



PROGETTO AdSP n. 1951

Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste

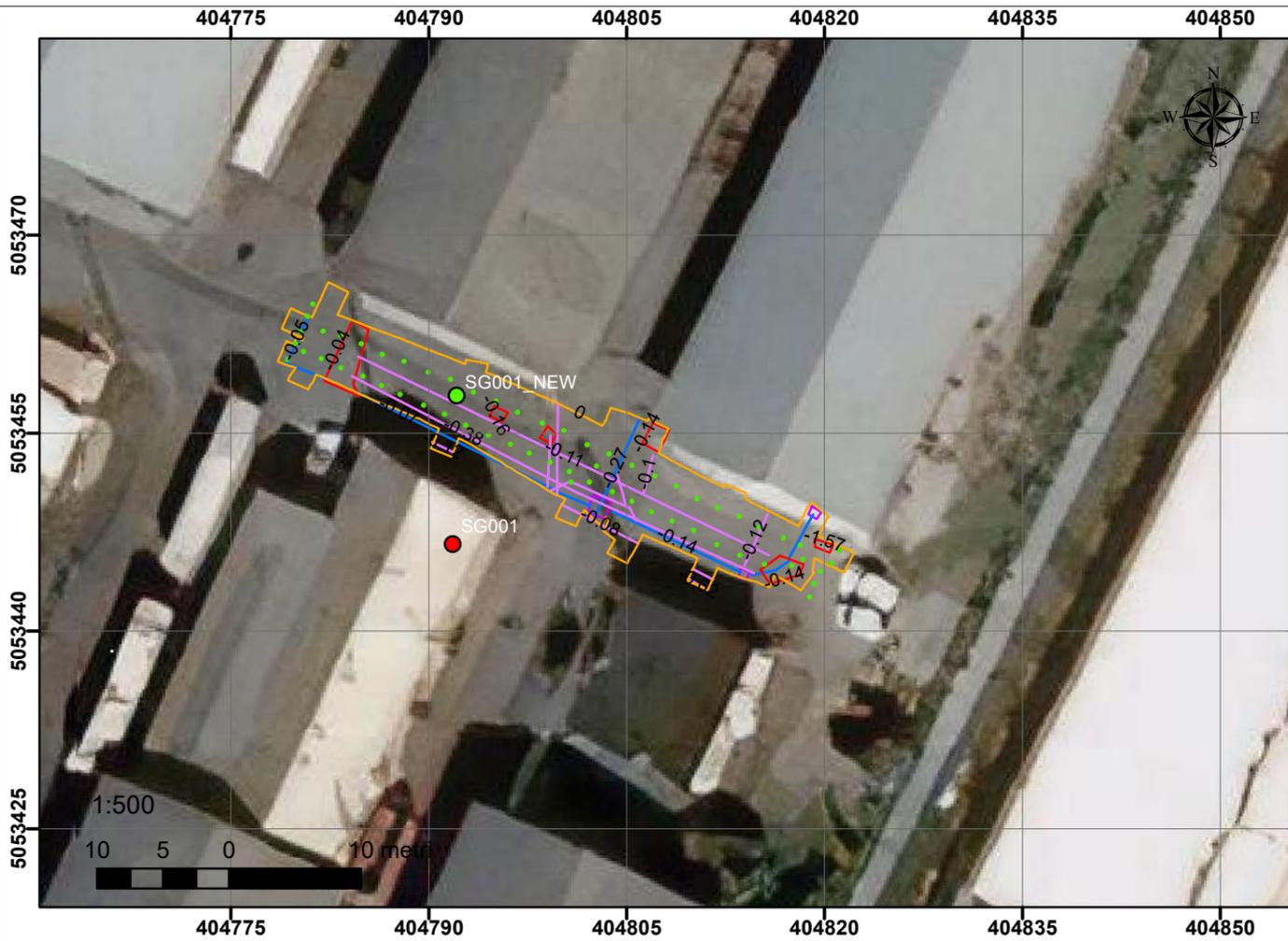
CUP: C94E21000/ 60001

Progetto di Fattibilità Tecnico Economica Fascicolo A – intervento PNC da autorizzare

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:		
arch. Gerardo Nappa	AdSP MAO	Responsabile dell'integrazione e Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione
arch. Sofia Dal Piva	AdSP MAO	Progettazione generale
arch. Stefano Semenic	AdSP MAO	Progettazione generale
ing. Roberto Leoni	BITECNO S.r.l.	Sistema di trazione elettrica ferroviaria
ing. Saturno Minnucci	MINNUCCI ASSOCIATI S.r.l.	Impianti speciali e segnalamenti ferroviari
ing. Dario Fedrigo	ALPE ENGINEERING S.r.l.	Progettazione strutturale oo.cc. ferrovia e strade
ing. Andrea Guidolin p.i. Furio Benci	SQS S.r.l.	Progettazione della sicurezza
ing. Sara Agnoletto	HMR Ambiente S.r.l.	Progettazione MISP e cassa di colmata
p.i. Trivellato, dott. G. Malvasi, dott. S. Bartolomei	p.i. Antonio Trivellato d.i.	Modellazione rumore, atmosfera, vibrazioni
dott. Gabriele Cailotto ing. Anca Tamasan	NEXTECO S.r.l.	Studio di impatto ambientale e piano di monitoraggio ambientale
ing. Sebastiano Cristoforetti	CRISCON S.r.l.s.	Relazione di sostenibilità
ing. Tommaso Tassi	F&M Ingegneria S.p.A.	Progettazione degli edifici pubblici nel contesto dell'ex area "a caldo"
ing. Michele Titton	ITS s.r.l.	Connessione stradale alla GVT
RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: ing. Paolo Crescenzi		

NOME FILE: 1GNR_P-R-C-GEO_1GE_002_02_00.docx	SCALA: ---
TITOLO ELABORATO: Relazione sulle indagini parte 5 di 25	ELABORATO: 1GNR_P-R-C-GEO_1GE_002_02

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
00	01/02/2023	Definitivo	Esterno	S.Dal Piva	G.Nappa



Nell'area di futura realizzazione del sondaggio SG001 la mappatura con il georadar ha permesso di identificare alcune strutture/bersagli sepolti (anomalie lineari, anomalie areali).
 Le condizioni dielettriche del substrato dell'area hanno di fatto limitato la profondità di indagine a 2.8 m dal piano campagna.
 L'errore strumentale del dato georadar è di 5 cm + il 10% della profondità.
 Le indagini geoelettriche 3D sono state eseguite mediante due linee da 24 elettrodi spaziate di circa 2 m e sfalsate tra di loro, in totale sono state utilizzate 48 posizioni elettrodiche.
 Tale configurazione ha consentito di mappare il sottosuolo fino ad una profondità maggiore ai 18 m.
 I valori di resistività variano in un range da poche unità ad oltre 250 ohm*m. I valori di caricabilità riscontrati variano da 0 a 250 mV/V.
 Dall'analisi combinata dei valori di resistività e di caricabilità, sono state individuate alcune zone caratterizzate da bassi valori di resistività ed elevati valori di caricabilità ed anomalie lineari da georadar in corrispondenza dell'area indagata.

La posizione del sondaggio SG001, su indicazione della Committenza, per problemi logistici è stato nel punto avente coordinate
 UTM Fuso 33 (WGS 84)
 Est: 404791.996 Nord: 5053457.971
 Sito locale utilizzato dalla Committenza
 Est: 2424798.028 Nord: 5053480.705

Si può escludere la presenza di elementi ferromagnetici di grosse dimensioni nel primo sottosuolo (Target VRB) nella posizione sopraindicate per la futura realizzazione dei sondaggi.

COMMITTENTE

HHLA | **PLT Italy**

HHLA PLT
 Via degli Alti Forni
 34145, Trieste - Italia
 e-mail: info@hhl-plt.it

CONSULENTI TECNICI

S.T.E.R.N.

Consorzio S.T.E.R.N.
 via Marie Curie, 17 – 39100 Bolzano
 e-mail: info@consorzio stern.it
 PEC: consorzio stern@pec.it

Legenda

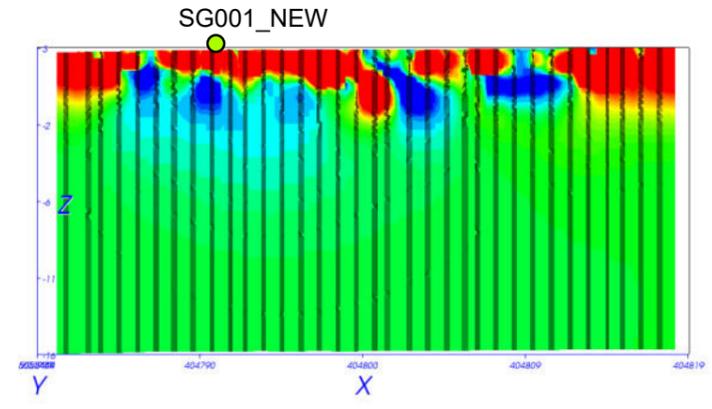
- Ubicazione sondaggio prevista da progetto
- Ubicazione sondaggio da indagine geofisica
- Elettrodi ERT3D

Elementi del rilievo Georadar

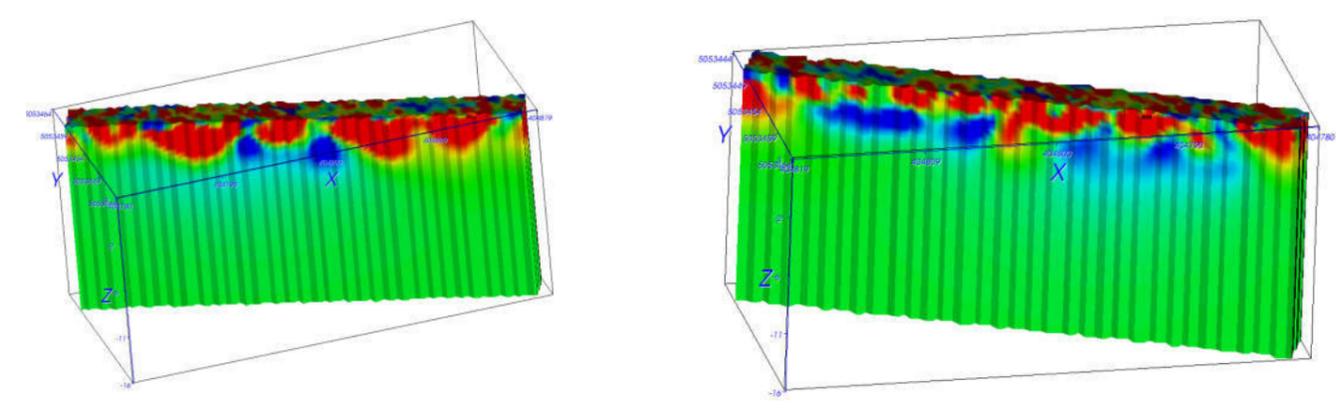
- Anomalia lineare
- Tubazione
- Area di scansione
- Struttura sepolta

Resistivity 250. 188. 126. 63.3 1.00
 Chargeability 250. 188. 125. 62.5 0.000

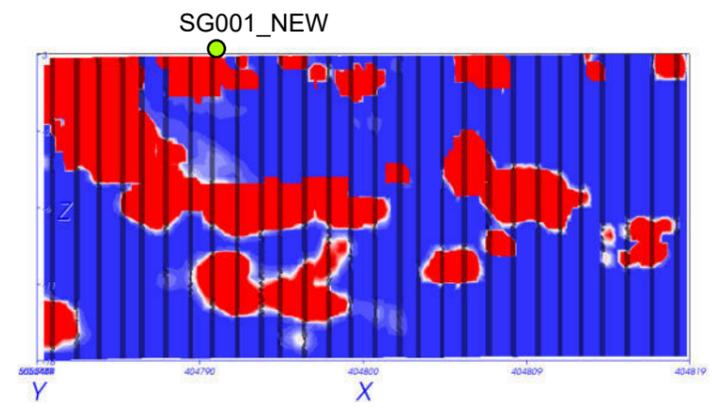
Sezione verticale estratta da voume di resistività (Ohm*m)



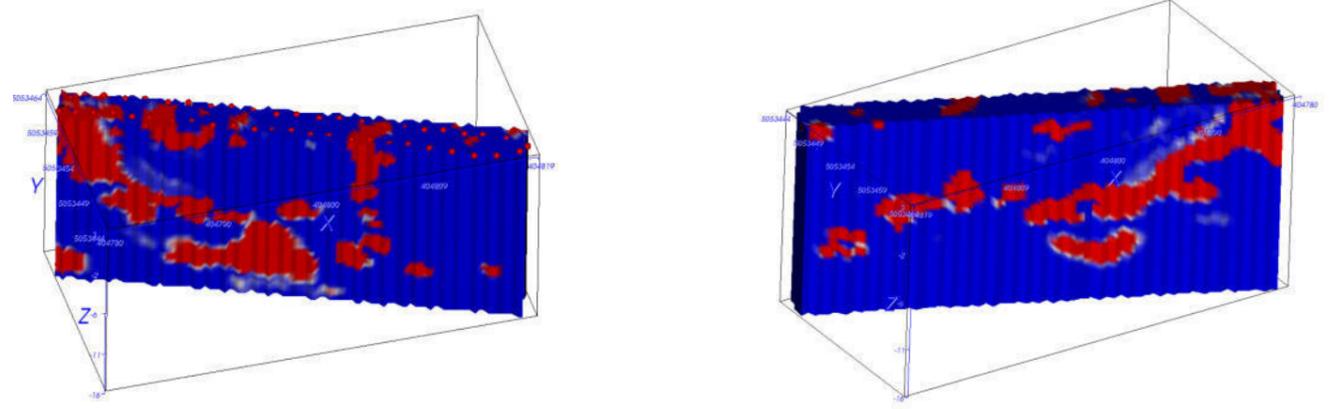
Vista 3D volume di resistività (Ohm*m)



Sezione verticale estratta da voume di caricabilità (mV/V)



Vista 3D volume di caricabilità (mV/V)



OGGETTO

INDAGINE GEOFISICA COMBINATA PER LA MAPPATURA DELLE ANOMALIE PRESENTI NEL PRIMO SOTTOSUOLO AD INTEGRAZIONE DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO BELLICO RESIDUO (ai sensi del D.Lgs 81/08 e s.m.i.)

INDAGINE GEORADAR E ERT 3D

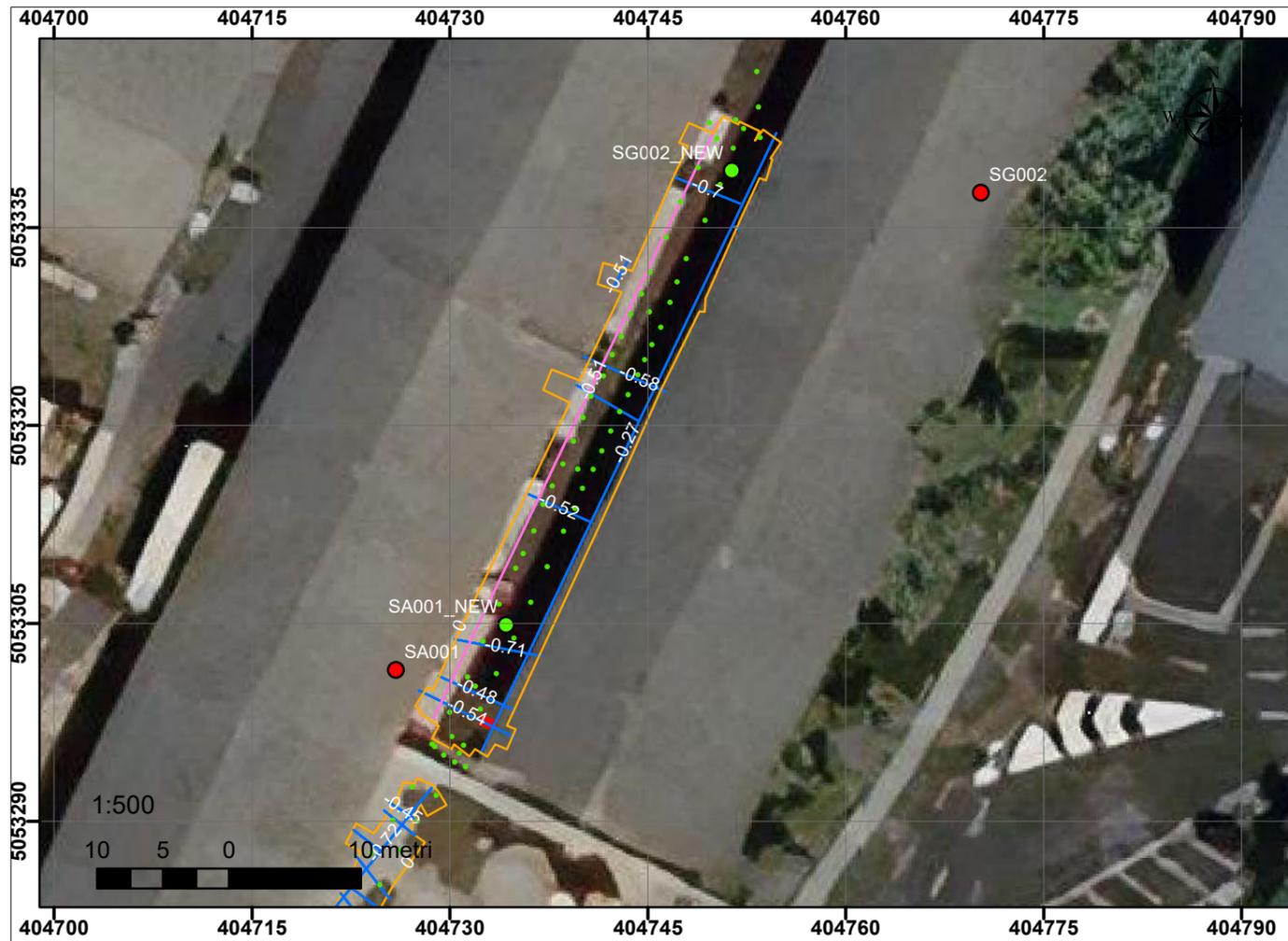
LUOGO
 Area Portuale di Trieste (TS)

DATA RILIEVO	07-17/09/2021	SCALA	VARIE
DATA CONSEGNA	29/09/2021	FILE DI STAMPA	

ELABORATO
 PLANIMETRIE E SEZIONI INDAGINE ERT 3D

CODIFICA ELABORATO

21125	TAV07	ELAB	00
NR.COMMESSA	NR. PROGR.	TIPO ELABORATO	REV.



Nell'area di futura realizzazione dei sondaggi SA001 e SG002 la mappatura con il georadar ha permesso di identificare alcune strutture/bersagli sepolti (anomalie lineari, anomalie areali).
 Le condizioni dielettriche del substrato dell'area hanno di fatto limitato la profondità di investigazione a 2.8 m dal piano campagna.
 L'errore strumentale del dato georadar è di 5 cm + il 10% della profondità.
 Le indagini geoelettriche 3D sono state eseguite mediante due linee da 24 elettrodi spaziate di circa 2 m e sfalsate tra di loro, in totale sono state utilizzate 48 posizioni elettrode.
 Tale configurazione ha consentito di mappare il sottosuolo fino ad una profondità maggiore ai 18 m.
 I valori di resistività variano in un range da poche unità ad oltre 250 ohm*m. I valori di caricabilità riscontrati variano da 0 a 250 mV/V.
 Dall'analisi combinata dei valori di resistività e di caricabilità, sono state individuate alcune zone caratterizzate da bassi valori di resistività ed elevati valori di caricabilità ed anomalie lineari da georadar in corrispondenza dell'area indagata.

La posizione del sondaggio SA001, su indicazione della Committenza, per problemi logistici è stato nel punto avente coordinate UTM Fuso 33 (WGS 84)
 Est: 404734.376 Nord: 5053304.775
 Sito locale utilizzato dalla Committenza
 Est: 2424740.450 Nord: 5053327.439

La posizione del sondaggio SG002, su indicazione della Committenza, per problemi logistici è stato nel punto avente coordinate UTM Fuso 33 (WGS 84)
 Est: 404751.472 Nord: 5053339.278
 Sito locale utilizzato dalla Committenza
 Est: 2424757.546 Nord: 5053361.942

Si può escludere la presenza di elementi ferromagnetici di grosse dimensioni nel primo sottosuolo (Target VRB) nella posizione sopraindicate per la futura realizzazione dei sondaggi.

COMMITTENTE

HHLA | **PLT Italy**

HHLA PLT
 Via degli Altì Forni
 34145, Trieste - Italia
 e-mail: info@hhlpla-plt.it

CONSULENTI TECNICI

S.T.E.R.N.

Consorzio S.T.E.R.N.
 via Marie Curie, 17 – 39100 Bolzano
 e-mail: info@consorzio stern.it
 PEC: consorzio stern@pec.it

Legenda

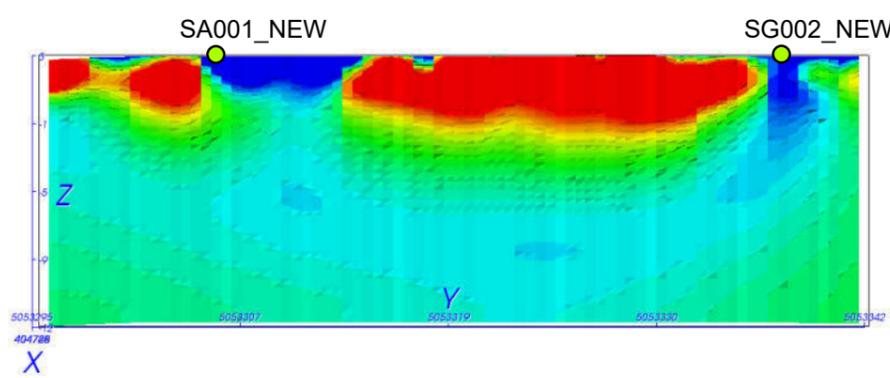
- Ubicazione sondaggio prevista da progetto
- Ubicazione sondaggio da indagine geofisica
- Elettrodi ERT3D

Elementi del rilievo Georadar

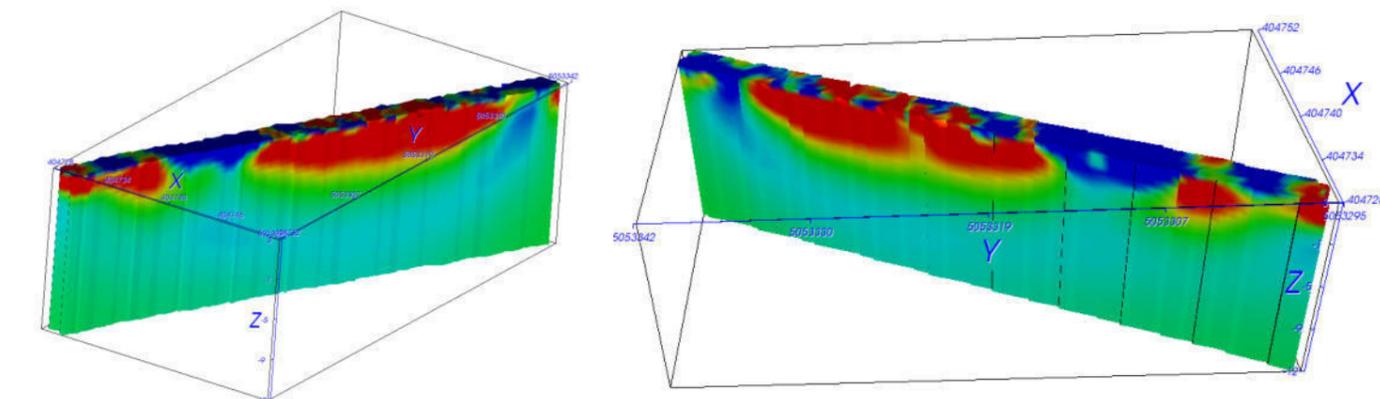
- Anomalia lineare
- Tubazione
- Area di scansione
- Struttura sepolta

Resistivity 250. 188. 126. 63.3 1.00
 Chargeability 250. 188. 125. 62.5 0.000

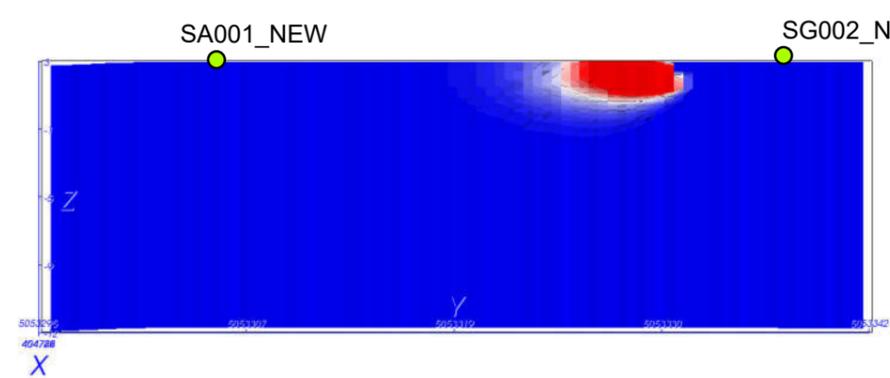
Sezione verticale estratta da voume di resistività (Ohm*m)



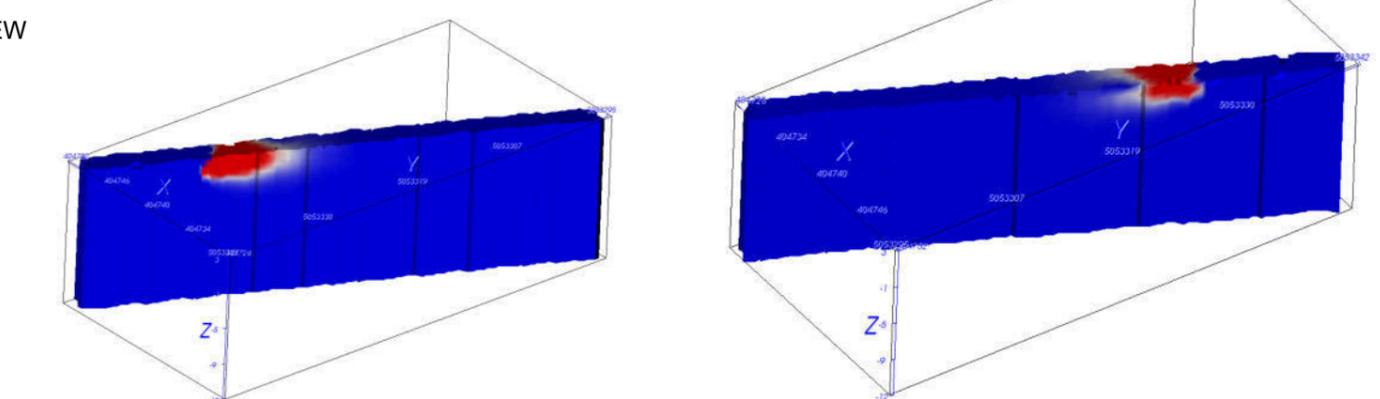
Vista 3D volume di resistività (Ohm*m)



Sezione verticale estratta da voume di caricabilità (mV/V)



Vista 3D volume di caricabilità (mV/V)



OGGETTO
 INDAGINE GEOFISICA COMBINATA PER LA MAPPATURA DELLE ANOMALIE PRESENTI NEL PRIMO SOTTOSUOLO AD INTEGRAZIONE DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO BELLICO RESIDUO (ai sensi del D.Lgs 81/08 e s.m.i.)

INDAGINE GEORADAR E ERT 3D

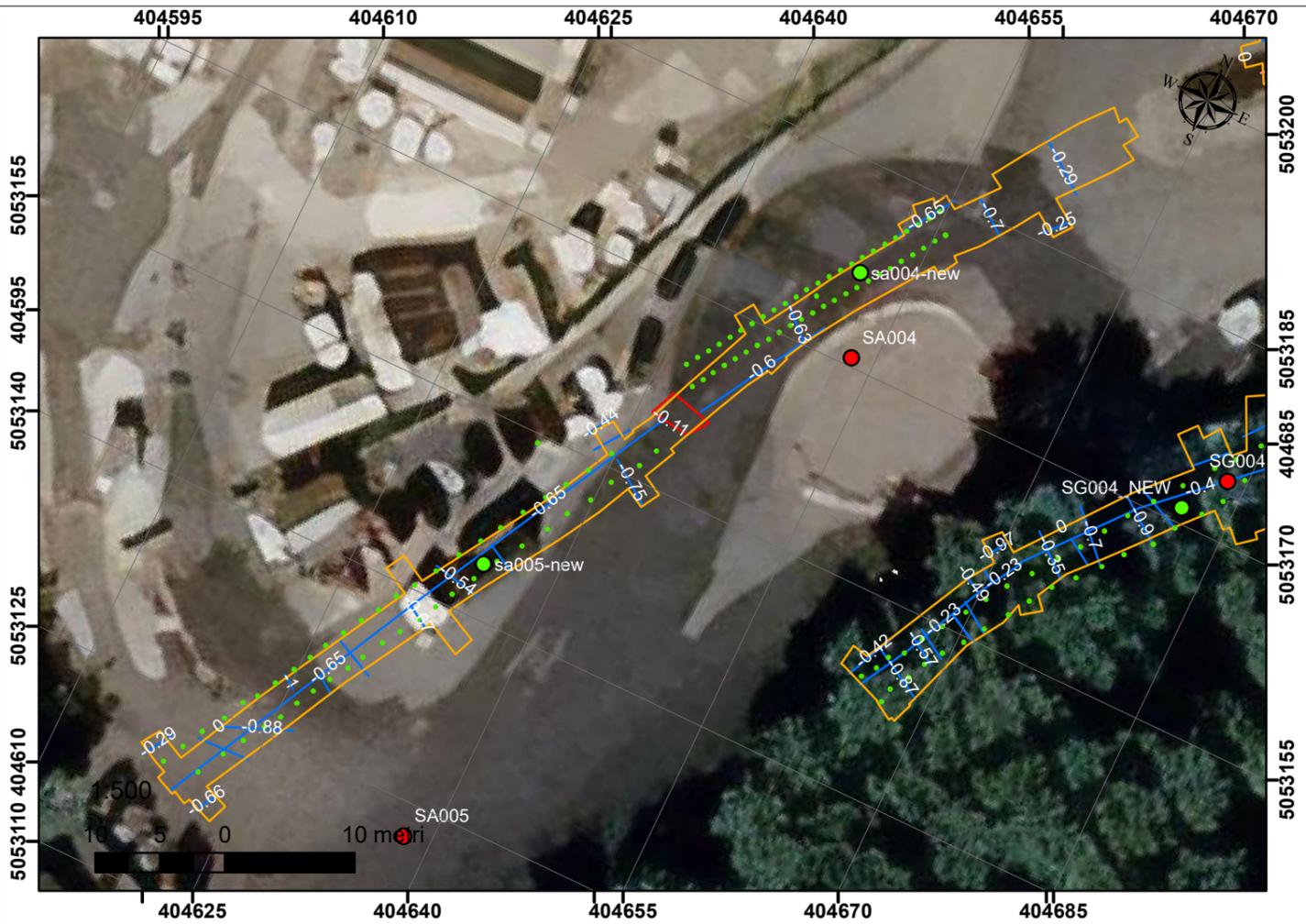
LUOGO
 Area Portuale di Trieste (TS)

DATA RILIEVO	07-17/09/2021	SCALA	VARIE
DATA CONSEGNA	29/09/2021	FILE DI STAMPA	

ELABORATO
 PLANIMETRIE E SEZIONI INDAGINE ERT 3D

CODIFICA ELABORATO

21125	TAV08	ELAB	00
NR.COMMESSA	NR. PROGR.	TIPO ELABORATO	REV.



Nell'area di futura realizzazione dei sondaggi SA004 e SA005 la mappatura con il georadar ha permesso di identificare alcune strutture/bersagli sepolti (anomalie lineari, anomalie areali).
 Le condizioni dielettriche del substrato dell'area hanno di fatto limitato la profondità di investigazione a 2.8 m dal piano campagna.
 L'errore strumentale del dato georadar è di 5 cm + il 10% della profondità.
 Le indagini geoelettriche 3D sono state eseguite mediante quattro linee da 24 elettrodi spaziate di circa 2 m e sfalsate tra di loro, in totale sono state utilizzate 96 posizioni elettrode.
 Tale configurazione ha consentito di mappare il sottosuolo fino ad una profondità maggiore ai 18 m.
 I valori di resistività variano in un range da poche unità ad oltre 250 ohm*m. I valori di caricabilità riscontrati variano da 0 a 250 mV/V.
 Dall'analisi combinata dei valori di resistività e di caricabilità, sono state individuate alcune zone caratterizzate da bassi valori di resistività ed elevati valori di caricabilità ed anomalie lineari da georadar in corrispondenza dell'area indagata.

La posizione del sondaggio SA004, su indicazione della Committenza, per problemi logistici è stato nel punto avente coordinate
 UTM Fuso 33 (WGS 84)
 Est: 404651.028 Nord: 5053177.089
 Sito locale utilizzato dalla Committenza
 Est: 2424657.130 Nord: 5053199.681

La posizione del sondaggio SA005, su indicazione della Committenza, per problemi logistici è stato nel punto avente coordinate
 UTM Fuso 33 (WGS 84)
 Est: 404634.652 Nord: 5053144.287
 Sito locale utilizzato dalla Committenza
 Est: 2424640.757 Nord: 5053166.872

Si può escludere la presenza di elementi ferromagnetici di grosse dimensioni nel primo sottosuolo (Target VRB) nelle posizioni sopraindicate per la futura realizzazione dei sondaggi.

COMMITTENTE

HHLA | **PLT Italy**

HHLA PLT
 Via degli Alti Forni
 34145, Trieste - Italia
 e-mail: info@hhl-plt.it

CONSULENTI TECNICI

S.T.E.R.N.

Consorzio S.T.E.R.N.
 via Marie Curie, 17 – 39100 Bolzano
 e-mail: info@consorzio stern.it
 PEC: consorzio stern@pec.it

Legenda

- Ubicazione sondaggio da indagine geofisica
- Ubicazione sondaggio prevista da progetto
- Elettrodi ERT3D

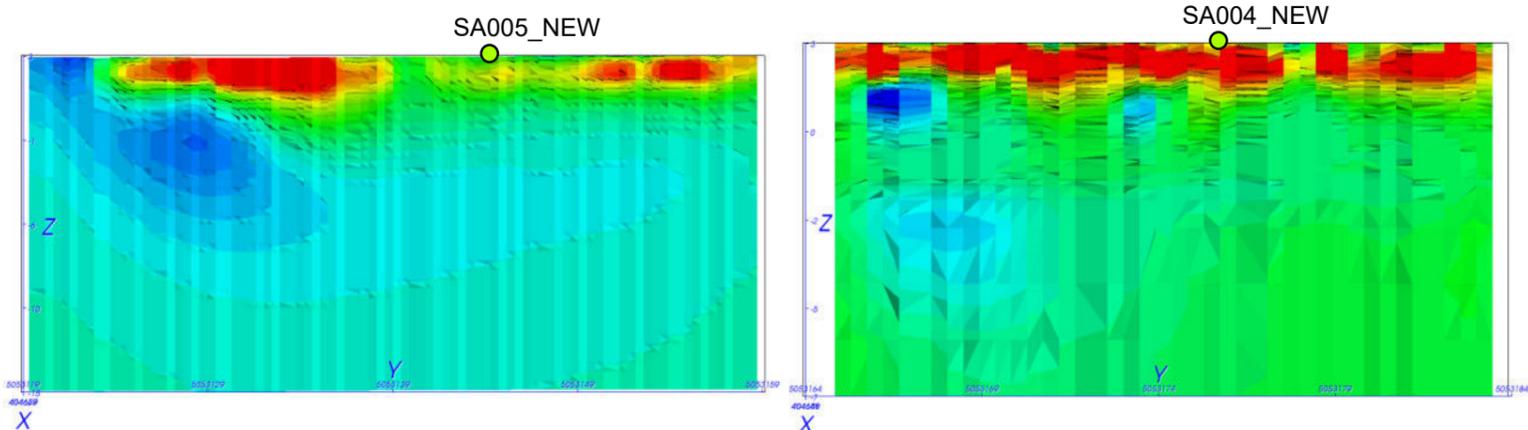
Elementi del rilievo Georadar

- Anomalia lineare
- Tubazione
- Area di scansione
- Struttura sepolta

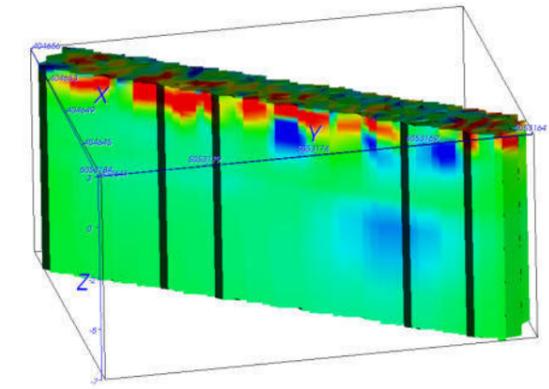
Resistivity (Ohm*m): 250, 188, 126, 63.3, 1.00

Chargeability (mV/V): 250, 188, 125, 62.5, 0.000

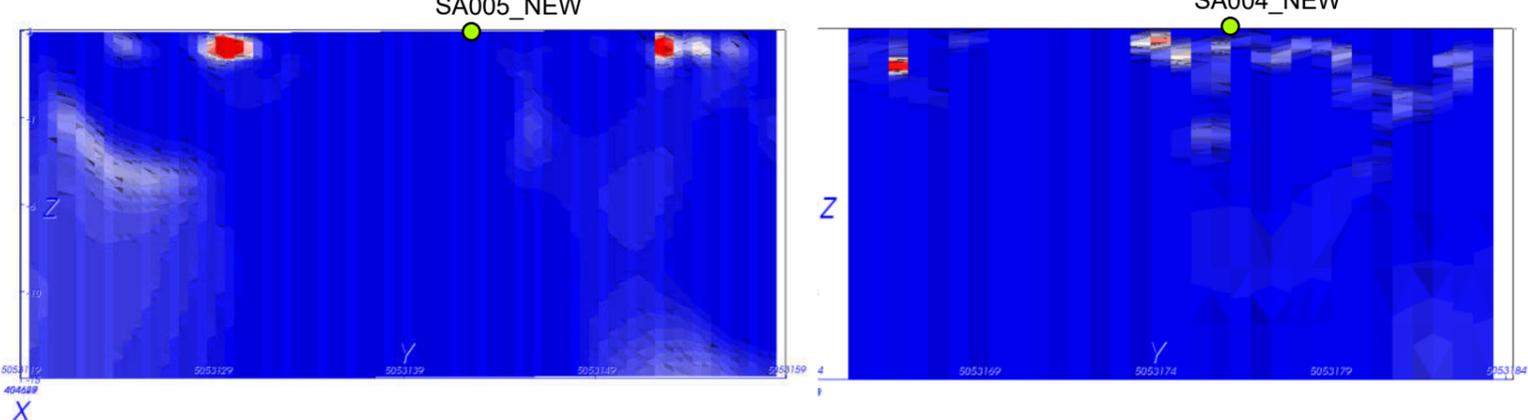
Sezione verticale estratta da voume di resistività (Ohm*m)



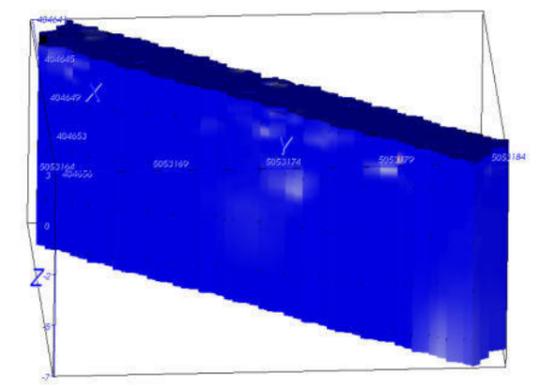
Vista 3D volume di resistività (Ohm*m)



Sezione verticale estratta da voume di caricabilità (mV/V)



Vista 3D volume di caricabilità (mV/V)



OGGETTO

INDAGINE GEOFISICA COMBINATA PER LA MAPPATURA DELLE ANOMALIE PRESENTI NEL PRIMO SOTTOSUOLO AD INTEGRAZIONE DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO BELLICO RESIDUO (ai sensi del D.Lgs 81/08 e s.m.i.)

