

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



S.O. GEOLOGIA TECNICA

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

GEOLOGIA

Relazione geologica per la riambientalizzazione del sito I-18 a Villanova d'Albenga

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I V 0 I 0 0 D 6 9 R G G E 0 0 0 1 0 0 4 B

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|---------------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|--|
| A | Emissione esecutiva | W. Rivola | Feb. 2022 | E. Poggi | Feb. 2022 | G. Fadda | Feb. 2022 | G. Benedetti Mag. 2023 |
| B | Emissione esecutiva | | Mag. 2023 | | Mag. 2023 | | Mag. 2023 | ITALFERR S.p.A. Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane Dott. Geol. Giampaolo Benedetti Ordine dei Geologi Emilia Romagna n. 1019 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

File: IV0100D69RGGE0001004B.doc

n. Elab.:

PROGETTO DEFINITIVO
**Relazione geologica per la riambientalizzazione
 del sito I18**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|---------|
| IV01 | 00 | D 69 RG | GE0001 004 | B | 2 di 30 |

INDICE

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | PREMESSA | 3 |
| 2 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO..... | 5 |
| 3 | INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL SITO..... | 6 |
| 4 | INDAGINI GEOFISICHE DISPONIBILI | 7 |
| 5 | CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO..... | 8 |
| 5.1 | ANALISI PRELIMINARE DELLE CRITICITÀ | 8 |
| 5.2 | CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE..... | 8 |
| 6 | COMPATIBILITÀ GEOMORFOLOGICA E IDRAULICA..... | 9 |
| 7 | ANALISI DEI VINCOLI URBANISTICI E TERRITORIALI | 12 |
| 7.1 | AREE SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO (EX R.D. 3267/1923)..... | 12 |
| 7.2 | AREE SOTTOPOSTE A VINCOLO PAESAGGISTICO, PARCHI E AREE PROTETTE..... | 13 |
| 8 | SISIMICITÀ DELL'AREA | 14 |
| 8.1 | CLASSIFICAZIONE SISMICA | 14 |
| 8.2 | PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE | 15 |
| 8.3 | SISMICITÀ STORICA DELL'AREA, CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI..... | 19 |
| 8.4 | SORGENTI SIMOGENETICHE E FAGLIE CAPACI..... | 22 |
| 8.5 | MAGNITUDO DI RIFERIMENTO..... | 25 |
| 9 | PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO | 27 |
| 9.1 | CATEGORIA DI SOTTOSUOLO..... | 27 |
| 9.2 | CONDIZIONI TOPOGRAFICHE | 28 |
| 10 | BIBLIOGRAFIA..... | 29 |

| | | | | | | |
|---|---|---------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p> | | | | | |
| <p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica per la riambientalizzazione del sito I18</p> | <p>COMMESSA IV01</p> | <p>LOTTO 00</p> | <p>CODIFICA D 69 RG</p> | <p>DOCUMENTO GE0001 004</p> | <p>REV. B</p> | <p>FOGLIO 3 di 30</p> |

1 PREMESSA

La presente relazione illustra e riassume i risultati dello studio geologico, geomorfologico e sismico eseguito a supporto del Progetto Definitivo del raddoppio della tratta “Finale Ligure - Andora” (linea “Genova - Ventimiglia”), in merito alla riambientalizzazione del sito di stoccaggio dello smarino “I-18”, in Comune di Villanova d’Albenga (Figura 1.1).

Il sito è posto all’estremo orientale del comune di Villanova d’Albenga, nei pressi del confine comunale con il territorio di Albenga, ad ovest della località Coasco; con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Liguria è individuabile nell’elemento 245102 in scala 1: 5.000.

Il lavoro si è svolto attraverso le seguenti fasi operative:

- acquisizione ed analisi degli studi geologici esistenti riguardanti le area di interesse e delle carte geologiche del Piano Urbanistico Comunale, laddove disponibile;
- approfondimenti conoscitivi mediante studi fotointerpretativi condotti su ortofoto e D.E.M.;
- rilievi diretti sul terreno mirati alla definizione delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell’area;
- analisi dei dati e redazione delle presenti note di sintesi e degli elaborati cartografici a corredo.

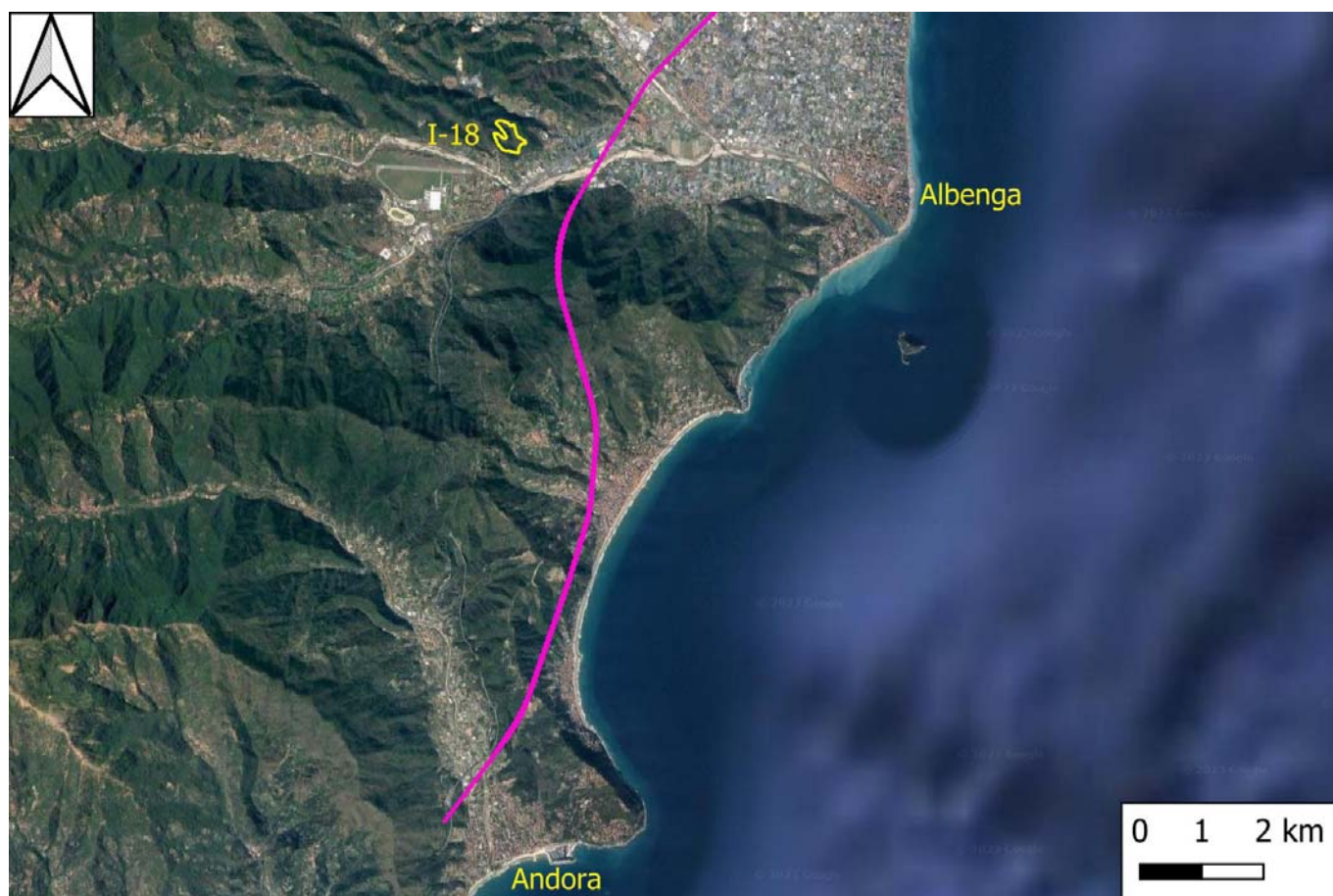


Figura 1.1 Corografia dell’area di studio con individuazione della tratta ferroviaria Finale-Andora in progetto (in viola) e del sito di stoccaggio (in giallo). Scala grafica

| | | | | | | |
|---|---|----------------------------|------------------------------------|--|--------------------------|----------------------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p> | | | | | |
| <p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica per la riambientalizzazione del sito I18</p> | <p>COMMESSA IV01</p> | <p>LOTTO 00</p> | <p>CODIFICA D 69 RG</p> | <p>DOCUMENTO GE0001 004</p> | <p>REV. B</p> | <p>FOGLIO 4 di 30</p> |

La presente relazione e gli elaborati cartografici ad essa allegati contengono la sintesi dello studio effettuato, chiariscono gli aspetti connessi con lo scenario naturale relativamente alla componente geologica in cui si colloca il settore di studio e affrontano gli elementi ritenuti critici dal punto di vista geologico, geomorfologico e sismico, fornendo un quadro d'insieme adeguato all'attuale livello progettuale.

Le informazioni di carattere geologico, geomorfologico sono state sintetizzate nell'elaborato contenente carta geologica e profili geologici del sito in progetto, che costituiscono parte integrante della presente relazione.

Nel seguito del documento verrà definito il modello geologico di riferimento e verranno effettuate le necessarie considerazioni in merito alle criticità di natura geologica, geomorfologica e idrogeologica connesse alla realizzazione dell'intervento in progetto.

Per la descrizione degli aspetti geologici, geomorfologici, stratigrafici, tettonici e sismici generali dell'area nella quale i siti qui descritti si inseriscono, si rimanda alla Relazione geologica e geomorfologica (elab. IV0I00D69RGGE0001001A), mentre per gli aspetti idrogeologici generali si rimanda alla Relazione Idrogeologica (elab. IV0I00D69RGGE0002001A) redatta a corredo del presente Progetto.

Per ottemperare alle disposizioni della normativa tecnica di riferimento (NTC 2018), con particolare riferimento alla definizione degli aspetti sismici locali, lo studio fa inoltre riferimento alle risultanze delle indagini geofisiche appositamente realizzate in sito in aprile 2023 ed illustrate nello specifico report tecnico con codifica IV0I00D69IGGE0000002A, a cui si rimanda per tutti i dettagli.

L'elenco completo degli elaborati prodotti nell'ambito del presente studio geologico è riportato nella seguente Tabella 1.1.

Tabella 1.1 Riambientalizzazione del sito I18: elenco elaborati

| Codifica elaborato | Descrizione elaborato | Scala |
|-----------------------|--|-------------------|
| IV0I00D69RGGE0001004B | Relazione geologica riambientalizzazione del sito I-18 | - |
| IV0I00D69N6GE0001006B | Carta geologica riambientalizzazione sito I-18 | 1:2.500 - 1:1.000 |

La sistemazione del Sito di abbancamento di Villanova d'Albenga (WBS IAX3) e la strada di accesso (WBS NVX3) saranno oggetto di un altro procedimento autorizzatorio in capo al Comune di Villanova di Albenga come previsto dal Protocollo di intenti sottoscritto dal medesimo Comune, RFI e la Regione Liguria.

| | | | | | | |
|---|---|----------------------------|------------------------------------|--|--------------------------|----------------------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p> | | | | | |
| <p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica per la riambientalizzazione del sito I18</p> | <p>COMMESSA IV01</p> | <p>LOTTO 00</p> | <p>CODIFICA D 69 RG</p> | <p>DOCUMENTO GE0001 004</p> | <p>REV. B</p> | <p>FOGLIO 5 di 30</p> |

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Piano di Bacino del Torrente Centa (D.C.P. n° 47 del 25/11/2003 e ss.mm.ii.);
- Piano Urbanistico Comunale di Villanova di Albenga vigente dal marzo 2021;
- L.R. n.4 del 22/01/1999, “Norme in materia di foreste e di assetto idrogeologico”;
- Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio n.2000/60/CE del 23/10/2000, “Quadro per l'azione comunitaria in materia di acque”.
- O.P.C.M. n.3274 del 20/03/2003 e ss.mm.ii., “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modifiche ed integrazioni.
- O.P.C.M. n.3519 del 28/04/2006, “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”.
- D.G.R. n.1308 del 24/10/2008, “Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Liguria” e ss.mm.ii.;
- D.G.R. n.1362 del 19/11/2010 “D.M. 14.01.2008 Norme Tecniche per le Costruzioni. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria”;
- D.G.R. n.216 del 17/03/2017 “OPCM 3519/2006. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria”;
- D.M. 17/01/2018, “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”;
- D.G.R. n. 962 del 23/11/2018 “D.G.R. n. 216/2017. Approvazione modifiche alla classificazione sismica regionale conseguenti alla fusione dei Comuni di Montalto Ligure e di Carpasio”;
- Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21/01/2019, n.7 recante "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018".

