Regione Liguria
Provincia di Savona
COMUNE DI PIETRA LIGURE

Progetto per la trasformazione urbanistica dei Cantieri Navali Rodriquez in un porto turistico con annesse strutture pubbliche, ricettive, residenziali e produttive

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOLOGICA OO.MM.

Proponente
Rodriquez Cantieri Navali S.p.A.
Via Raineri 22, 95122 Messina

Rodriquez Cantieri Navali SpA
Amministratore Delegato
Livio Corghi

Progettisti
Ing. Michele Ministeri
Arch. Vittorio Grattarola
Arch. Paolo Bandini
Dott. Eugenio Piovano
ACQUATECNO
Ing. Paolo Turbolente
STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA TECNICA
GEOLAB
Geol. Alessandro Canavero e Geol. Sabrina Santini

Savona, giugno 2012

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
Dott. Geol. SABRINA SANTINI

INDICE

0. SOMMARIO 3
1. OGGETTO DELL'INCARICO 3
2. PREMESSE 3
3. METODOLOGIA DI STUDIO. 4
4. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA 4
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE 6
6. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO PRELIMINARE 7
7. PROSPETTO DELLE ATTIVITÁ E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA 7
8. RILEVAMENTI GEOFISICI MARINI 9
8.1 DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI VELOCITÀ DEL SUONO. 11
9. POST PROCESSING ED ELABORAZIONE DEI DATI 11
9.1 Esiti delle indagini 13
10. PROGRAMMA DEGLI APPROFONDIMENTI GEOTECNICI OO.MM. 16

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e. mail: geolab@studiogeolab.it

0. SOMMARIO

Nel marzo-aprile 2012 la Società proponente, Rodriquez Cantieri Navali S.p.A. di Messina, ha fatto espletare una campagna di indagini geofisiche marine allo scopo di investigare, in modo indiretto, il substrato di imposta delle opere marittime afferenti al "Progetto per la trasformazione urbanistica dei Cantieri Navali Rodriquez in un porto turistico con annesse strutture pubbliche, ricettive, residenziali e produttive", finalizzate ad integrare le conoscenze già acquisite a terra per la progettazione preliminare/definitiva di quanto previsto all'interno del SUA redatto per la trasformazione urbanistica .

L'area su cui insiste il progetto interessa il litorale di Pietra Ligure dall'attuale portineria dei Cantieri fino alla prossimità della foce del Rio Ranzi per un tratto di circa 500 metri e si espande verso largo per almeno 200-250 metri dall'attuale linea di riva.

Lo studio è propedeutico alla caratterizzazione geotecnica del substrato di imposta delle opere marittime con particolare riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni approvato con Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti il 14/01/2008 e alla relativa circolare esplicativa del C.S.LL.PP. n° 617/2009 nonché alla DGR 471/10 (Regione Liguria).

1. OGGETTO DELL'INCARICO

La presente relazione geologica è stata sviluppata in base al dettato delle seguenti normative: Testo Unico Norme Tecniche per le Costruzioni approvato con Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti il 14/01/2008 e alla relativa circolare esplicativa del C.S.LL.PP. n° 617/2009, D. Lgs. 152/06 e s.m.i., L.R. 24/1987 nonché alla DGR 471/2010 (Regione Liguria) D.P.R. 509/97, Decr. Min. Trasporti e Navigazione 14.04.98 che stabilisce i requisiti per la redazione dei progetti da allegare alle istanze di concessione demaniale marittima ai fini della realizzazione di approdi turistici, relativamente al progetto definitivo delle opere marittime di cui il presente elaborato è parte integrante.

2. PREMESSE

Il primo Progetto Preliminare ai sensi art. 5, D.P.R. 509/97, è stato presentato dalla Soc. Rodriquez Cantieri Navali S.p.A. con istanza in data 3.4.2006. Successivamente alla pubblicazione, nella quale non sono state presentate istanze concorrenti, in data 18.1.2007 si è svolta la prima seduta di Conferenza dei Servizi referente per l'esame del Progetto.

In seguito all'avvio dell'istruttoria, il Progetto ha subito diverse osservazioni, sia durante gli incontri avvenuti tra i progettisti e gli uffici tecnici competenti della Regione e del Demanio, sia durante le successive Conferenze dei Servizi convocate in seguito per l'esame degli approfondimenti richiesti.

Nel corso del tempo inoltre, l'acquisizione in proprietà da parte della Società proponente di una porzione significativa dei sedimi precedentemente assegnati in Concessione, unitamente al parziale ridisegno delle opere a mare, ha comportato la necessità di una rettifica dei perimetri

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

delle aree sulle quali si prevede di realizzare gli interventi e che sono oggetto della richiesta di nuova Concessione Demaniale.

Successivamente alla prima conferenza dei servizi del 2006, si sono svolte altre Conferenze, dal 2008 al 2010. Nel corso dell'estate 2010, una serie di incontri con i competenti Assessorati della Regione Liguria e con la Sovrintendenza ai Beni Architettonici, ha ulteriormente affinato e modificato il progetto. In data 9 agosto 2011 il Progetto Preliminare ai sensi dell'articolo 5, D.P.R. 509/97, è stato approvato nella seduta Deliberante della Conferenza dei Servizi, svoltasi presso la Regione Liguria. Nel verbale di tale Conferenza sono allegati i pareri degli enti e degli uffici competenti, con presenza di prescrizioni relative ai singoli aspetti progettuali presentati.

Il Progetto Definitivo, della quale la presente è parte integrante, approfondisce e sviluppa gli elementi progettuali già approvati dalla Conferenza ed ottempera alle prescrizioni puntuali sia sotto il profilo urbanistico-architettonico sia sotto quello ambientale (D.G.R. 975/2011 e D.G.R. 940/2011).

Per quanto attiene gli aspetti geologici l'indagine è stata svolta in più fasi, effettuando un'accurata ricerca storico-bibliografica, rilievi di superficie, un'idonea campagna di rilevamento geologico-geomorfologico, con lo scopo di individuare nonché una campagna geofisica con tecnologia sparker nel tratto di litorale antistante i cantieri "Rodriquez".

La base cartografica, utilizzata nelle fasi di rilevamento e sulla quale si è fatto totale affidamento, è quella della Carta Tecnica Regionale scala 1:5.000 e degli elaborati grafici forniti dall'ing. Michele Ministeri, dagli Architetti Vittorio Grattarola e Paolo Bandini, dal Dott. Eugenio Piovano e dall'Ing. Paolo Turbolente, dei quali sono stati effettuati ingrandimenti e/o riduzioni fotomeccaniche a varia scala.

Alla luce degli elementi ricavati dall'indagine svolta in più riprese e dei rilevi geofisici condotti nel marzo-aprile 2012 si ritiene di poter esporre quanto segue.

3. METODOLOGIA DI STUDIO.

Durante la fase preliminare sono stati analizzati numerosi aspetti relativi alle condizioni geologiche dell'area indagata, effettuando una ricerca bibliografica di quanto già realizzato precedentemente sul sito stesso e nei suoi immediati dintorni, analizzando quanto ottenuto dalla campagna di indagine geognostica condotta per la progettazione preliminare/definitiva delle opere a terra ed il tutto opportunamente integrato per mezzo dell'indagine geofisica effettuata direttamente a mare.

4. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

L'area in studio prospiciente il Mar Ligure lungo il litorale pietrese si estende dalla foce del Rio Ranzi fino alla Passeggiata a Mare Bado, occupando la fascia territoriale costiera compresa tra la Ferrovia ed il mare. Da un punto di vista generale, l'area ricade, nel Piano Territoriale della Costa, all'interno dell'Unità Fisiografica, compresa tra la Caprazzoppa e il Porto di Loano, e nell'Ambito di progetto AP13 – Loano – Pietra Ligure – Borgio Verezzi – in cui è evidenziata la possibilità di

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e-mail: geolab@studiogeolab.it

riconversione/riqualificazione dell'area del Cantiere Rodriquez che insiste sulla porzione a ponente dell'arco costiero.

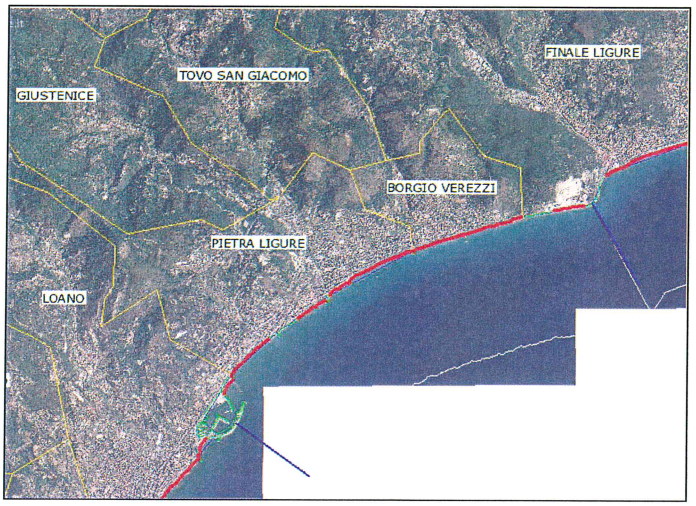


Figura 4.1: Rappresentazione limiti Unità Fisiografica- Fonte Repertorio Cartografico Regionale.

In tale tratto di costa sono presenti lembi di spiaggia di limitata profondità comprese tra le linee di comunicazione principali (Aurelia e Ferrovia) e la linea di battigia che risultano vulnerabili all'erosione marina: al fine di ovviare a tale problematica, infatti, sono state svolte numerose campagne di ripascimento degli arenili documentate anche nel sito cartografico della Regione Liguria. A monte delle linee di comunicazione sono presenti territori più o meno aspri: verso Finale Ligure è visibile la falesia aggettante quasi in mare, verso Loano il territorio si apre maggiormente dando maggiore sfogo al fondovalle. Le litologie presenti lungo tale arco di costa sono ascrivibili alle coperture meso-cenozoiche Brianzonesi ed in particolare, partendo dal Capo di Caprazzoppa si ossevano: Calcari di Val Tanarello e Pietra di Finale, Dolomie di S. Pietro dei Monti e Quarziti di Ponte di Nava, interrotte dalla pina alluvionale del Torrente Maremola oltre la quale riaffiorano i Calcari di Val Tanarello e le Quarziti di Ponte di Nava.