INDAGINE GEORADAR E ERT 3D

LUOGO

Area Portuale di Trieste (TS)

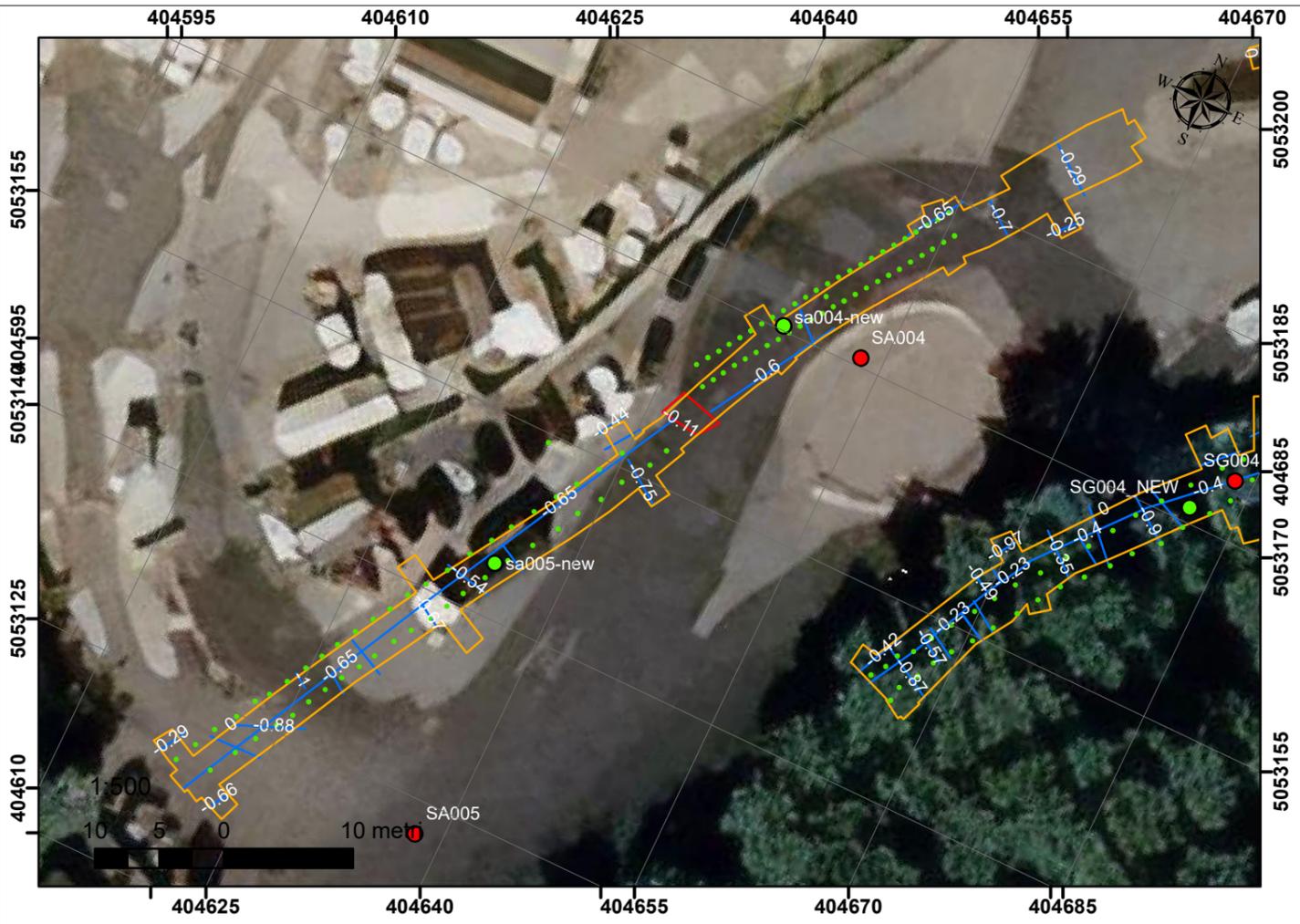
DATA RILIEVO	07-17/09/2021	SCALA	VARIE
DATA CONSEGNA	29/09/2021	FILE DI STAMPA	

ELABORATO

PLANIMETRIE E SEZIONI INDAGINE ERT 3D

CODIFICA ELABORATO

21125	TAV09	ELAB 00
NR.COMMESSA	NR. PROGR.	TIPO ELABORATO
		REV.



Nell'area di futura realizzazione dei sondaggi SA004 e SA005 la mappatura con il georadar ha permesso di identificare alcune strutture/bersagli sepolti (anomalie lineari, anomalie areali).
 Le condizioni dielettriche del substrato dell'area hanno di fatto limitato la profondità di investigazione a 2.8 m dal piano campagna.
 L'errore strumentale del dato georadar è di 5 cm + il 10% della profondità.
 Le indagini geoelettriche 3D sono state eseguite mediante quattro linee da 24 elettrodi spaziate di circa 2 m e sfalsate tra di loro, in totale sono state utilizzate 96 posizioni elettrode.
 Tale configurazione ha consentito di mappare il sottosuolo fino ad una profondità maggiore ai 18 m.
 I valori di resistività variano in un range da poche unità ad oltre 250 ohm*m. I valori di caricabilità riscontrati variano da 0 a 250 mV/V.
 Dall'analisi combinata dei valori di resistività e di caricabilità, sono state individuate alcune zone caratterizzate da bassi valori di resistività ed elevati valori di caricabilità ed anomalie lineari da georadar in corrispondenza dell'area indagata.

La posizione del sondaggio SA004, su indicazione della Committenza, per problemi logistici è stato nel punto avente coordinate
 UTM Fuso 33 (WGS 84)
 Est: 404647.287 Nord: 5053171.097
 Sito locale utilizzato dalla Committenza
 Est: 2424654.151 Nord: 5053186.648

La posizione del sondaggio SA005, su indicazione della Committenza, per problemi logistici è stato nel punto avente coordinate
 UTM Fuso 33 (WGS 84)
 Est: 404634.652 Nord: 5053144.287
 Sito locale utilizzato dalla Committenza
 Est: 2424640.757 Nord: 5053166.872

Si può escludere la presenza di elementi ferromagnetici di grosse dimensioni nel primo sottosuolo (Target VRB) nelle posizioni sopraindicate per la futura realizzazione dei sondaggi.

COMMITTENTE

HHLA PLT
 Via degli Altì Forni
 34145, Trieste - Italia
 e-mail: info@hlla-plt.it

CONSULENTI TECNICI

Consorzio S.T.E.R.N.
 via Marie Curie, 17 – 39100 Bolzano
 e-mail: info@consorziostern.it
 PEC: consorziostern@pec.it

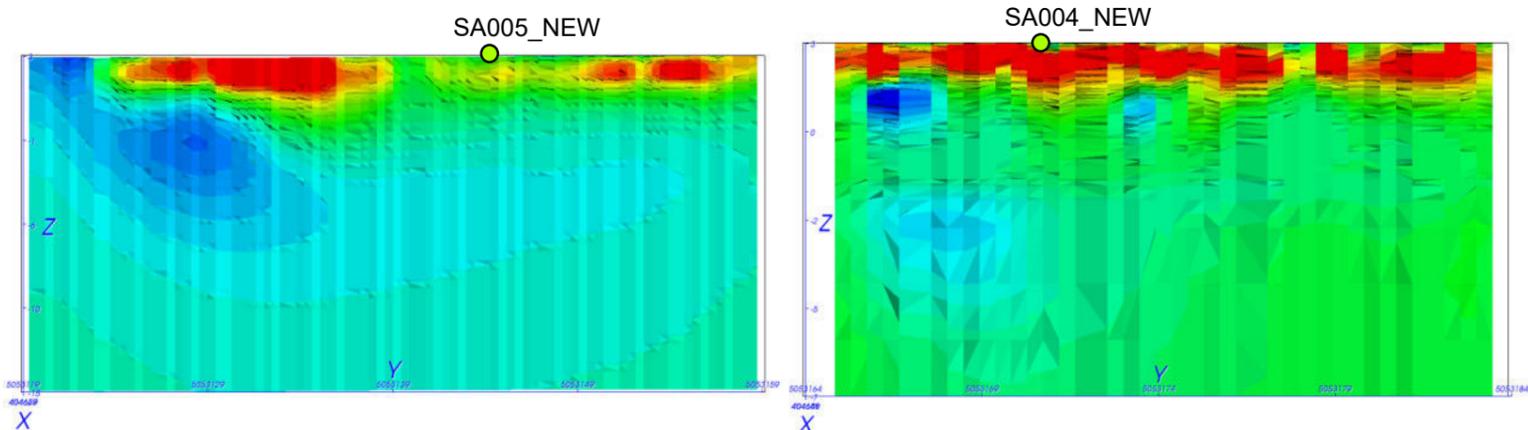
Legenda

- Ubicazione sondaggio da indagine geofisica
- Ubicazione sondaggio prevista da progetto
- Elettrodi ERT3D

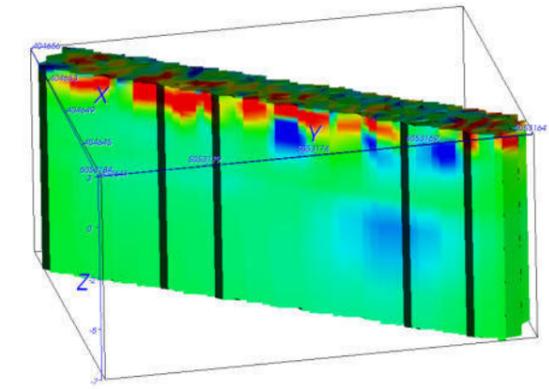
Elementi del rilievo Georadar

- Anomalia lineare
- Tubazione
- Area di scansione
- Struttura sepolta

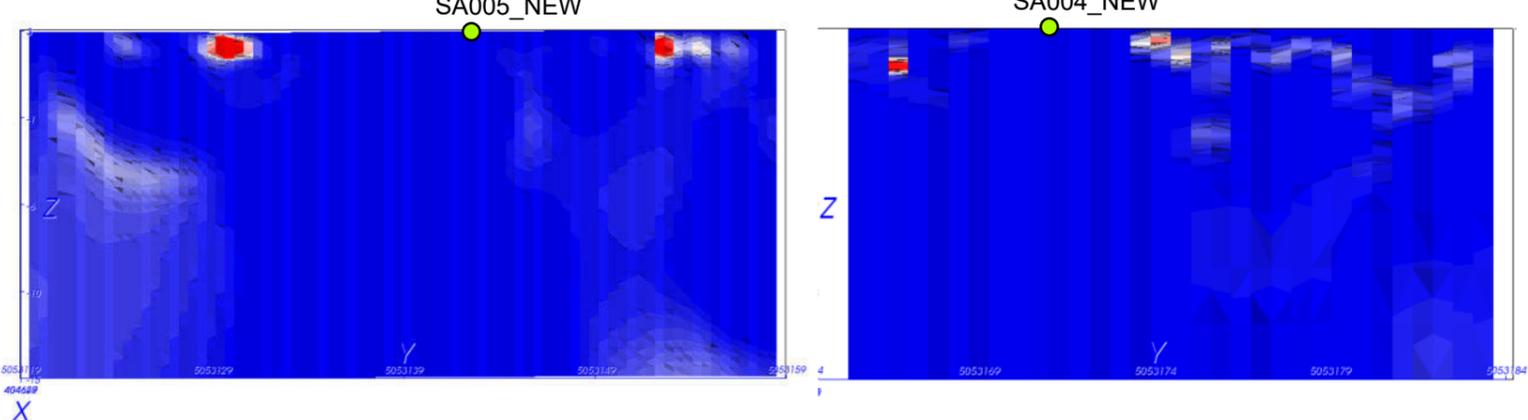
Sezione verticale estratta da voume di resistività (Ohm*m)



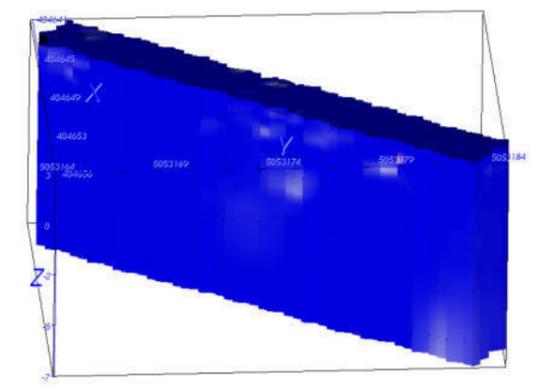
Vista 3D volume di resistività (Ohm*m)



Sezione verticale estratta da voume di caricabilità (mV/V)



Vista 3D volume di caricabilità (mV/V)



OGGETTO

INDAGINE GEOFISICA COMBINATA PER LA MAPPATURA DELLE ANOMALIE PRESENTI NEL PRIMO SOTTOSUOLO AD INTEGRAZIONE DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO BELLICO RESIDUO (ai sensi del D.Lgs 81/08 e s.m.i.)

INDAGINE GEORADAR E ERT 3D

LUOGO

Area Portuale di Trieste (TS)

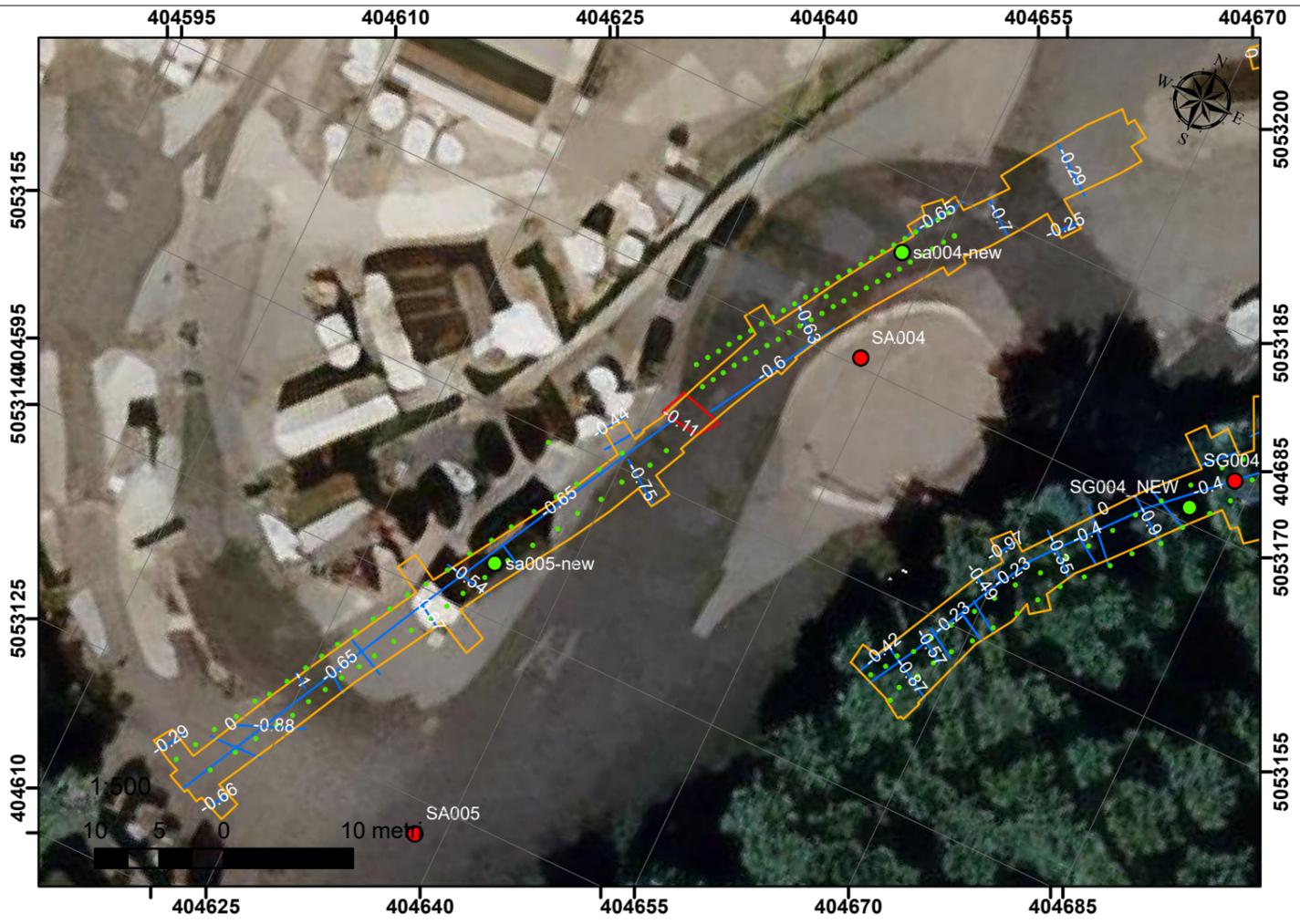
DATA RILIEVO	07-17/09/2021	SCALA	VARIE
DATA CONSEGNA	21/10/2021	FILE DI STAMPA	

ELABORATO

PLANIMETRIE E SEZIONI INDAGINE ERT 3D

CODIFICA ELABORATO

21125	TAV09_R1	ELAB	00
NR.COMMESSA	NR. PROGR.	TIPO ELABORATO	REV.



Nell'area di futura realizzazione dei sondaggi SA004 e SA005 la mappatura con il georadar ha permesso di identificare alcune strutture/bersagli sepolti (anomalie lineari, anomalie areali).
 Le condizioni dielettriche del substrato dell'area hanno di fatto limitato la profondità di investigazione a 2.8 m dal piano campagna.
 L'errore strumentale del dato georadar è di 5 cm + il 10% della profondità.
 Le indagini geoelettriche 3D sono state eseguite mediante quattro linee da 24 elettrodi spaziate di circa 2 m e sfalsate tra di loro, in totale sono state utilizzate 96 posizioni elettrodiche.
 Tale configurazione ha consentito di mappare il sottosuolo fino ad una profondità maggiore ai 18 m.
 I valori di resistività variano in un range da poche unità ad oltre 250 ohm*m. I valori di caricabilità riscontrati variano da 0 a 250 mV/V.
 Dall'analisi combinata dei valori di resistività e di caricabilità, sono state individuate alcune zone caratterizzate da bassi valori di resistività ed elevati valori di caricabilità ed anomalie lineari da georadar in corrispondenza dell'area indagata.

La posizione del sondaggio SA004, su indicazione della Committenza, per problemi logistici è stato nel punto avente coordinate
 UTM Fuso 33 (WGS 84)
 Est: 404652.690 Nord: 5053179.342
 Sito locale utilizzato dalla Committenza
 Est: 2424658.792 Nord: 5053201.934

La posizione del sondaggio SA005, su indicazione della Committenza, per problemi logistici è stato nel punto avente coordinate
 UTM Fuso 33 (WGS 84)
 Est: 404634.652 Nord: 5053144.287
 Sito locale utilizzato dalla Committenza
 Est: 2424640.757 Nord: 5053166.872

Si può escludere la presenza di elementi ferromagnetici di grosse dimensioni nel primo sottosuolo (Target VRB) nelle posizioni sopraindicate per la futura realizzazione dei sondaggi.

COMMITTENTE

HHLA | **PLT Italy**

HHLA PLT
 Via degli Altì Forni
 34145, Trieste - Italia
 e-mail: info@hhl-plt.it

CONSULENTI TECNICI

S.T.E.R.N.

Consorzio S.T.E.R.N.
 via Marie Curie, 17 – 39100 Bolzano
 e-mail: info@consorzio stern.it
 PEC: consorzio stern@pec.it

Legenda

- Ubicazione sondaggio da indagine geofisica
- Ubicazione sondaggio prevista da progetto
- Elettrodi ERT3D

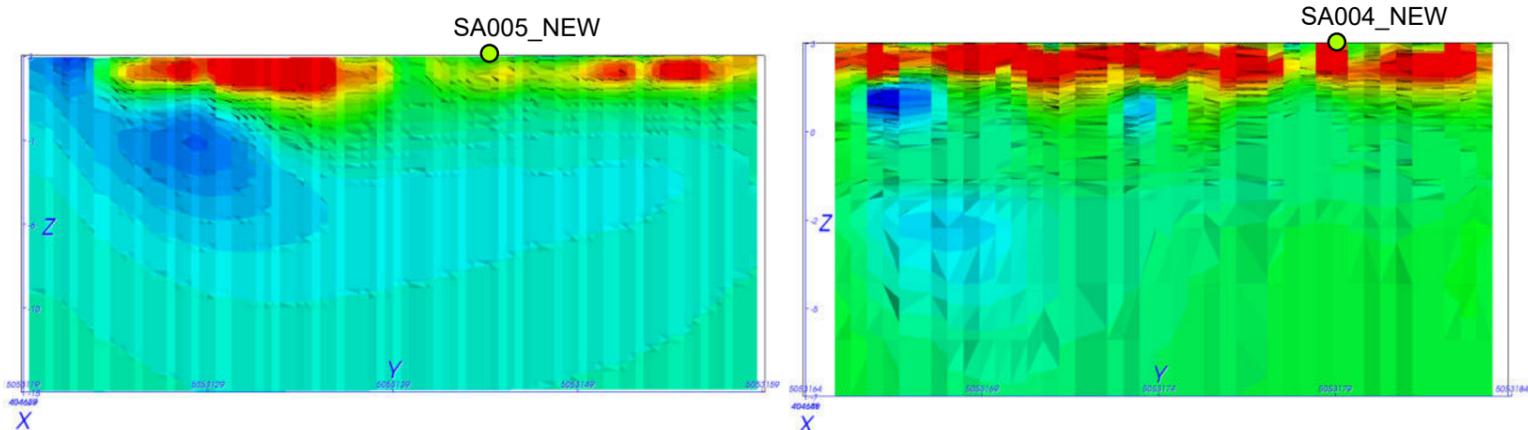
Elementi del rilievo Georadar

- Anomalia lineare
- Tubazione
- Area di scansione
- Struttura sepolta

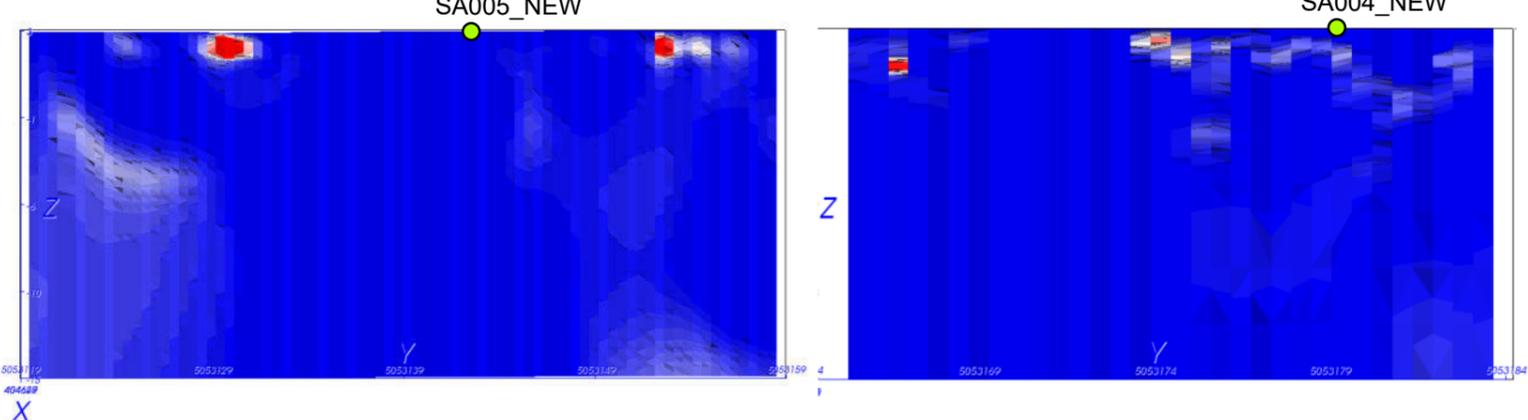
Resistivity
 250.0
188.0
126.0
63.3
1.00

Chargeability
 250.0
188.0
125.0
62.5
0.000

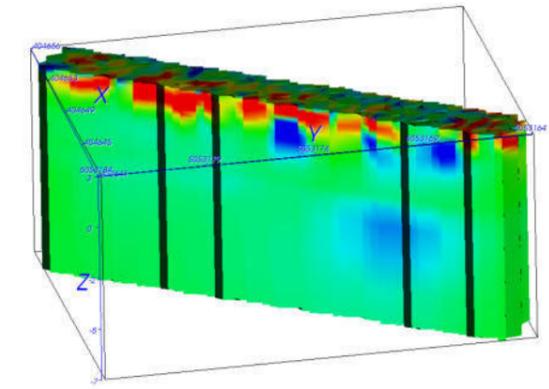
Sezione verticale estratta da voume di resistività (Ohm*m)



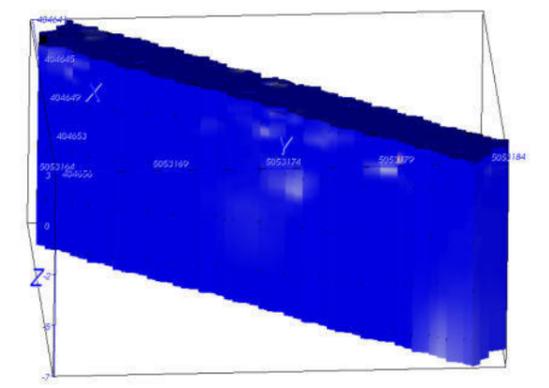
Sezione verticale estratta da voume di caricabilità (mV/V)



Vista 3D volume di resistività (Ohm*m)



Vista 3D volume di caricabilità (mV/V)



OGGETTO

INDAGINE GEOFISICA COMBINATA PER LA MAPPATURA DELLE ANOMALIE PRESENTI NEL PRIMO SOTTOSUOLO AD INTEGRAZIONE DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO BELLICO RESIDUO (ai sensi del D.Lgs 81/08 e s.m.i.)

INDAGINE GEORADAR E ERT 3D

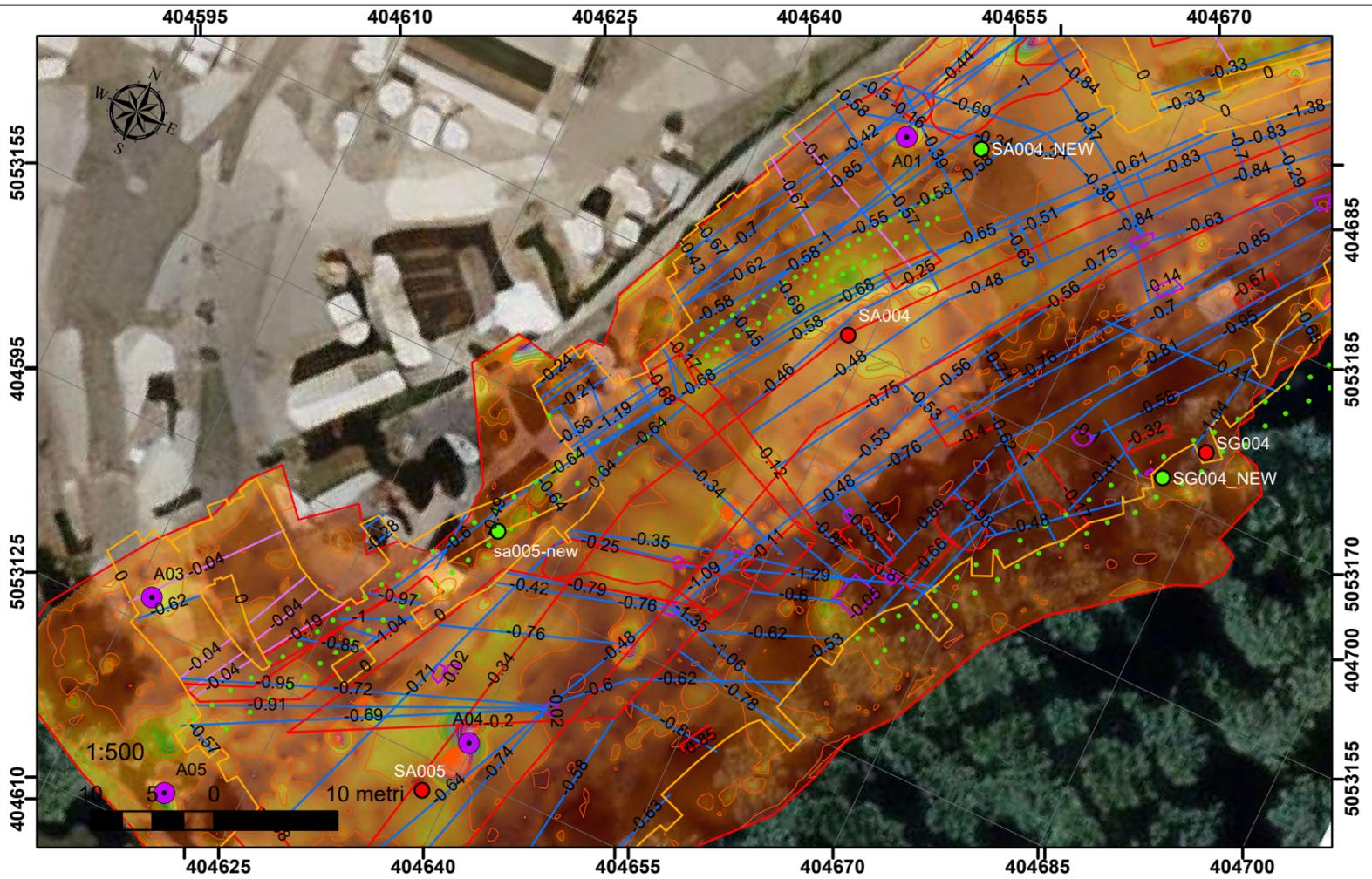
LUOGO
 Area Portuale di Trieste (TS)

DATA RILIEVO	07-17/09/2021	SCALA	VARIE
DATA CONSEGNA	22/10/2021	FILE DI STAMPA	

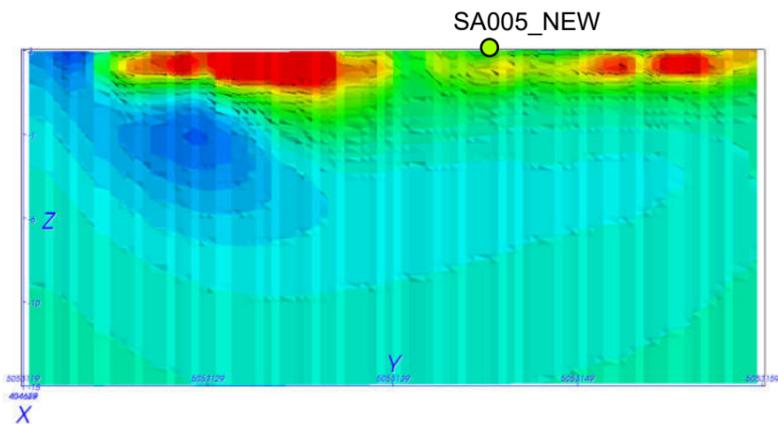
ELABORATO
 PLANIMETRIE E SEZIONI INDAGINE ERT 3D

CODIFICA ELABORATO

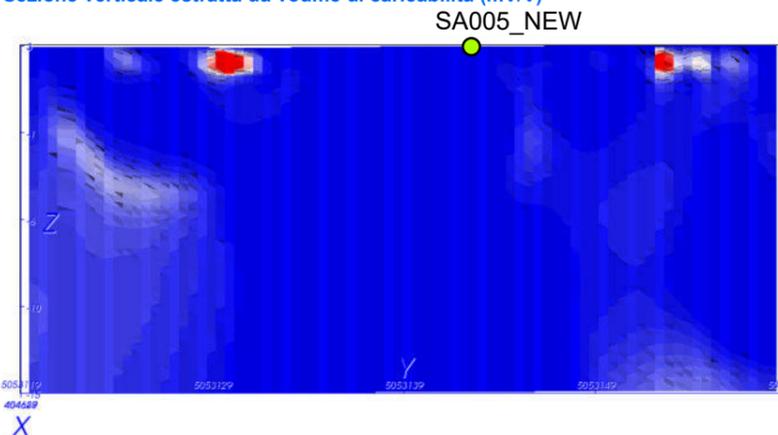
21125	TAV09_R2	ELAB	00
NR.COMMESSA	NR. PROGR.	TIPO ELABORATO	REV.



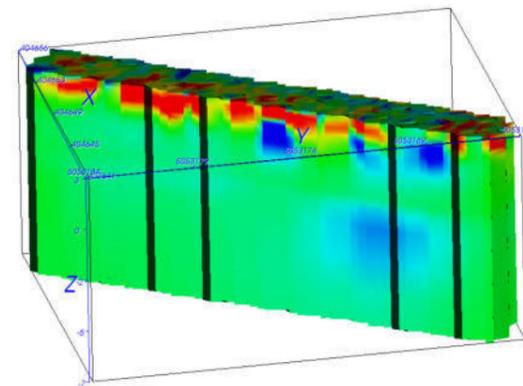
Sezione verticale estratta da voume di resistività (Ohm*m)



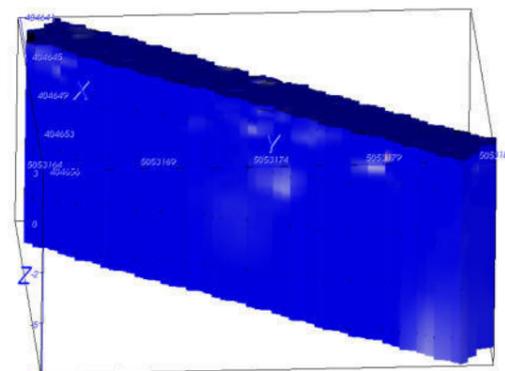
Sezione verticale estratta da voume di caricabilità (mV/V)



Vista 3D volume di resistività (Ohm*m)



Vista 3D volume di caricabilità (mV/V)



Nell'area di futura realizzazione dei sondaggi SA004 e SA005 la mappatura con il georadar ha permesso di identificare alcune strutture/bersagli sepolti (anomalie lineari, anomalie areali). Le condizioni dielettriche del substrato dell'area hanno di fatto limitato la profondità di investigazione a 2.8 m dal piano campagna.

L'errore strumentale del dato georadar è di 5 cm + il 10% della profondità.

Le indagini geoelettriche 3D sono state eseguite mediante quattro linee da 24 elettrodi spaziate di circa 2 m e sfalsate tra di loro, in totale sono state utilizzate 96 posizioni elettrodiche. Tale configurazione ha consentito di mappare il sottosuolo fino ad una profondità maggiore ai 18 m.

I valori di resistività variano in un range da poche unità ad oltre 250 ohm*m. I valori di caricabilità riscontrati variano da 0 a 250 mV/V.

Dall'analisi combinata dei valori di resistività e di caricabilità, sono state individuate alcune zone caratterizzate da bassi valori di resistività ed elevati valori di caricabilità ed anomalie lineari da georadar in corrispondenza dell'area indagata.

La posizione del sondaggio SA004, su indicazione della Committenza, per problemi logistici è stata spostata in una posizione che ricade al di fuori dell'area indagata mediante ERT 3D.

In tale area è stato tuttavia svolta un rilievo elettromagnetometrico VLF che consente di mappare la presenza di eventuali elementi ferromagnetici nel sottosuolo fino alla profondità di 15 m dal piano campagna.

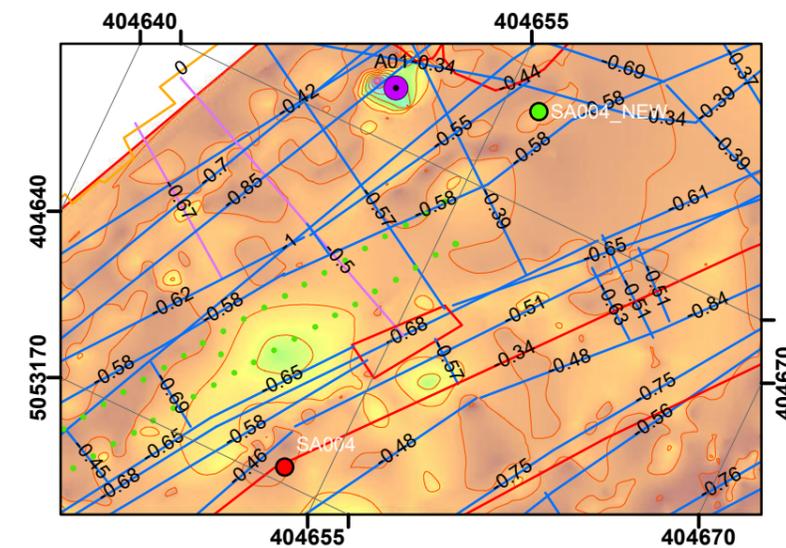
La posizione del sondaggio SA004 è stato spostato nel punto avente coordinate UTM Fuso 33 (WGS 84) Est: 404656.520 Nord: 5053188.929

Sito locale utilizzato dalla Committenza Est: 2424662.623 Nord: 5053211.521

La posizione del sondaggio SA005, su indicazione della Committenza, per problemi logistici è stato spostato nel punto avente coordinate UTM Fuso 33 (WGS 84) Est: 404634.652 Nord: 5053144.287

Sito locale utilizzato dalla Committenza Est: 2424640.757 Nord: 5053166.872

Si può escludere la presenza di elementi ferromagnetici di grosse dimensioni nel primo sottosuolo (Target VRB) nelle posizioni sopraindicate per la futura realizzazione dei sondaggi.



COMMITTENTE



HHLA PLT

Via degli Altì Forni
34145, Trieste - Italia
e-mail: info@hhlpla-plt.it

CONSULENTI TECNICI



Consorzio S.T.E.R.N.

via Marie Curie, 17 – 39100 Bolzano
e-mail: info@consorzio stern.it
PEC: consorzio stern@pec.it

Legenda

- Ubicazione sondaggio da indagine geofisica
 - Ubicazione sondaggio prevista da progetto
 - Elettrodi ERT3D
- Elementi del rilievo georadar**
- Chiusino/Pozzetto
 - Tubazione
 - Anomalia lineare
 - Struttura sepolta
 - Area di rilievo georadar
- Area del rilievo elettromagnetometrico VLF
- Variazione nella componente verticale del CMT (135 kHz)
μA/m
- High : 2918.26
 - Low : 148.716
- Anomalie Elettromagnetiche
 - Isomagnetiche_(100_μA_m)



OGGETTO

INDAGINE GEOFISICA COMBINATA PER LA MAPPATURA DELLE ANOMALIE PRESENTI NEL PRIMO SOTTOSUOLO AD INTEGRAZIONE DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO BELLO RESIDUO (ai sensi del D.Lgs 81/08 e s.m.i.)

INDAGINE GEORADAR, ERT 3D ED EM VLF

LUOGO

Area Portuale di Trieste (TS)

DATA RILIEVO	07-17/09/2021	SCALA	VARIE
--------------	---------------	-------	-------

DATA CONSEGNA	10/11/2021	FILE DI STAMPA	
---------------	------------	----------------	--

ELABORATO
PLANIMETRIE E SEZIONI INDAGINE ERT 3D

CODIFICA ELABORATO

21125	TAV09_R3	ELAB	00
-------	----------	------	----

NR.COMMESSA	NR. PROGR.	TIPO ELABORATO	REV.
-------------	------------	----------------	------



Nell'area di futura realizzazione dei sondaggi SA007 e SG009 la mappatura con il georadar ha permesso di identificare alcune strutture/bersagli sepolti (anomalie lineari, anomalie areali).
 Le condizioni dielettriche del substrato dell'area hanno di fatto limitato la profondità di investigazione a 2.8 m dal piano campagna.
 L'errore strumentale del dato georadar è di 5 cm + il 10% della profondità.
 Le indagini geoelettriche 3D sono state eseguite mediante quattro linee da 24 elettrodi spaziate di circa 2 m e sfalsate tra di loro, in totale sono state utilizzate 96 posizioni elettrode.
 Tale configurazione ha consentito di mappare il sottosuolo fino ad una profondità maggiore ai 18 m.
 I valori di resistività variano in un range da poche unità ad oltre 250 ohm*m. I valori di caricabilità riscontrati variano da 0 a 250 mV/V.
 Dall'analisi combinata dei valori di resistività e di caricabilità, sono state individuate alcune zone caratterizzate da bassi valori di resistività ed elevati valori di caricabilità ed anomalie lineari da georadar in corrispondenza dell'area indagata.

La posizione del sondaggio SA007, su indicazione della Committenza, per problemi logistici è stato nei punto avente coordinate
 UTM Fuso 33 (WGS 84)
 Est: 404975.980 Nord: 5052839.149
 Sito locale utilizzato dalla Committenza
 Est: 2424995.205 Nord: 5052837.046

La posizione del sondaggio SG009, su indicazione della Committenza, per problemi logistici è stato nei punto avente coordinate
 UTM Fuso 33 (WGS 84)
 Est: 404975.286 Nord: 5052838.080
 Sito locale utilizzato dalla Committenza
 Est: 2424981.317 Nord: 5052860.748

Si può escludere la presenza di elementi ferromagnetici di grosse dimensioni nel primo sottosuolo (Target VRB) nelle posizioni sopraindicate per la futura realizzazione dei sondaggi.

Legenda

- Ubicazione sondaggio prevista da progetto
- Ubicazione sondaggio da indagine geofisica
- Elettrodi ERT3D

Elementi del rilievo Georadar

- Anomalia Target VRB
- Anomalia lineare
- Tubazione
- Area di scansione
- Struttura sepolta

Resistivity

Chargeability



OGGETTO
 INDAGINE GEOFISICA COMBINATA PER LA MAPPATURA DELLE ANOMALIE PRESENTI NEL PRIMO SOTTOSUOLO AD INTEGRAZIONE DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO BELLICO RESIDUO (ai sensi del D.Lgs 81/08 e s.m.i.)

INDAGINE GEORADAR E ERT 3D

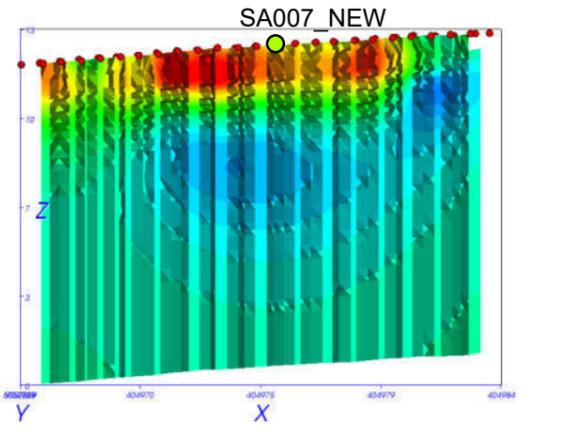
LUOGO
 Area Portuale di Trieste (TS)

DATA RILIEVO	dal 07/09/2021 al 08/10/2021	SCALA	VARIE
DATA CONSEGNA	14/10/2021	FILE DI STAMPA	

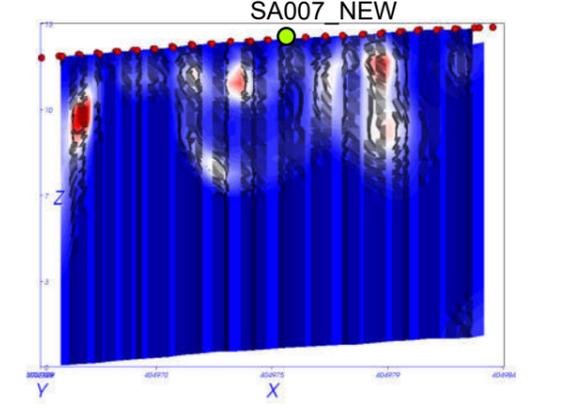
ELABORATO
 PLANIMETRIE E SEZIONI INDAGINE ERT 3D

CODIFICA ELABORATO			
21125	TAV10	ELAB 00	
NR.COMMESSA	NR. PROGR.	TIPO ELABORATO	REV.

