



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 GEOGNOSTICHE**

Scala: -

**2022-1087-PR-GEO2**

Tav.

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

I PROGETTI



*Monica Larocca*  
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 geognostiche di caratterizzazione litostratigrafica e sismica Commissionate dalla Stazione Appaltante negli anni 2019-2020 nell'ambito del "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".

I dati acquisiti sono ora serviti da supporto la caratterizzazione geotecnica del sito di costruzione della traversa di dissipazione di monte oltre che per le valutazioni circa la suscettibilità a liquefazione dei relativi orizzonti stratigrafici. La caratterizzazione sismica del sito, effettuata mediante MASW e prova geoelettrica, hanno consentito la elaborazione della stima della risposta sismica locale di 3° Livello, quindi giustificato l'analisi sismica degli elementi strutturali e le scelte progettuali relative alla natura dell'intervento di ripristino.

Il presente documento si compone, pertanto, dei Verbali di prova e dei certificati emessi dalle imprese e professionisti attivati per la realizzazione delle indagini, tra cui:

- Subsoil s.r.l. Per le indagini in sito, geoelettriche e MASW
- Studio MM s.r.l. Per le prove di laboratorio su campioni rimaneggiati
- Laboratorio C.G.G. s.r.l. Per le prove di laboratorio su campioni indisturbati

Le Indagini geognostiche, programmate nell'ambito della campagna 2019-2020, si pongono come obiettivo la definizione delle caratteristiche:

- **geologico-idrogeologiche** (assetto litostratigrafico ed idrogeologico) e **geotecniche** (parametri di resistenza al taglio e deformabilità) peculiari dei terreni interessati dai carichi statici da impiegare nelle verifiche delle strutture agli Stati Limite Ultimi (NTC 2018 ed Eurocodici);
- **sismiche del sito** (risposta sismica locale), **con particolare riferimento alla stabilità dell'area nei confronti della liquefazione e dei cedimenti post-sismici** oltre alla valutazione del rischio di attivazione del fenomeno di doppia risonanza suolo/struttura, la determinazione della velocità media delle onde sismiche di taglio Vs30 e la risposta sismica locale RSL.

Entrambe attività necessarie alla verifica strutturale del manufatto di dissipazione con eventuale identificazione di una soluzione di rinforzo strutturale fondale adeguata alle sollecitazioni statiche, dinamiche ed idrauliche indotte dalla struttura stessa e dal contesto.

Serve, infine, evidenziare come tutta la campagna di indagini geognostiche e meccaniche sia stata sviluppata nell'ambito di un quadro normativo che vede come elementi di riferimento:

1. D.M. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 17 Gennaio 2018 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni";
2. Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 21/01 2019 n°7 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme Tecniche per le Costruzioni";
3. DGR 1164 del 23/07/2018 "Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei Comuni dell'Emilia-Romagna";
4. DGR n.1373/2011, "Atto di indirizzo recante l'individuazione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per gli altri titoli edilizi, alla individuazione degli elaborati costitutivi e dei contenuti del progetto esecutivo riguardante le strutture e alla definizione delle modalità di controllo degli stessi, ai sensi dell'art. 12, comma 1, e dell'art. 4, comma 1, della LR n. 19 del 2008".
5. **Legge n. 156 del 12 dicembre 2019**, che apporta importanti modifiche alla disciplina delle **costruzioni in zone sismiche**, modificando l'art. 94-bis del D.P.R. n.380 del 2001, introdotto dal cosiddetto **Decreto Sblocca Cantieri**.

Con riferimento invece al quadro tecnico normativo "nazionale" (NTC 2018 e Circ.7/19) le valutazioni progettuali sono state conformate (come dimostrato dalle relazioni strutturali-geotecniche allegate al Progetto Definitivo-Esecutivo):

- Alla nuova modalità di approccio alle verifiche nei confronti degli SLU idraulici (par. C6.2.4.2);
- Alla necessità di un monitoraggio del complesso opera-terreno (par. 6.26 NTC e par. C6.3.6);
- Alla caratterizzazione geotecnica ai fini sismici prevista da par. 7.11.2 NTC e C7.11.2;
- Alla valutazione della risposta sismica locale secondo quanto previsto da par. 7.11.3 e C7.11.3.1-2;
- Alla modalità di approccio alle verifiche di stabilità per liquefazione secondo par. 7.11.3.4 e C7.11.3.4;
- Ai livelli di rilievo e di prova per strutture in c.a. esistenti previsti da Circolare Tab. C8.5.V;

- Ai livelli di confidenza da assumere in funzione della entità delle indagini di caratterizzazione meccanica delle strutture in muratura portante secondo quanto previsto da C8.5.4 e Tab. C8.5.I e C8.5.II.

