

# COMUNE DI NOVARA



**ACQUA  
NOVARA.VCO**  
S.p.A.

Via Triggiani, 9 - 28100 NOVARA (NO)  
Tel. 0321 413111 - Fax. 0321 458729  
@mail: info@acquanovaravco.eu  
@pec: segreteria@pec.acquanovaravco.eu

TITOLO COMMESSA:

## **ADEGUAMENTO STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE FRAZIONE DI PERNATE (NO)**

OGGETTO:

**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**

SCALA:

AVANZAMENTO PROGETTO:  
**DEFINITIVO**

Data Rev. N° 0:  
**LUGLIO 2021**

Rev. N°	Modifiche	Data
1	<b>AGGIORNAMENTO</b>	<b>10/11/2021</b>
2	<b>AGGIORNAMENTO</b>	<b>11/2022</b>
3	-	-/-
4	-	-/-

Rif. N° Commessa:

**X02M - 10040670**

CUP:

**D26H19000230005**

RUP:

**Ing. Giuseppe Caranti**

**PROPRIETA' RISERVATA**  
**QUESTO DISEGNO NON PUO' ESSERE RIPRODOTTO NE' COMUNICATO**  
**A TERZI SENZA AUTORIZZAZIONE DI ACQUA NOVARA.VCO s.p.a.**

I Progettisti: **Ing. Giovanni Battista Peduzzi**

Mandataria

**ETATEC**  
STUDIO PAOLETTI



Mandanti

**STUDIO PAOLETTI**  
INGEGNERI ASSOCIATI

**FABRIZIO MONZA**  
ARCHITETTO

**STUDIO FERRAROTTI**  
Geologia  
Ambiente  
Territorio

Dott.ssa **SILVANA CLERICI**

Dott. **MASSIMO SARTORELLI**

Elaborato N°:

**A.03.00**



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>SINTESI DELLE ATTIVITA' SVOLTE E METODOLOGIA DI LAVORO.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DEI LUOGHI .....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PREVISIONE.....</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>VINCOLISTICA SOVRAORDINATA DI CARATTERE GEOLOGICO ED ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO E GEOMORFOLOGICO.....</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE E GEOMORFOLOGICO.....</b>	<b>23</b>
<b>8</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO E LITOLOGICO .....</b>	<b>25</b>
<b>9</b>	<b>INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....</b>	<b>30</b>
<b>10</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE PREGRESSE.....</b>	<b>35</b>
<b>11</b>	<b>SONDAGGI GEOGNOSTICI.....</b>	<b>39</b>
<b>12</b>	<b>INDAGINI GEOFISICHE .....</b>	<b>49</b>
<b>13</b>	<b>MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO E PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....</b>	<b>58</b>
<b>14</b>	<b>MODELLO GEOLOGICO.....</b>	<b>74</b>
<b>15</b>	<b>MODELLO GEOTECNICO E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>75</b>
<b>16</b>	<b>INDICAZIONI SULLE OPERE DI FONDAZIONE E DI SOSTEGNO.....</b>	<b>79</b>
<b>17</b>	<b>INDICAZIONI E PRESCRIZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO .....</b>	<b>84</b>
<b>18</b>	<b>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E FATTIBILITA' DEGLI INTERVENTI.....</b>	<b>87</b>
<b>19</b>	<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI, CARTOGRAFICI E DOCUMENTALI .....</b>	<b>88</b>
<b>20</b>	<b>REPORT ED ALLEGATI .....</b>	<b>90</b>

- Sezione stratigrafica e litotecnica schematica interpretativa
- Report sondaggi

## **1   PREMESSA**

La presente relazione geologica e geotecnica è stata redatta, al fine di ottemperare a quanto previsto dal D.M. 17.01.2018 e dalle NTA del vigente P.R.G.C., a supporto del progetto definitivo relativo al seguente progetto: “Adeguamento stazione di pompaggio di fognatura di via Mulini e sfioratore via 5 porte”, da realizzarsi nel Comune di Novara (NO) – Località Pernate, nell’ambito dell’*“Accordo Quadro con due operatori per l’affidamento dei servizi tecnici di progettazione, assistenza al RUP, Direzione Lavori, assistenza lavori, collaudi, Coordinatore in fase di progettazione (CSP) e/o di coordinatore in fase di esecuzione (CSE) ad esclusione della parte depurazione acque reflue. 2020\_04 Ri”*.

Gli studi, i rilievi e le indagini, eseguite nell’ambito territoriale di possibile influenza degli interventi e delle opere in previsione, hanno avuto pertanto la finalità di illustrare il contesto geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico del sito di progetto, di individuare eventuali criticità e di fornire le indicazioni preliminari relative alle problematiche geologiche e geotecniche che dovranno essere affrontate nell’ambito della progettazione ed esecuzione delle future opere, valutando in base al quadro dissestivo, vincolistico e pianificatorio in ambito geologico, la fattibilità degli interventi anche sulla base di una serie di sopralluoghi, indagini e prove eseguite in sito.

Ai sensi del D.M. 17.01.2018 *“Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»*” (indicato nel seguito con la sigla NTC/18), il presente elaborato, in relazione ai contenuti ed alle indagini eseguite, ingloba in un unico elaborato le seguenti relazioni specialistiche previste dalla Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 (indicata nel seguito con la sigla Circ./19), ovvero: la relazione geologica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito (par. 6.2.1 delle NTC/18 e par. 6.2.1 della Circ./19), relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno (par. 6.2.2 delle NTC/18 e par. 6.2.2 della Circ./19) e la relazione sulla modellazione sismica concernente la “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione (par. 3.2 delle NTC/18 e par. 3.2 della Circ./19), contenente il riferimento a tutti i parametri ed i coefficienti in base ai quali sono state determinate le azioni sismiche da applicare.

Relativamente alla progettazione e verifica delle opere fondazionali e di contenimento, che saranno definite dal progettista sulla base delle risultanze del presente elaborato, queste saranno riportate nella Relazione sulle fondazioni/strutturale.

La Relazione geologica ai sensi del par. 6.2.1 delle NTC/18 è ricompresa nei capitoli 3, 4, 5, 6, 7 e 8 del presente elaborato, la Relazione geotecnica e sismica ai sensi del par. 6.2.2 e del par. 3.2 delle NTC/18 è ricompresa nei capitoli 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15 del presente elaborato.

Al fine di permettere una caratterizzazione geologica e geotecnica del sito d'intervento sono stati definiti, sulla base delle analisi cartografiche e bibliografiche, sui rilievi eseguiti, sulle risultanze delle indagini e prove geotecniche, geognostiche e sismiche, il modello geologico ed il modello geotecnico di riferimento.

Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici. In funzione della tipologia di opere e di interventi previsti all'interno del contesto geologico nel quale si inserisce l'opera, sono state eseguite una serie di specifiche indagini finalizzate alla ricostruzione del modello geologico. La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito ha, infatti, compreso la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento il quale è stato sviluppato in modo da costituire il punto di partenza al fine di inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle ulteriori indagini geotecniche ritenute necessarie.

Il modello geotecnico di riferimento rappresenta, invece, uno schema rappresentativo del volume significativo di terreno, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, che devono essere caratterizzate con riferimento allo specifico problema geotecnico. Nel modello geotecnico di sottosuolo sono stati definiti i valori caratteristici dei parametri geotecnici basati sulle indagini e prove preliminari eseguite nonché sui valori di letteratura.

## **2    NORMATIVA**

Di seguito sono riportati i principali riferimenti normativi su cui si sono basati gli studi e le indagini eseguite.

- Circolare 617 C.S.LL.PP. del 2 febbraio 2009. Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.
- Circolare 3/AMB del 31 agosto 2018 del Presidente della Giunta regionale. Legge regionale 9 agosto 1989, n. 45 (Nuove norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici). Note interpretative e indicazioni procedurali. Revoca della circolare 4/AMD/2012.
- Circolare 7 C.S.LL.PP del 21 gennaio 2019. Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- D.G.R. 65-7656 del 21 maggio 2014 - Aggiornamento e adeguamento delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico (O.P.C.M. 3074/2003 - O.P.C.M. 3519/2006)".
- D.G.R. 4-3084 del 12 novembre 2011 - Approvazione della D.G.R. n. 11-13058 del 19 gennaio 2010.
- D.G.R. n. 6-887/2019. Presa d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65-7656
- D.M. 14 gennaio 2008 - Nuove norme tecniche per le costruzioni.
- D.M. 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni
- D.Lgs 152/2006 - Norme in materia ambientale.
- D.P.R. 380/2001 e s.m.i. - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia - Norme Tecniche di Attuazione del P.R.G.C. e relativi elaborati tecnici.
- L.R. 45 del 09.08.1989 in materia di vincolo idrogeologico.
- Norme Tecniche di Attuazione del P.R.G.C. e relativi elaborati tecnici.
- OPCM 3274/2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

### **3 SINTESI DELLE ATTIVITA' SVOLTE E METODOLOGIA DI LAVORO**

Ai fini dello svolgimento dell'incarico si è proceduto all'esecuzione di una serie di sopralluoghi, rilievi, indagini e prove geognostiche, geotecniche e sismiche in sito, finalizzate, oltre che alla ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, alla ricostruzione del *modello geologico* e del *modello geotecnico* ricadenti nell'area d'intervento. Le attività svolte si sono basate in particolare su:

- Rilievi geologici e morfologici eseguiti in sito
- Analisi dei dati rilevati dallo scrivente durante i sopralluoghi effettuati sull'area di intervento e in un suo intorno significativo
- Consultazione di database scientifici
- Consultazione di cartografie geologiche specifiche
- Consultazione di pubblicazioni scientifiche
- Consultazione degli elaborati geologici allegati ai P.R.G.C.
- Consultazione di elaborati di carattere tecnico professionale
- Consultazione di Piani Territoriali

In particolare, sono stati consultati in via preliminare i seguenti documenti:

- "Tavole di delimitazione delle fasce fluviali" - Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico – PAI predisposto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po ai sensi dell'art. 17 della Legge n° 183/89
- Geoportale a cura dell'ARPA Piemonte: cartografia relativa ai conoidi alluvionali, Banca Dati Geotecnica (sondaggi geognostici e campioni di terreno), cartografia del SIFraP (Sistema Informativo Frane in Piemonte), cartografie relative agli eventi alluvionali, cartografia della Banca Dati Geologica (Carta delle aree inondabili, carta delle frane, carta dei tributari minori e delle conoidi, carta delle aree instabili, carta degli alveo tipi e portate, carta dei danni ai centri abitati, carta dei danni alla rete viaria)
- Geoportale Nazionale, a cura del Ministero dell'Ambiente, il quale permette la visualizzazione e l'utilizzo della cartografia di base nazionale, prodotta a seguito dell'accordo integrativo tra Stato e Regioni del 12 ottobre 2000 sul Sistema Cartografico di Riferimento

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

---

- Gis Browser relativo al Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, Direttiva 2007/60/CE recepita nel diritto italiano con D.Lgs. 49/2010 – Scenari di alluvioni/Pericolosità e Scenari di Rischio
- Piano Regolatore Generale Comunale (tavole e relazioni)

Come previsto dalle NTC/18, la presente relazione geologica è stata sviluppata in modo tale da costituire un utile elemento di riferimento per il Progettista al fine di inquadrare le eventuali problematiche geologiche – geotecniche e per definire il programma delle eventuali ulteriori indagini sui terreni. Si elencano di seguito i contenuti principali del presente elaborato:

- Scopo del lavoro
- Aspetti normativi e pianificatori
- Descrizione degli interventi previsti da progetto
- Inquadramento geologico – strutturale del territorio
- Inquadramento geomorfologico
- Analisi dello stato vincolistico
- Analisi dello stato dissestivo
- Inquadramento geologico – litologico con individuazione delle formazioni principali caratterizzanti l’area in esame
- Inquadramento idrogeologico con individuazione e caratterizzazione degli acquiferi principali e valutazioni sulle caratteristiche di permeabilità dei terreni
- Risultanze delle eventuali prove ed indagini geognostiche e/o geotecniche e sismiche disponibili realizzate in passato in prossimità dell’area d’intervento
- Risultanze delle prove ed indagini geognostiche e/o geotecniche e sismiche realizzate nell’area d’intervento
- Analisi della sismicità locale e modellizzazione sismica
- Creazione del modello geologico e geotecnico di riferimento
- Indicazioni sulle opere fondazionali e di sostegno
- Prescrizioni e raccomandazioni di carattere geologico e geotecnico da seguirsi in fase di progettazione ed in fase esecutiva
- Considerazioni conclusive e fattibilità degli interventi.

