



Programma Operativo
Complementare 2014/2020



**REGIONE
SICILIANA**

Assessorato regionale delle
infrastrutture e della Mobilità



Repubblica Italiana

**Dipartimento delle Infrastrutture e della mobilità e dei trasporti
Servizio 8 - Infrastrutture marittime e portuali**



**POTENZIAMENTO DELLE OPERE MARITTIME ESISTENTI PER LA
MESSA IN SICUREZZA E PROLUNGAMENTO DIGA FORANEA DEL
PORTO DI CASTELLAMMARE DEL GOLFO (TP)**

PROGETTO DEFINITIVO

R.T.P.



Il Progettista

Mada Engineering s.r.l.
Ing. Daniele D. Cianciolo
a) civile e ambientale



Gruppo di Progettazione

Ing. Paolo Atzeni
Ing. Adamo Cali
Ing. Salvatore Torrisi

Il RUP

Geom. Giuseppe Bruno

*Dipartimento regionale delle
infrastrutture, della
Mobilità e dei Trasporti*

Il Dirigente del Servizio 8
Arch. Carmelo Ricciardo

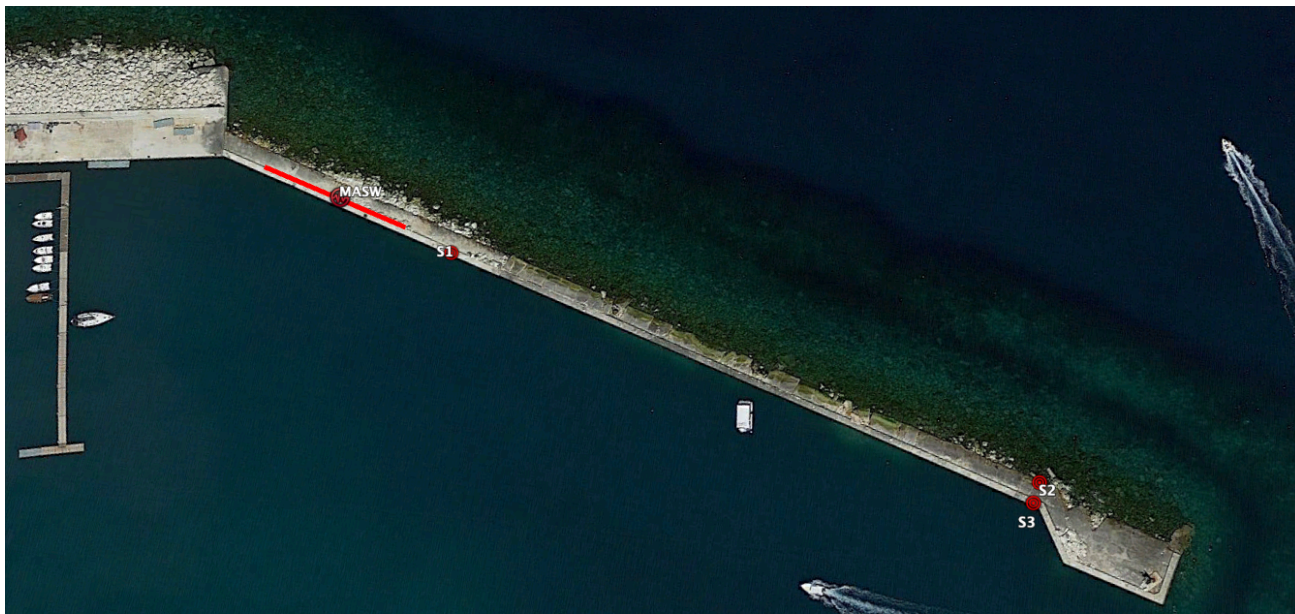
Titolo elaborato:

RELAZIONE INDAGINI

CODICE ELABORATO: 01_ED_RE_08		REVISIONE: A		SCALA: -	
A	PRIMA EMISSIONE	FEBBRAIO 2021	A. CALI'	P. ATZENI	D. CIANCIOLO
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

REGIONE SICILIANA

ASSESSORATO REGIONALE DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITA'
Dipartimento delle Infrastrutture e della mobilità e dei trasporti Servizio 8
Infrastrutture marittime e portuali



OGGETTO: POTENZIAMENTO DELLE OPERE MARITTIME ESISTENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA E PROLUNGAMENTO DIGA FORANEA DEL PORTO DI CASTELLAMMARE DEL GOLFO (TP)

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E PROVE DI LABORATORIO

ELABORATO:
RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

N° Elab.
01

Il Geologo
Donato Causapruno



L'Amministratore
Unico
Salvatore Causapruno

GHEA s.r.l.
Zona ind. 1ª Fase V.le 4 n. 6/A
97100 RAGUSA
P. IVA: 01243680889

REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	COMMESSA	FASE	REV.	DATA
Donato Causapruno					01	Novembre 2020

Indice

1	PREMESSA	3
2	SONDAGGI MECCANICI VERTICALI	5
2.1	- SONDAGGIO S1	6
2.2	- SONDAGGIO S2	11
2.3	- SONDAGGIO S3	17
3	PROSPEZIONI GEOFISICHE MASW	22
3.1	PREMESSA	22
3.2	RIFERIMENTI NORMATIVI	22
3.3	CENNI STORICI DEL METODO APPLICATO	24
3.4	DESCRIZIONE DEL METODO DI INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	25
3.5	INDAGINE MASW 01	26
3.6	CONCLUSIONI	27
4	PROVE DI LABORATORIO	28
4.1	ELABORATI E PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO	29
	RIEPILOGO PROVE	29

1 PREMESSA

La presente relazione riguarda i risultati relativi alle indagini geognostiche, geofisiche e prove di laboratorio effettuate allo scopo di fornire gli elementi per la determinazione delle caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e geodinamiche dei materiali presenti nel sito in oggetto ubicato lungo il prolungamento della diga foranea del Porto di Castellammare del Golfo.

Le suddette indagini sono a supporto dei previsti lavori di sistemazione e messa in sicurezza di tratti saltuari del piano viario.