Oltre alle indagini geognostiche e meccaniche funzionali alla conformità normativa delle valutazioni progettuali sono state considerate ulteriori indagini di approfondimento di alcuni aspetti riscontrati come "critici" per la struttura, con particolare riferimento a:

- **Fenomeni di liquefazione dei terreni**, con prevista identificazione dello spessore complessivo degli strati soggetti al fenomeno (e conseguente eventuale rinforzo della struttura di fondazione del manufatto);
- **Caratterizzazione meccanica della struttura in c.a. della traversa di monte oggetto di verifica**, alla cui esposizione sono dedicati due elaborati tecnici riferiti alla presentazione delle indagini diagnostiche effettuate sull'opera (**Elab. 2022-1087-PR-GEO3**) ed alla loro interpretazione nella definizione delle caratteristiche meccaniche adottate nel modello strutturale di verifica (**Elab. 2022-1087-PR-STR2**)

E' stato infine **approntato di un sistema di monitoraggio topografico** (illustrato in elaborati grafici **2022-1087-PR-SF02.1.1** e **2022-1087-PR-SF02.1.2**) e che consenta di rilevare gli spostamenti dei conci e delle spalle della traversa di monte come pure gli spostamenti differenziali degli elementi comparando i dati di rilievo "0" datato agosto 2022.

Nell'ambito del presente elaborato si procederà quindi ad illustrare la campagna di indagini geognostiche effettuata nell'anno 2020 dalla ditta Subsoil s.r.l..

## 2 CAMPAGNA DI INDAGINI DEL 2020

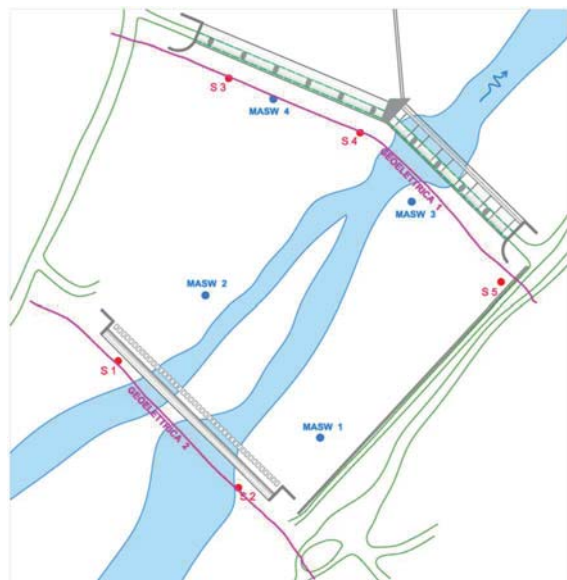
Ai fini di un'adeguata caratterizzazione geologica e geotecnica dei terreni in studio, furono individuate le seguenti tipologie di indagine:

- ✓ sondaggi a carotaggio continuo;
- ✓ prove geotecniche in foro (prove penetrometriche SPT, permeabilità Lefranc);
- ✓ prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati di terreno;
- ✓ prove geotecniche di laboratorio su campioni di terreno;
- ✓ indagini e prove geofisiche eseguite con metodo sismico tipo MASW, prospezioni di geoelettrica tomografica

Le profondità di investigazione furono definite principalmente in funzione del "volume geotecnico significativo" pertinente alla tipologia di opere in esame e delle disposizioni normative attualmente in vigore (NTC 2018).