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL SITO

Il sito in oggetto, identificato con la sigla I-18, è ubicato in Comune di Albenga, a circa 1km di distanza in direzione nord dalla frazione Villanova di Albenga (Figura 3.1). Esso presenta un'estensione areale di 149.000 mq circa all'interno di un più ampio bacino idrografico, allungato in direzione NW-SE, di estensione areale di circa 304.000 mq circa.

Attualmente, il sito risulta compreso tra le quote di 30,0 e 80,0 metri slm.

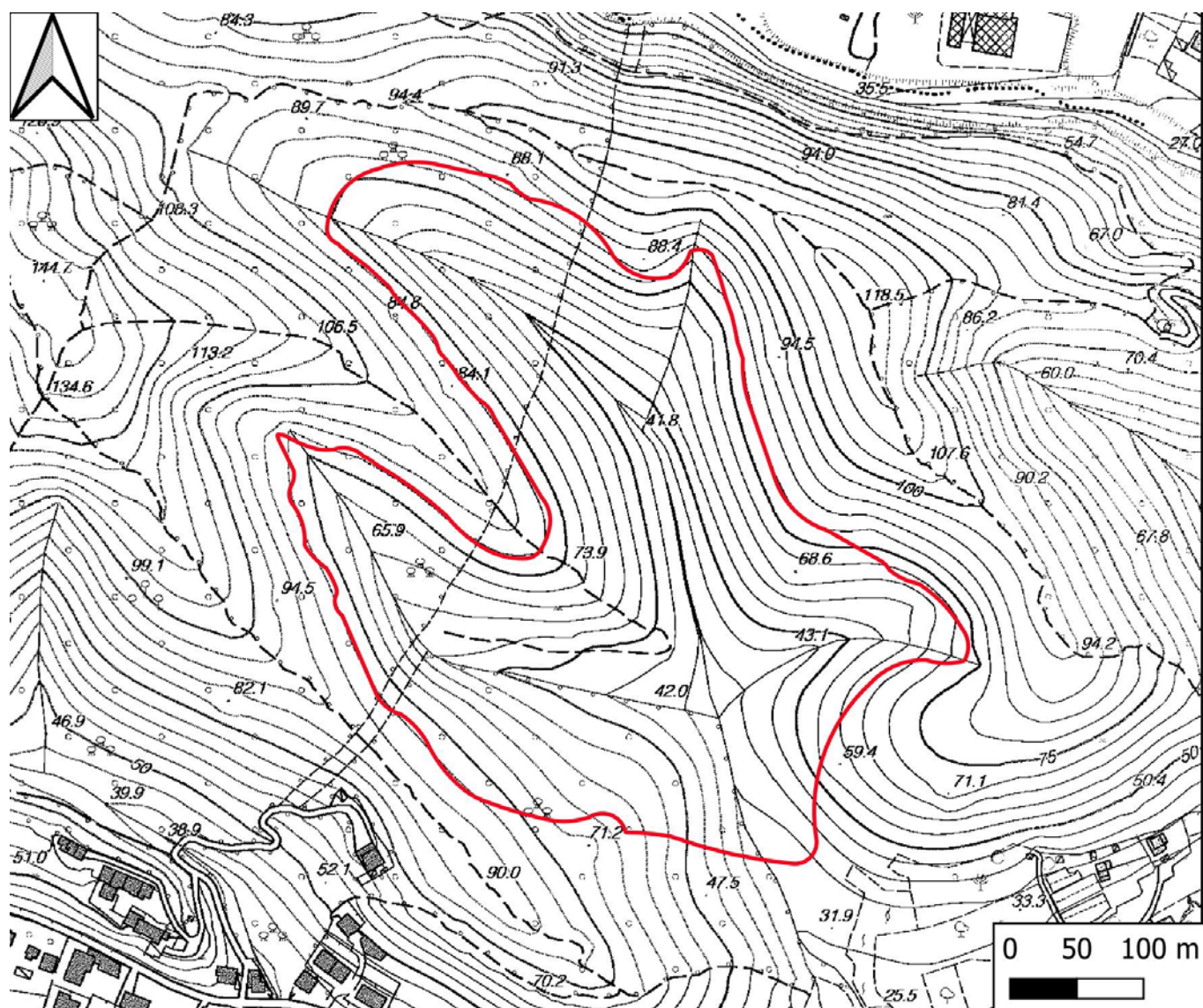


Figura 3.1 Planimetria del sito I-18 (in rosso) su CTR (scala 1:5.000)

| | | | | | | |
|---|---|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|-------------------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica per la riambientalizzazione del sito I18 | COMMESSA IV01 | LOTTO 00 | CODIFICA D 69 RG | DOCUMENTO GE0001 004 | REV. B | FOGLIO 7 di 30 |

4 INDAGINI geofisiche disponibili

A supporto della progettazione degli interventi e per ottemperare alle prescrizioni della normativa vigente in tema di caratterizzazione sismica di sito, in aprile 2023 è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche in sito, le cui risultanze sono illustrate nella specifica relazione tecnica di progetto con codifica IV0I00D69IGGE0000002A, a cui si rimanda anche per tutti i dettagli sulle metodologie di indagine.

In particolare, le attività in sito hanno previsto la realizzazione di:

- n.2 indagini sismiche attive di tipo MASW;
- n.2 misure di rumore sismico ambientale con tecnica a stazione singola passiva (di tipo HVSR);
- n.2 stendimenti di tomografia sismica (SRT) in onde di compressione (P) e di taglio (Sh).

Le indagini sono ubicate così come riportato nella seguente Figura 6.4

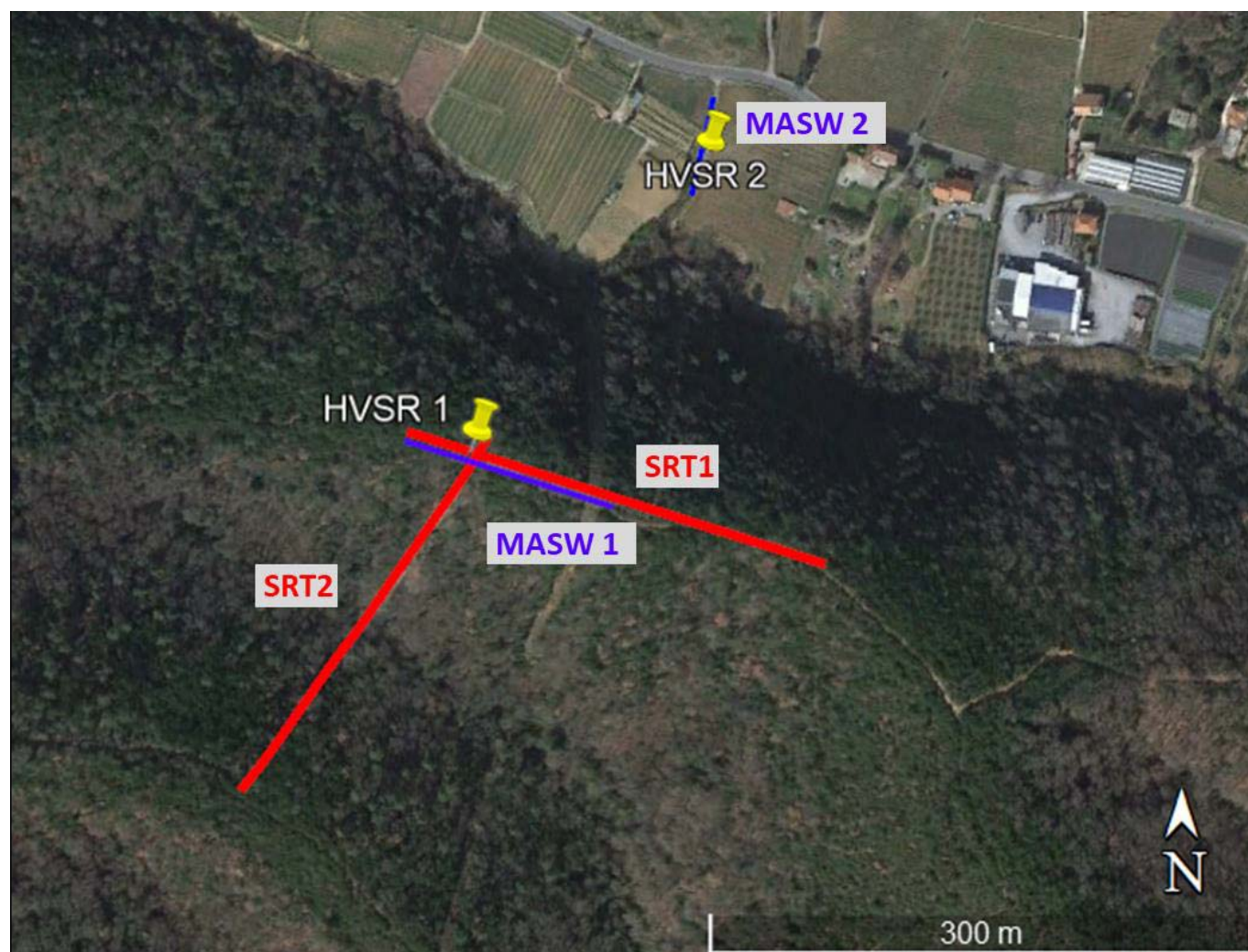


Figura 4.1 Planimetria ubicazione indagini geofisiche

| | | | | | | |
|---|---|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|-------------------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica per la riambientalizzazione del sito I18 | COMMESSA IV01 | LOTTO 00 | CODIFICA D 69 RG | DOCUMENTO GE0001 004 | REV. B | FOGLIO 8 di 30 |

5 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE del sito

Quanto di seguito sintetizzato fa riferimento ai contenuti geologici, geomorfologici, stratigrafici, tettonici e sismici generali dell'area descritti nella Relazione geologica e geomorfologica (elab. IV0I00D69RGGE0001001A) e a quelli della Relazione Idrogeologica (elab. IV0I00D69RGGE0002001A), redatti nell'ambito del presente Progetto.

In particolare, come riportato graficamente nell'elaborato "Carta geologica riambientalizzazione sito I-18" di cui alla Tabella 1.1, il sito in oggetto si imposta sulla formazione di età pliocenica dei Conglomerati di Monte Villa (CMV-cg); si tratta di conglomerati a ciottoli prevalentemente calcarei, più o meno cementati; localmente sabbie debolmente cementate con sottili intercalazioni maggiormente argillose.

In corrispondenza degli impluvi, la formazione di substrato è ricoperta da spessori variabili di coltri detritiche, derivate dal disfacimento della porzione più superficiale del substrato stesso.

5.1 Analisi preliminare delle criticità

Con riferimento alla carta geologica ed ai profili geologici elaborati a corredo del presente studio, e sulla base dalle osservazioni effettuate in sopralluogo e dall'indagine aerofotointerpretativa, resa quest'ultima particolarmente difficoltosa dalla grande copertura vegetale che caratterizza l'area, non si segnalano particolari criticità di carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico.

L'analisi geomorfologica del sito non ha permesso di individuare indizi di fenomeni di dissesto in atto, come rappresentato nella carta geologica allegata. Infatti, come indicato anche dalla carta della suscettività al dissesto dei versanti del Piano di Bacino del torrente Centa, nell'area non sono presenti frane né attive né quiescenti.