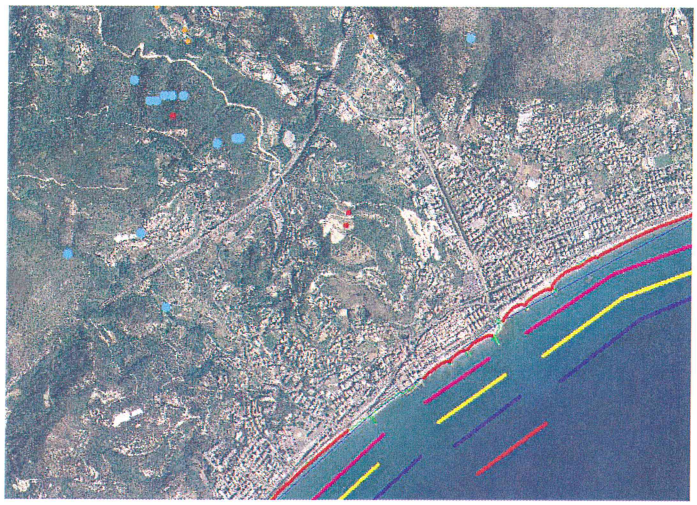


Figura 4.2: Rappresentazione delle campagne di ripascimento degli arenili (linee colorate), ubicazione delle grotte (punti rossi), delle sorgenti (punti azzurri) e delle derivazioni d'acqua potabile (punti arancio)

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax 0192051420 Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e. mail: geolab@studiogeolab.it

L'ambiente in cui sorge l'attuale cantiere è riconducibile a quello di una antica spiaggia di tessitura medio/fine, caratterizzato da andamento pianeggiante: solo in corrispondenza dei manufatti di difesa dal mare, muri frangionda, sono presenti dislivelli metrici rispetto alla battigia; il Cantiere è stato ubicato, infatti, su una piccola propaggine di spiaggia che è ad oggi visibile in quanto delimitato dal perimetro del cantiere stesso, documentato anche in alcuni elaborati progettuali della Ferrovia, realizzata prima delle opere cantieristiche.

Dalle indagini in sito eseguite per la progettazione delle opere a terra è emersa la presenza, al di sotto del piano campagna, di una stratigrafia a prevalenza sabbiosa caratterizzata da strati contenenti residui di lamellibranchi e conchiglie di minute dimensioni, intervallata a stratificazione di livelli a granulometria fine che evidenziano un antico apporto fluviale.

Partendo da tali basi è stata condotta una campagna di indagine geofisica di tipo sparker tale da permettere l'investigazione, seppure di tipo indiretto, del subtrato di imposta delle opere marittime, estendendo i profili in modo tale da permettere un'ottima conoscenza del volume rappresentativo del sottosuolo interessato dalla totalità delle opere marittime.

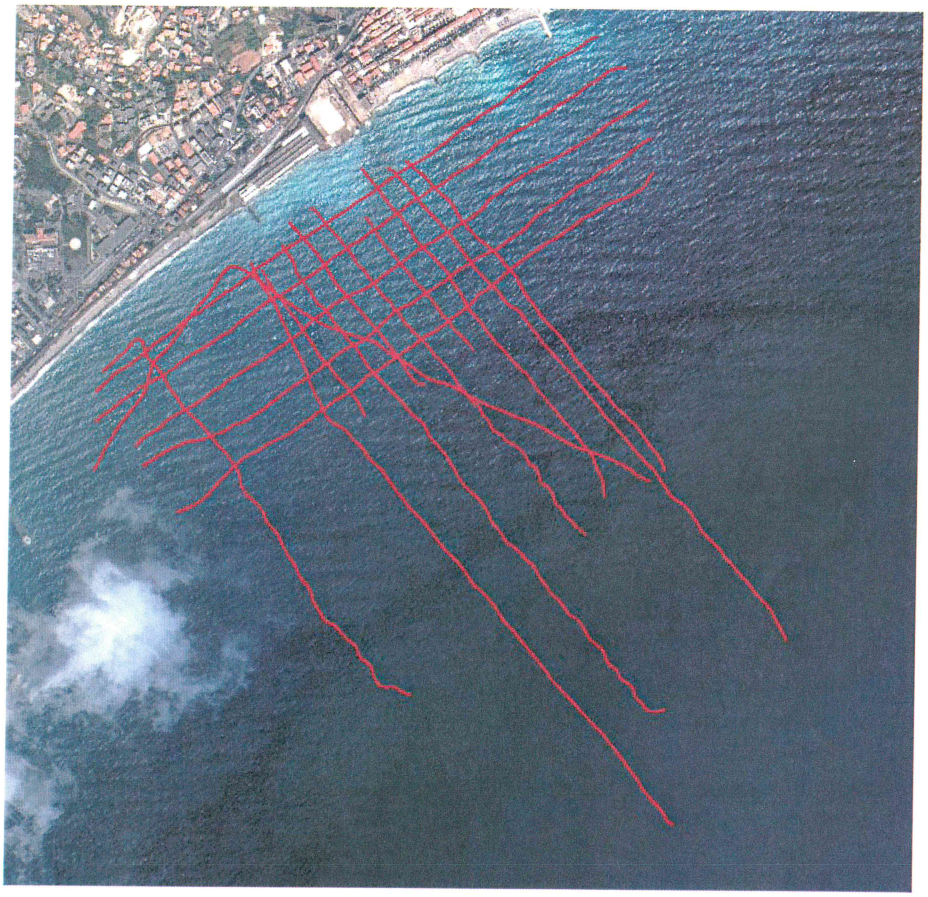


Figura 4.3: linee Sparker acquisite

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO PRELIMINARE

L'area in esame, ubicata lungo il litorale di Pietra Ligure, insiste sull'arenile che qui creava una modesta propaggine sabbiosa. L'attuale struttura cantieristica ha occupato e consolidato tale

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax 019205142O Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 e-mail: geolab@studiogeolab.it

lembo di spiaggia, attraverso le opere di presidio all'ingressione marina quali mantellate a mare e muri frangiflutti.

Entro i terreni interessati dallo studio effettuato per le opere a terra non sono presenti affioramenti sui quali osservare le caratteristiche geologiche delle coperture superficiali e dell'ammasso roccioso di base, entrambi sono, invece, rilevabili lungo gli intagli della strada Provinciale in direzione Maremola e sulle porzioni di versante ubicate a monte della strada che dalla sponda orografica destra del Maremola, conduce verso la Località Ranzi (in tale zona è altresì presente un vecchio fronte di cava): ivi l'ammasso roccioso affiora con litologie appartenenti alla Formazione delle Dolomie di San Pietro dei Monti, qui costituite da calcari e dolomie grigie tipiche di facies di piattaforma e risalenti al Lias e dalle Quarziti di Ponte di Nava.

A tali litologie appaiono sovrapposte coperture detritiche eluvio-colluviali fortemente arrossate con matrice argillosa che ingloba materiali litici direttamente derivanti dall'alterazione dell'ossatura litologica.

6. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO PRELIMINARE

L'area dei cantieri navali, che copre oggi una superficie pianeggiante di circa 46.000 m^2, (dei quali circa 17.000 m^2 coperti) è ubicata nel tessuto cittadino di Pietra Ligure (SV) in Via Don Giovanni Bado 4 ed appare contornata lungo il lato Nord - Est da edifici residenziali che si affacciano su Via Don Giovanni Bado, lungo il lato Nord-Est dalla linea ferroviaria Genova – Ventimiglia, lungo il lato Sud-Ovest ed il lato Sud-Est, rispettivamente, dall'arenile e dal mare per un fronte di circa 500 metri.

L'area interessata dai cantieri navali è subpianeggiante e con altezza sul livello del mare contenuta entro i 2,5 e 3,2 metri, insiste su una porzione di litorale che in passato è stata in parte stabilizzata e protetta lungo il fronte mare, nella zona di varo delle imbarcazioni, da una scogliera in massi e elementi in c.a. la cui azione protettiva, in prossimità delle aree coperte e interessate dai capannoni, viene localmente amplificata dalla presenza di un muro paraonde.

7. PROSPETTO DELLE ATTIVITÁ E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le attività sono state condotte come di seguito elencate ed in particolare:

1. **Fase di Mob- Demob**, installazione del cantiere, reperimento informazioni geodetiche/geologiche delle aree di indagine e verifica della presenza dei riferimenti altimetrici.
2. **Inquadramento geodetico** dell'area di indagine nelle seguenti fasi:
   - Verifica della rispondenza dei parametri geodetici disponibili;
   - Calcolo e compensazione della rete geodetica finalizzata all'individuazione dei 7 parametri di Molodenskij-Helmert da adottare per il posizionamento DGPS RTK;
3. **Indagini sismostratigrafiche** di tipo **Sparker** lungo una griglia di transetti di progetto
4. **Post-processing** ed elaborazione dei dati acquisiti nelle seguenti fasi:
   - Quality check dei rawdata ed editing dei dati acquisiti.
   - Normalizzazione ed interpretazione dei sonogrammi Sparker finalizzata alla esportazione di profili stratigrafici.
   - Elaborazione tridimensionale dei dati finalizzata all'esportazione di isopache in formato vettoriale

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e. mail: geolab@studiogeolab.it

Le coordinate piane cartesiane dei punti trigonometrici e punti rilevati sono state riferite al sistema Gauss-Boaga Fuso Ovest, le coordinate cartesiane tridimensionali WGS84 sono state riferite al sistema nazionale IGM95 mentre le quote altimetriche sono state riferite al Sistema Nazionale I.G.M.I.