Nel dettaglio sono stati realizzati:

Carotaggi:

- n. 3 sondaggi geognostici a rotazione della profondità media di 30 metri, nelle schede a seguire meglio specificati;
- foto cassette catalogatrici;
- analisi, interpretazione, elaborazione e redazione stratigrafia.

Sondaggi sismici:

- n. 1 Masw;

Prelievo di campioni:

- n. 11 Campioni rimaneggiati;

Prove di laboratorio:

- prove di laboratorio realizzate presso Laboratorio certificato;

Per l'esecuzione sondaggi, data la natura dei terreni, non è stato necessario l'uso di corona diamantata.

L'insieme delle indagini geognostiche è stato eseguito in conformità alle disposizioni tecniche per le indagini sui terreni e sulle rocce: N.T.C. D.M 17 gennaio 2018 e - CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.;

UBICAZIONE DEL SITO

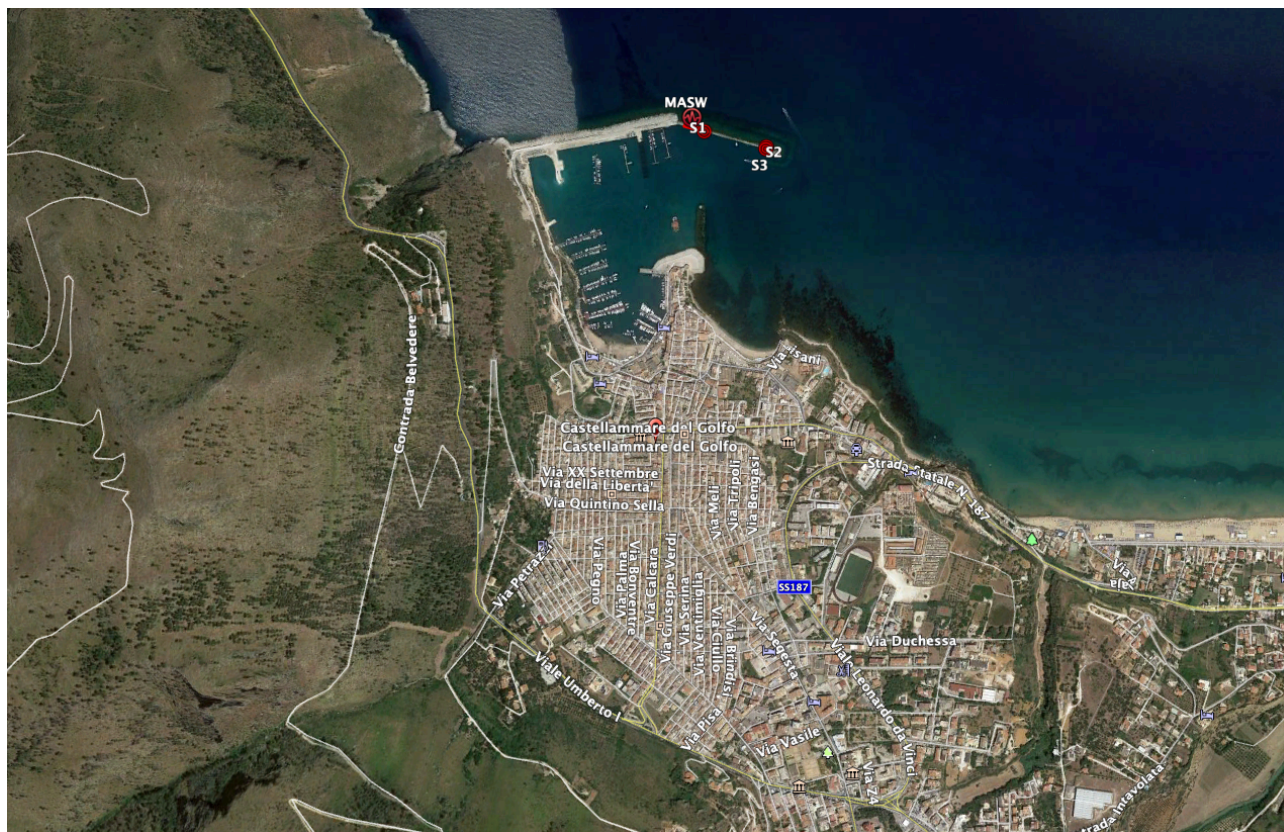


Figura 1 – Ubicazione del sito (google earth)