Le sole potenziali criticità nel sito in oggetto sono dovute alla presenza di solchi di erosione concentrata negli impluvi principali che potrebbero determinare l'erosione della coltra detritica di ricoprimento del substrato o di porzioni scarsamente cementate dello stesso, e l'innesco di locali fenomeni gravitativi superficiali.

5.2 Caratteristiche idrogeologiche

Il sito è interamente intestato sui Conglomerati di Monte Villa. Facendo riferimento alla Relazione idrogeologica della linea ferroviaria in progetto, alla quale si rimanda per i dettagli, la formazione è caratterizzata da una permeabilità primaria per porosità e secondaria per dissoluzione del cemento calcareo. Le prove di permeabilità in foro hanno restituito valori dell'ordine di 2×10^{-6} m/sec; pertanto, è stata assunta una classe di permeabilità 4, con valori di riferimento pari a 10^{-6} m/sec.

Per quanto riguarda i livelli piezometrici si può ipotizzare la presenza di una falda libera caratterizzata da oscillazioni significative legate alla piovosità, essendo la ricarica legata esclusivamente ad apporti zenitali.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica per la riambientalizzazione del sito I18 | COMMESSA IV01 | LOTTO 00 | CODIFICA D 69 RG | DOCUMENTO GE0001 004 | REV. B |

6 COMPATIBILITÀ GEOMORFOLOGICA E IDRAULICA

Nel presente paragrafo si riportano le valutazioni circa la compatibilità geomorfologica degli interventi in progetto; in particolare verrà valutata l'interferenza tra le opere ed i seguenti aspetti:

- pericolosità geomorfologica;
- pericolosità idraulica.

Il sito in oggetto ricade nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, in particolare dei Bacini Regionali Liguri.

Di seguito si riporta la cartografia del Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico (P.A.I.) per quanto riguarda il bacino del Centa, entro cui si colloca il sito I-18. In particolare, sono stati analizzati gli elaborati della "Carta delle fasce di inondabilità e degli ambiti normativi" per quanto riguarda la pericolosità idraulica e gli elaborati della "Carta della suscettività al dissesto" per quanto riguarda la pericolosità geomorfologica.

Nel seguito è riportata la legenda degli stralci cartografici riportati nel proseguo del paragrafo. Il PAI dei bacini liguri è stato sviluppato per stralci per i singoli bacini idrografici garantendo la necessaria omogeneità metodologica e normativa a scala regionale. In ogni modo, ogni stralcio a livello di bacino idrografico è corredato dalla relativa normativa di Piano. Si rimanda, pertanto, alle norme di attuazione di ogni bacino per il dettaglio delle norme d'uso.






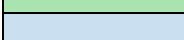



| Suscettività al dissesto (pericolosità geomorfologica) | | |
|---|------|---|
| Classe di pericolosità | | Descrizione |
|  | PG4 | Aree a suscettività MOLTO ALTA - aree in frana attiva |
|  | PG3a | Aree a suscettività ALTA - aree in frana quiescente |
|  | PG3b | Aree a suscettività ALTA - aree non in frana quiescente |
|  | PG2 | Aree a suscettività MEDIA |
|  | PG1 | Aree a suscettività BASSA |
|  | PG0 | Aree a suscettività MOLTO BASSA |
| | - | Classi speciali |

Figura 6.1 Legenda della "Carta della suscettività al dissesto"

| Pericolosità idraulica | | |
|---|----------|---|
| Classe di pericolosità | | Descrizione |
|  | Fascia A | Pericolosità idraulica MOLTO ELEVATA - Aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena a Tr 50 anni |
|  | Fascia B | Pericolosità idraulica MEDIA - Aree perifluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena a Tr 200 anni |
|  | Fascia C | Pericolosità idraulica BASSA - Aree perifluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena a Tr 500 anni |

PROGETTO DEFINITIVO
**Relazione geologica per la riambientalizzazione
 del sito I18**

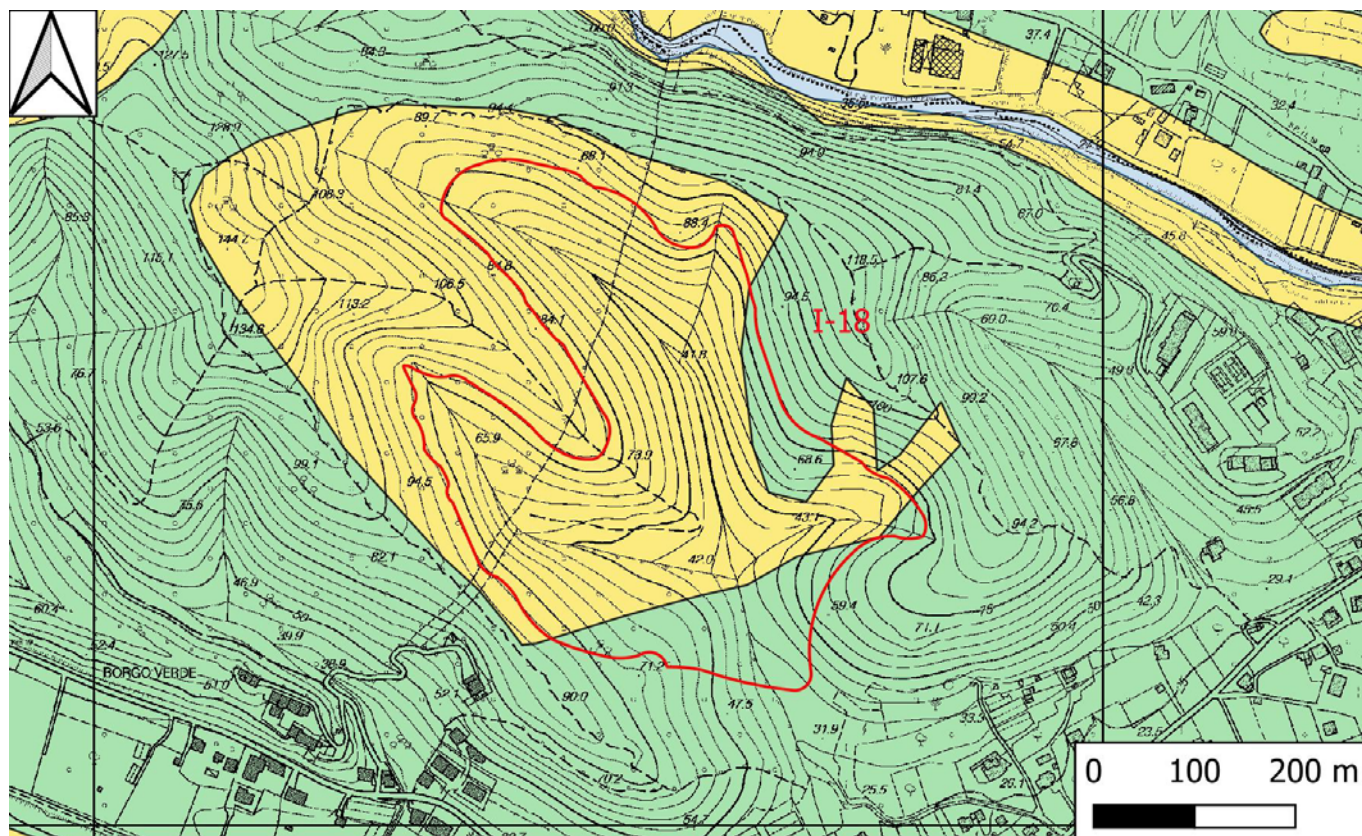
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| IV01 | 00 | D 69 RG | GE0001 004 | B | 10 di 30 |

| Classe di pericolosità | | Pericolosità idraulica |
|------------------------|----------------------|--|
| | | Descrizione |
| | Fascia A3 | Aree storicamente inondate, non studiate |
| | Fascia B - Ambito BB | Aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena a tempo di ritorno Tr 200 anni a "maggiore pericolosità relativa" |
| | Fascia B - Ambito B0 | Aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena a tempo di ritorno Tr 200 anni a "minor pericolosità relativa" |
| | Fascia C4 | Aree ex inondabili |
| | Alveo | Attuale alveo del corso d'acqua |

Figura 6.2 Legenda della "Carta delle fasce di inondabilità e degli ambiti normativi"

In particolare:

- relativamente alla pericolosità geomorfologica (Figura 6.3), l'area di intervento è quasi interamente classificata come area a suscettività media (PG2); fa eccezione una piccola area a sud-est, caratterizzata da una suscettività al dissesto bassa (PG1);
- per quanto riguarda la pericolosità idraulica non si segnala alcuna criticità (Figura 6.4).


Figura 6.3 Sito I-18: pericolosità geomorfologica (scala grafica). In rosso il perimetro del sito

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geologica per la riambientalizzazione
del sito I18**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| IV01 | 00 | D 69 RG | GE0001 004 | B | 11 di 30 |

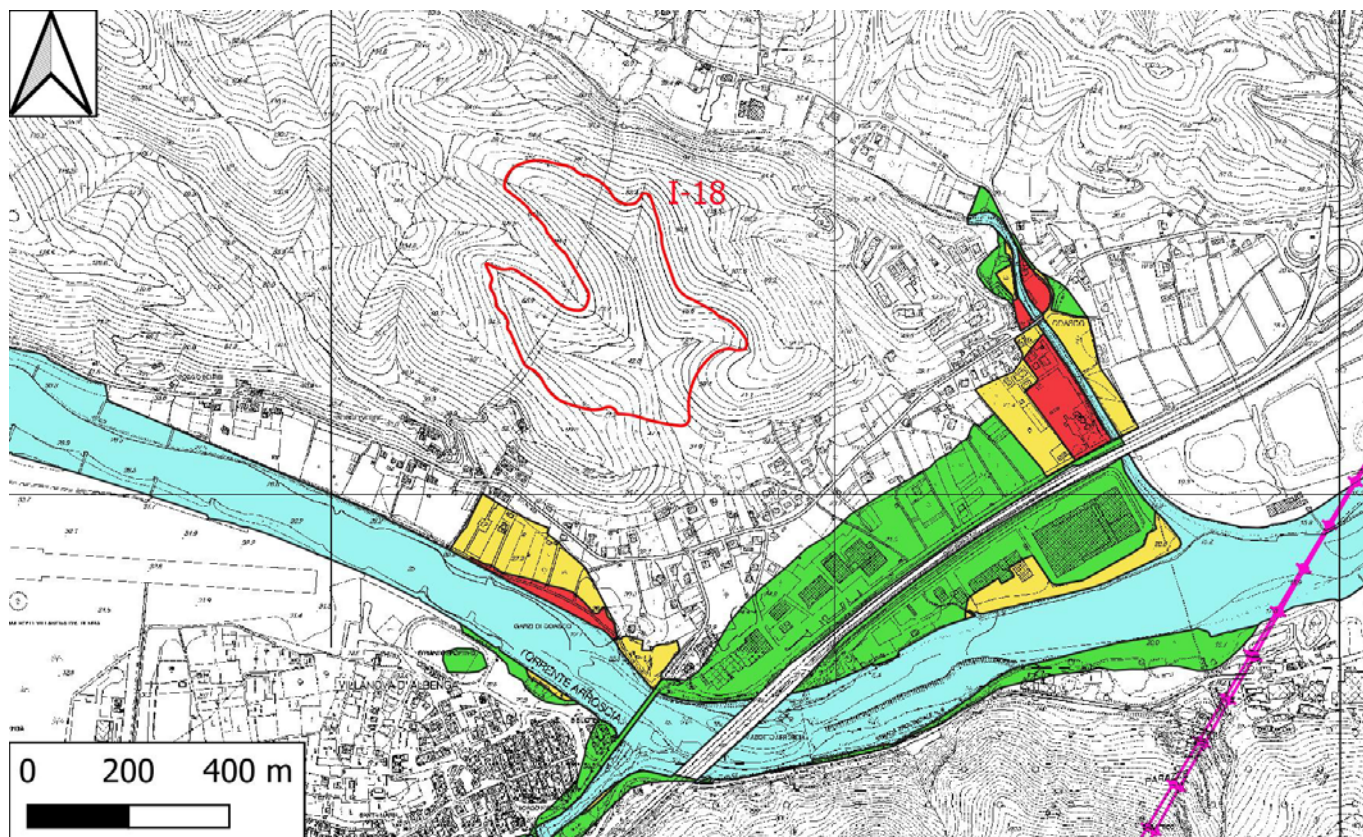


Figura 6.4 Pericolosità idraulica (scala grafica). In rosso il perimetro del sito, in magenta il tracciato in progetto

7 ANALISI DEI VINCOLI URBANISTICI E TERRITORIALI

Per quanto riguarda l'individuazione dei vincoli territoriali presenti nell'area di studio si è fatto riferimento al Geoportale della Provincia di Savona (disponibile on-line al link <http://geoportale.provincia.savona.it/>), dal quale sono stati estrapolati, e riportati nel presente capitolo, i seguenti tematismi:

- aree sottoposte a vincolo idrogeologico (ex R.D. 3267/1923);
- aree sottoposte a vincolo paesaggistico (ex L. 1497/39) oggi ricomprese nel D.L. 42/2004;
- parchi e aree protette regionali;
- aree protette provinciali (Piano Provinciale delle Aree Protette approvate con DCP n. 5 del 23/02/2003).