Ai fini dell'esecuzione e del vincolo del rilevamento sono stati utilizzati i seguenti archivi di base:

- Archivio dei capisaldi di livellazione della rete IGMI;
- Archivio dei centrini IGM95 prossimi alle zone di rilievo;
- Archivio del grigliato IGM95 relativo ai fogli scala 50000 relativi alle zone oggetto dei rilievi.

La strumentazione utlizzata con le varie specifiche tecniche è la seguente:

- **Imbarcazione idrografica** appositamente modificata per garantirne l'ottimale posizionamento, la stabilità e la migliore qualità di acquisizione dei dati in fondali medi e bassi
- Sistema **Sparker** multi-tip *GEO Geo-Source 200 LW* ad alta risoluzione, corredato di idrofoni a singola frequenza *Geo-Sense* mini-streamer a 2 canali e 24bit, verricello e *Geo-Spark 1000* Power Supply Unit con le seguenti caratteristiche:
  - **Range operativo** — **2 – 500 m**
  - **Massima penetrazione** — **200-300 ms (fino a 300 metri)**
  - Risoluzione verticale — 20-30 cm
  - Potenza — 1000 Joules
- **Ricevitori DGPS** *Ashtech Z-Surveyor* con le seguenti caratteristiche:
  - Doppia frequenza: codice C/A e codice P crittografato
  - Metodo Z-tracking per la ricostruzione del codice P
  - 12 canali digitali
- **Sonda Multiparametrica** per la determinazione del profilo della velocità del suono nell'acqua lungo la colonna d'acqua, *RESON SVP/15*
- **Software** di acquisizione, georeferenziazione in tempo reale e post processing per rilievi idrografici *RESON PDS2000*.

L'affidabilità di tutti gli strumenti topografici è stata garantita applicando le sottolencate procedure di controllo.

CONTROLLI PERIODICI:

Ricevitori GPS:
- rapporto tra segnale e rumore
- verifica dei parametri fisici
- verifica del ritardo di fase in modalità RTK

Sonde e profilatori:
- certificati di calibrazione annuale rilasciati da Ente autorizzato

Configurazione periferiche di bordo:
- verifica delle posizioni reciproche delle periferiche montate a bordo e della distribuzione dei pesi in regime di esercizio, tramite misura diretta rispetto al centro di rotazione dell'imbarcazione (rilievo celerimetrico di altissima precisione RMS < 5 mm) .

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax 0182051420 Tel. 018813843 – P. IVA: 01148260092 e-mail: geolab@studiogeolab.it

CONTROLLI GIORNALIERI (effettuati immediatamente prima di ogni sessione di rilievo):

Ecoscandaglio:

- taratura della velocità del suono mediante campionamento nelle zone di lavoro con sonda parametrica

Sensore di moto e girobussola:

Taratura con passate su bersaglio posto sul fondale (**Patchtest**):

- a velocità variabili
- lungo rotte contrapposte
- lungo rotte ortogonali
- in virata media.

Le caratteristiche del software idrografico **RESON PDS2000** sviluppato dalla divisione software della RESON BV, che permette di creare e configurare un progetto di survey e che è stato utilizzato sono le seguenti

- gestione della navigazione e acquisizione dati Singlebeam, Multibeam, Subbottom, Sparker, Sidescan Sonar e Laserscanner;
- svolgimento dell'elaborazione e l'analisi dei dati acquisiti;
- produzione della cartografia o interfacciamento con altre piattaforme software.

Tale software è inoltre suddiviso in moduli che permettono di effettuare tutte le fasi del rilievo ed elaborazione dati quali:

- progettazione delle linee;
- geodesia;
- navigazione e QC dei rawdata strumentali;
- correzione di marea;
- editing della posizione;
- editing dataset batimetrico (singlebeam, multibeam e interferometrico)
- calcolo dei volumi;
- modulo 3D e cartografico;
- calcolo del layback da applicarsi al towfish secondo algoritmi differenziali per SSS, Subbottom e Magnetometro.

In particolare durante la navigazione il software è in grado di controllare tutti i dati provenienti dai sensori connessi al sistema, di gestire le connessioni in input/output con tutti gli strumenti interfacciati; tutte le informazioni acquisite possono essere visualizzate in formato numerico o grafico, tramite la generazione in tempo reale di rappresentazioni planimetriche bidimensionali o tridimensionali (mappe o DTM) che vengono utilizzate quale supporto all'acquisizione per visualizzare lo stato di avanzamento dei lavori.

8. RILEVAMENTI GEOFISICI MARINI

Le attività di survey sono state condotte nel periodo compreso tra il 31 marzo e il 2 aprile 2012 utilizzando un'imbarcazione idrografica allestita con sistema di posizionamento GPS differenziale, sistema Sparker completo di streamer, sonda multiparametrica.

Il survey batimetrico è stato condotto percorrendo rotte stabilite a velocità costante e in condizioni meteo di mare poco mosso. In contemporanea sono state registrate su copia cartacea,

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax 0182051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e. mail: geolab@studiogeolab.it

tutte le informazioni utili per l'interpretazione in campo: data e ora di acquisizione, parametri di acquisizione, condizioni meteo marine ecc.

Il posizionamento del towfish è stato calcolato dall'apposito modulo del software PDS2000 tramite algoritmo differenziale di determinazione del layback e l'accuratezza del posizionamento del towfish, tenendo anche conto delle non ideali condizioni meteomarine, è risultata migliore di ± 3 m.



Figura 8.1: Configurazione in mare dello sparker e dello streamer durante i rilievi

Il PC di navigazione, dotato del software PDS2000, ha coordinato l'acquisizione dei vari strumenti ad esso interfacciati, consentendo la pianificazione del survey e la realizzazione del controllo qualità sui dati acquisiti. Il PDS2000 si interfaccia con tutti gli strumenti, sincronizza ed integra le informazioni in entrata, (ovvero sia la posizione e sia la latenza del GPS, i dati batimetrici, i dati del sensore di moto e della girobussola, i valori di velocità del suono della sonda).

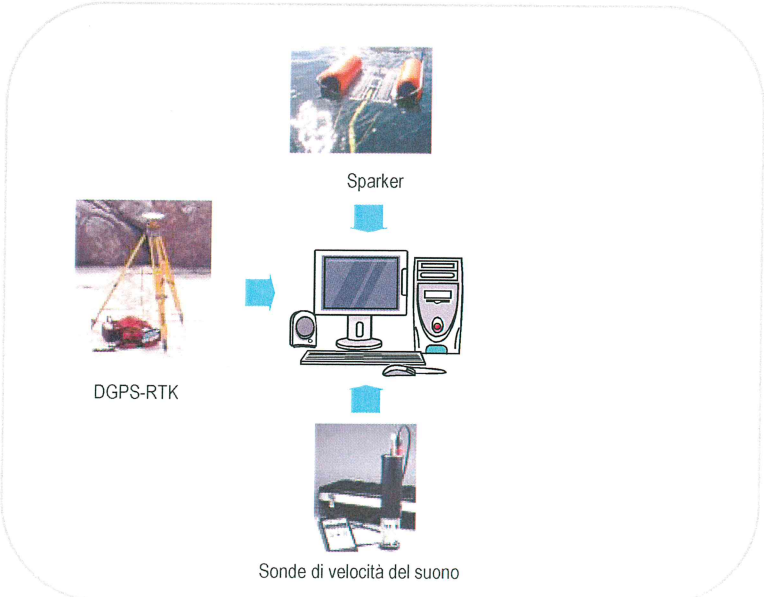


Figura 8.2: Schema delle connessioni della strumentazione installata a bordo dell'imbarcazione

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax 0182051420 Tel. 018813843 P. IVA: 01148260092 e-mail: geolab@studiogeolab.it

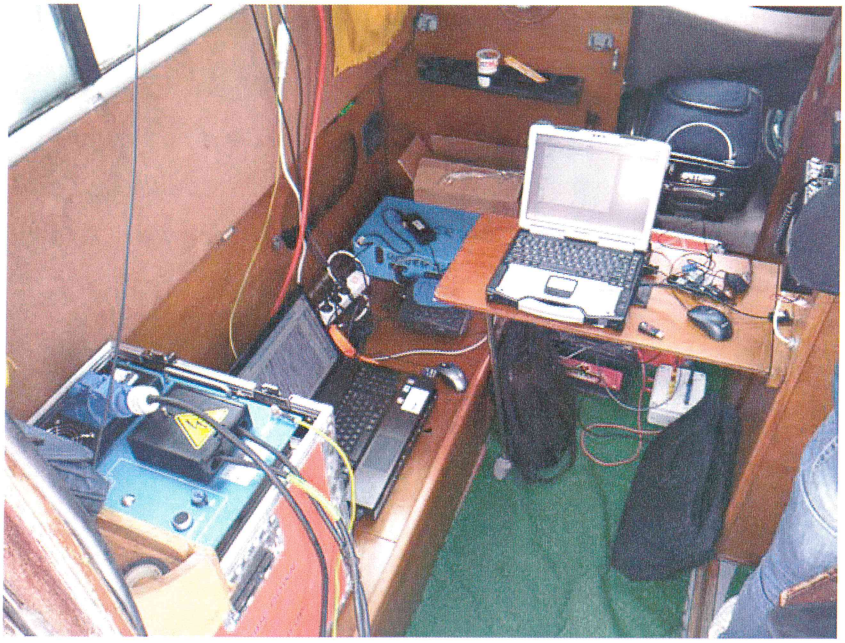


Figura 8.3: Configurazione a bordo del Pulsar e del MiniTrace e del sistema positioning

8.1 Determinazione del profilo di velocità del suono.

All'inizio di ogni sessione di survey è stato acquisito il profilo della velocità di propagazione del suono in acqua utilizzando la sonda Reson SVP/15 o Valeport Mini-SVS. Questa grandezza dipende principalmente dalla salinità e dalla temperatura dello "strato" liquido attraversato dall'impulso sonoro; i dati SVP acquisiti vengono quindi utilizzati dai software idrografici per calcolare i coefficienti di rifrazione dei diversi strati liquidi, secondo la legge di Snell. Tali coefficienti sono infine applicati a tutte i rilevamenti SPK.