Comune di Novara, frazione Pernate

*ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE*  
**PROGETTO DEFINITIVO**

---

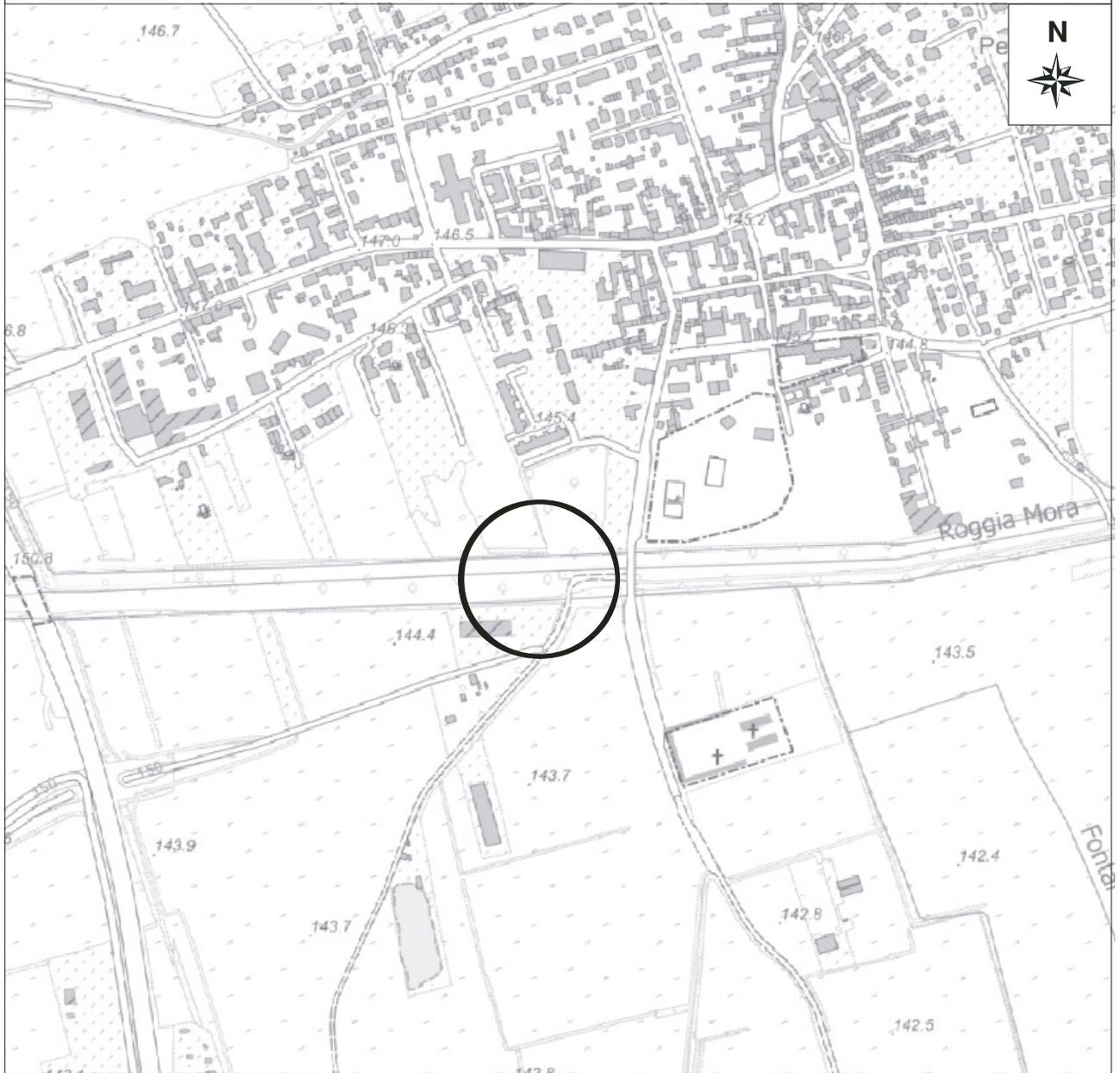
#### **4 DESCRIZIONE DEI LUOGHI**

L'area in esame, ubicata in località Pernate, rientra in un contesto agricolo interessato dalla presenza di alcuni canali e fossi di scolo tra i quali la roggia Mora e la roggia Motta.

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**

## CARTA DI INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO (BDTRE PIEMONTE)



Scala: 1:5.000
Comune: Novara
Provincia: Novara
Estratto: BDTRE - Regione Piemonte
Ubicazione area d'indagine

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**

## CARTA DI INQUADRAMENTO FOTOGRAFICO AEREO



Scala: 1:5.000  
Comune: Novara  
Provincia: Novara  
Estratto:  
Ortofoto Regione Piemonte

 Ubicazione area d'indagine

## 5 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PREVISIONE

Sulla base di quanto fornito dal progettista nonché dagli elaborati a disposizione emerge che le previsioni progettuali riguardano l'adeguamento dell'impianto di sollevamento con realizzazione di nuove vasche profonde fino a circa 5 – 6 m da p.c.