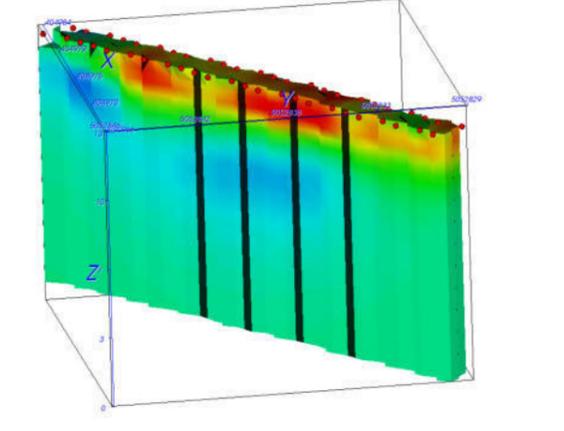
Sezione verticale estratta da voume di resistività (Ohm*m)



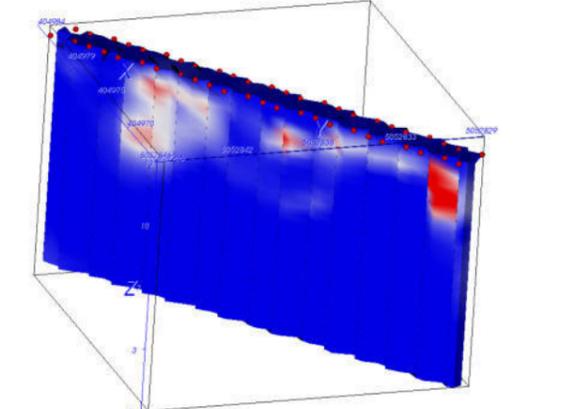
Sezione verticale estratta da voume di caricabilità (mV/V)



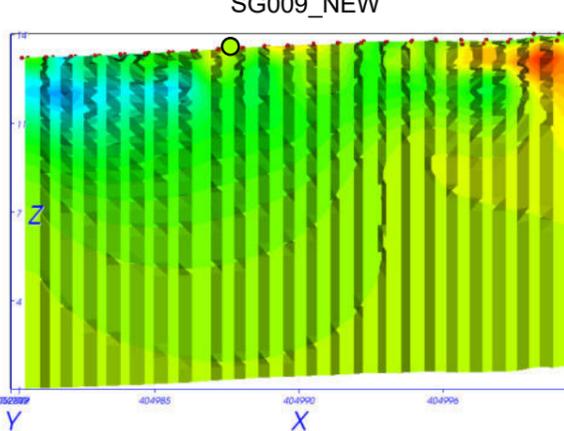
Vista 3D volume di resistività (Ohm*m)



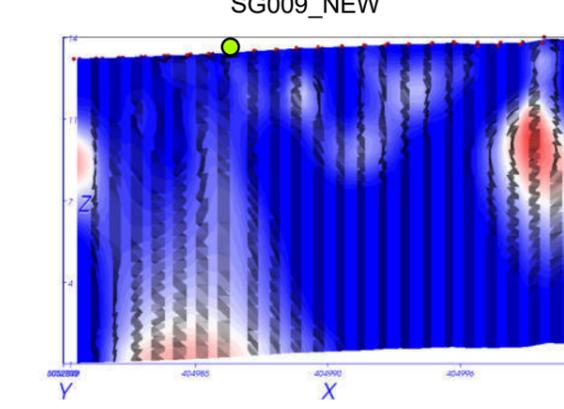
Vista 3D volume di caricabilità (mV/V)



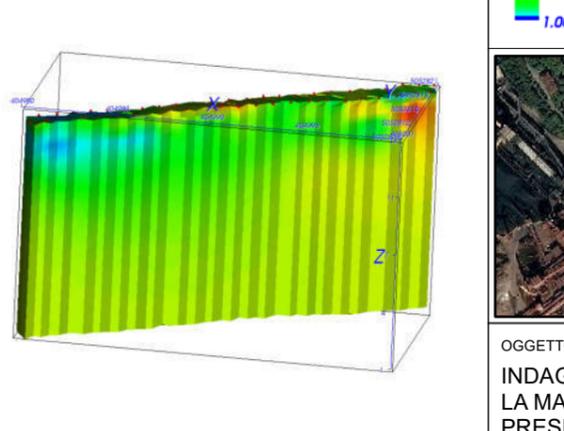
Sezione verticale estratta da voume di resistività (Ohm*m)



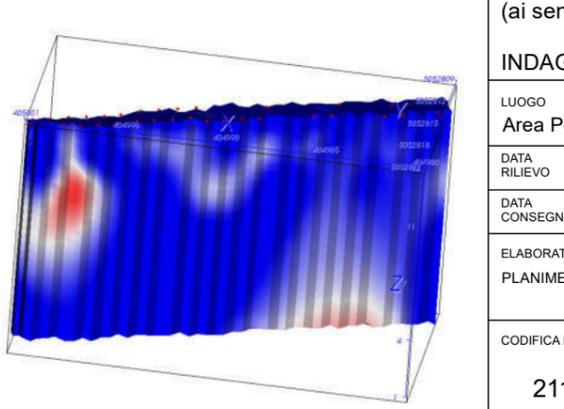
Sezione verticale estratta da voume di caricabilità (mV/V)



Vista 3D volume di resistività (Ohm*m)



Vista 3D volume di caricabilità (mV/V)





Nell'area di futura realizzazione dei sondaggi SA007 e SG009 la mappatura con il georadar ha permesso di identificare alcune strutture/bersagli sepolti (anomalie lineari, anomalie areali).
 Le condizioni dielettriche del substrato dell'area hanno di fatto limitato la profondità di indagine a 2.8 m dal piano campagna.
 L'errore strumentale del dato georadar è di 5 cm + il 10% della profondità.
 Le indagini geoelettriche 3D sono state eseguite mediante quattro linee da 24 elettrodi spaziate di circa 2 m e sfalsate tra di loro, in totale sono state utilizzate 96 posizioni elettrode.
 Tale configurazione ha consentito di mappare il sottosuolo fino ad una profondità maggiore ai 18 m.
 I valori di resistività variano in un range da poche unità ad oltre 250 ohm*m. I valori di caricabilità riscontrati variano da 0 a 250 mV/V.
 Dall'analisi combinata dei valori di resistività e di caricabilità, sono state individuate alcune zone caratterizzate da bassi valori di resistività ed elevati valori di caricabilità ed anomalie lineari da georadar in corrispondenza dell'area indagata.

La posizione del sondaggio SA007, su indicazione della Committenza, per problemi logistici è stato nel punto avente coordinate
 UTM Fuso 33 (WGS 84)
 Est: 404975.245 Nord: 5052838.079
 Sito locale utilizzato dalla Committenza
 Est: 2424981.317 Nord: 5052860.748

La posizione del sondaggio SG009, su indicazione della Committenza, per problemi logistici è stato nel punto avente coordinate
 UTM Fuso 33 (WGS 84)
 Est: 404988.957 Nord: 5052814.390
 Sito locale utilizzato dalla Committenza
 Est: 2424995.205 Nord: 5052837.046

Si può escludere la presenza di elementi ferromagnetici di grosse dimensioni nel primo sottosuolo (Target VRB) nelle posizioni sopraindicate per la futura realizzazione dei sondaggi.

COMMITTENTE

HHLA | **PLT Italy**

HHLA PLT
 Via degli Altì Forni
 34145, Trieste - Italia
 e-mail: info@hhlA-plt.it

CONSULENTI TECNICI

S.T.E.R.N.

Consorzio S.T.E.R.N.
 via Marie Curie, 17 – 39100 Bolzano
 e-mail: info@consorzio stern.it
 PEC: consorzio stern@pec.it

Legenda

- Ubicazione sondaggio prevista da progetto
- Ubicazione sondaggio da indagine geofisica
- Elettrodi ERT3D

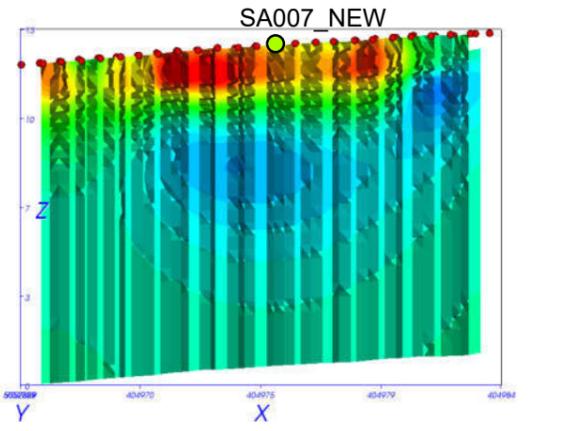
Elementi del rilievo Georadar

- Anomalia Target VRB
- Anomalia lineare
- Tubazione
- Area di scansione
- Struttura sepolta

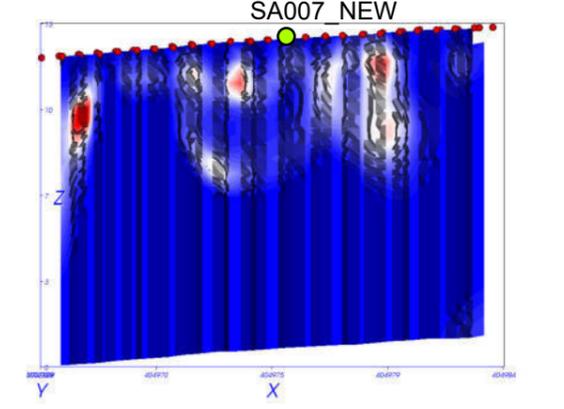
Resistivity 250. 188. 126. 63.3 1.00
 Chargeability 250. 188. 125. 62.5 0.000



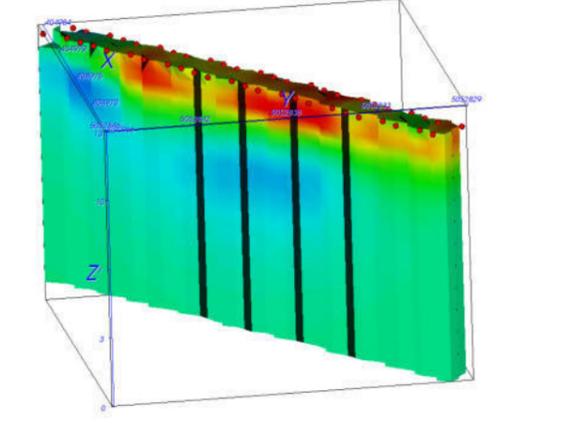
Sezione verticale estratta da voume di resistività (Ohm*m)



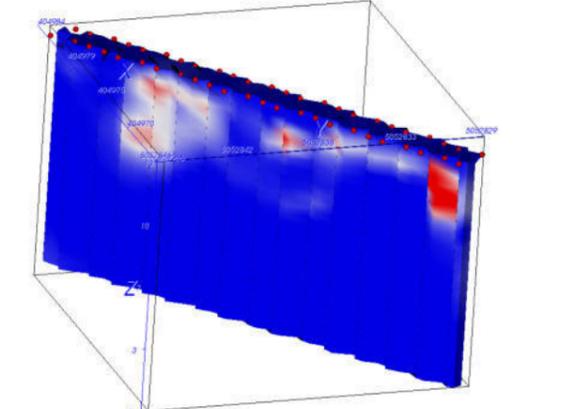
Sezione verticale estratta da voume di caricabilità (mV/V)



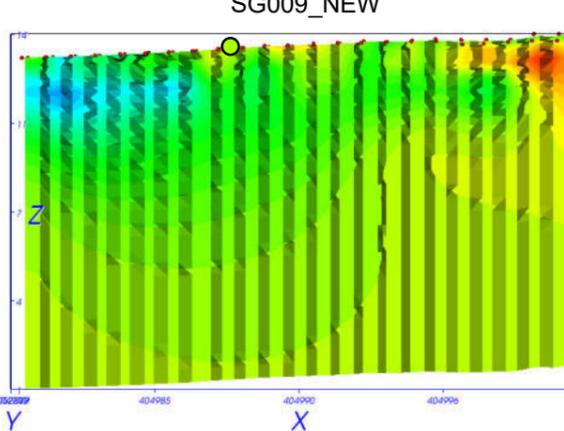
Vista 3D volume di resistività (Ohm*m)



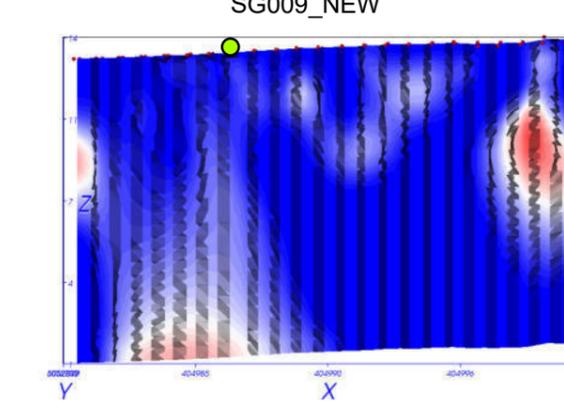
Vista 3D volume di caricabilità (mV/V)



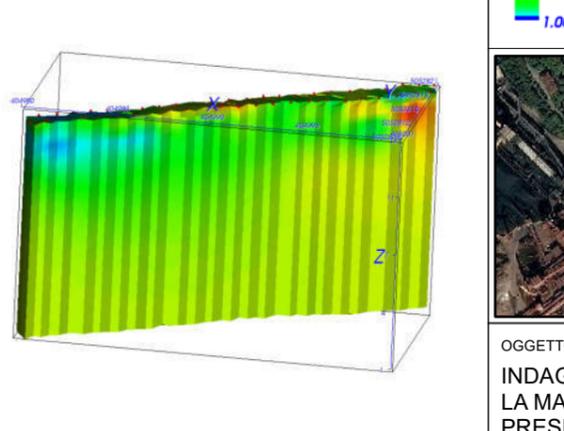
Sezione verticale estratta da voume di resistività (Ohm*m)



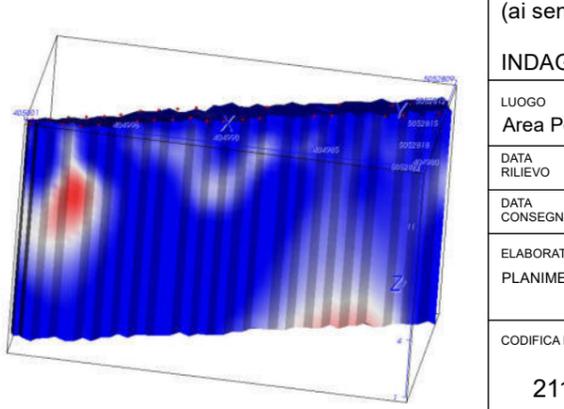
Sezione verticale estratta da voume di caricabilità (mV/V)



Vista 3D volume di resistività (Ohm*m)



Vista 3D volume di caricabilità (mV/V)



OGGETTO

INDAGINE GEOFISICA COMBINATA PER LA MAPPATURA DELLE ANOMALIE PRESENTI NEL PRIMO SOTTOSUOLO AD INTEGRAZIONE DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO BELLICO RESIDUO (ai sensi del D.Lgs 81/08 e s.m.i.)

INDAGINE GEORADAR E ERT 3D

LUOGO

Area Portuale di Trieste (TS)

DATA RILIEVO	dal 07/09/2021 al 08/10/2021	SCALA	VARIE
DATA CONSEGNA	18/10/2021	FILE DI STAMPA	

ELABORATO

PLANIMETRIE E SEZIONI INDAGINE ERT 3D

CODIFICA ELABORATO

21125	TAV10_R1	ELAB	00
NR.COMMESSA	NR. PROGR.	TIPO ELABORATO	REV.



Nell'area di futura realizzazione del sondaggio SA006 la mappatura con il georadar ha permesso di identificare alcune strutture/bersagli sepolti (anomalie lineari, anomalie areali).
 Le condizioni dielettriche del substrato dell'area hanno di fatto limitato la profondità di investigazione a 2.8 m dal piano campagna.
 L'errore strumentale del dato georadar è di 5 cm + il 10% della profondità.
 Le indagini geoelettriche 3D sono state eseguite mediante due linee da 24 elettrodi spaziate di circa 2 m e sfalsate tra di loro, in totale sono state utilizzate 48 posizioni elettrodiche.
 Tale configurazione ha consentito di mappare il sottosuolo fino ad una profondità maggiore ai 18 m.
 I valori di resistività variano in un range da poche unità ad oltre 250 ohm*m. I valori di caricabilità riscontrati variano da 0 a 250 mV/V.
 Dall'analisi combinata dei valori di resistività e di caricabilità, sono state individuate alcune zone caratterizzate da bassi valori di resistività ed elevati valori di caricabilità ed anomalie lineari da georadar in corrispondenza dell'area indagata.

La posizione del sondaggio SA006, su indicazione della Committenza, per problemi logistici è stato nei punto avente coordinate
 UTM Fuso 33 (WGS 84)
 Est: 404914.053 Nord: 5052891.001
 Sito locale utilizzato dalla Committenza
 Est: 2424920.341 Nord: 5052913.613

Si può escludere la presenza di elementi ferromagnetici di grosse dimensioni nel primo sottosuolo (Target VRB) nella posizione sopraindicata per la futura realizzazione del sondaggio.

COMMITTENTE

HHLA | **PLT Italy**

HHLA PLT
 Via degli Altì Forni
 34145, Trieste - Italia
 e-mail: info@hhlpla-plt.it

CONSULENTI TECNICI

S.T.E.R.N.

Consorzio S.T.E.R.N.
 via Marie Curie, 17 – 39100 Bolzano
 e-mail: info@consorzio stern.it
 PEC: consorzio stern@pec.it

Legenda

- Ubicazione sondaggio prevista da progetto
- Ubicazione sondaggio da indagine geofisica
- Elettrodi ERT3D

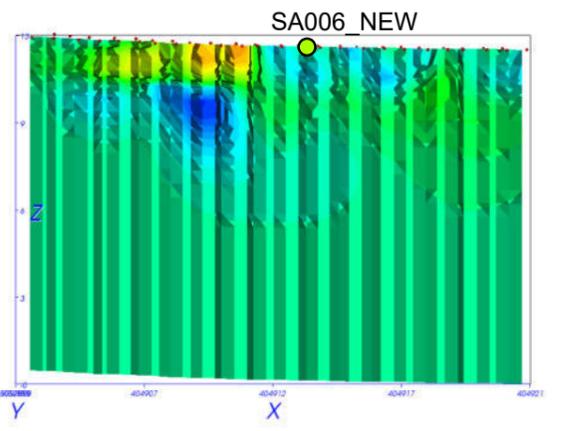
Elementi del rilievo Georadar

- Anomalia Target VRB
- Anomalia lineare
- Tubazione
- Area di scansione
- Struttura sepolta

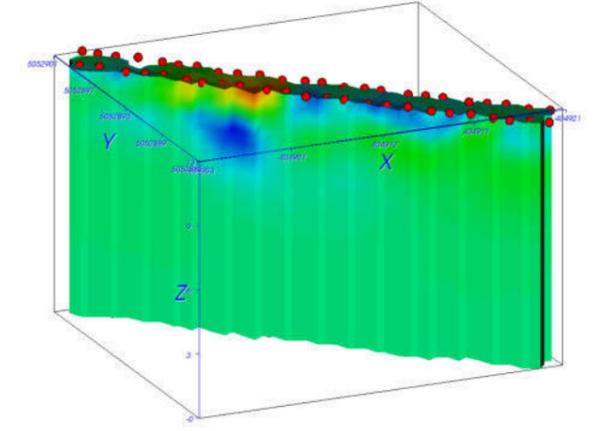
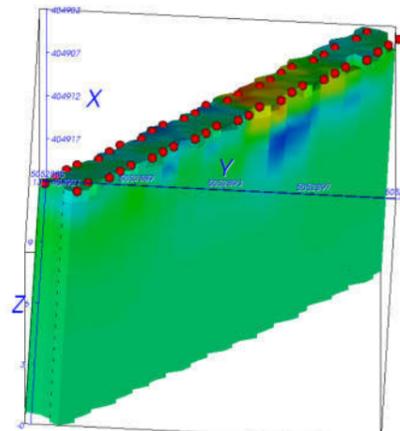
Resistivity 250. 188. 126. 63.3 1.00
 Chargeability 250. 188. 125. 62.5 0.000



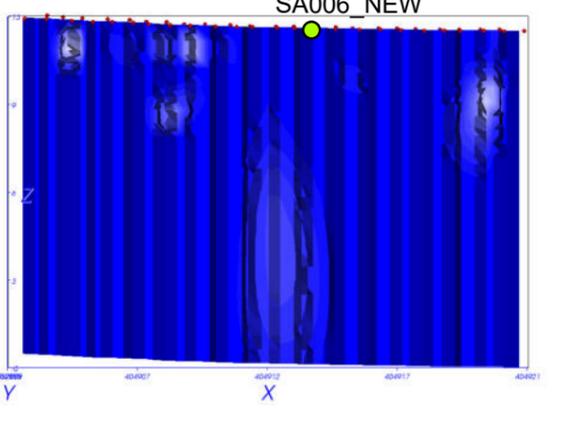
Sezione verticale estratta da voume di resistività (Ohm*m)



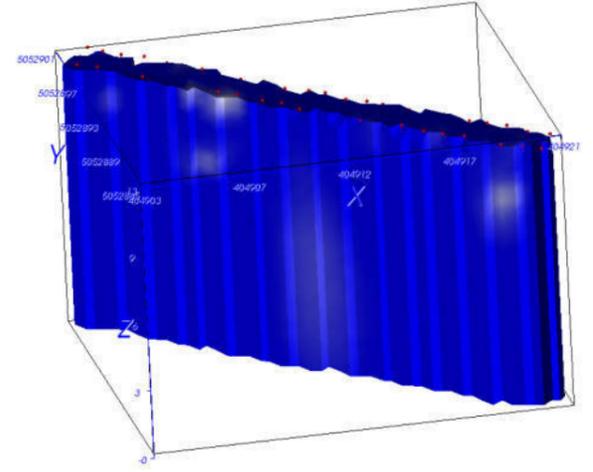
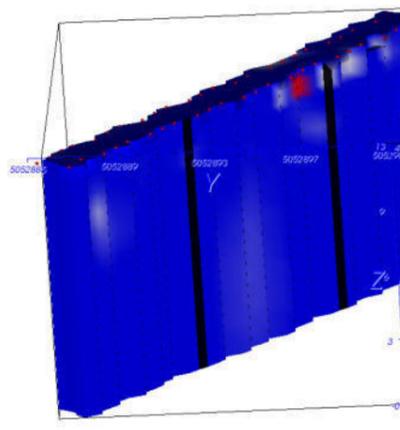
Vista 3D volume di resistività (Ohm*m)



Sezione verticale estratta da voume di caricabilità (mV/V)



Vista 3D volume di caricabilità (mV/V)



OGGETTO
 INDAGINE GEOFISICA COMBINATA PER LA MAPPATURA DELLE ANOMALIE PRESENTI NEL PRIMO SOTTOSUOLO AD INTEGRAZIONE DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO BELLICO RESIDUO (ai sensi del D.Lgs 81/08 e s.m.i.)

INDAGINE GEORADAR E ERT 3D

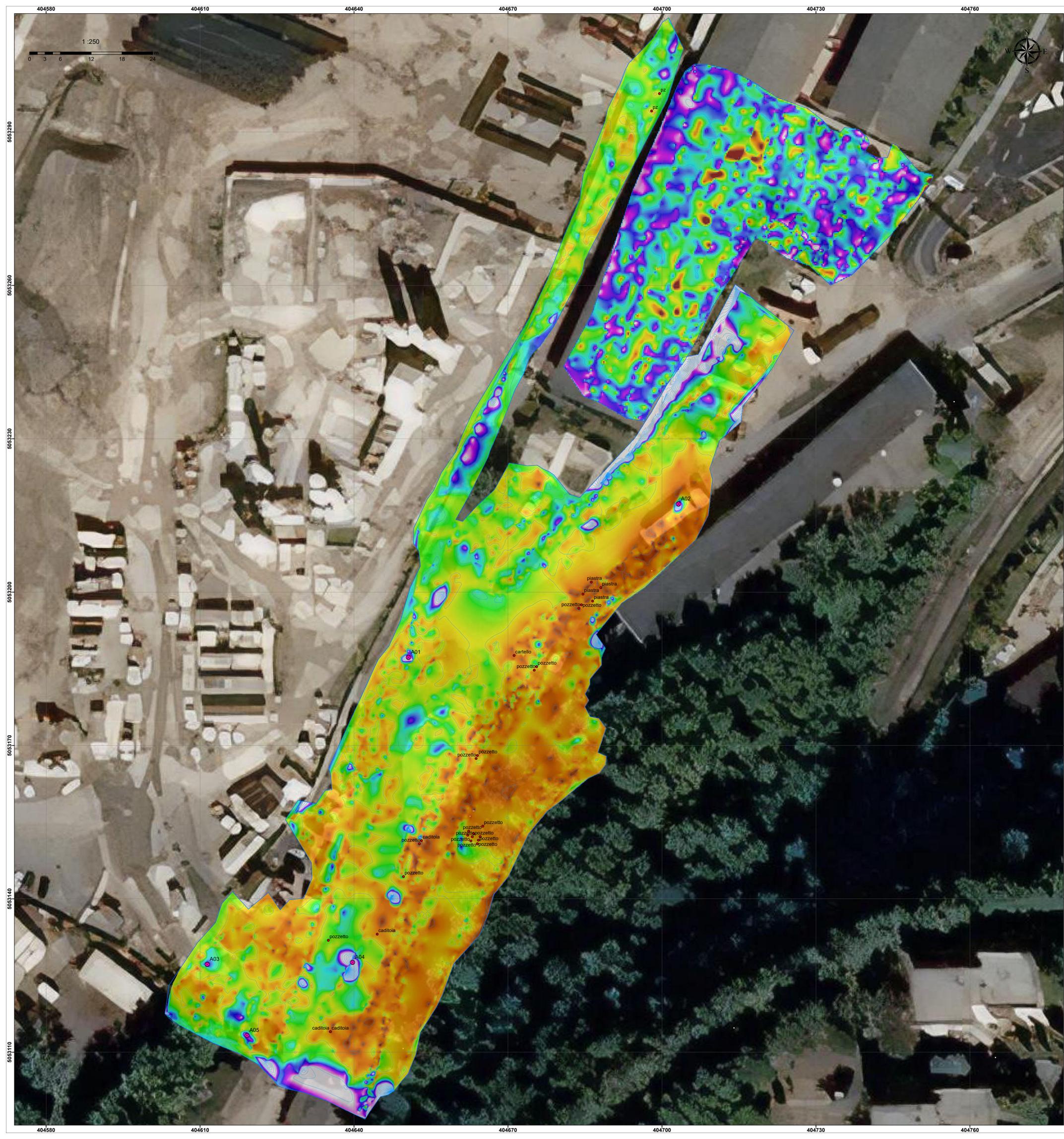
LUOGO
 Area Portuale di Trieste (TS)

DATA RILIEVO	dal 07/09/2021 al 08/10/2021	SCALA	VARIE
DATA CONSEGNA	14/10/2021	FILE DI STAMPA	

ELABORATO
 PLANIMETRIE E SEZIONI INDAGINE ERT 3D

CODIFICA ELABORATO

21125	TAV11	ELAB 00
NR.COMMESSA	NR. PROGR.	TIPO ELABORATO
		REV.



COMMITENTE



HHLA PLT

Via degli Alt Forni
34145, Trieste - Italia
e-mail: info@hhl-plt.it

CONSULENTI TECNICI



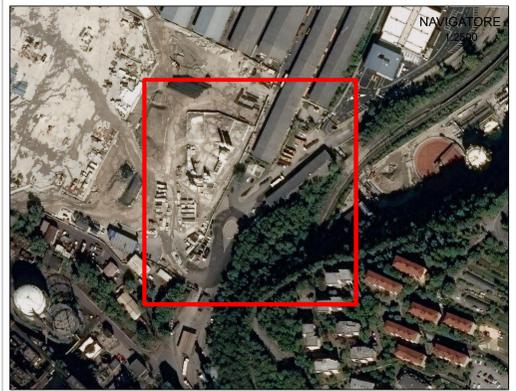
Consorzio S.T.E.R.N.

Via Marie Curie, 17 – 39100 Bolzano
e-mail: info@consorzio stern.it
PEC: consorzio stern@pec.it

LEGENDA

- Anomalie Elettromagnetiche
 - Rilievo topografico
 - Isomagnetiche (100 μ A/m)
- Variatione della componente verticale del C.M.T. (46.3KHz)
- Value
- High : 2918.26

Low : 148.716



INDAGINE GEOFISICA COMBINATA PER LA MAPPATURA DELLE ANOMALIE PRESENTI NEL PRIMO SOTTOSUOLO AD INTEGRAZIONE DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO BELLICO RESIDUO (ai sensi del D. Lgs 81/08 e s.m.i.)

AREA PORTUALE DI TRIESTE (TS)

PROGETTO: PLANIMETRIA INDAGINE ELETTROMAGNETOMETRICA				DATA PROGETTO: 07-08/10/2021	SCALA: 1:250
CODICE ELABORATIVO: 21125 TAV12 ELAB 00				DATA EMISSIONE: 21/10/2021	FOGLIO DI STAMPA:
LAVORO: AREA PORTUALE DI TRIESTE (TS)				TAVOLO E FIRMA:	
REV.:	DATA:	DESCRIZIONE:	REDATTO:	APPROVATO:	
01	21/10/2021	PRIMA EMISSIONE	NETELF	NETELF	



COMMITTENTE



HHLA PLT

Via degli Altì Forni
34145, Trieste - Italia
e-mail: info@hhl-plt.it

CONSULENTI TECNICI



Consorzio S.T.E.R.N.

Via Marie Curie, 17 – 39100 Bolzano
e-mail: info@consorzio stern.it
PEC: consorzio stern@pec.it

LEGGENDA

- Anomalie Elettromagnetiche
- Rilievo topografico

Elementi del rilievo Georadar

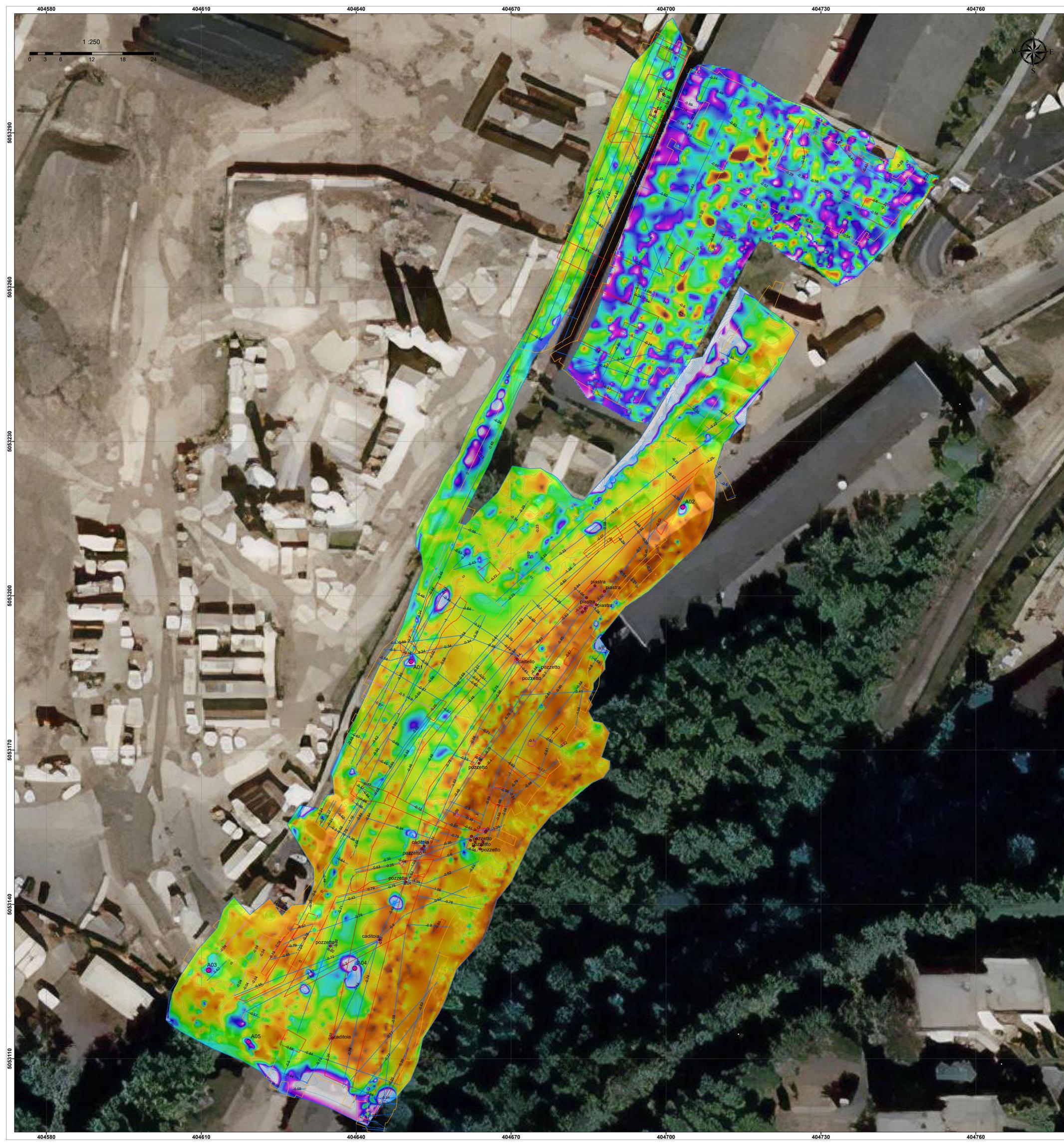
- Chiusino/Pozzetto
- Tubazione
- Anomalia lineare
- Area di rilievo
- Struttura Sepolta



INDAGINE GEOFISICA COMBINATA PER LA MAPPATURA DELLE ANOMALIE PRESENTI NEL PRIMO SOTTOSUOLO AD INTEGRAZIONE DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO BELLICO RESIDUO (ai sensi del D. Lgs 81/08 e s.m.i.)

AREA PORTUALE DI TRIESTE (TS)

CODICE CLIENTE: 21125		DATA RILEVAMENTO: 07-08/10/2021		Scala: 1:250	
CODICE ELABORAZIONE: TAV13 ELAB 00		DATA CONFERMA: 21/10/2021		Foglio di stampa	
AREA PORTUALE DI TRIESTE (TS)					
REV. 1 DATA: 21/10/2021	DESCRIZIONE: PRIMA EMISSIONE	REDATTO: METELF	APPROVATO: METELF		



COMMITTENTE



HHLA PLT

Via degli Alt Forni
34145, Trieste - Italia
e-mail: info@hhlpla-plt.it

CONSULENTI TECNICI



Consorzio S.T.E.R.N.

via Marie Curie, 17 – 39100 Bolzano
e-mail: info@consorzio stern.it
PEC: consorzio stern@pec.it

LEGENDA

- Anomalie Elettromagnetiche
 - Rilievo topografico
 - Isomagnetiche (100 μ A/m)
- Variatione della componente verticale del C.M.T. (46.3KHz)
- Value
- █ High : 2918.26
 - █ Low : 148.716

Elementi del rilievo Georadar

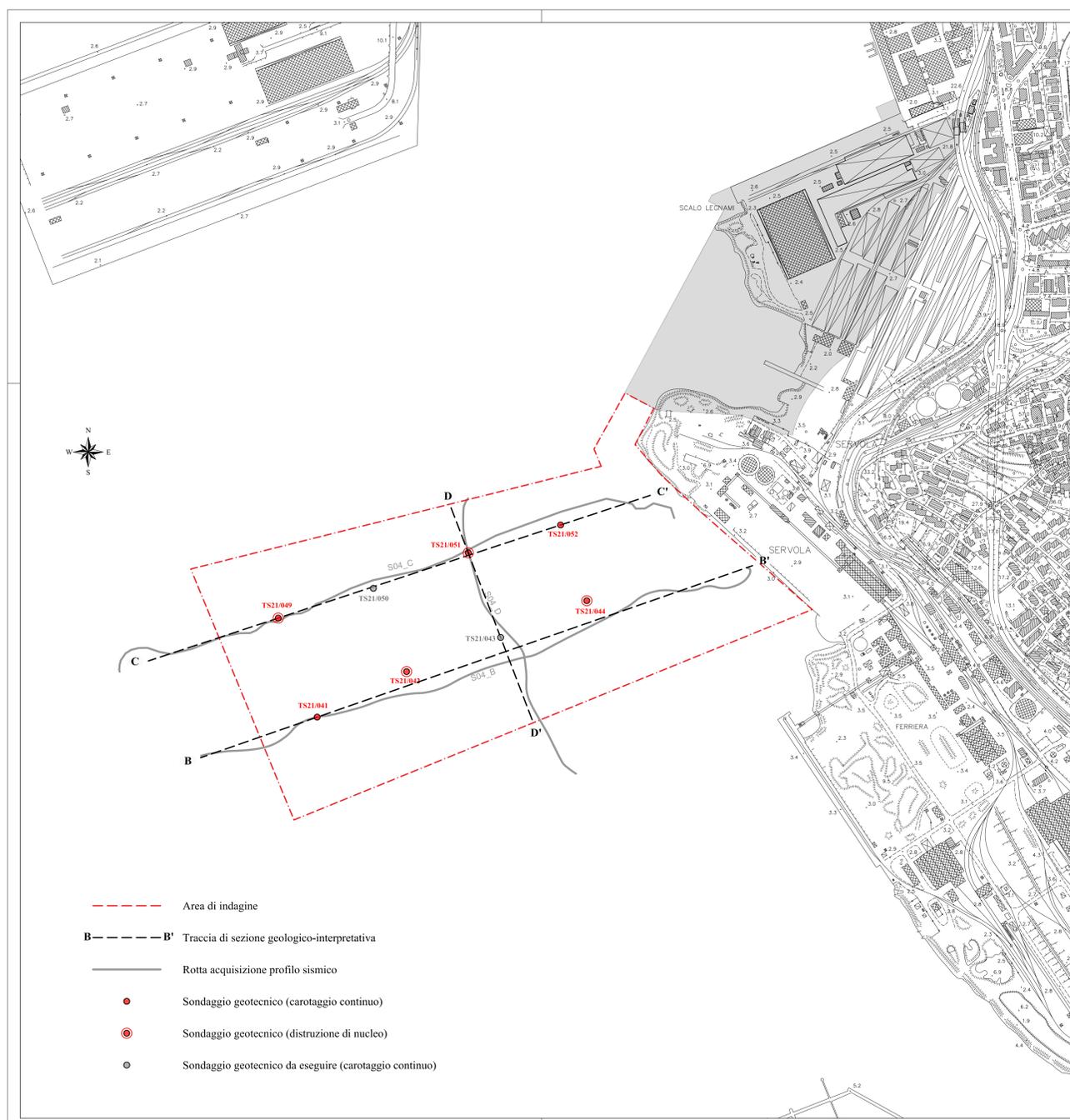
- Chiusino/Pozzetto
- Tubazione
- Anomalia lineare
- Area di rilievo
- Struttura Sepolta



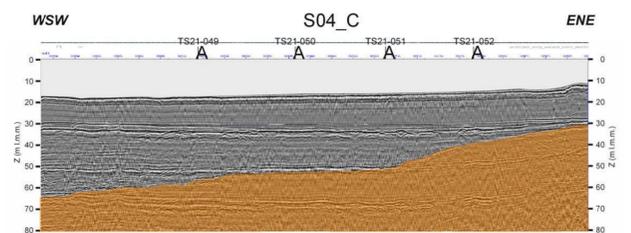
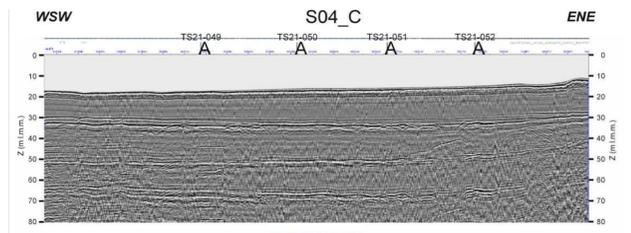
INDAGINE GEOFISICA COMBINATA PER LA MAPPATURA DELLE ANOMALIE PRESENTI NEL PRIMO SOTTOSUOLO AD INTEGRAZIONE DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO BELLICO RESIDUO (ai sensi del D. Lgs 81/08 e s.m.i.)

AREA PORTUALE DI TRIESTE (TS)

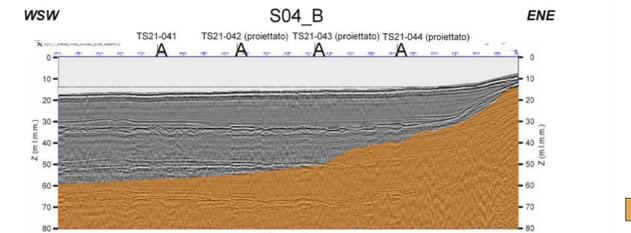
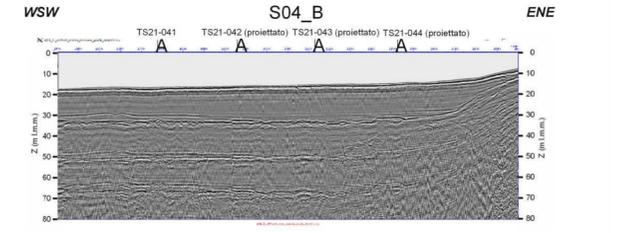
CODICE ELABORATIVO 21125 TAV14 ELAB 00		DATA RILEVAMENTO 07-08/10/2021	SCALA 1:250
DATA APPROVAZIONE 21/10/2021		FASE DI STAMPA	
AREA PORTUALE DI TRIESTE (TS)			
REVISIONI N° DATA 01 21/10/21	DESCRIZIONE PRIMA EMISSIONE	REDATTO METELF	APPROVATO METELF



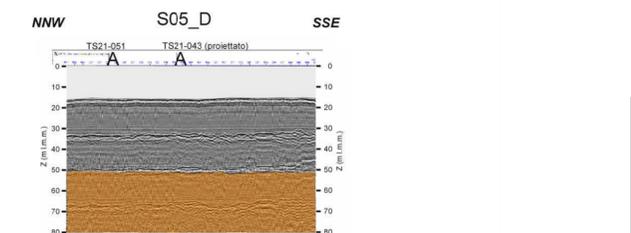
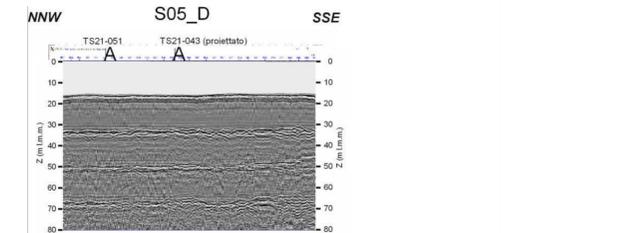
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA C - C'



SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA B - B'

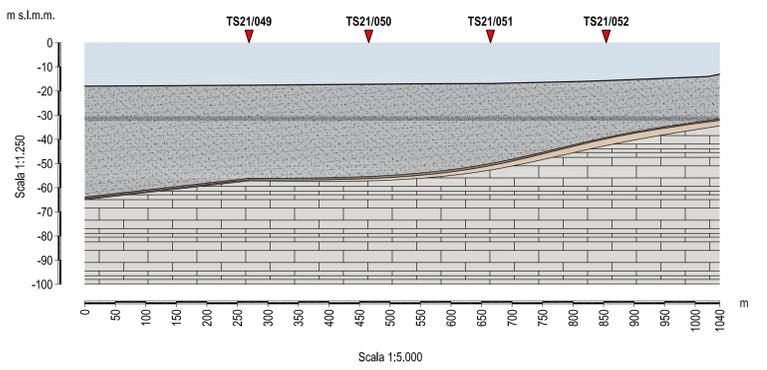


SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA D - D'

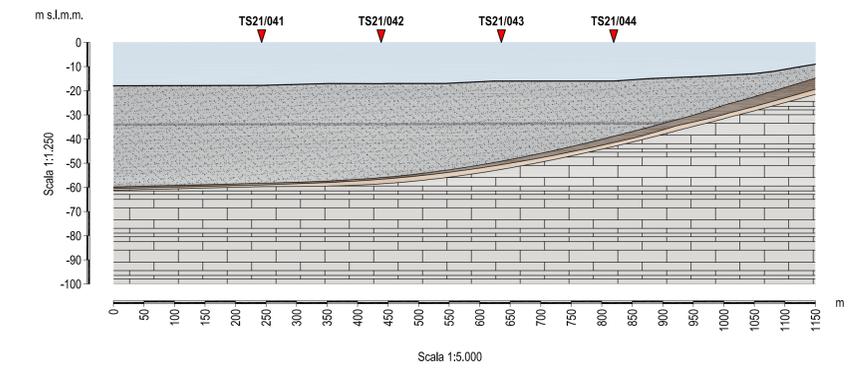


- Sedimenti limosi-argillosi, talora sabbiosi
- Livello turboso
- Flysch marnoso-arenaceo alterato (Complesso C1)
- Flysch marnoso-arenaceo integro (Tipo T3/T4)
- Flysch arenaceo-marnoso integro (Tipo T2)

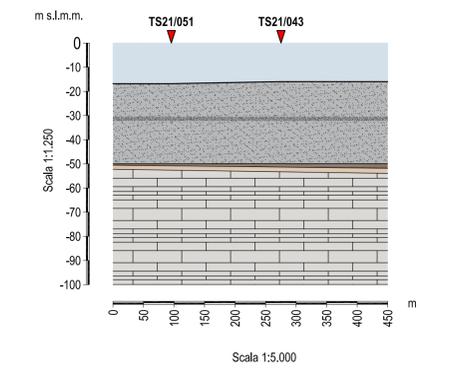
SEZIONE GEOLOGICO-INTERPRETATIVA C - C'



SEZIONE GEOLOGICO-INTERPRETATIVA B - B'



SEZIONE GEOLOGICO-INTERPRETATIVA D - D'



RAGGUPPAMENTO TEMPORANEO D'IMPRESE

COMMITTENTE

PIANO DELLE INDAGINI SULLE AREE A TERRA E A MARE
 INTERESSATE DALLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE FERROVIARIE
 E PORTUALI

PLANIMETRIA DI UBICAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE
 SEZIONI SISMOSTRATIGRAFICHE
 SEZIONI GEOLOGICO-INTERPRETATIVE

ottobre 2021

Dot. Geol. Carlo Alberto Masoli
 Geosyntech srl

2) CEF 2021

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO D'IMPRESE



CAPOGRUPPO



**ITALSPURGH
ECOLOGIA**

GEOALPINA



COMMITTENTE



**PIANO DELLE INDAGINI SULLE AREE A TERRA E A MARE
INTERESSATE DALLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE
FERROVIARIE E PORTUALI**

*Verifica della Faglia di San Bartolomeo-Trieste del catalogo ITHACA come
attiva e capace, che interessa il Carso triestino e la Baia di Muggia (TS)*

Relazione Tecnica

marzo 2022

1.0) PREMESSA

A seguito dell'incarico conferitoci da HHLA-PLT Italy srl per la verifica della Faglia di San Bartolomeo-Trieste del catalogo ITHACA come attiva e capace, che interessa il Carso triestino e la Baia di Muggia (TS), in collaborazione con O.G.S. - Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale di Trieste, è stata redatta la presente relazione tecnica finalizzata alla verifica della potenziale pericolosità di tale faglia in relazione al progetto di realizzazione del Molo VII del Porto di Trieste e delle opere ferroviarie e portuali.