La ubicazione delle indagini geognostiche è riportata in figura seguente da cui è possibile estrapolare come sulla traversa di monte siano state eseguite:

- Sondaggi Stratigrafici Cod. S1 ed S2
- Geoelettrica Cod. 2
- Masw Cod.1 e Cod. 2



LAVORAZIONI			TdM		
			S 1	S 2	geofisica
SONDAGGI	Sondaggio a carotaggio continuo	m.	30,0	30,0	
	Esecuzioni SPT	num.	15	15	
	Prova di Permeabilità Lefranc	num.	1	1	
	Prelievo Campioni Indisturbati	num.	2	1	
	Prelievo Campioni Rimaneggiati	num.	3	3	
MASW		num.			2
Geoelettrica		m.			240,0

**Figura 1: Schema ubicazione indagini geognostiche**



## 2.1 Caratterizzazione stratigrafica e geomeccanica

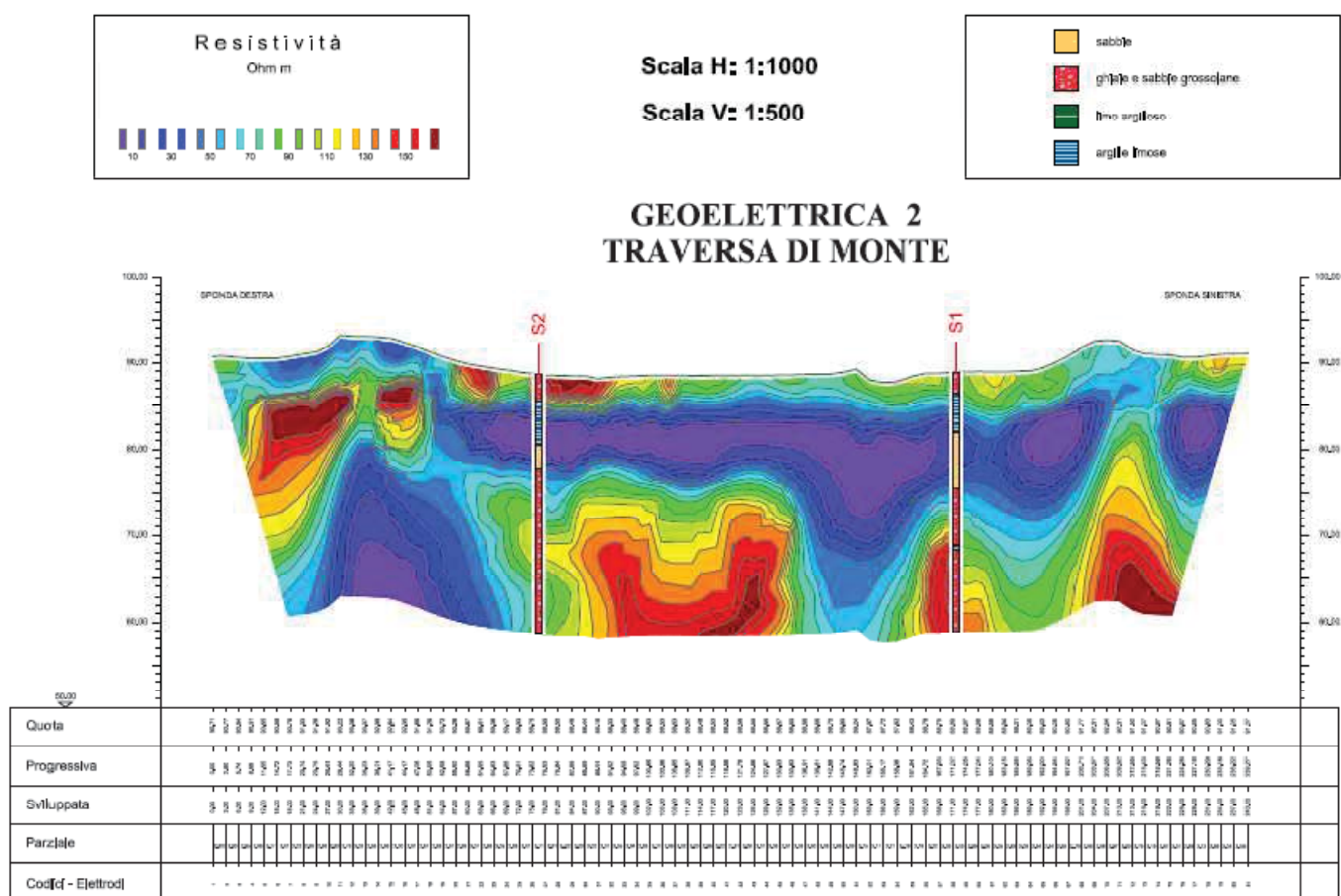
### 2.1.1. Indagini in sito – Sondaggi a Carotaggio continuo