*Fig. 5.1 – Planimetria dell'intervento in previsione*

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**

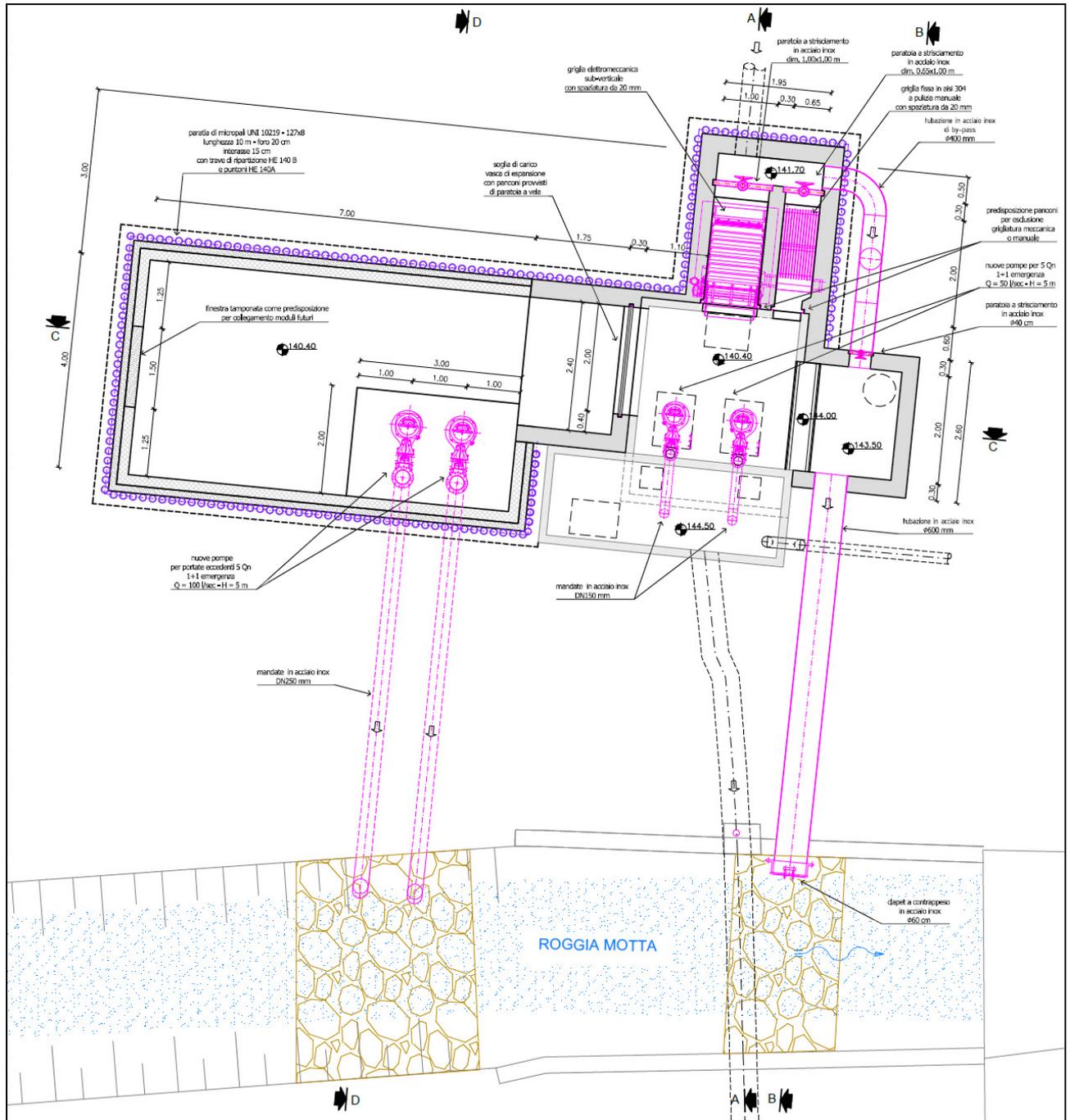


Fig. 5.2 – Planimetria dell'intervento in previsione

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**

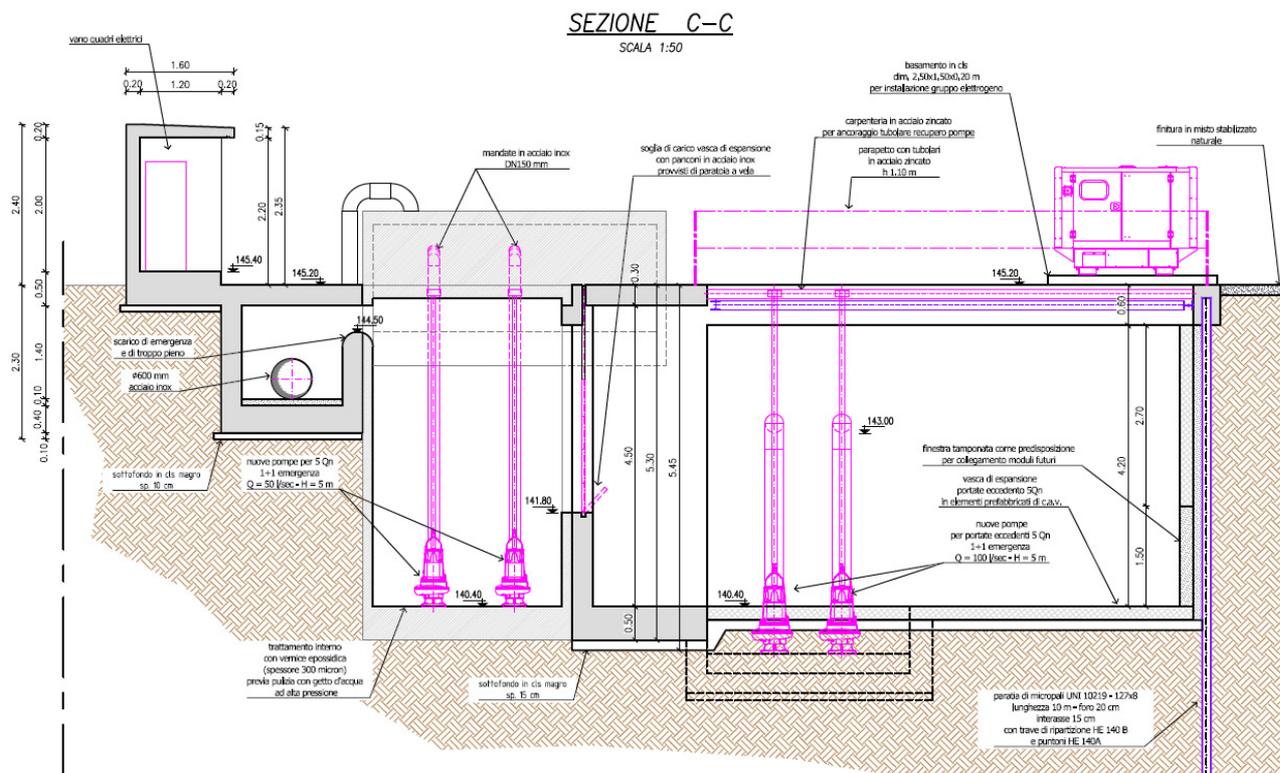


Fig. 5.3 – Sezione dell'intervento in previsione

Per quanto riguarda le specifiche di dettaglio degli interventi si rimanda agli elaborati progettuali.

Occorre precisare che, al momento della stesura del presente documento, non risultano ancora definite nel dettaglio le caratteristiche progettuali esecutive degli interventi ed in particolare delle opere e strutture di fondazione e di contenimento.

## **6 VINCOLISTICA SOVRAORDINATA DI CARATTERE GEOLOGICO ED ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO E GEOMORFOLOGICO**

### **6.1 Premessa**

L'analisi dello stato dissestivo legata al concetto di pericolosità e di rischio idraulico e geomorfologico del territorio in esame è stata effettuata, oltre che da un'indagine diretta anche mediante l'analisi della cartografia tematica allegata al P.G.R.A. (Piano di Gestione Rischio Alluvione), al P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po), al P.R.G.C. (Piano Regolatore Generale Comunale), al Sistema SICOD (Catasto delle opere di difesa), al Progetto IFFI/SIFRAP – Sistema Informativo dei fenomeni FRANosi in Piemonte e Rete Regionale di Controllo Movimenti Franosi (ReRCoMF) ed alla cartografia delle aree instabili di ARPA Piemonte, alla Carta Geologica d'Italia nonché sulla base delle informazioni storiche acquisite. Nel documento di seguito vengono riportati gli stralci cartografici ritenuti più significativi.