In dettaglio, nell'ambito degli studi connessi alla realizzazione del Molo VIII del Porto di Trieste, è stata svolta dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale di Trieste (OGS) e da Geosyntech srl la valutazione circa la possibile presenza, nella parte Sud-orientale del Golfo di Trieste, della porzione sommersa della struttura tettonica denominata Faglia di San Bartolomeo – Trieste. Questa struttura è riportata nel catalogo ITHACA dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) come potenzialmente attiva e capace.

Per l'identificazione della faglia e di eventuali indizi di fagliazione superficiale ad essa associati, è stata effettuata la rielaborazione e l'interpretazione di una fitta maglia di profili sismici ad alta risoluzione (boomer) acquisiti nel corso di 2 campagne geofisiche condotte rispettivamente nel 2013 (OGS) e nel 2021 (Geosyntech-OGS) nella Baia di Muggia. L'interpretazione sismo-stratigrafica e strutturale di tali profili è stata calibrata utilizzando le stratigrafie di diversi sondaggi effettuati all'intorno del Molo VII del Porto di Trieste.

In particolare, l'interpretazione sismica si intende finalizzata alla ricerca di elementi di carattere geologico e morfotettonico che possano integrare le informazioni disponibili in letteratura riguardanti la presenza di un piano di faglia che dislochi successioni sedimentarie recenti ed eventualmente produca effetti superficiali.

Per Faglia Attiva e Capace (FAC) si intende una faglia per la quale esistono evidenze che sia stata attiva almeno una volta negli ultimi 40.000 anni (Pleistocene superiore-Olocene) e che raggiunga la superficie topografica producendo una dislocazione del terreno (Gruppo di Lavoro MS, 2008).

La presente relazione illustra i risultati derivanti dalla rielaborazione ed interpretazione sismo-stratigrafica e strutturale delle linee sismiche ad alta risoluzione acquisite nella parte meridionale del Golfo di Trieste, in particolare nella Baia di Muggia.

Gruppo di lavoro

Geosyntech srl

Carlo Alberto Masoli

O.G.S.

Responsabile per l'attuazione

Fausto Ferraccioli, Direttore della Sezione di Geofisica

Responsabile scientifico

Dario Civile

Elaborazione dati sismici

Luca Baradello

Interpretazione dati sismici e modello geologico

Dario Civile

Martina Buseti

Relazione

Dario Civile, Martina Buseti, Luca Baradello

2.0) INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il Golfo di Trieste è situato all'estremità Nord-orientale del Mare Adriatico e dal punto di vista geodinamico si trova nella zona di intersezione tra l'avampaese della Catena Dinarica Esterna e l'avampaese delle Alpi Meridionali (Fig. 2.1).



Fig. 2.1 - Schema tettonico del Friuli Venezia Giulia e aree circostanti (Dal Cin, 2018).

Durante il Mesozoico ed il Paleogene, l'area in cui ricade la zona di studio è stata interessata dallo sviluppo della Piattaforma carbonatica Dinarico Friulana, affiorante nel Carso ed in Istria, e il cui paleomargine si trova attualmente sepolto nella parte occidentale del Golfo di Trieste e della Pianura Veneto-Friulana. Durante il Cenozoico l'area è stata interessata dall'orogenesi dinarica che ha generato un sistema di sovrascorrimenti con direzione NO-SE, e la flessurazione della piattaforma carbonatica nell'avanfossa dinarica riempita durante l'Eocene dai sedimenti Flyschiodi silicoclastici torbiditici.

La progressiva migrazione della deformazione dinarica verso Sud-Ovest ha causato il coinvolgimento dell'avanfossa con lo sviluppo di una serie di sovrascorrimenti, dei quali il Sovrascorrimento del Carso, ubicato in corrispondenza della costa orientale del Golfo di Trieste, rappresenta la struttura più occidentale (*Busetti et al., 2010a,b; Cucchi et al., 2013; Del Ben et al., 1991; Dal Cin, 2018*).

Il successivo sollevamento della catena Alpina ha generato un'ulteriore flessurazione verso Nord, sviluppando un bacino di avanfossa riempito gradualmente, durante il Miocene, da depositi continentali derivanti dall'erosione della catena stessa, e indicati con il termine di Molassa. Lo spessore di questi sedimenti supera i 3000 m alla base dell'orogene e si assottiglia rapidamente verso l'avampaese, quest'ultimo rappresentato dalla bassa Pianura Friulana e dall'Adriatico settentrionale (*Nicolich et al. 2004*).

Durante la crisi di salinità del Messiniano (fine del Miocene, circa 5 milioni di anni fa) si produsse un fortissimo abbassamento del livello marino nel bacino del Mediterraneo, stimato in circa 800-900 m (*Amadori et al., 2018*), contestuale ad una fase tettonica compressiva. Tutto ciò provocò nelle aree marginali, come l'Adriatico settentrionale, condizioni di esposizione subaerea con conseguente erosione fluviale ed una morfologia molto complessa composta da valli e rilievi (*Busetti et al., 2010a,b; Fantoni et al., 2002; Ghielmi et al., 2013*). L'esposizione subaerea fu interrotta, nella parte più occidentale, dall'ingressione marina pliocenica (*Fantoni et al., 2002*), mentre, nella parte orientale ospitante il Golfo di Trieste, continuò fino al Pleistocene medio-superiore.

Durante il tardo Quaternario (ultimi 800.000 anni) la sedimentazione è stata influenzata principalmente dalle fluttuazioni del livello marino legate alle variazioni cicliche dei periodi glaciali, con depositi continentali, e periodi interglaciali, con relativo innalzamento del livello del mare e sedimentazione marina (Fig. 2.2).

Durante l'ultimo massimo glaciazione del Wurmiano (18.000 – 23.000 B.P.) il Golfo di Trieste era un'ampia pianura alluvionale cosparsa di acquitrini con depositi pelitico-torbosei e una vegetazione di tipo steppico, e con depositi alluvionali relativi associati ai fiumi Natisone, Isonzo, Torre e Tagliamento (*Marocco, 1991*).



Figura 2.2 - Rappresentazione dei cicli glaciali/interglaciali in funzione della temperatura negli ultimi 800.000 anni. I picchi positivi rappresentano i periodi interglaciali, i picchi negativi i periodi glaciali.

Con la successiva trasgressione olocenica postglaciale il mare raggiunse la costa istriana circa 10.000 B.P., quella del Carso Triestino circa 7.000 B.P. e per ultima la costa veneto-friulana (Marocco, 1991).

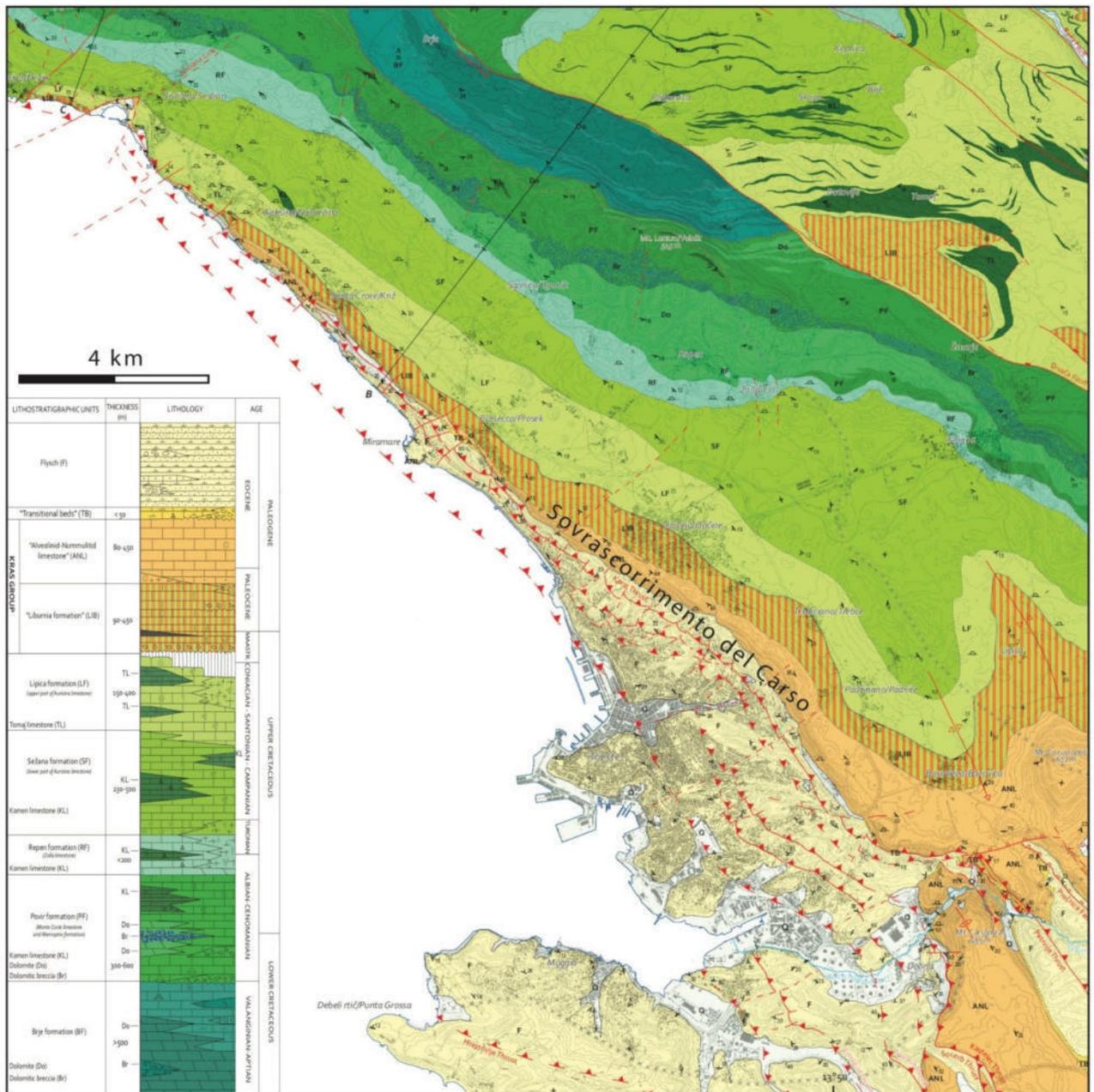


Figura 2.3 – Estratto dalla Carta geologica del Carso Classico (Jurkovšek et al., 2016).

L'insieme dei piani di sovrascorrimento presenti in corrispondenza di Trieste, e che proseguono verso Nord-Ovest lungo la costa, costituiscono il Sovrascorrimento del Carso.

Da notare che la Faglia di San Bartolomeo – Trieste non è riportata.

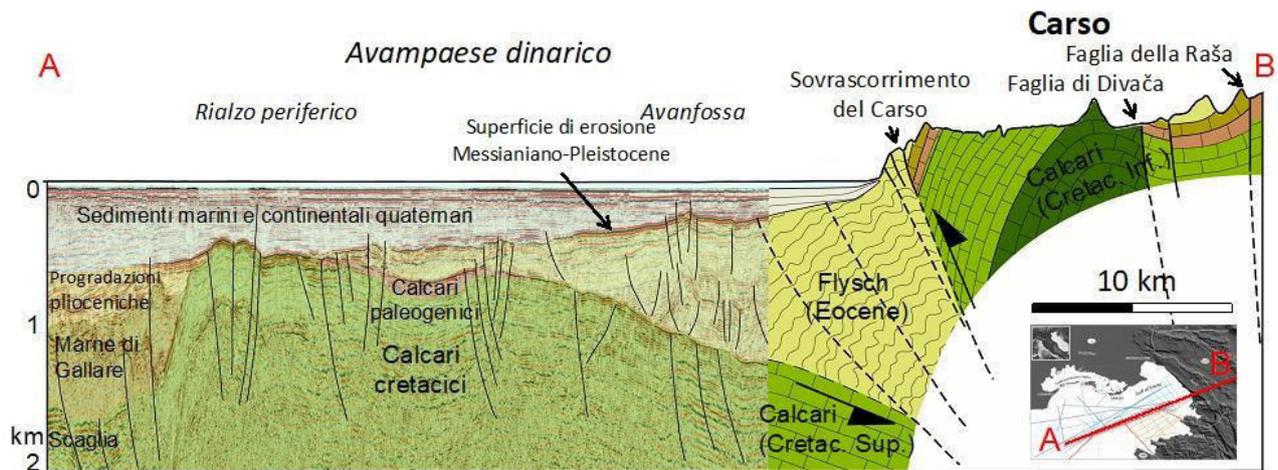


Figura 2.4 - Sezione attraverso il Golfo di Trieste e il Carso (Busetti et al. 2013a), composta dall'interpretazione sismo-stratigrafica di un profilo multicanale acquisiti nel golfo con la nave da ricerca OGS Explora per la parte a mare, e dalla Geo-CGT (2013) per la parte a terra. La sezione evidenzia come i carbonati della Piattaforma Carbonatica Dinarico Friulana (in verde) presenti nel Golfo di Trieste sono flessurati verso il Sovrascorrimento del Carso, fino ad una profondità di circa 1600 – 1800 metri. L'area maggiormente elevata (circa 350 metri) corrisponde al margine della piattaforma carbonatica situato nella parte occidentale del golfo. La piattaforma carbonatica è ricoperta dai sedimenti eocenici del Flysch che riempiono l'avanfossa dinarica, e che sono interessati da deformazione tettonica. Il tetto del Flysch è interessato dalla superficie di erosione dal Messiniano al Pleistocene, a sua volta drappeggiata dai sedimenti marini e continentali quaternari.

Dal punto di vista tettonico, l'area dell'alto Adriatico presenta un assetto determinato essenzialmente da due eventi: 1) la fase di rifting mesozoica; 2) l'orogenesi dinarica cenozoica. Nella parte occidentale del Golfo di Trieste, il margine della piattaforma carbonatica ha un andamento NO-SE con strutture tettoniche legate al rift mesozoico (Busetti et al., 2010a,b).

La strutturazione dinarica cenozoica comprende la zona di avampaese ad Ovest e la zona di catena ad Est costituita da sovrascorrimenti Sud-Ovest vergenti. Nell'ambito dell'avampaese dinarico si possono distinguere in una zona di avanfossa e una zona di rialzo periferico. La zona di avanfossa presenta la flessurazione dei carbonati meso-cenozoici che da 400 m di profondità, nella parte occidentale del golfo, si approfondiscono a più di 1600 m nei pressi della costa dell'altipiano carsico (Busetti et al., 2010a, b; Dal Cin, 2018). Il rialzo periferico si trova nella parte centrale del Golfo di Trieste in corrispondenza del margine della piattaforma

(Fig. 2.4). La principale struttura tettonica dell'area è il Sovrascorrimento del Carso (o Faglia di Trieste, o Thrust di Trieste), che rappresenta il fronte esterno delle Dinaridi (Fig. 2.3, 2.4). Esso si estende lungo la costa triestina e presenta un rigetto verticale di circa 1600 m (*Busetti et al., 2010a,b; Dal Cin, 2018*). Inoltre, Del Ben et al. (1991) hanno attribuito a questa struttura una deformazione transpressiva con significativa componente destra, generatisi durante l'orogenesi Meso-Alpina (Paleogene) e riattivata durante la fase Neo-Alpina (Fig. 2.4). Strutture tettoniche compressive/transpressive interessano l'area ad Ovest del Sovrascorrimento del Carso, come ad esempio il Sovrascorrimento di Hrastovlje (*Placer et al., 2010*) che interessa la penisola di Muggia e che prosegue anche mare con direzione NO-SE (*Busetti et al., 2010a,b, 2013a,b*), (Fig. 2.3).

Per quanto riguarda l'attività sismica, la zona del Golfo di Trieste e del Carso è considerata a bassa sismicità con eventi di bassa magnitudo (Fig. 2.5). Le strutture tettoniche ad Est del Carso, poste in territorio sloveno, mostrano orientazione NO-SE e una cinematica trascorrente connessa al movimento della placca Adria verso Nord. Queste strutture sono caratterizzate da attività sismica recente e magnitudo significative.

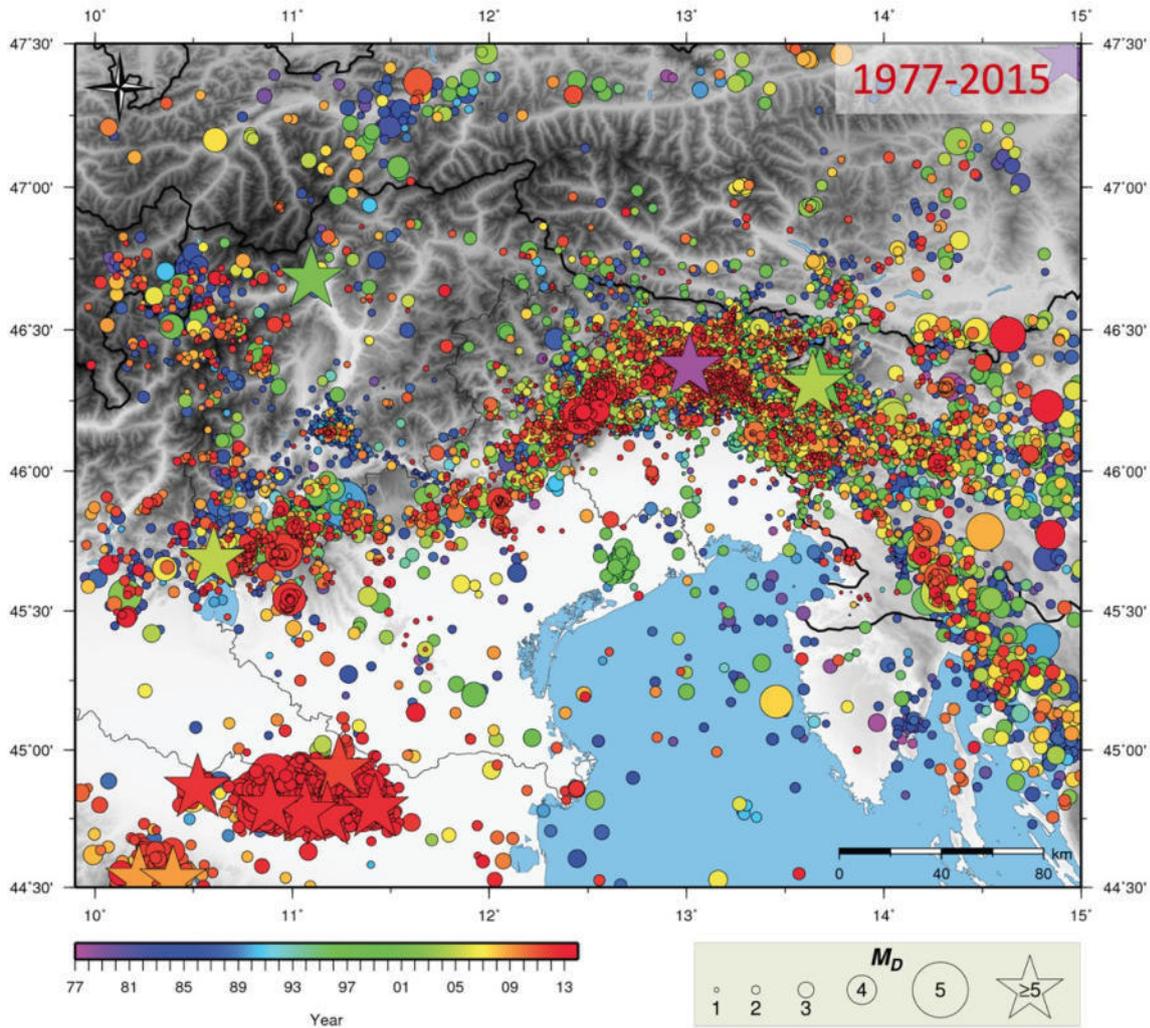


Fig. 2.5 - Sismicità registrata dalla rete dal 1977 al 2015. Il colore indica l'anno dell'evento mentre la dimensione del cerchio è proporzionale alla magnitudo (di durata) MD, e la stella indica gli eventi con magnitudo maggiore o uguale a 5 (<http://www.crs.inogs.it/bollettino/RSFVG/RSFVG.en.html>).

2.1) La faglia di San Bartolomeo- Trieste

Nell'ambito del Progetto Finalizzato Geodinamica, finanziato dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) negli anni '70, sono stati realizzati degli studi che hanno permesso di realizzare delle mappe relative all'assetto tettonico e neotettonico (Pliocene-Quaternario) del territorio italiano distinguendo le strutture tettoniche principali in base all'età di ultima deformazione. In questo contesto, per quanto riguarda la regione Friuli Venezia Giulia, sono state pubblicate una serie di mappe tematiche relative ai diversi fogli che coprono il territorio regionale (*ad esempio Carulli et al., 1980*).

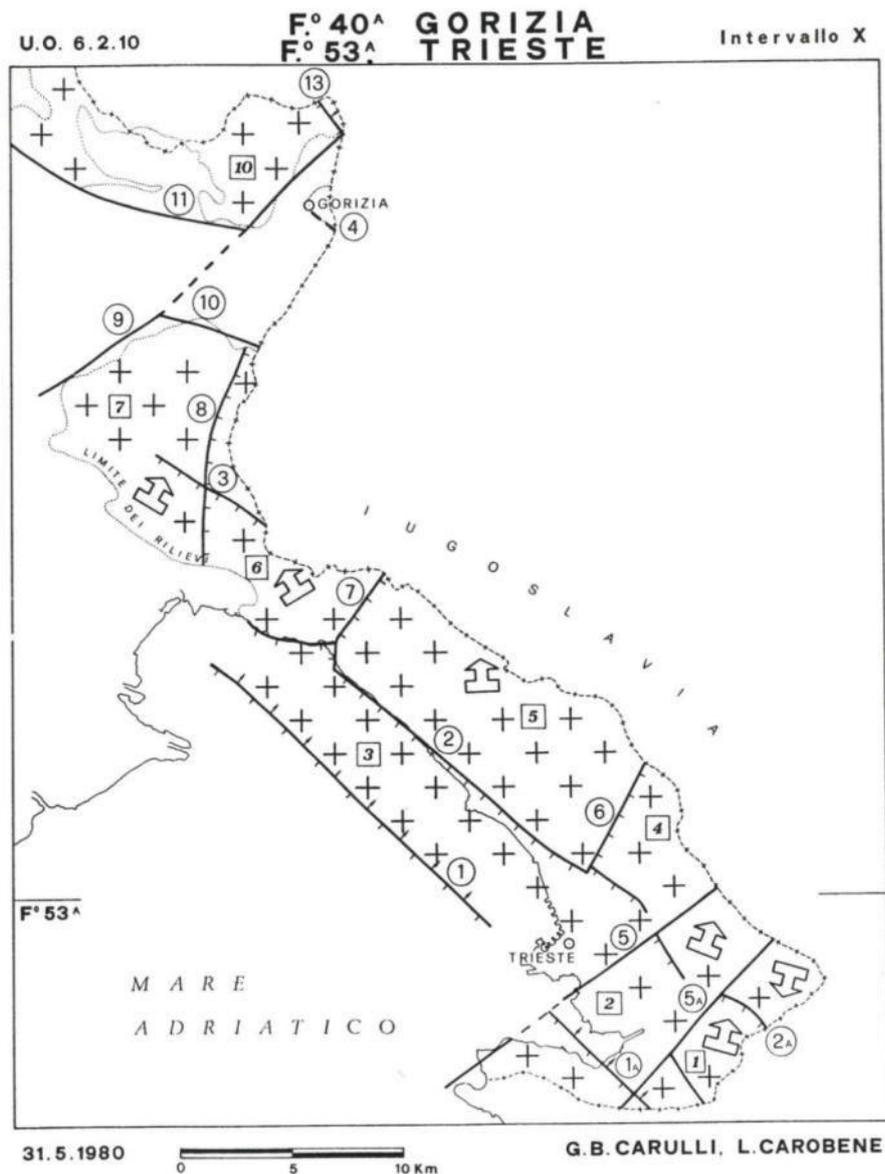


Figura 1.6 - Mappa delle strutture tettoniche e delle zone in sollevamento e abbassamento dei Fogli n.40 Trieste e n. 53 Gorizia I numeri cerchiati indicano le strutture tettoniche definite come: 1) Linea di Palmanova, 2) fasci di faglie con direzione dinarica, 5) faglie attraverso il costone carsico (Carulli et al., 1980).

Per quanto riguarda la Venezia Giulia, secondo Carulli et al., 1980 “il comportamento neotettonico dell’area del Foglio n. 40 Trieste e dei rilievi del Foglio n. 53 Gorizia, viene riassunto in una carta denominata “intervallo X” in quanto gli indizi, rilevati sulla base di elementi morfologici, non sono suscettibili di una precisa collocazione cronologica” (testo citato).

Da quanto sopra riportato, si desume che nonostante gli elementi tettonici riportati nei Fogli n. 40 Trieste e n. 53 Gorizia (Fig. 2.6) siano parte della pubblicazione relativa agli studi di neotettonica, di fatto l'attività di questi elementi non viene attribuita ad uno specifico intervallo temporale.

Alcune delle strutture riportate da Carulli et al. (1980) sono state successivamente riportate nella *Neotectonic Map of Italy* a scala 1:500.000 di Ambrosetti et al. (1987) (Fig. 2.7), e successivamente nel *Structural Model of Italy* alla scala 1:500.000 di Bigi et al. (1990), (Fig. 2.8), che riprendono alcuni elementi come la Faglia di Palmanova con direzione NO-SE nell'area marina e la Faglia di San Bartolomeo – Trieste a terra con direzione NE-SO.

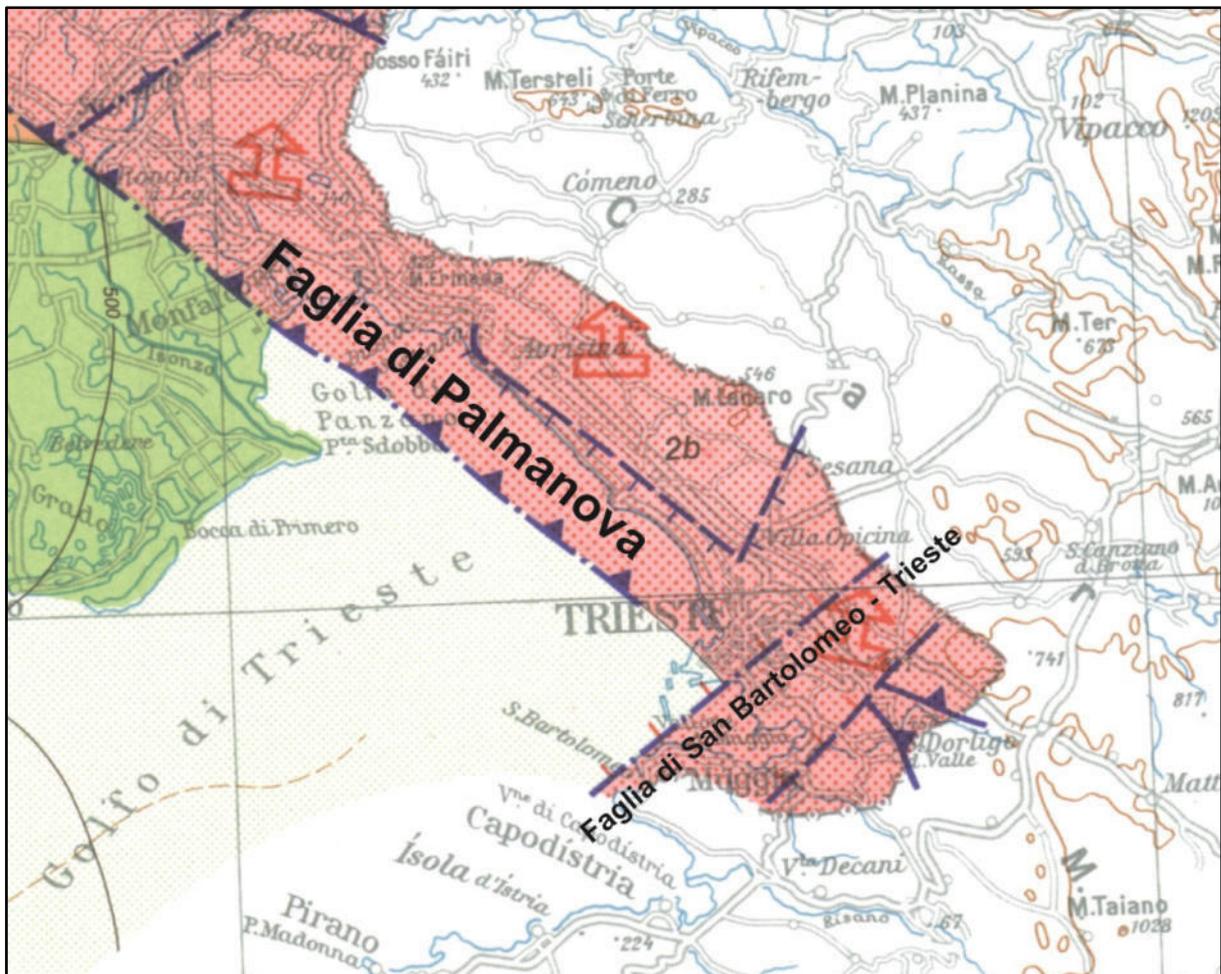


Figura 1.7 - Estratto dalla *Neotectonic Map of Italy* 1:500.000 di Ambrosetti et al. (1987). Il colore blu delle strutture tettoniche indica attività Plio-Quaternaria, il colore rosa del poligono indica aree soggette a movimenti verticali con tendenza al sollevamento nel Plio-Quaternario.

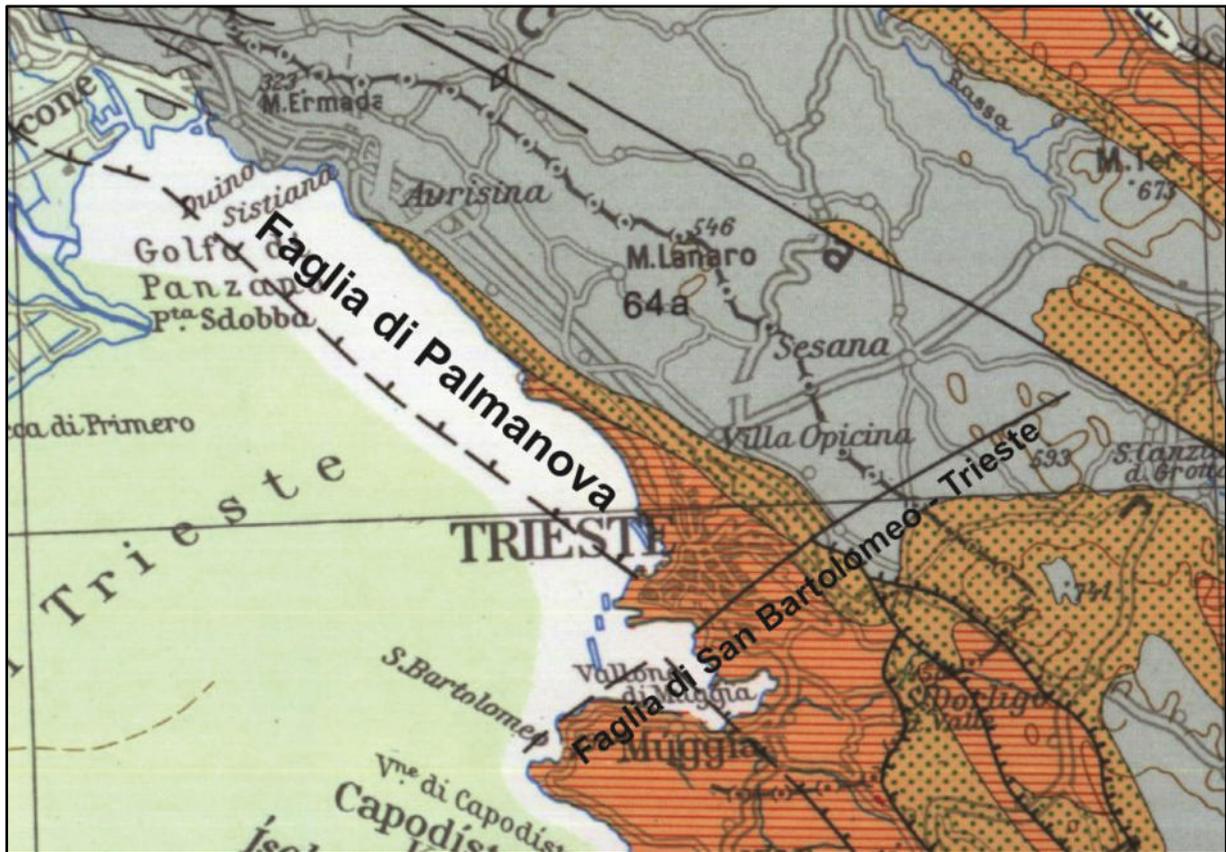


Figura 1.8 - Estratto dal *Structural Model of Italy* 1:500.000 (Bigi et al., 1990). Sono indicati gli affioramenti litologici e le principali strutture tettoniche. Il colore grigio indica la sequenza carbonatica cretacea, il giallo puntinato i carbonatici paleocenici-eocenici e l'ocra a righe orizzontali il Flysch eocenico. Le strutture tettoniche sono state rappresentate senza essere classificate in base all'età.

Nella *Neotectonic Map of Italy* (Ambrosetti et al., 1987) alla Faglia di San Bartolomeo – Trieste non viene associata alcuna cinematica ed inoltre viene riportata come faglia non certa (tratteggiata) di colore blu che indica una generica attività plio-quadernaria.

Nello *Structural Model of Italy* alla scala 1:500.000 di Bigi et al. (1990), la Faglia di San Bartolomeo – Trieste viene riportata solo a terra senza alcuna indicazione della cinematica. Un ulteriore segmento incerto è posto lungo la costa settentrionale della Baia di Muggia. In questa carta le faglie non sono state classificate in base all'età di ultima deformazione.

2.2) La faglia di San Bartolomeo - Trieste nel Catalogo delle Faglie Capaci Ithaca

Il Servizio Geologico d'Italia dell'ISPRA ha sviluppato il Catalogo delle faglie Capaci ITHACA (ITaly Hazard from CAPable faults), che sintetizza le informazioni disponibili da letteratura sulle faglie ritenute capaci che interessano il territorio italiano. La Faglia di San Bartolomeo - Trieste è stata riportata in questo catalogo come indicata nella *Neotectonic Map of Italy* (Ambrosetti et al., 1987) e nello *Structural Model of Italy* (Bigi et al., 1990). Nel catalogo ITHACA questa faglia viene descritta come una struttura a cinematica normale e con età di ultima deformazione "Pleistocene generico", quindi non è definita come faglia attiva e capace, e con qualità degli studi bassa (Fig 2.9 e 2.10), e con la citazione dei lavori di autori vari che hanno contribuito al progetto della Carta Neotettonica d'Italia, sintetizzato poi nella *Neotectonic Map of Italy* (Ambrosetti et al., 1987).



Figura 1.9 – Mappa estratta dal Catalogo delle Faglie Capaci di ITHACA con le faglie presenti nel catalogo.

Fault description			
GENERAL IDENTIFICATION			
Fault Code	77501		
Fault Name	San Bartolomeo-Trieste		
Region Name	Friuli Venezia Giulia		
Tectonic Environment	ND		
System Name	Trieste		
Synopsis			
Rank	Primary		
GEOMETRY AND KINEMATICS			
Segmentation	Single Segment		
Average Strike (°)	40		
Dip (°)	Undefined		
Dip Direction	NW		
Fault Length (km)	16.6		
Mapping Scale	1:500000		
Fault Depth (m)			
Kinematics	Normal		
ACTIVITY			
Surface Evidence	ND		
Last Activity	Pleistocene generic		
SLIP PARAMETERS			
Recurrence Interval (yr)			
Slip Rate (mm/yr)			
Max Credible Rupture Length (km)			
Max Credible Slip (m)			
Time Since Last Event (yr)			
Max Known Magnitude (Mw)			
Max Known Intensity (MCS)			
Known Seismic Events			
FINAL REMARKS			
Capability Consensus	Medium reliability		
Study Quality	LOW		
Notes			
Fault Trace Reference			
Last Update			
REFERENCES			
Authors	Title	Reference	Year
AA.VV.	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	1983

Figura 1.10 - Tavola degli attributi della Faglia di San Bartolomeo - Trieste presenti nel Catalogo delle Faglie Capaci Ithaca. Si noti come l'ultima attività della faglia viene riportata come Pleistocene generico.

3.0) METODI

3.1) *Dati utilizzati*

Per l'identificazione della Faglia di San Bartolomeo – Trieste sono stati utilizzati i profili sismici a riflessione monocanale acquisiti dall'OGS nell'ambito di attività di ricerca e di servizio nella Baia di Muggia, oltre ai dati di diversi sondaggi ubicati in prossimità del Molo VII (Fig. 3.1). In particolare, i dataset utilizzati sono:

- profili sismici ad alta risoluzione monocanale (sorgente Boomer) acquisiti da OGS nel 2013 per conto della Multiproject srl (vedi Appendice 1 per ulteriori dettagli);
- profili sismici ad alta risoluzione monocanale (sorgente Boomer) acquisiti da OGS e Geosyntech srl nel 2021 (vedi Appendice 2 per ulteriori dettagli).

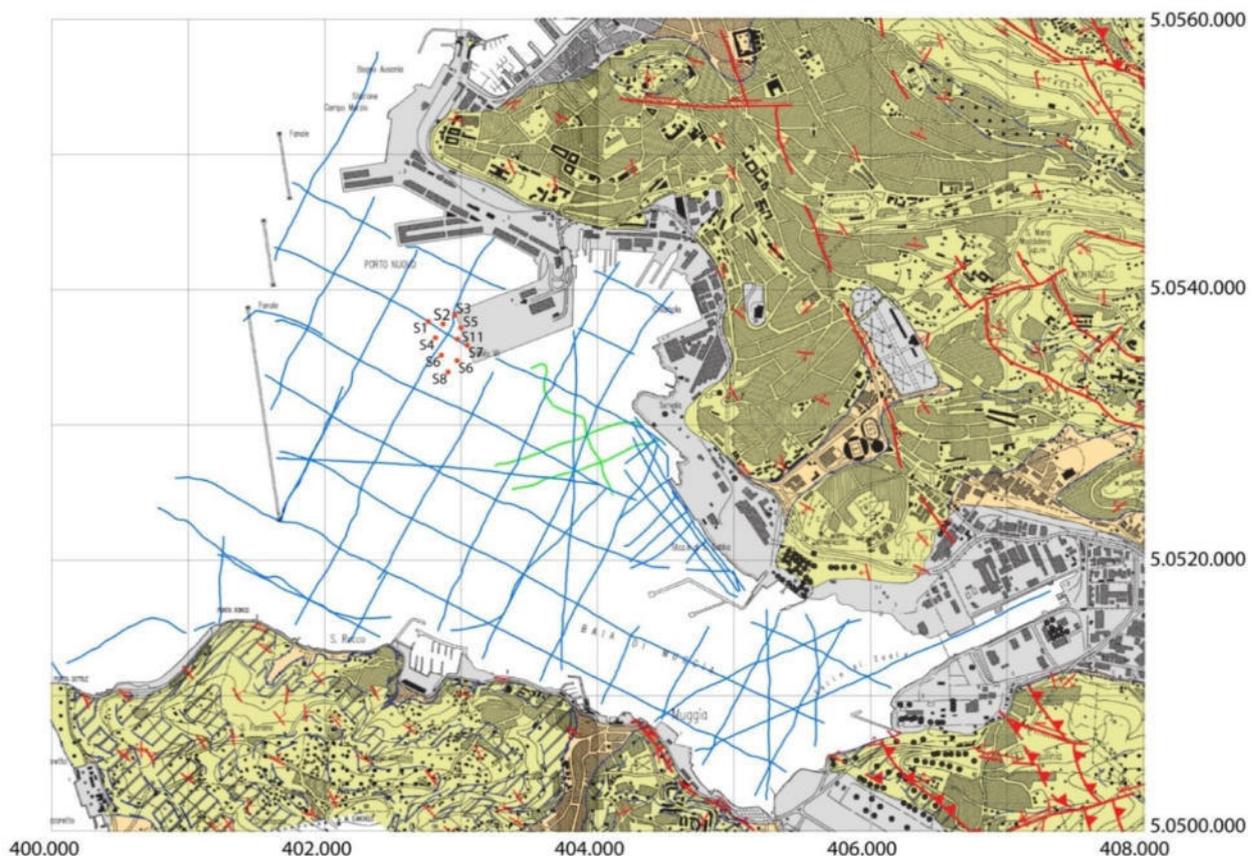


Figura 3.1 - Mappa di posizione dei dati utilizzati: in azzurro i profili acquisiti nel 2013, in verde i profili acquisiti nel 2021 e i sondaggi indicati con pallini rossi. Nella mappa di base in giallo sono indicati le aree dove affiora il Flysch e i lineamenti delle strutture tettoniche in rosso da (GEO-CGT, 2013).