Nella figura seguente è riportato un esempio di un Sound Velocity Profile.

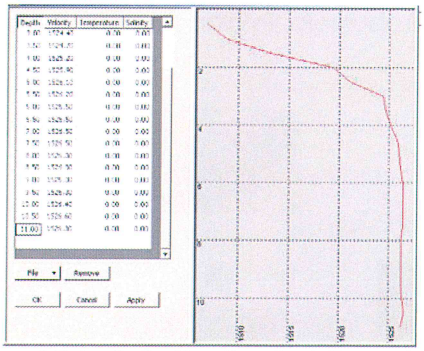


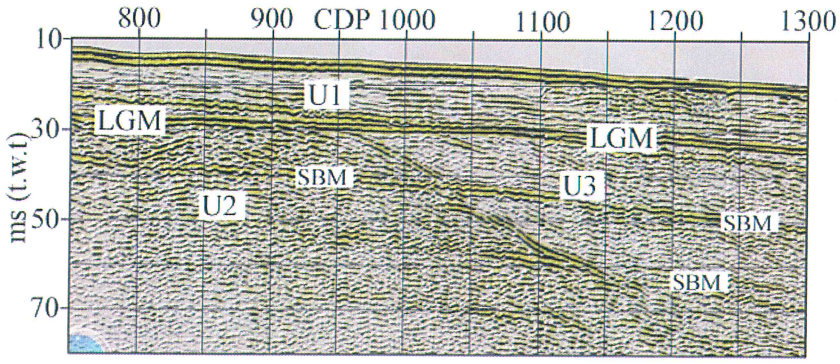
Figura 8.1.1:Sound Velocity Profile ottenuto dalla sonda Reson SVP/15

9. POST PROCESSING ED ELABORAZIONE DEI DATI

In fase di postproccessing, i dati acquisiti con Sparker System sono stati elaborati ed interpretati da personale specializzato tramite un nuovissimo pacchetto software, il GeoSuite AllWorks. La procedura di elaborazione dei dati sismici ha previsto le seguenti fasi:

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax 019805142O Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 e-mail: geolab@studiogeolab.it

- *Replay delle linee*. Tale operazione consente di riprocessare tutte le linee applicando i filtri e gli enhance appropriati per le condizioni di rilievo. I parametri/filtri che possono essere aggiustati sono:
    - La geometria della barca
    - La disposizione delle periferiche a bordo
    - L'altezza dell'antenna GPS
    - I parametri di trasformazione geodetica
    - Il SVP da applicare ai rilevamenti
    - Debias, per rimuovere qualunque DC offset nelle tracce rawdata
    - Filtraggio (Bandpass Filter, Trace Mixer etc)
    - Gain tuning (AGC, Time Variable Gain, divergenza sferica etc)
    - Tracciamento automatico della superficie del fondale
    - Deconvoluzione dell'onda sonora
    - Swell filter e time/depth correction
    - Visualizzazione 3D
- *Elaborazione dei dati*. I dati sismici sono stati elaborati utilizzando i seguenti operatori:
    - Filtro passa-banda 200-2000, attenuazione 24db/ottava
    - Automatic Gain Control
    - Swell filter
    - Trace Mixer
    - Mute della colonna d'acqua
- *Interpretazione*. I profili sismici sono stati interpretati utilizzando principi e metodi dell'analisi delle Facies sismiche e della Stratigrafia sequenziale. Nei profili sismici sono state riconosciute tre unità sismiche principali, U1, U2 ed U3 riportate nella figura seguente.



Facies sismiche

    - ***Unità U1***. L'unità U1 è caratterizzata da riflettori ad alta frequenza, buona continuità laterale e geometria aggradate. Il limite superiore coincide con il fondo mare mentre il limite inferiore corrisponde ad una superficie di erosione (LGM). Sulla base della geometria dei riflettori e posizione stratigrafica *l'unità U1 è correlabile con depositi, costituiti da alternanza di sabbie ed argille, formatisi durante l'ultima fase di risalita e stazionamento alto del livello del mare (post LGM), avvenuta nel periodo Pleistocene sup. – Olocene (21700 anni – attuale).*

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax 0192051420 Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e. mail: geolab@studiogeolab.it

- ***Unità U2***. L'unità U2 rappresenta il substrato acustico per il tipo di sorgente (Sparker) e potenza (400 Joule) utilizzata durante il rilievo. Il limite superiore della U2 coincide con la superficie LGM nel settore antistante il vecchio edificato dei cantieri navali mentre si approfondisce verso sud ed ovest. Sulla base della posizione stratigrafica, la porzione superiore dell'unità U2 *potrebbe corrispondere con le porzioni più competenti delle successioni sedimentarie direttamente impostate sulle "Quarziti di Ponte di Nava"*, costituite da quarziti biancastre e verdoline, per lo più a grana grossa, in strati e banche, di età Scitico.
- ***Unità U3***. L'unità U3 è caratterizzata da riflettori ad alta frequenza, buona continuità laterale e geometria progradante. Il limite superiore coincide con la superficie di erosione LGM. Sulla base della geometria dei riflettori e posizione stratigrafica *l'unità U3 è correlabile con depositi costituiti da alternanza di sabbie ed argille formatisi durante il Pleistocene superiore*.

- *Conversione da tempo a profondità*. I profili sismici interpretati sono stati convertiti da tempo a profondità utilizzando i seguenti valori: 1500 m/s per la colonna d'acqua, 1650 m/s per l'unità U1, 2000 m/s per l'unità U2 e 1800 m/s per l'unità U3. I valori di velocità di propagazione delle onde sismiche per le unità U1 ed U3 sono stati determinati utilizzando dati ottenuti per successioni sedimentarie coeve presenti nell'area offshore tirrenica. I profili geologici ottenuti sono stati successivamente visualizzati in ambiente 3D e le superfici di particolare interesse ottenute dall'interpolazione in 3D degli orizzonti che limitano le unità sismiche U1, U2 ed U3 sono illustrate nel paragrafo seguente.

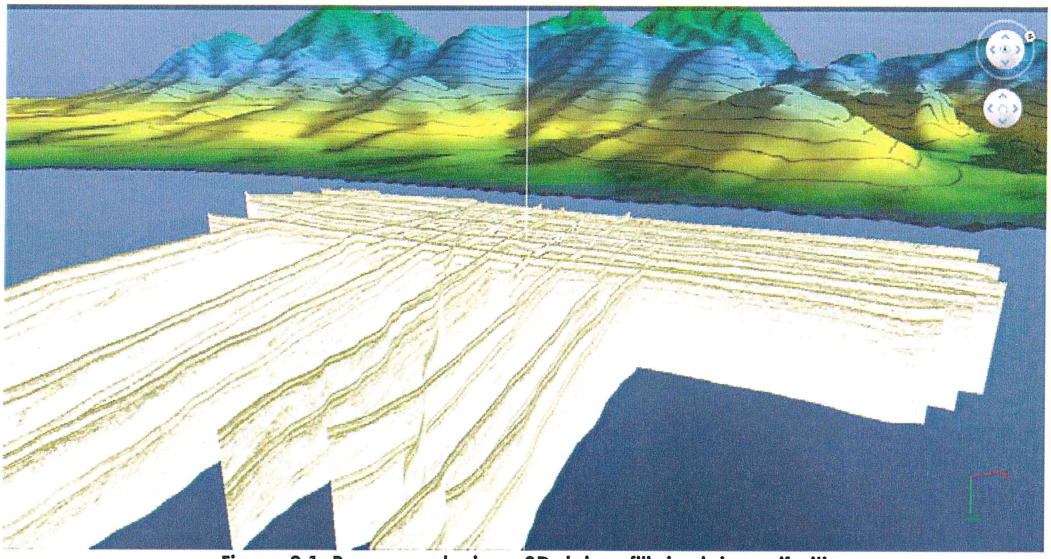


Figura 9.1: Rappresentazione 3D dei profili sismici georiferiti

9.1 Esiti delle indagini

L'esito delle indagini è contenuto nei seguenti paragrafi che descrivono le risultanze ottenute.

Carta batimetrica (Bassa risoluzione)

La figura seguente illustra la carta batimetrica a bassa risoluzione ottenuta interpolando i valori di profondità dell'orizzonte che definisce il fondo mare in tutti i profili sismici, tenendo presente che non è corretta dei valori di marea né compensata dell'eventuale moto ondoso.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e. mail: geolab@studiogeolab.it

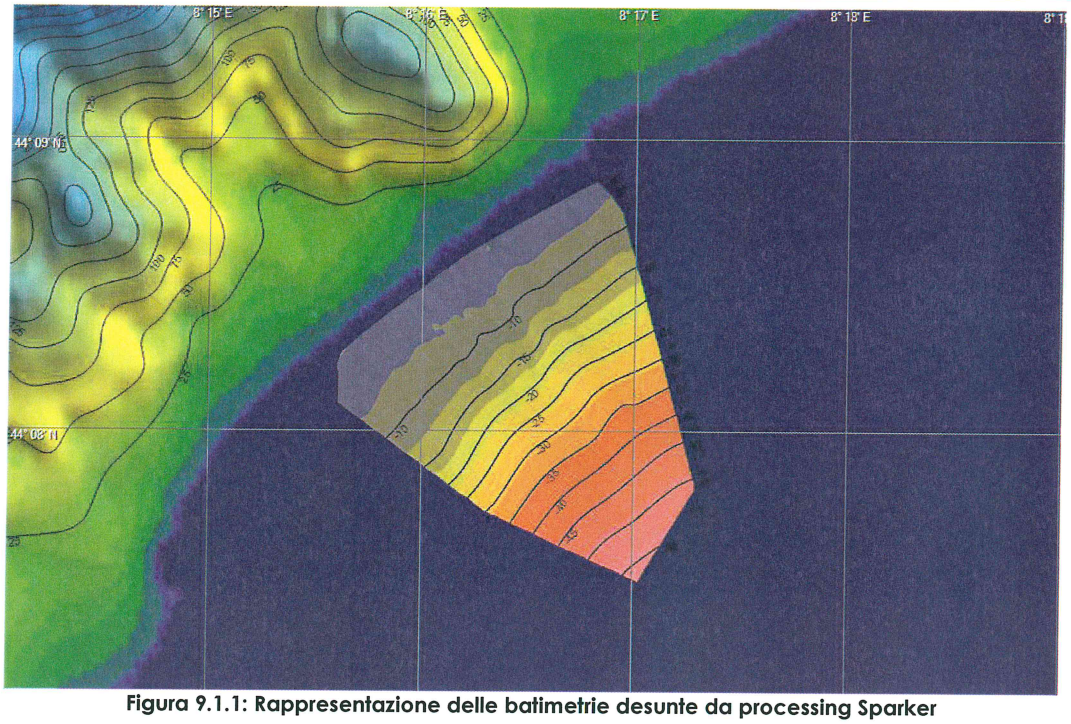


Figura 9.1.1: Rappresentazione delle batimetrie desunte da processing Sparker

La carta batimetrica a bassa risoluzione mette in evidenza che nell'area investigata la profondità del fondo mare aumenta in direzione sud-est e raggiunge il valore massimo di - 65m circa.

