

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

CUP C39B18000060006

CIG 7690329440

RIF. PERIZIA

**P.3062**

TITOLO PROGETTO

### NUOVA DIGA FORANEA DEL PORTO DI GENOVA AMBITO BACINO SAMPIERDARENA

TITOLO ELABORATO:

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE:

RISPOSTA ALLE RICHIESTE DI INTEGRAZIONE FORMULATE DAL MiTE  
 IN DATA 12/1/2022:

**ALLEGATO D**

**ALLEGATO AL CAP. 9 - GEOLOGIA MARINA**

ELABORATO N°:

MI046R-PF-D-A-R-070-D-00

NOME FILE:

MI046R-PF-D-A-R-070-D-00.docx

DATA	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO
16/2/2022	P. Smorgon/P. De Girolamo	A. Cappelletti	F. Angelotti
REVISIONE	N°	DATA	DESCRIZIONE
	00	16/2/2022	EMISSIONE PER APPROVAZIONE

PROGETTISTI	PROGETTAZIONE
Mandataria:  Responsabile dell'integrazione delle prestazioni specialistiche Dott. Ing. Antonio Lizzadro       <b>STUDIO BALLERINI            INGEGNERI ASSOCIATI</b>  <b>ALBERTO ALBERT            INGEGNERE</b>	  Dott. Ing. Antonio Lizzadro

D.E.C.	VERIFICATO	VALIDATO R.U.P.	IL RESP. DELL'ATTUAZIONE
Ing. Francesca Arena	RINA CHECK	Ing. Marco Vaccari	Dott. Umberto Benezzioli
.....	.....	.....	.....

# **REALIZZAZIONE DELLA NUOVA DIGA FORANEA DEL PORTO DI GENOVA AMBITO BACINO DI SAMPIERDARENA**

## **PROGETTAZIONE DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA**

### **STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE**

### **RISPOSTA ALLE RICHIESTE DI INTEGRAZIONE FORMULATE DAL MITE IN DATA 12/1/2022**

### **ALLEGATO D** **CAP. 9 - GEOLOGIA MARINA**

## INDICE

1.	INTRODUZIONE	5
2.	DOCUMENTI E FONTI UTILIZZATI	6
3.	EVOLUZIONE DEI CANYONS – PROCESSI DI EROSIONE E DI SEDIMENTAZIONE	9
3.1.	Dati bibliografici	9
3.2.	Dati del progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (PFTE)	13
4.	MORFOLOGIA E CRITICITA' DEI FONDALI	25
5.	STABILITA' DEI FONDALI	30
5.1.	Area di progetto ed area vasta di piattaforma continentale	30
5.2.	Area vasta di scarpata continentale	31
5.2.1.	Frana di Portofino	32
5.2.2.	Frana dell'aeroporto di Nizza	33
6.	PERICOLOSITA' SISMICA DI RIFERIMENTO PER LA REDAZIONE DI PROGETTI IN ITALIA	35
7.	FAGLIE CAPACI	40
8.	SISMICITA' DELL'AREA DI STUDIO DA ARTICOLI SCIENTIFICI	43
9.	VARIAZIONI IDRODINAMICHE E DI TRASPORTO SOLIDO INDOTTE DALLA NUOVA OPERA	48
10.	CONCLUSIONI	52

**FIGURE**

Figura 3-1 – Progetto MaGIC – Foglio 03 Genova – Note illustrative – Sezioni sismiche A, B, C e loro ubicazione	12
Figura 3-2 – Carta geologica di PFTE per la parte sommersa e carta geologica da carg foglio genova n.213-230 per la parte emersa	14
Figura 3-3 – Indagine sparker di PFTE – Linea trasversale alla costa – superficie erosiva versiliana che separa i depositi Plio-pleistoceni al di sotto da quello Olocenici al di sopra	16
Figura 3-4 – Indagine sparker di PFTE – Assetto geologico generale: lutiti oloceniche, depositi del plio-pleistocene, substrato roccioso pre-pliocenico	18
Figura 3-5 – Indagine sparker di PFTE – Planimetria di ubicazione di tutte le tracce (blu) con in giallo quelle considerate n.1, 2, 3	19
Figura 3-6 – Indagine sparker di PFTE – Linea parallela alla costa n.1 – Limiti roccia in nero, superficie erosiva Versiliana in giallo, paleo-canali cerchiati in grigio, possibili limiti di paleo-canyons in rosso	22
Figura 3-7 – Indagine sparker di PFTE – Linea parallela alla costa n.2 – Limiti roccia in nero, superficie erosiva Versiliana in giallo, paleo-canali cerchiati in grigio, possibili limiti di paleo-canyons in rosso	23
Figura 3-8 – Indagine sparker di PFTE – Linea trasversale alla costa n.3 – Limiti roccia in nero, superficie erosiva Versiliana in giallo, paleo-canali cerchiati in grigio, possibili limiti di paleo-canyons in rosso	24
Figura 4-1 – Progetto MaGIC – Foglio 03 Genova – Dominii fisiografici	26
Figura 4-2 - Progetto MaGIC – Foglio 03 Genova – Unita' morfologiche	27
Figura 4-3 - Progetto MaGIC – Foglio 03 Genova – Elementi morfobatimetrici	28
Figura 4-4 - Progetto MaGIC – Foglio 03 Genova – Punti di criticita' F3-PC1 e F3-PC2 nei riquadri rossi	29
Figura 5-1 - Progetto MaGIC – Foglio 03 Genova – Frana di Portofino	32
Figura 5-2 – Frana dell'aeroporto di nizza – Planimetria di ubicazione (Courboux F. et alii, 2020)	34
Figura 5-3 – Frana dell'aeroporto di nizza – Sezione geologica (Dan G. et alii 2007)	34
Figura 6-1 – Zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti C. e Valensise G., 2004)	35
Figura 6-2 – Database delle sorgenti sismogenetiche italiane DISS ( <a href="http://diss.rm.ingv.it/dissmap">http://diss.rm.ingv.it/dissmap</a> )	36
Figura 6-3 – Catalogo parametrico terremoti italiani CPTI15 v.3.0 dal 1000 al 2020, comune di Genova ( <a href="https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15">https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15</a> )	37
Figura 6-4 – Database macrosismico italiano DBMI v.3.0 dal 1000 al 2020, comune di Genova ( <a href="https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15">https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15</a> )	38

Figura 6-5 - Mappa interattiva della pericolosità sismica e grafico della disaggregazione M-D ( <a href="http://esse1-gis.mi.ingv.it">http://esse1-gis.mi.ingv.it</a> )	39
Figura 7-1 – Geoportale della Regione Liguria – Zone sismogenetiche della Liguria recepite con D.G.R. n.534 del 18/06/2021 ( <a href="http://srvcarto.regione.liguria.it/geoviewer2/pages/apps/geoportale/index.html">http://srvcarto.regione.liguria.it/geoviewer2/pages/apps/geoportale/index.html</a> )	41
Figura 7-2 – Database faglie capaci ITHACA ( <a href="https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci">https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci</a> )	42
Figura 8-1 – Mappa della sismicità del settore di congiunzione tra le Alpi ed il Bacino Ligure (da Larroque C. et alii 2010)	43
Figura 8-2 – Mappa della sismicità del settore di congiunzione tra le Alpi ed il Bacino Ligure (da Larroque C. et alii 2010)	44
Figura 8-3 – Misuratore di marea di Genova – Misura storica della altezza di onda WH prima e dopo l'evento sismico del 1887 il cui accadimento è indicato dalla freccia nera (da Larroque C. et alii 2012)	46
Figura 8-4 – Epicentri dei terremoti registrati negli ultimi 30 anni dalla rete RSNI nell'area del Mar Ligure (da Scafidi D. et alii 2015)	47
FIGURA 9-1 - VASCA DI SEDIMENTAZIONE ALLA FOCE DEL TORRENTE POLCEVERA.	49
FIGURA 9-2 - FOCE DEL TORRENTE BISAGNO.	49

## 1. INTRODUZIONE

Si riporta di seguito la richiesta di chiarimento in merito al tematismo della Geologia Marina e dei Canyons sottomarini del Bisagno e del Polcevera.

### Richiesta

*Considerata la continuità morfologica, pure evidenziata dagli elaborati cartografici di progetto, fra gli impluvi dei torrenti Polcevera e Bisagno e la loro prosecuzione a mare nei prospicienti “canyon” sottomarini, continuità mascherata dal prisma sedimentario costiero ove si posiziona la diga, occorre effettuare un approfondimento geologico nell’area vasta sui processi erosivi intervenuti nel corso del Pleistocene e in particolare dell’ultimo glaciale (MIS 4-2) e su quelli deposizionali (di aggradazione e progradazione) alternati ai precedenti e, soprattutto, di quelli avvenuti successivamente all’ultimo massimo glaciale e nel corso dell’Olocene. Sulla base dei risultati, delle caratteristiche litotecniche dei sedimenti e del prevedibile comportamento geomeccanico, effettuare l’analisi di stabilità dei fondali sottomarini e dei processi morfoevolutivi nel tempo di vita dell’opera che consideri, fra l’altro, i fenomeni gravitativi sottomarini e l’arretramento delle testate dei “canyon” anche per effetto delle variazioni delle condizioni idrodinamiche marine indotte dal progetto e del minore apporto solido dei fiumi per lo sbarramento della diga e la vulnerabilità delle opere di progetto ai fenomeni suddetti. Occorre valutare quindi opportunamente le potenziali conseguenze dell’opera sui fenomeni erosivi dell’area costiera, considerando anche l’intensa frequentazione balneare nell’area prospiciente da Punta Vagno a Boccadasse.*

La risposta risulta essere particolarmente articolata anche in relazione alle ulteriori tematiche emerse durante le riunioni telematiche del 28/01/2022 e del 07/02/2022 sul tema della Geologia Marina.

Si è ritenuto pertanto opportuno fornire una risposta comprensiva delle numerose tematiche affrontate, considerando sia la documentazione bibliografica di progetto che quella trasmessaci a seguito della riunione telematica del 07/02/2022.

## **2. DOCUMENTI E FONTI UTILIZZATI**

- Indagini e studi di PFTE della Nuova Diga Foranea Sampierdarena
- Indagini pregresse realizzate per la costruzione delle strutture portuali esistenti
- Collaborazione con il DISTAV di Genova, settore Geologia Marina (prof. Corradi, prof. Morelli, prof. Crispini) per la ricerca di documentazione bibliografica inerente il Mar Ligure ed i canyons:
  - Barbatsea E., Fanucci F., Firpo M., Mirabile L., Piccazzo M. (1982) – *Il Plio - Quaternario del Mar Ligure: potenza e modalità di accumulo della coltre sedimentaria* - Quaderni Ist. Geol. Univ. Genova, Anno 3, n.1, pp. 3 – 20;
  - Brandolini P., Firpo M., Marini M., Piccazzo M., Ramella A., Terranova R. (1996) – *Osservazioni preliminari sull'evoluzione quaternaria dell'area del Porto Vecchio di Genova* - Italian Journal of Quaternary Sciences, n.9 (1), pp. 375 – 380;
  - Corradi N., Fanucci F., Fierro G., Firpo M., Piccazzo M., Ramella A., Tucci S., (1987) – *Importance des canyons sous-marins dans la dynamique sédimentaire de la Mer Ligure* - Quaderni dell'Istituto di Geologia della Università di Genova, Anno 8, N.4;
  - Corradi N., Fanucci F., Firpo M., Piccazzo M., Traverso M. (1980) – *L'Olocene della piattaforma continentale ligure da Portofino alla Spezia* - Quaderni Ist. Geol. Univ. Genova, pp. 24;
  - Corradi N., Zaquini M., Ferretti O. – *Interpretazione sismostratigrafica della piattaforma costiera antistante la foce dell'Entella* - Quaderni Ist. Geol. Univ. Genova, pp. 73 – 83;
  - Courboux F., Mercerat E.D., Deschamps A., Migeon S., Baques M., Larroque C., Rivet D., Hello Y. (2020) – *Strong site effect revealed by a new broadband seismometer on the continental shelf offshore Nice Airport* – Pure Applied Geophysics, N.177, pp.3205-3224;
  - Dan G., Sultan N., Savoye B. (2007) – *The 1979 Nice harbour catastrophe revisited: Trigger mechanism inferred from geotechnical measurements and numerical modelling* – Marine Geology, Vol.245, Issues 1-4, pp.40-64;

- Dessa J.X., Beslier M.O., Schenini L., Chamot-Rooke N., Corradi N. et al. (2020) - *Seismic Exploration of the Deep Structure and Seismogenic Faults in the Ligurian Sea by Joint Multichannel and Ocean Bottom Seismic Acquisitions: Preliminary Results of the SEFASILS cruise* – Geosciences, MDPI, 10 (3), pp.108;
- Fanucci F., Corradi N., Fierro G., Firpo M., Piccazzo M., Ramella A., Tucci S., (1987) – *Sismostratigrafia e neotettonica del Mar Ligure* – Quaderni dell’Istituto di Geologia della Università di Genova, Anno 8, N.3
- Fanucci F., Fierro G., Grosso F., Piccazzo M. (1974) – *Contributo alle conoscenze geologiche ed ecologiche dei fondali antistanti l’area urbana genovese* - Istituto Idrografico della Marina;
- Larroque C., De Lépinay B.M., Migeon S. (2010) – *Morphotectonic and fault-earthquake relationships along the Northern Ligurian Margin (Western Mediterranean) based on high resolution, multibeam bathymetry and multichannel seismic-reflection profiles* – Marine Geophysical Research, Vol.32, pp163-179;
- Larroque C., Scotti O., Ioualalen M. (2012) – *Reappraisal of the 1887 Ligurian earthquake (western Mediterranean) from macroseismicity, active tectonics and tsunami modelling* – Geophysical Journal International, N.190, pp.87-104;
- Morelli D., Migeon S., Corradi N., Savini A., Balduzzi I., Chisari D., Coste M., Cuppari A., Darbo A., Olivari E., Fanucci F. – Tavola 1. Mar Ligure, pag.20-41 in: F.L.Chiocci et al. (2021) – *Atlante dei lineamenti di pericolosità geologica dei mari italiani* – Risultati del progetto MaGIC – CNR ed. – Roma;
- Sahal A., Labbé M., Lemahieu A., Daubord C., Donnadiou C., Hébert H. (2011) – *The 1979 Nice airport tsunami (French Riviera): comparison between field investigations and a refined numerical modelling of the landslide and consecutive tsunami* – EGU 13880/RATCOM project/FRENCH ANR-08-RISK-NAT-005-01-MAREMOTI contract;



- Scafidi D., Barani S., De Ferrari R., Ferretti G., Pasta M., Pavan M., Spallarossa D., Torino C. (2015) – *Seismicity of Northwestern Italy during the last 30 years* – Journal of Seismology N.19, pp.201-218.
- Progetto CARG, Foglio Genova n.213-230, scala 1:50.000 e Note Illustrative
- Geoportale della Regione Liguria per cartografia tematica relativa al D.G.R. 534 del 18/06/2021 sulle faglie capaci e strutture sismogenetiche
- Pericolosità sismica di base da INGV ed applicazione da NTC18
- Database italiani sulla sismicità e presenza di faglie:
  - DISS (Database delle Sorgenti Sismogenetiche Italiane)
  - CPT15 v.3.0 (Catalogo Parametrico Terremoti Italiani, anni 1000 – 2020)
  - DBMI v.3.0 (Database Macrosismico Italiano, anni 1000 – 2020)
  - ITHACA (Database delle Faglie Capaci sul Territorio Nazionale)

### **3. EVOLUZIONE DEI CANYONS – PROCESSI DI EROSIONE E DI SEDI-MENTAZIONE**

#### **3.1. Dati bibliografici**

Il Foglio Genova del progetto CARG mostra la presenza in affioramento nel Porto Vecchio delle Argille di Ortovero (ORV) all'interno di una struttura tettonica tipo graben, al di sopra della quale sorge la città di Genova.

L'analisi critica, svolta all'interno del progetto, delle indagini pregresse realizzate per la costruzione dei pontili esistenti, ha portato ad individuare la presenza di ORV in vari settori, estendendo la presenza di strutture tettoniche distensive lungo l'intera costa di Genova.

Queste strutture sono note e citate in letteratura ed al loro interno si sono formati i canyons del Bisagno e del Polcevera, in quanto ne hanno condizionato il deflusso a mare. La loro continuità dalle foci attuali dei torrenti fino alla scarpata continentale, dove sono evidenti le rispettive incisioni, completamente obliterate invece dai sedimenti Plio-Quaternari nel settore di piattaforma, non è adeguatamente verificata dalle indagini svolte per la ricerca scientifica e pubblicate in bibliografia, tuttavia è ragionevole pensare una certa continuità anche sulla base dei dati della indagine del PFTE.

I canyons sono stati approfonditi dalla erosione dei corsi d'acqua sicuramente nel Miocene Superiore (Messiniano 5,3 – 7,2 Ma), quando la chiusura dello Stretto di Gibilterra ha determinato il quasi prosciugamento del Mar Mediterraneo e la deposizione di importanti spessori di evaporiti al fondo dello stesso.

Successivamente a questo evento segue un importante ciclo di aggradazione (tasso deposizione = tasso subsidenza)/progradazione (tasso deposizione > tasso subsidenza) nel Plio – Pleistocene, che porta alla creazione della piattaforma continentale con il progressivo riempimento dei canyons da parte di sedimenti, riconducibili alle Argille di Ortovero ed ai sedimenti grossolani trasportati dai corsi d'acqua.

Questi ultimi sono presenti in modo particolare nella porzione superiore dei sedimenti che riempiono i canyons e sono riconducibili alle oscillazioni glacio-eustatiche nel corso del Pleistocene.

Al di sopra della sequenza Plio-Pleistocenica sono presenti i depositi Olocenici, la cui base coincide con una superficie erosiva trasgressiva o “Versiliana”, che segna la fine del periodo delle glaciazioni e l’innalzamento del livello marino.

In questa fase lo stile tettonico dominante è un generale sollevamento dei rilievi sulla terraferma, evento iniziato dal Pliocene Medio, ed un abbassamento per subsidenza del settore a mare durante il Plio-Quaternario.

In questo modo si è prodotto da un lato il sedimento necessario al riempimento dei canyons per erosione dei rilievi e dall’altro alla creazione dello spazio necessario per accumularlo nel bacino di sedimentazione.

La sequenza Plio-Pleistocenica è presente solo all’interno delle strutture tettoniche depresse ovvero non si trova in corrispondenza degli alti strutturali.

I sedimenti Olocenici quindi ricoprono indistintamente sia i settori di basso che di alto strutturale con spessori che risultano essere abbastanza uniformi in direzione parallela alla costa con locali variazioni in funzione della antica morfologia dei fondali e della presenza di insenature o foci fluviali.

Ne deriva che dopo l’ultimo glaciale MIS4-2 non si hanno fenomeni di erosione ma solo di progressiva sedimentazione e di modellamento della piattaforma continentale così come oggi la conosciamo.

Questo dato, unitamente alla morfologia estremamente regolare ed uniforme del fondale lungo la piattaforma continentale ed alla presenza a terra di terrazzi fluviali e/o marini datati al più al passaggio tra il Pleistocene superiore e l’Olocene, sono tutti elementi che confermano la stabilità del bacino di sedimentazione nel corso dell’Olocene.

Il fatto che i canyons siano stati completamente riempiti nel settore di piattaforma mentre siano ancora ben visibili in quello della scarpata continentale dipende dalla morfologia della scarpata, che rappresenta un raccordo morfologico tra le superfici sub-orizzontali della piattaforma e della piana batiale ma con differenza di quota nell’ordine dei 1500 m.