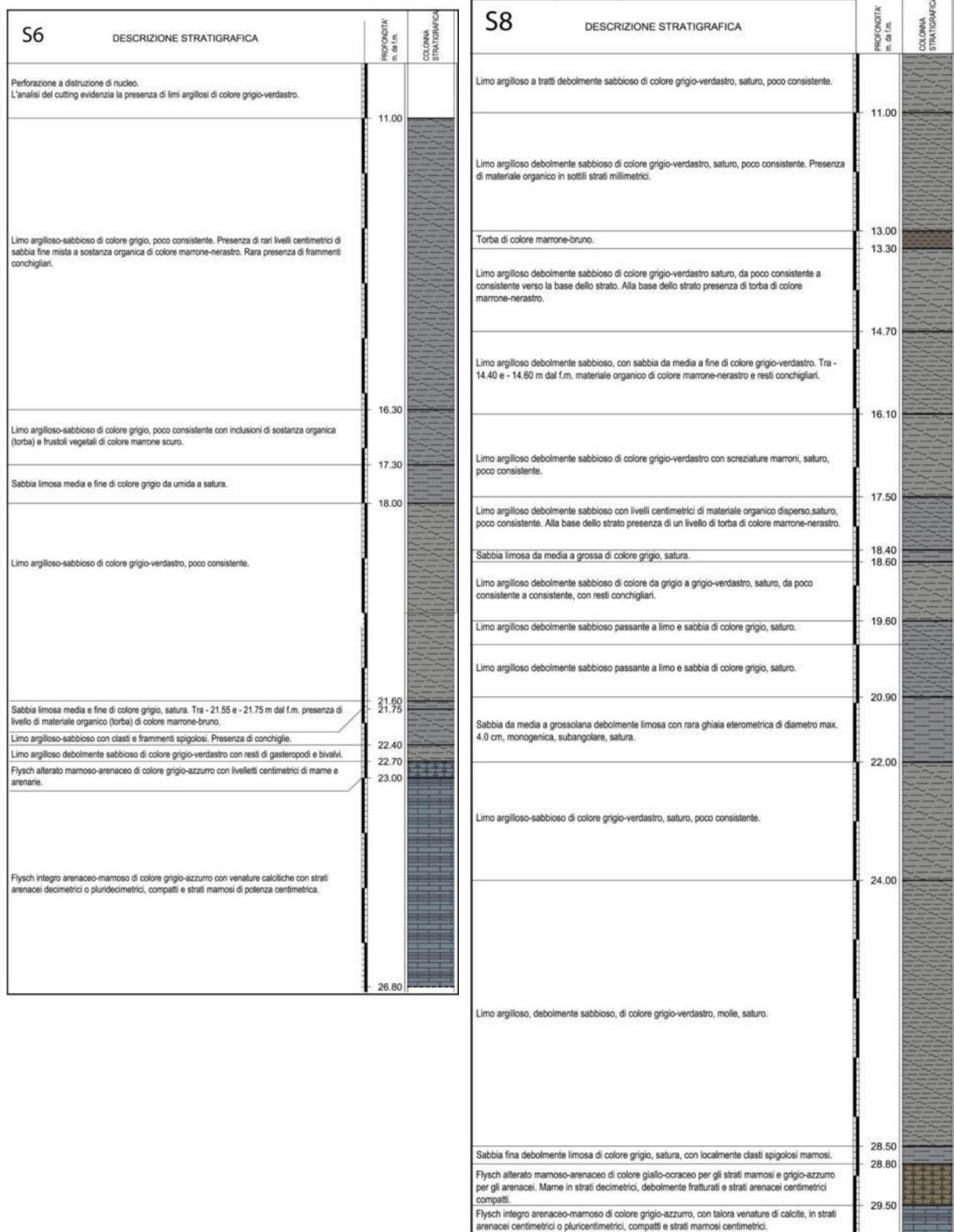


Figura 3.2 – Stratigrafia di due sondaggi a mare eseguiti da Geosyntech srl in prossimità del Molo VII, la profondità indicata è in metri da fondale marino (vedi Fig. 3.1 per l'ubicazione).

Le tecniche ad alta risoluzione permettono di investigare i primi 20 – 100 m posti al di sotto del fondale marino, a seconda della sorgente acustica e del tipo di sedimenti che caratterizzano il fondale e le successioni che vengono attraversate dalle onde sismiche. Nel caso delle acquisizioni OGS nel Golfo di Trieste, la metodologia è costituita da una sorgente Boomer, trainata a poppa da un'imbarcazione, che emette un'onda acustica ad un prefissato periodo di emissione. Il segnale acustico si propaga lungo la colonna d'acqua e successivamente viene riflesso dal fondo mare e dai diversi riflettori in profondità che costituiscono i contrasti di impedenza acustica delle discontinuità geologiche. Le riflessioni vengono registrate in superficie da una serie di idrofoni assemblati in un cavo sismico posizionato in prossimità della sorgente. I 10 sondaggi utilizzati sono stati eseguiti in prossimità del Molo VII nel 2014 da Geosyntech srl su incarico di Trieste Marine Terminal. Dei 10 sondaggi eseguiti, solo alcuni hanno raggiunto il tetto del basamento della successione quaternaria costituito dai depositi silicoclastici torbiditici del Flysch di Trieste di età Eocene, a profondità compresa tra - 37 e - 49 m da f.m.. Al di sopra dei Flysch si trovano dei livelli di Flysch alterato, sedimenti prevalentemente limosi, con livelli con resti conchigliari relativi ad un ambiente marino e livelli torbosi relativi ad un ambiente continentale di piana fluviale (Fig. 3.2). Nonostante i sondaggi disponibili non sono ubicati sui profili sismici utilizzati per il riconoscimento della Faglia di San Bartolomeo - Trieste, la stratigrafia degli stessi è stata comunque utile per caratterizzare le facies acustiche e calibrare i principali orizzonte marker.

3.2) Rielaborazione dei dati sismici ad alta risoluzione

I dati sismici acquisiti nel 2013 erano stati elaborati in modo tale da evidenziare meglio obiettivi molto superficiali (alcuni metri). Per questo motivo, l'elaborazione utilizzata ha previsto il mantenimento delle frequenze più alte a discapito delle basse. Nel presente studio, essendo il target più profondo, si è proceduto ad una rielaborazione che ha invece mantenuto/incrementato le frequenze più basse a maggiore penetrazione. Lo spettro di ampiezza del segnale *raw* ha mostrato una banda utile a partire da 300-400 Hz (Fig. 3.3).

Dopo aver effettuato un *editing* delle tracce, i dati sono importati in ambiente Windows e trattati con RadExPro (DECO). E' stato poi applicato un filtro band-pass *Ormsby* a tempo variante e un filtro *Burst* per incrementare il rapporto Segnale/Rumore. Quest'ultimo filtro è stato applicato per eliminare disturbi elettrici come *spikes* a forte ampiezza. L'operatore viene mediato su 3-5 tracce con una percentuale di rigetto del 50%. Si è poi proceduto ad un primo

recupero d'ampiezza applicando la divergenza sferica dopo aver normalizzato le singole tracce. Successivamente, è stata applicata la correzione di *Normal Move Out* per riportare i profili alla condizione di *zero-offset*, e poter omogeneizzare il più possibile i diversi dataset. I dati sono stati poi importati in ambiente Unix dove, con Focus (PARADIGM), è stato calcolato ed applicato un *mute* del fondo marino. Successivamente è stato effettuato il recupero d'ampiezza con curve di inversione basate sull'assorbimento. Per incrementare il rapporto segnale/rumore nella parte più profonda sono stati applicati algoritmi post-stack che lavorano su finestre definite dall'operatore in cui viene enfatizzato il segnale primario rispetto al rumore casuale (Fig. 3.4). Prima di importare le sezioni nel software di interpretazione Kingdom (SMT), è stato applicato un guadagno di tipo *Automatic Gain Control* (10 ms) e un ulteriore filtro *Band-Pass* 100/3dB – 3000/10dB.

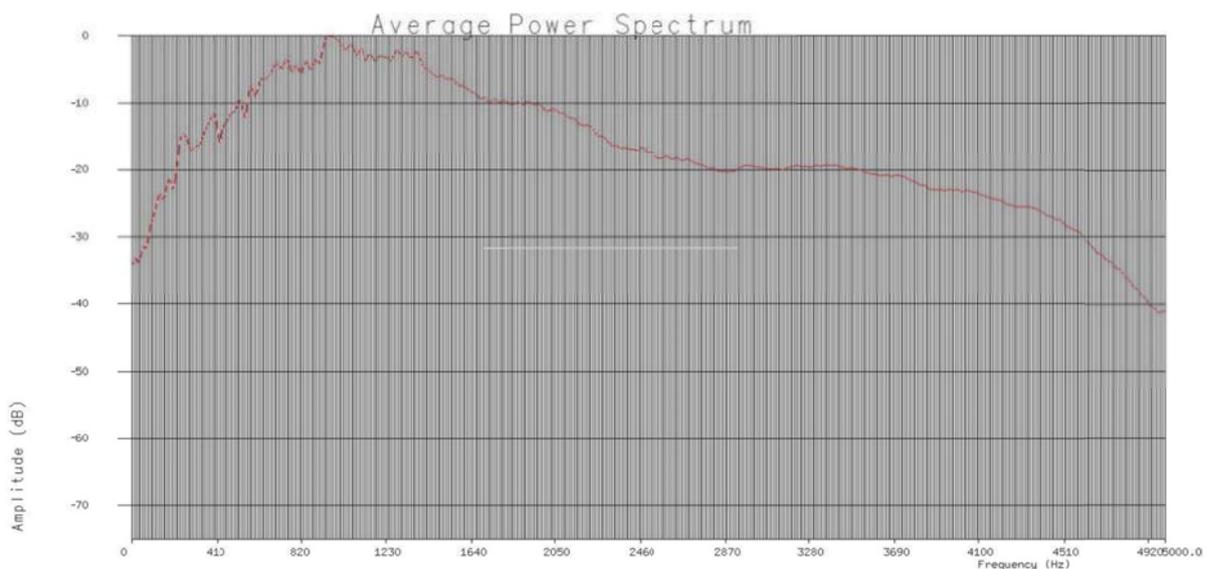


Figura 3.3 - Spettro di ampiezza del segnale

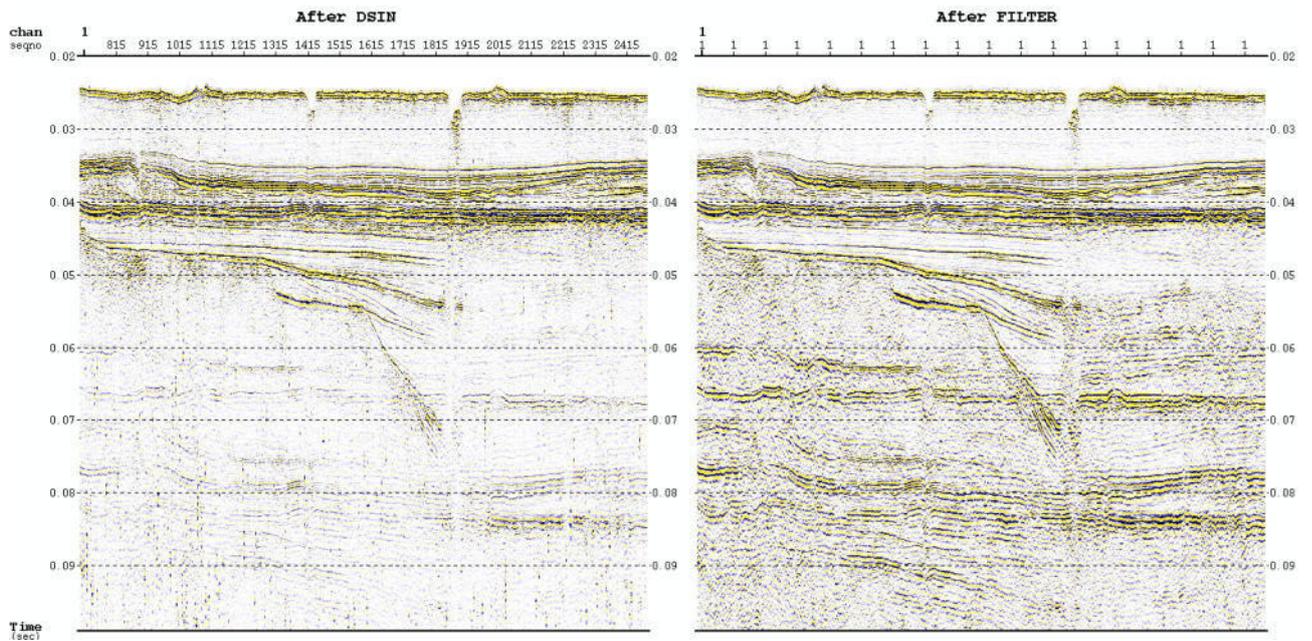


Figura 3.4 - Profilo prima (a sinistra) e dopo il reprocessing (a destra)

Infine, ai profili sismici è stata applicata una procedura di “editing” per l’eliminazione di tracce troppo rumorose prodotte dai motori dell’imbarcazione e/o da virate troppo nette, per l’attenuazione di segnali elettrici spuri e per la redistribuzione delle posizioni GPS (Fig. 3.5).

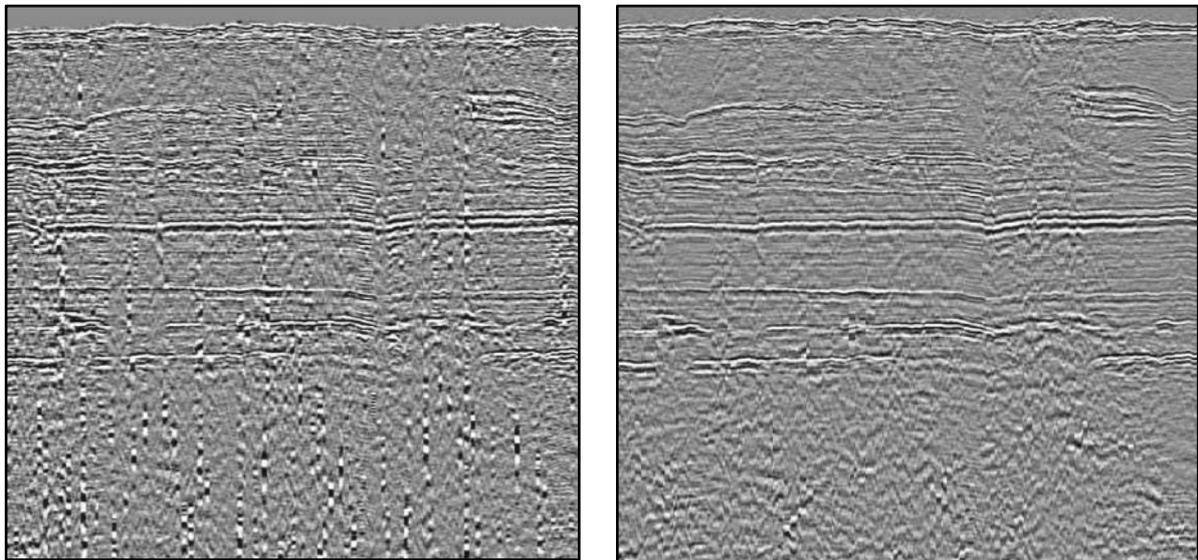


Figura 3.5 - Esempio di profili monocanale boomer acquisito nel 2013 prima (a sinistra) e dopo l’editing (a destra).

4.0) INTERPRETAZIONE DEI DATI SISMICI

L'interpretazione sismo-stratigrafica e strutturale delle linee sismiche è stata realizzata attraverso diverse fasi:

- analisi della letteratura esistente e dei sondaggi disponibili per produrre una stratigrafia di riferimento;
- riconoscimento di superfici marker ad alta ampiezza e notevole continuità laterale (generalmente corrispondenti a cambi litologici e/o a superfici di discordanza) che delimitano unità sismiche caratterizzate da facies sismiche differenti e/o diversa architettura stratigrafica, spessore e profondità;
- correlazione delle diverse unità sismiche identificate e degli orizzonti marker con formazioni e superfici geologiche note sulla base della stratigrafia di riferimento elaborata;
- riconoscimento delle strutture tettoniche, tipicamente faglie in questo caso, che interessano la successione analizzata sulla base di disturbi del segnale, dislocazione dei riflettori ed eventualmente del fondo mare e di indizi morfotettonici (es. scarpate), cercando di evidenziarne la cinematica, la geometria, lo sviluppo, l'entità delle dislocazioni e l'età di deformazione; ciò sarà determinante per stabilire il potenziale in termini di attività e di capacità delle eventuali faglie presenti.



Figura 4.1 – Mappa di ubicazione dei profili sismici monocanale (Boomer), acquisiti nel 2013 e nel 2021 e dei sondaggi (pallini bianchi) utilizzati per l'individuazione della Faglia di San Bartolomeo–Trieste, la cui traccia presunta, come riportata in ITHACA, è evidenziata in rosso.

La Figura 4.1 illustra i profili sismici rappresentati nelle Figure 4.2 - 4.8 ed utilizzati per il riconoscimento della presunta Faglia San Bartolomeo - Trieste.

Nei profili sismici utilizzati per identificare la presenza della Faglia di San Bartolomeo - Trieste nella Baia di Muggia sono riconoscibili, in base alle caratteristiche sismo-stratigrafiche: 1) il substrato roccioso costituito dai depositi silicoclastici torbiditici del Flysch di Trieste (Luteziano-Priaboniano), affiorante nelle zone costiere; 2) i depositi marini e continentali del Pleistocene medio – superiore; 3) i sedimenti marini olocenici.

Nei profili sismici la facies acustica relativa al Flysch eocenico si presenta con orizzonti ad alta frequenza stratificati e inclinati, talora anche con inclinazioni molto elevate, e con frequenti pieghe e faglie. Il tetto del Flysch è un orizzonte ad elevata ampiezza fortemente ondulato a causa dell'erosione subaerea che tronca i riflettori sottostanti. Le geometrie della facies acustica relativa al Flysch si presentano con le stesse caratteristiche di quelle presenti a terra: strati piano paralleli costituiti da alternanze di marne e arenarie interessate da pieghe e

faglie. Il Flysch è identificabile nei profili sismici principalmente nella parte settentrionale della Baia di Muggia, dove è visibile fino a circa 60-80 ms (circa 50-60 m di profondità), mentre non è visibile nella parte centrale della baia a causa della sua maggiore profondità rispetto alla capacità di penetrazione del metodo sismico ad alta risoluzione utilizzato. Il Flysch è visibile con un certo grado di incertezza, per brevi tratti ed in modo discontinuo nella parte meridionale della Baia di Muggia. Questo indica che lungo la costa settentrionale della Baia di Muggia, il Flysch si approfondisce verso il centro con una pendenza minore rispetto al lato meridionale. Tale differenza di pendenza è probabilmente la stessa che si osserva lungo il perimetro della baia nella parte emersa.

Nel complesso, il tetto del Flysch si presenta nella Baia di Muggia con una morfologia valliva con l'asse principale coincidente con l'asse longitudinale della baia, e con ulteriori valli secondarie. Inoltre, localmente sono presenti morfologie caratterizzata da scarpate metriche e pluri-metriche alternate a terrazzi sub-orizzontali estesi da decine a centinaia di metri. La morfologia complessiva della Baia di Muggia riflette l'evoluzione geologica dell'area caratterizzata da:

- a) fase di deformazione tettonica dinarica associata a strutture orientate NO-SE (Sovrascorrimento del Carso) presenti lungo il versante settentrionale della Baia di Muggia, e strutture tettoniche orientate NNO-SSE (Sovrascorrimento di Hrastovlje) nel versante meridionale della baia (*Placer, 2005*) responsabili dell'inclinazione degli orizzonti e dello sviluppo di pieghe e faglie;
- b) fase di erosione fluviale, con un sistema di drenaggio impostatosi nel Messiniano (fine Miocene) durante la crisi di salinità del Mediterraneo con un drastico abbassamento del livello del mare che, aumentando il gradiente idraulico, ha provocato una profonda erosione fluviale nelle aree circum-mediterranee; le condizioni subaeree sono perdurate nella parte orientale del Golfo di Trieste anche durante il Pleistocene;
- c) le diverse fasi di regressione e trasgressione marine del tardo Quaternario, legate ai cicli glaciali e interglaciali (ultimi 800.000 anni), hanno provocato, durante le fasi di stazionamento alto del livello marino, lo sviluppo di terrazzi e scarpate a causa dell'erosione del moto ondoso; la fase attuale di questo processo è presente a Punta Grossa e a Punta Sottile (zona all'estremo Sud-Ovest della Baia di Muggia), dove un terrazzo marino di circa 300 metri di larghezza si sviluppa lungo la costa ai piedi di una scarpata alta diverse decine di metri (*Furlani, 2003a, b*).

I processi tettonici e di erosione fluviale sono i fattori che maggiormente hanno condizionato l'assetto morfologico della Baia di Muggia e l'andamento articolato del tetto del substrato flyschoidale, mentre l'erosione marina, che ha provocato i sistemi di scarpata-terrazzi, ha influito la formazione di morfologie a sviluppo locale.

La notevole articolazione morfologica del substrato flyschoidale ed i risultati ottenuti dall'analisi dei sondaggi effettuati nell'area costiera, che hanno evidenziato la presenza al tetto del Flysch di un livello di alterazione, permettono di evidenziare che il tetto del Flysch corrisponde ad una superficie di esposizione subaerea. Inoltre, possono essere presenti depositi fluviali, posti nella parte più profonda della valle principale e di quelle secondarie, ed anche depositi costieri, anch'essi in genere grossolani, generati dall'erosione di scarpate.

Al di sopra del substrato flyschoidale, la Baia di Muggia è riempita da sedimenti di origine sia marina che continentale, corrispondenti alle condizioni ambientali di ambiente subaereo dei periodi glaciali (fase di regressione marina) e di ambiente marino nei periodi interglaciali (fase di trasgressione marina) del Pleistocene medio - superiore / Olocene. Nella parte settentrionale della Baia di Muggia, i sedimenti marini del Pleistocene medio - superiore sono caratterizzati da una facies acustica caratterizzata da pacchi di riflettori ad elevata ampiezza e semitrasparenti con riflettori a bassa continuità laterale che costituiscono un cuneo progradante sviluppatosi verso mare in corrispondenza dei terrazzi marini prodotti dall'erosione del moto ondoso e attribuito alla trasgressione marina del Tirreniano (circa 125.000 anni fa), durante la quale il livello del mare era di circa 8 m più elevato dell'attuale (*Waelbroek et al., 2002*).

I terrazzi marini tirreniani più superficiali sono attualmente posti ad una profondità di circa 50 m corrispondenti a circa 36-38 metri (*Zampa, 2014*). Ciò indica che l'area è stata interessata da una notevole subsidenza prodotta dal carico della catena alpina che ha flessurato l'avampaese verso Nord. La subsidenza è ancora in atto, come anche documentato nelle aree della Pianura Veneto-Friulana (*Da Lio e Tosi, 2018*).

Un orizzonte marker ad elevata ampiezza, continuo, sub-orizzontale e con micromorfologie articolate caratterizza l'area di studio (orizzonte blu nelle Figure 4.2 - 4.8). Questo orizzonte potrebbe essere associato alla presenza di torbe, caratteristiche dell'Adriatico Nord-orientale, e relative al periodo dell'ultimo massimo glaciale (circa 18-25.000 anni fa). Questo orizzonte

è coperto da riflettori sismici continui e con notevole ampiezza, in cui si riconoscono sistemi argine-canale organizzati secondo un asse principale di drenaggio con direzione NNO-SSE, corrispondente all'asse maggiore della Baia di Muggia, e un sistema secondario di aste fluviali di drenaggio dai versanti. Questa successione è costituita da depositi continentali del Pleistocene superiore di origine fluviale. Al di sopra è presente un corpo sedimentario caratterizzato da una facies acustica semitrasparente in cui si identificano dei riflettori paralleli e si osservano strutture canalizzate. Questa parte di successione potrebbe rappresentare un ambiente di transizione di tipo salmastro. La successione si chiude verso l'alto con dei sedimenti marini olocenici caratterizzati da una facies acustica uniforme e senza strutture interne che drappeggia tutta la baia.

L'ingressione marina dell'Olocene è stata datata, in tre carote acquisite nella parte orientale del Golfo di Trieste, a circa 9000 anni fa (Covelli *et al.*, 2006). L'analisi delle carote indica la presenza di ambienti costituiti da paludi salmastre e piane alluvionali, e deposizione di livelli di torba, fino a 9000 anni fa, a cui sono seguiti ambienti marini in relazione alla fase di ingressione. I depositi marini olocenici drappeggiano la parte centrale del vallone per uno spessore totale di circa 7-10 metri, e di conseguenza con un tasso di sedimentazione medio di circa 1 mm/anno. Le informazioni stratigrafiche dei sondaggi indicano che questa unità è costituita da limi e argille. Nell'ambito della successione olocenica è osservabile nella parte Sud-orientale delle Baia di Muggia, uno spesso corpo sedimentario caratterizzato da una facies sismica costituita da un'alternanza di riflettori ad alta frequenza e ad ampiezza variabile immergente sia a NO che a SO che formano un probabile deposito deltizio, associato alla foce del Rio Ospio.

In diversi profili sismici sono identificabili dei rilievi sul fondo del mare di origine antropica, quali ad esempio i depositi antropici situati in corrispondenza dell'estremità meridionale della diga al limite occidentale della Baia di Muggia (Fig. 4.7), oppure in prossimità della costa settentrionale, sede di diverse attività industriali (Fig. 4.3).

La presenza di facies acustiche trasparenti, cioè di zone in cui il segnale sismico è praticamente assente e indicate con il termine di *blanking* (sbiancamento), è molto frequente nei profili sismici analizzati. In particolare, ciò si osserva nella zona centrale della Baia di Muggia, generalmente al di sotto del riflettore posto alla base dei depositi continentali tardo pleistocenici (orizzonte blu nelle Figure 4.2 - 4.8). La zona di *blanking* del segnale sismico

potrebbe essere dovuta alla presenza di gas nei sedimenti e/o nella parte inferiore della successione continentale (Figure 4.2, 4.5 - 4.8). Infatti, l'assenza di riflettori sismici è causata dalla forte attenuazione delle alte frequenze contenute nel segnale acustico dovuta all'assorbimento e allo *scattering* prodotti dalle bolle di gas nei sedimenti. Come conseguenza, solo il tetto del livello a gas dà luogo ad una riflessione, mentre i sedimenti sottostanti risultano sostanzialmente trasparenti (Tóth et al., 2014). Infatti, nei profili sismici sono presenti evidenze localizzate marcate da un riflettore ad elevata ampiezza con polarità invertita rispetto al fondo mare (bright-spot) al tetto di settori caratterizzati da *blanking* (Figure 4.2, 4.5 - 4.8). La sua discontinuità laterale conferma che tale orizzonte non è originato da una discontinuità stratigrafica, ma da una disomogeneità dovuta alla distribuzione dei fluidi nella porosità dei sedimenti. La presenza di gas è un fenomeno ben noto nell'Adriatico settentrionale, incluso il Golfo di Trieste e può essere caratterizzato anche da locali fuoriuscite sul fondo del mare (Gordini et al., 2012; Buseti et al., 2013b, 2020; Vesnaver et al., 2021a,b), che però non sembrano essere presenti nella Baia di Muggia.

Inoltre il diffuso effetto *blanking* al di sotto dell'orizzonte alla base dei sistemi argini-canale (orizzonte blu nelle Figure 4.2 - 4.8), potrebbe essere dovuto alla presenza di un livelli di torba, il cui assorbimento di energia previene il propagarsi dell'onda acustica nei sedimenti sottostanti con energia insufficiente per dare luogo a riflessioni visibili nel dato sismico. Inoltre, è possibile che la presenza di torba agisca da livello impermeabile alla risalita dei gas che si accumulano nei sedimenti sottostanti.

Dal punto di vista tettonico, è molto evidente come il basamento della successione pleistocenico-olocenica, rappresentato dai depositi silicoclastici torbiditici del Flysch di Trieste, sia interessato da una deformazione pervasiva causata principalmente da pieghe a scala metrica ed ettometrica sinclinali e anticlinali, talora rovesciate, con superfici assiali generalmente ad alto angolo. Ciò è in accordo con quanto si osserva in affioramento lungo la costa di Muggia e nella zona di Trieste. La successione pleistocenico-olocenica, a partire almeno dal Tirreniano (circa 125.000 anni fa) non presenta evidenze di deformazione tettonica. Non sono osservabili piani con associate dislocazioni dei riflettori o zone di concentrazione della deformazione (zone di faglia) associate a disturbi nel segnale. In particolare, in tutte le sezioni sismiche mostrate è stata riportata la posizione della presunta traccia della Faglia di San Bartolomeo-Trieste. A questa non si associa alcun piano di faglia riconoscibile nel sottosuolo, in quanto la successione di età pleistocenico-olocenica risulta

non interessata da dislocazioni e da zone di deformazione, ma caratterizzata da riflettori continui e sub-orizzontali. Inoltre, al fondo mare non si osservano indizi morfo-tettonici, quali scarpate o gradini, che possano far pensare alla presenza di faglie attive e capaci. Le Figure 4.2 - 4.8 illustrano le sette linee sismiche più significative che attraversano la presunta traccia della Faglia di San Bartolomeo - Trieste da NE a SO.

I profili sismici interpretati sono presentati nelle Figure 4.2 - 4.8 con la scala verticale in tempi doppi di percorrenza (TWT = Two Way Traveltime), secondo la modalità con cui vengono acquisiti e corrispondenti al tempo di andata e ritorno dell'onda sismica. Nelle Figure 4.2 - 4.8 i tempi sono espressi in millisecondi. Per una conversione da tempi doppi espressi in millisecondi alla profondità in metri si consideri la formula

$$S = \frac{V}{T/2} * 1000$$

dove:

S = spazio (metri)

V = velocità (normalmente espressa in metri/secondo)

T = tempi doppi (devono essere dimezzati per ottenere il tempo ad una via)

Per la colonna d'acqua, che ha una velocità di circa 1500 m/s, 10 ms corrispondono a 7,5 metri, mentre per la sequenza sedimentaria, che ha una velocità di circa 1595 m/s, (*Masoli et al., 2020*), 10 ms corrispondono a poco meno di 8 metri.

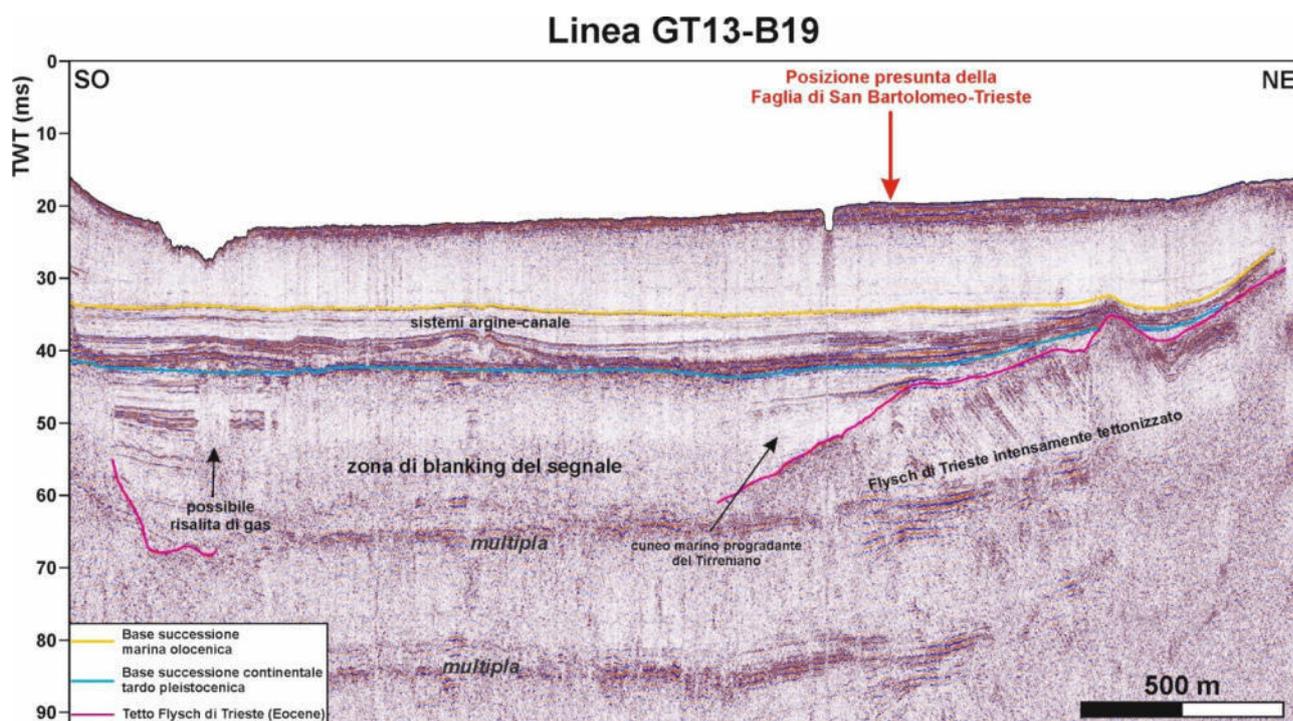


Figura 4.2 – Linea sismica ad alta risoluzione GT13-B19, acquisita nel 2013, che dovrebbe attraversare la parte nord-orientale della porzione sommersa della Faglia di San Bartolomeo-Trieste (si veda Figura 4.1 per l'ubicazione). Nella parte NE della sezione si osserva la presenza di un substrato roccioso costituito dai depositi silicoclastici torbiditici del Flysch di Trieste che risultano intensamente deformati da piegamenti. Il tetto del Flysch di Trieste (in viola) è un orizzonte ad elevata ampiezza fortemente ondulato a causa dell'erosione subaerea che tronca i riflettori ad alta frequenza sottostanti talora caratterizzati da inclinazioni molto elevate. Nell'ambito dei depositi Pleistocenici marini, posti al di sotto dell'orizzonte sub-orizzontale ad elevata ampiezza marcato in blu, si osservano alternanze di pacchi di riflettori ad elevata ampiezza e semitrasparenti con riflettori a bassa continuità laterale. Nella parte NE della sezione sismica, questa successione è caratterizzata da un cuneo progradante attribuito alla trasgressione marina del Tirreniano. I depositi pleistocenici continentali costituiscono il corpo sedimentario posto tra le i due orizzonti marcati in giallo e blu. Si riconosce una parte alta semi-trasparente con orizzonti paralleli debolmente, ed una parte inferiore formata per lo più da orizzonti ad elevata ampiezza che mostrano localmente interpretate come sistemi argine-canale. Infine, la parte alta della sezione sismica è costituita dai depositi olocenici marini caratterizzati da una facies sismica trasparente ad eccezione della parte superficiale dove si identificano riflettori ad elevata ampiezza. Nella parte centrale della sezione sismica, al di sotto del riflettore posto alla base dei depositi continentali tardo pleistocenici (orizzonte blu), si nota inoltre la

presenza di una zona di blanking (sbiancamento) del segnale sismico che potrebbe essere dovuta alla presenza di gas nei sedimenti e/o, nella parte bassa della successione continentale, alla presenza di orizzonti di torba. Una probabile risalita di gas, caratterizzata al top da un bright-spot con polarità invertita rispetto al fondo mare, è stata identificata nella parte SO della sezione sismica. La presunta posizione della Faglia di San Bartolomeo-Trieste è anche riportata. Il piano di faglia non è riconoscibile, infatti la successione di età pleistocenico-olocenica non risulta interessata da dislocazioni e da zone di deformazione ma i riflettori risultano continui e sub-orizzontali.

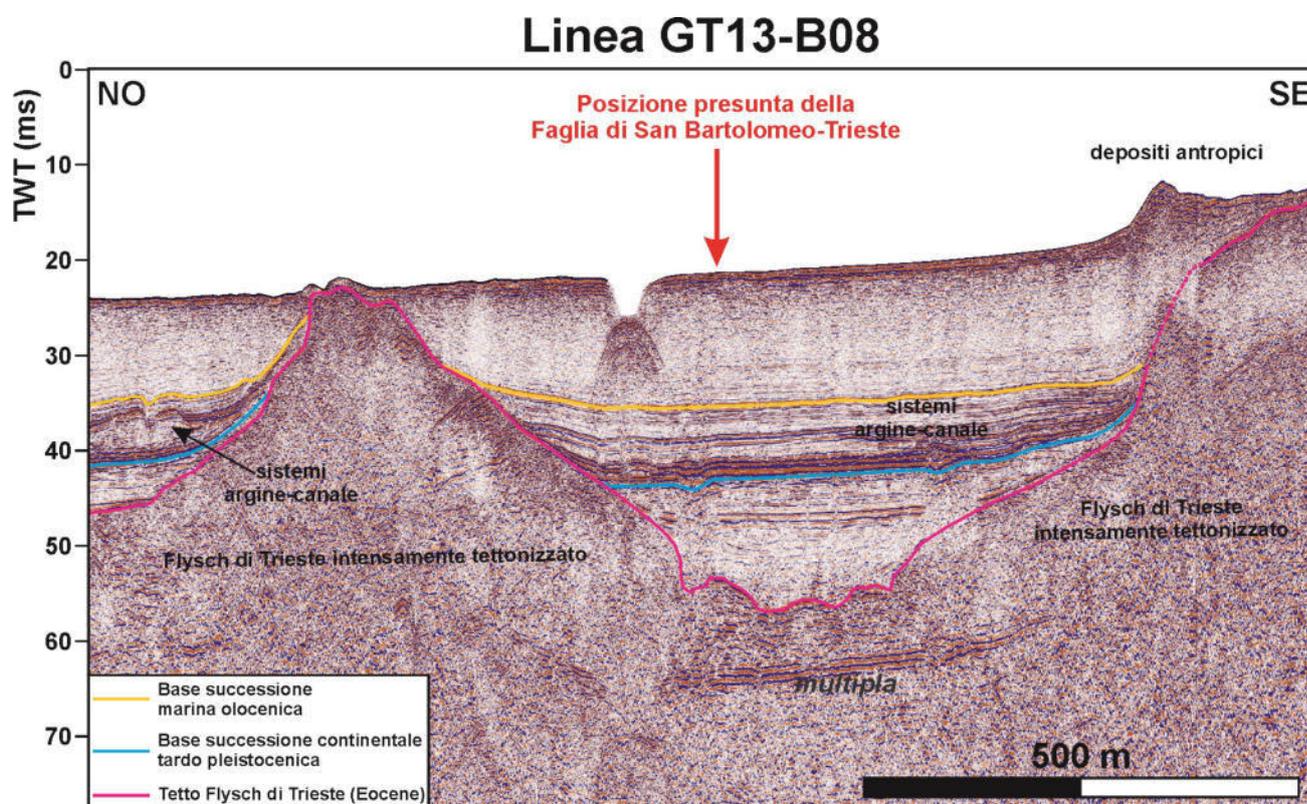


Figura 4.3 – Linea sismica ad alta risoluzione GT13-B08, acquisita nel 2013, che dovrebbe attraversare perpendicolarmente la parte nord-orientale della porzione sommersa della Faglia di San Bartolomeo-Trieste (si veda Figura 4.1 per l'ubicazione). Si osserva la notevole articolazione morfologica del basamento roccioso costituito dai depositi deformati del Flysch di Trieste, i cui strati vengono troncati al tetto da una superficie di erosione subaerea (orizzonte viola). In particolare si osserva la presenza di una paleo-valle di origine fluviale. La successione sedimentaria pleistocenico-olocenica presenta le stesse caratteristiche sismo-stratigrafiche descritte per la Linea sismica GT13-B19. La base della successione marina olocenica è una superficie diacrona. Nella parte SE della sezione sismica si osserva al fondo mare un modesto rilievo costituito da depositi di origine antropica. La

presunta posizione della Faglia di San Bartolomeo-Trieste è anche riportata. Il piano di faglia non è riconoscibile, infatti la successione di età pleistocenico-olocenica non risulta interessata da dislocazioni e da zone di deformazione ma i riflettori risultano continui e sub-orizzontali.