La caratterizzazione della natura dei terreni di fondazione presso il manufatto di dissipazione di monte funzionale alla verifica dell'opera stessa è stata supportata da n°2 sondaggi a carotaggio continuo eseguiti mediante sonda SOILMEZ SM-8G, conformandosi alle seguenti norme e specifiche di riferimento:

- ⇒ AGI Associazione Geotecnica Italiana (1977) – Raccomandazioni sulla Programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche prove geotecniche in foro (prove penetrometriche SPT, permeabilità Lefranc);
- ⇒ UNI EN 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica. Parte 2. Indagini e prove nel sottosuolo [EN 1997-2 Eurocode 7 – Geotechnical Design – Part 2: Ground investigation and testing];
- ⇒ EN ISO 22475-1 – Geotechnical investigation and Testing – Sampling Methods and groundwater measurements – Part 1: Technical Principles for execution

	SONDAGGIO	INDAGINI GEOGNOSTICHE			COORDINATE WGS84		
		Profondità (m)	SPT (num.)	Lefranc (num.)	EST	NORD	Quota
TdM	S1	30,0	15	1	613928,518	4951236,837	88,814
	S2	30,0	15	1	614000,174	4951161,179	88,766

**Figura 2: Elenco dei sondaggi eseguiti sulla traversa di monte**



**Figura 3: Risultati della prova geoelettrica sulla traversa di monte – Ubicazione dei Carotaggi S1 ed S2**

La Caratterizzazione puntuale degli orizzonti stratigrafici è stata estrapolata alla intera sezione trasversale d'alveo mediante prova geoelettrica con stendimento da spalla destra e spalla sinistra a monte del manufatto dissipativo.

### 2.1.2. Standard Penetration Test (SPT)

I due sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo portati sino alla profondità di 30ml da .p.c. sono stati combinati con 15 Prove Standard Penetration Test (SPT) al fine di determinare le caratteristiche di resistenza e compressibilità dei materiali incoerenti "in situ".

### 2.1.3. Prove Lefranc

Sugli stessi fori dei carotaggi continui sono state eseguite prove di permeabilità Lefranc

	SONDAGGIO	PROVA	DATA	QUOTA
TdM	S1	LE 1	24/01/2020	5,80 - 6,65
	S2	LE 1	29/10/2019	7,00 - 8,00

**Figura 4: Elenco delle prove Lefranc eseguite**

Ricavando i seguenti valori di k (coeff. Permeabilità), calcolati secondo AGI 1977:

Sondaggio S1: profondità da 5.8m a 6.65m da p.c. = 3.28 E-7 m/s

Sondaggio S2: profondità da 7m ad 8m da p.c. = 1.86 E-6 m/s

### 2.1.4. Analisi di laboratorio

Durante l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio e dei pozzetti esplorativi sono stati prelevati campioni rimaneggiati di terreno per l'identificazione del terreno e per l'esecuzione di prove di laboratorio finalizzate alla determinazione delle proprietà geotecniche e geomeccaniche.

Il prelievo dei campioni è stato eseguito secondo la seguente normativa e specifica di riferimento:

- o AGI Associazione Geotecnica Italiana (1977) – Raccomandazioni sulla Programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche;
- o UNI EN 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica. Parte 2. Indagini e prove nel sottosuolo [EN 1997-2 Eurocode 7 – Geotechnical Design – Part 2: Ground investigation and testing];
- o EN ISO 22475-1 – Geotechnical investigation and Testing – Sampling Methods and groundwater measurements – Part 1: Technical Principles for execution.