Le ripetute ed importanti oscillazioni glacio-eustatiche del Pleistocene hanno comportato l’abbassamento del livello marino con la progradazione della linea di costa verso mare e fino alla scarpata stessa posta ad una batimetrica di circa -100/-150 m slm,

che coincide con il massimo abbassamento del livello del mare di circa 100 – 120 m durante le glaciazioni.

I sedimenti dei corsi d'acqua del Bisagno e del Polcevera venivano quindi trasportati fino all'area della scarpata, da dove per cambio di pendenza unitamente ad altri fattori (superamento della resistenza interna per accumulo alla sommità della scarpata o terremoti) franavano all'interno dei canyons, causandone una importante erosione.

Questo meccanismo è durato fino alla fine delle glaciazioni, infatti con la risalita del livello del mare e con la stabilizzazione del sistema i gradienti morfologici si sono ridotti, comportando da un lato una diminuzione della quantità di sedimenti erosi e trasportati a mare dai torrenti e dall'altro il trasporto e la sedimentazione di questi prevalentemente lungo costa.

Tale aspetto è confermato dalla riduzione dello spessore dei sedimenti Olocenici verso il mare e trasversalmente alla linea di costa.

Le caratteristiche generali del bacino di sedimentazione hanno dunque portato a colmare i canyons nel settore di piattaforma ed a lasciare traccia delle antiche incisioni lungo la scarpata.

Tale ricostruzione è supportata dai dati raccolti recentemente dal progetto MaGIC (Marine Geohazards along the Italian Coasts), svolto con il patrocinio della Protezione Civile Italiana per la mappatura dei lineamenti di pericolosità geologica dei mari italiani.

Le Note Illustrative del Foglio 03 Genova del progetto MaGIC, che contiene l'area vasta all'interno della quale ricade l'area di progetto, riportano che non sono stati trovati condizionamenti tettonici sull'evoluzione dei canyons presenti sulla scarpata continentale, pertanto sono da intendersi come lineamenti di pura natura erosiva.

La morfologia attuale dei canyons è correlata principalmente agli eventi erosivi, sviluppatasi lungo la scarpata continentale durante il Pleistocene a seguito delle oscillazioni glacio – eustatiche.

La figura Figura 3-1 riporta le sezioni sismiche A, B e C del progetto MaGIC e la loro ubicazione, tutte posizionate nel tratto centrale e finale dei canyons.

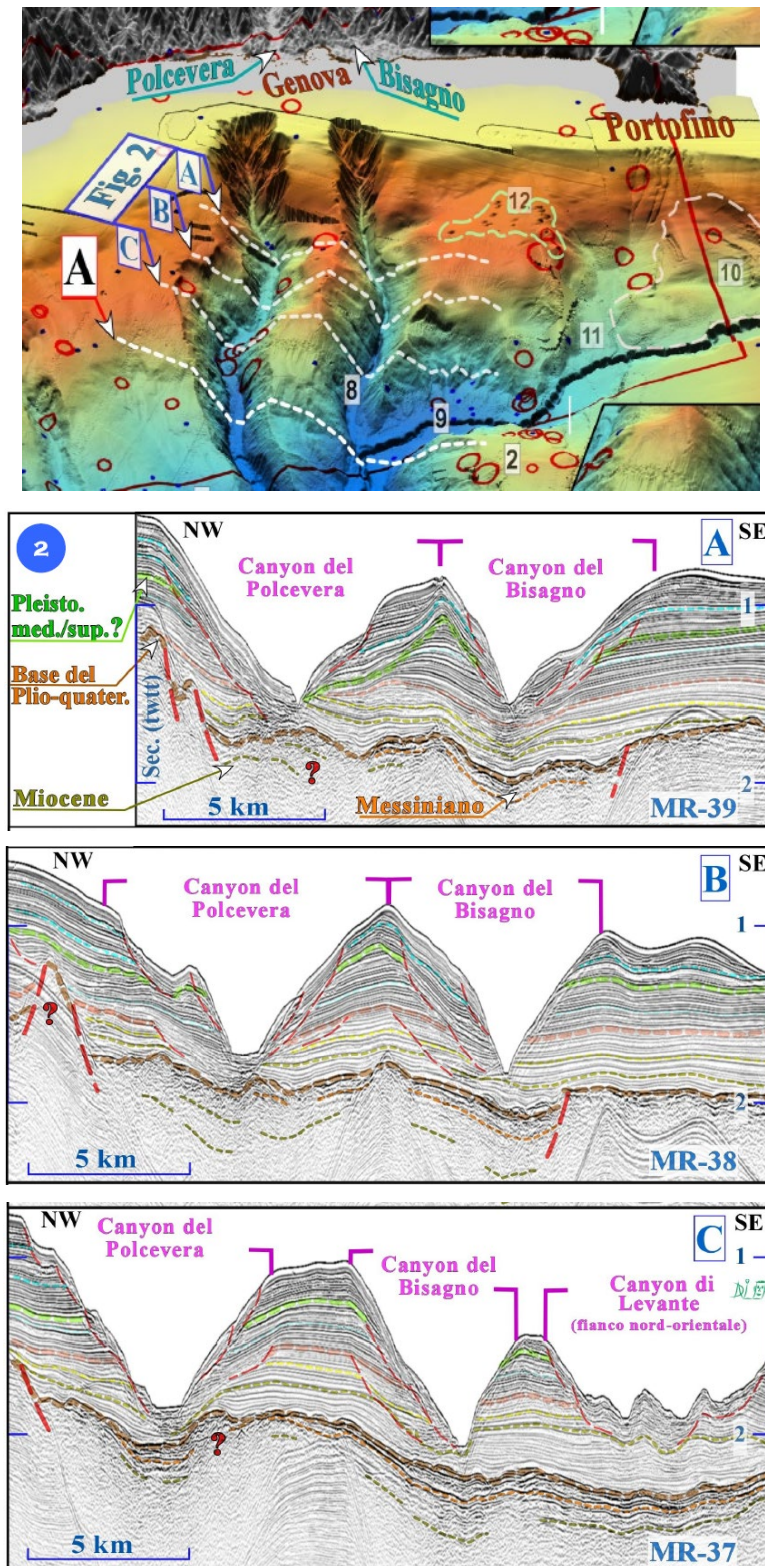


FIGURA 3-1 – PROGETTO MAGIC – FOGLIO 03 GENOVA – NOTE ILLUSTRATIVE – SEZIONI SISMICHE A, B, C E LORO UBICAZIONE

Si nota una potente successione Plio-Pleistocenica, che poggia su delle evaporiti del Messiniano, che a loro volta si trovano al di sopra di un substrato indifferenziato del Miocene. Sedimenti recenti dell'Olocene non sono stati individuati o se presenti i loro spessori sono trascurabili alla scala della sezione.

La sequenza Plio-Pleistocenica è stata profondamente incisa, si nota come la sequenza superiore, databile probabilmente al Pleistocene Medio – Superiore, sia stata reincisa successivamente alla sequenza inferiore dopo un certo periodo di quiescenza o di attenuazione dei processi erosivi. L'evento potrebbe essere collegato all'ultimo massimo glaciale LGM occorso circa 20.000 anni fa durante il Pleistocene Superiore.

Le sezioni A, B e C mostrano l'assenza di lineamenti tettonici che tagliano la sequenza Miocenica al di sotto delle incisioni dei due canyons, che risultano quindi generati dalla sola erosione. Non sono dunque presenti lineamenti tettonici allineati con le incisioni dei canyons sulla scarpata continentale.

### **3.2. Dati del progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (PFTE)**

L'indagine di progetto ha permesso di confermare l'assetto generale, desunto dalla bibliografia e dalle indagini pregresse, arricchendolo e specificandolo con nuove informazioni. La figura seguente mostra la “*Carta geologica*” di PFTE, dove si nota l'estensione a mare del graben di Porto Vecchio, individuato a terra dal CARG Foglio Genova n.213-230 al di sotto della città di Genova. In entrambi i casi le depressioni tettoniche sono riempite dalle Argille di Ortovero, unità ORV.

La depressione tettonica posta di fronte alla foce del Polcevera, anch'essa riempita dall'unità ORV, non è stata riconosciuta a terra dal CARG, probabilmente perché mascherata dai sedimenti alluvionali del Polcevera.

A differenza del graben di Ponente, dove c'è una corrispondenza con la foce del Polcevera, il graben di Levante è separato dalla foce del Bisagno da un alto strutturale, pertanto sulla base delle informazioni attuali e di quelle disponibili in letteratura non è possibile stabilire con certezza una diretta prosecuzione di queste strutture fino ai canyons presenti sulla scarpata continentale.

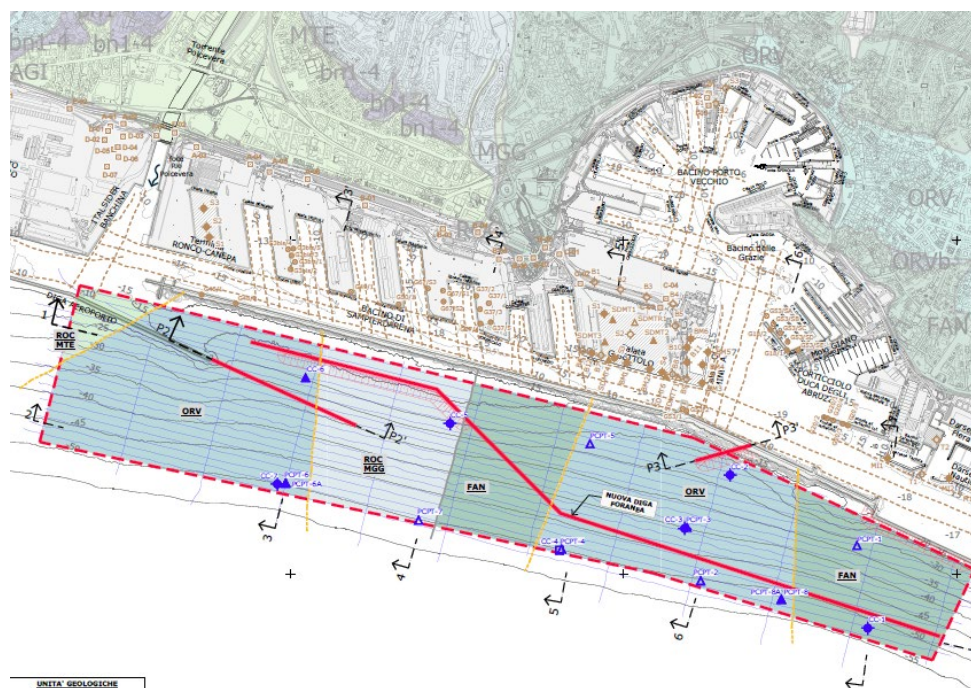


FIGURA 3-2 – CARTA GEOLOGICA DI PFTE PER LA PARTE SOMMERSA E CARTA GEOLOGICA DA CARG FOGLIO GENOVA N.213-230 PER LA PARTE EMERSA

Il Foglio Genova n.213-230 non riporta tracce di faglie in corrispondenza della porzione emersa del graben di Porto Vecchio, in quanto non attive, pertanto in analogia con il CARG nelle “Sezioni geologiche” di progetto non sono state indicate delle faglie in corrispondenza delle strutture tettoniche individuate. E’ evidente che i fianchi dei graben sono essi stessi delle faglie.

L’indagine Sparker di progetto conferma tale approccio in quanto non mostra segni evidenti riconducibili alla presenza di faglie, che tagliano i depositi Plio-Quaternari, come invece individuato in altri settori della costa ligure come quello del promontorio di Imperia, caratterizzato da una elevata sismicità.

La sequenza che ha riempito le suddette depressioni tettoniche è del Plio-Pleistocene, infatti l’indagine sparker di progetto ha riconosciuto la superficie trasgressiva Versiliana, che separa i sedimenti Pleistocenici da quelli Olocenici, in corrispondenza del tetto delle Argille di Ortovero, come confermato anche dai sondaggi di progetto, che sono stati appositamente distribuiti sull’intera area di indagine, delimitata con linea a tratteggio in Figura 3-2, al fine di verificare la geometria della suddetta superficie.

Le “*Sezioni geologiche*” di progetto riportano come periodo per le Argille di Ortovero quello di inizio della loro sedimentazione ovvero il Pliocene Inferiore, come da Foglio CARG Genova N.213-230. La loro deposizione è tuttavia continuata per tutto il Pleistocene, come indicato in letteratura e come supportato dalla presenza dell’unità GS all’interno delle argille.

Da un punto di vista sismico la suddetta superficie di erosione Versiliana è molto riflettente e continua, pertanto separa materiali con caratteristiche di densità e quindi di velocità delle onde acustiche molto diverse (marcata impedenza acustica). Ne deriva la netta differenza di origine e quindi di caratteristiche geotecniche dei terreni posti al di sopra ed al di sotto di tale superficie, come confermato dai numerosi sondaggi.

La geometria regolare di tale superficie è dovuta alla assenza di importanti erosioni del tetto delle Argille di Ortovero, che si configura come un terrazzo di abrasione marina. Tale morfologia è stata riconosciuta più volte anche nel settore terrestre in varie cartografie tematiche ed in bibliografia. Inoltre è possibile che in questo periodo per motivi tettonici ci sia stato un cambio dell’assetto del reticolo idrografico, che ha portato i paleo-corsi d’acqua a non sfociare più all’interno dell’attuale insenatura di Porto Vecchio, come è ragionevole pensare vista la presenza dell’unità GS all’interno delle argille. Questa considerazione è supportata dal fatto che la attuale foce del Bisagno è ad E di questa insenatura, che all’epoca doveva rappresentare l’area più depressa di maggiore richiamo per il deflusso verso mare dei corsi d’acqua. Si avrebbe così l’assenza di apporti importanti da parte di questi corsi d’acqua all’interno di questo settore, che non è stato quindi condizionato in modo importante dalla loro erosione.

Sono state infatti individuate sulla superficie Versiliana sparse e piccole incisioni da paleo-canali, aventi dimensioni di qualche metro, che non sono state riportate nelle “*Sezioni geologiche*” di progetto, in virtù delle loro dimensioni ridotte e del carattere disperso. Non sono state quindi rilevate dalla indagine di progetto importanti erosioni del tetto delle Argille di Ortovero riempite da sedimenti Olocenici, pertanto il modello geologico di progetto riporta un limite netto (erosione) e piuttosto regolare tra i depositi Plio-Pleistocenici e quelli Olocenici.

La superficie Versiliana coincide con il letto delle sabbie dell’unità di progetto SL, che infatti si trovano a diretto contatto con le Argille di Ortovero nelle zone di graben e con il substrato roccioso nelle zone di alto strutturale. Le sabbie SL sono presenti in tutta



l'area di studio e sono riconducibili alla formazione di depositi costieri, che sono arretrati verso l'attuale linea di costa con l'aumento del livello marino.

La figura seguente riporta a titolo di esempio una immagine di uno stendimento sparker trasversale alla costa, dove la superficie erosiva Versiliana è indicata con linea rossa a tratteggio. Si nota la presenza di numerose discordanze angolari al di sotto di tale linea, testimonianza delle numerose oscillazioni glacio-eustatiche ed associate fasi erosive, e l'assenza di tali discordanze al di sopra all'interno dei sedimenti Olocenici.

Al di sopra dell'unità SL sono presenti le unità LS e LA a minore granulometria, che confermano la natura fine-upward della sequenza per incremento del livello marino.

I suddetti paleo-canali di dimensioni limitate, presenti al tetto delle Argille di Ortovero, sono quindi riempiti con le sabbie dell'unità SL, che risulta essere l'unità della sequenza Olocenica con le caratteristiche geotecniche migliori.

Lo spessore delle unità SL/LS/LA, che costituiscono i sedimenti Olocenici nell'area di studio, è per lo più costante in direzione longitudinale e parallela alla costa a patto delle inevitabili differenze di spessore tra i settori di alto strutturale e quelli di basso strutturale, che hanno funzionato da trappole di sedimento.

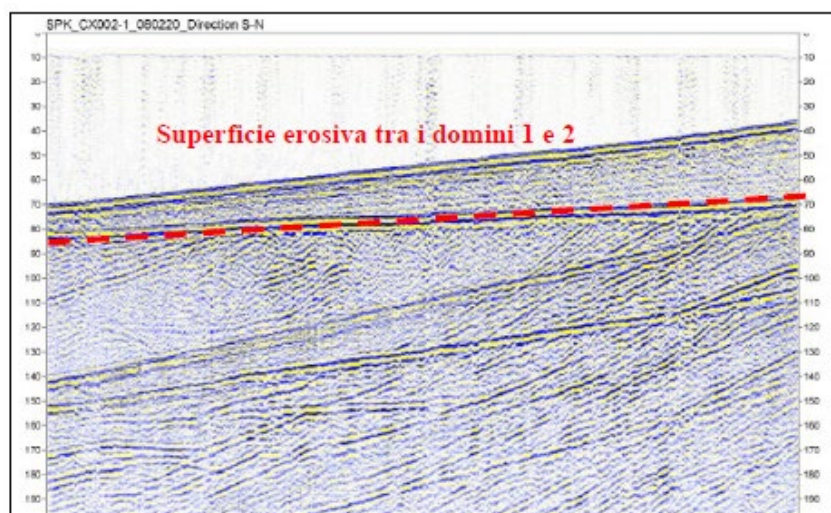


FIGURA 3-3 – INDAGINE SPARKER DI PFTE – LINEA TRASVERSALE ALLA COSTA – SUPERFICIE EROSIVA VERSILIANA CHE SEPARA I DEPOSITI PLIO-PLEISTOCENI AL DI SOTTO DA QUELLO OLOCENICI AL DI SOPRA

I sedimenti Plio-Pleistocenici, che riempiono le depressioni tettoniche al di sotto della superficie di erosione Versiliana, sono costituiti da una intercalazione di sedimenti fini, chiamati genericamente con il termine di Argille di Ortovero, e di terreni grossolani ghiaioso-sabbiosi, che rappresentano i sedimenti trasportati dai corsi d'acqua all'interno delle depressioni tettoniche durante i periodi di basso stazionamento del livello del mare per i cicli glaciali. Questi depositi grossolani possono essere interpretati sia come depositi di paleo-canali che come depositi di delta – conoidi, i cui apici si trovavano in prossimità dell'attuale linea di costa.

La loro presenza è stata individuata prima dalle indagini sismiche e quindi dai sondaggi, che hanno permesso di recuperare dei campioni di queste ghiaie e sabbie. Sono state eseguite delle prove CPT all'interno di questi terreni grossolani, che hanno fornito valori di resistenza alla punta  $q_c$  tra 40-80 (MPa), quindi ben superiori ai valori di  $q_c$  di 2-5 (MPa) delle Argille di Ortovero.

Vista la difficoltà di localizzare con precisione i corpi ghiaioso – sabbiosi in virtù della loro morfologia irregolare e tenuto conto del carattere disperso di questi corpi all'interno delle argille, si è deciso di non rappresentarle nelle “*Sezioni geologiche*” di progetto, se non per quei tratti, dove i sondaggi ne hanno dato prova certa. Si ricorda infatti che non è possibile estrapolare con certezza dalle indagini geofisiche né la granulometria dei sedimenti né tanto meno le loro caratteristiche geotecniche.

La caratterizzazione geotecnica di progetto dei sedimenti Plio-Pleistoceni, che riempiono le depressioni tettoniche, si è basata esclusivamente sui parametri delle Argille di Ortovero (unità ORV), tralasciando le migliori caratteristiche delle ghiaie e sabbie (unità GS), in virtù della posizione erratica di tali corpi e del volume maggiore occupato da ORV.