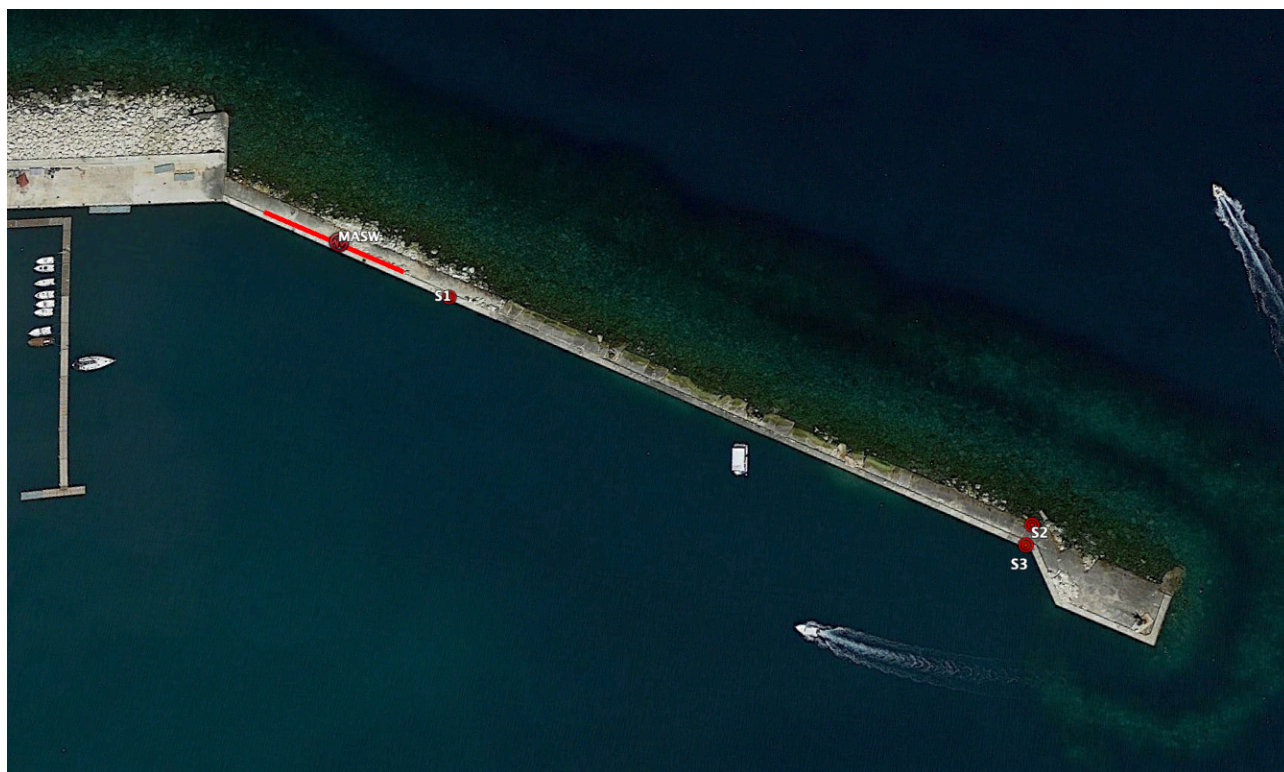


Figura 2 – Ubicazione indagini

conglomerato

2 SONDAGGI MECCANICI VERTICALI

Nel sito in oggetto sono stati eseguiti n. 3 sondaggi meccanici verticali, contrassegnati con la sigla S1, S2 ed S3.

I sondaggi sono stati effettuati a carotaggio continuo ed a circolazione di fluido, facendo uso di un carotiere semplice del diametro $\varnothing=101$ mm. I sondaggi S1 ed S2 sono stati spinti fino alla profondità di 30 metri mentre S3 fino alla profondità di 35 metri dal p.c.

Per l'esecuzione dei sondaggi è stata utilizzata una sonda marca Beretta, modello T46, coppia 400 kgm, con sistema rotativo idraulico, montata su cingoli gommati.

Come utensile di perforazione è stato utilizzato un carotiere semplice ($\varnothing = 101$ mm e L = 1.50 m), con tubo in acciaio, provvisto di un portaestrattore di forma conica per garantire il recupero della carota, e corona in widia o diamantata a seconda della tenacia della roccia attraversata.

Il materiale estratto dal carotiere è stato posto in cassette catalogatrici in P.V.C., a scomparti, dotate di coperchio protettivo, con contrassegnati: l'oggetto dei lavori, il numero del sondaggio, la data di esecuzione, il numero della cassetta, la profondità di inizio e fine tratto foro.

2.1 - *SONDAGGIO S1*



Figura 3 – Postazione sondaggio S1

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA CAROTAGGIO S1



Figura 4 –sondaggio S1, da 0,0 a 12,0 metri (da 1,4 a 9,00 metri acqua marina)



Figura 5 –sondaggio S1, da 12,0 a 17,0 metri



Figura 6 –sondaggio S1, da 17,0 a 22,0 metri



Figura 7 –sondaggio S1, da 22,0 a 27,0 metri



Figura 8 –sondaggio S1, da 27,0 a 30,0 metri

STRATIGRAFIA SONDAGGIO S1

COMMITTENTE:		ASSESSORATO REGIONALE DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITA' - Dipartimento delle Infrastrutture e della mobilità e dei trasporti Servizio 8 - Infrastrutture marittime e portuali				SONDAGGIO S1	
OGGETTO:		POTENZIAMENTO DELLE OPERE MARITTIME ESISTENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA E PROLUNGAMENTO DIGA FORANEA DEL PORTO DI CASTELLAMMARE DEL GOLFO (TP)				coordinate: 38.034196° N 12.882383° E	
CANTIERE :		Diga foranea del porto di Castellammare del Golfo				Quota: 1,5 m slm	
Data	Inizio:	11.09.2020	Fine:	17.09.2020	Compiler: Geol. Donato Causapruno		Ø FORO: mm 101
Attrezzatura utilizzata: sonda Beretta T46 rotativa idraulica, cingoli gommati, coppia 400 kgm		Stratigrafia (m da p.c.)		DESCRIZIONE		Carotaggio %	RQD %
SOND. ATTREZZATO A PIEZOMETRO						Liv. Falda m dal pc	Profondità m
A	B	C	D	E	F		
				da 0,0			0
1,50				"			1
				"			2
				"			3
				"			4
				"			5
				"			6
				"			7
				"			8
				"			9
9,00				"			10
				"			11
				"			12
				"			13
13,00				"			14
				"			15
	r/15,00			"			16
				"			17
				"			18
	r/da 18,00			"			19
	a 20,00	19,50/6		"			20
		19,65/5		"			21
		19,80/5		"			22
				"			23
23,00				"			24
				"			25
25,50	r/da 25,50			"			26
	a 27,00	26,15/12		"			27
		26,30/6		"			28
		26,45/5		"			29
				a 30,0 m			30
							31
							32
							33

note:

A Quota passaggio stratigrafico (m)

B N° campione e quota prelievo (m) (i= indisturbato; r = rimaneggiato)

C Quota inizio SPT - N° colpi / 15 cm (R: Rifiuto)

D Tratto con uso di corona diamantata (da m / a m)

E Uso di rivestimento da m / a m

F Utilizzo di doppio carotiere:

Utilizzo di Autobotti: 0,0

GHEA S.R.L.