7.1 Aree sottoposte a vincolo idrogeologico (ex R.D. 3267/1923)

Di seguito si riporta lo stralcio della cartografia delle aree sottoposte a vincolo idrogeologico (campite in azzurro), dalla quale si evince che il sito I-18 è interamente sottoposto a vincolo idrogeologico (Figura 7.1).

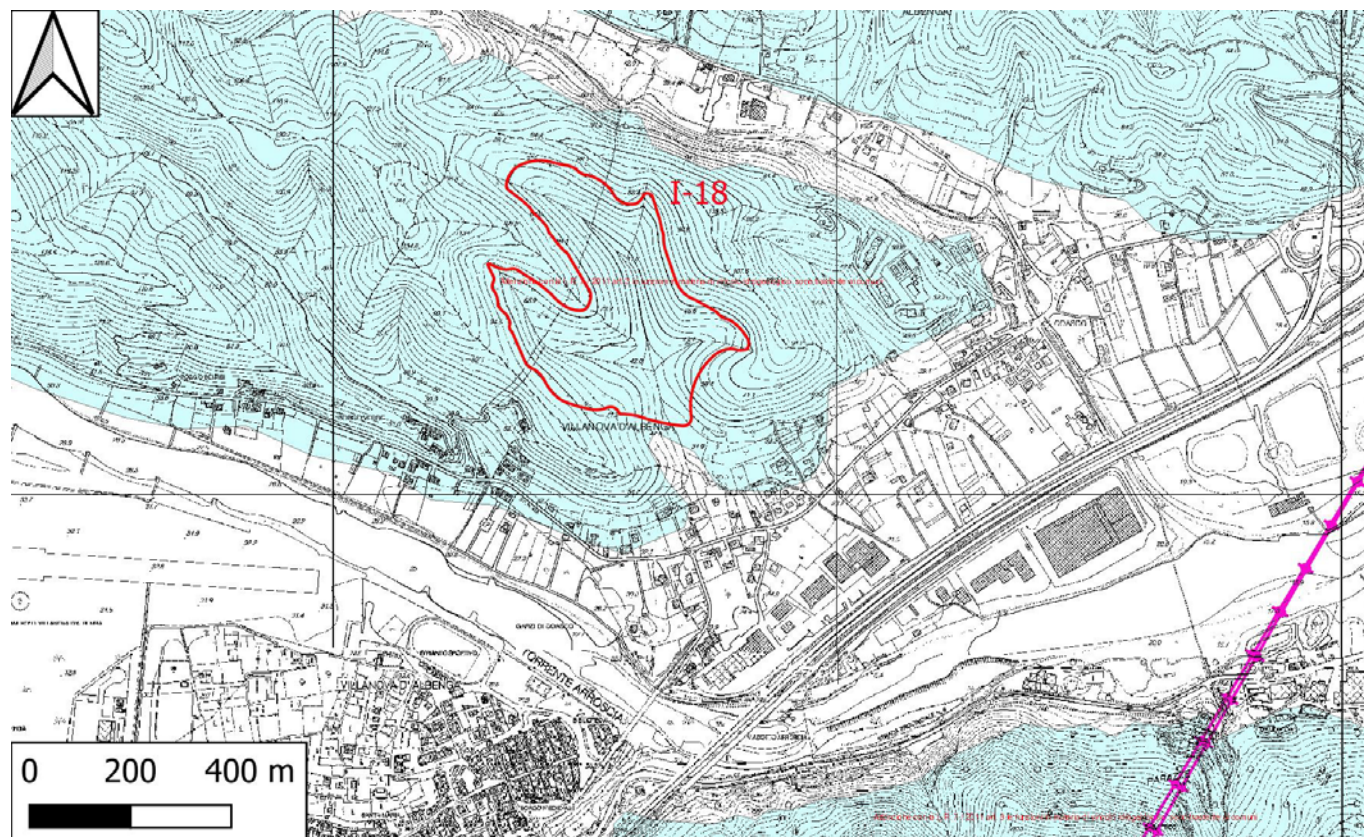


Figura 7.1 Vincolo idrogeologico (scala grafica). In rosso il perimetro del sito, in magenta il tracciato in progetto

| | | | | | | |
|---|---|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|--------------------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica per la riambientalizzazione del sito I18 | COMMESSA IV01 | LOTTO 00 | CODIFICA D 69 RG | DOCUMENTO GE0001 004 | REV. B | FOGLIO 13 di 30 |

7.2 Aree sottoposte a vincolo paesaggistico, parchi e aree protette

Di seguito si riporta la cartografia delle aree sottoposte a vincolo paesaggistico e/o appartenenti a parchi e aree protette regionali, o ad aree protette della provincia di Savona. Nella seguente tabella è riportata la legenda degli stralci cartografici riportati nel proseguo del paragrafo.

Il sito I-18 non è caratterizzato dal vincolo paesaggistico e non è inserito in parchi o aree protette (Figura 7.2).

| Simbologia | Descrizione |
|--------------------|---|
| [Yellow box] | Aree sottoposte a vincolo paesaggistico (ex L. 1497/39) oggi ricomprese nel D.L. 42/2004 |
| [Green box] | Aree protette provinciali (Piano Provinciale delle Aree Protette approvate con DCP n. 5 del 23/02/2003) |
| [Light green box] | Aree protette provinciali (Piano Provinciale delle Aree Protette approvate con DCP n. 5 del 23/02/2003) e sottoposte a vincolo paesaggistico (ex L. 1497/39) oggi ricomprese nel D.L. 42/2004 |
| [Light yellow box] | Parchi e aree protette regionali |

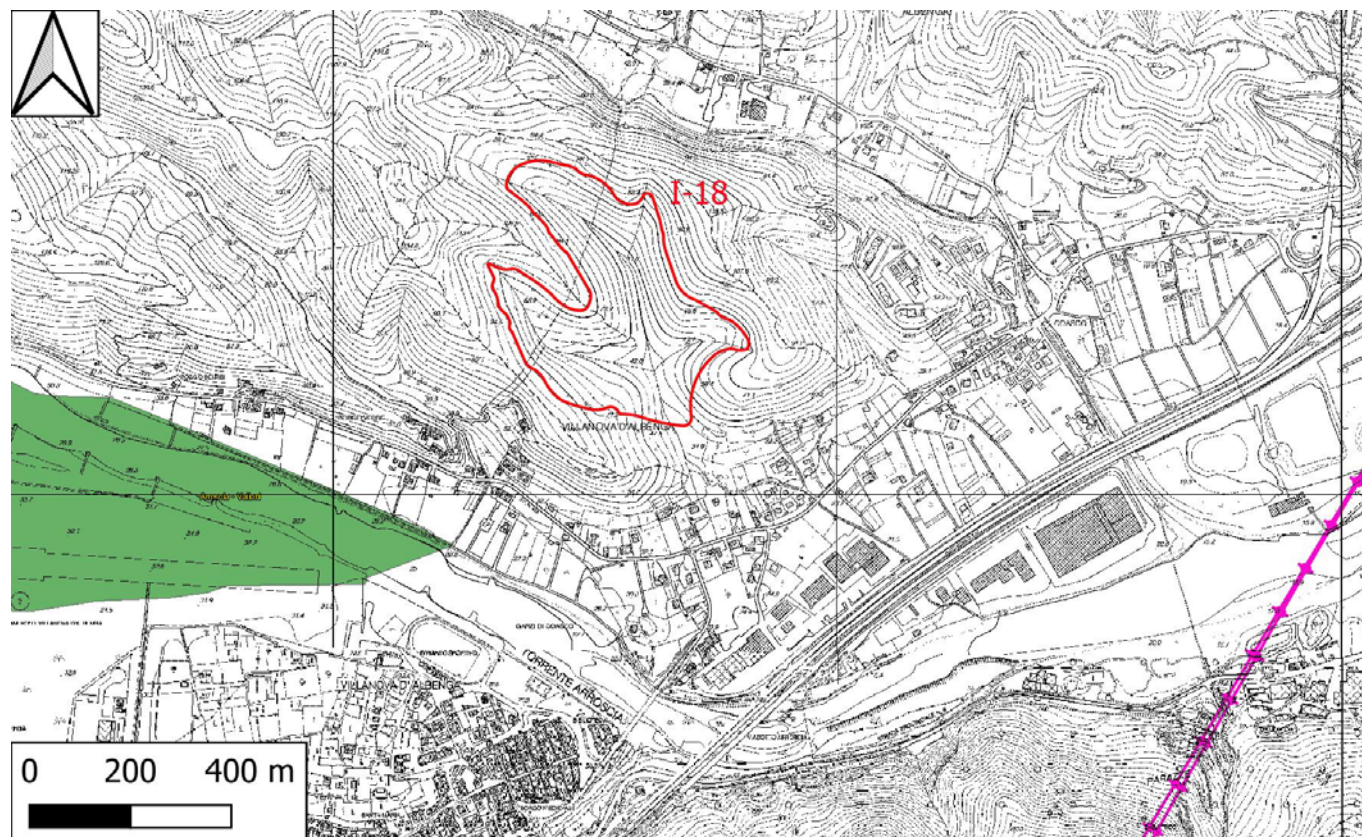


Figura 7.2 Vincolo paesaggistico, parchi e aree protette (scala grafica). In rosso il perimetro del sito, in magenta il tracciato in progetto

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica per la riambientalizzazione del sito I18 | COMMESSA IV01 | LOTTO 00 | CODIFICA D 69 RG | DOCUMENTO GE0001 004 | REV. B |

8 SISIMICITÀ DELL'AREA

8.1 Classificazione sismica

La classificazione sismica del territorio nazionale è stata elaborata e rivista in seguito ai principali terremoti; tra questi, ultimi in ordine di tempo, quelli verificatisi in Irpinia nel 1980 ed in Molise nel 2002.

Fino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, che corrispondono al 45% della superficie del territorio nazionale, nel quale risiede il 40% della popolazione; la sismicità era definita attraverso il grado di sismicità S.

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato, in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni), da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo. A tal fine è stata pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003. Il provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone (da 1 a 4), a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

A seguito dell'emanazione dei criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche da parte dello Stato, inseriti prima nell'allegato 1 dell'OPCM 3274/2003 e in seguito aggiornati con l'OPCM 3519/2006, la Regione Liguria ha individuato le zone sismiche e ha stilato un elenco regionale dei comuni in zona sismica (DGR n.530/2003). Con l'ufficializzazione della mappa di pericolosità sismica pubblicata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e allegata alla stessa OPCM 3519/06 è stata approvata con DGR n.1308 del 24 ottobre 2008 (pubblicata sul Burl n.47 del 19 novembre 2008) la nuova classificazione sismica della Regione Liguria, successivamente modificata con DGR n.1362 del 19 novembre 2010, con DGR n.216 del 17 marzo 2017 e con DGR n.962 del 23 novembre 2018.