#### CAMPIONI RIMANEGGIATI

	SONDAGGIO	CAMPIONE	Data Prelievo	QUOTA
TdM	S1	C.R. 1	03/02/2020	9,00 - 9,50
		C.R. 2	03/02/2020	12,50 - 13,00
		C.R. 3	03/02/2020	20,00 - 20,50
	S2	C.R. 1	31/10/2019	8,50 - 8,90
		C.R. 2	31/10/2019	9,50 - 10,00
		C.R. 3	31/10/2019	19,50 - 20,00

#### CAMPIONI INDISTURBATI

	SONDAGGIO	CAMPIONE	Data Prelievo	QUOTA
TdM	S1	C.R. 1	24/01/2020	4,00 - 4,50
		C.R. 2	24/01/2020	7,40 - 7,90
	S2	C.I. 1	29/10/2019	5,80 - 6,30

**Figura 5: Elenco dei campioni rimaneggiati ed indisturbati prelevati.**

Alle prove "in situ" su SPT sono state quindi associate prove di laboratorio sui campioni rimaneggiati ed indisturbati prelevati dai due carotaggi continui.

Le prove sono state effettuate sia presso il laboratorio di analisi delle terre dello Studio MM s.r.l. sia presso il laboratorio C.G.G. s.r.l. con emissione di vari certificati di prova in cui sono contenute (secondo la tipologia del campione):

- Determinazione del contenuto naturale d'acqua

- Determinazione della massa volumica apparente
- Determinazione della massa volumica reale
- Analisi granulometrica per vagliatura
- Analisi granulometrica per sedimentazione
- Limiti di consistenza
- Prove di compressione ad espansione laterale libera
- Prove di compressione edometrica
- Prove di taglio diretto (Scatola di Casagrande)
- Prova di compressione triassiale Consolidata isotropicamente - Non drenata (CIU)
- Prove triassiali cicliche (CTX)
- Prova di colonna risonante (RC)

	SONDAGGIO	CAMPIONE	Data Prelievo	QUOTA	Apertura campione	Determinazione contenuto d'acqua	Peso specifico dei grani	Peso di Volume	Granulometria per sedimentazione	Limiti di Atterberg
Tdm	S1	C.R. 1	03/02/2020	9,00 - 9,50	1	1	1	1	1	1
		C.R. 2	03/02/2020	12,50 - 13,00	1	1	1	1	1	1
		C.R. 3	03/02/2020	20,00 - 20,50	1	1	1	1	1	1
	S2	C.R. 1	31/10/2019	8,50 - 8,90	1	1	1	1	1	1
		C.R. 2	31/10/2019	9,50 - 10,00	1	1	1	1	1	1
		C.R. 3	31/10/2019	19,50 - 20,00	1	1	1	1	1	1

**Figura 6: Tipologie di prove eseguite sui campioni rimaneggiati**

	SONDAGGIO	CAMPIONE	Data Prelievo	QUOTA	Apertura campione	Granulometria per sedimentazione	Limiti di Atterberg	Taglio Diretto - Scatola di Casagrande	Prova Edometrica	Prova di compressione ELL	Prova triassiale ciclica CTX	Prova triassiale CIU	Prova Colonna Risonante
Tdm	S1	C.I. 1	24/01/2020	4,00 - 4,50	1	1	1	1	1				1
		C.I. 2	24/01/2020	7,40 - 7,90	1	1	1		1	1		1	
	S2	C.I. 1	29/10/2019	5,80 - 6,30	1	1	1	1					

**Figura 7: Tipologie di prove eseguite sui campioni indisturbati**

La documentazione relativa alle prove di laboratorio è collezionata negli **ALLEGATI 6-IG e 7-IG** del report di indagini 2019-2020, ri-proposto nel presente documento.

Le analisi di laboratorio sono state condotte sia su campioni indisturbati dello strato a comportamento coesivo superficiale sia da campioni rimaneggiati prelevati negli strati sabbiosi e ghiaiosi. Sui 6 campioni rimaneggiati delle porzioni ghiaiose-sabbiose è stata eseguita una analisi granulometrica.