Carta della base della successione post-LGM

La figura seguente illustra la carta della profondità della base del unità U1 ottenuta interpolando i valori della profondità del limite inferiore dell'unità post-LGM.

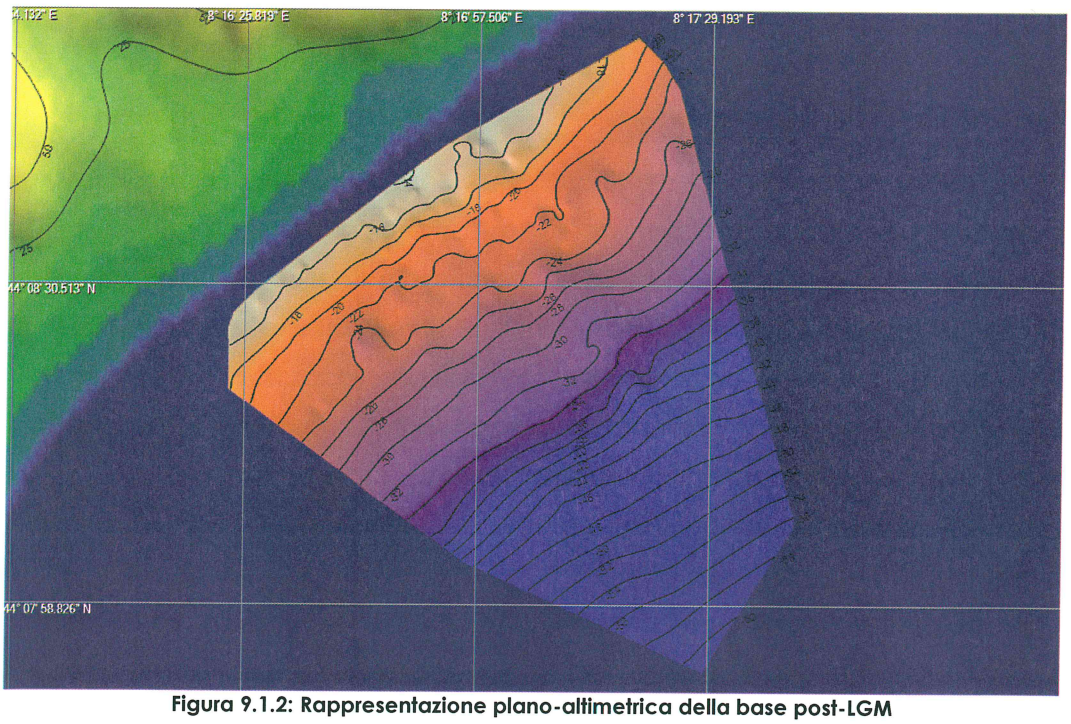


Figura 9.1.2: Rappresentazione plano-altimetrica della base post-LGM

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e. mail: geolab@studiogeolab.it

La carta mette in evidenza che nell'area investigata, in direzione verso sud-est, la base dell'unità post-LGM aumenta da circa -15m nel settore limitrofe la linea di costa (distante 130 m circa) aree prossimali fino al valore massimo di -65m circa.

Carta del tetto del substrato acustico e Descrizione dell'unità sismica U3

La figura seguente illustra la carta della profondità del tetto dell'unità U2 ottenuta interpolando i valori del top di tale unità.

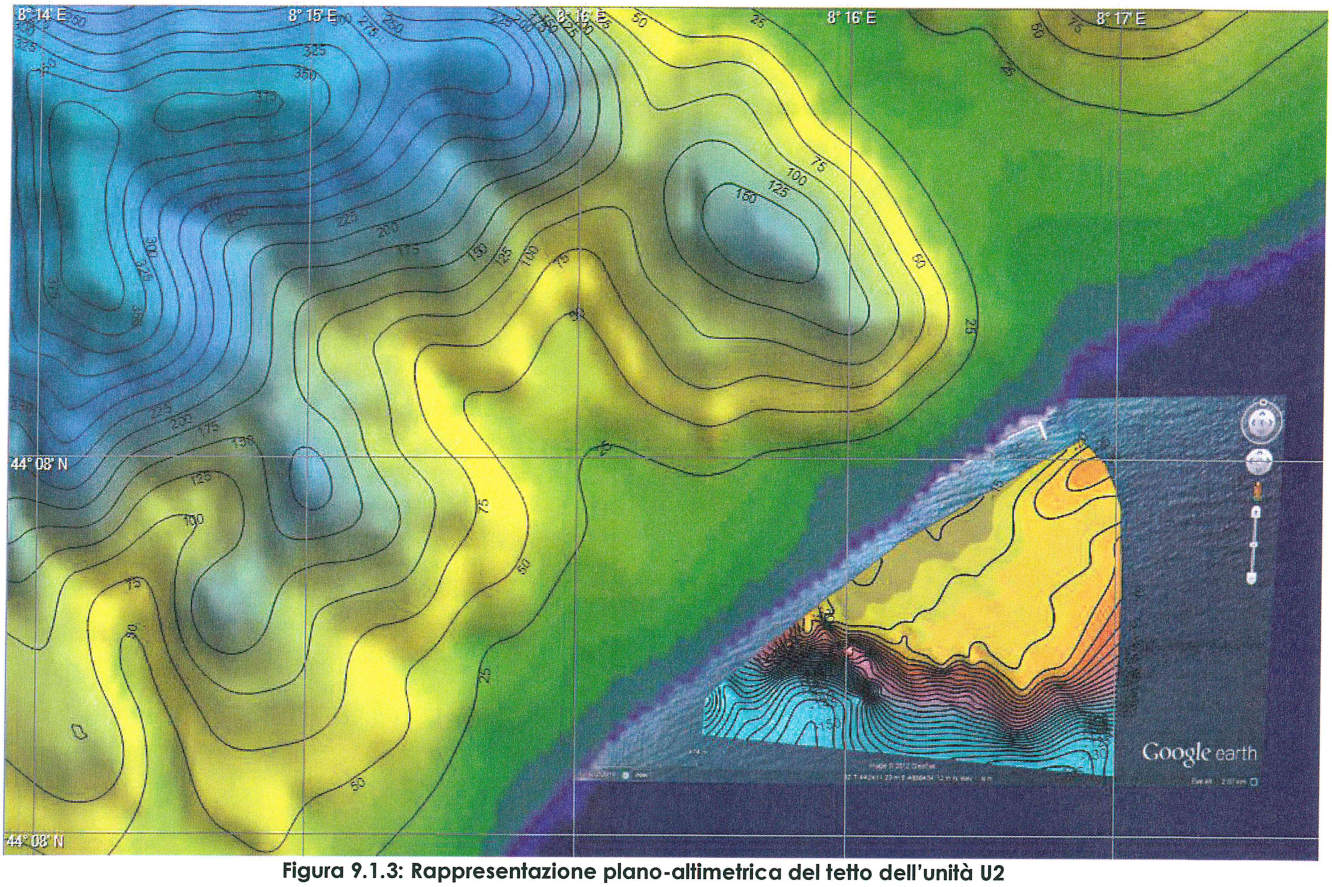


Figura 9.1.3: Rappresentazione plano-altimetrica del tetto dell'unità U2

La carta ottenuta integrando i dati della profondità del tetto dell'unità U2 con quelli altimetrici dell'area circostante, mette in evidenza la presenza di una superficie terrazzata con profondità variabile da -15 a -25 metri nel settore antistante l'antico edificato dei cantieri navali mentre verso SE è evidente la presenza di un canale erosivo. L'origine della superficie terrazzata e del canale erosivo è da porre in relazione alle diverse fasi di abbassamento e stazionamento basso del livello del mare che hanno determinato l'esposizione subaerea di questo settore. Attualmente, questo canale è riempito da sedimenti di età Quaternaria.

