza A/R m	Time A ms	Time R ms	Geofono N°	Distanza C ms	Time C ms	Time A ms	Time R ms
Punto di battuta (A)		0,0	0	-		0,0,0	-	0	-
	1	2,50	8,0	44,0	1	2,50	27,4	12,1	90,4
	2	7,50	14,9	41,3	2	7,50	24,8	26,6	86,8
	3	12,50	21,4	39,1	3	12,50	22,6	41,3	81,9
	4	17,50	28,5	36,8	4	17,50	16,4	56,6	77,0
	5	22,50	30,8	34,6	5	22,50	11,6	60,0	72,9
	6	27,50	33,5	32,0	6	27,50	4,4	64,9	68,3
	7	32,50	35,3	29,8	Battuta (C)	30,00	0,0	69,8	63,4
	8	37,50	38,4	27,5	7	32,50	4,8	74,0	59,4
	9	42,50	41,1	24,8	8	37,50	9,8	78,6	54,8
	10	47,50	42,4	18,0	9	42,50	16,3	82,6	40,9
	11	52,50	46,1	12,9	10	47,50	22,9	87,8	26,1
	12	57,50	47,8	6,0	11	52,50	25,3	92,1	11,9
Punto di battuta (R)		60,00	-	0,0	12	57,50	27,5	-	0,0



**Dromocrone Sondaggio Sismico a rifrazione SS01**



**Tab. D'**

## Sondaggio SS01 vista verso Nord-Est



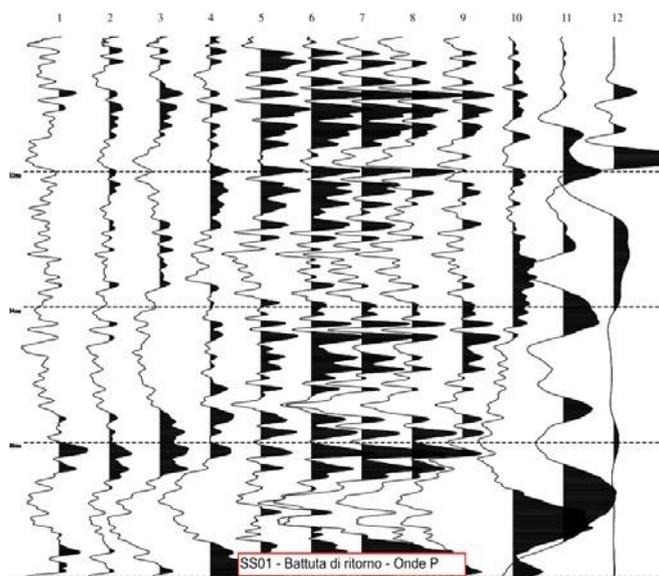
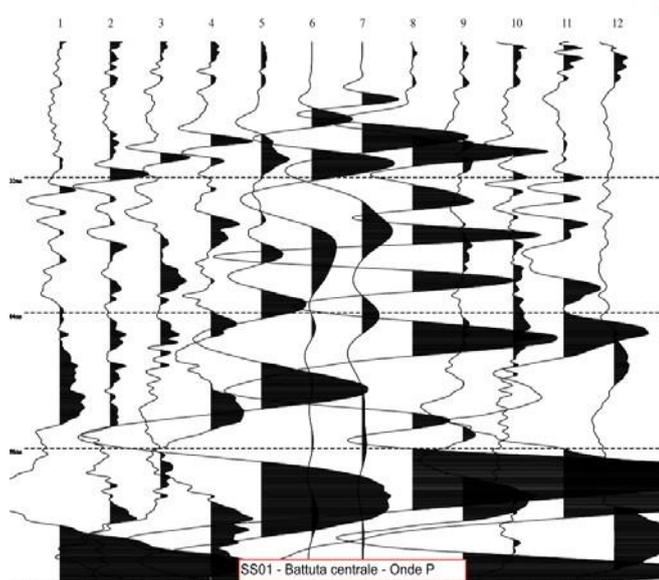
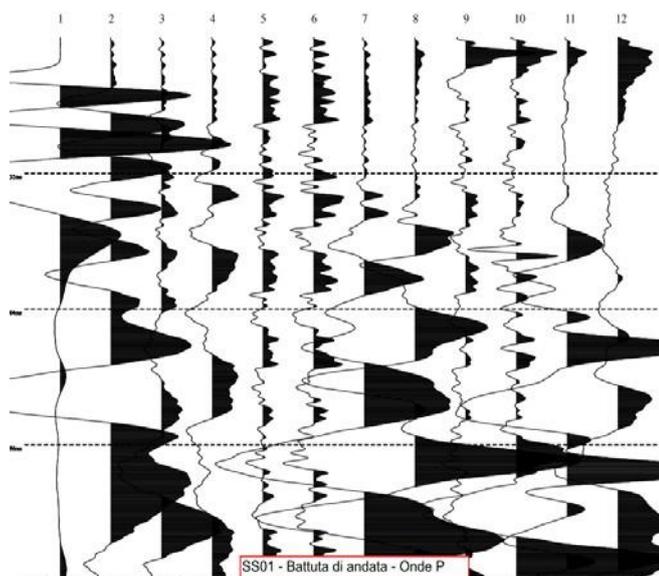
## Sondaggio SS01 vista verso Sud-Ovest