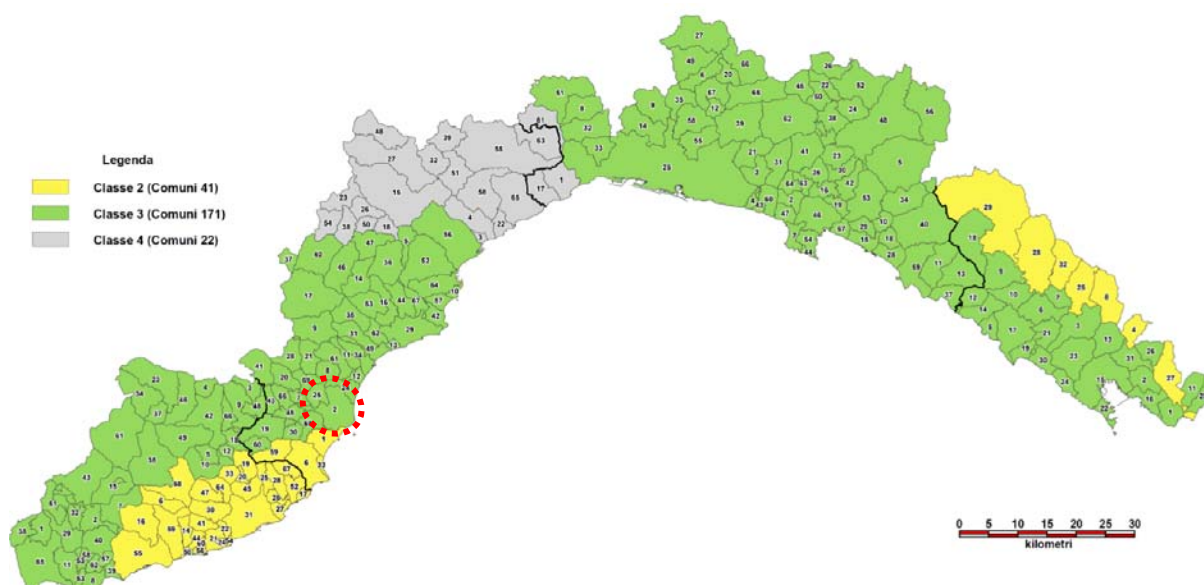
In riferimento alla classificazione sismica stabilita dall'Allegato 2 della DGR n.962/2018, il comune di Villanova d'Albenga, entro il cui territorio si colloca l'area di intervento, risulta classificato così come indicato in Tabella 8.1. In Tabella 8.2 è definita la corrispondenza fra le varie classificazioni mentre in Figura 8.1 la classificazione sismica della Regione Liguria con l'indicazione grafica dell'area di studio.

Tabella 8.1 Classificazione sismica dei comuni interessati dalle opere in progetto (Allegato A OPCM 3274/2003)

| Codice Istat 2001 | Denominazione | Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti fino al 1984) | Categoria secondo la proposta del GdL del 1998 | Zona ai sensi del DGR 962/2018 |
|-------------------|---------------------|--|--|--------------------------------|
| 07009068 | Villanova d'Albenga | N.C. | III | 3 |

Tabella 8.2 Corrispondenza tra le successive classificazioni sismiche

| Decreti fino al 1984 | GdL 1998 | Classificazione OPCM 2003 |
|----------------------|----------------|---------------------------|
| S=12 | I° categoria | Zona 1 |
| S=9 | II° categoria | Zona 2 |
| S=6 | III° categoria | Zona 3 |
| non classificato | n.c. | Zona 4 |



**Figura 8.1 Classificazione sismica della Regione Liguria (da www.regione.liguria.it; scala grafica).
 In rosso l'area di studio**

8.2 Pericolosità sismica di base

Le novità introdotte con l'OPCM 3274/2003 sono state pienamente recepite e ulteriormente affinate, grazie anche agli studi svolti dai centri di competenza (INGV, Reluis, Eucentre). Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall'OPCM 3274/2003, è stato adottato con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006.

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'OPCM n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche (Tabella 8.3). Le Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008 hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona, e quindi per ciascun comune, precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

PROGETTO DEFINITIVO
**Relazione geologica per la riambientalizzazione
 del sito I18**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| IV01 | 00 | D 69 RG | GE0001 004 | B | 16 di 30 |

Dal 1° luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

L'azione sismica viene valutata in condizioni di campo libero (cioè in assenza di manufatti), su sito di riferimento rigido (di categoria A), a superficie orizzontale (superficie topografica di categoria T1), riferendosi alla definizione di "pericolosità sismica di base", fornita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, Figura 8.2).

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica "probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} ":

a_g : accelerazione massima su suolo tipo A (allegato B alle NTC)

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (allegato B alle NTC)

T_{C*} : periodo di riferimento che consente di calcolare il periodo TC corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro (Allegato B alle NTC).

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del Comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.).

Tabella 8.3 Valori di accelerazione massima del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferito a suoli rigidi caratterizzati da $V_{S,30} > 800$ m/s

| Zona | Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g) | Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche, a_g/g) |
|------|---|---|
| 1 | >0.25 | 0.35 |
| 2 | $0.15 \div 0.25$ | 0.25 |
| 3 | $0.05 \div 0.15$ | 0.15 |
| 4 | <0.05 | 0.05 |



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressi in termini di accelerazione massima del suolo
con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ($V_{s,30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

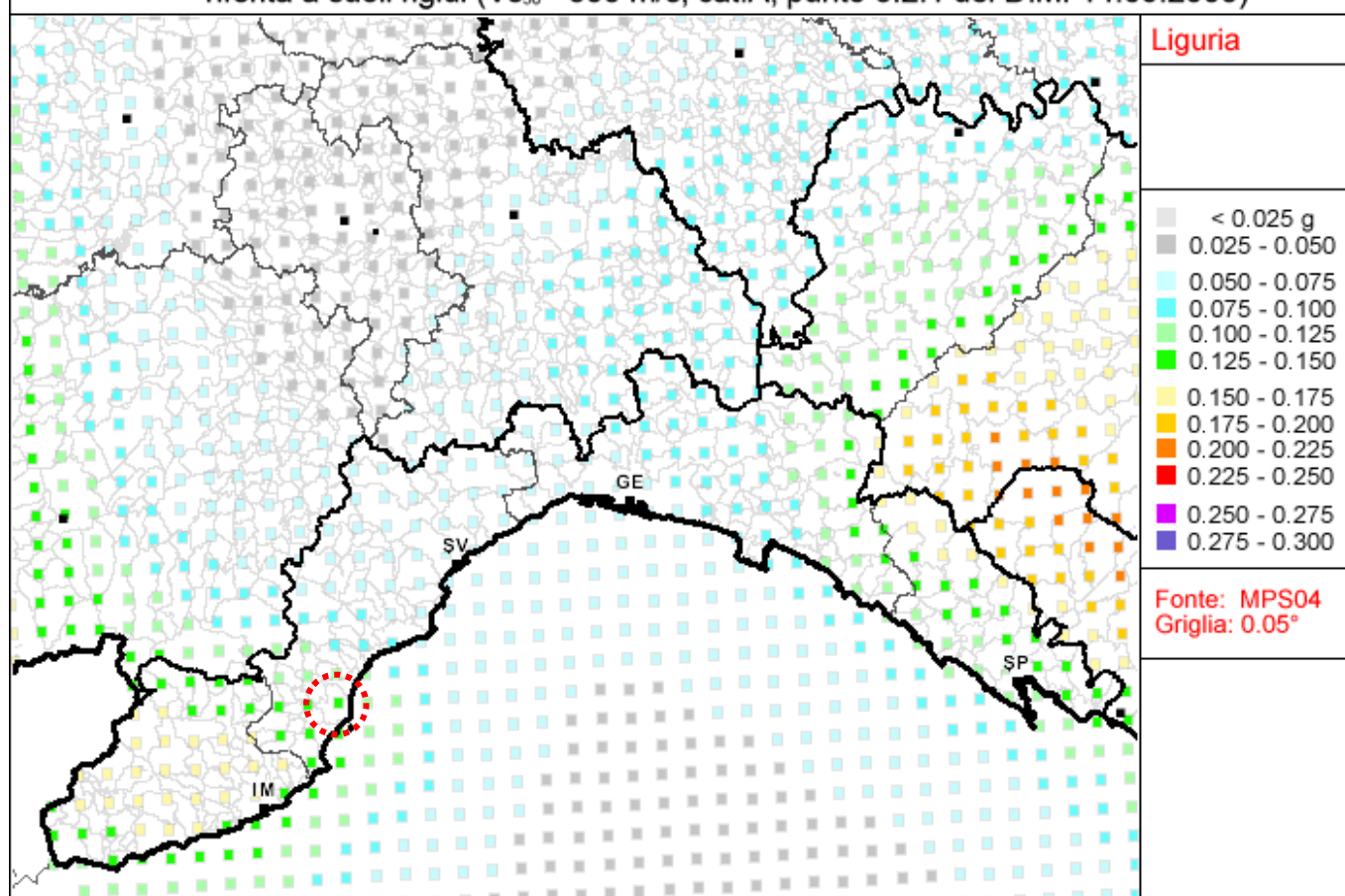


Figura 8.2 Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ($V_{s,30} > 800$ m/s) – da INGV. In rosso l'area di studio

All'indomani della riclassificazione sismica del territorio nazionale scaturita dal progetto S1 dell'INGV-DPC, si dispone di parametri sismici di riferimento aggiornati e di maggior dettaglio rispetto alla classificazione macrosismica nazionale cui faceva riferimento il D.M.LL.PP. 16 gennaio 1996 (Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche). La rappresentazione di sintesi delle caratteristiche sismologiche e sismogenetiche del territorio è contenuta nella "Mappa di Pericolosità Sismica" dell'Italia, che costituisce oggi la base di riferimento per la

| | | | | | | |
|---|---|----------------------------|------------------------------------|--|--------------------------|-----------------------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p> | | | | | |
| <p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica per la riambientalizzazione del sito I18</p> | <p>COMMESSA IV01</p> | <p>LOTTO 00</p> | <p>CODIFICA D 69 RG</p> | <p>DOCUMENTO GE0001 004</p> | <p>REV. B</p> | <p>FOGLIO 18 di 30</p> |

valutazione delle azioni sismiche di progetto sul sito in esame secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018).

Con riferimento al D.M. 17 gennaio 2018, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base dei dati relativi al progetto S1 dell'INGV-DPC, sono stati determinati i valori reticolari dei parametri di riferimento relativamente ad un suolo rigido, per un tempo di ritorno T_r pari a 475. I parametri forniti, in funzione di quanto previsto delle NTC2018, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale.

In Tabella 8.4 si riportano i parametri di riferimento in termini di a_g , F_0 e T_{c^*} per i punti del grigliato prossimi al sito di progetto; tali punti sono indicati graficamente in Figura 8.3.