L'unità U3 è correlabile con depositi costituiti da alternanza di sabbie ed argille depostisi durante il Pleistocene superiore. I depositi che costituiscono l'unità U3 ricoprono in discordanza, a luoghi, l'unità più antica rinvenuta nell'area di indagine (unità sismica U2). La distribuzione areale dell'unità U3 è fortemente eterogenea il quanto non è presente nel settore antistante il vecchio edificato dei cantieri navali e si inspessisce rapidamente verso sud ed ovest. Il limite superiore dell'unità U3 coincide con una superficie di erosione formatasi durante il LGM.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420 Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e. mail: geolab@studiogeolab.it

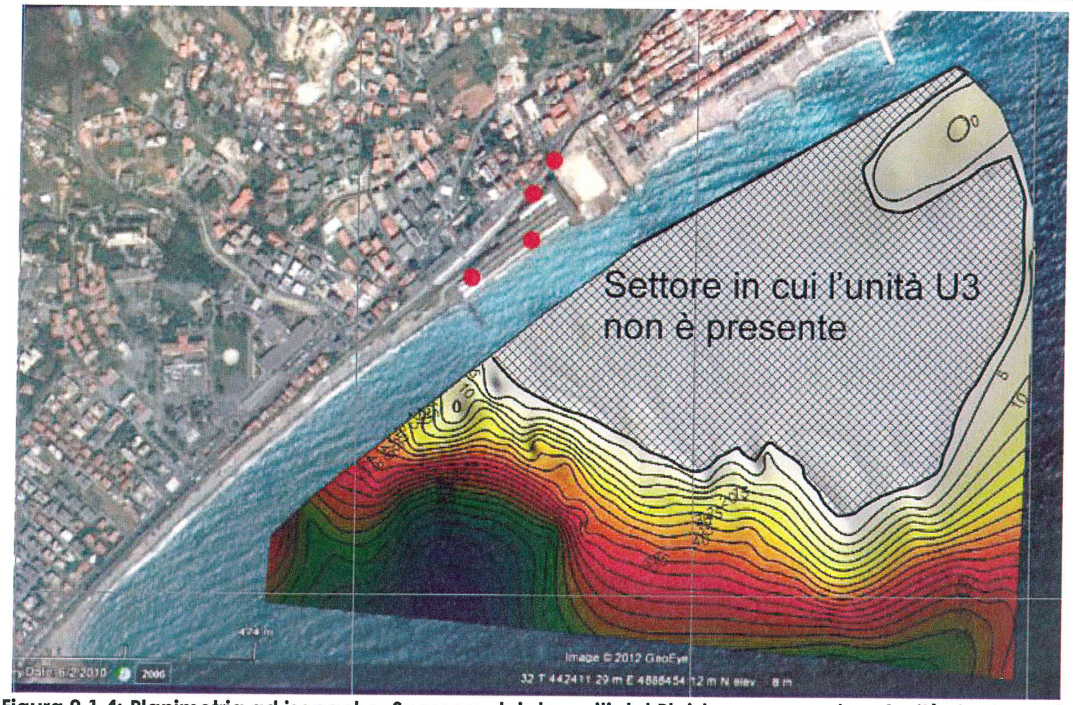


Figura 9.1.4: Planimetria ad isopache. Spessore dei depositi del Pleistocene superiore (unità sismica U3).

10. PROGRAMMA DEGLI APPROFONDIMENTI GEOTECNICI OO.MM..

In seguito alla esecuzione dell'indagine geofisica emerge che il substrato di fondazione delle opere marittime è riconducibile all'Unità U1 costituita da depositi di sabbie ed argille in alternanza, formatisi durante l'ultima fase di risalita e stazionamento alto del livello del mare, avvenuta nel periodo Pleistocene sup. – Olocene (21700 anni – attuale) che presumibilmente presentano caratteristiche tecniche scadenti.

Al fine di individuare i parametri geotecnici propri di tali depositi è necessario predisporre una campagna di indagini dirette in situ, costituita da verticali di sondaggio atte all'esecuzione di prove di resistenza meccanica in situ (SPT) e prelievo, ove possibile, di campioni indisturbati per prove di laboratorio geotecnico.

Savona, li Giugno 2012

Dott. Geologo Alessandro Canavero (O.R.G.L. n° 268)

Dott.ssa Geologo Sabrina Santini (O.R.G.L. n° 338)

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA — Dott. Geol. SABRINA SANTINI — n. 338

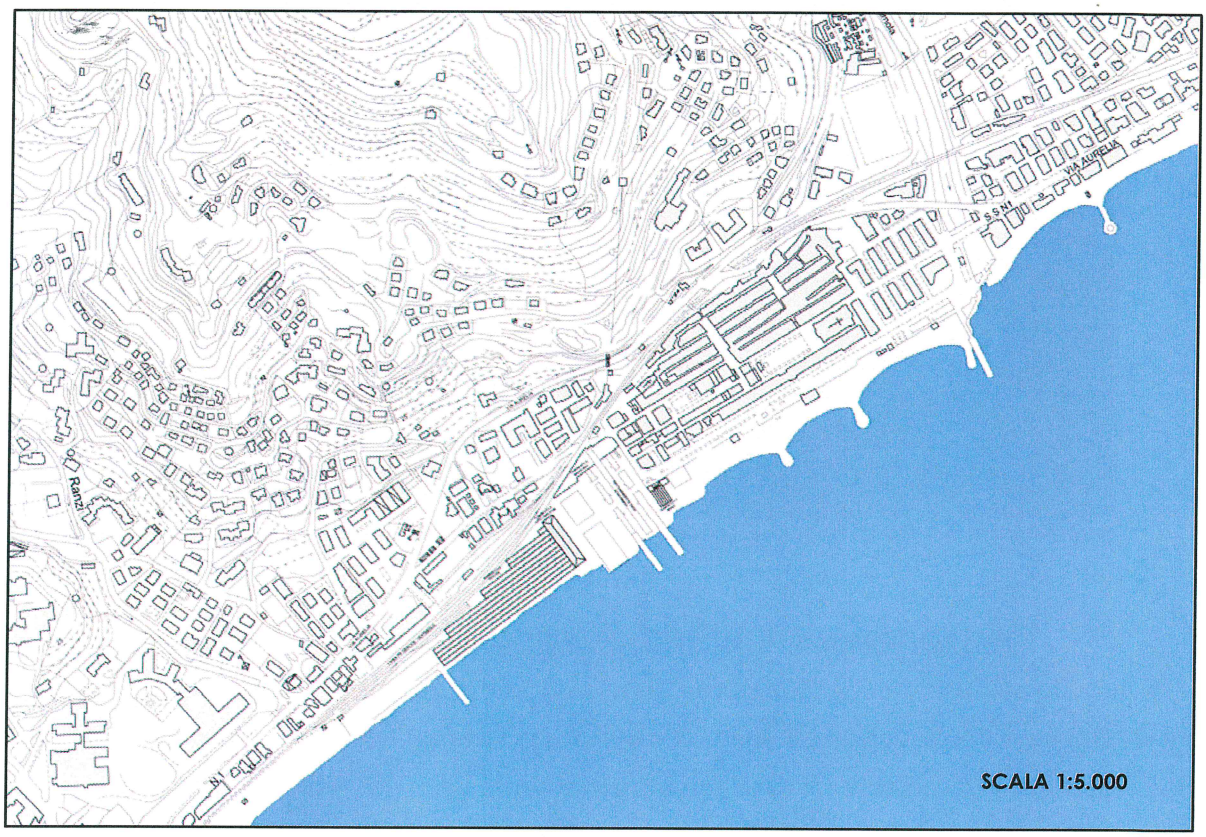
INDICE ALLEGATI

PLANIMETRIA GENERALE: STATO ATTUALE E PROGETTO 17
SEZIONI TERRITORIALI, SCALA 1:2.000 18
UBICAZIONE PROFILI SPARKER 19
SOVRAPPOSIZIONE OO.MM SU PROFILI SPARKER 20
PLANIMETRIE – RAPPRESENTAZIONE AD ISOBATE ED A ISOPACHE 21
PROFILO SPARKER LINE02 E LINE 03 24

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax 0192051420 Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e-mail: geolab@studiogeolab.it

ALLEGATO 1

PLANIMETRIA GENERALE: STATO ATTUALE E PROGETTO

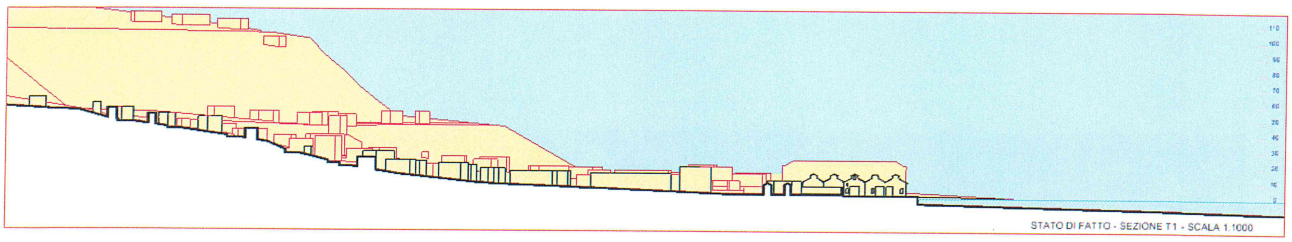


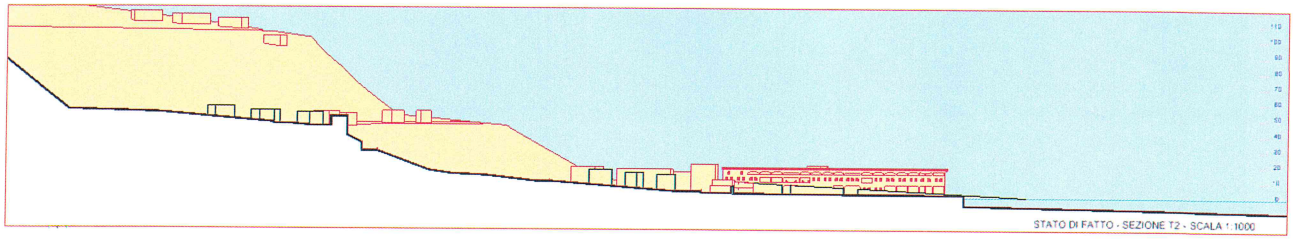


Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax 0192051420 Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e. mail: geolab@studiogeolab.it