Le verifiche geotecniche inoltre mostrano come il comportamento dell'opera dipenda principalmente dalle scarse caratteristiche geotecniche dei terreni Olocenici LA e LS, che costituiscono in media i primi 10-20 m di sedimento dal fondale, e secondariamente dai parametri di SL e di ORV. Ne deriva che ai fini della progettazione sia le paleo-incisioni della superficie Versiliana che i paleo-canyons, presenti all'interno dei graben e dovuti all'intercalazione tra la deposizione di ORV e GS, sono elementi che non influenzano il comportamento geotecnico dell'opera, pertanto non sono stati riportati nelle “*Sezioni geologiche*” di progetto. Il modello geologico a supporto della progettazione dell'opera risulta quindi corretto e a favore di sicurezza.

E' evidente che questa macro-distinzione è stata fatta sulla base sia dei dati bibliografici che delle indagini di progetto, tuttavia non è possibile definire con certezza per gli eventi descritti precisi intervalli temporali, per i quali sarebbe necessario uno studio scientifico dedicato, finalizzato alla ricostruzione della sequenza degli eventi descritti con indagini dedicate.

L'assetto geologico generale dell'area è visibile negli stendimenti sparker paralleli alla costa di Figura 3-4, dove si vede la presenza netta di lutiti Oloceniche, che si sono depositate al di sopra sia di una sequenza Plio-Pleistocenica interna ai graben che del substrato roccioso pre-Pliocenico. Sono indicate anche le tracce del paleo-Polcevera e del paleo-Bisagno all'interno della sequenza Plio-Pleistocenica, che riempie i graben, come indicato anche dalla letteratura ed in particolare dalle Note Illustrative del Foglio CARG Genova N.213-230.

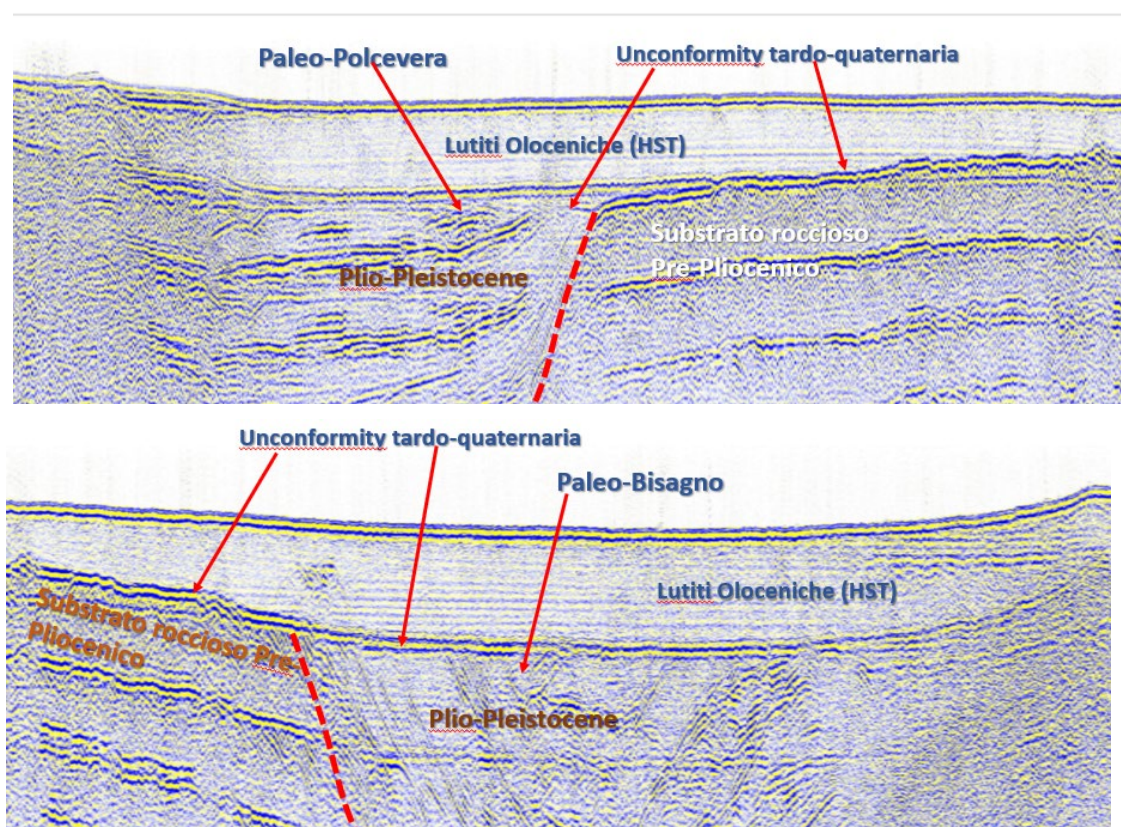


FIGURA 3-4 – INDAGINE SPARKER DI PFTE – ASSETTO GEOLOGICO GENERALE: LUTITI OLOCENICHE, DEPOSITI DEL PLIO-PLEISTOCENE, SUBSTRATO ROCCIOSO PRE-PLIOCENICO

A titolo di esempio si fornisce l'analisi delle suddette tematiche in corrispondenza di n.3 stendimenti Sparker della indagine di PFTE, che sono indicati in giallo in Figura 3-5, mentre tutti gli altri stendimenti Sparker sono riportati con linea blu all'interno dell'area di indagine delimitata con linea rossa a tratteggio. La diga di progetto è invece rappresentata con linea rossa continua.

Di questi stendimenti è stato scelto il settore ricadente all'interno del graben di Porto Vecchio, dove si ha uno sviluppo dell'opera di progetto molto superiore e su fondali più profondi rispetto all'altro graben antistante il Polcevera. Gli stendimenti N.1 e 2 sono paralleli alla costa ed il N.1 è pressoché coincidente con l'opera, mentre lo stendimento N.3 è trasversale alla costa ed interseca gli altri due.

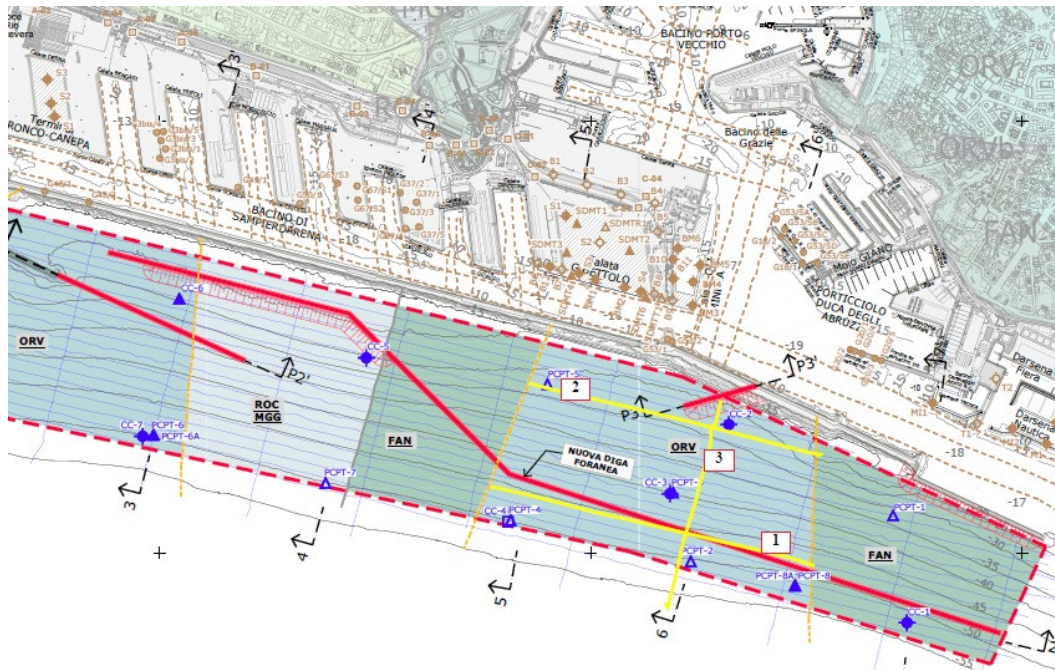


FIGURA 3-5 – INDAGINE SPARKER DI PFTE – PLANIMETRIA DI UBICAZIONE DI TUTTE LE TRACCE (BLU) CON IN GIALLO QUELLE CONSIDERATE N.1, 2, 3

Nelle sezioni n.1, 2, 3 sono stati rappresentati i seguenti elementi:

- Tetto del substrato roccioso con linea nera continua;
- Superficie erosiva trasgressiva Versiliana (limite sedimenti Plio-Pleistocenici con quelli Olocenici) con linea giallo in tratteggio;

- Superfici dei paleo-canyons all'interno del graben con linea rossa a tratteggio (evidenza della successione di eventi erosivi e di sedimentazione a seguito delle oscillazioni glacio-eustatiche del Pleistocene e/o tettoniche del Plio-Pleistocene);
- Paleo-canali che incidono la superficie Versiliana all'interno dei cerchi grigi.

Si riporta di seguito una descrizione delle evidenze stratigrafico – geologiche, che sono presenti in questi stendimenti geofisici, riportati in Figura 3-6, Figura 3-7, Figura 3-8.

La superficie Versiliana non è stata ricalcata con continuità con la linea gialla, per dare evidenza del forte segnale sismico che la contraddistingue, dovuto alla grande differenza di impedenza sismica dei terreni posti al di sotto della superficie (sequenza Plio-Pleistocenica) rispetto a quelli al di sopra (sequenza Olocenica). E' evidente la presenza di numerose superfici discordanti tra di loro al di sotto di tale superficie ed all'interno dei sedimenti Plio-Pleistocenici, mentre la sedimentazione al di sopra è regolare e sub-parallela a tale superficie. Questi elementi sono segni inequivocabili che si tratta di una superficie erosiva trasgressiva, che indica la definitiva risalita del livello del mare a seguito della fine del periodo delle glaciazioni.

La geometria della superficie è regolare ovvero è riconducibile ad un terrazzo di abrasione marina e le incisioni dovute ai paleo-canali (cerchi grigi) sono limitate e soprattutto di dimensioni (larghezza e profondità) ridotte a pochi metri e quindi non significative per la progettazione.

Ne deriva che nelle “*Sezioni geologiche*” di progetto si è deciso di non rappresentare questi paleo-canali e di andare a posizionare la profondità della superficie Versiliana tramite taratura della geofisica con i sondaggi, una volta verificata la regolarità della geometria di questa superficie.

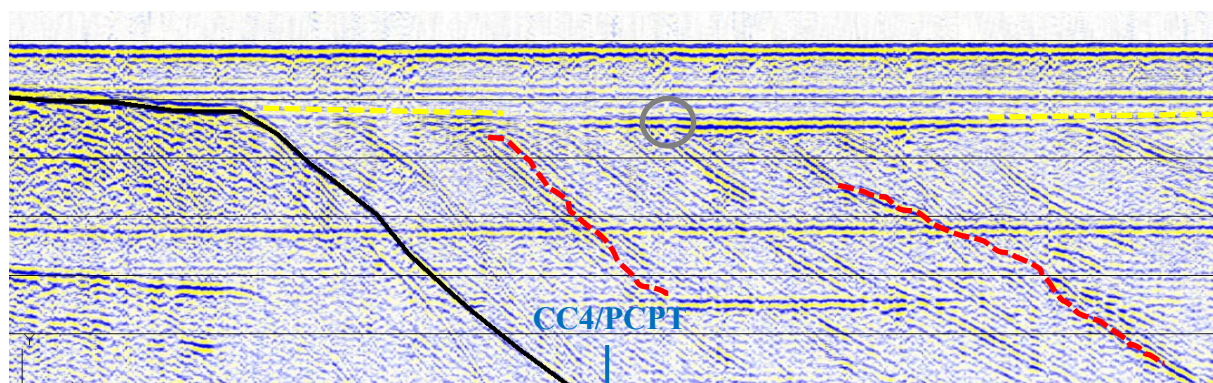
Al di sotto della superficie Versiliana invece si notano molteplici superfici variamente inclinate ed orientate, le principali sono state indicate con linea rossa a tratteggio, che sono testimonianza degli svariati cicli di erosione e sedimentazione a causa delle oscillazioni glacio-eustatiche del Pleistocene.

Si tratta di paleo-canyons, che sono stati scavati all'interno del graben e riempiti da una intercalazione di sedimenti fini e grossolani rispettivamente riconducibili alle Argille di Ortovero (unità ORV) e ai paleo-canali e/o depositi di conoide alluvionale (unità GS).

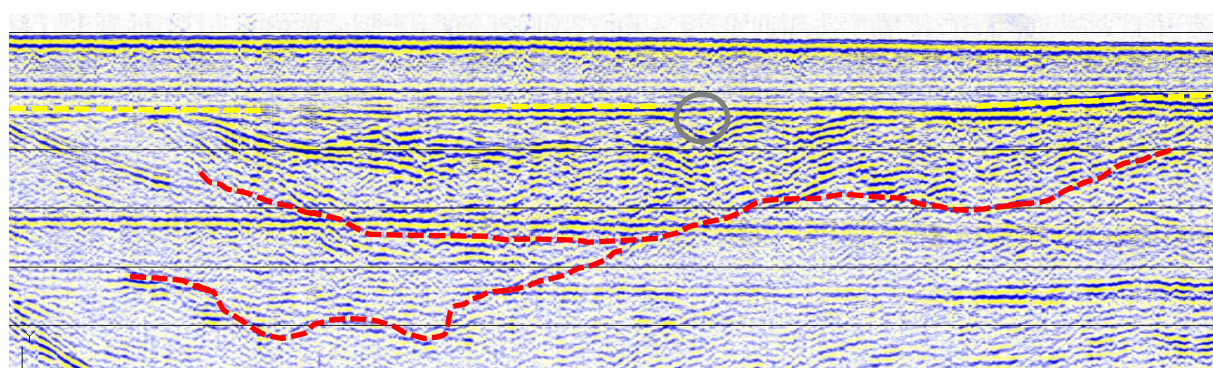
Le dimensioni di questi paleo-canyons, che si susseguono sia verticalmente che orizzontalmente, sono rilevanti, infatti si estendono per qualche centinaio di metri e per profondità di qualche decina di metri. I sondaggi di PFTE hanno dato riscontro diretto di questa articolata sequenza, evidenziando lo spessore di svariate decine di metri dell'unità GS all'interno dell'unità ORV.

La difficoltà di ricostruire con precisione la geometria di questi paleo-canyons al di sotto della superficie Versiliana a causa del loro susseguirsi continuo nelle tre direzioni, associato alla difficoltà di definire con certezza la natura granulometrica dei sedimenti al loro interno, sono elementi che hanno portato ad evitare una loro rappresentazione nelle “*Sezioni geologiche*” di progetto.

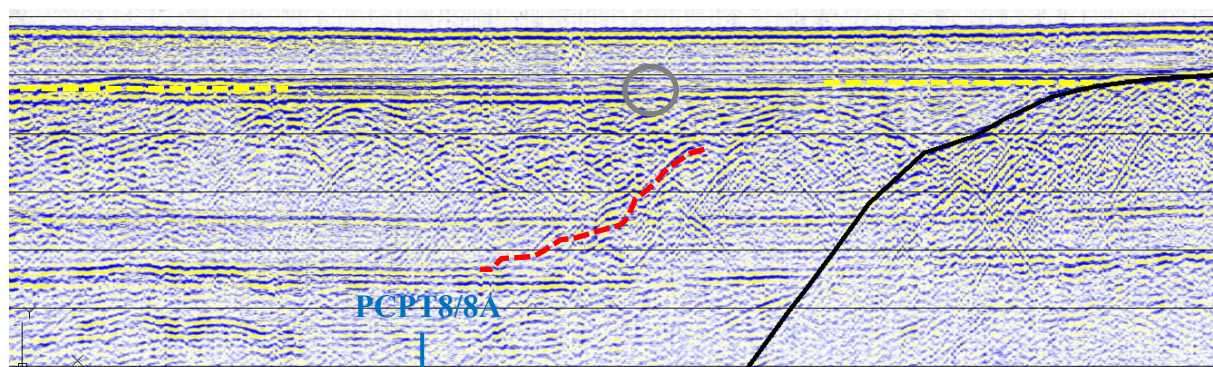
Si è pertanto deciso di indicare l'elemento di maggiore interesse per la progettazione ovvero la superficie Versiliana, che separa terreni con caratteristiche geotecniche molto diverse, che sono state misurate tramite una estesa campagna di prove in sito e di laboratorio.



Tratto W



Tratto Centrale



Tratto E

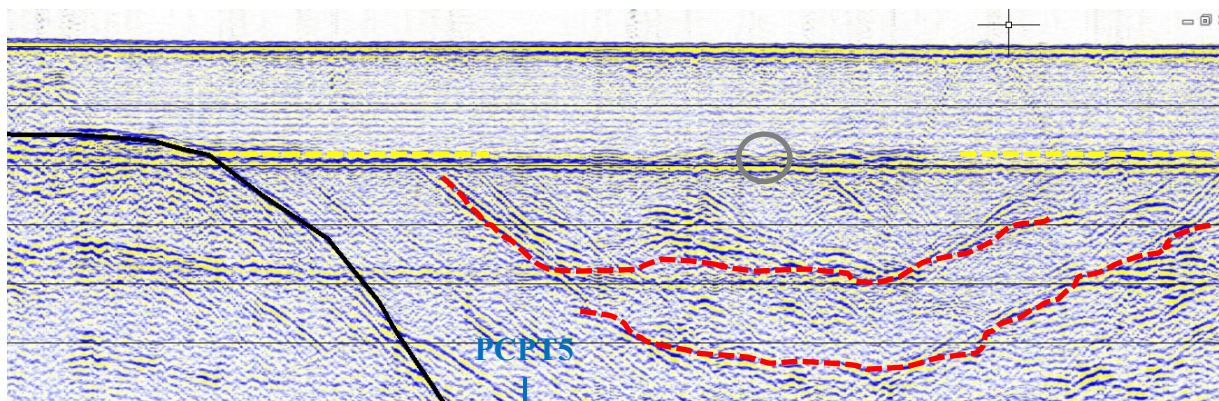
FIGURA 3-6 – INDAGINE SPARKER DI PFTE – LINEA PARALLELA ALLA COSTA N.1 – LIMITI ROCCIA IN NERO, SUPERFICIE EROSIVA VERSILIANA IN GIALLO, PALEOCANALI CERCHIATI IN GRIGIO, POSSIBILI LIMITI DI PALEO-CANYONS IN ROSSO

Nuova diga foranea del porto di Genova - ambito bacino di Sampierdarena  
Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica  
Studio di Impatto Ambientale – Risposta alle richieste di integrazione del MiTE  
Allegato D - Cap. 9 - Geologia Marina