Linea TS_05D_21Sr

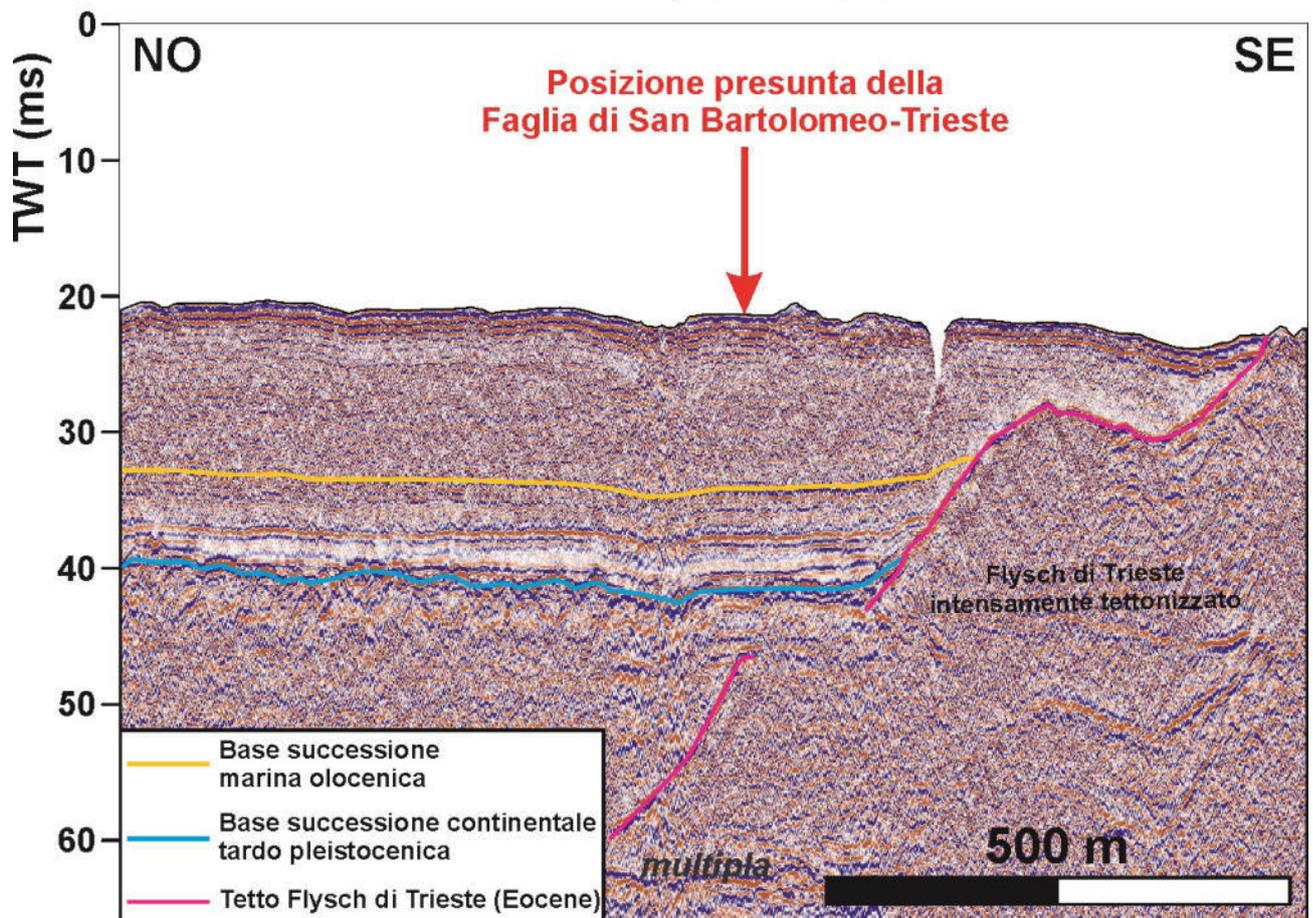


Figura 4.4 – Linea sismica ad alta risoluzione TS_05D_21Sr, acquisita nel 2021, che dovrebbe attraversare perpendicolarmente la parte nord-orientale della porzione sommersa della Faglia di San Bartolomeo-Trieste (si veda Figura 4.1 per l'ubicazione). Si osserva, come nella Linea sismica GT13-B08, la notevole articolazione morfologica del basamento roccioso costituito dai depositi deformati del Flysch di Trieste i cui strati vengono troncati al tetto da una superficie di erosione subaerea (orizzonte viola). La base della successione sedimentaria pleistocenica continentale mostra un andamento fortemente ondulato (orizzonte blu) che testimonia un'erosione subaerea. La sovrastante successione pleistocenica mostra, ad eccezione della sua parte più bassa dove sono identificabili riflettori sub-paralleli più o meno continui ad ampiezza variabile, una facies sismica caotica e opaca priva di riflessioni.

La presunta posizione della Faglia di San Bartolomeo-Trieste è anche riportata. Il piano di faglia non è riconoscibile, infatti la successione di età pleistocenico-olocenica non risulta interessata da dislocazioni e da zone di deformazione ma i pochi riflettori visibili risultano continui e sub-orizzontali.

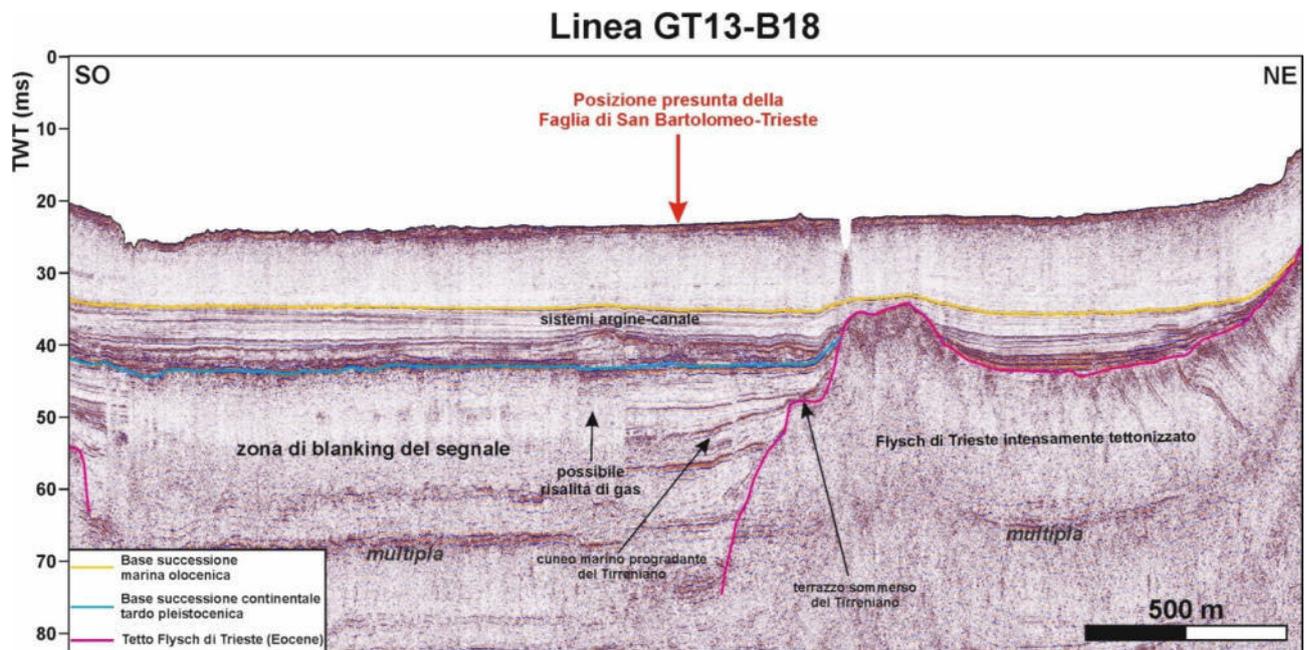


Figura 4.5 – Linea sismica ad alta risoluzione GT13-B18, acquisita nel 2013, che dovrebbe attraversare la parte centrale della porzione sommersa della Faglia di San Bartolomeo-Trieste (si veda Figura 4.1 per l'ubicazione). Anche in questo caso, si osserva la notevole articolazione morfologica del basamento roccioso nella parte NE della sezione sismica costituito dai depositi intensamente deformati del Flysch di Trieste, i cui strati vengono troncati al tetto da una superficie di erosione subaerea (orizzonte viola). In particolare, lungo la scarpata che borda a sud un pronunciato alto di basamento, si osserva una superficie orizzontale interpretata come in terrazzo sommerso del Tirreniano. La successione sedimentaria pleistocenico-olocenica presenta le stesse caratteristiche sismo-stratigrafiche descritte per la Linea sismica GT13-B19. Nella parte centro-meridionale della sezione sismica, al di sotto del riflettore posto alla base dei depositi continentali tardo pleistocenici (orizzonte blu), si nota la presenza di una zona di blanking (sbiancamento) del segnale sismico che potrebbe essere dovuta alla presenza di gas nei sedimenti e/o, nella parte bassa della successione continentale, alla presenza di orizzonti di torba. Una probabile risalita di gas, caratterizzata al top da riflettori ad elevata ampiezza che risultano più in basso rispetto a quelli posti lateralmente (diminuzione della velocità), è stata identificata subito a SO rispetto alla zona di blanking. La presunta posizione della Faglia di San Bartolomeo-Trieste

è anche riportata. Il piano di faglia non è riconoscibile, infatti la successione di età pleistocenico-olocenica non risulta interessata da dislocazioni e da zone di deformazione ma i riflettori risultano continui e sub-orizzontali.

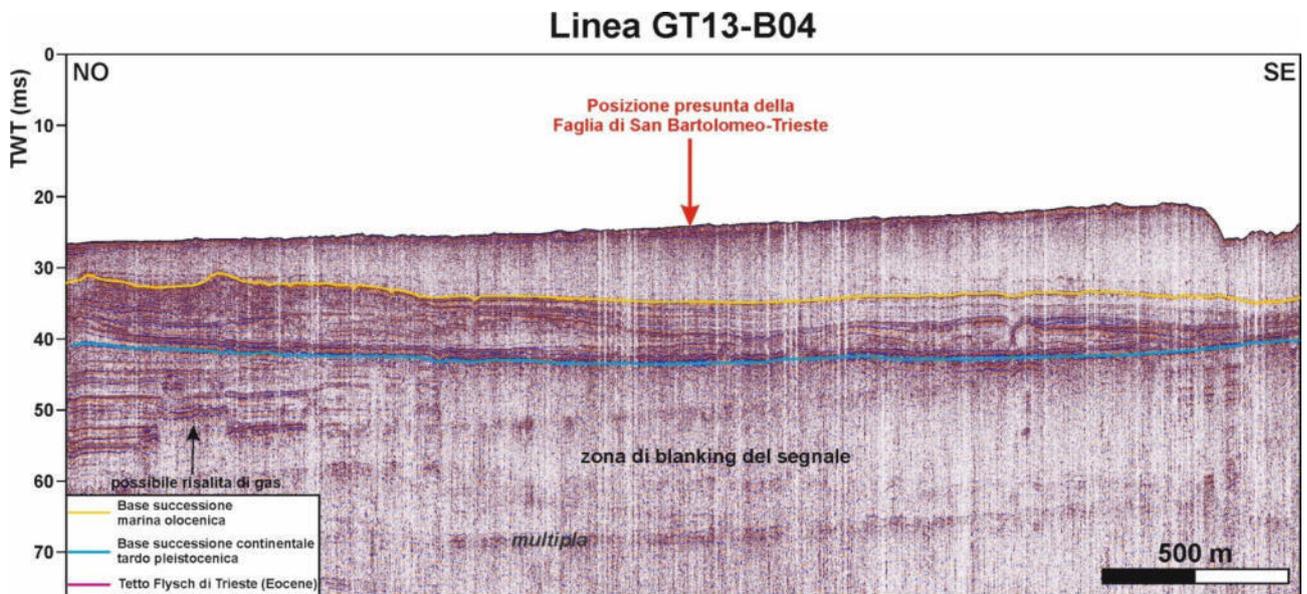


Figura 4.6 – Linea sismica ad alta risoluzione GT13-B04, acquisita nel 2013, che dovrebbe attraversare all'incirca perpendicolarmente la parte centrale della porzione sommersa della Faglia di San Bartolomeo-Trieste (si veda Figura 4.1 per l'ubicazione). Il basamento roccioso costituito dai depositi deformati del Flysch di Trieste non risulta identificabile. La successione sedimentaria pleistocenico-olocenica presenta le stesse caratteristiche sismostratigrafiche descritte nelle altre linee sismiche. Al di sotto del riflettore che rappresenta la base della successione continentale tardo pleistocenica (orizzonte blu), si nota la presenza di una estesa zona di blanking (sbiancamento) del segnale sismico che potrebbe essere dovuta alla presenza di gas nei sedimenti e/o, nella parte bassa della successione continentale, alla presenza di orizzonti di torba. Una probabile risalita di gas, caratterizzata al top da un riflettore ad elevata ampiezza e a polarità invertita rispetto al fondo mare (bright-spot), si osserva nei pressi dell'estremità NO della linea sismica. La presunta posizione della Faglia di San Bartolomeo-Trieste è anche riportata. Il piano di faglia non è riconoscibile, infatti la successione di età pleistocenico-olocenica non risulta interessata da dislocazioni e da zone di deformazione ma i riflettori risultano continui e sub-orizzontali.

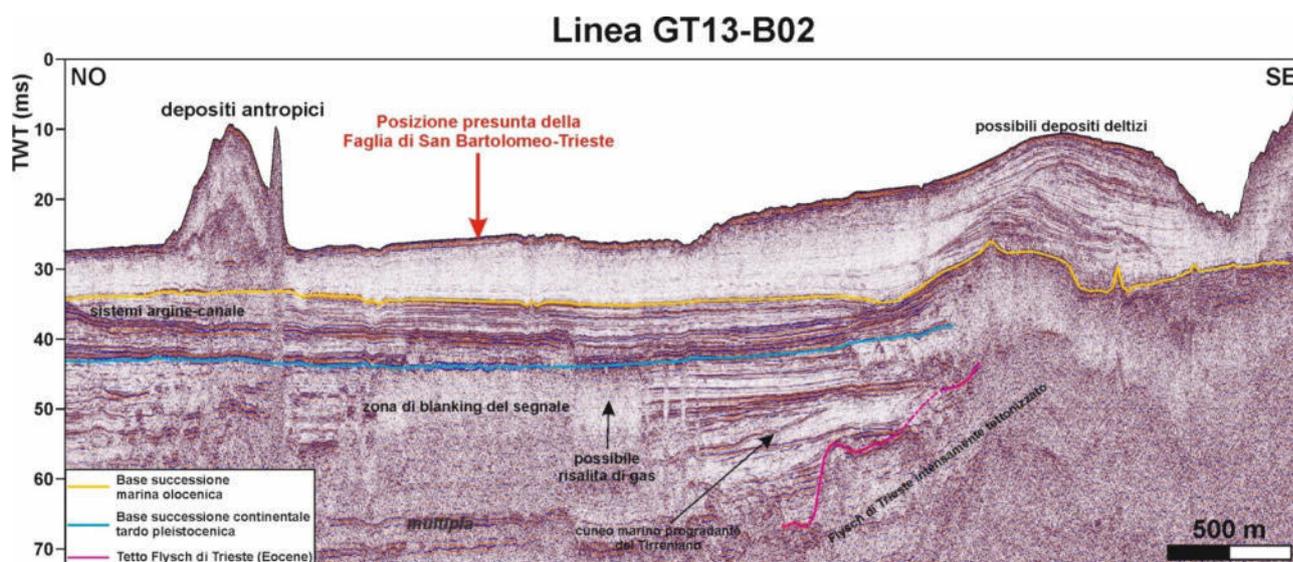


Figura 4.7 – Linea sismica ad alta risoluzione GT13-B02, acquisita nel 2013, che dovrebbe attraversare all'incirca perpendicolarmente la parte sud-occidentale della porzione sommersa della Faglia di San Bartolomeo-Trieste (si veda Figura 4.1 per l'ubicazione). Il basamento roccioso costituito dai depositi deformati del Flysch di Trieste è identificabile solo nella parte centro-meridionale della linea sismica. La successione sedimentaria pleistocenico-olocenica presenta le stesse caratteristiche sismo-stratigrafiche descritte nelle altre linee sismiche. Nell'ambito della successione olocenica è però osservabile, nella parte SE della sezione sismica, uno spesso corpo sedimentario caratterizzato da una facies sismica costituita da un'alternanza di riflettori ad alta frequenza e ad ampiezza variabile immergente sia a NO che a SO che formano un probabile deposito deltizio. Quest'ultimo è posto in corrispondenza della foce del Rio Ospio. La base della successione marina olocenica è una superficie diacrona. Inoltre, nella parte NO della sezione sismica, è presente un rilievo caratterizzato da una morfologia articolata e di origine antropica, situato in corrispondenza dell'estremità meridionale della diga al limite occidentale della Baia di Muggia. Al di sotto del riflettore che rappresenta la base della successione continentale tardo pleistocenica (orizzonte blu), si nota nella parte centrale della sezione sismica la presenza di una zona di blanking (sbiancamento) del segnale sismico che potrebbe essere dovuta alla presenza di gas nei sedimenti e/o, nella parte bassa della successione continentale, alla presenza di orizzonti di torba. Una probabile risalita di gas, caratterizzata al top da un riflettore ad elevata ampiezza e a polarità invertita rispetto al fondo mare (bright-spot), si osserva nella parte centrale della sezione sismica. La presunta posizione della Faglia di San Bartolomeo-Trieste è anche riportata. Il piano di faglia non è riconoscibile, infatti la successione di età

pleistocenico-olocenica non risulta interessata da dislocazioni e da zone di deformazione ma i riflettori risultano continui e sub-orizzontali.

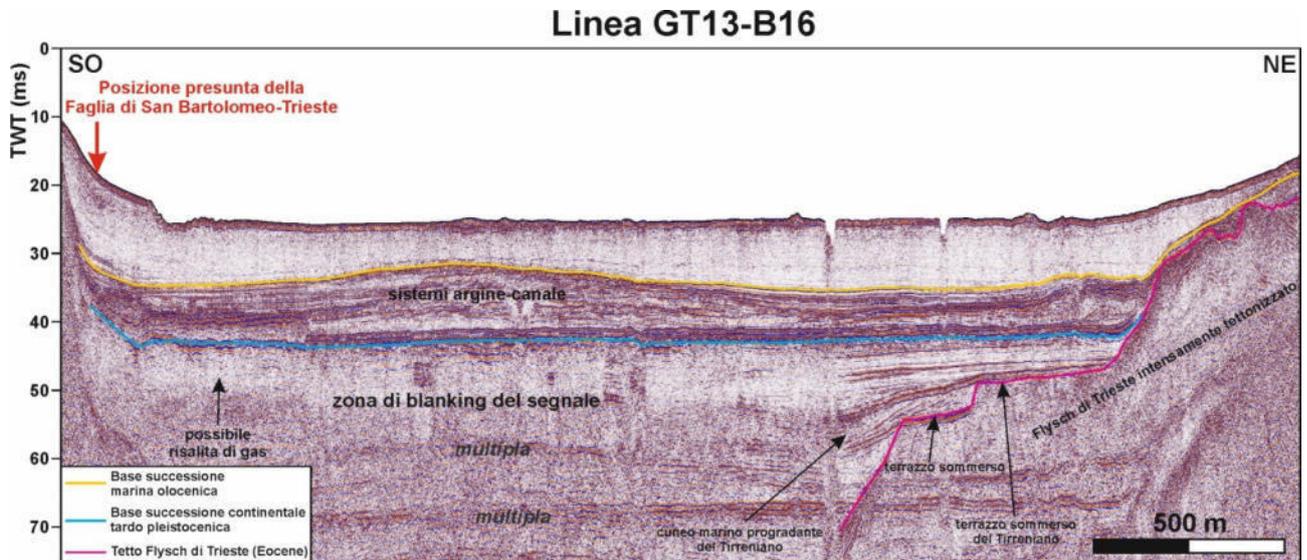


Figura 4.8 – Linea sismica ad alta risoluzione GT13-B16, acquisita nel 2013, che dovrebbe attraversare l'estremità sud-occidentale della porzione sommersa della Faglia di San Bartolomeo-Trieste (si veda Figura 4.1 per l'ubicazione). Il basamento roccioso, costituito dai depositi deformati del Flysch di Trieste, è ben identificabile nella parte NE della linea sismica e il suo tetto è caratterizzato da una morfologia molto articolata. In particolare è possibile riconoscere due superfici terrazzate, la più alta delle quali è attribuita al Tirreniano. La successione sedimentaria pleistocenico-olocenica presenta le stesse caratteristiche sismo-stratigrafiche descritte nelle altre linee sismiche. Al di sotto del riflettore che rappresenta la base della successione continentale tardo pleistocenica (orizzonte blu), si nota la presenza di una estesa zona di blanking (sbiancamento) del segnale sismico che potrebbe essere dovuta alla presenza di gas nei sedimenti e/o, nella parte bassa della successione continentale, alla presenza di orizzonti di torba. Una probabile risalita di gas, caratterizzata al top da un riflettore ad elevata ampiezza e a polarità invertita rispetto al fondo mare (bright-spot), si osserva nella parte SO della sezione sismica. La presunta posizione della Faglia di San Bartolomeo-Trieste è anche riportata. Il piano di faglia non è riconoscibile, infatti la successione di età pleistocenico-olocenica non risulta interessata da dislocazioni e da zone di deformazione ma i riflettori risultano continui e sub-orizzontali.

6.0) RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Affatato A., Baradello L., Cotterle D., Deponete M., Petronio L., Sorgo D., 2021. Rilievo Geofisico MOLO VIII. Relazione 2021/83 Sez. GEO 22, 27 pp.
- Amadori, C., Garcia-Castellanos, D., Toscani, G., Sternai, P., Fantoni, R., Ghielmi, M., & Di Giulio, A. (2018). Restored topography of the Po Plain-Northern Adriatic region during the Messinian base-level drop—Implications for the physiography and compartmentalization of the palaeo-Mediterranean basin. *Basin Research*, 30,1247–1263.
- Ambrosetti P., Bosi C., Carraro F., Ciaranfi N., Panizza M., Papani G., Vezzani L., Zanferrari A., 1987. Neotectonic map of Italy (scale 1:500.000). CNR-Progetto Finalizzato Geodinamica, Sottoprogetto Neotettonica. Litografia Artistica Cartografica, Firenze.
- Bigi G., Castellarin A., Coli M., Dal Piaz G.V., Vai G.B., 1990. Structural Model of Italy scale 1:500.000, sheet 2. C.N.R., Progetto Finalizzato Geodinamica, SELCA Firenze.
- Baradello L., Busetti M., Nieto Yabar D.G., Romeo R., e Visnovic G., 2013. Survey VHR Sismico Boomer del Sito di Interesse Nazionale (SIN) di Trieste REL. OGS 2013/14 Sez. IRI 2 dd. 25 febbraio 2013, 29 pp., 33 allegati.
- Baradello L., Carcione J.M., 2008. Optimal seismic data acquisition in very shallow water. *Surveys in the Venice Lagoon, Geophysics*, 73/6, Q59-63.
- Busetti M., Babich A., Del Ben A., 2020. Evidenze geofisiche di emissioni di fluidi nel Golfo di Trieste (Nord Adriatico). *Mem. Descr. Carta Geol. d'It.*, 105, 11-16.
- Busetti M., Volpi V., Barison E., Giustiniani M., Marchi M., Ramella R., Wardell N., Zanolla C. 2010a. Meso-Cenozoic seismic stratigraphy and the tectonic setting of the Gulf of Trieste (northern Adriatic), *GeoActa*, SP3, 1-14.
- Busetti M., Volpi V., Nicolich R., Barison E., Romeo R., Baradello L., Brancatelli G., Giustiniani M., Marchi M., Zanolla C., Wardell N., Nieto D., Ramella R., 2010b. Dinaric tectonic features in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic). *Boll. Geof. Teor. Appl.*, 51, 2-3, 117-128.
- Busetti M., Zgur F., Romeo R., Sormani L., Pettenati F., 2013a. Caratteristiche geologico-strutturali del Golfo di Trieste. In: D'Angelo S. e Fiorentino A. (a cura di), *Contributi al Meeting Marino, Roma 25-26 ottobre 2012, Atti Ispra*, 65-70.

- Busetti M., Zgur F., Vrabec, M., Facchin, L., Pelos, C., Romeo, R., Sormani, L., Slavec, P., Tomini, I., Visnovich, G., Zerial, A., 2013b. Neotectonic reactivation of Meso-Cenozoic structures in the Gulf of Trieste and its relationship with fluid seepings. Proceedings of the 32th “Convegno del Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida (GNGTS), Trieste, 19-21 November 2013, Tema3: Geofisica Applicata, 29-34.
- Carulli, G.B., Carobene, L., Cavallin, A., Martinis, B., Onofri, R., Cucchi, F., & Vaia F., 1980. Evoluzione strutturale Plio-Quaternaria del Friuli e della Venezia Giulia. In: Contributi alla Carta Neotettonica d’Italia. CNR - Progetto Finalizzato Geodinamica, Pubbl. 356, 488-545.
- Covelli S., Fontolan G., Faganeli J., Ogrinc N., 2006. Anthropogenic markers in the Holocene stratigraphic sequence of the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea). *Marine Geology*, 230, 29–51.
- Cucchi F., Piano C., 2013. Carta geologica del Carso Classico (tratta dalla Carta di sintesi geologica alla scala 1:10.000 – Progetto GEO-CGT) e Brevi Note Illustrative della Carta Geologica del Carso Classico Italiano, con F. Fanucci, N. Pugliese, G. Tunis, L. Zini. Direzione centrale ambiente energia e politiche per la montagna, Servizio Geologico, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Trieste. <http://www.regione.fvg.it/rafvvg/cms/RAFVG/ambienteterritorio/tutela-ambiente-gestione-risorse-naturali/FOGLIA201/FOGLIA9/>
- Dal Cin M., 2018. 3D velocity depth model in the Gulf of Trieste by means of tomographic analysis from multichannel seismic reflection data. PhD thesis, course Earth Science and Fluid Mechanics. University of Trieste, OGS and ICTP, Trieste, March 2018, 212 pp. Supervisor: A. Camerlenghi; co-tutors: M. Busetti, G. Böhm, S. Picotti and F. Zgur. <http://hdl.handle.net/11368/2922569>
- Da Lio C., Tosi L., 2018. Land subsidence in the Friuli Venezia Giulia coastal plain, Italy: 1992–2010 results from SAR-based interferometry. *Science of The Total Environment*, 633, 752-764.
- Del Ben A., Finetti I., Rebez A., Slejko D., 1991. Seismicity and seismotectonics at the Alps-Dinarides contact. *Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata*, 32(130-131), 155-176.
- Fantoni R., Catellani D., Merlini S., Rogledi S., Venturini S., 2002. La registrazione degli eventi deformativi cenozoici nell’avampese veneto-friulano. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 57, 301-313.

- Furlani S., 2003a. Morphologic Features of shore platform between Punta Sottile (Italia) and Punta Grossa (Debelj Rti – Slovenija) and its sustainable development, Final Conference Project IGCP 437, Quaternary coastal morphology and sea level changes, Otranto/Taranto 22-28 September 2003.
- Furlani S., 2003b. Shore platforms along the North-Western istrian coast: an overview. *Annales - Ser. Hist. Nat.*, 13(2), 247-256.
- GEO-CGT, 2013. Carta geologica del Carso Classico scala 1:50.000 (Progetto GEO-CGT - Carta di sintesi geologica alla scala 1:10.000) and “Brevi Note Illustrative della Carta Geologica del Carso Classico Italiano” with the contribution of Cucchi, F., Piano, C., Fanucci, C. F., Pugliese, N., Tunis, G., Zini. Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.
- Ghielmi, M., Minervini, M., Nini, C., Rogledi, S., Rossi, M., 2013. Late Miocene-Middle Pleistocene sequences in the Po Plain-Northern Adriatic Sea (Italy): the stratigraphic record of modification phases affecting a complex foreland basin. *Marine and Petroleum Geology* 42, 50-81.
- Gordini E., Falace A., Kaleb S., Donda F., Marocco R., Tunis G., 2012. Methane-Related Carbonate Cementation of Marine Sediments and Related Macroalgal Coralligenous Assemblages in the Northern Adriatic Sea. In: P. T. Harris and E. K. Baker (eds.), *Seafloor Geomorphology as Benthic Habitats*, Elsevier, 183-198.
- IAEA SSG-9, 2010. Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations. Specific Safety Guide. IAEA Safety Standards. https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1448_web.pdf.
- IAEA TECDOC 1767, 2015. The Contribution of Palaeoseismology to Seismic Hazard Assessment in Site Evaluation for Nuclear Installations. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE-1767_web.pdf.
- ITHACA Working Group, 2019. ITHACA (ITaly HAZard from CApable faulting), A database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019. ISPRA Geological Survey of Italy. Web Portal <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx>
- Jurkovšek B., Biolchi S., Furlani S., Kolar-Jurkovšek T., Zini L., Jež J., Cucchi, F., 2016. Geology of the Classical Karst Region (SW Slovenia–NE Italy). *Journal of Maps* 12:sup1, 352-362. <http://dx.doi.org/10.1080/17445647.2016.1215941>
- Placer L., 2005. Strukturne posebnosti severne Istre. [Structural curiosity of northern Istria]. *Geologija* 48(2), 245-251.

- Marocco R., 1991. Evoluzione tardo pleistocenica del delta del F. Tagliamento e delle lagune di Marano e Grado. *Bollettino della Società Adriatica di Scienze*, LVI (I), 42-57.
- Masoli C. A., Petronio L., Gordini E., Deponte M., Boehm G., Cotterle D., Romeo R., Barbagallo A., Belletti R., Maffione S., Meneghini F., Baradello L., 2020. Near-shore geophysical and geotechnical investigations in support of the Trieste Marine Terminal extension. *Near Surface Geophysics*, 18, 73–89 doi: 10.1002/nsg.12084
- Nicolich R., Della Vedova, B., Giustinian M., Fantoni R., 2004. Carta del sottosuolo della Pianura Friulana (Map of subsurface of the Friuli Plain). Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Direzione Centrale Ambiente e Lavori Pubblici, Servizio Geologico, 32 pp.
- Placer L., Vrabec M., Celarc B., 2010. The base for understanding of the NW Dinarides and Istria Peninsula Tectonics. *Geologija* 53/1, 55-86, doi:10.5474/geologija.2010.005
- Tóth Z., Spiess V., Jensen J.B., 2014. Seismo-acoustic signatures of shallow free gas in the Bornholm Basin, Baltic Sea. *Continental Shelf Research*, 88, 228-239.
- Vesnaver A., Böhm G., Busetti M., Dal Cin M., Zgur F., 2021a. Broadband Q-factor imaging for geofluid detection in the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea). *Frontiers in Earth Science*, 9(16). <https://doi.org/10.3389/feart.2021.640194>.
- Vesnaver A., Busetti M., Baradello L., 2021b. Chirp data processing for fluid detection at the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea). *Bulletin of Geophysics and Oceanography*, 62(3), 365-386, DOI10.4430/bgo00361
- Youngs, R.R., Arabasz W., Anderson R., Ramelli A., Ake J., Slemmons D., McCalpin J., Doser D., Fridrich C., Swan Iii F., Rogers A., Yount J., Anderson L., Smith K., Bruhn R., Knuepfer P., Smith R., Depolo C., O'leary D., Toro G., 2003. A Methodology for Probabilistic Fault Displacement Hazard Analysis (PFDHA). *Earthquake Spectra*, 19/1, 10.1193/1.1542891
- Waelbroeck C., Labeyrie L., Michel E., Duplessy J.C., McManus J.F., Lambeck K., Balbon E., Labracherie M., 2002. Sea-level and deep water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records. *Quat. Sci. Rev.*, 21, 2095-305.
- Zampa L.S., 2014. Evidenze di subsidenza tettonica nel sistema di scarpata e terrazzi tardo-pleistocenici nel Golfo Di Trieste”. Tesi di Laura Triennale in Scienze Geologiche, Università degli Studi di Trieste, Relatore Prof. Stefano Furlani, correlatrice Martina Busetti, AA 2013-2014, 63 pp.

APPENDICE 1 - CAMPAGNA DI ACQUISIZIONE 2013 NELLA BAIA DI MUGGIA

L'OGS ha effettuato nel 2013 per la Multiproject srl un rilievo sismico ad alta risoluzione per la caratterizzazione dei sedimenti superficiali nella Baia di Muggia (*Baradello et al., 2013*).

A.1.1 Metodo e strumentazione

I profili sismici ad alta risoluzione sono stati acquisiti utilizzando un sistema boomer composto da una sorgente acustica impulsiva boomer, composto da un alimentatore PULSAR 2002 - CEA) associato ad un trasduttore elettrodinamico (piastra UWAK - Nautiknord), montato su un telaio solidale a due galleggianti cilindrici laterali, associata ad uno streamer monocanale. I Boomer sono delle sorgenti sismiche marina impulsive, che generano onde acustiche con un contenuto in frequenza compreso in una banda tra 400 e 9000 Hz, direzionali e con una discreta ripetibilità. Il principio di funzionamento si basa sulla conversione dell'energia elettrica in meccanica attuata comprimendo una piastra rigida in alluminio collegata ad una spira. La spira riceve la scarica di un gruppo di condensatori e per induzione elettromagnetica muove la piastra. Il rapido movimento di questa genera una pressione che causa l'onda acustica nell'acqua. Il sistema è generalmente montato su di un catamarano. L'energia emessa può variare tra 100-1000 J con un impulso a banda larga di 100-200 μ s. L'uso di uno streamer monocanale permette di sommare in fase il segnale proveniente dalle riflessioni, attenuando il rumore random e incrementando il rapporto Segnale/Rumore. Per utilizzare un simile streamer anche in acqua bassa (battente inferiore alla lunghezza attiva dello streamer) è stata utilizzata una geometria con sorgente e ricevitore parallela (*Baradello e Carcione, 2008*). In questo caso si minimizza l'effetto distruttivo dell'aliasing spaziale prodotto dalla mancanza di correzione normal move out del monocanale. L'alimentazione del Boomer è mantenuta da un apposito generatore da 3 Kw, mentre i pc sono alimentati da un ulteriore piccolo generatore. Il potere risolutivo di questo sistema di indagine è decimetrico.

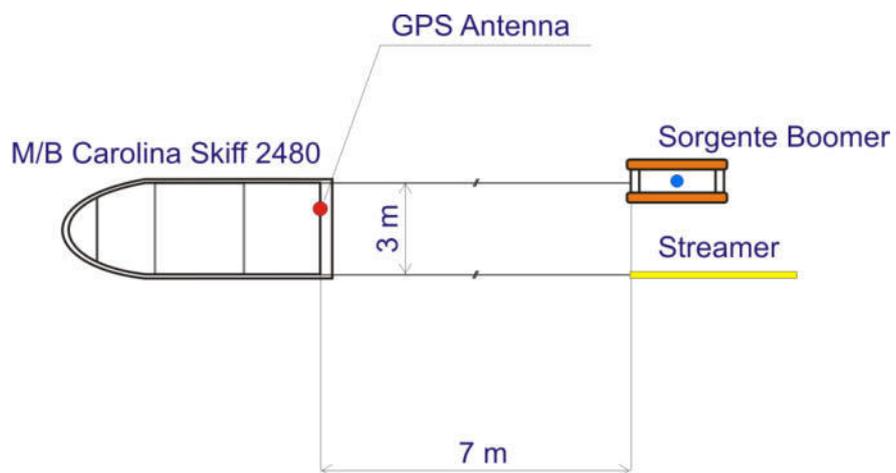


Figura A.1.1 - Traino del dispositivo boomer e dello streamer.



Figura A.1.2 A sinistra il Pulsar 2002 e a destra la postazione acquisizione - navigazione.

A.1.2 Sorgente

Per eseguire i rilievi sismici nella Baia di Muggia è stato impiegato un sistema Boomer composto da un alimentatore (PULSAR 2002 - CEA) associato ad un trasduttore elettrodinamico (piastra UWAK - Nautiknord) montato su un telaio solidale a due galleggianti cilindrici laterali. Il catamarano ha il compito di mantenere la piastra ad una profondità costante di circa 40 cm. L'impulso generato ha uno spettro compreso tra 400-9000 Hz.

<i>Dati tecnici della piastra UWAK</i>	
Input power	2.5kV-4.5kV
Energia massima	450J a impulso
Numero di impulsi massimo	8 impulsi al secondo a 150 J
Lunghezza dell'impulso	0.1ms
Range di frequenza	400Hz-7kHz
Frequenza dominante	2 kHz
Dimensioni	38x38x9 cm
Peso	22kg

Tabella A.1.3 - Dati tecnici della piastra UWAK.

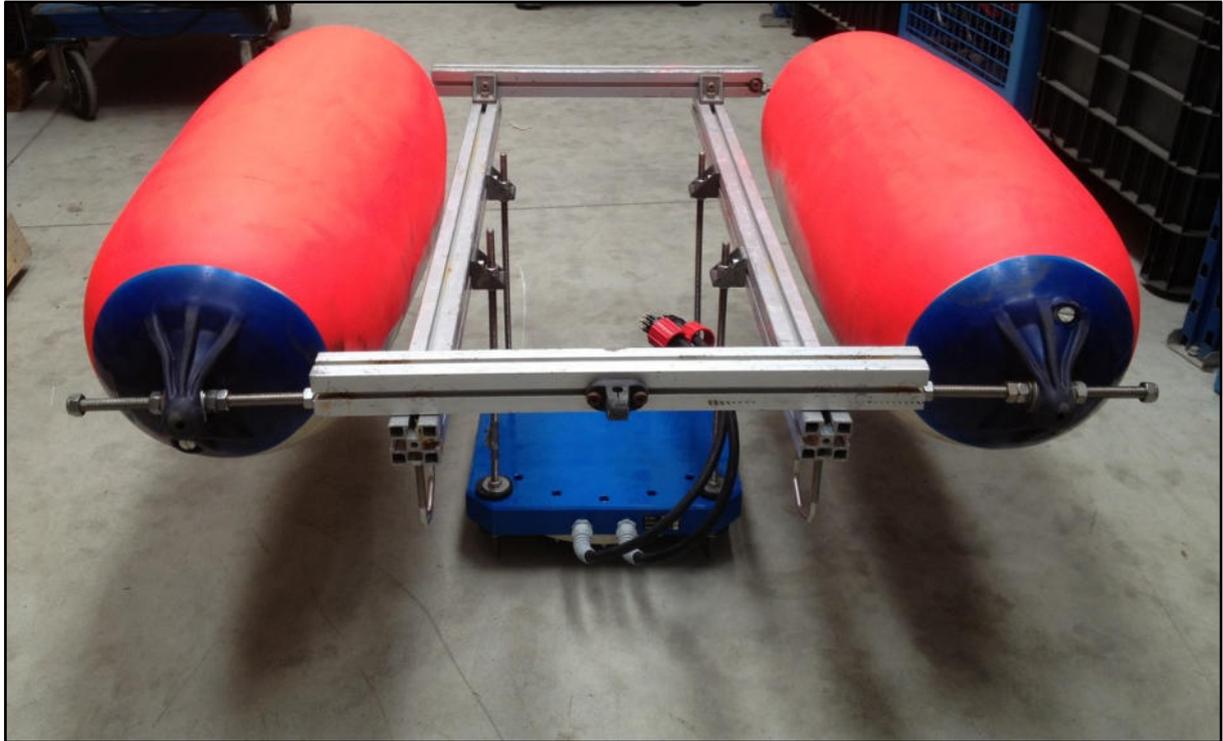


Figura A.1.4 - Piastra boomer UWAK montata su catamarano.

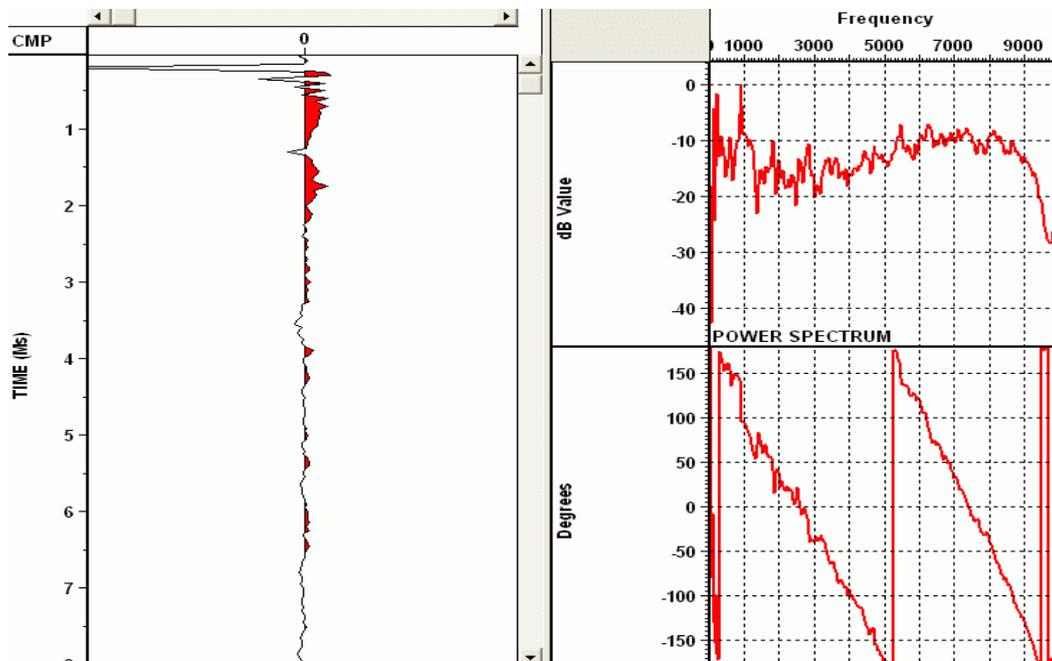


Figura A.1.5 - Signature del Boomer (sinistra) acquisita in vasca e suo spettro di potenza e di fase.

A.1.3 Ricevitore

Il segnale viene riflesso dalle discontinuità subsuperficiali e raccolto con uno streamer monocanale preamplificato a 8 idrofoni ad alta sensibilità con parte attiva di 3 m (EG&G Hydrophones mod. 256). Gli idrofoni sono composti da elementi in ceramica piezoelettrica, che producono un potenziale in uscita proporzionale alle variazioni di pressione associate al passaggio di un'onda di compressione attraverso l'acqua. La sensibilità tipica è di 0.1 mV/Pa.

A.1.4 Sistema di posizionamento

Un GPS differenziale AgGPS123-Trimble interfacciato con l'acquisitore ha garantito il posizionamento delle tracce raccolte: ogni secondo una stringa NMEA veniva caricata nelle headers dei dati (geografiche WGS84). Per seguire le rotte pianificate si è utilizzato il sistema di navigazione NavPRO (Communication Technology). In questo survey l'offset fra antenna GPS e la sorgente Boomer (offset longitudinale) è stato di 7 m e l'offset fra sorgente e streamer (offset laterale) di 3,0 m. Lo streamer monocanale è trascinato a pelo d'acqua per evitare fenomeni di ghost (riflessioni spurie causate dalla discontinuità aria/acqua). La velocità dell'imbarcazione durante l'acquisizione si è mantenuta tra i 3 e i 4 nodi.

A.1.5 Modalità di acquisizione

<i>Dati tecnici sistema di registrazione</i>	
Sistema di registrazione	Triton SB-Logger™
Convertitore A/D	24 bit
Dinamica	90dB
Distorsione	0.01%
Formato di registrazione	SEG-Y IBM Floating big-endian

Tabella A.1.6 - Dati tecnici sistema di registrazione.

<i>Parametri di acquisizione</i>	
Campionamento	0.05 ms
Intervallo shot	3/sec
Lunghezza traccia	100 ms

Tabella A.1.7 - Parametri di acquisizione.