### **6.2 Analisi del dissesto e della pericolosità e rischio idraulico**

Ai fini della valutazione dello stato dissestivo e del rischio idraulico del settore in esame, sono state analizzate una serie di cartografie tematiche (vedasi Piani territoriali riportati in premessa) che permettono di individuare eventuali settori coinvolti o potenzialmente coinvolgibili da eventi alluvionali o fenomeni di esondazioni per piene ordinarie e straordinarie ad opera della rete idrografica principale e secondaria.

<b>Strumento di pianificazione</b>	<b>Tavola</b>	<b>Zona di rischio</b>	<b>Descrizione</b>
P.G.R.A. (Piano di Gestione Rischio Alluvione)	Carta degli scenari da alluvione	-	-
P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po)	Carta delle fasce fluviali	-	-
P.R.G.C. (Piano Regolatore Generale Comunale)	Carta della dinamica fluviale	-	-

Di seguito si riportano le cartografie ritenute più significative.

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**

## CARTA DEI DISSESTI (P.A.I.)



Scala: 1:5.000  
Comune: Novara  
Provincia: Novara  
Estratto:  
P.A.I. (Piano di assetto  
Idrogeologico del fiume Po)

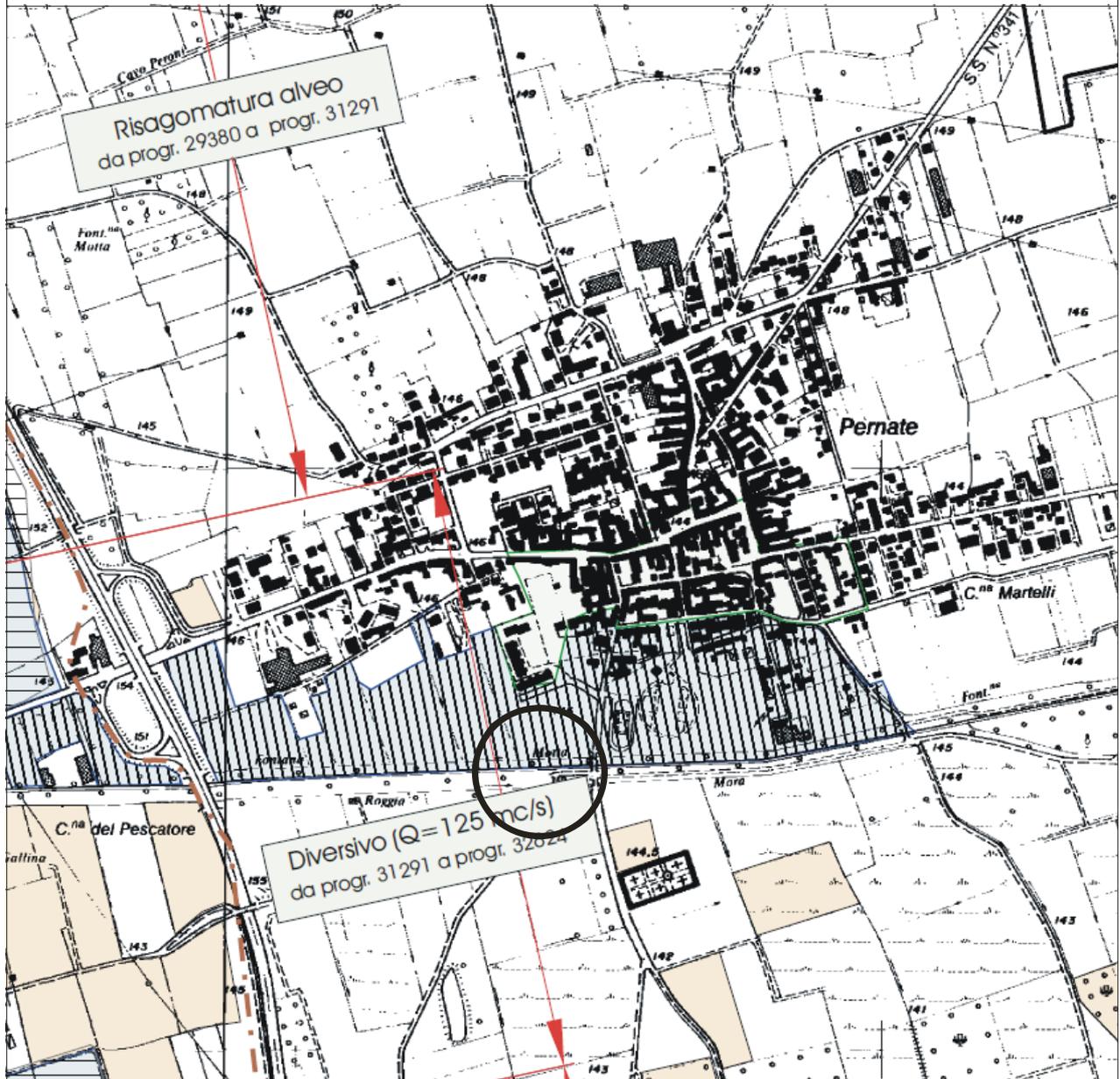
○ Ubicazione area d'indagine

 Em - Area a pericolosità media o moderata

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**

## CARTA DELLA DIAMICA FLUVIALE (P.R.G.C.)



Scala: 1:10.000

Comune: Novara

Provincia: Novara

Estratto:

Carta della dinamica fluviale  
P.R.G.C.



Ubicazione area d'indagine

### EFFETTI ALLUVIONALI DELL'EVENTO DEL 3 MAGGIO 2002

*Delimitazioni fornite dal Settore OO.PP. di Novara - Regione Piemonte*



Aree inondate per rigurgito della rete fognaria



Aree inondate per tracimazione del sistema irriguo

*Effetti alluvionali desunti dalle richieste di risarcimento danni  
o da foto della stampa locale*

Alla luce di tali analisi, supportate dai rilievi effettuati in sito, non sono state individuate cartografie tematiche che evidenzino un rischio idraulico diretto per il settore in esame interessato dall'intervento.

Occorre tuttavia evidenziare che lungo limite N dell'area d'intervento è presente una fitta rete di canali (Mora, Motta, etc.) che localmente esonda interessando parte del concentrico di Penate, il quale è classificato anche come area Em – Area a pericolosità media o moderata. Tale area è stata interessata dall'evento alluvionale del maggio 2002.

La struttura in progetto, all'interno di un contesto già antropizzato, non aumenta, in ogni caso il livello di rischio e non comporta significativo ostacolo o riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree.