Figura 9 – Stratigrafia Sondaggio S1

2.2 - *SONDAGGIO S2*



Figura 10 – Postazione sondaggio S2 visto da est

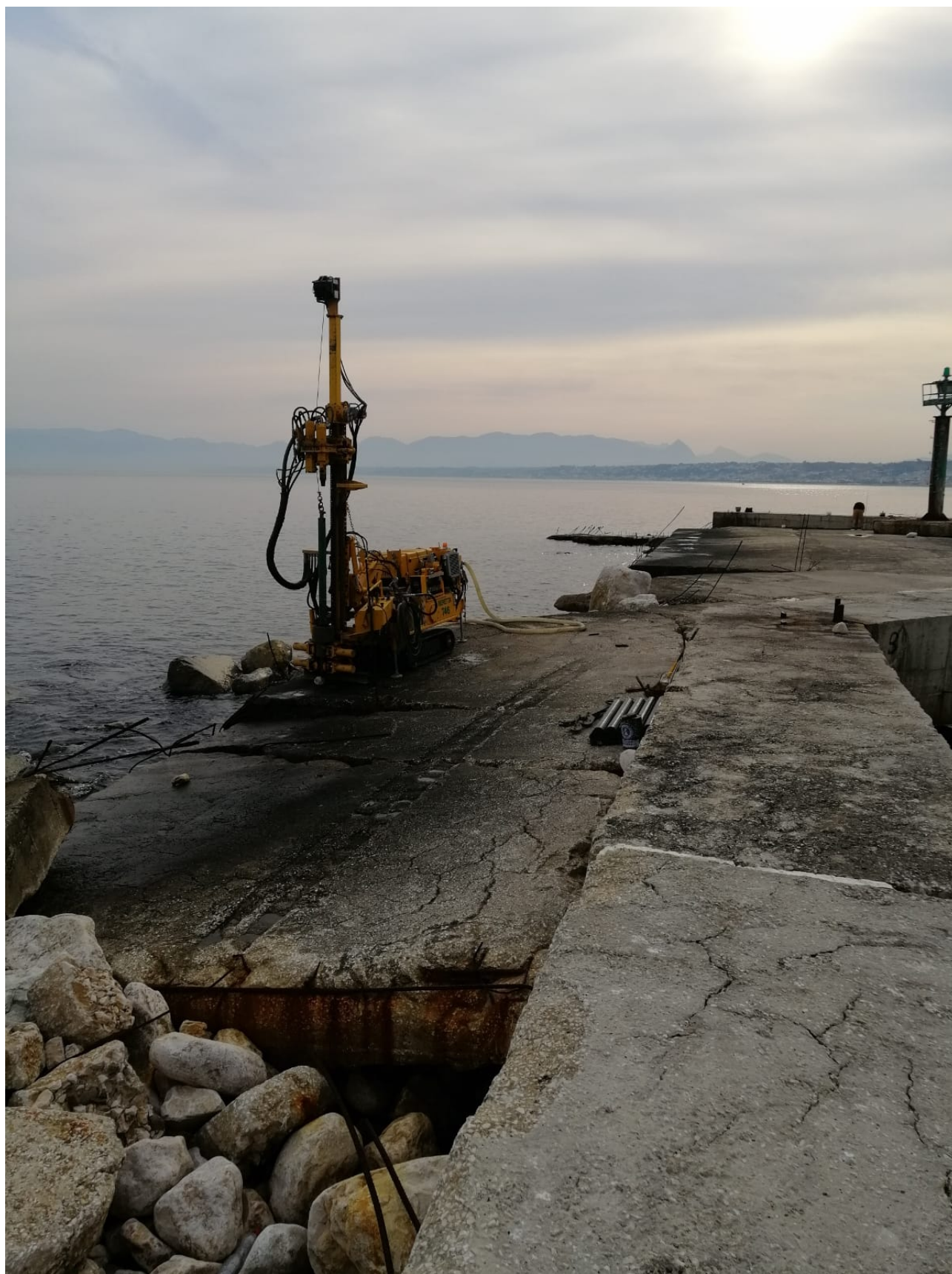


Figura 11 – Postazione sondaggio S2 visto da ovest



Figura 12 –sondaggio S2, da 0,0 a 5,0 metri



Figura 13 –sondaggio S2, da 5,0 a 10,0 metri



Figura 14 –sondaggio S2, da 10,0 a 15,0 metri

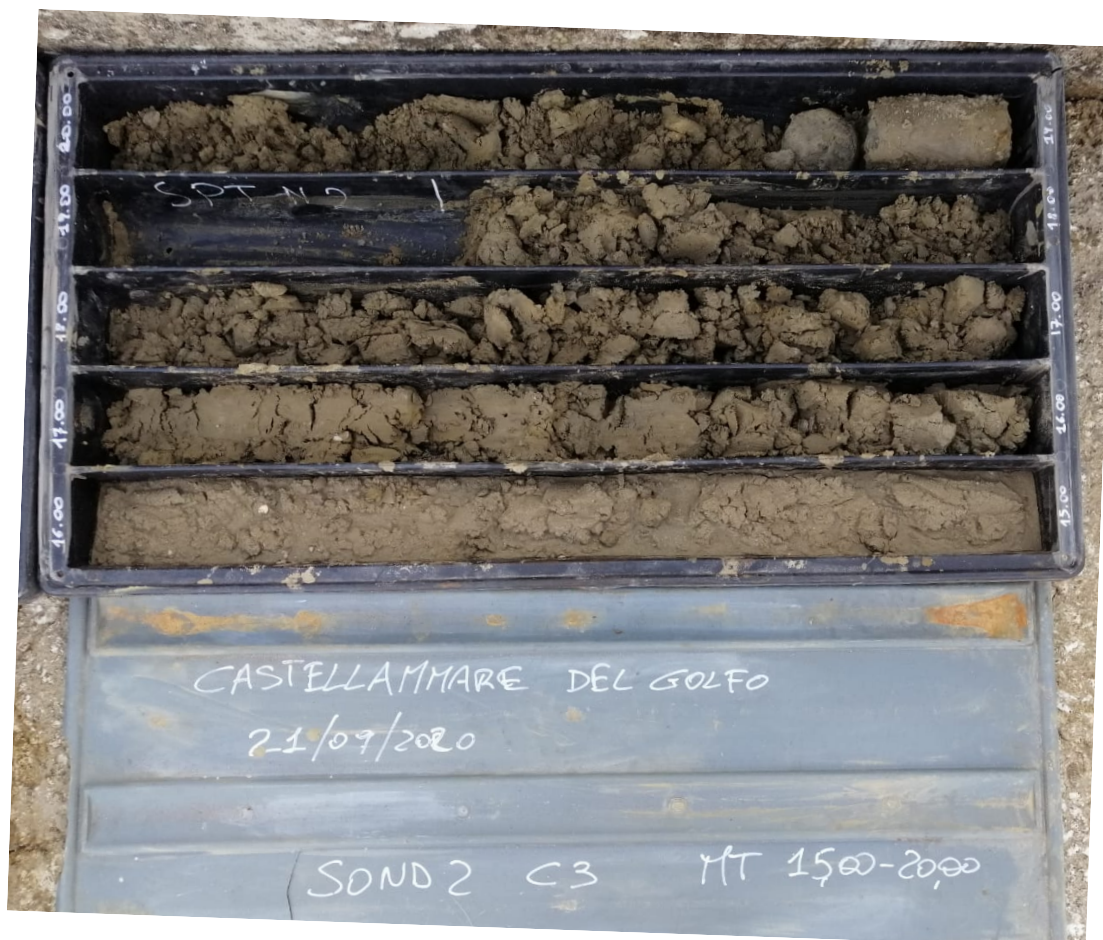


Figura 15 –sondaggio S2, da 15,0 a 20,0 metri

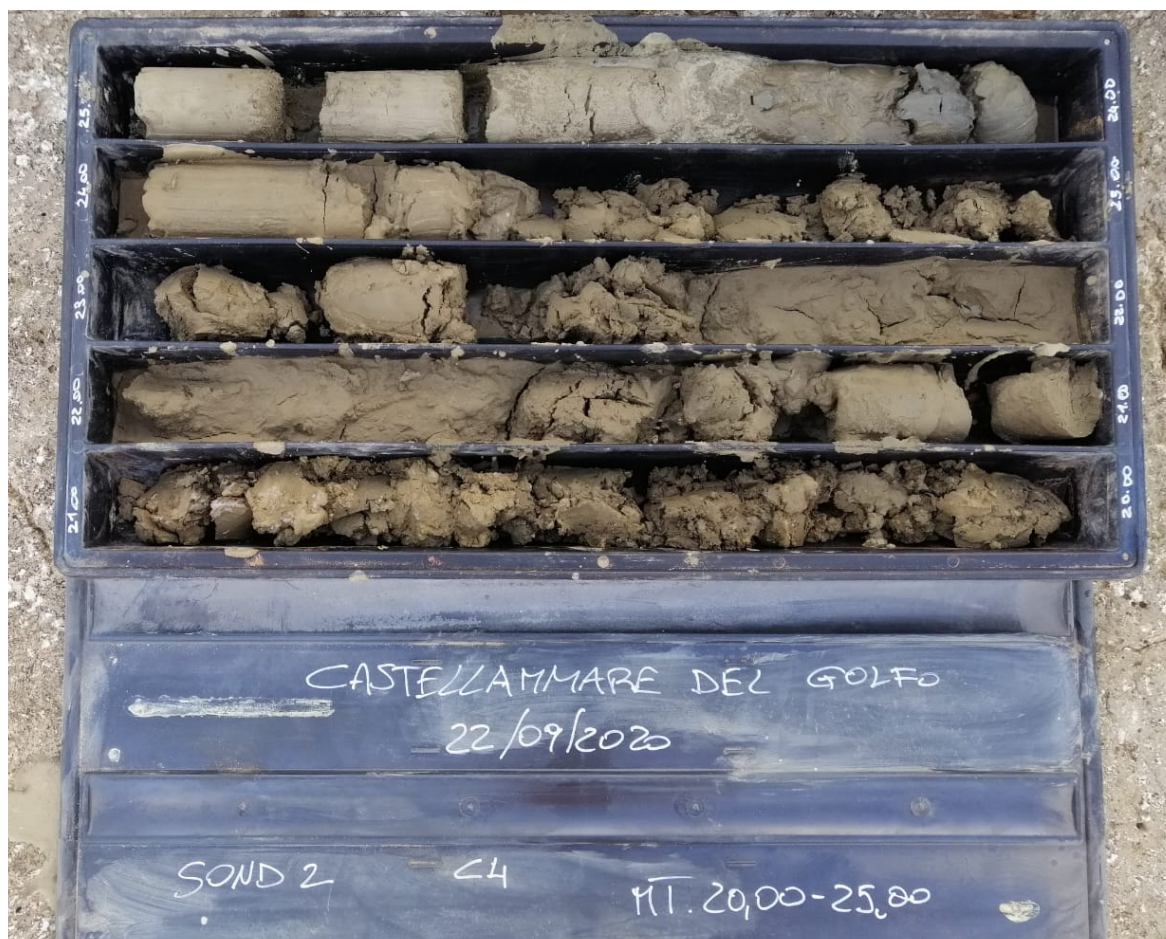


Figura 16 –sondaggio S2, da 20,0 a 25,0 metri



Figura 17 –sondaggio S2, da 25,0 a 30,0 metri

STRATIGRAFIA SONDAGGIO S2

COMMITTENTE:		ASSESSORATO REGIONALE DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITA' - Dipartimento delle Infrastrutture e della mobilità e dei trasporti Servizio 8 - Infrastrutture marittime e portuali					SONDAGGIO S2				
OGGETTO:		POTENZIAMENTO DELLE OPERE MARITTIME ESISTENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA E PROLUNGAMENTO DIGA FORANEA DEL PORTO DI CASTELLAMMARE DEL GOLFO (TP)					coordinate: 38.033824° N 12.884421° E				
CANTIERE :		Diga foranea del porto di Castellammare del Golfo					Quota: 0,7 m slm				
Data	Inizio:	17.09.2020	Fine	23.09.2020	Compilatore: Geol. Donato Causapruno			Ø FORO: mm 101			
Attrezzatura utilizzata: sonda Beretta T46 rotativa idraulica, cingoli gommati, coppia 400 kgm				Stratigrafia (m da p.c.)		DESCRIZIONE		Carotaggio %	RQD %	Liv. Falda m dal pc	Profondità m
SOND. ATTREZZATO A PIEZOMETRO											
A	B	C	D	E	F						
0,70				da 0,0		0,0	calcestruzzo (struttura portuale)	70	30	0,70	1
				"		1,0	conglomerato calcarenitico calcareo in grossi blocchi di riporto (struttura portuale) immersi in acqua	50	10		2
				"		2,0		30	-		3
				"		3,0		40	30		4
				"		4,0		25	10		5
				"		5,0		25	-		6
				"		6,0		40	20		7
				"		7,0		50	-		8
				"		8,0		50	10		9
				"		9,0		20	20		10
10,60				"		10,0		80	30		11