Figure 6 e 7 riportano l'elenco delle prove di laboratorio di cui ai certificati:

**CAMPIONI RIMANEGGIATI** (Prelevati su Sondaggi S1-S2 Certificati emessi da Studio MM s.r.l.)

- SB-036-2020-W7, SB-036-2020-W8, SB-036-2020-W9, SB-036-2020-W1, SB-036-2020-W2, SB-036-2020-W3
- SB-036-2020-PV3, SB-036-2020-PV4, SB-036-2020-PV5, SB-036-2020-PV1,
- SB-036-2020-PS7, SB-036-2020-PS8, SB-036-2020-PS9, SB-036-2020-PS1, SB-036-2020-PS2, SB-036-2020-PS3

- SB-036-2020-G7, SB-036-2020-G8, SB-036-2020-G1, SB-036-2020-G2, SB-036-2020-G3
- SB-036-2020-D10, SB-036-2020-D11, SB-036-2020-D12, SB-036-2020-D1, SB-036-2020-D2, SB-036-2020-D3
- SB-036-2020-LIM10, SB-036-2020-LIM11, SB-036-2020-LIM12, SB-036-2020-LIM1, SB-036-2020-LIM2, SB-036-2020-LIM3

**CAMPIONI INDISTURBATI** (Prelevati su Sondaggi S1-S2 Certificati emessi da Laboratorio C.G.G. s.r.l.)

- 0703/20, 0704/20, 0705/20, 0706/20, 0737/20, 0738/20, 0708/20, 0709/20, 0710/20, 0739/20, 0711/20, 0790/20

**CAMPIONI INDISTURBATI** (Prelevati su Sondaggi S1-S2 Certificati emessi Studio MM s.r.l.)

- SB-036-2020-LIM7
- SB-036-2020-D7
- SB-036-2020-TD1

## 2.2 Caratterizzazione sismica

Poiché la classificazione dei terreni è possibile attraverso il profilo di velocità delle Vs (onde di taglio) nei primi 30 m sono state eseguite due prove MASW condotte mediante due stendimenti (24m e 48 m) posizionandole a valle della traversa in esame in sponda destra e sinistra. L'indagine è stata effettuata dal Subsoil s.r.l.

	STENDIMENTO	GEOMETRIA			COORDINATE WGS84		
		numero canali (num.)	distanza intergeofonica (m)	lunghezza stendimento (m)	EST	NORD	Quota
Tdm	MASW 1	24	1,0	24,0	614048,874	4951191,064	86,518
	MASW 2	24	2,0	48,0	613980,053	4951275,626	88,319

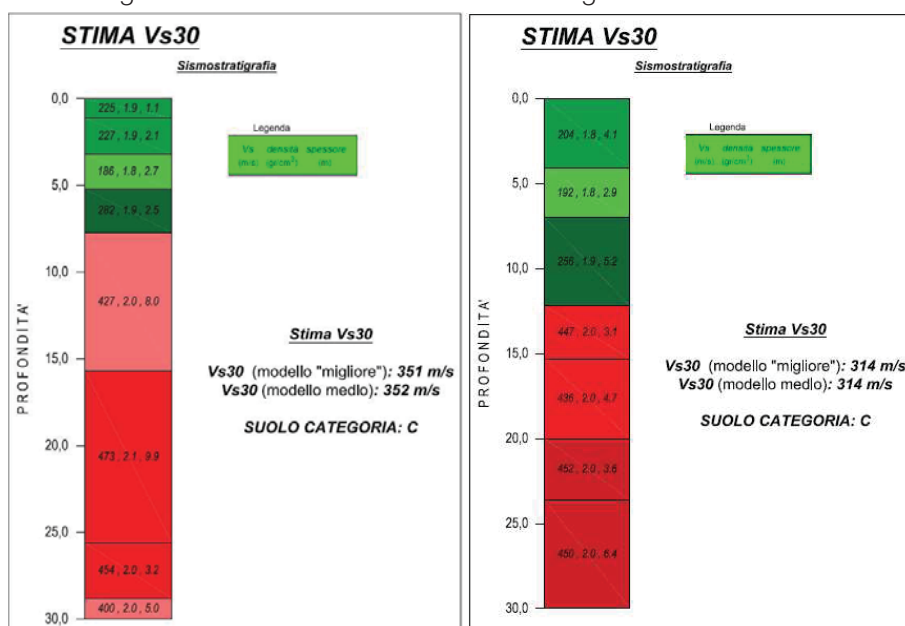
**Figura 8: Caratteristiche geometriche degli stendimenti di sismica MASW.**