Localmente potranno verificarsi unicamente circoscritti fenomeni di rigurgito nel settore di monte della struttura con relativi fenomeni di depressione del pelo libero delle acque nei settori di valle. Tali effetti risulteranno comunque molto contenuti annullandosi e compensandosi rapidamente in un contesto di piena.

La presenza di rischi residuali, e comunque di incertezze che non possano essere esplicitamente introdotte nelle analisi degli studi propedeutici, sono spesso legate alla presenza di opere idrauliche esistenti (tombinature, rete fognarie, etc.) spesso non adeguate alle particolari situazioni geomorfologiche, idrologiche ed idrogeologiche (con particolare riferimento alle coperture di corsi d'acqua che rappresentano necessariamente una fonte permanente di rischio residuo).

### **6.3 Analisi del dissesto e della pericolosità e rischio geomorfologico**

Ai fini della valutazione dello stato dissestivo e del rischio geomorfologico del settore in esame, sono state analizzate una serie di cartografie tematiche quali il Sistema Informativo Frane in Piemonte (SiFraP) dell'ARPA Piemonte – Centro Regionale per le Ricerche Territoriali e Geologiche che rappresenta la banca dati sulle frane più completa e di dettaglio esistente in Italia, per la scala della cartografia adottata (1:10.000) e per il numero di parametri ad esse associati. E' stata inoltre analizzata la cartografia dei dissesti del Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI) dell'Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po, la cartografia delle aree instabili di ARPA Piemonte Piemonte e la carta geomorfologica e dei dissesti del vigente P.R.G.C.

Tali cartografie permettono di individuare eventuali settori coinvolti o potenzialmente coinvolgibili da eventi dissestivi (frane).

Alla luce di tali analisi, non sono state individuate cartografie tematiche che evidenzino frane o più in generale dissesti che riguardino direttamente il settore in esame interessato dall'intervento. Dai

rilievi eseguiti in sito non emergerebbero inoltre particolari situazioni di dissesto che interessino direttamente il sito.

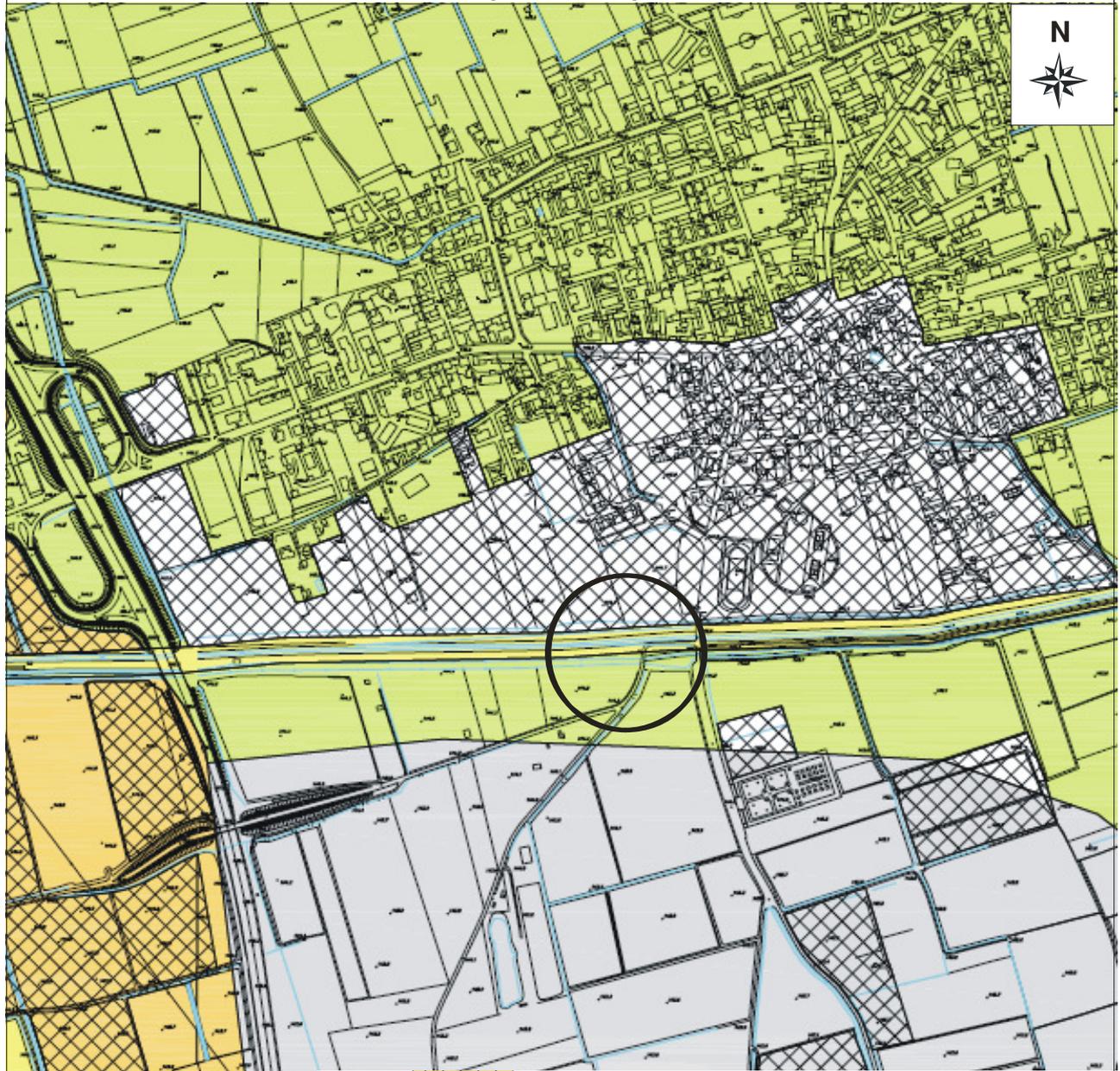
#### **6.4 Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'utilizzazione ai fini urbanistici**

L'analisi di tutti gli elementi di carattere geolitologico, geomorfologico, idrogeologico, idrologico effettuata dai Tecnici redattori della componente geologica del P.R.G.C. ha consentito una valutazione oggettiva della propensione al dissesto nell'intero ambito comunale. Tale determinazione, sulla base dei dati acquisiti, degli eventi storici, delle risultanze di indagini geologiche a corredo di precedenti strumenti urbanistici, della bibliografia e cartografia della Regione Piemonte, ha permesso di effettuare una zonazione del territorio riportata nella "*Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'utilizzazione ai fini urbanistici*". Questa ultima ha consentito la definizione di aree omogenee dal punto di vista della pericolosità geomorfologica intrinseca in funzione all'uso urbanistico suddiviso in settori omogeneamente distinti.