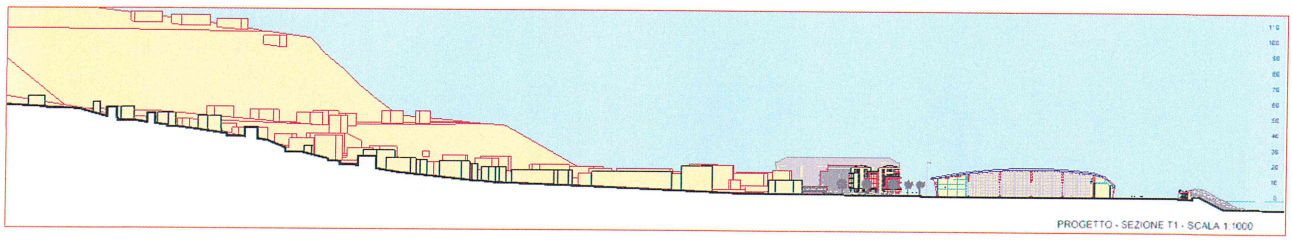
ALLEGATO 2

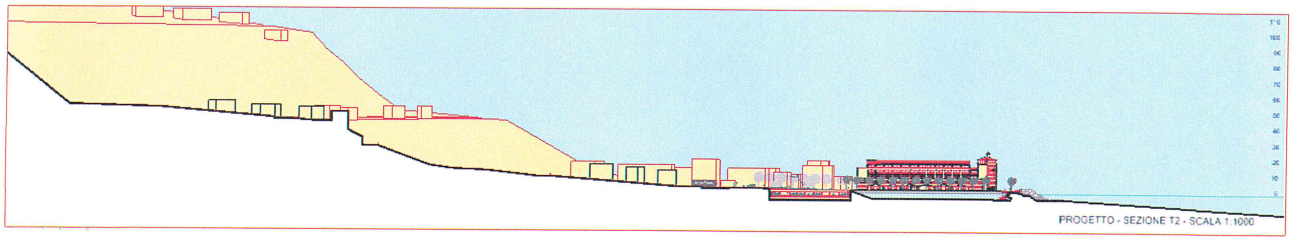
SEZIONI TERRITORIALI, SCALA 1:2.000



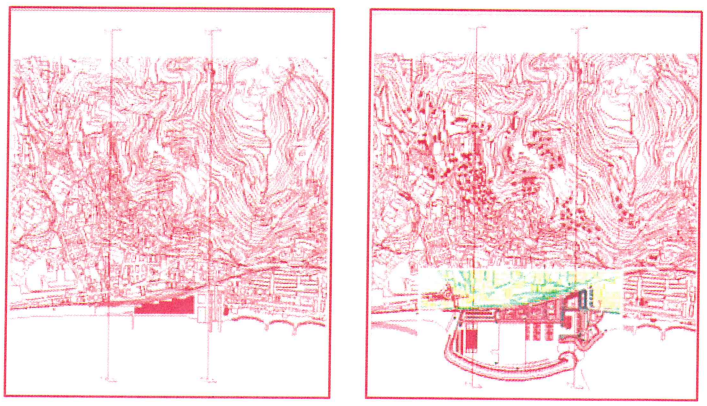


SEZIONI STATO ATTUALE





SEZIONI DI PROGETTO

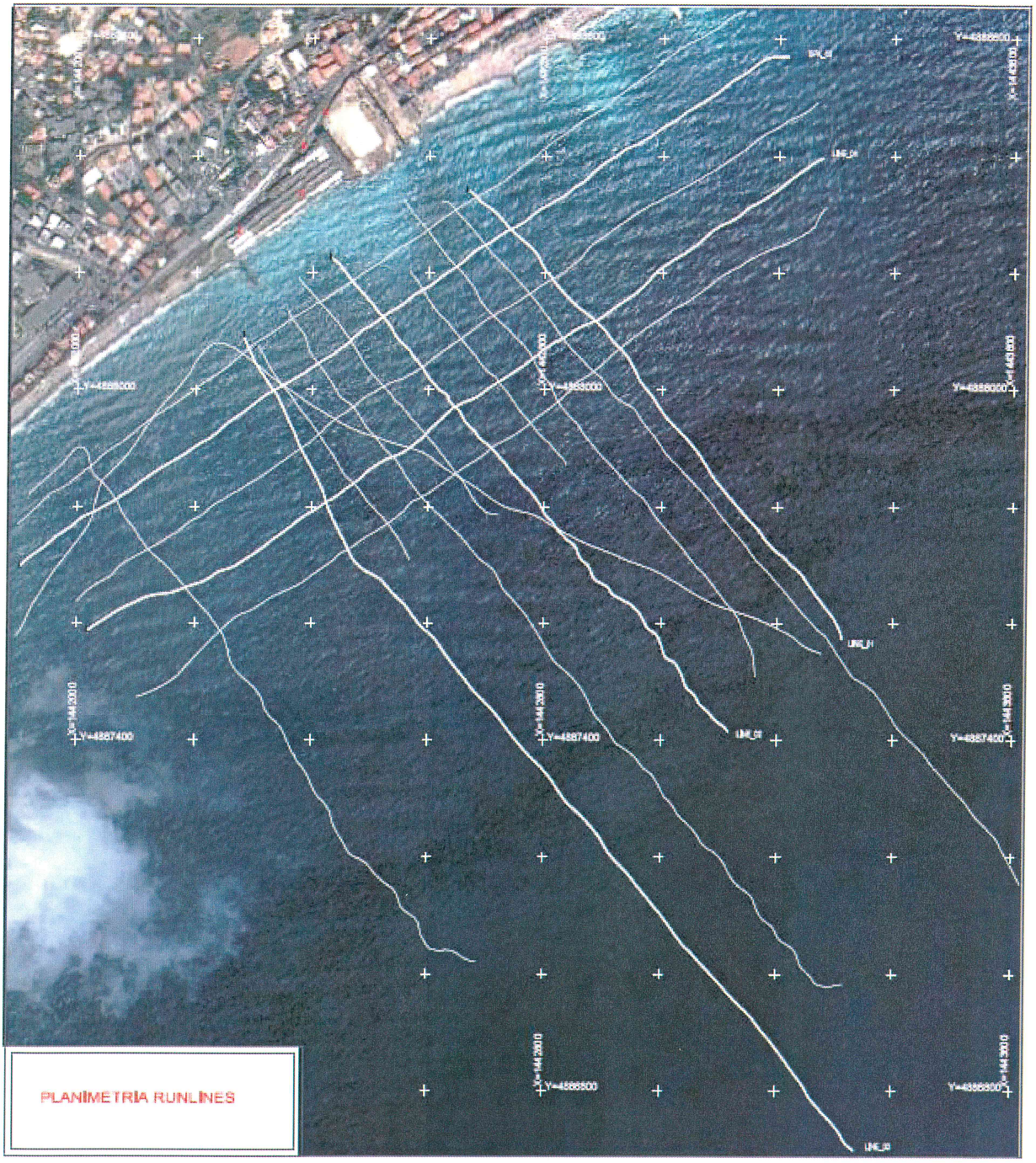


PIANTA CHIAVE STATO DI FATTO E DI PROGETTO

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona - Tel./Fax 019805140 - Tel. 019813843 - P.IVA 01140060090

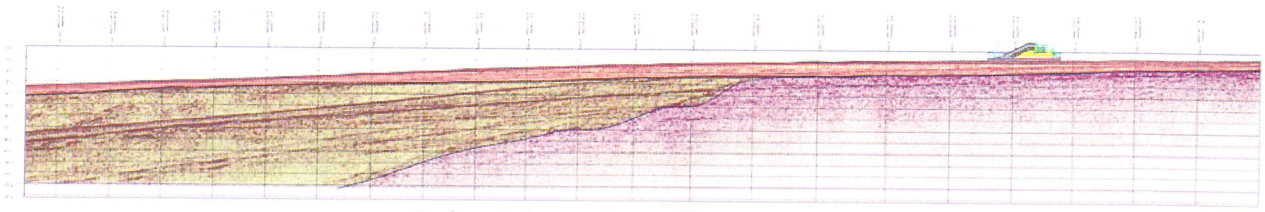
ALLEGATO 3

UBICAZIONE PROFILI SPARKER

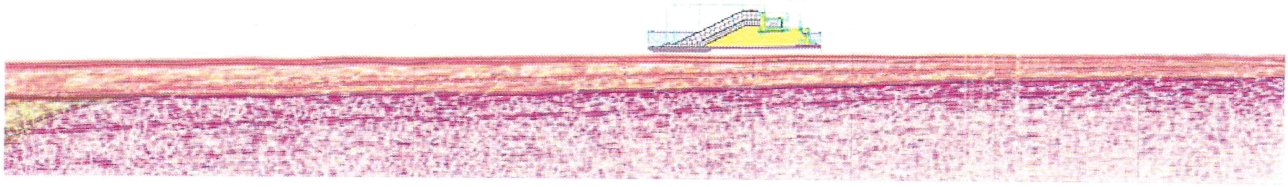


ALLEGATO 4

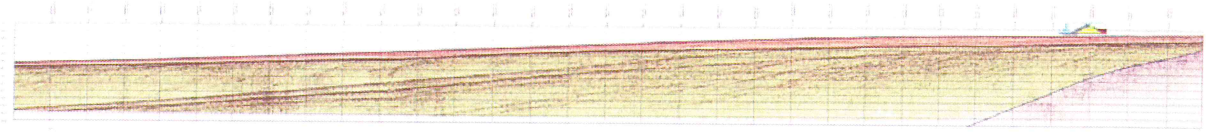
SOVRAPPOSIZIONE OO.MM SU PROFILI SPARKER