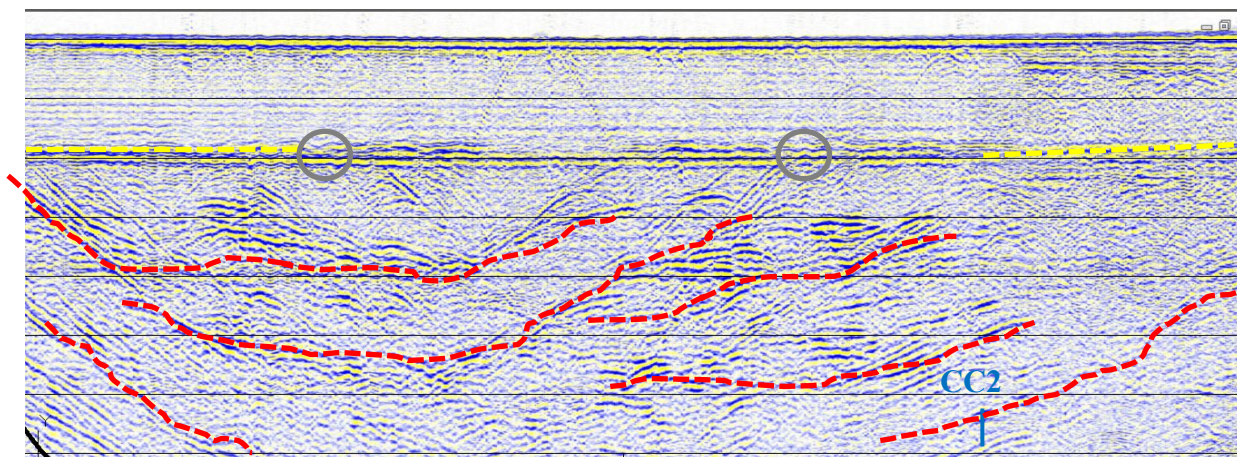
Rev.00

Data: 16 Febbraio 2022

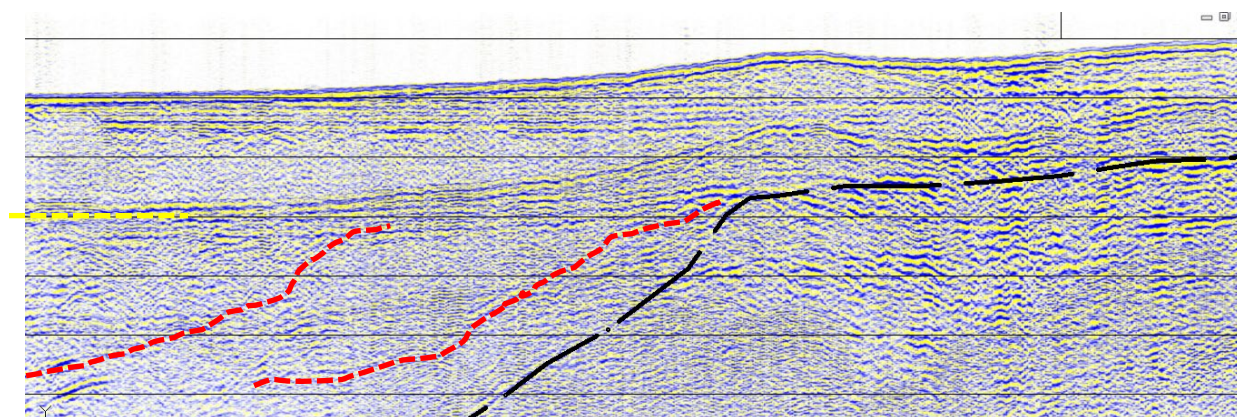
El. MI046R-PF-D-A-R-070-D-00



Tratto W



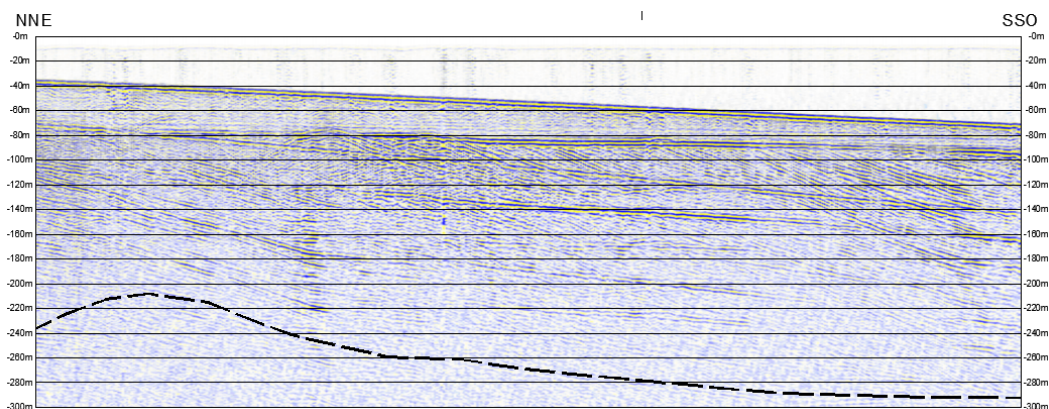
Tratto Centrale



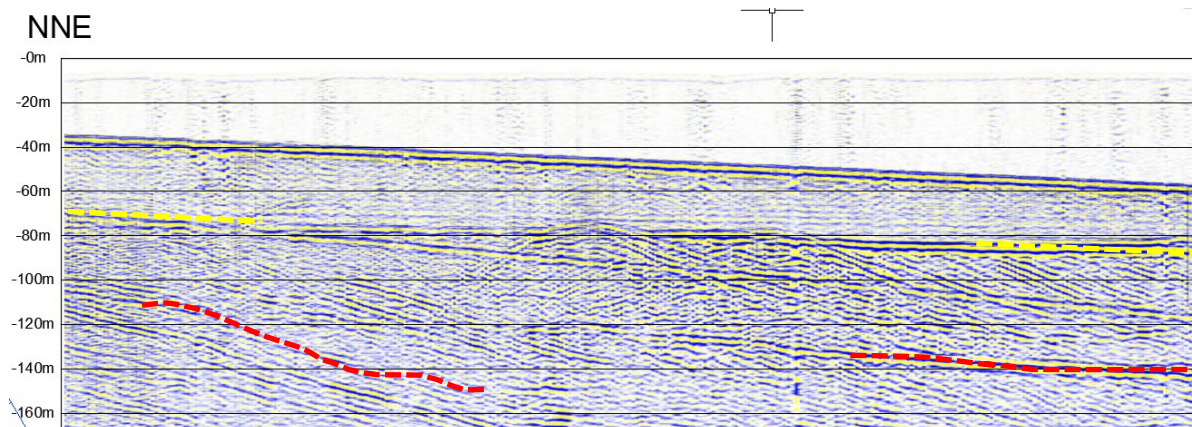
Tratto E

FIGURA 3-7 – INDAGINE SPARKER DI PFTE – LINEA PARALLELA ALLA COSTA N.2 – LIMITI  
ROCCIA IN NERO, SUPERFICIE EROSIVA VERSILIANA IN GIALLO, PALEO-  
CANALI CERCHIATI IN GRIGIO, POSSIBILI LIMITI DI PALEO-CANYONS IN  
ROSSO

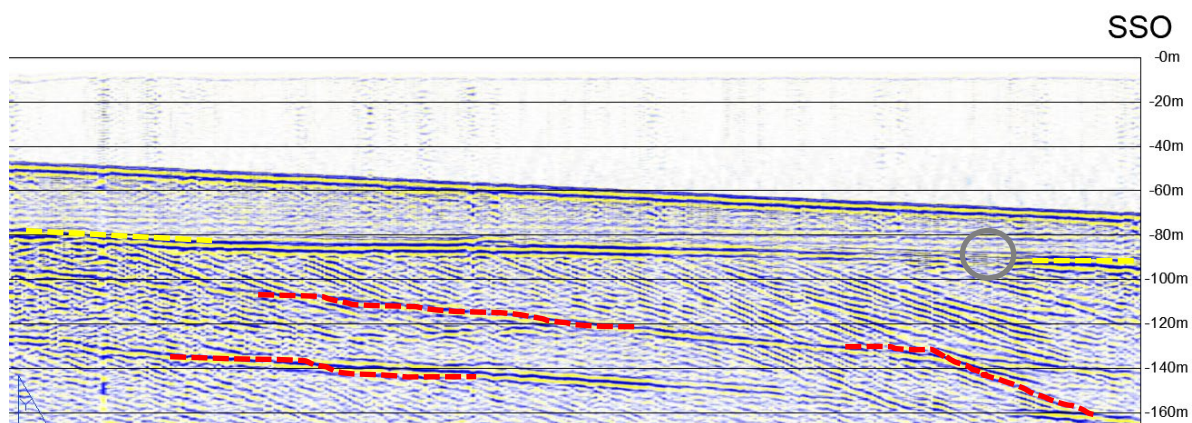




Vista generale



Tratto N - centrale



Tratto centrale - S

FIGURA 3-8 – INDAGINE SPARKER DI PFTE – LINEA TRASVERSALE ALLA COSTA N.3 – LIMITI ROCCIA IN NERO, SUPERFICIE EROSIVA VERSILIANA IN GIALLO, PALEO-CANALI CERCHIATI IN GRIGIO, POSSIBILI LIMITI DI PALEO-CANYONS IN ROSSO

#### **4. MORFOLOGIA E CRITICITA' DEI FONDALI**

La figura seguente riporta uno stralcio del Foglio 03 Genova, scala 1:50.000, del progetto MaGIC (Marine Geohazards along the Italian Coasts), realizzato in collaborazione con la Protezione Civile Nazionale per la mappatura dei lineamenti di pericolosità geologica dei mari italiani, ai quali sono associate situazioni potenzialmente critiche e quindi meritevoli di attenzione.

E' bene specificare che le tavole prodotte da questo progetto riportano esclusivamente gli elementi di pericolosità, ma non c'è alcuna definizione del rischio correlato, che necessita di ulteriori indagini per essere definito, come indicato dal progetto MaGIC stesso, che fornisce una interpretazione a più livelli:

- Livello 1 Domini Fisiografici
- Livello 2 Unità Morfologiche
- Livello 3 Elementi Morfobatimetrici
- Livello 4 Punti di criticità

Si riporta la descrizione dei suddetti livelli per l'area di studio.

##### Livello 1 – Domini Fisiografici

L'area di progetto è prossima alla linea di costa e ricade pienamente all'interno della piattaforma continentale con pendenza dei fondali di pochi gradi e morfologia molto uniforme.

Le testate dei canyons si collocano al passaggio tra la scarpata e la piattaforma continentale tra le isobate – 100/-150 m slm, i canyons sono classificati come “Area erosiva”, le loro testate si trovano ad una distanza tra 3 – 4 Km dall'opera.

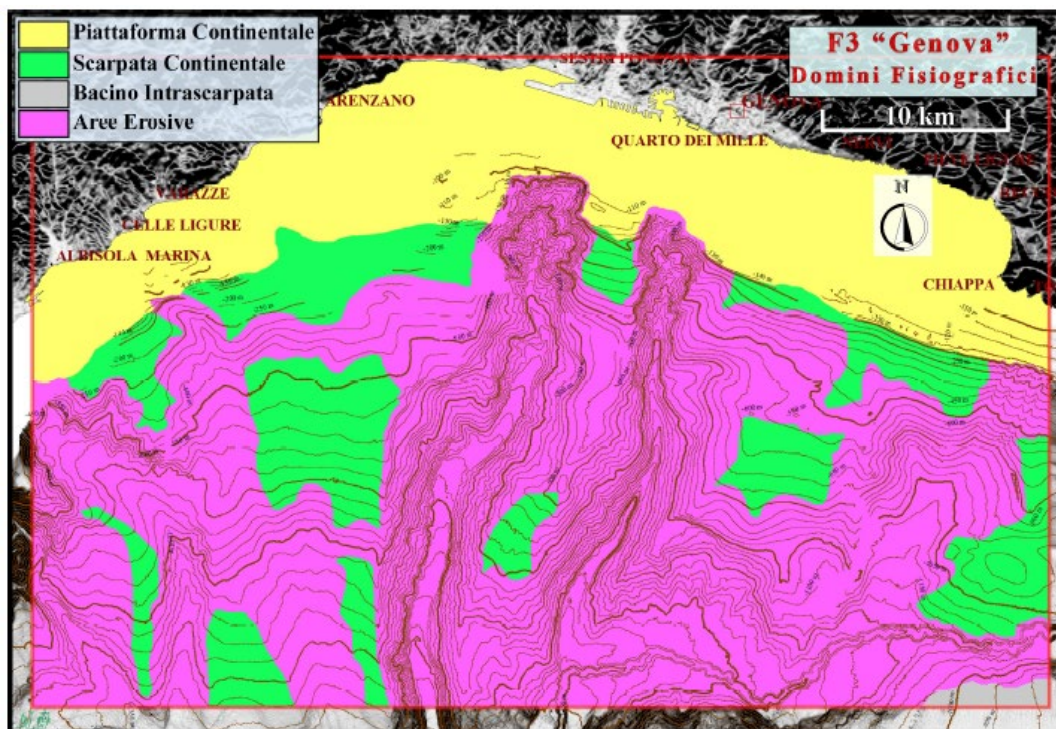


FIGURA 4-1 – PROGETTO MAGIC – FOGLIO 03 GENOVA – DOMINII FISIOGRAFICI

### Livello 2 - Unità Morfologiche

La figura seguente riporta l'intero Foglio 03, dove non è riportata la presenza all'interno dei canyons di: eventi gravitativi importanti, depositi di frana prevalenti, aree soggette a flussi torbidity prevalenti, aree con fuoriuscite di fluidi. Ne deriva che i canyons non presentano processi morfologici in atto tali da supporre la presenza di potenziali fenomeni gravitativi importanti ovvero capaci di determinare l'instabilità di larghe porzioni della scarpata continentale.

Le aree ad erosione diffusa, presenti al di fuori dei canyons, sono interessate per lo più da dissesti gravitativi di piccola entità, come specificato nelle Note Illustrative del Foglio 03.

Non sono stati individuati lineamenti tettonici di importanza regionale nelle aree rilevate, che sono adiacenti a quella di progetto.

Si nota come le dimensioni delle testate dei canyons siano molto inferiori a quelle dei canyons stessi, questo significa che la loro genesi/evoluzione non dipende dal flusso di materiale che deriva dalle testate.

In altre parole la conformazione attuale dei canyons rappresenta per lo più un relitto dei processi di sedimentazione ed erosione che si sono susseguiti nel Pleistocene, come descritto in precedenza, confermando ulteriormente la stabilità dell'intero sistema a partire dall'Olocene.

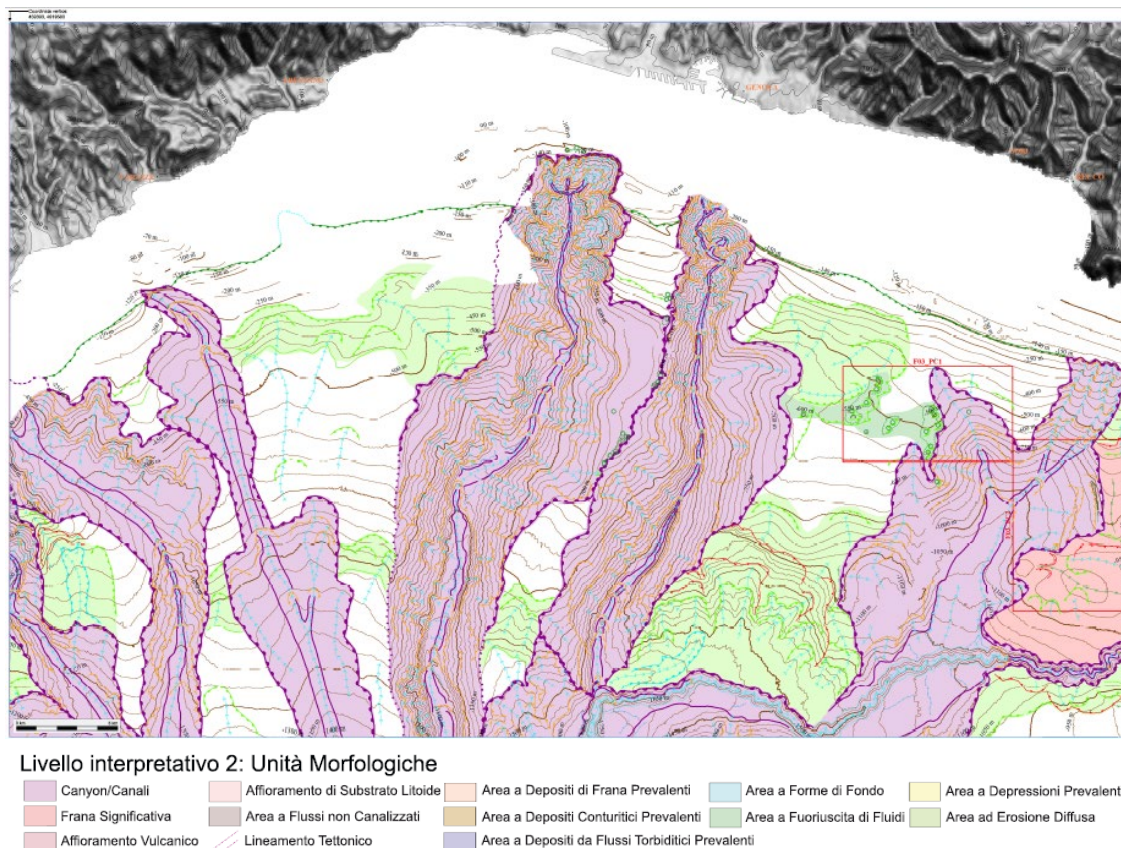


FIGURA 4-2 - PROGETTO MAGIC – FOGLIO 03 GENOVA – UNITA' MORFOLOGICHE

### Livello 3 - Elementi Morfobatimetrici

La figura seguente riporta uno stralcio del settore superiore dei canyons comprensivo anche delle relative testate.

Gli elementi morfobatimetrici individuati sono: scarpata canyon/canale (ciglio a spigolo tondo), scarpata canyon/canale (base), canale a fondo arrotondato, scarpata nicchia di frana intracanalale.

Gli elementi morfologici delimitano i bordi ed il fondo dei canyons ed individuano la presenza di diffuse nicchie di frana interne ai canyons, che come descritto nelle Note Illustrative del Foglio 03 si tratta di instabilità corticali, generate sia da fenomeni erosivi che gravitativi. Non sono quindi presenti elementi morfologici che indichino in modo chiaro la presenza o lo sviluppo di fenomeni gravitativi di grandi dimensioni.