La vs30 calcolate secondo i due stendimenti eseguiti in alveo lungo gli andamenti di sponda sx e dx ricavate dalle prove sono pari a circa 350m/s e 315m/s rispettivamente riferiti alle sponde dx e sx.

Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il software GeoMasw (PROGRAM GEO).

I dati MASW sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (Vs).

Dalle elaborazioni eseguite (procedure di inversione) si ricava una velocità Vs 30 (calcolata da 0 a 30 m) Di seguito si riportano le tracce sismiche registrate e le successive elaborazioni eseguite



**Figura 9: Elaborazioni MASW 1-2 sponda dx ed sx**



## 2.3 Suscettibilità alla liquefazione

Già nell'ambito della campagna di indagini geognostiche, dai semplici dati stratigrafici e dalle analisi granulometriche svolte fu imprescindibile, in via preliminare, attribuire ai sedimenti una **possibilità di liquefazione** relativamente agli orizzonti di sabbie sature presenti in gran parte del profilo stratigrafico ed essendo la  $M_w$  attesa  $>5.5$ .

*Taro-Enza (2) Zona estesa dal Mar Ligure (Liguria di Levante) al Po, caratterizzata dalla presenza di importanti elementi tettonici trasversali all'asse della catena, con componente di movimento trascorrente, che interrompono e dislocano le strutture "appenniniche". Le profondità ipocentrali sono talora elevate ( $>30$  km). Lungo il margine appenninico e in corrispondenza del settore orientale delle Pieghe Emiliane si ritengono probabili sovrascorrimenti attivi. La direzione di compressione (assi P) è in ogni caso circa N-S. La magnitudo storica massima è  $M \approx 5.5$ . Corrisponde alla parte occidentale delle zone 913, 915 e 916 della ZS9; la parte settentrionale non era compresa in nessuna zona della ZS9.*

**Zona sismogenetica 911:** zona di trasferimento Alpi-Appennino e Mar Ligure con cinematismi attesi di faglie trascorrenti sinistre in strutture crostali superficiali e sovrascorrimenti in quelle più profonde; i terremoti storici hanno raggiunto il valore massimo pari a  $M_d = 4,1$ ; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 8 e 12 Km con profondità efficace di 8 km; nella Zona Sismogenetica 911 e previsto, sulla base dei meccanismi focali, un valore di massima magnitudo pari a  $M_{wmax} = 6,14$ .

**Zona sismogenetica 913:** zona legata allo sprofondamento passivo della litosfera adriatica (placca tettonica "Adria") sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale (placca tettonica "Northern Apenninic Arc") con cinematismi attesi di sovrascorrimenti e faglie trascorrenti aventi assi SW-NE; i terremoti storici raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo; la massima magnitudo rilevata è  $M_d = 4,8$ ; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 12 e 20 Km con profondità efficace di 13 km; nella Zona Sismogenetica 913 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, un valore di massima magnitudo pari a  $M_{wmax} = 6,14$ .

Considerata la prossimità del territorio comunale di Montecchio con zone sismogenetiche Nord (911-913), caratterizzate da una Magnitudo Massima  $M_w$  max pari a 6.60 e 6.14, si è provveduto ad elaborare, in sede di progettazione, una verifica alla liquefazione degli strati considerando un valore di magnitudo pari a 6,14, condotta sugli orizzonti stratigrafici considerando le caratterizzazioni stratigrafiche dei sondaggi a carotaggio continuo S1,S2,S3,S4,S5 eseguiti in sito, di cui S1 ed S2 prossimi alla briglia di monte. ed identificato (mediante applicazione del software "Liquiter"):

- Indice potenziale di liquefazione ILP
- Strati a rischio di liquefazione

Come riepilogato in tabelle seguenti (per maggiori dettagli si rimanda ad Allegato 10 di Relazione Geologica – Elab 2022-1087-PR-GEO1).