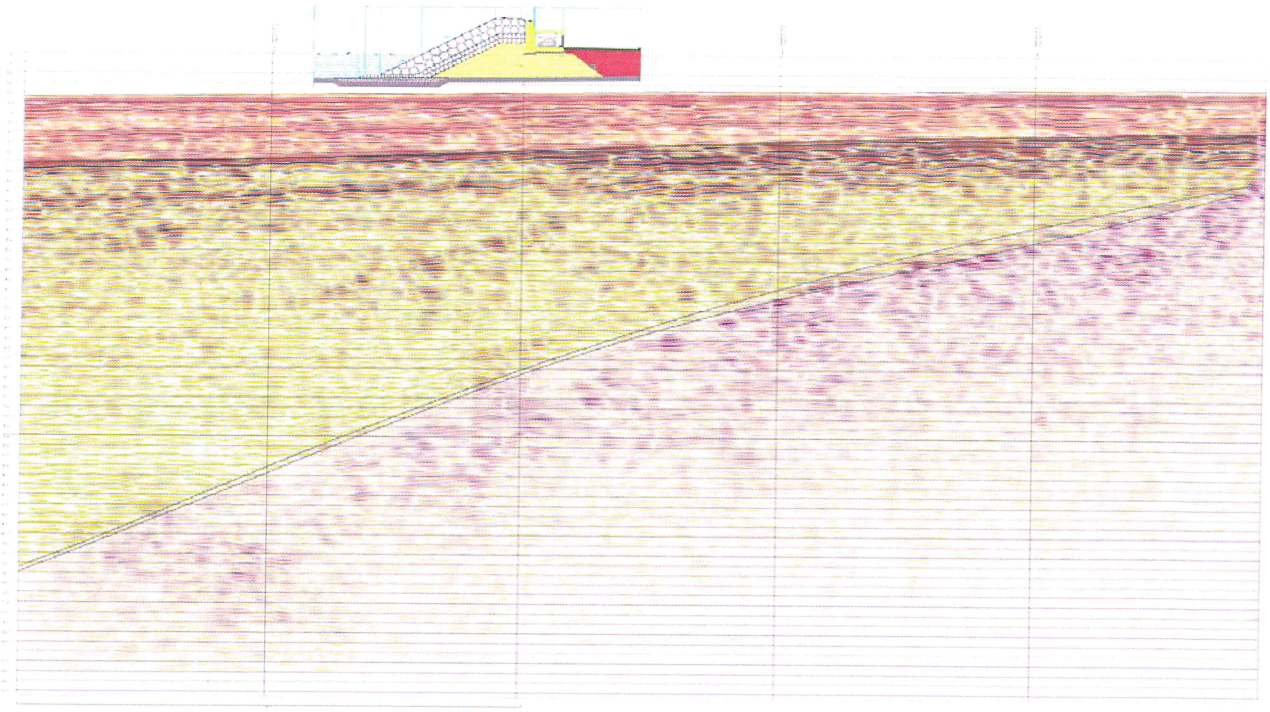
Sezione B-B progetto marittimo su Line 02



Particolare sezione B-B



Sezione C-C progetto marittimo su Line 03



Particolare Sezione C-C

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax 019820514 20 Tel. 019813843 P. IVA: 01148260092 e-mail: geolab@studiogeolab.it

ALLEGATO 5

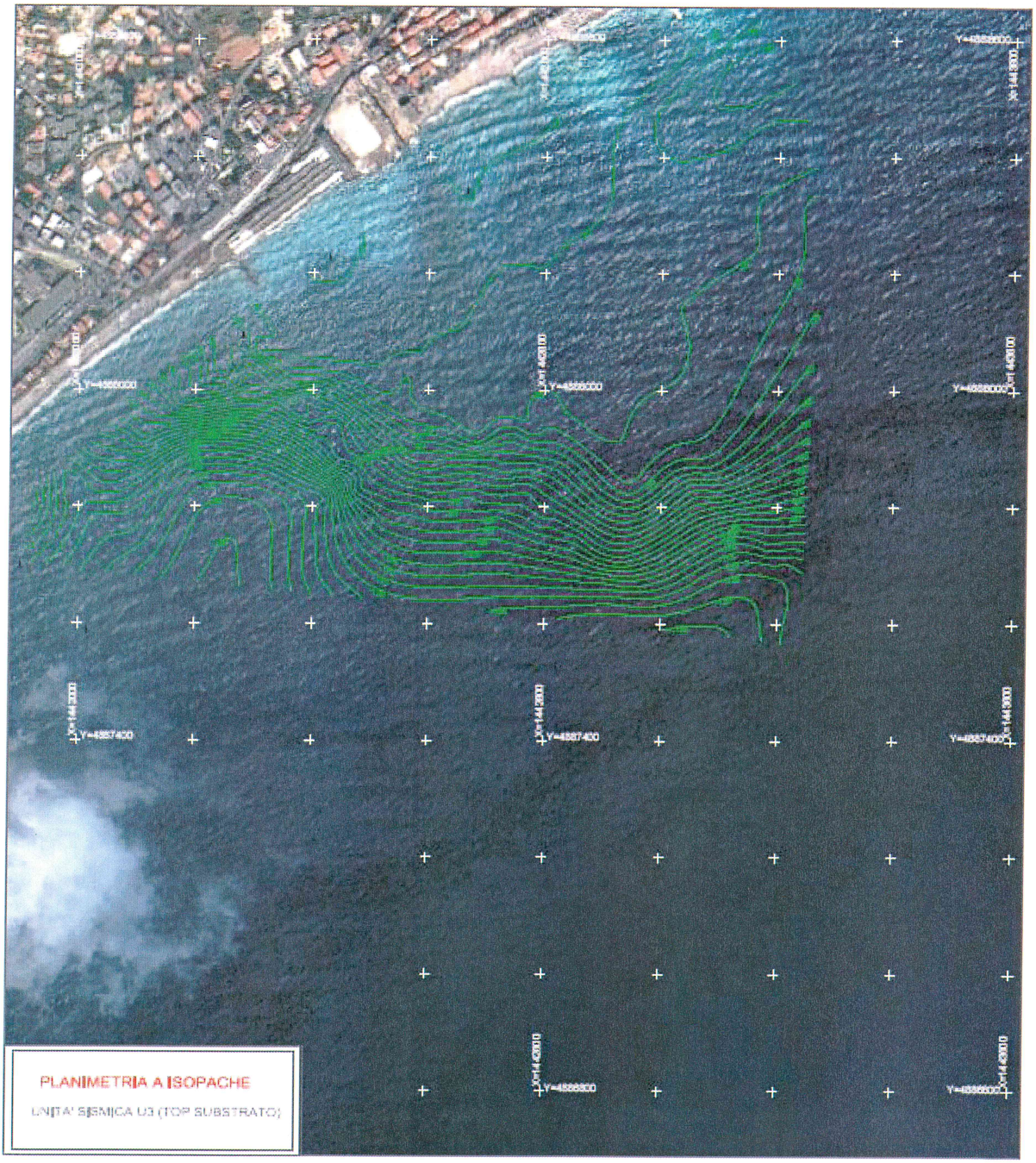
PLANIMETRIE – RAPPRESENTAZIONE AD ISOBATE ED A ISOPACHE



Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax 019805142O Tel. 019813843 P. IVA: 01148260092 e-mail: geolab@studiogeolab.it



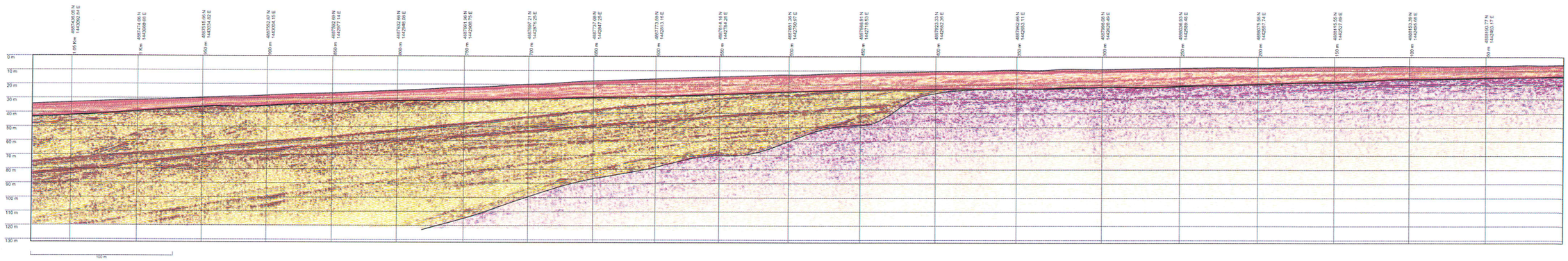
Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 019205142O, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148240092 – e-mail: geolab@studiogeolab.it



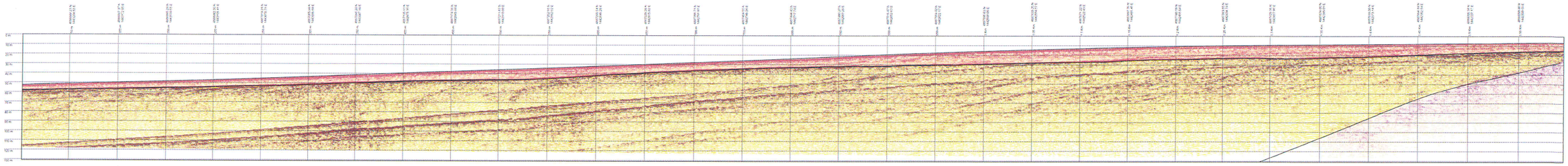
Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0182051420 Tel. 018813843 P. IVA: 01148240092 e-mail: geolab@studiogeolab.it

ALLEGATO 6

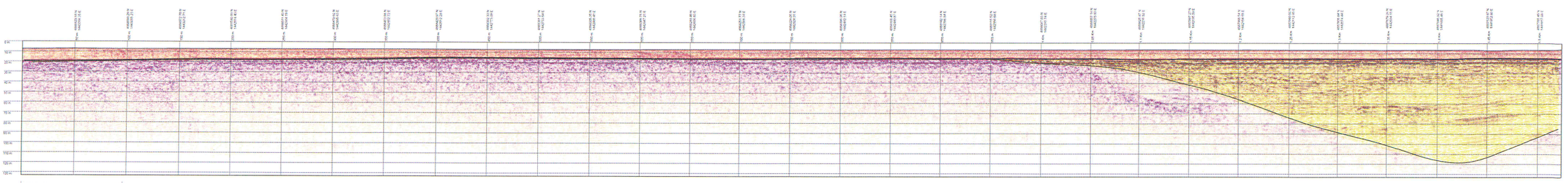
PROFILO SPARKER LINE02 E LINE 03



Profili sparker Line 02



Profilo sparker Line 03



Profilo sparker Line 11

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it