	r/da 11,00			"		11,0	sabbie brune miste a frammenti calcarei	85	-		12
13,00	a 13,00	12,50/11		"		12,0		80	-		13
		12,65/15		"		13,0	sabbie bruno-verdastre leggermente limose	80	-		14
		12,80/23		"		14,0		80	-		15
				"		15,0		80	-		16
	r/15,00			"		16,0		80	-		17
				"		17,0		75	-		18
	r/da 18,00	18,50/17		"		18,0		60	-		19
	a 20,00	18,65/24		"		19,0		70	-		20
		18,80/31		"		20,0		70	-		21
				"		21,0		80	-		22
				"		22,0		70	-		23
23,60				"		23,0	sabbie limose bruno-giallastre	70	-		24
				"		24,0		80	-		25
	r/da 25,00	25,00/20		"		25,0	50	-		26	
26,40	a 26,00	25,15/22		"		26,0	sabbie brune debolmente limose	80	-		27
		25,30/23		"		27,0		80	-		28
				"		28,0		80	-		29
				"		29,0		80	-		30
			a 30,0 m			30,0		-	-		31
								-	-		32
							-	-		33	

note:

A Quota passaggio stratigrafico (m)

B N° campione e quota prelievo (m) (i= indisturbato; r = rimaneggiato)

C Quota inizio SPT - N° colpi / 15 cm (R: Rifiuto)

D Tratto con uso di corona diamantata (da m / a m)

E Uso di rivestimento da m / a m

F Utilizzo di doppio carotiere:

Utilizzo di Autobotti: 0,0

GHEA S.R.L.




Figura 18 – Stratigrafia Sondaggio S2

2.3 -SONDAGGIO S3



Figura 19 – Postazione sondaggio S3

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA CAROTAGGIO S3



Figura 20 –sondaggio S3, da 0,0 a 13,0 metri



Figura 21 –sondaggio S3, da 13,0 a 18,0 metri



Figura 22 –sondaggio S3, da 18,0 a 23,0 metri



Figura 23 –sondaggio S3, da 23,0 a 28,0 metri



Figura 24 –sondaggio S3, da 28,0 a 33,0 metri



Figura 25 –sondaggio S3, da 33,0 a 35,0 metri

STRATIGRAFIA S3

COMMITTENTE:		ASSESSORATO REGIONALE DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITA' - Dipartimento delle Infrastrutture e della mobilità e dei trasporti Servizio 8 - Infrastrutture marittime e portuali			SONDAGGIO S3	
OGGETTO:		POTENZIAMENTO DELLE OPERE MARITTIME ESISTENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA E PROLUNGAMENTO DIGA FORANEA DEL PORTO DI CASTELLAMMARE DEL GOLFO (TP)			coordinate: 38.033770° N 12.884408° E	