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**

## CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA E DELL'IDONEITA' ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA (P.R.G.C.)



Scala: 1:5.000

Comune: Novara

Provincia: Novara

Estratto:

Carta di sintesi base catastale  
P.R.G.C.

**IIIa1**

Aree comprese nelle Fasce A e B del P.A.I. e soggette alle norme di cui agli artt. 29, 30, 39, Titolo II N.d.A. del P.A.I.; fasce di rispetto dei corsi d'acqua pubblici o con alveo demaniale (ai sensi dell'art. 96 del R.D. 523/1904)

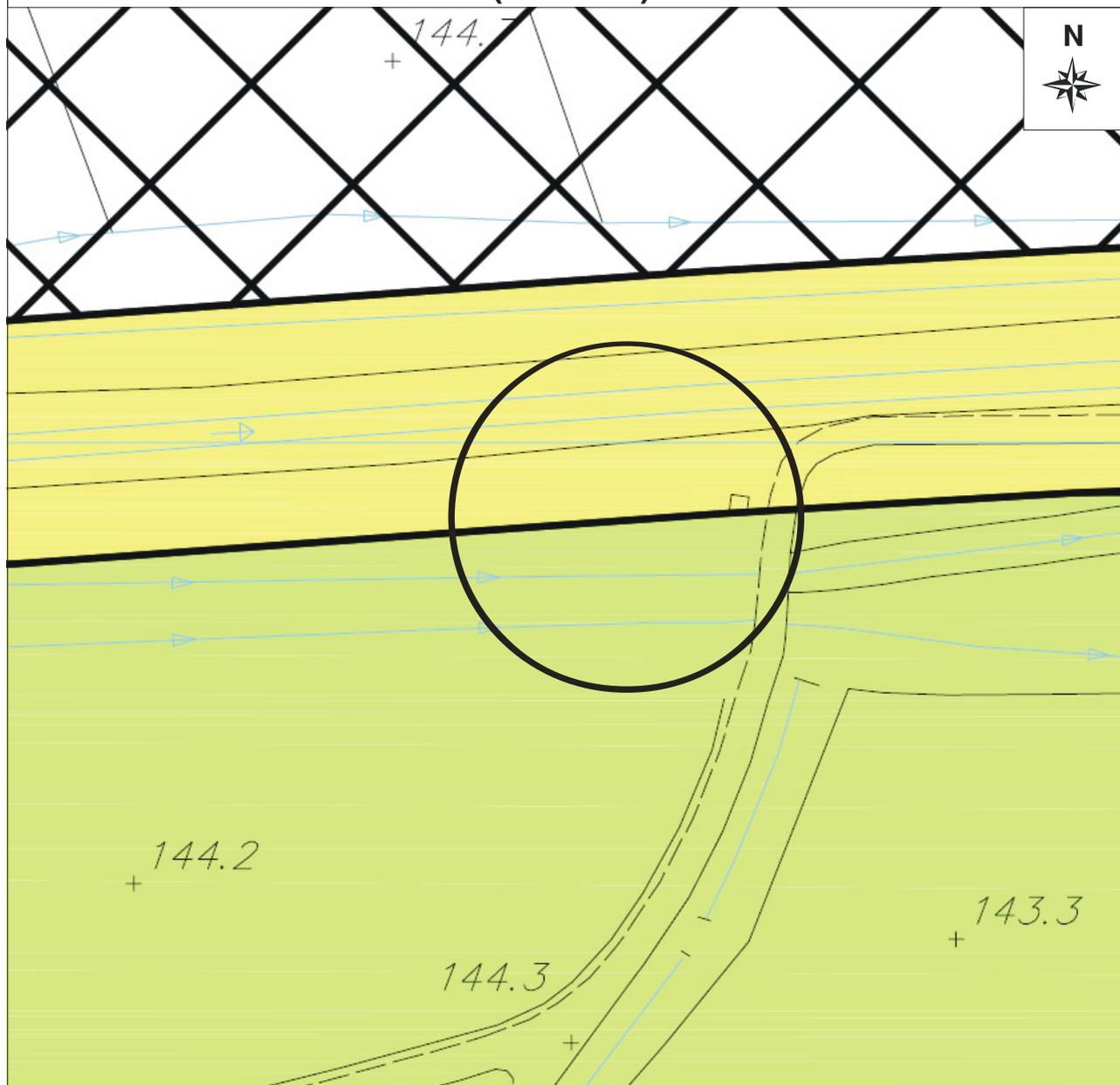
**I**

Aree senza limitazioni d'uso di tipo geologico

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**

## CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA E DELL'IDONEITA' ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA (P.R.G.C.)



Scala: 1:5.000	<b>IIIa1</b>		Aree comprese nelle Fasce A e B del P.A.I. e soggette alle norme di cui agli artt. 29, 30, 39, Titolo II N.d.A. del P.A.I.; fasce di rispetto dei corsi d'acqua pubblici o con alveo demaniale (ai sensi dell'art. 96 del R.D. 523/1904)
Comune: Novara			Aree senza limitazioni d'uso di tipo geologico
Provincia: Novara	<b>I</b>		
Estratto: Carta di sintesi base catastale P.R.G.C.			

Il lotto oggetto d'intervento ricade nella *Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'utilizzazione ai fini urbanistici*", all'interno della **classe I**" Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche; gli interventi sia pubblici che privati sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 11 Marzo 1988" e della **classe IIIa**: "*«Porzioni di territorio inedificate che presentano carattere geomorfologici o idrogeologici che le rendano inidonee a nuovi insediamenti (aree dissestate, in frana, potenzialmente dissestabili o soggette a pericolo di valanghe, aree alluvionabili da acque di esondazione ad elevata energia). Per le opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili (con specifico riferimento ad es. ai parchi fluviali) vale quanto già indicato all'Art.31 della L.R. 56/77».*

Nelle aree soggette alla **classe I** non si applicano norme particolari oltre a quelle previste dalla legislazione specifica sulle norme geotecniche. L'assenza di problematiche particolari non esime i soggetti attuatori degli interventi ad adeguare gli interventi stessi alle condizioni del suolo e alla stabilità dell'area e alla possibile presenza di falda freatica.