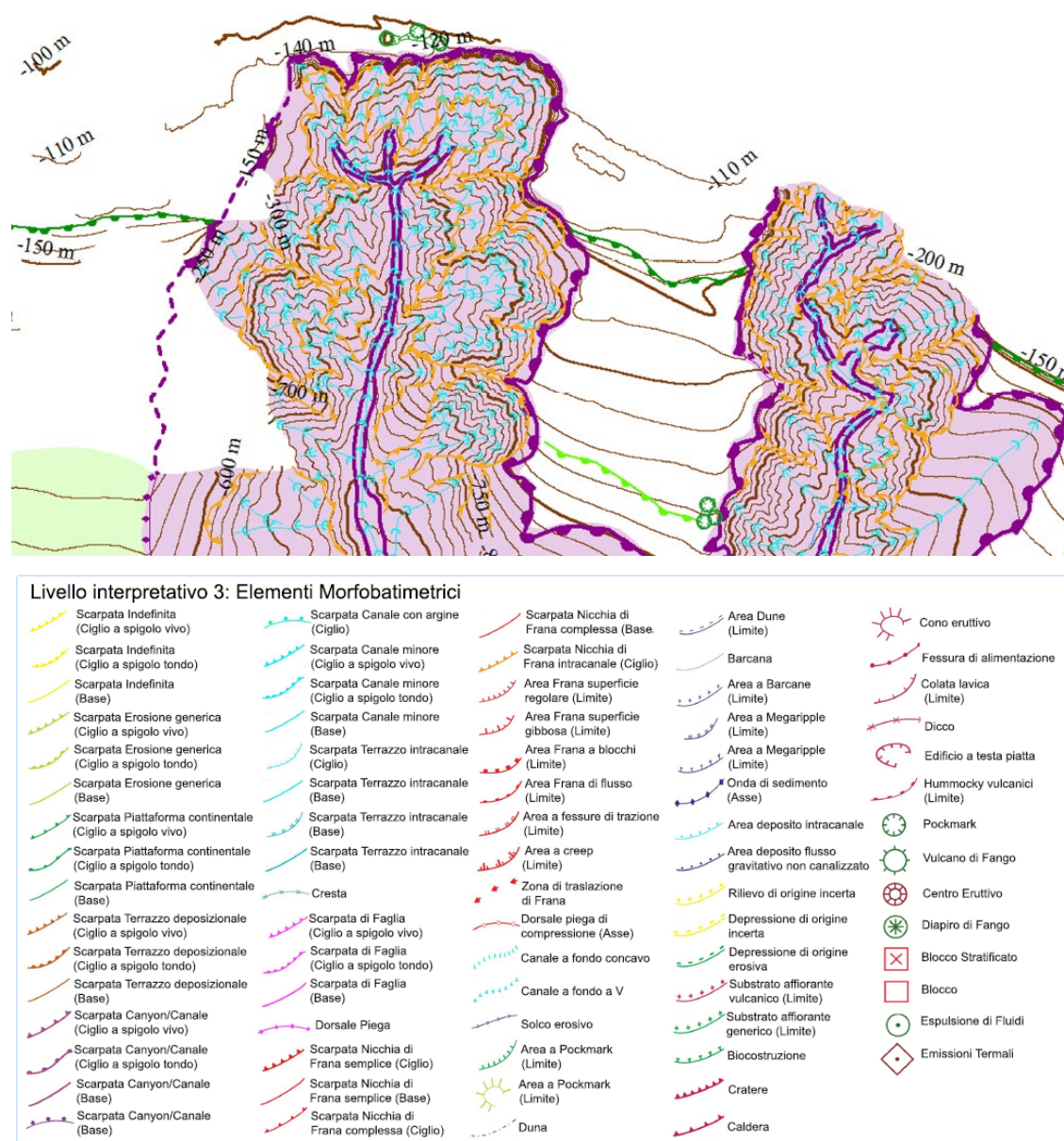
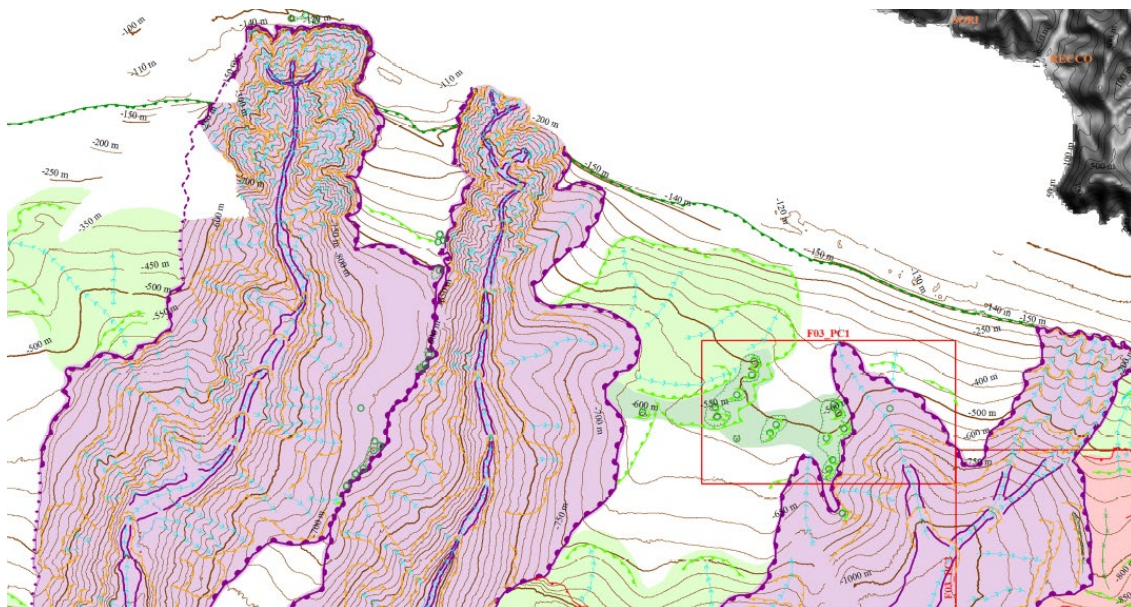


FIGURA 4-3 - PROGETTO MAGIC – FOGLIO 03 GENOVA – ELEMENTI MORFOBATIMETRICI

#### Livello 4 - Punti di criticità

Le Note Illustrative del Foglio 03 riportano la descrizione dei seguenti due punti di criticità: F3-PC1 Testata canale di Portofino e F3-PC2 Frana di Portofino.

L'ubicazione di questi due punti è nei riquadri rossi posti ad E dei canyons, visibili nello stralcio della figura seguente. La loro distanza è tale che non vi è la possibilità di interferenza con i canyons del Bisagno e del Polcevera.



**FIGURA 4-4 - PROGETTO MAGIC – FOGLIO 03 GENOVA – PUNTI DI CRITICITA' F3-PC1 E F3-PC2 NEI RIQUADRI ROSSI**

## **5. STABILITA' DEI FONDALI**

### **5.1. Area di progetto ed area vasta di piattaforma continentale**

I fondali della piattaforma continentale sono stabili in virtù delle pendenze di pochi gradi, come evidenziato dalle indagini di progetto e dalle carte nautiche dell'area, che riportano una morfologia regolare ed omogenea a pendenza costante fino sul ciglio della scarpata continentale.

Ne deriva che i fondali presenti nell'area di progetto e per un intorno significativo dell'opera nell'ordine di 3 -4 Km sono stabili e non presentano segni morfologici di processi erosivi e/o di sedimentazione e/o gravitativi attivi o potenziali in grado di generarne l'instabilità.

La progettazione dell'opera è avvenuta secondo quanto indicato dalle NTC18, normativa nazionale di riferimento per la progettazione e costruzione delle opere civili, andando a ricostruire il modello geologico e geotecnico di riferimento all'interno di un'area molto più estesa rispetto al solo ingombro della diga, permettendo così di giungere ad una corretta e robusta ricostruzione dell'assetto stratigrafico dell'area.

Le profondità raggiunte dalle indagini hanno garantito di acquisire informazioni all'interno del volume di terreno interessato dallo stato tensionale indotto dall'opera.

Sono state fatte quindi delle analisi geotecniche di stabilità e di cedimento, che hanno permesso di analizzare l'interazione opera – terreno. Le verifiche di stabilità sono state fatte sia in assenza che in presenza di sisma, considerando l'azione sismica di progetto con tempo di ritorno  $Tr = 712$  anni, ottenendo sempre valori del fattore di sicurezza  $Fs$  superiori ai limiti di Normativa.

Questo risultato è stato raggiunto grazie all'incremento di resistenza dei terreni di fondazione tramite il loro trattamento diffuso al di sotto della diga con colonne di ghiaia secondo una precisa maglia geometrica.

La ricostruzione della evoluzione dei canyons in termini di processi erosivi e di sedimentazione, l'analisi dei caratteri morfologici dei fondali della piattaforma continentale, la definizione delle caratteristiche geotecniche dei sedimenti con l'indagine di progetto sono tutti elementi che hanno portato a definire la stabilità dell'opera e quella dei fondali nell'area di progetto.

## 5.2. Area vasta di scarpata continentale

La scarpata continentale ed il ciglio della piattaforma, interessati dai canyons del Polcevera e del Bisagno, sono stati recentemente mappati nel corso del progetto MaGIC, che rappresenta lo studio più importante, attualmente disponibile, per la mappatura dei lineamenti di pericolosità geologica dei mari italiani.

I rilievi eseguiti indicano come i canyons presenti sulle scarpate sono dovuti a processi erosivi, sviluppatisi per lo più durante il Pleistocene, e non vi siano indizi di fenomeni tettonici.

Sono stati rilevati all'interno dei canyons dei fenomeni gravitativi localizzati, che si sviluppano nella porzione corticale dei sedimenti. Tali fenomeni non è detto che debbano essere correlati alla presenza di superfici di scivolamento nette, ma possono rappresentare anche fenomeni di creep, dovuti alla minore resistenza della coltre superficiale a causa del minore grado di confinamento. Tali fenomeni in entrambi i casi non hanno quindi la capacità di causare importanti evoluzioni delle testate dei canyons verso costa e possono essere paragonati ai movimenti corticali di un detrito su di un versante alpino.

L'analisi dei dati bibliografici e degli studi fatti indica condizioni generali di stabilità delle testate dei canyons, tuttavia allo stato attuale delle informazioni non è possibile definire se le testate stanno retrocedendo, in quanto non sono disponibili indagini mirate a tale scopo e ripetute nel tempo.

Questi fenomeni gravitativi potrebbero subire una evoluzione a seguito di un sisma di magnitudo non trascurabile, anche se è da escludere a causa della bassa sismicità dell'area, tuttavia non sussistono le condizioni morfologiche e geologiche, che causino un importante arretramento delle testate dei canyons verso costa.

E' evidente infatti che la distanza di 3 – 4 Km delle testate dalla costa, la pendenza di pochi gradi della piattaforma continentale e le caratteristiche geotecniche buone dei sedimenti Plio-Pleistoceni, all'interno dei quali l'ipotetica superficie di scivolamento si dovrebbe sviluppare, sono condizioni che eviteranno un importante arretramento delle testate nell'arco temporale del ciclo di vita dell'opera.

Queste considerazioni sono supportate dall'assenza delle condizioni morfologiche e geologiche nell'area di studio di quei fenomeni, che hanno invece condizionato lo



sviluppo di due importanti fenomeni gravitativi quali la frana di Portofino e la frana dell'aeroporto di Nizza, che vengono brevemente descritti nel seguito.

### 5.2.1. Frana di Portofino

La frana di Portofino, che si sviluppa dal piede della scarpata fino al di sopra della porzione centrale della scarpata stessa, occupa una superficie di circa 120 Km<sup>2</sup>. Sono presenti varie superfici di scivolamento rotazionali, quelle più recenti sono meno profonde e molto meno estese. La figura seguente riporta la perimetrazione della frana, la presenza degli epicentri dei sismi registrati ( $M_w \leq 4$ ) nonché una sezione sismica trasversale alla scarpata, dove è possibile vedere le superfici di scivolamento.

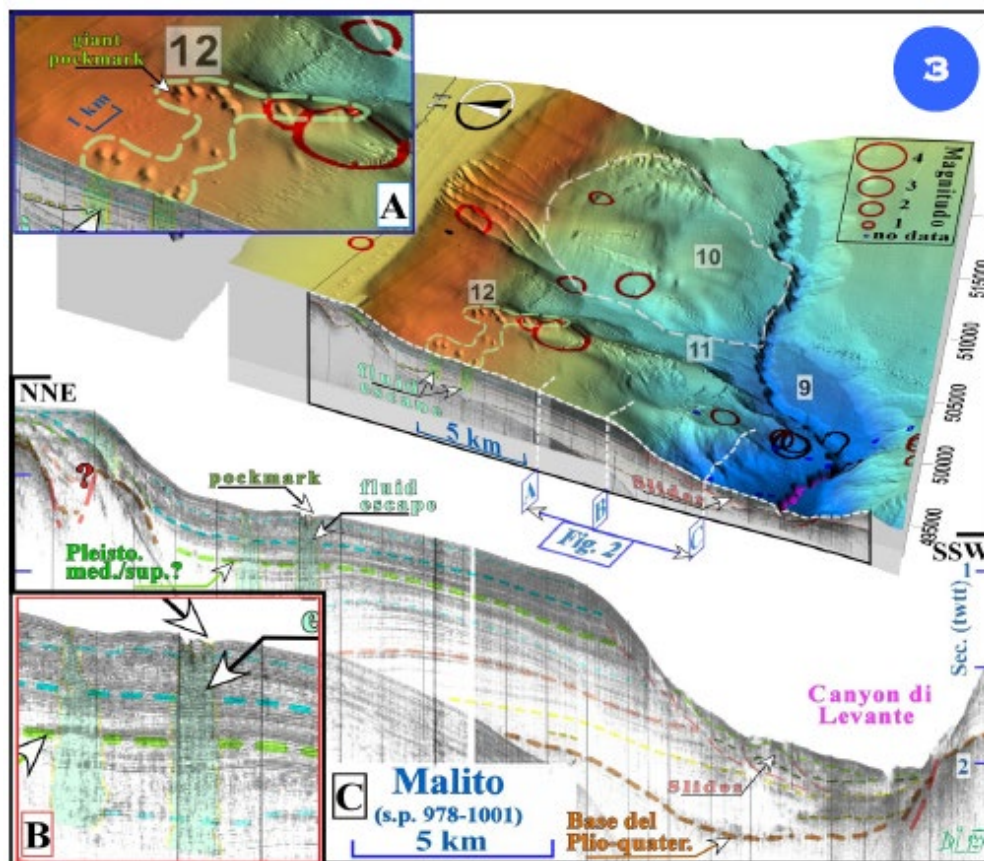


FIGURA 5-1 - PROGETTO MAGIC – FOGLIO 03 GENOVA – FRANA DI PORTOFINO

I fenomeni predisponenti all'innescò di questa frana sono stati individuati sia nella pendenza della scarpata continentale in questo settore, che soprattutto nell'erosione al piede della frana, operata in epoche geologiche dal paleo-canyon di Levante. Non è da escludersi anche il contributo dell'azione sismica.

Questi elementi sono tutti assenti nel caso dei canyons del Polcevera e del Bisagno.

Inoltre il fatto che questa frana non coinvolga l'intera scarpata, nonostante le sue dimensioni, è una conferma sia dell'agente di innescò del paleo – canyon, ora non più attivo, che della resistenza dei sedimenti Plio-Quaternari, che di fatto hanno impedito alla frana di propagarsi fino alla sommità della scarpata.

#### 5.2.2. Frana dell'aeroporto di Nizza

La frana è avvenuta nel 1979 in concomitanza con la costruzione dell'ampliamento dell'aeroporto di Nizza.

Sono stati pubblicati molti studi anche recentemente, arrivando a concludere che l'evento è dovuto ad una combinazione di diversi fattori:

- condizioni morfologiche dovute alla prossimità dell'opera al ciglio della scarpata continentale (distanza minima 200 m);
- condizioni geologiche dovute alla presenza di sedimenti fini, che poggiano al di sopra di ghiaie e sabbie molto permeabili, che affiorano a terra, venendo ricaricate dai corsi d'acqua;
- elevata pressione neutra all'interno dei sedimenti fini, dovuta alle elevate pressioni nelle sottostanti ghiaie e sabbie, collegate alla terraferma, a seguito di un periodo di intense piogge;
- terremoto la cui azione sismica è stata amplificata alla sommità della scarpata per condizioni morfologiche e geologiche locali.

Questi elementi sono tutti assenti nel caso dell'opera di progetto e dei canyons del Polcevera e del Bisagno.

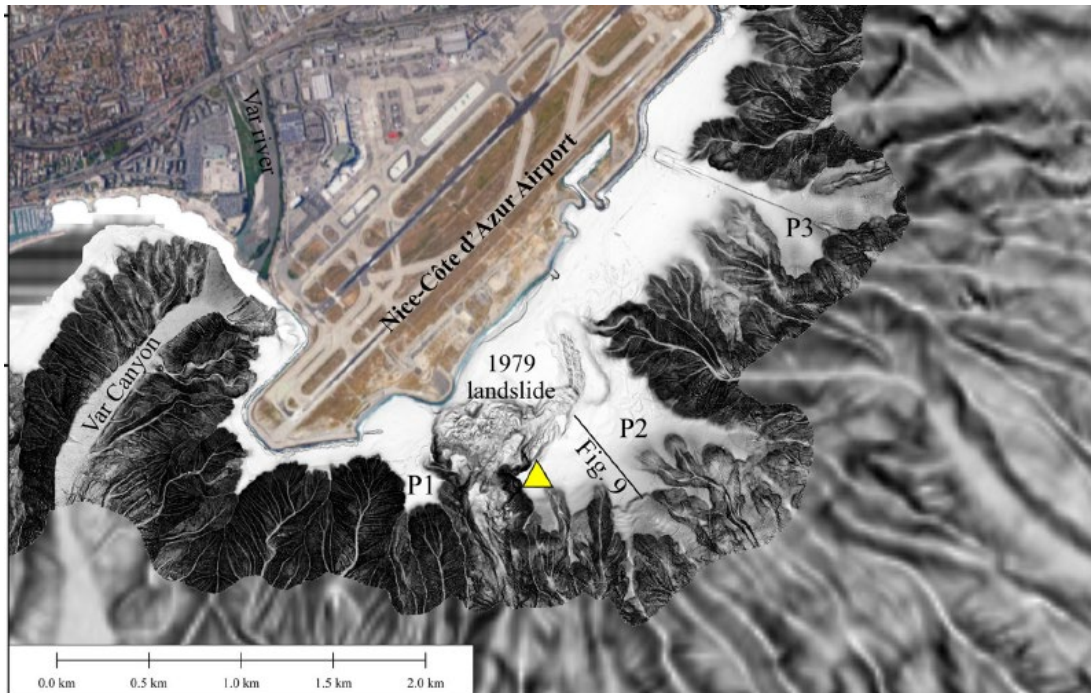


FIGURA 5-2 – FRANA DELL’AEROPORTO DI NIZZA – PLANIMETRIA DI UBICAZIONE (COURBOULEX F. ET ALII, 2020)

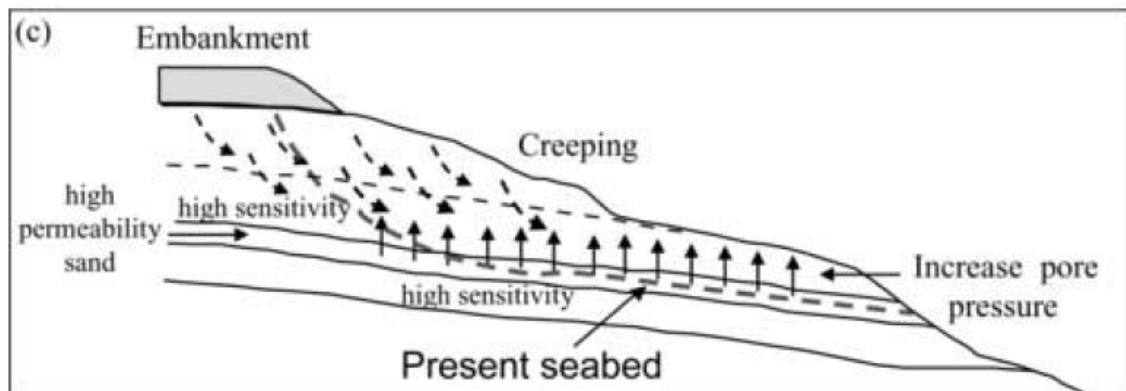


FIGURA 5-3 – FRANA DELL’AEROPORTO DI NIZZA – SEZIONE GEOLOGICA (DAN G. ET ALII 2007)

## 6. PERICOLOSITA' SISMICA DI RIFERIMENTO PER LA REDAZIONE DI PROGETTI IN ITALIA

La pericolosità sismica del territorio nazionale italiano è stata definita dall'INGV secondo la classificazione delle Zone Sismogenetiche ZS9 (Meletti C. e Valensise G., 2004). Il settore della costa ligure, dove è presente Genova, è privo di zone sismogenetiche, si veda Figura 6-1, pertanto la sua sismicità è stata definita tramite un'analisi accoppiata magnitudo – distanza in rapporto alla distanza minima del sito dalle zone sismogenetiche circostanti N.911 e 910.