Tabella 8.4 Sito I-18: parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno $T_r=475$ anni

| ID | Longitudine | Latitudine | a_g | F_0 | T_{c^*} |
|--------|-------------|------------|-------|-------|-----------|
| 113099 | 8,1300 | 44,0629 | 0,135 | 2.427 | 0.285 |
| 113100 | 8.1579 | 44.0641 | 0.127 | 2.426 | 0.284 |
| 113653 | 8,1318 | 44,0428 | 0,139 | 2.425 | 0.285 |
| 113654 | 8.1597 | 44.0441 | 0.134 | 2.424 | 0.284 |

| | | | | | | |
|---|---|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|--------------------|
|  | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica per la riambientalizzazione del sito I18 | COMMESSA IV01 | LOTTO 00 | CODIFICA D 69 RG | DOCUMENTO GE0001 004 | REV. B | FOGLIO 19 di 30 |



Figura 8.3 Griglia di riferimento per il sito I-18 (in rosso), con individuazione del tracciato in progetto (in magenta) e dei punti del grigliato (in giallo). Scala grafica

8.3 Sismicità storica dell'area, catalogo parametrico dei terremoti italiani

Nonostante il catalogo sismico copra un intervallo di tempo di oltre 2000 anni, molti degli eventi registrati sono concentrati negli ultimi secoli, in particolare dopo il 1700, anche per via della maggiore accuratezza e completezza dei documenti storici rinvenuti. In particolare, i principali eventi di grande intensità epicentrale verificatisi nel ponente ligure sono stati quelli del 29 dicembre 1854 e del 23 febbraio 1887, con una magnitudo momento stimata rispettivamente pari a 5,72 e 6,27 ed una intensità epicentrale del VII-VIII e X grado MCS. In particolare, il terremoto del 1887 è stato il più forte registrato nell'area della riviera ligure di ponente, ha causato oltre 600 vittime e ha determinato ingenti danni nella fascia costiera compresa tra Sanremo ed Alassio, più vicini all'epicentro, presumibilmente situato in mare al largo di Imperia.

PROGETTO DEFINITIVO

**Relazione geologica per la riambientalizzazione
del sito I18**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| IV01 | 00 | D 69 RG | GE0001 004 | B | 20 di 30 |

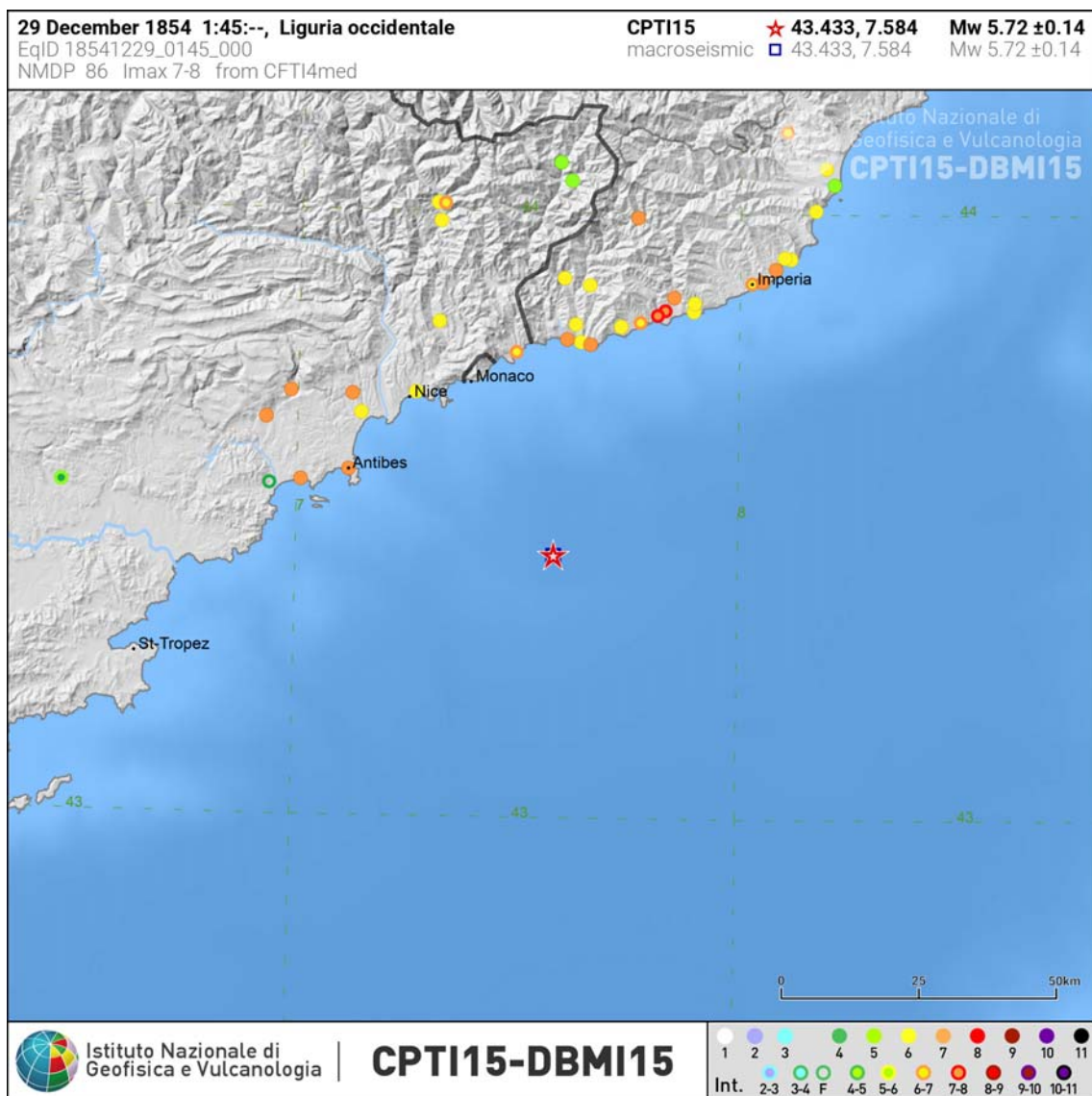


Figura 8.4 Caratteristiche del terremoto del 29/12/1854 (da INGV)

| | | | | | | |
|---|---|---------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------|----------------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p> | | | | | |
| <p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica per la riambientalizzazione del sito I18</p> | <p>COMMESSA IV01</p> | <p>LOTTO 00</p> | <p>CODIFICA D 69 RG</p> | <p>DOCUMENTO GE0001 004</p> | <p>REV. B</p> | <p>FOGLIO 21 di 30</p> |

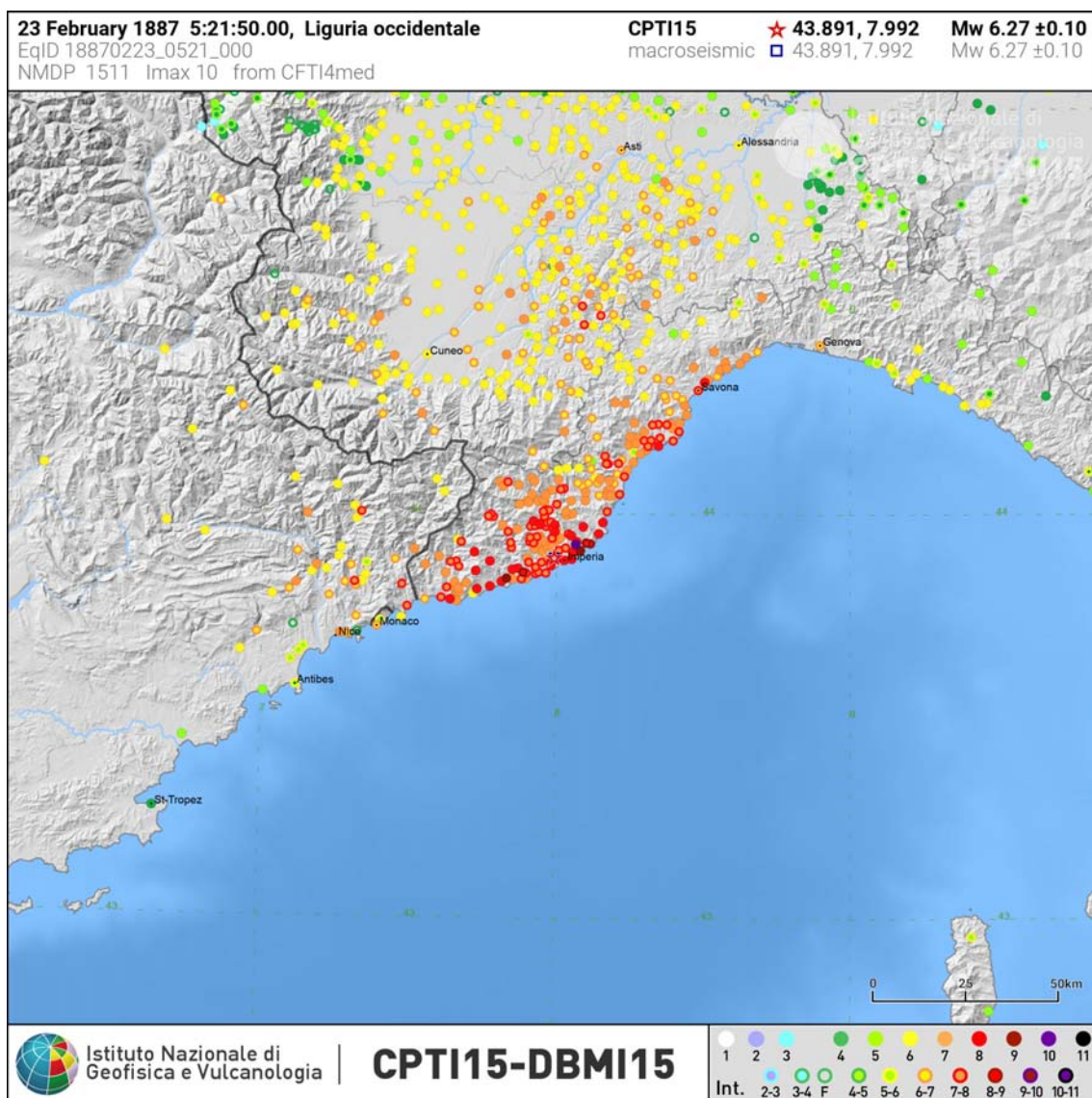


Figura 8.5 Caratteristiche del terremoto del 23/02/1887 (da INGV)

Al fine di inquadrare dal punto di vista della sismicità storica l'area in esame, si riporta di seguito un riepilogo delle osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia del danno che hanno interessato storicamente il Comune di Villanova d'Albenga.

Nello specifico, le informazioni riportate di seguito derivano dalla consultazione del DBMI15 v4.0 (Locati et al., 2021), il database macrosismico utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 v3.0 (Rovida et al., 2021, consultabile on-line al sito <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.4>).

PROGETTO DEFINITIVO
**Relazione geologica per la riambientalizzazione
 del sito I18**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| IV01 | 00 | D 69 RG | GE0001 004 | B | 22 di 30 |

In Tabella 8.5 sono indicati con i seguenti simboli:

Is = intensità in sito (MCS);

Anno = anno Me = mese Gi = giorno Or = ora;

nP = numero di osservazioni macrosismiche del terremoto;

Io = intensità massima (MCS);

Mw = magnitudo momento.