CANTIERE:		Diga foranea del porto di Castellammare del Golfo			Quota: 1,5 m slm	
Data	Inizio:	25.09.2020	Fine	01.10.2020	Compiler: Geol. Donato Causapruno	
Attrezzatura utilizzata: sonda Beretta T46 rotativa idraulica, cingoli gommati, coppia 400 kgm		Stratigrafia (m da p.c.)			Ø FORO: mm 101	
SOND. ATTREZZATO A PIEZOMETRO		DESCRIZIONE			Carotaggio %	RQD %
						Liv. Falda m dal pc
						Profondità m
A	B	C	D	E	F	
				da 0,0		0,0
1,40				"		1,0
				"		2,0
				"		3,0
				"		4,0
				"		5,0
				"		6,0
				"		7,0
				"		8,0
				"		9,0
10,00				"		10,0
				"		11,0
				"		12,0
13,00				"		13,0
				"		14,0
	r/da 14,00			"		15,0
15,50	a 16,00	15,00/5		"		16,0
		15,15/7		"		17,0
		15,30/8		"		18,0
				"		19,0
				"		20,0
	r/da 20,00			"		21,0
	a 22,00	21,00/8		"		22,0
		21,15/9		"		23,0
	r/ 23,00	21,30/9		"		24,0
				"		25,0
				"		26,0
				"		27,0
				"		28,0
	r/da 28,00			"		29,0
	a 30,00	29,00/7		"		30,0
		29,15/9		"		31,0
31,00		29,30/10		"		32,0
				"		33,0
				"		34,0
				a 35,0 m		35,0
note:						
A		Quota passaggio stratigrafico (m)				
B		N° campione e quota prelievo (m) (i= indisturbato; r= rimaneggiato)				
C		Quota inizio SPT - N° colpi / 15 cm (R: Rifiuto)				
D		Tratto con uso di corona diamantata (da m / a m)				
E		Uso di rivestimento da m / a m				
F		Utilizzo di doppio carotiere:				
		Utilizzo di Autobotti:			0,0	

Figura 26 – Stratigrafia Sondaggio S3

3 PROSPEZIONI GEOFISICHE MASW

3.1 PREMESSA

Nell'ambito dei lavori per l'esecuzione di carotaggi e indagini geognostiche, necessari alla progettazione definitiva del "Potenziamento delle opere marittime esistenti per la messa in sicurezza e prolungamento diga foranea del porto di Castellammare del Golfo (TP)" è stata eseguita una prova sismica MASW disposta come stabilito dalla direzione lavori e riportato nella seguente immagine satellitare.