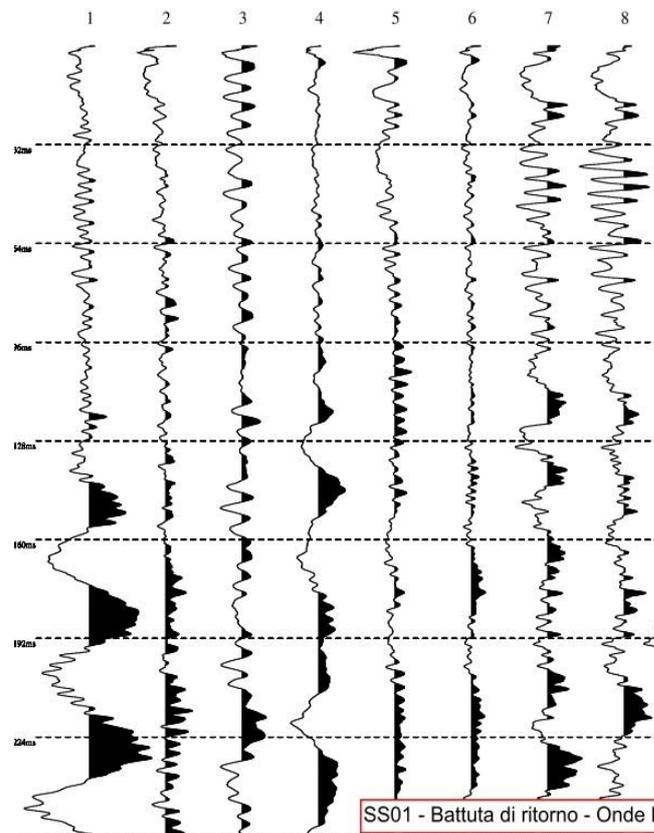
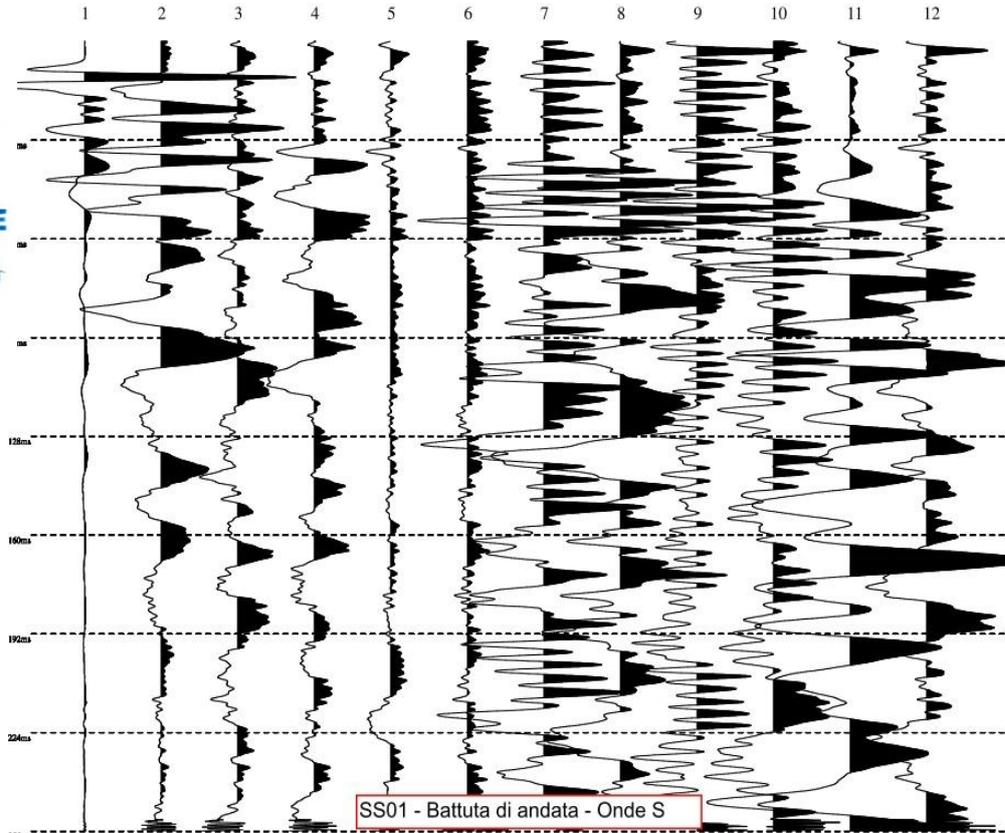
L.P.N.D. TRAMONTE  
Il Tecnico di 2° Livello  
Dott. Antonio Tramonte



SISMOGRAMMI



L.P.N.D. TRAMONTE  
Il Tecnico di 2° Livello  
Dott. Antonio Tramonte



**Intervento:** verifica dei parametri meccanici del terreno di fondazione.

**Luogo:** ponte tubo Sx Bradano in attraversamento della Lama di Laterza (TA)