Tabella 8.5 Storia sismica del Comune di Villanova d'Albenga [44.046, 8.143]

| Effetti | In occasione del terremoto di: | | | | | | | | | |
|---------|--------------------------------|------|----|----|----|------------------|---------------------|------|-----|------|
| | Is | Anno | Me | Gi | Or | Area epicentrale | nP | Io | Mw | |
| 6-7 | | 1887 | 02 | 23 | 05 | 21 50 | Liguria occidentale | 1511 | 9 | 6.27 |
| NF | | 1897 | 10 | 12 | | | Liguria occidentale | 13 | 5 | 4.34 |
| 4-5 | | 1993 | 07 | 17 | 10 | 34 0 | Liguria occidentale | 336 | 5 | 4.34 |
| NF | | 1995 | 04 | 21 | 08 | 02 5 | Liguria occidentale | 49 | | 4.39 |
| 3-4 | | 2000 | 08 | 21 | 17 | 14 | Monferrato | 595 | 6 | 4.94 |
| 3-4 | | 2001 | 02 | 06 | 22 | 28 4 | Mar Ligure | 47 | 4-5 | 4.17 |
| 3 | | 2001 | 02 | 25 | 18 | 34 4 | Mar Ligure | 59 | | 4.44 |

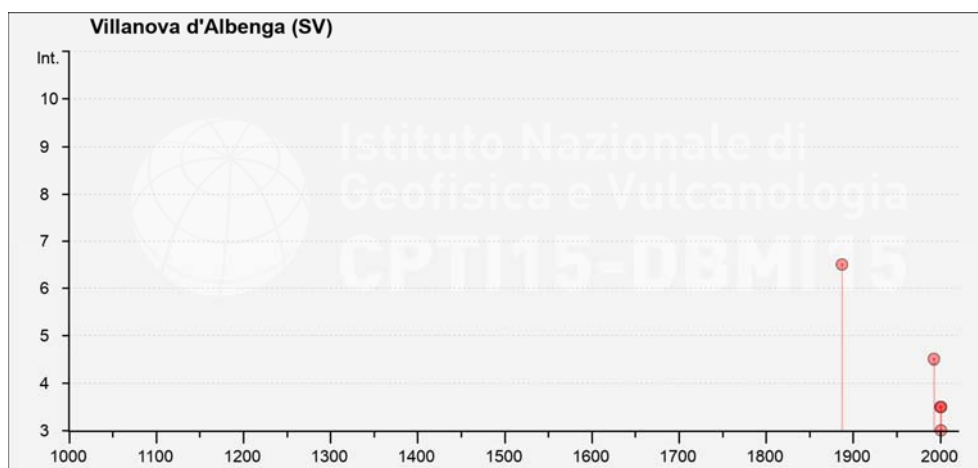


Figura 8.6 Storia sismica del Comune di Villanova d'Albenga [44.046, 8.143]

8.4 Sorgenti sismogenetiche e faglie capaci

Recentemente è stata presentata la nuova versione (DISS v. 3.3.0) del database “A compilation of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas”, inizialmente divulgato in forma preliminare nel luglio 2000 come versione 1.0 e quindi pubblicato nel 2001 come versione 2.0 (Valensise & Pantosti, 2001).

| | | | | | | |
|---|---|----------------------------|------------------------------------|--|--------------------------|-----------------------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p> | | | | | |
| <p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica per la riambientalizzazione del sito I18</p> | <p>COMMESSA IV01</p> | <p>LOTTO 00</p> | <p>CODIFICA D 69 RG</p> | <p>DOCUMENTO GE0001 004</p> | <p>REV. B</p> | <p>FOGLIO 23 di 30</p> |

Il Database contiene sorgenti sismogenetiche individuali e composite ritenute in grado di generare grandi terremoti. La nuova versione del Database contiene oltre 100 sorgenti sismogenetiche identificate attraverso studi geologico-geofisici (70% in più rispetto alla precedente versione). Tali sorgenti ricadono sull'intero territorio italiano e su alcune regioni confinanti.

L'assetto di queste sorgenti fornisce informazioni sull'andamento dei maggiori sistemi di faglie attive, consentendo in alcuni casi di individuare aree di potenziale gap sismico.

Obiettivo del Database è quello di rendere quanto più possibile completa l'informazione sulle sorgenti sismogenetiche potenziali del territorio nazionale; per questa ragione, oltre ad un numero maggiore di sorgenti individuali, viene proposta una forma di rappresentazione e caratterizzazione di tutte le aree che, pur essendo certamente in grado di generare forti terremoti, sono ancora poco comprese. È stata pertanto istituita una nuova categoria di aree sismogenetiche per le quali, in analogia con quanto proposto dalla nuova zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti & Valensise, 2004), viene fornita la localizzazione geografica, la stima del meccanismo di fagliazione, la profondità efficace e la magnitudo massima attesa.

Dall'esame del Database, l'unica sorgente sismogenetica composta vicina al territorio oggetto di studio (Figura 8.7) è la sorgente Imperia Promontory (ITCS022). Le principali informazioni di riferimento per la sorgente sono riportate in Figura 8.8.

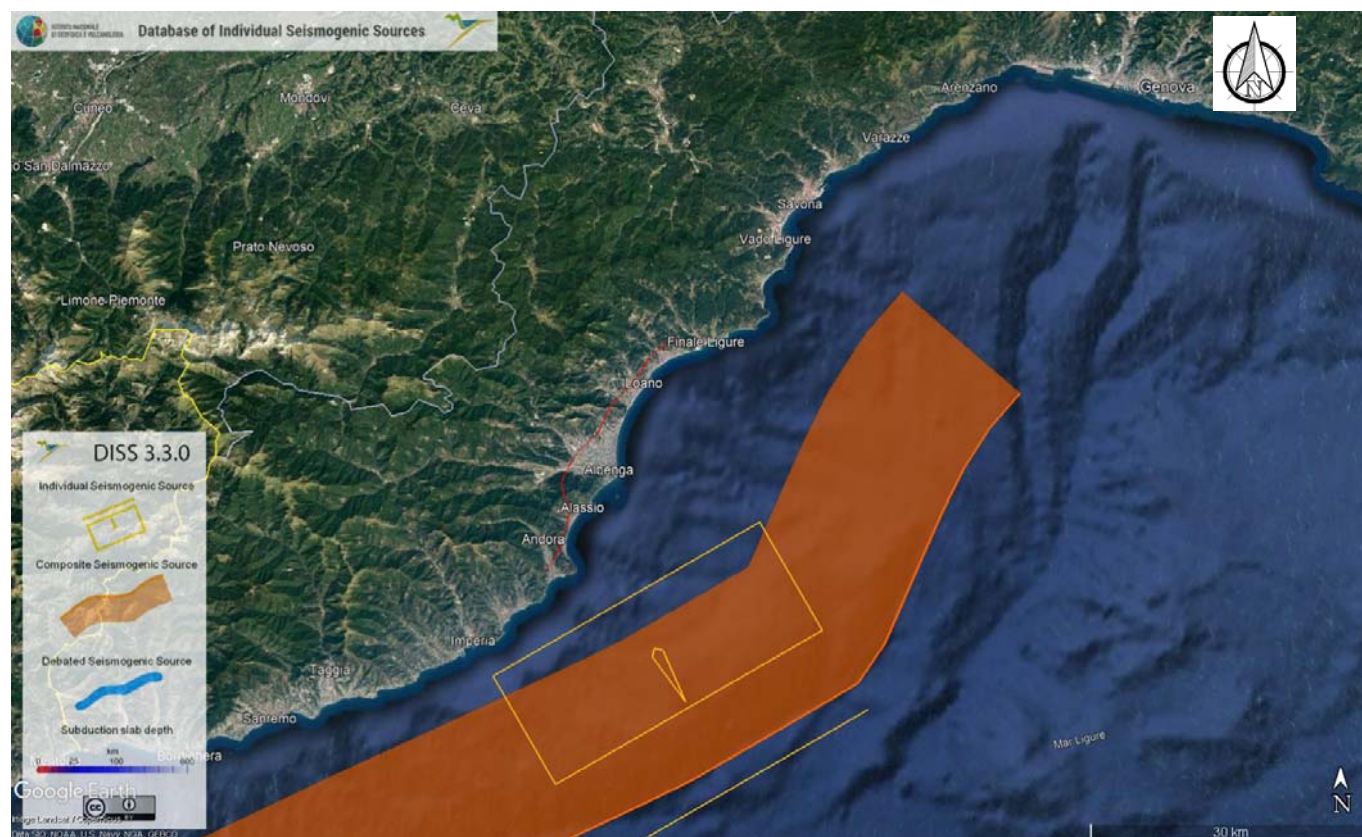


Figura 8.7 Sorgenti sismogenetiche contenute nella nuova versione del “Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy” per l’area in oggetto. In rosso il tracciato in progetto

| | | | | | | |
|---|---|---------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------|----------------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p> | | | | | |
| <p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica per la riambientalizzazione del sito I18</p> | <p>COMMESSA IV01</p> | <p>LOTTO 00</p> | <p>CODIFICA D 69 RG</p> | <p>DOCUMENTO GE0001 004</p> | <p>REV. B</p> | <p>FOGLIO 24 di 30</p> |

PARAMETRIC INFORMATION

| Parameter | | Quality | Evidence |
|-----------------------------|---------------------|---------|--|
| Min depth [km] | 2.5 | LD | Based on geological and morphobathymetric data by Larroque et al. (2011). |
| Max depth [km] | 15.0 | EJ | Assumed to be about the same as the base of lower crust. |
| Strike [deg] min... max | 200...250 | LD | Based on geological and morphobathymetric data by Larroque et al. (2011). |
| Dip [deg] min... max | 25...50 | EJ | Inferred from geophysical data. |
| Rake [deg] min... max | 80...100 | EJ | Inferred from active stress data. |
| Slip Rate [mm/y] min... max | 0.1000... 0.2500 | EJ | Inferred from topographic and geological data (uplift) from various authors. |
| Max Magnitude [Mw] | 7.4 | ER | Estimated from Leonard's (2014) scaling relations. |

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

Figura 8.8 Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta ITCS022 “Imperia Promontory”

Infine, la consultazione del database del progetto ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults) ha permesso di verificare l'eventuale presenza di faglie capaci, definite come lineamenti tettonici attivi che possono potenzialmente creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche. In riferimento allo stralcio cartografico riportato in Figura 8.8, nelle aree interessate dai siti di stoccaggio si può escludere la presenza di faglie capaci.



Figura 8.9 Stralcio cartografico dell'area di interesse con indicazione delle faglie capaci (in rosso) (da <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Catalogo.aspx>). In viola il tracciato in progetto e individuazione del sito di intervento (I-18) mediante freccia rossa.

8.5 Magnitudo di riferimento

Sulla base delle originali elaborazioni relative alla definizione delle sorgenti sismogenetiche (DISS2.0-2001) è stato elaborato un modello sintetico che descrive la localizzazione delle sorgenti di futuri terremoti, la magnitudo massima che questi potranno raggiungere ed i *rate* di sismicità attesa zona per zona. Questo modello, che si pone come base per la redazione della carta di pericolosità sismica è rappresentato dalla mappa delle zone sismogenetiche ZS9 (Meletti & Valensise, 2004; Meletti et al., 2008). In base alla zonazione sismogenetica ZS9 del territorio nazionale (INGV, 2004), la sismicità in Italia può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una legge di ricorrenza della magnitudo, espressa in termini di magnitudo momento Mw.

Secondo la ZS9 (Figura 8.10), che sostituisce la precedente zonazione sismogenetica ZS4, il sito "I-18" ricade all'interno della Zona 910 "Nizza-Sanremo" che, dal punto di vista strutturale, è considerata l'area di svincolo che consente l'arretramento dell'arco alpino occidentale; in quest'area cui sono attesi terremoti moderatamente profondi ($P = 8-12$ km) e di elevata magnitudo ($M_{max} = 6.37$), riconducibili a meccanismi di fagliazione prevalentemente inversi.