L'indagine sismica MASW è stata eseguita installando una stesa geofonica sulla diga foranea ed energizzando il sottosuolo con una massa battente.



Figura 27 – Ubicazione sondaggio Masw

3.2 RIFERIMENTI NORMATIVI

La normativa NTC del 17/01/2018, recita al capitolo 3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE:

“Categorie di sottosuolo:

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.11.3. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2. I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

- h_i : spessore dell' i -esimo strato;
- V_s : 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.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

3.3 CENNI STORICI DEL METODO APPLICATO

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo MASW consiste in tre fasi (Roma, 2002): la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale, la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica, la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson ν), la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

In genere quando l'errore relativo tra curva sperimentale e curva numerica è compresa tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio V_s e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

I fondamenti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 20°.

3.4 DESCRIZIONE DEL METODO DI INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) permette di modellizzare la velocità delle onde S con la profondità sfruttando la correlazione che le stesse hanno con le onde superficiali che, a differenza delle S, posseggono molta più energia e risultano, quindi, molto più facili da campionare. La tecnica MASW rientra tra le tecniche di sismica attiva, ovvero il sottosuolo viene energizzato dalla superficie generando onde sismiche che si propagano nell'interfaccia suolo aria con diverse frequenze. Maggiore è la lunghezza dell'onda generata e campionata maggiore sarà la profondità d'indagine raggiunta. Il range di frequenze analizzato è abbastanza ampio e quindi la frequenza di campionamento deve essere sufficientemente elevata e la registrazione sufficientemente lunga, ecco perché i sismografi di ultima generazione con convertitori analogico digitali a 24 bit indipendenti per ogni canale sono l'ideale per l'acquisizione dei sismogrammi.

L'acquisizione è stata eseguita con un sismografo Dolang Jea Telemetry 24 bit, gestito da un computer portatile, con 24 canali di acquisizione simultanea, a elevata risoluzione e con convertitori analogico digitale sincronizzati ed indipendenti per ogni canale. I geofoni utilizzati sono stati del tipo verticale a 4,5 Hz e l'energizzazione è stata ottenuta tramite una mazza da 10 kg dotata di starter e piattello di battuta.

I dati acquisiti sono stati, in una prima fase, pretrattati per diminuire i disturbi e migliorare il rapporto segnale rumore, successivamente sono stati analizzati contemporaneamente nel dominio spettrale FK (Dominio Frequenza – Numero d'onda). Il fatto di non avere utilizzato una sorgente monocromatica ha permesso di poter determinare un modello di velocità di propagazione delle onde superficiali. Da questo modello è stato poi ricavato, per iterazioni successive, quello delle velocità delle onde di superficie che meglio fitta i dati sperimentali cui è legato un modello di velocità delle onde S nel sottosuolo.

I modelli di calcolo oggi disponibili permettono, grazie all'analisi multimodale, di poter estrapolare il modo fondamentale dai modi superiori permettendo in questo modo, di superare anche i problemi di risonanza che, sino a poco tempo fa, nascondendo il modo fondamentale, portavano a gravi errori nell'interpretazione dei dati.

Nella seguente scheda è visibile il sismogramma analizzato, lo spettro FK su cui sono visibili i modi superiori del modello (in azzurro), il grafico FV (Frequenza – Velocità) nel quale è stata plottata in blu la curva di dispersione del modello frequenza – velocità associata al modello ed i modi superiori (in ciano). Infine, ancora più in basso è stata riportata la rappresentazione grafica del modello del sottosuolo.