La zona N.911 “Tortona – Bobbio” funge da svincolo tra il sistema alpino e quello appenninico con una  $M_w$  massima di 6.14. Il meccanismo di fagliazione prevalente è di tipo trascorrente con una profondità degli ipocentri tra 8 – 12 (Km).

La zona N.910 rappresenta la congiunzione tra il sistema Alpino e quello del Bacino Ligure ed è caratterizzata da una magnitudo massima  $M_w = 6.6$ .

Ne deriva che l'area di Genova risente della sismicità di questi due settori, ma con intensità minore a causa della distanza dagli stessi e quindi della attenuazione del segnale sismico.

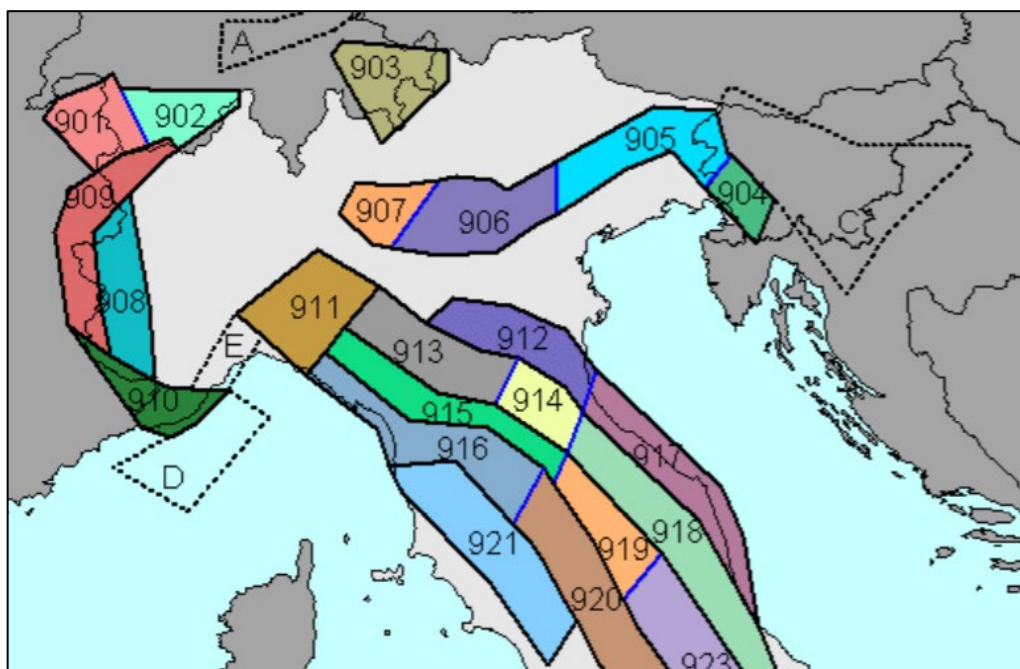


FIGURA 6-1 – ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9 (MELETTI C. E VALENSISE G., 2004)

Il DISS (Database delle Sorgenti Sismogenetiche Italiane) riporta le faglie principali attive in grado di generare un terremoto con magnitudo  $M_w > 5.5$ , l'area di progetto ne è priva in accordo con la zonazione ZS9, si veda figura seguente. Le principali faglie attive alle minori distanze dall'area di progetto sono le seguenti:

- Promontorio di Imperia, ITIS130,  $M_w = 6.6$ , distanza circa 60 - 70 km;
- Monferrato Orientale, ITCS180,  $M_w = 5.5$ , distanza circa 80 - 90 km;
- Rivanazzano – Stradella, ITCS018,  $M_w = 5.5$ , distanza circa 80 - 90 km;
- Lunigiana, ITCS026,  $M_w = 6.0$ , distanza circa 60 - 80 km;
- Garfagnana, ITCS083,  $M_w = 6.4$ , distanza circa 100 - 120 km.

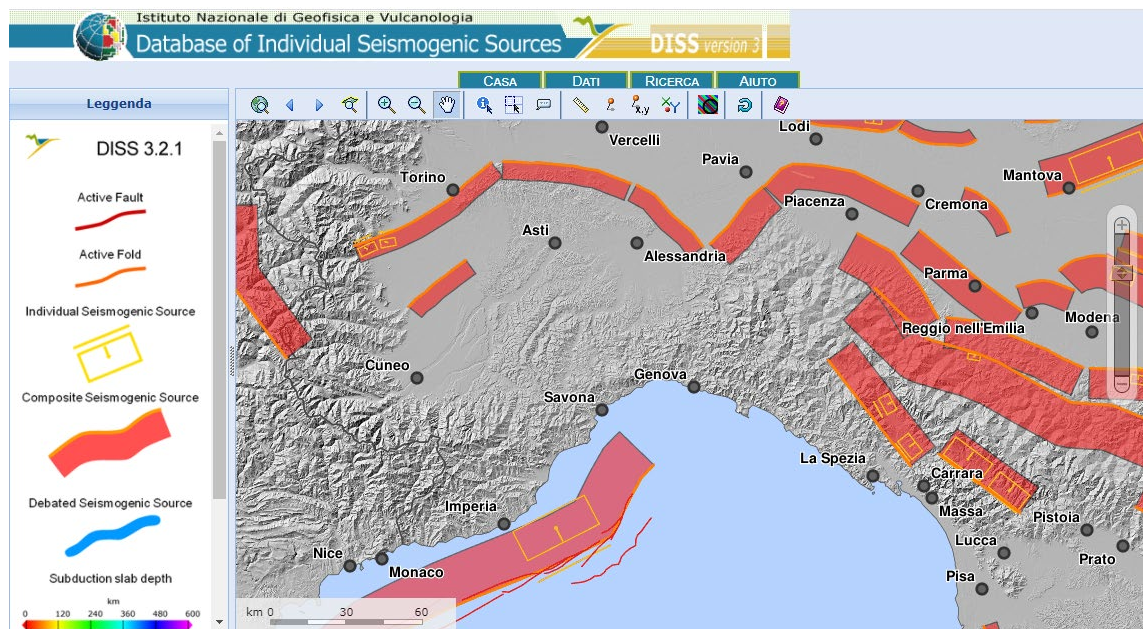


FIGURA 6-2 – DATABASE DELLE SORGENTI SISMOGENETICHE ITALIANE DISS ([HTTP://DISS.RM.INGV.IT/DISSMAP](http://DISS.RM.INGV.IT/DISSMAP))

Il catalogo parametrico dei terremoti italiani CPTI15v3.0 per  $M_w \geq 4$  (da Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., 2019 - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15, versione 3.0 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia INGV) indica per l'area di studio gli eventi sismici registrati tra il 1000 e il 2019. Gli eventi con magnitudo massima prossimi all'area di progetto ( $d = 75-110$  Km) sono quelli con epicentro in Lunigiana e Garfagnana, che caratterizzano la zona

sismogenetica 911, e presso il promontorio di Imperia, afferente alla zona sismogenetica 910.

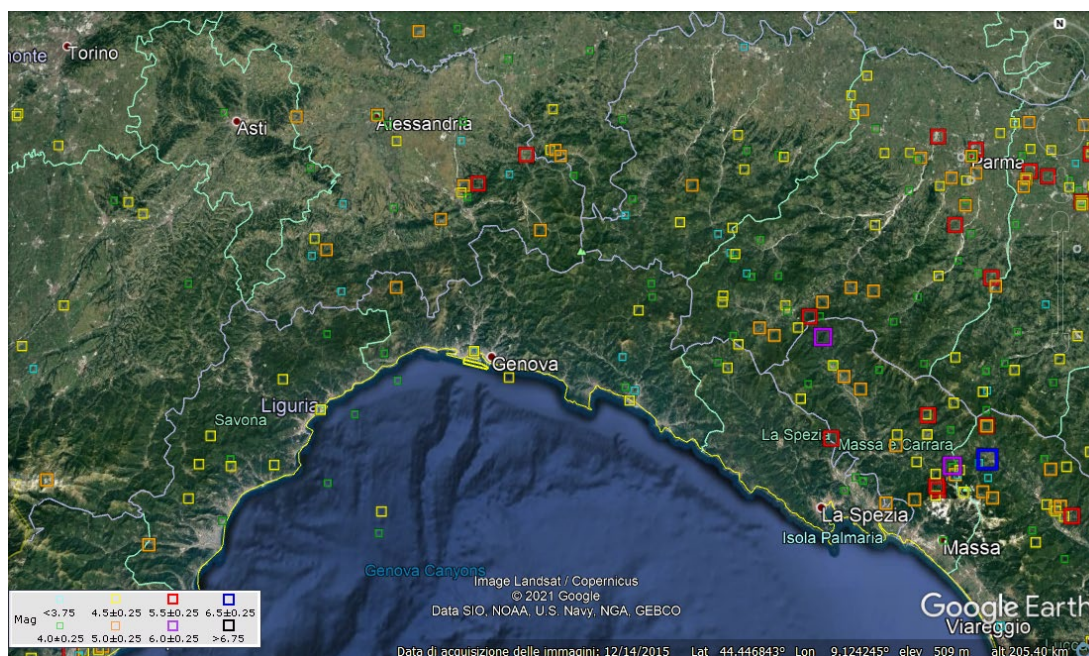


FIGURA 6-3 – CATALOGO PARAMETRICO TERREMOTI ITALIANI CPTI15 v.3.0 DAL 1000 AL 2020, COMUNE DI GENOVA ([HTTPS://EMIDIUS.ML.INGV.IT/CPTI15-DBMI15](https://emidius.ml.ingv.it/CPTI15-DBMI15))

Il Database Macrosismico Italiano DBMI15v3.0 per  $I \geq 5$  (Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E., Antonucci A., 2019. Database Macrosismico Italiano DBMI15v3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia INGV) mostra che l'intensità massima risentita a Genova è pari a  $I = 6 - 7$ , correlata agli eventi con epicentro a Genova/Imperia/Garfagnana/Oltrepo Pavese.

Gli eventi storici registrati a Genova sono n.127, la maggior parte di questi ricade tra il 1700 ed oggi con intensità più frequente  $I$  di 3 – 4, si veda Figura 6-4.

Tutta la documentazione ufficiale prodotta a livello nazionale dall'INGV (ZS9, DISS, CPTI15, DBMI), sulla base della quale è stata redatta la pericolosità sismica del territorio italiano di riferimento per la progettazione delle opere in Italia, classifica il

comune di Genova in zona sismica 3 ovvero possono verificarsi terremoti di modesta intensità a causa della assenza di strutture sismogenetiche nell'area.

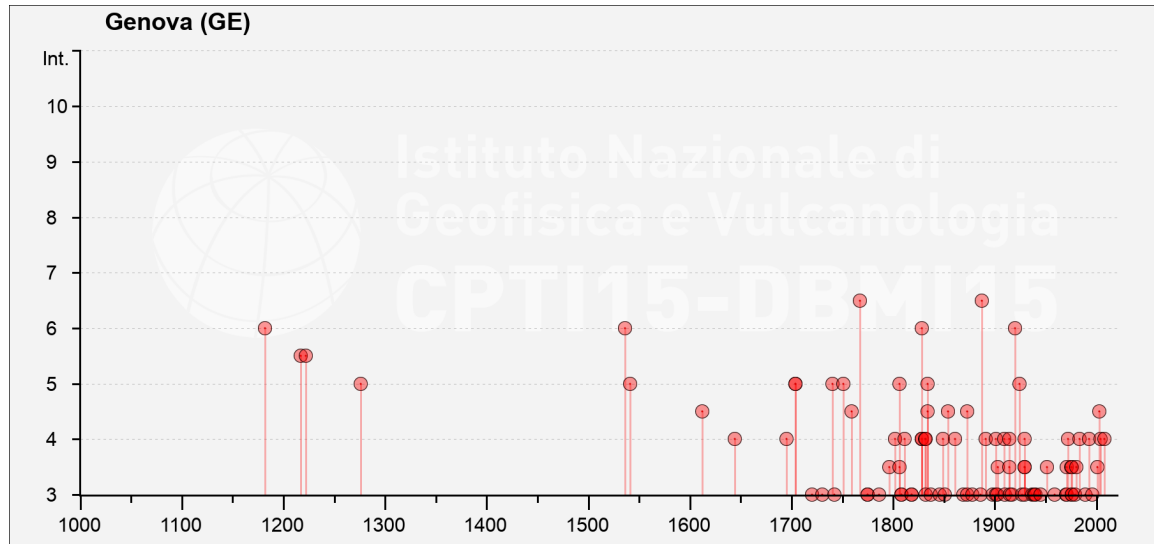


FIGURA 6-4 – DATABASE MACROSISMICO ITALIANO DBMI v.3.0 DAL 1000 AL 2020, COMUNE DI GENOVA ([HTTPS://EMIDIUS.MI.INGV.IT/CPTI15-DBMI15](https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15))

La Figura 6-5 riporta la mappa interattiva della pericolosità sismica di base in condizione di campo libero (senza manufatti) per substrato rigido (categoria tipo A) e piano campagna orizzontale (categoria T1), tratta dall'INGV.

Il valore della accelerazione di riferimento è  $a_g = 0.05 - 0.075(g)$  ed è stimata al 50° percentile per un evento sismico con probabilità di accadimento del 10(%) in 50 anni, quindi con tempo di ritorno  $T_r = 475$  anni.

Il grafico di disaggregazione magnitudo – distanza indica che la pericolosità sismica è dovuta per lo più ad eventi sismici con magnitudo  $M_w = 4 - 5.5$  e posti ad una distanza dal sito fino a 40 Km, come indicato dai cataloghi CPTI15 e DBMI.

La magnitudo media per l'area di studio è di  $M_w = 4.99 \sim 5$  per una distanza media di 32 Km, questo significa che eventi sismici di maggiore intensità ma posti a distanze superiori determinano un risentimento sismico inferiore in virtù della attenuazione.

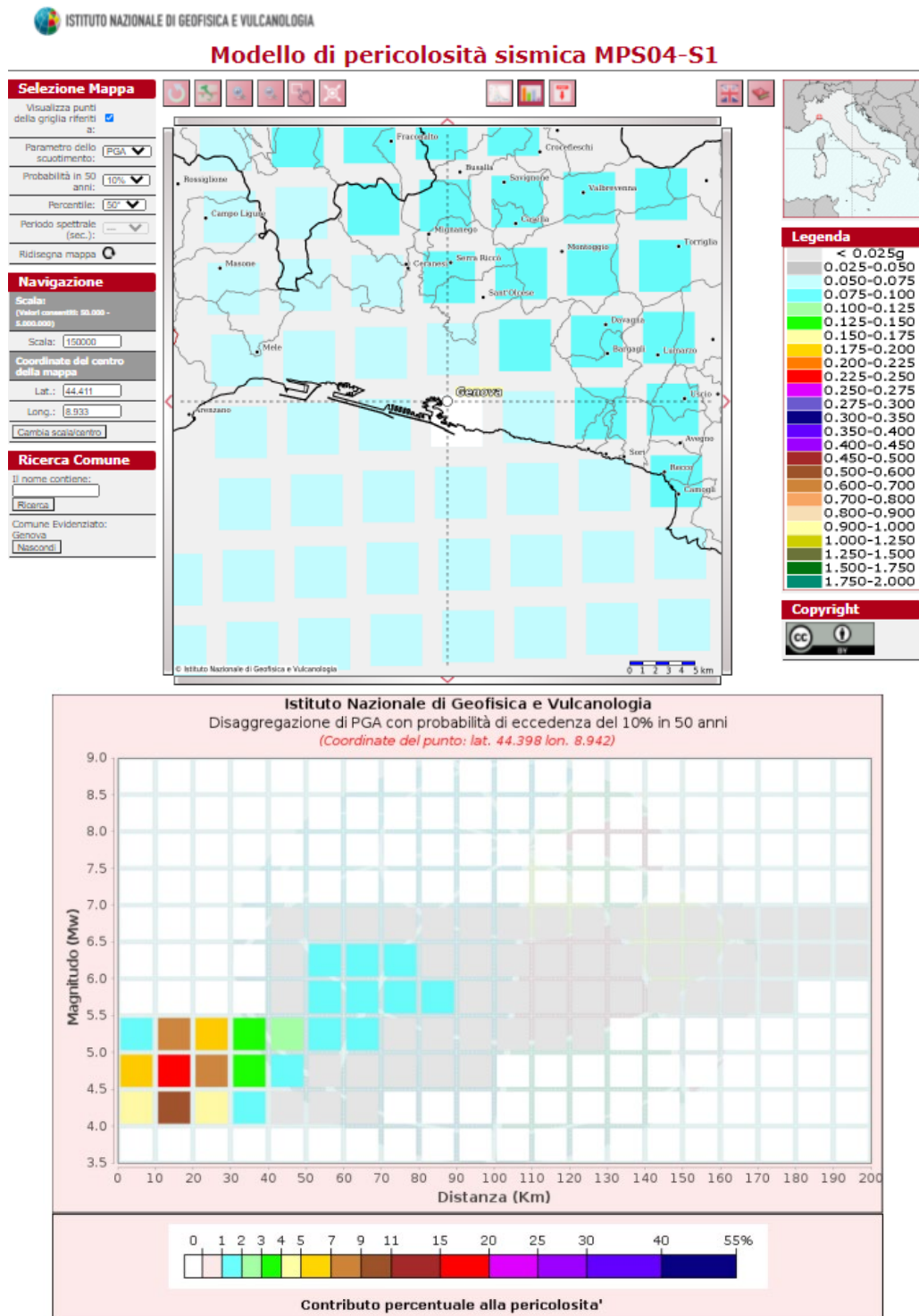


FIGURA 6-5 - MAPPA INTERATTIVA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA E GRAFICO DELLA DISAGGREGAZIONE M-D ([HTTP://ESSE1-GIS.MI.INGV.IT](http://ESSE1-GIS.MI.INGV.IT))



## 7. FAGLIE CAPACI

Sulla base di quanto riportato nelle “Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC)” ver.1.0, pubblicate dal Dipartimento della Protezione Civile nel 2015, una FAC può essere definita se e solo se almeno due delle tre condizioni minime, sotto elencate, sono verificate:

1. l’area oggetto dello studio di Microzonazione Sismica (MS) ricade in area epicentrale di terremoti storici con  $M_w > 5.5$  (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPT15);
2. la letteratura scientifica disponibile riporta la presenza di faglie all’interno di formazioni tardo-pleistoceniche-oloceniche;
3. sono segnalate evidenze di attività recente delle faglie rilevate sul campo da geologi, durante i rilievi geologico – tecnici per la stesura delle carte di MS.

Una FAC è una faglia che si è attivata almeno una volta negli ultimi 40.000 anni (parte alta del Pleistocene superiore – Olocene) e che è in grado di raggiungere, in caso di attivazione, la superficie topografica, producendo una frattura/dislocazione del terreno

Nell’area di Genova nessuna delle tre suddette condizioni sono verificate:

1.  $M_w = 4 - 5$  dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPT15;
2. nessuna indicazione;
3. nessuna segnalazione.