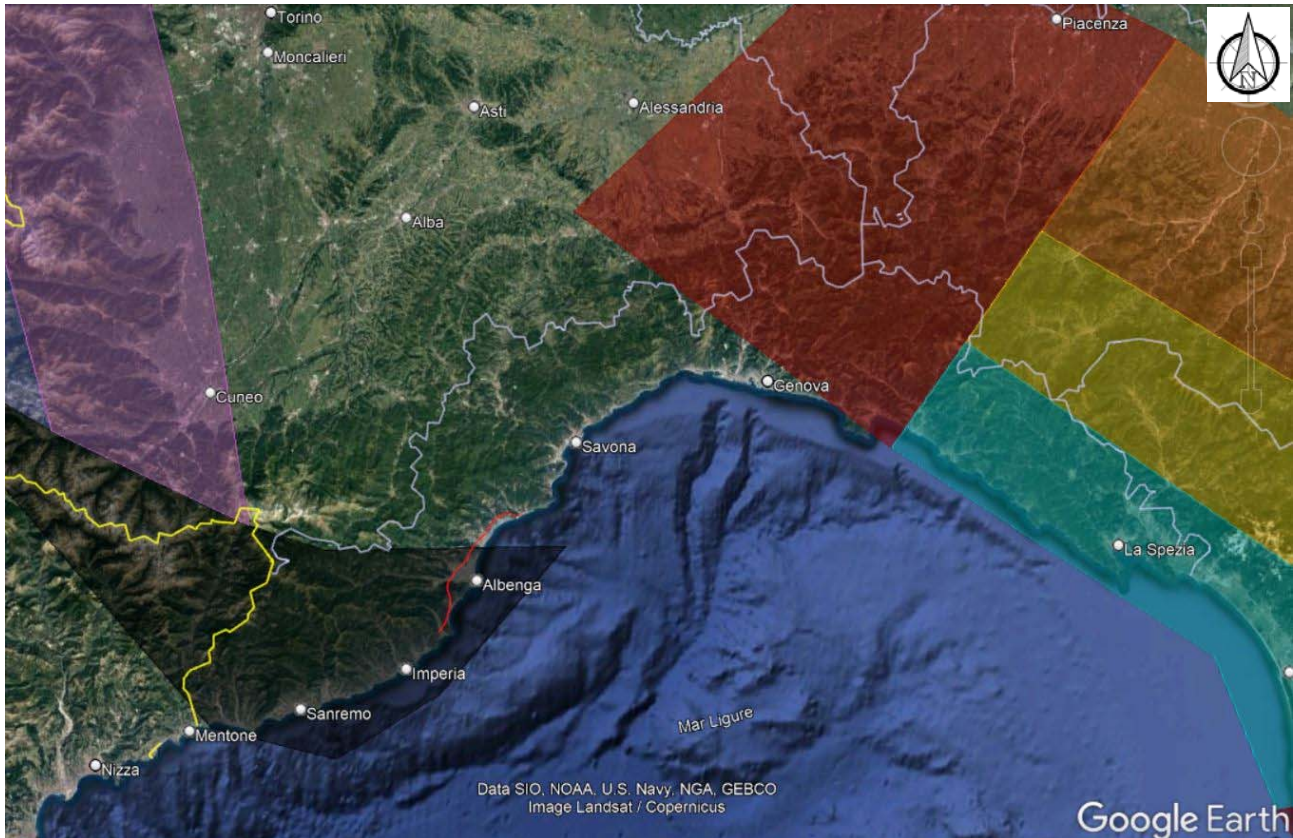


Figura 8.10 Stralcio della Zonazione sismogenetica ZS9. In rosso il tracciato ferroviario in progetto, lungo il cui sviluppo sono ubicate le nuove viabilità (non in scala)

| | | | | | | |
|---|---|----------------------------|------------------------------------|--|--------------------------|-----------------------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p> | | | | | |
| <p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica per la riambientalizzazione del sito I18</p> | <p>COMMESSA IV01</p> | <p>LOTTO 00</p> | <p>CODIFICA D 69 RG</p> | <p>DOCUMENTO GE0001 004</p> | <p>REV. B</p> | <p>FOGLIO 27 di 30</p> |

9 PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è necessario tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, perché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Secondo la Normativa Tecnica di riferimento (DM 17/01/2018), di seguito si definiscono la categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche per le varie viabilità in progetto.

9.1 Categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II del D.M. 17/01/2018, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S . La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

- h_i spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II. del D.M. 17/01/2018.

Nel caso in esame la velocità di propagazione delle onde di taglio è stata determinata in maniera indiretta a partire dai risultati delle prove sismiche descritte al cap. 4. In particolare, in Tabella 9.1 si riepilogano le risultanze delle indagini MASW e HVSr, indicando le velocità equivalenti di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ e la corrispondente categoria di suolo secondo normativa.

| | | | | | | |
|--|---|------------------|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA | | | | | |
| | PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica per la riambientalizzazione del sito I18 | COMMESSA IV01 | LOTTO 00 | CODIFICA D 69 RG | DOCUMENTO GE0001 004 | REV. B |

Tabella 9.1 Prove sismiche (Masw+HVSr) di riferimento per il sito in progetto

| Prova | V _{s,h} [m/s] | H (m) | Categoria |
|--------|------------------------|-------|-----------|
| MASW 1 | 570 | 2.9 | A |
| MASW 2 | 693 | 7.2 | B |
| HVSr 1 | 392 | 3.0 | A |
| HVSr 2 | 430 | 6.0 | B |

Per quanto concerne alle tomografie sismiche a rifrazione (SRT) in onde P e S, indicano:

- nella SRT1 la presenza di un *bedrock* sismico da affiorante a sub-affiorante, con profondità non superiori ai 2 m da p.c.;
- nella SRT2, in circa metà dello stendimento un *bedrock* sismico a profondità di circa 5-10 m dal p.c., che poi tende a diventare affiorante a sub-affiorante nella seconda porzione di stendimento.

In generale, quindi, le indagini hanno consentito di rilevare la presenza di terreni che, secondo normativa (NTC2018), sono classificabili come categoria di suolo tra A e B.

9.2 Condizioni topografiche

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, non essendovi particolari emergenze topografiche che possano dar luogo ad effetti di amplificazione sismica locale, la morfologia delle aree può essere ricondotta ad una delle configurazioni superficiali semplici previste nel D.M. 17/01/2018 in Tabella 3.2.III.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|---|
| T1 | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ |
| T2 | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ |
| T3 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T4 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ |

In particolare, il sito I-18 può essere classificato in categoria T2, “*Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$* ”, caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1,2$.

| | | | | | | |
|---|---|----------------------------|------------------------------------|--|--------------------------|-----------------------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p> | | | | | |
| <p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica per la riambientalizzazione del sito 118</p> | <p>COMMESSA IV01</p> | <p>LOTTO 00</p> | <p>CODIFICA D 69 RG</p> | <p>DOCUMENTO GE0001 004</p> | <p>REV. B</p> | <p>FOGLIO 29 di 30</p> |

10 BIBLIOGRAFIA

BONI A., CERRO A., GIANOTTI R., & VANOSSI M. (1971a) - Foglio 92-93 “Albenga-Savona” della Carta Geologica d’Italia alla scala 1: 100.000. Servizio Geologico d’Italia, Roma.

BONI A., CERRO A., GIANOTTI R., & VANOSSI M. (1971b) - Note illustrative del Foglio 92-93 “Albenga-Savona” della Carta Geologica d’Italia alla scala 1: 100.000. Servizio Geologico d’Italia, Roma.

BONI A. & VANOSSI M. (1972) - “Carta geologica dei terreni compresi tra il Brianzone s.l. ed il Flysch ad Elmintoidi s.s.” - Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, 23, tav. 24.

BONI P., PELOSO G.F. & VERCESI P.L. (1984a) - “Nuovi dati e considerazioni sulla stratigrafia del bacino pliocenico di Albenga (Alpi Marittime)” - Mem. Soc. Geol. It., 28, 395 - 396.

BONI P., PELOSO G.F. & VERCESI P.L. (1984b) - “Il bacino pliocenico di Albenga (Liguria occidentale)” - Rend. Soc. Geol. It., 7, 11-12.

COBIANCHI M., DI GIULIO A., GALBIATI B. & MOSNA S. (1991) - “Il “Complesso di base” del Flysch di San Remo nell’area di San Bartolomeo, Liguria Occidentale (Nota Preliminare)” - Atti Tic. Sc. Terra, 34, 145 - 154.

DALLAGIOVANNA G. & VANOSSI M. (1982) - “La struttura tettonica dell’unità di Arnasco-Castelbianco (Prepiemontese delle Alpi Marittime)” - - Rend. Soc. Geol. It., 5, 119 - 122.

DALLAGIOVANNA G. & LUALDI A. (1984) - “Le breccie di Monte Galero: nuovi dati e interpretazione” - Mem. Soc. Geol. It., 28, 409 - 418.

DALLAGIOVANNA G. & SENO S. (1984a) - “Carta geologica del settore meridionale dell’unità di Arnasco-Castelbianco (Alpi Marittime), Mem. Soc. Geol. It., 28.

DALLAGIOVANNA G. & SENO S. (1984b) - “Rilevamento geologico ed analisi strutturale del settore meridionale dell’unità di Arnasco-Castelbianco (Alpi Marittime), Mem. Soc. Geol. It., 28, 441-445.

DALLAGIOVANNA G., FANUCCI F., PELLEGRINI L., SENO S., BONINI L., DECARLIS A., MAINO M., & MORELLI D. (2016a) - Foglio 259 “Imperia” della Carta Geologica d’Italia alla scala 1: 50.000. ISPRA, Regione Liguria, Servizio Geologico d’Italia, Roma.

DALLAGIOVANNA G., FANUCCI F., PELLEGRINI L., SENO S., BONINI L., DECARLIS A., MAINO M., & MORELLI D. (2016b) - Note illustrative del Foglio 259 “Imperia” della Carta Geologica d’Italia alla scala 1: 50.000. ISPRA, Regione Liguria, Servizio Geologico d’Italia, Roma.

DI GIULIO A. (1987) - “Evoluzione strutturale delle Unità di Moglio – Testico e di S. Remo – M. Saccarello” - Atti Tic. Sc. Terra, 31, 54 - 62.

DI GIULIO A. & GALBIATI B. (1991) - “Le facies caotiche dei Flysch della Liguria occidentale: un nuovo modello interpretativo” - - Atti Tic. Sc. Terra, 34, 155 - 160.

| | | | | | | |
|---|---|----------------------------|------------------------------------|--|--------------------------|-----------------------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p> | | | | | |
| <p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione geologica per la riambientalizzazione del sito 118</p> | <p>COMMESSA IV01</p> | <p>LOTTO 00</p> | <p>CODIFICA D 69 RG</p> | <p>DOCUMENTO GE0001 004</p> | <p>REV. B</p> | <p>FOGLIO 30 di 30</p> |

DISS Working Group (2021). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.3.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/diss3.3.0>.

GALBIATI B. (1984) - "L'Unità di Borghetto d'Arroschia – Alassio" - -Mem. Soc. Geol. It., 28, 181 - 210.

GALBIATI B. (1987) - "Assetto strutturale dell'elemento di Arnasco (Alpi Liguri), Boll. Soc. Geol. It., 106, 745-755.

GALBIATI B. & RODI E. (1989) - "Caratteri strutturali dell'unità di Moglio-Testico tra Alassio e Laigueglia (Liguria occidentale), Boll. Soc. Geol. It., 108 (1989), 491-502.

LOCATI M., CAMASSI R., ROVIDA A., ERCOLANI E., BERNARDINI F., CASTELLI V., CARACCILO C.H., TERTULLIANI A., ROSSI A., AZZARO R., D'AMICO S., ANTONUCCI A. (2022). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.4>.

MARINI M. (1984) - Le deformazioni fragili del Pliocene Ligure. Implicazioni nella geodinamica alpina. Memorie della Società Geologica Italiana 29: 157–169.

MARINI M. (2000) - Il Pliocene Ligure e Taggia (Imperia, Alpi Marittime liguri): stratigrafia fisica ed evoluzione sedimentaria. Bollettino della Società Geologica Italiana 119: 423–443.

MARINI M. (2004) - Carta geologica del pliocene ligure di Albenga (Alpi Marittime - Provincia di Savona). scala 1:25.000. SELCA. Firenze.

MELETTI C. & VALENSISE G. a cura di (2004) - Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20/03/2003 n.3274) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Zonazione sismogenetica ZS9, App.2 al Rapporto Conclusivo.

POGGI E. (2011) - Rocce della Liguria. Il Piviere, Gavi (AL).

ROVIDA A., LOCATI M., CAMASSI R., LOLLI B., GASPERINI P. (2020). The Italian earthquake catalogue CPTI15. Bulletin of Earthquake Engineering, 18(7), 2953-2984. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00818-y>.

ROVIDA A., LOCATI M., CAMASSI R., LOLLI B., GASPERINI P., ANTONUCCI A. (2022). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4>.

VALENSISE G. & PANTOSTI D. (2001) - The investigation of potential earthquake sources in peninsular Italy: a review, J. Seismol., 5, 287-306.

VANOSSI M. (Ed.) (1991) - Guide Geologiche Regionali: 11 itinerari, Alpi Liguri. A cura della Soc. Geol. It., 295 pp., 1 pl, BE-MA Ed., Milano.