	S1	S2	S3	S4	S5
Boulanger & Idriss 2014	3.21 m – 6.61 m 12.02 m – 13.21 m	7.41 m – 8.01 m	12.21 m – 15.01 m	12.21 m – 13.41 m	8.41 m – 16.21 m
EC8 SPT	-	-	-	-	-
EC8 VS	2.61 m – 13.21 m	3.21 m – 11.01 m	4.81 m – 11.41 m 12.41 m – 15.01 m	7.01 m – 13.41 m	16.41 m – 20.01 m
Seed & Idriss 1985	6.21 m – 9.01 m	8.21 m – 11.01 m	4.81 m – 9.01 m	7.01 m – 9.01 m	5.81 m – 7.01 m 12.21 m – 20.01 m

**Figura 10: Strati potenzialmente liquefacibili (m da .p.c.) per ciascun metodo utilizzato**

IPL (Sonmez, 2003)	S1	S2	S3	S4	S5
Boulanger & Idriss 2014	0	0	0	0	0
EC8 SPT	0	0	0	0	0
EC8 VS	2.68	7.91	8.2	7.91	0
Seed & Idriss 1985	4.81	4.27	4.48	4.17	4.2

**Figura 11: Indice di potenziale liquefazione di ciascuna verticale di indagine per ciascun metodo di analisi**



La quota di fondazione delle diaframature strutturali della traversa, venne fissata a -6.5m da p.c. senza tenere conto di tale criticità. Tale scelta progettuale può tuttavia ancora oggi essere motivata dalla funzionalità idraulica della traversa la ed anche in considerazione del valore Medio di Magnitudo, ricavato dalla disaggregazione del valore di ag (riferito al sito di intervento) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, pari a 5.060 (riferito alle coordinate del sito di intervento), di poco superiore al limite di Magnitudo 5 al di sotto del quale il vigente quadro normativo "2018" non richiedeva alcuna verifica a liquefazione. Considerati infatti i valori di Vs30, la verifica di liquefazione, la classe d'uso (II) dell'opera, il quadro normativo, in sede di progettazione definitiva-esecutiva si è proceduto ad:

- effettuare la necessaria l'analisi di Risposta Sismica Locale valutando l'utilizzo dell'approccio non semplificato.
- approfondire le valutazioni circa la criticità alla liquefazione del substrato

Tali valutazioni, sviluppate a cura del Dott. Geol Fabrizio Giorgini, sono tutte prodotte nell'ambito della Relazione Geologica di Progetto Definitivo-Esecutivo (Elab. 2022-1087-PR-GEO1)

### **3 Certificati allegati alla campagna di indagini 2020**

Nel presente documento vengono ri-proposti di certificati di prova (a cura di Studio MM s.r.l.) ed verbali delle indagini effettuate in sito (a cura di Subsoil s.r.l.) riferiti sia al manufatto limitatore (non oggetto del presente progetto) che al manufatto dissipatore di monte. In dettaglio, la documentazione allegata alla campagna geognostica 2020, consiste in :

**ALLEGATO 1: Verbale delle indagini geognostiche eseguite da Subsoil s.r.l. a firma del Dott. Geol. Fabrizio Giorgini**

**ALLEGATO 1-IG: Piano delle indagini geognostiche 2019-2020 – Tavola grafica**

**ALLEGATO 2-IG: Geoelettrica**

**ALLEGATO 3.1-IG: Masw traversa sponda dx**

**ALLEGATO 3.2-IG: Masw traversa sponda sx**

**ALLEGATO 4-IG: Sondaggi stratigrafici**

**ALLEGATO 5-IG: Risultati delle prove Lefranc**

**ALLEGATO 6-IG: Certificati Prove Laboratorio su campioni rimaneggiati emessi dallo Studio MM s.r.l.**

**ALLEGATO 7-IG: Certificati Prove Laboratorio su campioni indisturbati emessi dallo Studio MM s.r.l.**