3.5 INDAGINE MASW 01

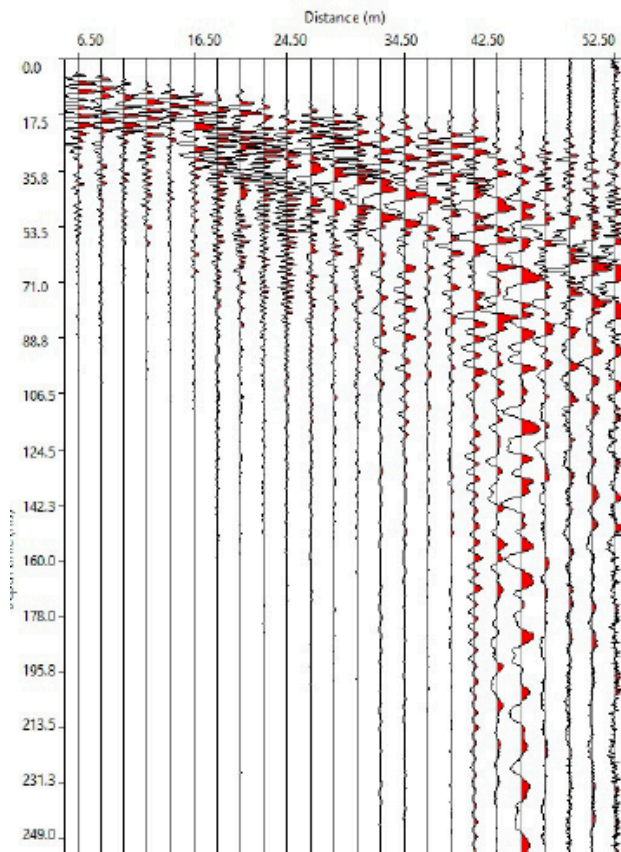
MASW Stendimento n.1

Distanza punto d'energizzazione: 6.5 m

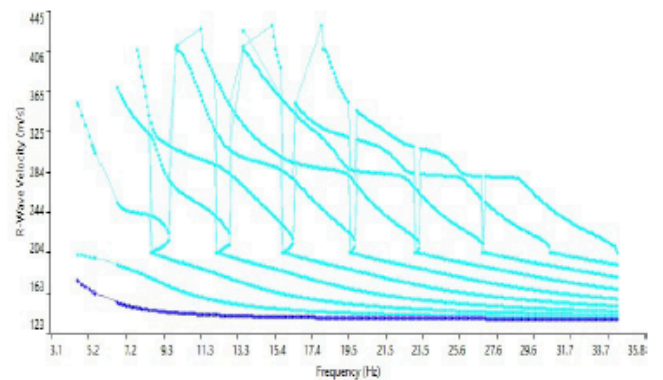
Lunghezza stendimento: 46 m

Distanza intergeofonica: 2 m

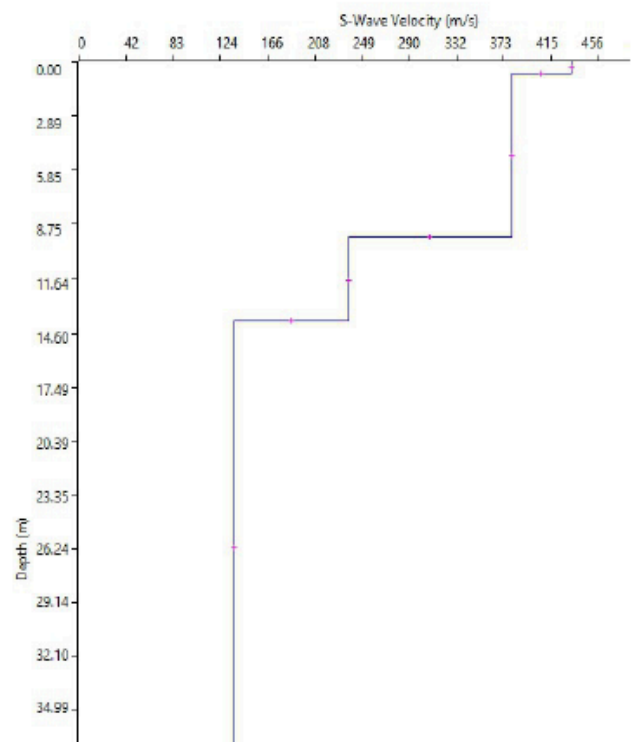
Sismogramma



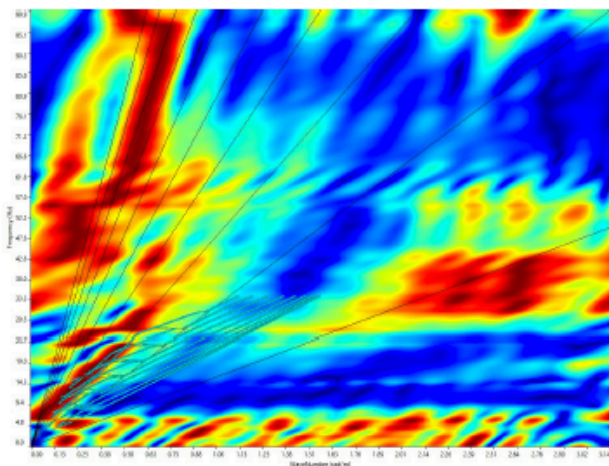
Curva di dispersione F - V



Modello d'inversione



Spettro F-K



3.6 CONCLUSIONI

Lo studio geofisico effettuato tramite il sondaggio sismico MASW eseguito, ha permesso di stimare l'andamento della velocità con cui le onde elastiche S percorrono il sottosuolo con la profondità. In particolare, dallo studio del modello ricavato dalla indagine MASW e riportato in dettaglio nel relativo certificato, emerge che lo spettro FK è stato pesantemente influenzato dalla presenza della diga foranea esistente e dai rumori ambientali legati alle particolari condizioni operative. La combinazione di questi due effetti ha quasi completamente mascherato il modo fondamentale pertanto la ricerca del modello è stata eseguita utilizzando i modi superiori. Tale modello risultante presenta quindi una forte inversione di velocità legata alla presenza della diga foranea stessa con valori di velocità delle onde S che decrescono, nei pressi del piano di fondazione della diga foranea stessa, prima a 237 m/s e poi 137 m/s a partire dai 14 m circa di profondità dal piano di calpestio della diga foranea.

Si consiglia di attenzionare il modello MASW determinato, la sua indeterminazione legata alla presenza delle particolari condizioni operative e valutare l'applicabilità dell'approccio semplificato ai sensi delle NTC2018.

Tuttavia, volendo comunque applicare l'approccio semplificato, considerato che il sismostrato al di sotto dei 14 m di profondità è verosimilmente identificabile con il terreno di fondazione della diga foranea, si potrebbe pensare di utilizzare il valore di velocità delle onde di taglio modellizzato per tale sismostrato per il calcolo del V_{seq} . Secondo tale calcolo, il terreno di fondazione potrebbe essere assimilato ai terreni di **categoria D** descritti come "Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s".

4 PROVE DI LABORATORIO

Dai tre Sondaggi a carotaggio continuo, realizzati sul prolungamento della diga foranea del porto di Castellammare del Golfo, sono stati prelevati in totale 11 campioni rimaneggiati dalle cassette ottenute.

Su tali campioni sono state effettuate prove di laboratorio, concordate con la D.L., presso il laboratorio certificato Geo.tec. snc di Palermo, con verbale di accettazione n. 509 del 15/10/2020, analiticamente descritte di seguito:

[illegible]

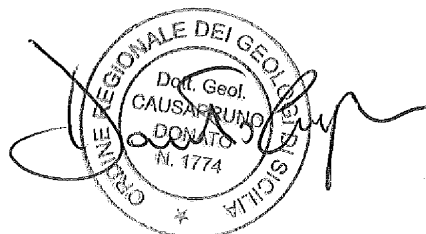
I risultati di tali prove vengono riportati nell'allegato report di laboratorio geotecnico certificato.

Ragusa, 30 novembre 2020

Per la GHEA S.R.L.

Il Geologo

Donato Causapruno



4.1 ELABORATI E PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO
RIEPILOGO PROVE