APPENDICE 2 - CAMPAGNA DI ACQUISIZIONE 2021 PER IL MOLO VIII

In collaborazione con Geosyntech srl, l'OGS ha effettuato nel 2021 un rilievo sismico ad alta risoluzione per identificare la profondità del tetto del basamento della successione quaternaria costituito nel Golfo di Trieste dal tetto della successione flyschoidale di età eocenica (*Affatato et al., 2021*).

A.2.1 Metodo e strumentazione

I profili sismici ad alta risoluzione sono stati acquisiti utilizzando un sistema boomer composto da una sorgente acustica impulsiva boomer associata ad uno streamer monocanale. In particolare, la sorgente impiegata è a tripla piastra (e non a singola), per avere una maggiore penetrazione più funzionale agli obiettivi del progetto. La sorgente impiegata è un S-boom, composta da 3 trasduttori elettrodinamici montati su telaio a catamarano per il mantenimento alla profondità di 40 cm dalla superficie del mare. Il ricevitore è formato da otto elementi piezoelettrici collegati in serie creando un array attivo di 2,8 m. Per evitare gli effetti di ghost, lo streamer è stato mantenuto il più possibile rasente la superficie. La disposizione dei due traini è stata stabilita in modo da evitare il rumore prodotto dall'imbarcazione (scia e motori) ma nello stesso tempo rispettando l'intralcio del traino in fase di manovra. Lo streamer è stato trascinato ad una distanza di 15.5 m dalla sorgente con uno sfalsamento laterale di 4 metri. Il catamarano era trainato con un cavo HVC3000 a 16.5 m dalla poppa e GPS (Fig. A.2.1).

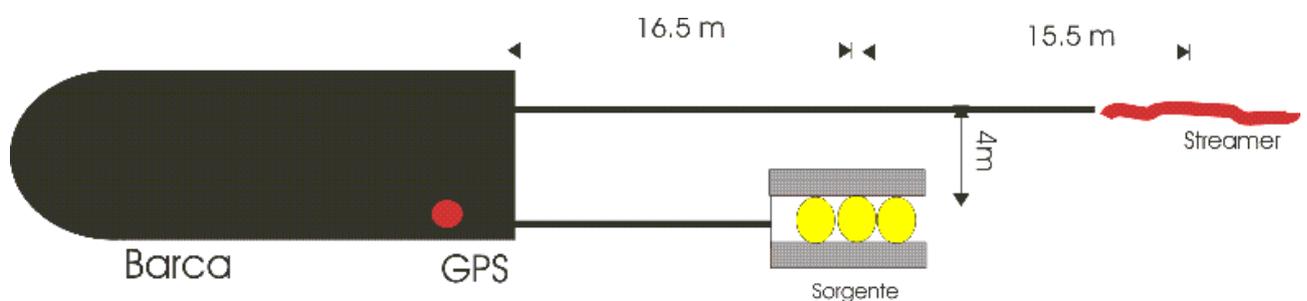


Figura A.2.1 - Schema della geometria di acquisizione sismica ad alta risoluzione.

A.2.2 Sorgente

Il trasduttore S-Boom è composto da 3 piastre AA252 (Figura A.2.2 e A.2.3). L'insieme delle piastre è collegato a un CSP-Nv (Figura A.2.4 - A.3) con cavo da 70 m (connettori RMK). Il CSP-Nv incorpora il controllo a microprocessore, che guida la piastra. Un display LCD consente di vedere le informazioni sullo stato del sistema. In questo survey si è energizzato 2 volte al secondo a 800 Joule. Il CSP-Nv riceve energia da un generatore Honda da 7,5 KW. Tutto il sistema è stato accuratamente messo a massa con un palo ramato immerso. Di seguito sono riportate le caratteristiche tecniche.

AA252 TECHNICAL SPECIFICATIONS	
Manufacturer	Applied Acoustic Engineering
Model	AA252
Source level	222dB re 1 microPa at 1 m with 1k J
Size	38x38 cm, 20.7 kg (air)
Pulse length	300 to 500 microS depending on energy setting of CSP
Reverberation	<10 %
Average energy	3000J/s
Operating voltage	3600 to 4000 V
Power supply unit	CSP-Nv 2400



Figura A.2.2 - Catamarano S-boom (180x55x65cm).



Figura A.2.3 - La sorgente S-boom composta da 3 trasduttori AA252.

CSP-Nv TECHNICAL SPECIFICATIONS	
Manufacturer	Applied Acoustic Engineering
Model	2400
Main input	240 V 45-65 Hz 5kVA
Voltage output	2500 to 3950 V
Energy output	700-1000 J (3 plate)
Size	50x58x74 cm, 63.5 kg
Capacitance	304microF, 10 ⁸ shot life
Trigger	External and Internal



Figura A.2.4 - CSP-Nv 2400.

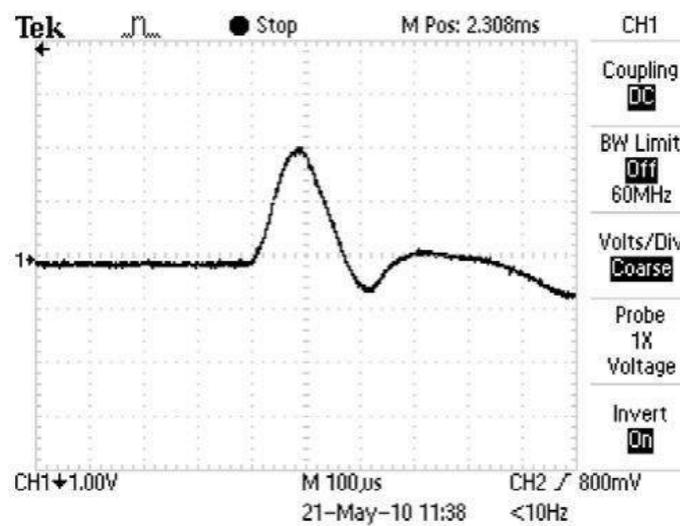


Figura A.2.5 - Signature generata a 1 kJ (da AAE).

A.2.3 Ricevitore

I segnali sismici riflessi venivano raccolti con un Mini-Streamer Geo-Sense, streamer monocanale equipaggiato con 8 idrofoni AQ-2000. L'aumento positivo della pressione acustica genera una tensione positiva in ogni idrofono e il segnale totale acquisito per ogni energizzazione è la somma degli otto contributi senza applicazione di correzione temporale Normal Move Out (differenze temporali causate dai cammini diversi).

Geo-Sense TECHNICAL SPECIFICATIONS	
Manufacturer	GEO-Resources
Model	Geo-Sense Mini-Streamer
Hydrophone	8 AQ-2000 (2.8 m length of active section)
Sensitivity	+/-0.25 dB from 1 Hz to 1 kHz, +/- 2 dB from 1kHz to 10 kHz
Pre-amplifier	26 dB gain, high-pass -3 dB: 3 Hz, low-pass -3 dB: 13 kHz
Output impedance	60
Power supply	12 V

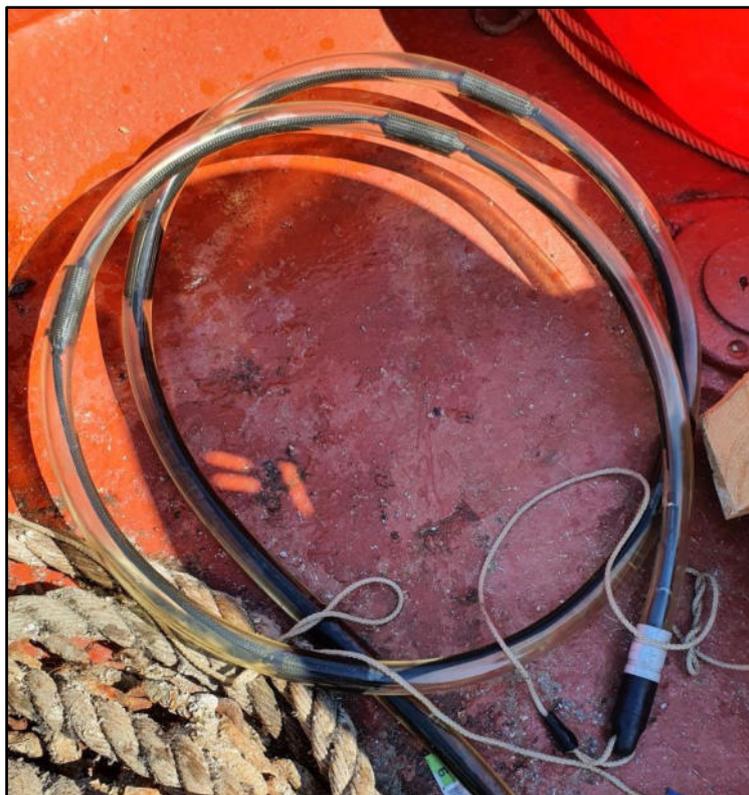


Figura A.2.6 - Geo-Sense Mini-Streamer.

A.2.4 Acquisitore

Il segnale sismico è stato registrato con un SB-Logger (NI PCI-4474, convertitore sigma-delta 24 bit A/D). Questo software consente un controllo di qualità in tempo reale, permettendo di monitorare l'eventuale presenza di rumore nei dati e quindi cercare di identificarne la fonte e pianificare una possibile strategia per ridurne gli effetti. In questo caso si è osservata la presenza di disturbi elettrici casuali, probabilmente causati dai motori, non risolvibile in fase di acquisizione. Il PC di acquisizione è alimentato da un generatore Honda da 2 kW. Le caratteristiche tecniche dell'acquisitore sono riportate nella seguente tabella:

SINGLE CHANNEL RECORDING SYSTEM TECHNICAL SPECIFICATIONS	
Manufacturer	Triton Imaging Inc.
Model	SB-Logger
Channel Number	2
A/D conversion	24 bits
Dynamic range	90dB
Distortion	0.01%
Recording format	SEG-Y IBM FL
Sampling rate	Up to 20kHz
Filters	Anti-aliasing, low-cut filter e swell filter

A.2.5 Modalità di acquisizione

I profili sono stati acquisiti in modalità temporale: la sorgente utilizzando un timer interno energizzava due volte al secondo ed inviava un impulso (trigger) all'acquisitore che si abilitava all'ascolto in finestre temporali sincronizzate con una lunghezza di 200 ms. Ogni traccia veniva campionata a 0.1 ms e archiviata in un file in formato IBM-Float SGY. I dati inglobavano nelle headers sia le informazioni temporali sia quelle spaziali (geografiche WGS84) ottenute da una stringa NMA 0183 inviata dal GPS. L'imbarcazione viaggiava alla velocità minima possibile, oscillante tra i 3.5 e 4.5 nodi, e quindi l'intertraccia è stata tra 0.8-1.2 m. Come da progetto sono state acquisite due linee, denominate TS_04C_21 e TS_05D_21, più una ulteriore parallela alla TS_04C_21, denominata TS_04B_21. Questo ulteriore profilo è servito per comprendere meglio le strutture dell'area d'indagine. Il profilo TS_05D_21 è iniziato sopra un affioramento Flysch individuato in precedenti survey.

Linea	Inizio [UTM33]	Fine [UTM33]	Lunghezza [m]	shot
TS_04B_21	403378.0, 5052895.2	404444.9, 5052526.1	1141	1021
TS_04C_21	403251.8, 5053023.0	404311.3, 5052696.4	1124	1280
TS_05D_21	403515.0, 5053451.0	404110.0, 5052487.2	1274	1471

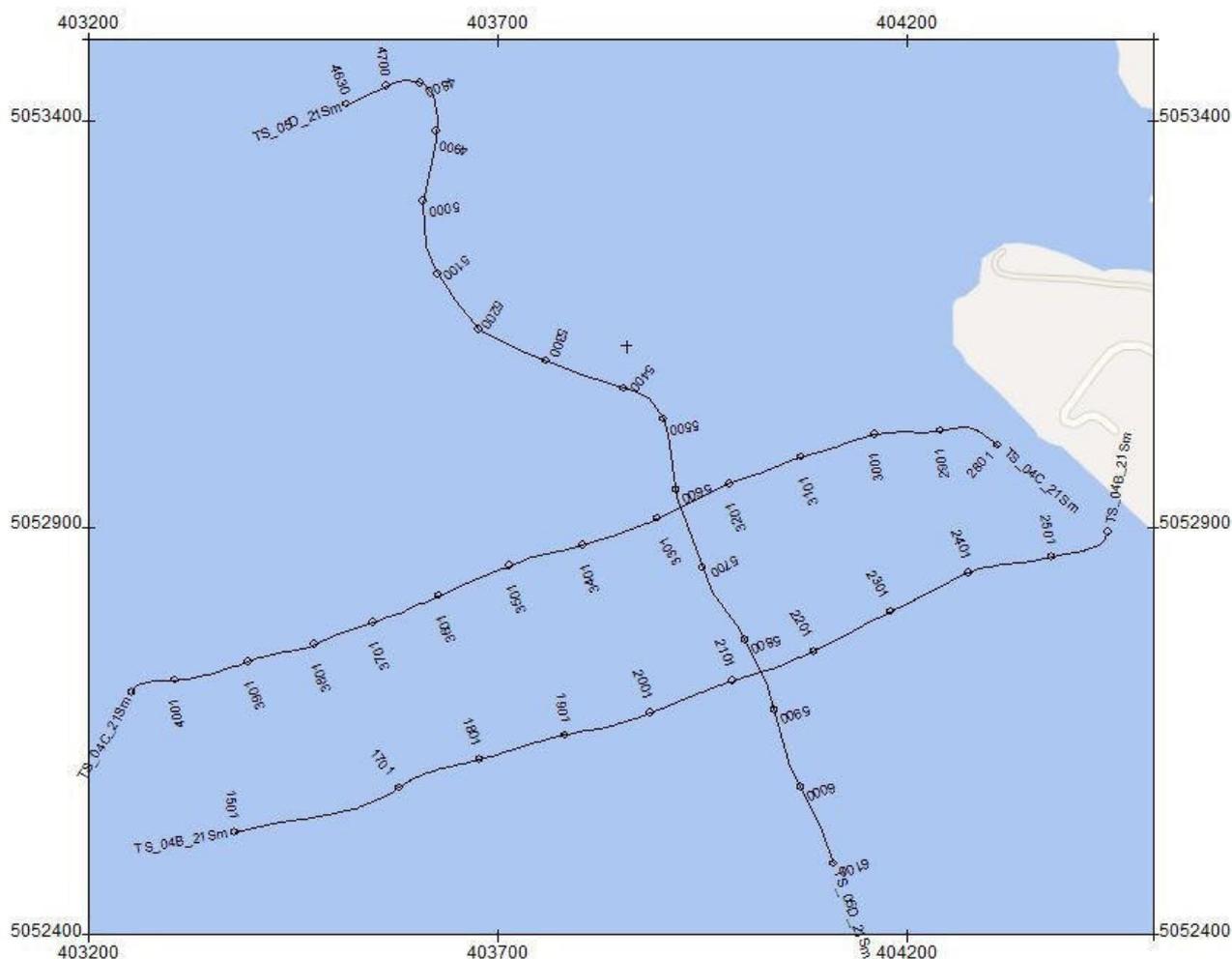


Figura A.2.7 - Mappa dei profili acquisiti: TS_05D_21 (Nord-Sud), TS_04B_21 (Ovest-Est) e TS_04C_21 (Est-Ovest) [coordinate UTM33, Kingdom].

A.2.6 Elaborazione dati

I dati Boomer sono stati elaborati con Echos 2011.3 (PARADIGM) applicando la sequenza di processing dopo la geometrizzazione (calcolo ed assegnazione delle coordinate cartesiane XY ad ogni traccia acquisita:

- 1) DC removal (i dati mostrano una componente continua causata da correnti spurie);

- 2) filtraggio (time variant band-pass in un range 200-4000 con slope in dB/octave);
- 3) eliminazione dei disturbi elettrici casuali;
- 4) recupero ampiezza (divergenza sferica e assorbimento);
- 5) miglioramento del segnale usando algoritmi che utilizzano l'ondina estratta dalla sezione dei dati;
- 6) mute dal fondo mare;
- 7) applicazione della correzione Normal Move Out dovuta alla distanza sorgente-ricevitore;
- 8) deconvoluzione predittiva (per eliminare le multiple);
- 9) migrazione Stolt (per incrementare il potere risolutivo).

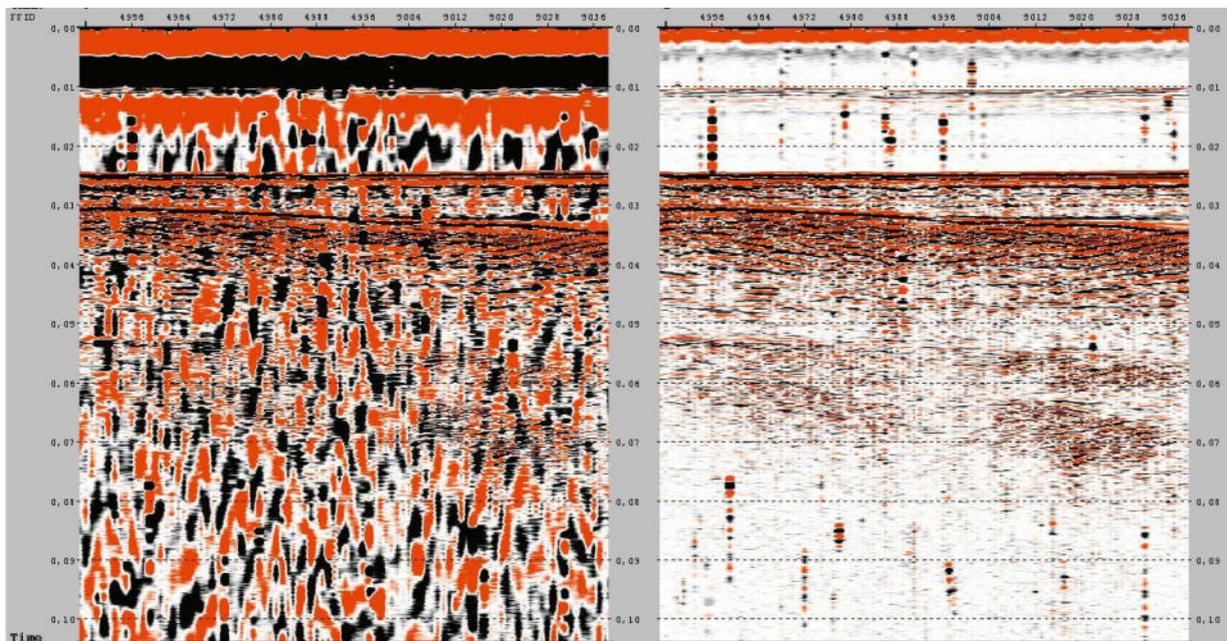


Figura A.2.8 - Esempio di rimozione della componente DC dai dati [Echos].

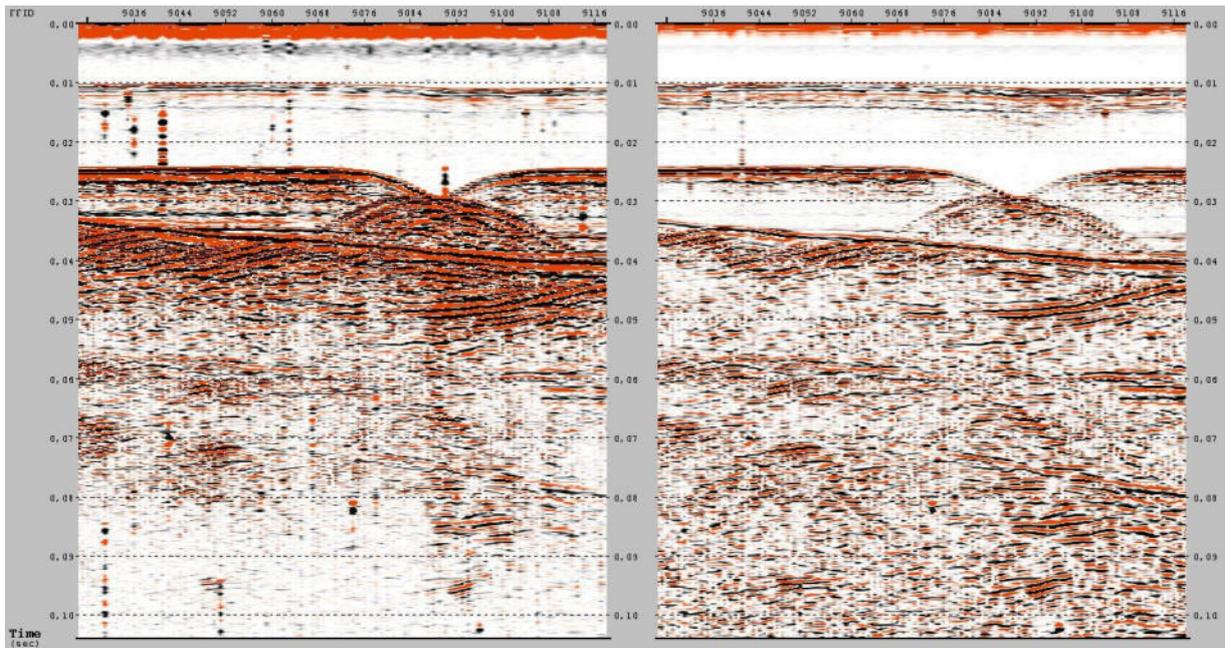


Figura A.2.9 - Esempio di applicazione filtro per rimuovere rumore [Echos].

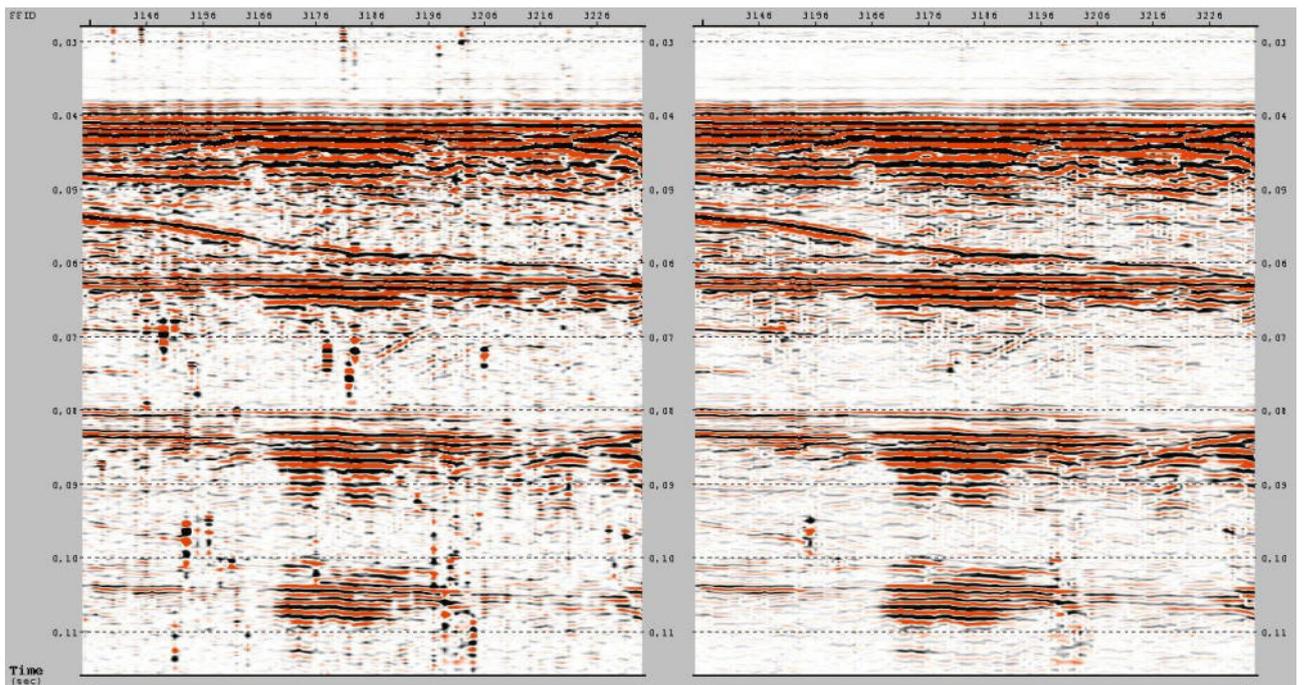


Figura A.2.10 - Esempio di rimozione rumore elettrico casuale [Echos].

APPENDICE 3 - TAVOLA CRONOSTRATIGRAFICA

		Eonothem / Eon Erathem / Era System / Period		Series / Epoch	Stage / Age	GSSP	numerical age (Ma)
Phanerozoic	Cenozoic	Quaternary	Holocene	U/L	Meghalayan	▲	present
				M	Northgrippian	▲	0.0042
				L/E	Greenlandian	▲	0.0082
			U/L	Upper	▲	0.0117	
			M	Chibanian	▲	0.129	
		Pleistocene	L/E	Calabrian	▲	1.80	
				Gelasian	▲	2.58	
				Piacenzian	▲	3.600	
		Pliocene		Zanclean	▲	5.333	
				Messinian	▲	7.246	
		Neogene	Miocene		Tortonian	▲	11.63
					Serravallian	▲	13.82
					Langhian	▲	15.97
					Burdigalian	▲	20.44
				Aquitanian	▲	23.03	
	Oligocene			Chatthian	▲	27.82	
				Rupelian	▲	33.9	
	Paleogene		Eocene		Priabonian	▲	37.71
				Bartonian	▲	41.2	
				Lutetian	▲	47.8	
		Paleocene		Ypresian	▲	56.0	
				Thanetian	▲	59.2	
				Selandian	▲	61.6	
	Mesozoic	Cretaceous	Upper		Danian	▲	66.0
					Maastrichtian	▲	72.1 ±0.2
					Campanian	▲	83.6 ±0.2
					Santonian	▲	86.3 ±0.5
					Coniacian	▲	89.8 ±0.3
			Lower		Turonian	▲	93.9
					Cenomanian	▲	100.5
				Albian	▲	~ 113.0	
				Aptian	▲	~ 125.0	
				Barremian	▲	~ 129.4	
			Hauterivian	▲	~ 132.6		
			Valanginian	▲	~ 139.8		
			Berriasian	▲	~ 145.0		

Figura 3.1 – Estratto della Carta cronostratigrafica internazionale della International Commission on Stratigraphy, edizione 2020/3, disponibile al sito www.stratigraphy.org, relativa alla classificazione usata nella presente relazione. La base del Pleistocene superiore nell'ultimo aggiornamento del 2020/03 è a 129.000 anni, mentre nelle versioni precedenti era posta a 126.000 anni.

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO D'IMPRESE



CAPOGRUPPO



**ITALSPURGH
ECOLOGIA**

GEOALPINA



COMMITTENTE



**PIANO DELLE INDAGINI SULLE AREE A TERRA E A MARE
INTERESSATE DALLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE
FERROVIARIE E PORTUALI**

Indagini ambientali a mare

Relazione Tecnica

novembre 2021

1.0) PREMESSA

A seguito dell'incarico conferitoci da HHLA-PLT Italy srl per l'esecuzione del "*Piano delle indagini sulle aree a terra ed a mare interessate dalla progettazione delle opere ferroviarie e portuali*" - CIG 8757588E3A - CUP C92C20002910004, è stata redatta la presente relazione tecnica descrittiva delle indagini ambientali a mare eseguite in accordo alle specifiche tecniche di cui all'Allegato A del D.M. 07.11.2008 per l'area di realizzazione del Molo VIII, ricompresa nel perimetro del Sito Inquinato di Interesse Nazionale "Trieste".

Le evidenze delle attività così svolte sono compendiate nella presente relazione e nei relativi elaborati allegati.

2.0) ATTIVITÀ DI INDAGINE E CAMPIONAMENTO SVOLTE

Le attività di indagine svolte nell'area in esame sono consistite nell'esecuzione di n° 35 sondaggi a mare, di cui n° 25 spinti sino a - 6.0 m da f.m. e n° 10 sino a - 1.0 m da f.m., la cui ubicazione è riportata negli elaborati allegati. Le indagini sono state eseguite mediante pontone marittimo con sonda di perforazione Puntel PX1000 posizionata a sbalzo, con perforazione a carotaggio continuo utilizzando un carotiere semplice di diametro 131 mm, dotato di valvola di fuoriuscita dell'acqua, con scarpa in acciaio Inox AISI avente angoli di taglio tali da garantire il prelievo di sedimenti integri ed indisturbati.



In accordo con quanto previsto nelle specifiche tecniche, durante le attività di perforazione non sono stati utilizzati lubrificanti per le zone filettate, rivestimenti metallici e corone verniciate, provvedendo alla pulizia con acqua marina delle varie attrezzature e di tutte le parti utilizzate durante la perforazione.

Le attività di indagine e di prelievo dei sedimenti sono state condotte alla presenza dei Funzionari A.R.P.A. Trieste e sono state svolte cercando di arrecare al campione il minor disturbo possibile. Inoltre, è stata evitata ogni potenziale contaminazione del sedimento a seguito dell'uso improprio della strumentazione da parte degli Operatori. Prima della formazione dei campioni previsti, le carote sono state riposte in cassette catalogatrici munite di scomparti divisori e coperchio apribile e successivamente sono state redatte le stratigrafie di perforazione da parte di Geologo abilitato, con riconoscimento geolitologico e litostratigrafico dei sedimenti attraversati, unitamente all'acquisizione della relativa documentazione fotografica a colori e redazione dei Verbali di Prelievo, tutti riportati negli elaborati allegati.

Nella tabella seguente sono riportati l'identificativo del sondaggio svolto, la relativa profondità ed il numero di campioni prelevati.

<i>Sondaggio</i>	<i>Profondità sondaggio (m da f.m.)</i>	<i>Campioni prelevati per analisi chimiche</i>	<i>Campioni prelevati per analisi microbiologiche</i>	<i>Campioni prelevati per analisi ecotossicologiche</i>
TS21/001	- 6.00	8	8	8
TS21/002	- 6.00	8	8	8
TS21/003	- 6.00	8	8	8
TS21/004	- 6.00	8	8	8
TS21/005	- 6.00	8	8	8
TS21/006	- 6.00	8	8	8
TS21/007	- 6.00	8	8	8
TS21/009	- 6.00	8	8	8
TS21/010	- 6.00	8	8	8
TS21/011	- 6.00	8	8	8
TS21/012	- 6.00	8	8	8
TS21/013	- 6.00	8	8	8
TS21/014	- 6.00	8	8	8
TS21/015	- 6.00	8	8	8
TS21/016	- 6.00	8	8	8
TS21/033	- 6.00	8	8	8
TS21/035	- 6.00	8	8	8

TS21/037	- 6.00	8	8	8
TS21/039	- 6.00	8	8	8
TS21/045	- 6.00	8	8	8
TS21/046	- 6.00	8	8	8
TS21/047	- 6.00	8	8	8
TS21/048	- 6.00	8	8	8
TS21/053	- 6.00	8	8	8
TS21/054	- 6.00	8	8	8
TS03/0030 bis	- 1.00	2	/	/
TS03/0034 bis	- 1.00	2	/	/
TS03/0038 bis	- 1.00	2	/	/
TS03/0041 bis	- 1.00	2	/	/
TS03/0043 bis	- 1.00	2	/	/
TS03/0049 bis	- 1.00	2	/	/
TS03/0052 bis	- 1.00	2	/	/
TS03/0055 bis	- 1.00	2	/	/
TS03/0060 bis	- 1.00	2	/	/
TS03/0062 bis	- 1.00	2	/	/

2.1) Georeferenziazione dei punti di sondaggio

Il rilievo dei punti di indagine a mare è stato eseguito utilizzando strumentazione GPS Magellan Promark 800 in modalità RTK per l'acquisizione delle coordinate planimetriche, mentre la quota del fondale marino è stata acquisita con scandaglio manuale, la cui ubicazione è meglio illustrata negli elaborati allegati. Di seguito sono riportate le coordinate e le quote batimetriche così rilevate.

Sondaggio	ETRF00		Gauss-Boaga		Profondità (m da f.m.)
	Est	Nord	Est	Nord	
TS21/001	403585.38	5052790.91	2423591.43	5052813.77	- 17.4
TS21/002	403679.25	5052821.97	2423685.30	5052844.83	- 17.2
TS21/003	403774.29	5052860.91	2423780.34	5052883.77	- 17.1
TS21/004	403865.13	5052934.70	2423871.18	5052957.56	- 16.9

TS21/005	403956.18	5052937.26	2423962.23	5052960.12	- 16.4
TS21/006	404064.64	5052969.07	2424070.69	5052991.93	- 15.9
TS21/007	404148.23	5053002.06	2424154.28	5053024.92	- 15.1
TS21/009	403621.63	5052702.22	2423627.68	5052725.08	- 17.2
TS21/010	403725.78	5052739.06	2423731.83	5052761.92	- 17.0
TS21/011	403805.74	5052764.45	2423811.79	5052787.31	- 17.0
TS21/012	403894.92	5052802.22	2423900.97	5052825.08	- 16.2
TS21/013	403992.63	5052851.70	2423998.68	5052874.56	- 15.8
TS21/014	404090.85	5052871.68	2424096.90	5052894.54	- 15.3
TS21/015	404181.99	5052905.20	2424188.04	5052928.06	- 15.1
TS21/016	404274.70	5052951.40	2424280.75	5052974.26	- 14.1
TS21/033	404317.87	5052845.69	2424323.92	5052868.55	- 14.0
TS21/035	404118.45	5052786.72	2424124.50	5052809.58	- 15.8
TS21/037	403943.28	5052713.87	2423949.33	5052736.73	- 16.4
TS21/039	403740.65	5052640.13	2423746.70	5052662.99	- 17.0
TS21/045	404251.13	5052730.87	2424257.18	5052753.73	- 14.7
TS21/046	404068.38	5052652.41	2424074.43	5052675.27	- 15.9
TS21/047	403878.90	5052575.91	2423884.95	5052598.77	- 16.5
TS21/048	403690.55	5052513.76	2423696.60	5052536.62	- 17.1
TS21/053	403460.50	5052695.88	2423466.55	5052718.74	- 17.8
TS21/054	403499.04	5052919.56	2423505.09	5052942.42	- 17.1
TS03/0030 bis	404217.02	5053183.70	2424223.07	5053206.56	- 8.6
TS03/0034 bis	404225.66	5053074.86	2424231.71	5053097.72	- 10.9
TS03/0038 bis	404274.90	5052992.96	2424280.95	5053015.82	- 13.7
TS03/0041 bis	404400.79	5052950.67	2424406.84	5052973.53	- 7.9
TS03/0043 bis	404336.43	5052915.36	2424342.48	5052938.22	- 13.1
TS03/0049 bis	404397.03	5052833.50	2424403.08	5052856.36	- 12.7
TS03/0052 bis	404495.02	5052836.46	2424501.07	5052859.32	- 9.7
TS03/0055 bis	404441.40	5052754.66	2424447.45	5052777.52	- 12.7
TS03/0060 bis	404544.05	5052718.77	2424550.10	5052741.63	- 6.8
TS03/0062 bis	404499.23	5052670.82	2424505.28	5052693.68	- 10.9

2.3) *Misure di pH e Potenziale Redox*

Con un pH-metro portatile a microprocessore avente corpo a tenuta stagna e risoluzione di 0.01 unità di pH e 0.1 mV, sono stati acquisiti, per ogni sezione prelevata, i valori di pH e Potenziale Redox (ORP). I valori così ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

<i>Sondaggio</i>	<i>Sezione (cm)</i>	<i>pH</i>	<i>ORP (mV)</i>
TS21/001	0-50	7.38	-80.0
	50-100	7.36	-94.5
	100-150	7.30	-79.2
	150-200	7.35	-54.2
	200-300	7.51	-52.8
	300-400	7.41	-76.5
	400-500	7.42	-40.7
TS21/002	500-600	7.53	-35.7
	0-50	7.75	-112.5
	50-100	7.46	-91.2
	100-150	7.40	-89.0
	150-200	7.44	-80.8
	200-300	7.44	-57.0
	300-400	7.52	-94.8
TS21/003	400-500	7.50	-67.4
	500-600	7.50	-51.1
	0-50	7.66	-104.3
	50-100	7.48	-110.3
	100-150	7.48	-116.3
	150-200	7.47	-104.7
	200-300	7.45	-101.3
TS21/004	300-400	6.33	-116.1
	400-500	6.11	-93.2
	500-600	7.15	-98.6
	0-50	8.02	-54.4
	50-100	7.61	-97.2
	100-150	7.61	-86.7
	150-200	7.64	-83.5
TS21/005	200-300	7.75	-84.3
	300-400	7.62	-40.8
	400-500	7.63	-18.5
	500-600	7.67	-24.9
	0-50	8.75*	208*
	50-100	8.72*	193*
	100-150	8.80*	189*
150-200	8.86*	201*	
200-300	8.60*	207*	
300-400	8.64*	200*	
400-500	8.58*	205*	
500-600	8.66*	206*	

TS21/006	0-50	8.39*	191*
	50-100	8.44*	185*
	100-150	8.46*	187*
	150-200	8.14*	188*
	200-300	8.69*	213*
	300-400	8.94*	185*
	400-500	8.75*	204*
	500-600	9.17*	183*
TS21/007	0-50	7.88	-106.3
	50-100	7.56	-104.3
	100-150	7.55	-90.5
	150-200	7.58	-74.1
	200-300	7.58	-30.7
	300-400	7.52	-97.5
	400-500	7.58	-50.3
	500-600	7.55	-45.6
TS21/009	0-50	7.73	-64.4
	50-100	7.59	-77.0
	100-150	7.53	-46.0
	150-200	7.47	-100.3
	200-300	7.47	-85.2
	300-400	7.44	-104.7
	400-500	7.40	-105.2
	500-600	7.38	-76.3
TS21/010	0-50	7.71	-44.3
	50-100	7.60	-93.7
	100-150	7.45	-103.5
	150-200	7.59	-102.4
	200-300	7.53	-82.7
	300-400	7.44	-104.3
	400-500	7.46	-205.7
	500-600	7.58	-107.7
TS21/011	0-50	7.71	-60.4
	50-100	7.62	-96.3
	100-150	7.56	-91.2
	150-200	7.50	-66.0
	200-300	7.47	-45.0
	300-400	7.46	-93.2
	400-500	7.47	-66.7
	500-600	7.40	-76.9
TS21/012	0-50	8.40*	205*
	50-100	8.63*	194*
	100-150	8.76*	194*
	150-200	8.93*	183*
	200-300	8.68*	210*
	300-400	8.76*	216*
	400-500	8.57*	204*
	500-600	8.61*	211*

TS21/013	0-50	8.70*	206*
	50-100	8.80*	198*
	100-150	8.78*	191*
	150-200	8.81*	193*
	200-300	9.40*	211*
	300-400	8.83*	202*
	400-500	8.68*	206*
	500-600	8.73*	210*
TS21/014	0-50	8.55*	201*
	50-100	7.43*	194*
	100-150	8.40*	186*
	150-200	7.73*	192*
	200-300	8.70*	210*
	300-400	8.87*	192*
	400-500	8.77*	209*
	500-600	8.89*	190*
TS21/015	0-50	8.77*	200*
	50-100	8.87*	193*
	100-150	8.57*	186*
	150-200	8.49*	188*
	200-300	8.66*	202*
	300-400	8.65*	208*
	400-500	8.71*	218*
	500-600	8.87*	204*
TS21/016	0-50	7.81	-133.6
	50-100	7.54	-113.8
	100-150	7.50	-101.6
	150-200	7.50	-82.3
	200-300	7.56	-84.5
	300-400	7.58	-97.1
	400-500	7.55	-48.1
	500-600	7.53	-81.1
TS21/033	0-50	7.86	-148.8
	50-100	7.46	-123.5
	100-150	7.51	-74.6
	150-200	7.51	-95.5
	200-300	7.51	-55.5
	300-400	7.43	-109.3
	400-500	7.50	-63.0
	500-600	7.48	-71.2
TS21/035	0-50	8.43*	205*
	50-100	8.49*	188*
	100-150	7.90*	189*
	150-200	8.47*	189*
	200-300	8.91*	187*
	300-400	9.02*	220*
	400-500	8.62*	202*
	500-600	8.87*	202*

TS21/037	0-50	8.43*	205*
	50-100	8.73*	193*
	100-150	8.80*	206*
	150-200	9.38*	213*
	200-300	8.62*	205*
	300-400	8.74*	209*
	400-500	8.69*	212*
	500-600	8.69*	209*
TS21/039	0-50	7.75	-58.0
	50-100	7.66	-81.2
	100-150	7.54	-81.7
	150-200	7.60	-103.1
	200-300	7.60	-68.8
	300-400	7.85	-110.2
	400-500	7.71	-100.9
	500-600	7.82	-120.0
TS21/045	0-50	8.75*	195*
	50-100	8.85*	195*
	100-150	8.85*	204*
	150-200	8.80*	196*
	200-300	8.70*	207*
	300-400	8.71*	205*
	400-500	8.86*	173*
	500-600	8.66*	215*
TS21/046	0-50	8.60*	195*
	50-100	8.81*	202*
	100-150	8.84*	201*
	150-200	8.91*	187*
	200-300	8.73*	208*
	300-400	8.60*	216*
	400-500	8.69*	211*
	500-600	8.85*	204*
TS21/047	0-50	7.6	-77.2
	50-100	7.55	-106.2
	100-150	7.56	-87.7
	150-200	7.37	-44.1
	200-300	7.47	-101.1
	300-400	7.33	-109.7
	400-500	7.47	-101.7
	500-600	7.44	-55.4
TS21/048	0-50	7.53	-57.2
	50-100	7.42	-98.1
	100-150	7.49	-62.2
	150-200	7.72	-102.7
	200-300	7.55	-56.9
	300-400	7.51	-76.6
	400-500	7.51	-36.6
	500-600	7.54	-74.2

TS21/053	0-50	7.59	-124.7
	50-100	7.58	-138.5
	100-150	7.44	-200.5
	150-200	7.47	-71.5
	200-300	7.48	-37.0
	300-400	7.52	-38.0
	400-500	7.52	-51.0
	500-600	7.43	-229.4
TS21/054	0-50	7.74	-68.0
	50-100	7.36	-78.2
	100-150	7.36	-77.2
	150-200	7.46	-99.0
	200-300	7.43	-59.5
	300-400	7.47	-73.2
	400-500	7.41	-194.0
	500-600	7.27	-120.0
TS03/0030 bis	0-50	8.26	169*
	50-100	8.17	168*
TS03/0034 bis	0-50	7.59	-165.3
	50-100	7.47	-114.5
TS03/0038 bis	0-50	7.80	-146.3
	50-100	7.71	-153.3
TS03/0041 bis	0-50	7.78	166*
	50-100	7.62	198*
TS03/0043 bis	0-50	7.83	-66.1
	50-100	7.77	-152.1
TS03/0049 bis	0-50	7.72	-172.2
	50-100	7.47	-150.8
TS03/0052 bis	0-50	7.75	169*
	50-100	7.41	176*
TS03/0055 bis	0-50	7.71	164*
	50-100	7.66	155*
TS03/0060 bis	0-50	7.54	165*
	50-100	7.79	119*
TS03/0062 bis	0-50	7.82	125*
	50-100	7.62	189*

** valori misurati in laboratorio*

Le misure di pH sono comprese in un intervallo di valori generalmente sub-basici (*Giardini, 1986*), con valore medio pari a 7.96 unità di pH, il cui valore minimo è pari a 6.11 unità di pH e quello massimo è pari a 9.40 unità di pH. I valori di ORP rilevati nel corso delle attività di indagine a mare sono risultati compresi tra - 18.5 mV e - 229.4 mV, con valore medio pari a - 89.27 mV, indicativo di un ambiente riducente in stato d'ipossia.