Tale assetto è confermato dalla D.G.R. n. 534 del 18.06.2021, che sancisce il recepimento in Regione Liguria delle Linee Guida Nazionali per la gestione del territorio interessato dalla presenza delle FAC. Lo studio è stato condotto dall’Università di Genova DISTAV in collaborazione con la Regione Liguria e con la Protezione Civile. In esito agli studi effettuati, risulta che in Liguria non sono presenti faglie assimilabili alla tipologia delle FAC, vengono invece riportate le strutture sismogenetiche di interesse per gli studi di Microzonazione Sismica in Liguria, si veda Figura 7-1. L’area nel cerchio bianco è la città di Genova, mentre nei rettangoli bianchi si vedono le strutture sismogenetiche della Liguria, quella più prossima a Genova dista 25 – 30 Km. Tutta l’area di Genova non solo è priva di FAC ma non presenta nemmeno strutture sismogenetiche, tale studio conferma quindi il quadro generale ricostruito nei

Nuova diga foranea del porto di Genova - ambito bacino di Sampierdarena  
Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica  
**Studio di Impatto Ambientale – Risposta alle richieste di integrazione del MiTE**  
**Allegato D - Cap. 9 - Geologia Marina**

Rev.00

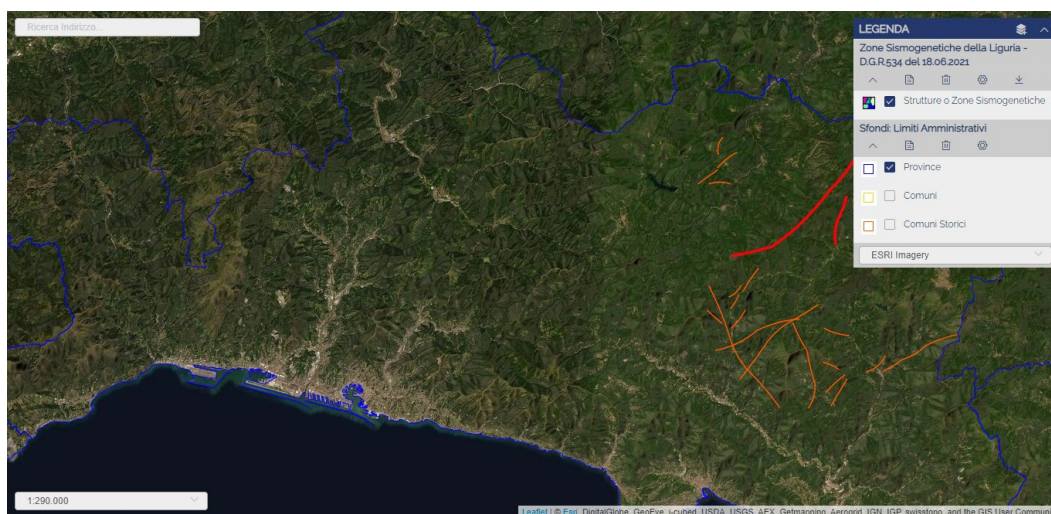
Data: 16 Febbraio 2022

El. MI046R-PF-D-A-R-070-D-00

capitoli precedenti ovvero che il graben di Porto Vecchio ed i corsi dei torrenti Polcevera e Bisagno non coincidono con faglie la cui attività si è manifestata negli ultimi 40.000 anni.



Vista generale Regione Liguria



Vista sulla città di Genova

FIGURA 7-1 – GEOPORTALE DELLA REGIONE LIGURIA – ZONE SISMOGENETICHE DELLA LIGURIA RECEPITE CON D.G.R. N.534 DEL 18/06/2021 ([HTTP://SRVCARTO.REGIONE.LIGURIA.IT/GEOVIEWER2/PAGES/APPS/GEOPORTALE/INDEX.HTML](http://srvcarto.regione.liguria.it/geoviewer2/pages/apps/geoportale/index.html))

Una ulteriore conferma di questo assetto deriva dal progetto italiano ITHACA (Italy HAZard from CAPable faults), che individua le faglie capaci sul territorio nazionale.

La Figura 7-2 indica che non sussistono faglie capaci cartografate sulla terra ferma ed all'interno dell'area di progetto, tuttavia è stata individuata tramite indagine geofisica a mare una faglia immediatamente a ponente verso il largo, il cui codice è n.94224 ed è nominata "Faglia Genova Mare 5". Si tratta di una faglia normale ad alto angolo, sepolta e la cui ultima attività non è nota e genericamente collocata nel Pleistocene.

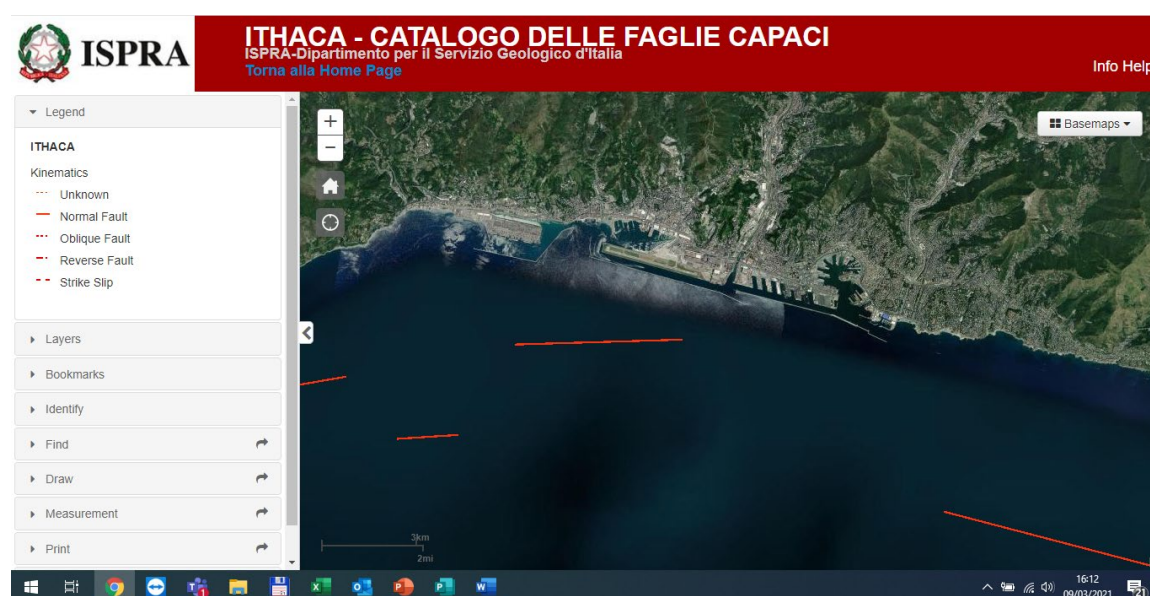


FIGURA 7-2 – DATABASE FAGLIE CAPACI ITHACA  
([HTTPS://WWW.ISPRAMBIENTE.GOV.IT/IT/PROGETTI/CARTELLA-PROGETTI-IN-CORSO/SUOLO-E-TERRITORIO-1/ITHACA-CATALOGO-DELLE-FAGLIE-CAPACI](https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci))

Il progetto ITHACA dunque conferma lo studio del DISTAV, recepito con la D.G.R. n. 534 del 18.06.2021, ovvero l'assenza di FAC nell'area di progetto, che ricade all'interno di un'area più vasta caratterizzata da assenza di strutture sismogenetiche e con una bassa sismicità, derivante dalle strutture sismogenetiche esterne poste a svariate decine di Km come le zone sismogenetiche n.910 e 911.

## 8. SISMICITA' DELL'AREA DI STUDIO DA ARTICOLI SCIENTIFICI

Sono stati recentemente pubblicati degli articoli scientifici (Dessa J.X. et alii 2020; Larroque C. et alii 2010 e 2012; Scafidi D. et alii 2015), che hanno approfondito la sismicità del settore di costa corrispondente al promontorio di Imperia, che ricade all'interno della zona sismogenetica N.910.

La Figura 8-1 (da Larroque C. et alii 2010) mostra che gli epicentri dei sismi sono concentrati nelle porzioni di territorio classificate con le zone N.910 e 911, mentre il settore di Genova ne presenta un numero molto inferiore, confermando quanto indicato dalla zonazione sismogenetica ZS9 e relative banche dati. Nella stessa figura la maggior parte dei terremoti storici hanno una magnitudo medio - bassa  $M_w \leq 4.5$ .

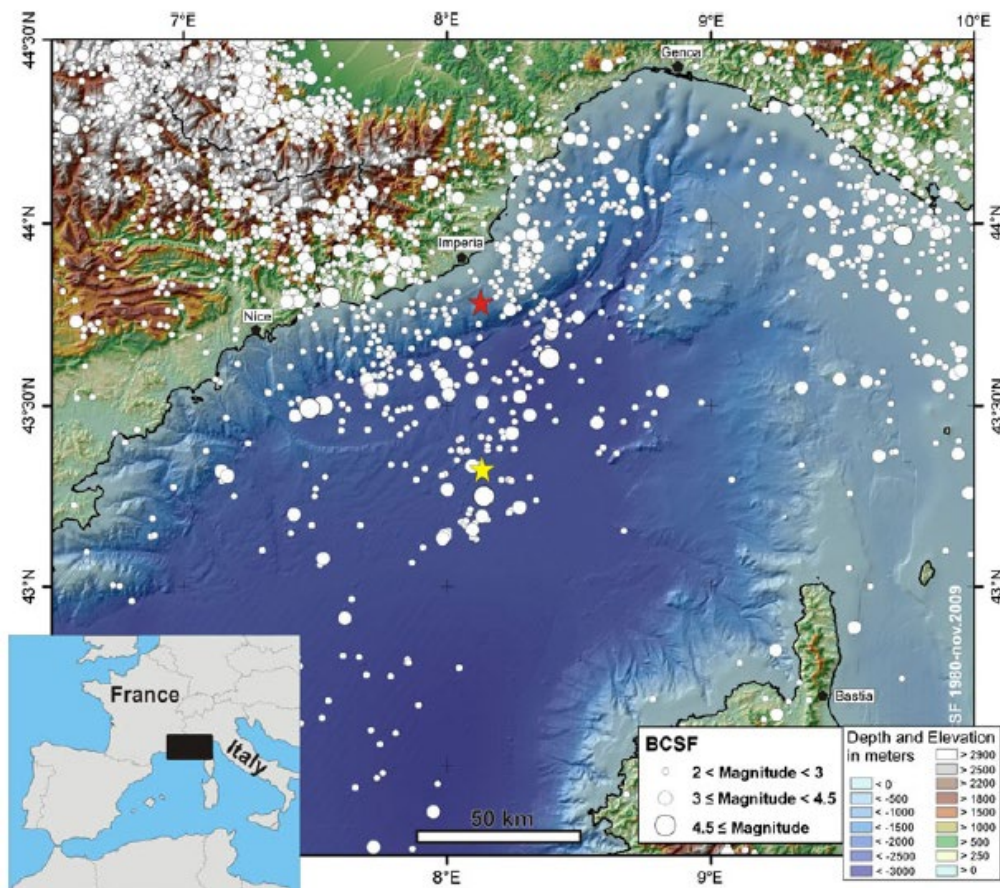


FIGURA 8-1 – MAPPA DELLA SISMICITA' DEL SETTORE DI CONGIUNZIONE TRA LE ALPI ED IL BACINO LIGURE (DA LARROQUE C. ET ALII 2010)

Gli Autori Larroque C. et alii (2010) hanno rianalizzato i dati storici di sismicità, concludendo che l'evento sismico del 1887 (stella rossa di Figura 8-1), che è il sisma di maggiore intensità a livello regionale con magnitudo stimata  $M_w = 6.5-6.7$ , può essere ragionevolmente ricollegato al sistema di faglie inverse, presenti sul fondale marino a 20 – 30 Km dalla costa del promontorio di Imperia, assumendo una profondità focale tra 10 – 20 Km, si veda Figura 8-2. La figura mostra con due colori diversi l'epicentro dell'evento del 1887 secondo il database francese Sisfrance e quello italiano CPTI, che riporta l'evento del 1887 con  $M_w = 6.6$  (vedi capitolo precedente).

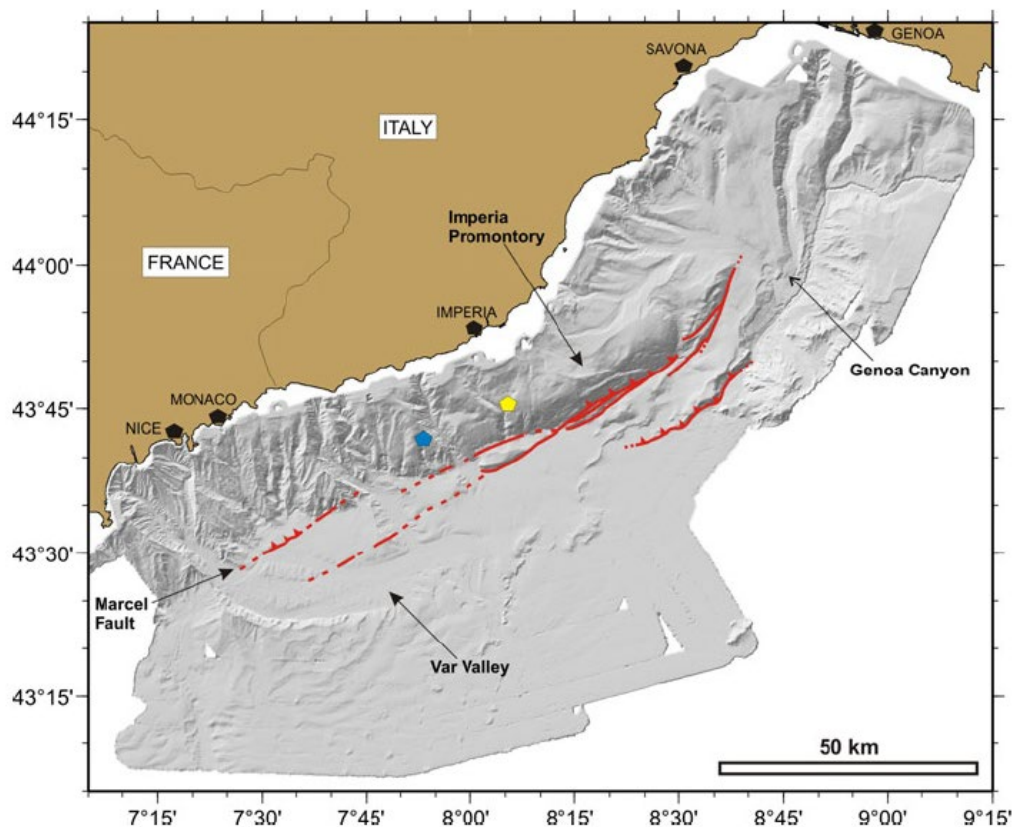


FIGURA 8-2 – MAPPA DELLA SISMICITA' DEL SETTORE DI CONGIUNZIONE TRA LE ALPI ED IL BACINO LIGURE (DA LARROQUE C. ET ALII 2010)

Gli Autori richiedono una rivalutazione della pericolosità sismica dell'area del promontorio di Imperia sulla base di un approfondimento degli studi in merito alla geometria, età, cinematica, stato attività del sistema di faglie presente sul fondo del mare (caratteri che devono essere ancora pienamente capiti e per i quali si necessitano dedicati studi ed in-

dagini scientifiche per una loro corretta comprensione). Tale richiesta è collegata alla possibilità remota che l'insieme di faglie, che compongono questo sistema, potrebbe muoversi contemporaneamente, generando un sisma di magnitudo superiore a quella storica. Fino ad oggi infatti l'attivazione non ha riguardato l'intero sistema di faglie ma solo alcuni suoi segmenti.

L'evento del 1887 è stato seguito da uno tsunami non distruttivo con onde alte fino a 1 – 2 m nel tratto di costa compreso tra Nizza ed Albenga secondo le testimonianze dell'epoca, come indicato in Larroque C. et alii (2012).

La Figura 8-3 mostra la variazione della altezza di onda misurata nel 1887 dalla stazione di misura di Genova prima e dopo l'evento sismico, il cui inizio è indicato dalla freccia nera.

L'altezza dell'onda WH aumenta di circa 0,2 m, tale valore è stato confrontato dagli Autori con una simulazione matematica del fenomeno dello tsunami e del meccanismo focale secondo diversi scenari, tra i quali S6 e S7 sono risultati essere quelli con gli effetti più simili per una magnitudo assunta di  $M_w = 6.9$ . Il modesto incremento dell'onda, nonostante una magnitudo importante, è dovuto alla distanza dell'epicentro del sisma del 1887 da Genova e quindi alla attenuazione del segnale sismico.

Questo risultato è una ulteriore dimostrazione che la sismicità di Genova, definita tramite la zonazione sismogenetica italiana ZS09 è corretta ovvero Genova è interessata da sismi di intensità medio-bassa. L'articolo conferma inoltre che gli tsunami, prodotti da sismi con magnitudo importante nei settori di costa adiacenti a quello di Genova, non determinerebbero comunque incrementi della altezza di onda significativi e sarebbero di molto inferiori a quelli assunti per la progettazione dell'opera pari a circa 8 m di altezza.

Un recente studio di Scafidi D. et alii (2015) ha analizzato la sismicità dell'intera Liguria negli ultimi 30 anni sulla base della rete di acquisizione RSNI, si veda Figura 8-4.

La distribuzione degli epicentri dei sismi, caratterizzati nella maggior parte dei casi da bassa magnitudo  $M_w \leq 4$  con qualche evento a  $M_w = 5$ , ricade all'interno della zona sismogenetica N.910, mentre l'area di Genova ne vede molti meno, confermando così quanto indicato negli altri studi e quindi dalla zonazione sismogenetica ZS09 e relative banche dati.

L'articolo di Dessa J.X. et alii (2020), che riporta alcune considerazioni preliminari in merito ad una nuova campagna di rilievi sismici a mare tra Monaco ed Imperia, conferma quanto indicato da Larroque C. et alii (2010 e 2012) ovvero che la geometria di questa

struttura tettonica è estremamente complessa e che ulteriori indagini devono essere eseguite per capirne correttamente la cinematica ed il suo stato di attività.

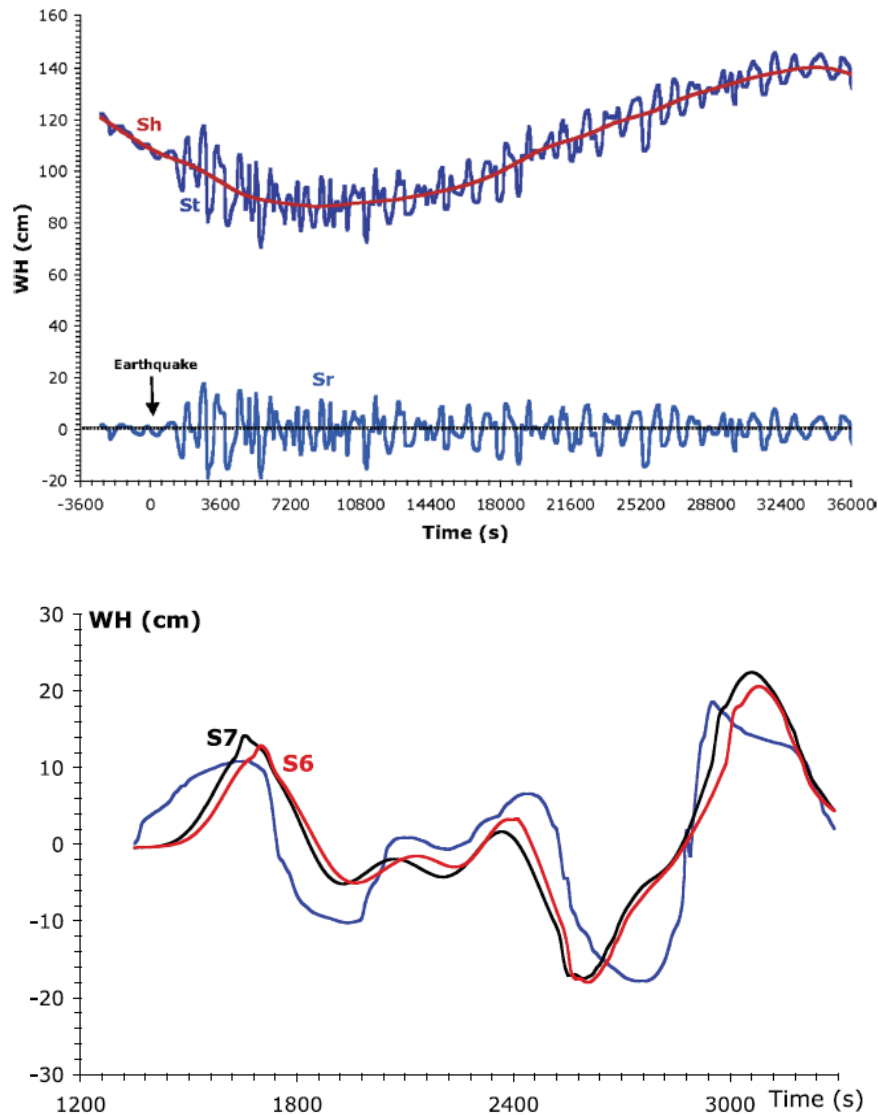


FIGURA 8-3 – MISURATORE DI MAREA DI GENOVA – MISURA STORICA DELLA ALTEZZA DI ONDA WH PRIMA E DOPO L’EVENTO SISMICO DEL 1887 IL CUI ACCADIMENTO E’ INDICATO DALLA FRECCIA NERA (DA LARROQUE C. ET ALII 2012)

L’analisi degli articoli scientifici, che hanno recentemente rivalutato la sismicità della costa ligure, porta a confermare sostanzialmente quanto già indicato dalla zonazione sismogenetica italiana ZS9 di riferimento per la progettazione delle opere civili in Italia.

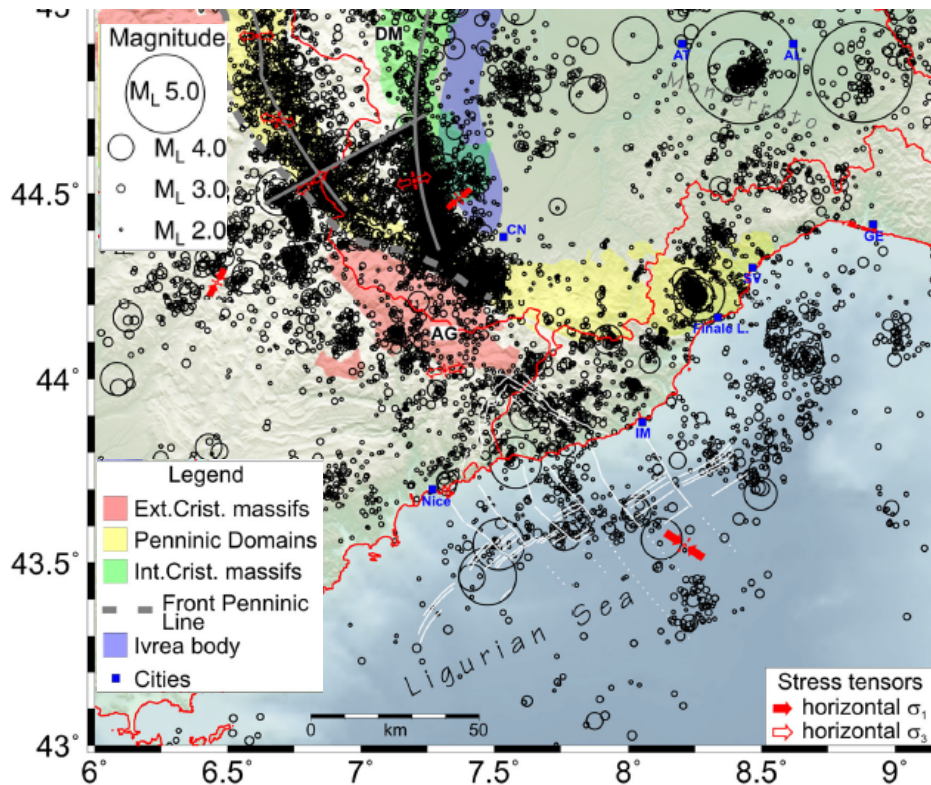


FIGURA 8-4 – EPICENTRI DEI TERREMOTI REGISTRATI NEGLI ULTIMI 30 ANNI DALLA RETE RSNi NELL'AREA DEL MAR LIGURE (DA SCAFIDI D. ET ALII 2015)

Allo stato attuale delle conoscenze scientifiche, il sistema attivo di faglie presente sul fondale marino a 20-30 Km dalla costa del promontorio di Imperia non prosegue sul fondale marino in direzione dei canyons del Polcevera e del Bisagno, presenti sulla scarpata continentale, come indicato sia dal numero limitato di epicentri in questo settore che dai dati del progetto MaGIC (canyons di pura natura erosiva, no lineamenti tettonici) e come confermato dalla assenza di faglie attive nel settore adiacente alla costa e sulla terraferma del genovese da parte sia delle pubblicazioni scientifiche che della zonazione sismogenetica italiana e delle banche dati DISS, CPTI15, DBMI15, ITHACA e della D.G.R. n.534 del 18/06/2021 della Regione Liguria. Ne deriva che al momento attuale delle conoscenze scientifiche non è possibile definire un collegamento tra le faglie attive sul fondo del mare al largo del promontorio di Imperia, le incisioni dei canyons sottomarini del Bisagno e del Polcevera sulla scarpata continentale e la loro prosecuzione fino alla costa di Genova, dove si trovano le foci attuali dei torrenti Bisagno e Polcevera.



## **9. VARIAZIONI IDRODINAMICHE E DI TRASPORTO SOLIDO INDOTTE DALLA NUOVA OPERA**

Le uniche correnti marine che potenzialmente potrebbero risultare di interesse per l'evoluzione morfologica delle testate dei canyons, poste ad una profondità superiore ai 100 m e ad una distanza dalle opere in progetto nell'ordine dei 3500 m, sono quelle indotte dalla circolazione termoalina.

Questo tipo di circolazione, dovuta alle variazioni di temperatura, salinità e pressione, ovvero alla variazione di densità dell'acqua marina, non può essere in alcun modo alterata, rispetto alla situazione attuale, dalle opere marittime in progetto, poiché tali correnti tendono progressivamente ad esaurirsi avvicinandosi alla costa e ad essere sostituite dall'idrodinamica fluviale (ove presente) e costiera indotta, nel caso in esame, in modo dominante dal vento e dalle variazioni di livello (marea astronomica e meteorologica).

Per quanto riguarda la circolazione costiera indotta dal moto ondoso frangente, si è provato che questa non viene assolutamente alterata dalle nuove opere marittime in progetto (vedi SIA Vol. 3 paragrafo 4.7.2.3).

Tutto ciò premesso in termini di idrodinamica, si può affermare che il trasporto solido litoraneo in questo tratto di costa in esame è molto limitato a ragione:

- (i) delle caratteristiche morfologiche della costa, che risulta prevalentemente rocciosa con ridotta disponibilità di materiale incoerente;
- (ii) delle elevate profondità in gioco di fronte alle opere marittime esistenti e a quelle in progetto (circa 30-50 m).

Pertanto si esclude che il trasporto solido litoraneo, sia in relazione alla situazione attuale che a quella di progetto, possa contribuire ad alimentare le testate dei canyons sottomarini.

Le uniche potenziali sorgenti di apporti solidi verso le testate dei canyons sono pertanto costituite dal materiale in sospensione (pelite e limi) proveniente dai due torrenti, Polcevera e Bisagno. A tal riguardo bisogna evidenziare che i due torrenti sono caratterizzati, a ragione dei loro attuali modesti bacini idrografici, da un regime torrentizio e quindi da apporti solidi discontinui (legati solo alle piene fluviali) e

fortemente limitati in ragione degli interventi antropici estesi agli interi bacini che riducono l'erosività dei suoli e quindi il trasporto solido fluviale.

Si aggiunge inoltre che in corrispondenza della sezione terminale del Polcevera già attualmente esiste una vasca di sedimentazione volta a catturare il trasporto solido di fondo per ridurre i fenomeni di interrimento del porto (vedi FIGURA 9-1).



FIGURA 9-1 - VASCA DI SEDIMENTAZIONE ALLA FOCE DEL TORRENTE POLCEVERA.

Inoltre a monte della attuale foce a mare del Torrente Bisagno (vedi FIGURA 9-2) è in corso di realizzazione uno scolmatore di piena che devierà verso Levante gran parte delle portate di piena del fiume e il relativo trasporto solido.

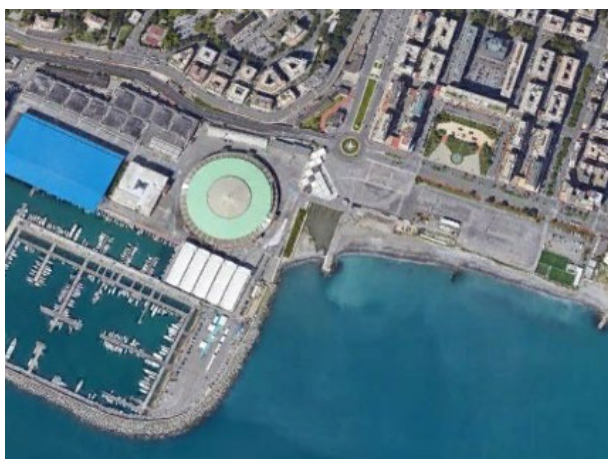


FIGURA 9-2 - FOCE DEL TORRENTE BISAGNO.

Di conseguenza l'ordine di grandezza del trasporto solido in sospensione alla foce di ciascuno dei due torrenti è stimato dall'Autorità di Bacino e dalla Autorità di Sistema Portuale in non più di circa 20.000 m<sup>3</sup>/anno e in futuro per il Bisagno sarà ulteriormente ridotto in corrispondenza della foce attuale.

Le analisi condotte hanno mostrato che gran parte di questo limitato trasporto in sospensione già attualmente tende a sedimentare all'interno dell'area portuale e pertanto solo una sua piccola frazione può fuoriuscire dal porto.

A titolo di esempio le simulazioni numeriche condotte per il Polcevera in situazione attuale hanno mostrato che in occasione di un evento di piena decennale il quantitativo di materiale in sospensione che fuoriesce dal porto (imboccatura di ponente) è pari solo al 10% del materiale in sospensione apportato alla foce.

Le analisi condotte rivolte a valutare le variazioni, rispetto alla situazione attuale, dell'idrodinamica delle foci fluviali e del relativo trasporto solido hanno evidenziato, come riportato nel volume 3 del SIA (cap. 4.6.2.2), quanto segue:

- la soluzione di progetto, che mantiene la attuale imboccatura di Ponente alla foce del Polcevera e che non modifica la configurazione delle opere marittime alla foce del Bisagno, assicura il deflusso dei due corsi d'acqua presi in esame sia in occasione di eventi di piena ordinari (caratterizzati da tempi di ritorno di 10 anni), che eccezionali (Tr= 50, 200 e 500 anni); per i tempi di ritorno di 200 e 500 anni si veda la risposta al cap.8.1 della relazione contenente tutte le risposte alle richieste di integrazioni;
- le variazioni ottenute per i processi di trasporto e sedimentazione si manifestano in prevalenza in prossimità delle foci del Bisagno e del Polcevera ma risultano nel complesso di modesta entità.

I risultati ottenuti portano a concludere che:

- le opere in progetto non possono determinare variazioni dell'idrodinamica che interessa le testate dei canyons essendo questa dovuta sola alla circolazione termoalina;
- che l'apporto solido dei due corsi d'acqua alla piattaforma continentale e quindi alle testate dei canyons è di modesta entità sia attualmente, sia in presenza delle nuove opere marittime in progetto.

Nuova diga foranea del porto di Genova - ambito bacino di Sampierdarena  
Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica  
**Studio di Impatto Ambientale – Risposta alle richieste di integrazione del MiTE**  
**Allegato D - Cap. 9 - Geologia Marina**

---

Rev.00      Data: 16 Febbraio 2022

El. MI046R-PF-D-A-R-070-D-00

Di conseguenza si esclude che eventuali fenomeni di arretramento delle testate dei canyons possano essere imputabili alle opere in progetto.

## 10. CONCLUSIONI

La formazione dei canyons del Bisagno e del Polcevera, come di altri relativamente frequenti lungo le coste, è abbastanza nota e condivisa dal mondo scientifico e risale alle glaciazioni attraverso il susseguirsi di fenomeni erosivi e deposizionali.

Il Progetto MaGIC fornisce ampia documentazione al riguardo, ma proprio sulle testate dei due canyons non si esprime per mancanza di un rilievo completo e indica la possibilità di un arretramento senza però definire né l'estensione né la rapidità di arretramento. Anche i processi morfologici che oggi li mantengono o li modificano nel tempo sono relativamente noti ma solo sulla base di segnali indiretti piuttosto che da precisi calcoli.

Non sono stati individuati fenomeni gravitativi in atto e/o potenziali di dimensioni rilevanti, i canyons mostrano condizioni generali di stabilità a grande scala anche se sono presenti numerosi fenomeni gravitativi corticali. Le grandi frane sottomarine di Portofino e dell'aeroporto di Nizza si sono verificate a causa di condizioni morfologiche e geologiche precise e peculiari, che non sono presenti in corrispondenza dei canyons del Bisagno e del Polcevera.

Non sono presenti faglie capaci e strutture sismogenetiche attive nell'area di Genova, come indicato dalla zonazione sismogenetica italiana ZS9 e dalle numerose banche dati nazionali (DISS, CPTI, DBMI, ITHACA) e dallo studio eseguito dal DISTAV di Genova per conto della Regione Liguria (D.G.R. n. 534 del 18.06.2021), per il recepimento delle Linee Guida Nazionali per la gestione del territorio interessato dalla presenza di faglie attive capaci.

Questa mole importante di dati indica in modo chiaro, che il settore della costa di Genova è privo di faglie attive e che la sua sismicità è indotta dagli eventi prodotti dalle zone sismogenetiche n.910 e 911 poste ad W ed E.

Alcuni studi recenti hanno rivalutato la sismicità della Liguria (Larroque C. et alii 2010, Larroque C. et alii 2012; Scafidi D. et alii 2015, Dessa J.X. et alii 2020) ed in particolare del promontorio di Imperia, che ricade all'interno della zona n.910, mostrando per questo settore una sismicità medio-bassa con  $M_w = 2 - 4$  ed alcuni eventi con  $M_w = 5$ . L'evento sismico più importante è quello del 1887 al largo del promontorio di Imperia con  $M_w = 6.5-7$ , al quale è seguito uno tsunami con onde alte 1

– 2 m tra Nizza ed Albenga, mentre a Genova si è registrato un incremento dell'onda di 0.2 m per l'attenuazione dell'evento con la distanza di circa 100 Km.

Questa struttura sismica al largo di Imperia non è in continuità con i canyons del Bisagno e del Polcevera, come precisato dal progetto MaGIC (canyons privi di lineamenti tettonici, generati dalla sola erosione).

Gli articoli scientifici analizzati e le banche dati sulla sismicità di Genova indicano inoltre l'assenza di faglie attive nel settore emerso ed in quello sommerso in adiacenza alla costa nell'area di progetto.

Chi scrive ha dovuto affrontare valutazioni sul comportamento dei canyons nella progettazione di alcuni porti nel Mediterraneo: Gioia Tauro, Poti e Batumi in Georgia, Sochi in Russia.

Queste le caratteristiche dei canyons a confronto con quelli di Genova:

	Inizio canyon		Pendenza media	
	Batimetria	Distanza dalla costa	In asse alla costa	Ai lati del canyon
Gioia Tauro	10	100	parte alta 1:3 parte profonda 1:5,5	1:3
Poti	15	170	1:10	1:3,5
Batumi	12	300	1:2,5	1:2,5
Sochi	15	100	parte alta 1:2,5 parte profonda 1:3,5	1:3
Genova	100	4.000	Parte alta 1:5 Parte profonda 1:10	1:5

I canyons di Gioia Tauro e Poti sono risultati stabili e, in ogni caso, anche se così prossimi alle opere foranee, non hanno avuto alcun effetto sulla stabilità delle opere.

A Batumi si è riscontrata una instabilità del fondale ma si è dimostrato essere dovuta all'accumulo di sedimenti indotti dal trasporto litoraneo e alle periodiche frane subacquee al raggiungimento di pendenze critiche. Le frane subacquee hanno avuto comunque effetti locali senza modificare sostanzialmente le caratteristiche del canyon.

A Sochi i canyon sono oggi in evoluzione (avvicinamento alla costa) per due effetti combinati. La costruzione di un porto immediatamente a monte del canyon che ha interrotto qualsiasi apporto solido e la costruzione di opere di difesa della costa in corrispondenza del canyon molto riflettenti e che hanno fortemente ridotto la distanza della costa dal canyon.

La situazione a Genova è senza dubbio molto diversa.

I canyons iniziano a profondità notevoli dove, anche dopo la costruzione della nuova diga, le correnti indotte dal moto ondoso diretto e riflesso, saranno praticamente nulle e non in grado di mettere in sospensione i sedimenti limoso argillosi nella zona di impianto della diga. D'altra parte, anche la diga esistente, pur essendo su fondali dell'ordine di 20-25 metri non ha determinato una modifica morfologica dei fondali.

Anche il trasporto solido dei fiumi non viene modificato dalla nuova diga. La foce del Bisagno non è nella zona d'ombra della diga e in ogni caso, dopo il completamento dello scolmatore, verranno a mancare le importanti portate sperimentate nel passato, generalmente associate al trasporto solido. La foce del Polcevera è invece già oggi nella zona d'ombra delle dighe foranee e il trasporto solido viene bloccato prima di giungere al mare in una vasca di sedimentazione costruita appositamente per evitare improvvise riduzioni dei fondali agli accosti.

In base a queste valutazioni "indirette", ma basate su evidenze dirette, si è concluso che l'opera non determina alcuna modifica morfologica profonda.

Le informazioni raccolte dagli studi e dalle indagini di PFTE e dalla letteratura mostrano che il modello geologico di progetto è stato ricostruito con precisione e che l'area è stabile. In merito alla evoluzione delle testate dei canyons non sono presenti studi dedicati, pertanto non è possibile esprimere una valutazione quantitativa su dati/rilievi. E' comunque possibile fare una valutazione indiretta sulla base di tutte le informazioni raccolte, che portano a definire delle condizioni di sostanziale stabilità delle testate dei canyons a grande scala, mentre a piccola scala sono presenti dei fenomeni gravitativi all'interno della porzione corticale dei sedimenti.

La distanza di 3-4 Km delle testate dall'opera di progetto e la pendenza di pochi gradi del fondale marino e le caratteristiche geotecniche buone dei sedimenti Plio-Pleistocenici, che riempiono i canyons stessi, sono tutti elementi che portano ad

Nuova diga foranea del porto di Genova - ambito bacino di Sampierdarena  
Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica  
**Studio di Impatto Ambientale – Risposta alle richieste di integrazione del MiTE**  
**Allegato D - Cap. 9 - Geologia Marina**

---

Rev.00

Data: 16 Febbraio 2022

El. MI046R-PF-D-A-R-070-D-00

escludere una rapida evoluzione delle testate in tempi paragonabili a quelli di utilizzo dell'opera di progetto.