3.0) ATTIVITA' DI CAMPIONAMENTO

Le metodiche di campionamento utilizzate sono risultate conformi ai protocolli nazionali ed internazionali e, in particolare, a:

- *Metodi IRSA-CNR;*
- *Metodi UNI e UNICHIM;*
- *Metodi USEPA (United States Environmental Protection Agency);*
- *Metodi USACE (United States Army Corp of Engineers);*
- *Metodi APHA (The American Public Health Association);*
- *Metodi ASTM (American Society for Testing and Materials);*
- *Quaderno IRSA-CNR n° 64 del gennaio 1985;*
- *Manuale APAT 43/2006;*
- *Norma UNI 10802:2013 ed UNI TR 11682:2017;*
- *“Programma di monitoraggio per il controllo dell’ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003) - Metodologie analitiche di riferimento” edito dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e da ICRAM (2001);*
- *“Protocollo di Campionamento, Analisi e Restituzione dei dati per l’esecuzione delle attività di caratterizzazione ambientale delle aree marine del Porto di Trieste – Sito di Bonifica di Interesse Nazionale di Trieste” edito da I.S.P.R.A. (maggio 2009);*
- *“Indagini ecotossicologiche negli ambienti marini costieri in riferimento al D.Lgs 152/99” SIBM - Atti della giornata di studio - Vol, 8 – fasc. 2 – 2001.*

3.1) *Campionamento sedimenti*

Le attività di prelievo dei sedimenti sono state svolte da nostri Responsabili qualificati alla presenza di Responsabile A.R.P.A. Trieste, identificando i livelli di sedimento corrispondenti agli intervalli:

*0 ÷ 50 cm, 50 ÷ 100 cm, 100 ÷ 150 cm, 150 ÷ 200 cm, 200 ÷ 300 cm, 300 ÷ 400 cm,
400 ÷ 500 cm e 500 ÷ 600 cm*

mentre in corrispondenza dei sondaggi denominati TS03/0030 bis, TS03/0034 bis, TS03/0038 bis, TS03/0041 bis, TS03/0043 bis, TS03/0049 bis, TS03/0052 bis, TS03/0055 bis, TS03/0060 bis e TS03/0061 bis gli intervalli:

0 ÷ 50 cm e 50 ÷ 100 cm

In corrispondenza di ciascun sondaggio, a seguito dell'estrusione della carota, per ogni intervallo di campionamento definito, contemporaneamente alla misurazione dei valori di pH e Potenziale Redox, è stato immediatamente prelevato un quantitativo di sedimento destinato all'analisi delle sostanze volatili (COV) conformemente a quanto previsto dai metodi ASTM D4547-91 ed EPA 5035-97, con formazione in modo puntuale, dal nucleo della carota, di n° 4 contenitori decontaminati tipo "Vials" di vetro con tappo a chiusura ermetica con setto di teflon, di cui n° 2 contenitori della capacità di 40 cc e n° 2 contenitori della capacità di 40 cc stabilizzati al metanolo.

Successivamente, dalle cassette catalogatrici è stato estratto il quantitativo di sedimento sufficiente alla formazione delle aliquote necessarie per l'esecuzione delle analisi richieste, come meglio evidenziato nelle seguenti tabelle, una delle quali resa disponibile per A.R.P.A. Trieste per le successive operazioni di validazione analitica. I campioni sono stati formati, a seconda della tipologia di analisi da eseguire, in n° 1 contenitore HDPE della capacità di 1000 cc munito di sotto tappo e tappo a chiusura ermetica, in n° 5 contenitori HDPE della capacità di 500 cc munito di sotto tappo e tappo a chiusura ermetica e in n° 3 contenitori sterili della capacità di 100 cc. Ogni contenitore è stato classificato tramite apposizione di etichette con diciture annotate con inchiostro indelebile.

<i>Campioni per analisi Chimiche</i>			
<i>Sondaggio</i>	<i>Campioni prelevati</i>	<i>Contenitori per aliquota</i>	<i>Aliquote</i>
TS21/001	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS21/002	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS21/003	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3

TS21/004	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS21/005	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS21/006	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS21/007	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS21/009	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS21/010	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS21/011	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS21/012	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS21/013	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS21/014	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS21/015	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS21/016	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS21/033	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS21/035	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS21/037	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS21/039	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS21/045	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS21/046	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS21/047	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS21/048	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS21/053	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS21/054	8	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS03/0030 bis	2	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS03/0034 bis	2	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3

TS03/0038 bis	2	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS03/0041 bis	2	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS03/0043 bis	2	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS03/0049 bis	2	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS03/0052 bis	2	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS03/0055 bis	2	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS03/0060 bis	2	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3
TS03/0062 bis	2	1 HDPE da 1000 cc 4 HDPE da 500 cc	3

<i>Campioni per analisi Microbiologiche</i>			
<i>Sondaggio</i>	<i>Campioni prelevati</i>	<i>Contenitori per aliquota</i>	<i>Aliquote</i>
TS21/001	8	3 sterili da 100 cc	1
TS21/002	8	3 sterili da 100 cc	1
TS21/003	8	3 sterili da 100 cc	1
TS21/004	8	3 sterili da 100 cc	1
TS21/005	8	3 sterili da 100 cc	1
TS21/006	8	3 sterili da 100 cc	1
TS21/007	8	3 sterili da 100 cc	1
TS21/009	8	3 sterili da 100 cc	1
TS21/010	8	3 sterili da 100 cc	1
TS21/011	8	3 sterili da 100 cc	1
TS21/012	8	3 sterili da 100 cc	1
TS21/013	8	3 sterili da 100 cc	1
TS21/014	8	3 sterili da 100 cc	1
TS21/015	8	3 sterili da 100 cc	1
TS21/016	8	3 sterili da 100 cc	1
TS21/033	8	3 sterili da 100 cc	1
TS21/035	8	3 sterili da 100 cc	1

TS21/037	8	3 sterili da 100 cc	1
TS21/039	8	3 sterili da 100 cc	1
TS21/045	8	3 sterili da 100 cc	1
TS21/046	8	3 sterili da 100 cc	1
TS21/047	8	3 sterili da 100 cc	1
TS21/048	8	3 sterili da 100 cc	1
TS21/053	8	3 sterili da 100 cc	1
TS21/054	8	3 sterili da 100 cc	1

<i>Campioni per analisi Ecotossicologiche</i>			
<i>Sondaggio</i>	<i>Campioni prelevati</i>	<i>Contenitori per aliquota</i>	<i>Aliquote</i>
TS21/001	8	1 HDPE da 500 cc	1
TS21/002	8	1 HDPE da 500 cc	1
TS21/003	8	1 HDPE da 500 cc	1
TS21/004	8	1 HDPE da 500 cc	1
TS21/005	8	1 HDPE da 500 cc	1
TS21/006	8	1 HDPE da 500 cc	1
TS21/007	8	1 HDPE da 500 cc	1
TS21/009	8	1 HDPE da 500 cc	1
TS21/010	8	1 HDPE da 500 cc	1
TS21/011	8	1 HDPE da 500 cc	1
TS21/012	8	1 HDPE da 500 cc	1
TS21/013	8	1 HDPE da 500 cc	1
TS21/014	8	1 HDPE da 500 cc	1
TS21/015	8	1 HDPE da 500 cc	1
TS21/016	8	1 HDPE da 500 cc	1
TS21/033	8	1 HDPE da 500 cc	1
TS21/035	8	1 HDPE da 500 cc	1
TS21/037	8	1 HDPE da 500 cc	1
TS21/039	8	1 HDPE da 500 cc	1
TS21/045	8	1 HDPE da 500 cc	1

TS21/046	8	1 HDPE da 500 cc	1
TS21/047	8	1 HDPE da 500 cc	1
TS21/048	8	1 HDPE da 500 cc	1
TS21/053	8	1 HDPE da 500 cc	1
TS21/054	8	1 HDPE da 500 cc	1

Ogni campione di sedimento prelevato per le analisi di laboratorio è stato omogeneizzato e ripartito in maniera uniforme nei contenitori previsti. I campioni così formati sono stati mantenuti a temperatura costante di circa 4 °C e avviati a laboratorio chimico identificato dalla Committente per l'esecuzione delle analisi. Al fine di garantire il controllo e la Qualità delle operazioni di campionamento, è stata predisposta un'appropriata documentazione descrittiva delle attività svolte per il campionamento dei sedimenti, in modo da consentire il chiaro riconoscimento di ogni campione prelevato ed avviato a laboratorio. Tale documentazione è consistita nella redazione dei Verbale di Prelievo, di seguito allegati, nei quali sono stati riportati:

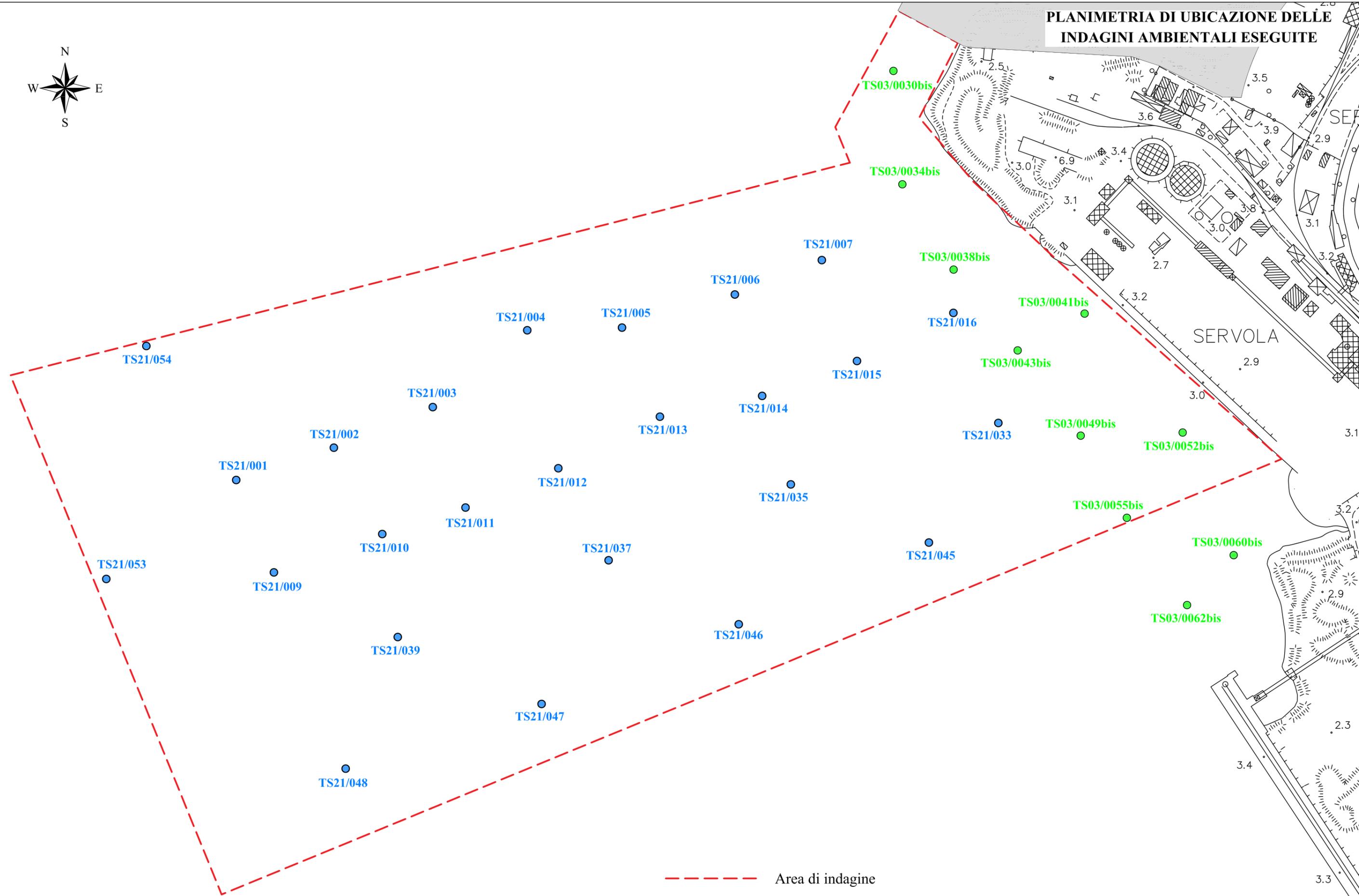
- *scopo dell'attività, codice identificativo del campione, data e ora di prelievo, caratteristiche relative all'aspetto generale, valore di Potenziale Redox (ORP) e di pH, colore, odore, eventuale evidenza di contaminazione, caratteristiche litologiche e profondità del campione;*
- *Prelevatore, presenza di Funzionario A.R.P.A. Trieste;*
- *metodiche di prelievo e di conservazione;*
- *tipologia di analisi richiesta;*
- *caratteristiche del contenitore.*

Trieste, novembre 2021

*Dott. Geol. Carlo Alberto Masoli
Geosyntech srl*



**PLANIMETRIA DI UBICAZIONE DELLE
INDAGINI AMBIENTALI ESEGUITE**



TS21/054

TS21/053

TS21/001

TS21/009

TS21/002

TS21/010

TS21/003

TS21/011

TS21/004

TS21/012

TS21/005

TS21/013

TS21/006

TS21/014

TS21/007

TS21/015

TS21/037

TS21/035

TS21/016

TS21/033

TS21/045

TS21/046

TS21/047

TS21/048

TS03/0030bis

TS03/0034bis

TS03/0038bis

TS03/0041bis

TS03/0043bis

TS03/0049bis

TS03/0055bis

TS03/0062bis

TS03/0060bis

TS03/0052bis

--- Area di indagine

● Sondaggio ambientale (- 6.0 m da f.m.)

● Sondaggio ambientale (- 1.0 m da f.m.)



COMMITTENTE: **HHLA PLT Italy s.r.l.** - Viale Miramare, 5 - 34135 Trieste

CANTIERE: Indagini sulle aree a terra e a mare interessate dalla progettazione delle opere ferroviarie e portuali

SONDAGGIO: **TS21/001** Data inizio: 12.10.2021 Data ultimazione: 12.10.2021

Coordinate Gauss-Boaga: 5052813.77 N, 2423591.43 E Quota f.m. - 17.40 m s.l.m.m.

Responsabile: dott. geol. C. A. Masoli Operatore: Z. Jugovac Attrezzatura: Puntel 1000

DATA	Da m 0.00	A m 6.00	Profondità finale m 6.00	Profondità <i>m. da f.m.</i>	Colonna stratigrafica	CAMPIONI		Metodo di perforazione	Utensile di perforazione	Rivestimento
	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA					Tipo	Codice e profondità			
12.10.2021	Limo argilloso, a tratti debolmente sabbioso, di colore grigio scuro, con resti conchigliari.			6.00		●	TS21/001/SC000-050 VdP1	continuo	Carotiere semplice Ø 101 mm	Ø 127 mm
						●	TS21/001/SC050-100 VdP2			
						●	TS21/001/SC100-150 VdP3			
						●	TS21/001/SC150-200 VdP4			
						●	TS21/001/SC200-300 VdP5			
						●	TS21/001/SC300-400 VdP6			
						●	TS21/001/SC400-500 VdP7			
						●	TS21/001/SC500-600 VdP8			

- campione ambientale ai sensi D.M. 07/11/2008



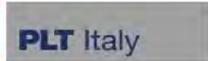
da 0.00 a - 5.00 m da f.m.



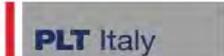
da - 5.00 a - 10.00 m da f.m.

PROGETTO:					
	PIANO DELLE INDAGINI SULLE AREE A TERRA E A MARE INTERESSATE DALLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE FERROVIARIE E PORTUALI				
CODICE SONDAGGIO:	TS21/001				
COORDINATE:	Nord:	5052813.77	Est:	2423591.43	Quota f.m.: -17.40
DATA:	12/10/2021		ORA INIZIO:	10:00	ORA FINE: 11:00
LUNGHEZZA CAROTA:	6.00 m				
DESCRIZIONE:	Da 0.00 a - 6.00 m da f.m. limo argilloso, a tratti debolmente sabbioso, di colore grigio scuro, con resti conchigliari.				
CAMPIONI PRELEVATI:	SEZIONE PRELEVATA	PROFONDITA'		V.d.P. N°	Analisi previste
	TS21/001/SC000-050	0.00 - 0.50 m da f.m.		1	S + P
	TS21/001/SC050-100	0.50 - 1.00 m da f.m.		2	S + P
	TS21/001/SC100-150	1.00 - 1.50 m da f.m.		3	S + P
	TS21/001/SC150-200	1.50 - 2.00 m da f.m.		4	S + P
	TS21/001/SC200-300	2.00 - 3.00 m da f.m.		5	S + P
	TS21/001/SC300-400	3.00 - 4.00 m da f.m.		6	S + P
	TS21/001/SC400-500	4.00 - 5.00 m da f.m.		7	S + P
	TS21/001/SC500-600	5.00 - 6.00 m da f.m.		8	S + P
	S	Parametri standard, Pesticidi, Organostannici, BTEX, HCB, Azoto tot, Fosforo tot., Granulometria, Contenuto H ₂ O, Peso specifico, Parametri microbiologici, Saggi ecotossicologici			
P	PCDD, PCDF e Amianto				
NOTE:					
RESPONSABILE ATTIVITA' DI CAMPIONAMENTO:	dott. geol. Carlo Alberto Masoli				

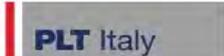
VERBALE DI PRELIEVO N° 1

PROGETTO:	 		
	PIANO DELLE INDAGINI SULLE AREE A TERRA E A MARE INTERESSATE DALLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE FERROVIARIE E PORTUALI		
ATTIVITA':	Sondaggi a mare con prelievo di campioni ambientali di sedimento		
CAMPIONE:	SEDIMENTO MARINO		
	Identificativo: TS21/001/SC000-050	Prelevatore: dott.ssa Sonia Manzan	
	Data: 12/10/2021	Ora: 10:40	
DESCRIZIONE:	Potenziale Redox: - 80.0 mV	pH: 7.38	
	Colore: GLEY1 2. 5/5G	Odore: inodore	
	Evidenze di contaminazione:	si	<input checked="" type="checkbox"/> no
	Caratteristiche litologiche:	limo argilloso	
MODALITA' DI CAMPIONAMENTO:	Profondità: da: 0.00 m a: - 0.50 m da f.m.		
	Modalità di formazione del campione:	medio	
	Presenza funzionario ARPA:	<input checked="" type="checkbox"/> si	no
CONTENITORI:	Contenitore: vaso	Materiale: HDPE	
	Sistema di chiusura: tappo a vite con sottotappo	Quantità campione: 500/1000 cc	
	Contenitore: vial	Materiale: vetro stabilizz. metanolo	
	Sistema di chiusura: tappo a vite con setto in teflon	Quantità campione: 40 cc	
	Contenitore: vial	Materiale: vetro	
	Sistema di chiusura: tappo a vite con setto in teflon	Quantità campione: 40 cc	
LABORATORIO:	 Via Retrone 29/31 - 36077 Altavilla Vicentina (VI)		
ANALISI PREVISTE:	Granulometria, contenuto d'acqua, peso specifico, Parametri standard, Pesticidi, Organostannici, PCDD e PCDF, BTEX, HCB, Azoto tot, Fosforo tot. Amianto, Parametri microbiologici, Saggi ecotossicologici.		
RESPONSABILE ATTIVITA' DI CAMPIONAMENTO:	dott. geol. Carlo Alberto Masoli	Note: formazione del campione per vials: puntuale profondità di campionamento: - 0.20 m dal f.m.	

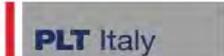
VERBALE DI PRELIEVO N° 2

PROGETTO:	 		
	PIANO DELLE INDAGINI SULLE AREE A TERRA E A MARE INTERESSATE DALLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE FERROVIARIE E PORTUALI		
ATTIVITA':	Sondaggi a mare con prelievo di campioni ambientali di sedimento		
CAMPIONE:	SEDIMENTO MARINO		
	Identificativo:	TS21/001/SC050-100	Prelevatore: dott. Massimiliano Zoch
	Data:	12/10/2021	Ora: 10:45
	DESCRIZIONE:	Potenziale Redox: - 94.5 mV	pH: 7.36
	Colore: GLEY1 4/10GY	Odore: inodore	
	Evidenze di contaminazione:	si	✓ no
	Caratteristiche litologiche:	limo argilloso	
MODALITA' DI CAMPIONAMENTO:	Profondità:	da: -0.50 m da f.m.	a: - 1.00 m da f.m.
	Modalità di formazione del campione:	medio	
	Presenza funzionario ARPA:	✓ si	no
CONTENITORI:	Contenitore:	vaso	Materiale: HDPE
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con sottotappo	Quantità campione: 500/1000 cc
	Contenitore:	vial	Materiale: vetro stabilizz. metanolo
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con setto in teflon	Quantità campione: 40 cc
	Contenitore:	vial	Materiale: vetro
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con setto in teflon	Quantità campione: 40 cc
	Contenitore:	vaso	Materiale: PP sterile
	Sistema di chiusura:	tappo a vite	Quantità campione: 140 cc
LABORATORIO:	 Via Retrone 29/31 - 36077 Altavilla Vicentina (VI)		
ANALISI PREVISTE:	Granulometria, contenuto d'acqua, peso specifico, Parametri standard, Pesticidi, Organostannici, PCDD e PCDF, BTEX, HCB, Azoto tot, Fosforo tot. Amianto, Parametri microbiologici, Saggi ecotossicologici.		
RESPONSABILE ATTIVITA' DI CAMPIONAMENTO:	dott. geol. Carlo Alberto Masoli	Note: formazione del campione per vials: puntuale profondità di campionamento: - 0.70 m dal f.m.	

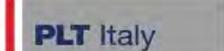
VERBALE DI PRELIEVO N° 3

PROGETTO:	 		
	PIANO DELLE INDAGINI SULLE AREE A TERRA E A MARE INTERESSATE DALLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE FERROVIARIE E PORTUALI		
ATTIVITA':	Sondaggi a mare con prelievo di campioni ambientali di sedimento		
CAMPIONE:	SEDIMENTO MARINO		
	Identificativo:	TS21/001/SC100-150	Prelevatore: dott.ssa Sonia Manzan
	Data:	12/10/2021	Ora: 10:50
	DESCRIZIONE:	Potenziale Redox: - 79.2 mV	pH: 7.3
	Colore: GLEY1 4/10GY	Odore: inodore	
	Evidenze di contaminazione:	si	✓ no
	Caratteristiche litologiche:	limo argilloso	
MODALITA' DI CAMPIONAMENTO:	Profondità:	da: -1.00 m da f.m.	a: - 1.50 m da f.m.
	Modalità di formazione del campione:	medio	
	Presenza funzionario ARPA:	✓ si	no
CONTENITORI:	Contenitore:	vaso	Materiale: HDPE
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con sottotappo	Quantità campione: 500/1000 cc
	Contenitore:	vial	Materiale: vetro stabilizz. metanolo
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con setto in teflon	Quantità campione: 40 cc
	Contenitore:	vial	Materiale: vetro
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con setto in teflon	Quantità campione: 40 cc
	Contenitore:	vaso	Materiale: PP sterile
	Sistema di chiusura:	tappo a vite	Quantità campione: 140 cc
LABORATORIO:	 Via Retrone 29/31 - 36077 Altavilla Vicentina (VI)		
ANALISI PREVISTE:	Granulometria, contenuto d'acqua, peso specifico, Parametri standard, Pesticidi, Organostannici, PCDD e PCDF, BTEX, HCB, Azoto tot, Fosforo tot. Amianto, Parametri microbiologici, Saggi ecotossicologici.		
RESPONSABILE ATTIVITA' DI CAMPIONAMENTO:	dott. geol. Carlo Alberto Masoli	Note: formazione del campione per vials: puntuale profondità di campionamento: - 1.20 m dal f.m.	

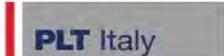
VERBALE DI PRELIEVO N° 4

PROGETTO:	 		
	PIANO DELLE INDAGINI SULLE AREE A TERRA E A MARE INTERESSATE DALLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE FERROVIARIE E PORTUALI		
ATTIVITA':	Sondaggi a mare con prelievo di campioni ambientali di sedimento		
CAMPIONE:	SEDIMENTO MARINO		
	Identificativo:	TS21/001/SC150-200	Prelevatore: dott. Massimiliano Zoch
	Data:	12/10/2021	Ora: 10:55
	DESCRIZIONE:	Potenziale Redox: - 54.2 mV	pH: 7.35
	Colore: GLEY1 4/10GY	Odore: inodore	
	Evidenze di contaminazione:	si	✓ no
	Caratteristiche litologiche:	limo argilloso	
MODALITA' DI CAMPIONAMENTO:	Profondità:	da: -1.50 m da f.m.	a: - 2.00 m da f.m.
	Modalità di formazione del campione:	medio	
	Presenza funzionario ARPA:	✓ si	no
CONTENITORI:	Contenitore:	vaso	Materiale: HDPE
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con sottotappo	Quantità campione: 500/1000 cc
	Contenitore:	vial	Materiale: vetro stabilizz. metanolo
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con setto in teflon	Quantità campione: 40 cc
	Contenitore:	vial	Materiale: vetro
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con setto in teflon	Quantità campione: 40 cc
	Contenitore:	vaso	Materiale: PP sterile
	Sistema di chiusura:	tappo a vite	Quantità campione: 140 cc
LABORATORIO:	 Via Retrone 29/31 - 36077 Altavilla Vicentina (VI)		
ANALISI PREVISTE:	Granulometria, contenuto d'acqua, peso specifico, Parametri standard, Pesticidi, Organostannici, PCDD e PCDF, BTEX, HCB, Azoto tot, Fosforo tot. Amianto, Parametri microbiologici, Saggi ecotossicologici.		
RESPONSABILE ATTIVITA' DI CAMPIONAMENTO:	dott. geol. Carlo Alberto Masoli	Note: formazione del campione per vials: puntuale profondità di campionamento: - 1.70 m dal f.m.	

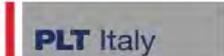
VERBALE DI PRELIEVO N° 5

PROGETTO:	 		
	PIANO DELLE INDAGINI SULLE AREE A TERRA E A MARE INTERESSATE DALLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE FERROVIARIE E PORTUALI		
ATTIVITA':	Sondaggi a mare con prelievo di campioni ambientali di sedimento		
CAMPIONE:	SEDIMENTO MARINO		
	Identificativo:	TS21/001/SC200-300	Prelevatore: dott. Massimiliano Zoch
	Data:	12/10/2021	Ora: 11:00
DESCRIZIONE:	Potenziale Redox:	- 52.8 mV	pH: 7.51
	Colore:	GLE1 4/5G	Odore: inodore
	Evidenze di contaminazione:	si	✓ no
	Caratteristiche litologiche:	limo argilloso	
MODALITA' DI CAMPIONAMENTO:	Profondità:	da: -2.00 m da f.m.	a: - 3.00 m da f.m.
	Modalità di formazione del campione:	medio	
	Presenza funzionario ARPA:	✓ si	no
CONTENITORI:	Contenitore:	vaso	Materiale: HDPE
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con sottotappo	Quantità campione: 500/1000 cc
	Contenitore:	vial	Materiale: vetro stabilizz. metanolo
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con setto in teflon	Quantità campione: 40 cc
	Contenitore:	vial	Materiale: vetro
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con setto in teflon	Quantità campione: 40 cc
LABORATORIO:	 Via Retrone 29/31 - 36077 Altavilla Vicentina (VI)		
ANALISI PREVISTE:	Granulometria, contenuto d'acqua, peso specifico, Parametri standard, Pesticidi, Organostannici, PCDD e PCDF, BTEX, HCB, Azoto tot, Fosforo tot. Amianto, Parametri microbiologici, Saggi ecotossicologici.		
RESPONSABILE ATTIVITA' DI CAMPIONAMENTO:	dott. geol. Carlo Alberto Masoli	Note: formazione del campione per vials: puntuale profondità di campionamento: - 2.60 m dal f.m.	

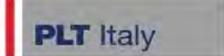
VERBALE DI PRELIEVO N° 6

PROGETTO:	 		
	PIANO DELLE INDAGINI SULLE AREE A TERRA E A MARE INTERESSATE DALLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE FERROVIARIE E PORTUALI		
ATTIVITA':	Sondaggi a mare con prelievo di campioni ambientali di sedimento		
CAMPIONE:	SEDIMENTO MARINO		
	Identificativo:	TS21/001/SC300-400	Prelevatore: dott.ssa Sonia Manzan
	Data:	12/10/2021	Ora: 11:05
	DESCRIZIONE:	Potenziale Redox: - 76.5 mV	pH: 7.41
	Colore: GLEY1 4/5G	Odore: inodore	
	Evidenze di contaminazione:	si	✓ no
	Caratteristiche litologiche:	limo argilloso	
MODALITA' DI CAMPIONAMENTO:	Profondità:	da: -3.00 m da f.m.	a: - 4.00 m da f.m.
	Modalità di formazione del campione:	medio	
	Presenza funzionario ARPA:	✓ si	no
CONTENITORI:	Contenitore:	vaso	Materiale: HDPE
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con sottotappo	Quantità campione: 500/1000 cc
	Contenitore:	vial	Materiale: vetro stabilizz. metanolo
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con setto in teflon	Quantità campione: 40 cc
	Contenitore:	vial	Materiale: vetro
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con setto in teflon	Quantità campione: 40 cc
	Contenitore:	vaso	Materiale: PP sterile
	Sistema di chiusura:	tappo a vite	Quantità campione: 140 cc
LABORATORIO:	 Via Retrone 29/31 - 36077 Altavilla Vicentina (VI)		
ANALISI PREVISTE:	Granulometria, contenuto d'acqua, peso specifico, Parametri standard, Pesticidi, Organostannici, PCDD e PCDF, BTEX, HCB, Azoto tot, Fosforo tot. Amianto, Parametri microbiologici, Saggi ecotossicologici.		
RESPONSABILE ATTIVITA' DI CAMPIONAMENTO:	dott. geol. Carlo Alberto Masoli	Note: formazione del campione per vials: puntuale profondità di campionamento: - 3.30 m dal f.m.	

VERBALE DI PRELIEVO N° 7

PROGETTO:	 		
	PIANO DELLE INDAGINI SULLE AREE A TERRA E A MARE INTERESSATE DALLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE FERROVIARIE E PORTUALI		
ATTIVITA':	Sondaggi a mare con prelievo di campioni ambientali di sedimento		
CAMPIONE:	SEDIMENTO MARINO		
	Identificativo:	TS21/001/SC400-500	Prelevatore: dott. Massimiliano Zoch
	Data:	12/10/2021	Ora: 11:10
	DESCRIZIONE:	Potenziale Redox: -40.7 mV	pH: 7.42
	Colore: GLEY1 4/5G	Odore: inodore	
	Evidenze di contaminazione:	si	✓ no
	Caratteristiche litologiche:	limo argilloso	
MODALITA' DI CAMPIONAMENTO:	Profondità:	da: -4.00 m da f.m.	a: - 5.00 m da f.m.
	Modalità di formazione del campione:	medio	
	Presenza funzionario ARPA:	✓ si	no
CONTENITORI:	Contenitore:	vaso	Materiale: HDPE
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con sottotappo	Quantità campione: 500/1000 cc
	Contenitore:	vial	Materiale: vetro stabilizz. metanolo
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con setto in teflon	Quantità campione: 40 cc
	Contenitore:	vial	Materiale: vetro
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con setto in teflon	Quantità campione: 40 cc
	Contenitore:	vaso	Materiale: PP sterile
	Sistema di chiusura:	tappo a vite	Quantità campione: 140 cc
LABORATORIO:	 Via Retrone 29/31 - 36077 Altavilla Vicentina (VI)		
ANALISI PREVISTE:	Granulometria, contenuto d'acqua, peso specifico, Parametri standard, Pesticidi, Organostannici, PCDD e PCDF, BTEX, HCB, Azoto tot, Fosforo tot. Amianto, Parametri microbiologici, Saggi ecotossicologici.		
RESPONSABILE ATTIVITA' DI CAMPIONAMENTO:	dott. geol. Carlo Alberto Masoli	Note: formazione del campione per vials: puntuale profondità di campionamento: - 4.50 m dal f.m.	

VERBALE DI PRELIEVO N° 8

PROGETTO:	 		
	PIANO DELLE INDAGINI SULLE AREE A TERRA E A MARE INTERESSATE DALLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE FERROVIARIE E PORTUALI		
ATTIVITA':	Sondaggi a mare con prelievo di campioni ambientali di sedimento		
CAMPIONE:	SEDIMENTO MARINO		
	Identificativo:	TS21/001/SC500-600	Prelevatore: dott.ssa Sonia Manzan
	Data:	12/10/2021	Ora: 11:15
	DESCRIZIONE:	Potenziale Redox: - 35,7 mV	pH: 7.53
	Colore: GLEY1 4/5GY	Odore: inodore	
	Evidenze di contaminazione:	si	✓ no
	Caratteristiche litologiche:	limo argilloso	
MODALITA' DI CAMPIONAMENTO:	Profondità:	da: -5.00 m da f.m.	a: - 6.00 m da f.m.
	Modalità di formazione del campione:	medio	
	Presenza funzionario ARPA:	✓ si	no
CONTENITORI:	Contenitore:	vaso	Materiale: HDPE
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con sottotappo	Quantità campione: 500/1000 cc
	Contenitore:	vial	Materiale: vetro stabilizz. metanolo
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con setto in teflon	Quantità campione: 40 cc
	Contenitore:	vial	Materiale: vetro
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con setto in teflon	Quantità campione: 40 cc
	Contenitore:	vaso	Materiale: PP sterile
	Sistema di chiusura:	tappo a vite	Quantità campione: 140 cc
LABORATORIO:	 Via Retrone 29/31 - 36077 Altavilla Vicentina (VI)		
ANALISI PREVISTE:	Granulometria, contenuto d'acqua, peso specifico, Parametri standard, Pesticidi, Organostannici, PCDD e PCDF, BTEX, HCB, Azoto tot, Fosforo tot. Amianto, Parametri microbiologici, Saggi ecotossicologici.		
RESPONSABILE ATTIVITA' DI CAMPIONAMENTO:	dott. geol. Carlo Alberto Masoli	Note: formazione del campione per vials: puntuale profondità di campionamento: - 5.20 m dal f.m.	

COMMITTENTE: **HHLA PLT Italy s.r.l.** - Viale Miramare, 5 - 34135 Trieste

CANTIERE: Indagini sulle aree a terra e a mare interessate dalla progettazione delle opere ferroviarie e portuali

SONDAGGIO: **TS21/002** Data inizio: 14.10.2021 Data ultimazione: 14.10.2021

Coordinate Gauss-Boaga: 5052844.83 N, 2423685.30 E Quota f.m. - 17.20 m s.l.m.m.

Responsabile: dott. geol. C. A. Masoli Operatore: Z. Jugovac Attrezzatura: Puntel 1000

DATA	Da m 0.00	A m 6.00	Profondità finale m 6.00	Profondità <i>m. da f.m.</i>	Colonna stratigrafica	CAMPIONI		Metodo di perforazione	Utensile di perforazione	Rivestimento
	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA					Tipo	Codice e profondità			
14.10.2021	Limo argilloso, di colore nerastro.			0.50		●	TS21/002/SC000-050 VdP9	continuo	Carotiere semplice Ø 131 mm	Ø 152 mm
	Limo argilloso di colore grigio scuro, con talora debole presenza di sabbia e resti conchigliari.					●	TS21/002/SC050-100 VdP10			
						●	TS21/002/SC100-150 VdP11			
						●	TS21/002/SC150-200 VdP12			
						●	TS21/002/SC200-300 VdP13			
						●	TS21/002/SC300-400 VdP14			
						●	TS21/002/SC400-500 VdP15			
						●	TS21/002/SC500-600 VdP16			
				6.00						

- campione ambientale ai sensi D.M. 07/11/2008



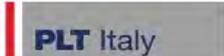
da 0.00 a - 5.00 m da f.m.



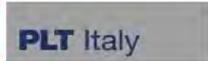
da - 5.00 a - 10.00 m da f.m.

PROGETTO:	 					
	PIANO DELLE INDAGINI SULLE AREE A TERRA E A MARE INTERESSATE DALLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE FERROVIARIE E PORTUALI					
CODICE SONDAGGIO:	TS21/002					
COORDINATE:	Nord:	5052844.83	Est:	2423685.3	Quota f.m.:	-17.20
DATA:	14/10/2021		ORA INIZIO:	11:00	ORA FINE:	13:15
LUNGHEZZA CAROTA:	6.00 m					
DESCRIZIONE:	Da 0.00 a - 6.00 m da f.m. limo argilloso di colore grigio-scuro, con talora debole presenza di sabbia e resti conchigliari.					
CAMPIONI PRELEVATI:	SEZIONE PRELEVATA	PROFONDITA'		V.d.P. N°	Analisi previste	
	TS21/002/SC000-050	0.00 - 0.50 m da f.m.		9	S	
	TS21/002/SC050-100	0.50 - 1.00 m da f.m.		10	S	
	TS21/002/SC100-150	1.00 - 1.50 m da f.m.		11	S	
	TS21/002/SC150-200	1.50 - 2.00 m da f.m.		12	S	
	TS21/002/SC200-300	2.00 - 3.00 m da f.m.		13	S	
	TS21/002/SC300-400	3.00 - 4.00 m da f.m.		14	S	
	TS21/002/SC400-500	4.00 - 5.00 m da f.m.		15	S	
	TS21/002/SC500-600	5.00 - 6.00 m da f.m.		16	S	
		S	Parametri standard, Pesticidi, Organostannici, BTEX, HCB, Azoto tot, Fosforo tot., Granulometria, Contenuto H ₂ O, Peso specifico, Parametri microbiologici, Saggi ecotossicologici			
	P	PCDD, PCDF e Amianto				
NOTE:						
RESPONSABILE ATTIVITA' DI CAMPIONAMENTO:	dott. geol. Carlo Alberto Masoli					

VERBALE DI PRELIEVO N° 9

PROGETTO:	 		
	PIANO DELLE INDAGINI SULLE AREE A TERRA E A MARE INTERESSATE DALLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE FERROVIARIE E PORTUALI		
ATTIVITA':	Sondaggi a mare con prelievo di campioni ambientali di sedimento		
CAMPIONE:	SEDIMENTO MARINO		
	Identificativo:	TS21/002/SC000-050	Prelevatore: dott. Matteo Gialleonardo
	Data:	14/10/2021	Ora: 11:20
	DESCRIZIONE:	Potenziale Redox: - 112.5 mV	pH: 7.75
	Colore: GLEY1 3/10GY	Odore: inodore	
	Evidenze di contaminazione:	si	✓ no
	Caratteristiche litologiche:	limo argilloso	
MODALITA' DI CAMPIONAMENTO:	Profondità:	da: 0.00 m	a: - 0.50 m da f.m.
	Modalità di formazione del campione:	medio	
	Presenza funzionario ARPA:	✓ si	no
CONTENITORI:	Contenitore:	vaso	Materiale: HDPE
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con sottotappo	Quantità campione: 500/1000 cc
	Contenitore:	vial	Materiale: vetro stabilizz. metanolo
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con setto in teflon	Quantità campione: 40 cc
	Contenitore:	vial	Materiale: vetro
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con setto in teflon	Quantità campione: 40 cc
	Contenitore:	vaso	Materiale: PP sterile
	Sistema di chiusura:	tappo a vite	Quantità campione: 140 cc
LABORATORIO:	 Via Retrone 29/31 - 36077 Altavilla Vicentina (VI)		
ANALISI PREVISTE:	Granulometria, contenuto d'acqua, peso specifico, Parametri standard, Pesticidi, Organostannici, BTEX, HCB, Azoto tot, Fosforo tot. Parametri microbiologici, Saggi ecotossicologici.		
RESPONSABILE ATTIVITA' DI CAMPIONAMENTO:	dott. geol. Carlo Alberto Masoli	Note: formazione del campione per vials: puntuale profondità di campionamento: - 0.20 m dal f.m.	

VERBALE DI PRELIEVO N° 10

PROGETTO:	 		
	PIANO DELLE INDAGINI SULLE AREE A TERRA E A MARE INTERESSATE DALLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE FERROVIARIE E PORTUALI		
ATTIVITA':	Sondaggi a mare con prelievo di campioni ambientali di sedimento		
CAMPIONE:	SEDIMENTO MARINO		
	Identificativo:	TS21/002/SC050-100	Prelevatore: dott. Matteo Gialleonardo
	Data:	14/10/2021	Ora: 11:25
	DESCRIZIONE:	Potenziale Redox: - 91.2 mV	pH: 7.46
	Colore: GLEY1 5/5GY	Odore: inodore	
	Evidenze di contaminazione:	si	✓ no
	Caratteristiche litologiche:	limo argilloso	
MODALITA' DI CAMPIONAMENTO:	Profondità:	da: -0.50 m da f.m.	a: - 1.00 m da f.m.
	Modalità di formazione del campione:	medio	
	Presenza funzionario ARPA:	✓ si	no
CONTENITORI:	Contenitore:	vaso	Materiale: HDPE
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con sottotappo	Quantità campione: 500/1000 cc
	Contenitore:	vial	Materiale: vetro stabilizz. metanolo
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con setto in teflon	Quantità campione: 40 cc
	Contenitore:	vial	Materiale: vetro
	Sistema di chiusura:	tappo a vite con setto in teflon	Quantità campione: 40 cc
	Contenitore:	vaso	Materiale: PP sterile
	Sistema di chiusura:	tappo a vite	Quantità campione: 140 cc
LABORATORIO:	 Via Retrone 29/31 - 36077 Altavilla Vicentina (VI)		
ANALISI PREVISTE:	Granulometria, contenuto d'acqua, peso specifico, Parametri standard, Pesticidi, Organostannici, BTEX, HCB, Azoto tot, Fosforo tot. Parametri microbiologici, Saggi ecotossicologici.		
RESPONSABILE ATTIVITA' DI CAMPIONAMENTO:	dott. geol. Carlo Alberto Masoli	Note: formazione del campione per vials: puntuale profondità di campionamento: - 0.70 m dal f.m.	