Più in dettaglio la porzione che ricade nella sottoclasse **IIIa1**, riguarda le seguenti porzioni di territorio:

- *aree inedificate all'interno delle Fasce A e B del P.A.I;*
- *aree comprese nella zona di esondazione individuata dagli approfondimenti idraulici eseguiti per conto della Provincia di Novara nello Studio idrodinamico di dettaglio e messa a punto del Piano per l'Assetto Idrogeologico a scala provinciale dei torrenti Agogna e Terdoppio redatto da Hydrodata (2000) ed adottate dal PAI nell'Aprile 2001, caratterizzate da allagamenti per tracimazione torrentizia con tiranti idraulici e energia da modesta ad elevata;*
- *aree comprese nelle fasce di rispetto di 10 metri dei corsi d'acqua naturali iscritti all'elenco delle acque pubbliche;*
- *aree comprese nelle fasce di rispetto di 10 metri dei corsi d'acqua artificiali principali aventi alveo demaniale;*
- *aree comprese nelle fasce di rispetto di 10 metri dei corsi d'acqua artificiali minori aventi alveo demaniale;*
- *aree comprese nelle fasce di rispetto di 5 metri dei corsi d'acqua artificiali aventi alveo privato;*

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

---

- *aree interessate da esondazione nel corso dell'alluvione del Maggio 2002 direttamente rilevate in sito, considerate rappresentative delle aree esondabili ai fini della valutazione della pericolosità.*

Nelle aree comprese in Classe IIIa1 sono vietate le attività di cui al titolo II delle NdA del P.A.I., artt. 29, 30 e 39.

## **7 INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE E GEOMORFOLOGICO**

Relativamente all'assetto geologico – strutturale e geomorfologico ad ampia scala, l'area in oggetto rientra, all'interno della pianura novarese.

Il territorio comunale si colloca in un settore della pianura caratterizzato da una storia deposizionale alquanto complessa ed articolata. A partire dal Quaternario antico il succedersi di imponenti espansioni glaciali, alternate ad intense fasi di ablazione, ha determinato il progressivo alluvionamento del Bacino Padano, attraverso processi di deposizione che hanno portato alla formazione di corpi, le cui caratteristiche fisiche e geometriche sono strettamente in relazione al particolare andamento climatico. Il modello risultante consiste in una sovrapposizione verticale di cicli sedimentari diversi ed in un'interdigitazione, coeva, determinata dalle oscillazioni laterali degli ambiti deposizionali. La successione risulta prevalentemente costituita da depositi sciolti eteropici ed eterometrici di origine fluvio-glaciale, fluvio-lacustre o fluviale con caratteristici accumuli, alla sommità della serie, di materiali fini a granulometria estremamente omogenea, originatisi per trasporto e deposizione eolici di polveri, in corrispondenza delle fasi steppiche che contrassegnarono il periodo glaciale Riss. Durante il Quaternario recente (Olocene), con il progressivo ritiro dei ghiacciai, nell'area considerata hanno prevalso i fenomeni legati ad ambienti deposizionali di tipo fluviale. L'enorme quantità d'acqua restituita all'ambiente per effetto dell'ablazione glaciale, ha determinato l'accentuata ripresa dell'attività erosiva a carico dell'edificio alpino, nonché dei materiali trasportati ed accumulati durante la fase glaciale precedente. I sedimenti in tal modo formati sono stati in seguito rideposti nelle aree pianeggianti, laddove la riduzione della pendenza comportava un drastico decremento della capacità di trasporto dei corsi d'acqua.

Il territorio comunale è caratterizzato da un settore pianeggiante o sub-pianeggiante degradante verso SSE. Non si riconoscono limiti morfologici rilevanti, ad eccezione di modeste scarpate incise nei depositi fluvio - glaciali. L'alternanza di periodi di erosione e deposito, da parte del reticolato idrografico, è stata la causa principale della formazione dei suddetti terrazzamenti unitamente ai continui scavi e riporti richiesti dalle pratiche colturali. In questa area, infatti, sono state intense le operazioni di riordino dei terreni e pertanto, l'azione "modellatrice" dell'uomo, ha teso a rendere pianeggianti anche le incisioni nelle alluvioni fluvio - glaciali.

Il terrazzo fluvio-glaciale pleistocenico rappresenta l'elemento morfologicamente più rilevato del territorio comunale, con una quota massima pari a 163 m s.l.m.; l'entità del rilievo naturale è enfatizzata dall'accrescimento urbano nelle varie epoche storiche, segnatamente in periodo

medioevale e rinascimentale, con la costruzione di un fossato e relativo vallo, tuttora individuabile nel tessuto urbano (Cerchia dei Baluardi).

Il terrazzo rissiano si estende invece dal nucleo centrale dell'abitato di Novara, culminante a Nord con un apice arrotondato, che si eleva per una decina di metri rispetto al livello circostante della pianura e si allarga lateralmente verso Sud fino al territorio comunale di Garbagna e Vespolate.

Nella porzione meridionale il terrazzo è inciso da un reticolo di corsi d'acqua minori, talora a carattere effimero, che individua modeste scarpate, con altezze dell'ordine di 3-5 metri; nell'elaborato cartografico l'entità delle scarpate è stata distinta graficamente, designando con un tratto ad elementi triangolari quelle con un'elevazione superiore ai 3 m rispetto al p.c. circostante e con un tratto ad elementi rettilinei quelle inferiori ai 3 m.

Il reticolato idrografico responsabile dell'attuale conformazione geomorfologica risale al Pleistocene Medio – Superiore e secondariamente all'Olocene, con caratteristiche relativamente differenti da quello attuale. La presenza di alcuni terrazzamenti fluviali, spesso obliterati dall'azione antropica, nonché la presenza di alcuni corsi d'acqua relitti, ora regimati, sebbene di modeste dimensioni, testimoniano le varie fasi di espansione dei corsi d'acqua principali. Il modellamento è legato essenzialmente a periodi di erosione a componente prevalente orizzontale con formazione di una superficie erosionale impostata nei sottostanti depositi pliocenico - pleistocenici. Le estese superfici prevalentemente terrazzate sviluppatesi nel territorio rappresentano l'espressione morfologica dei corpi sedimentari riferibili al complesso pliocenico - pleistocenico e miocenico, originatesi in ambienti deposizionali a bassa energia e successivamente elaborati dagli agenti climatici in potenti coltri pedogenetiche.

A scala locale, il lotto oggetto di intervento, situato ad una quota di circa m 145 s.l.m., ha come principale caratteristica quella di formare un ambiente di tipo sub-pianeggiante, caratterizzato da forme morfologiche strettamente connesse a passati fenomeni di divagazione e deposizione, ora non più attivi, da parte di corsi d'acqua e la fitta rete di rogge e canali artificiali presenti. L'area d'intervento è infatti ubicata su di un terrazzo antropizzato per la presenza di canali artificiali, sopraelevato di circa 2 m rispetto il settore di pianura ubicato a S.

Comune di Novara, frazione Pernate

*ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE*  
**PROGETTO DEFINITIVO**

---

## **8 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E LITOLOGICO**

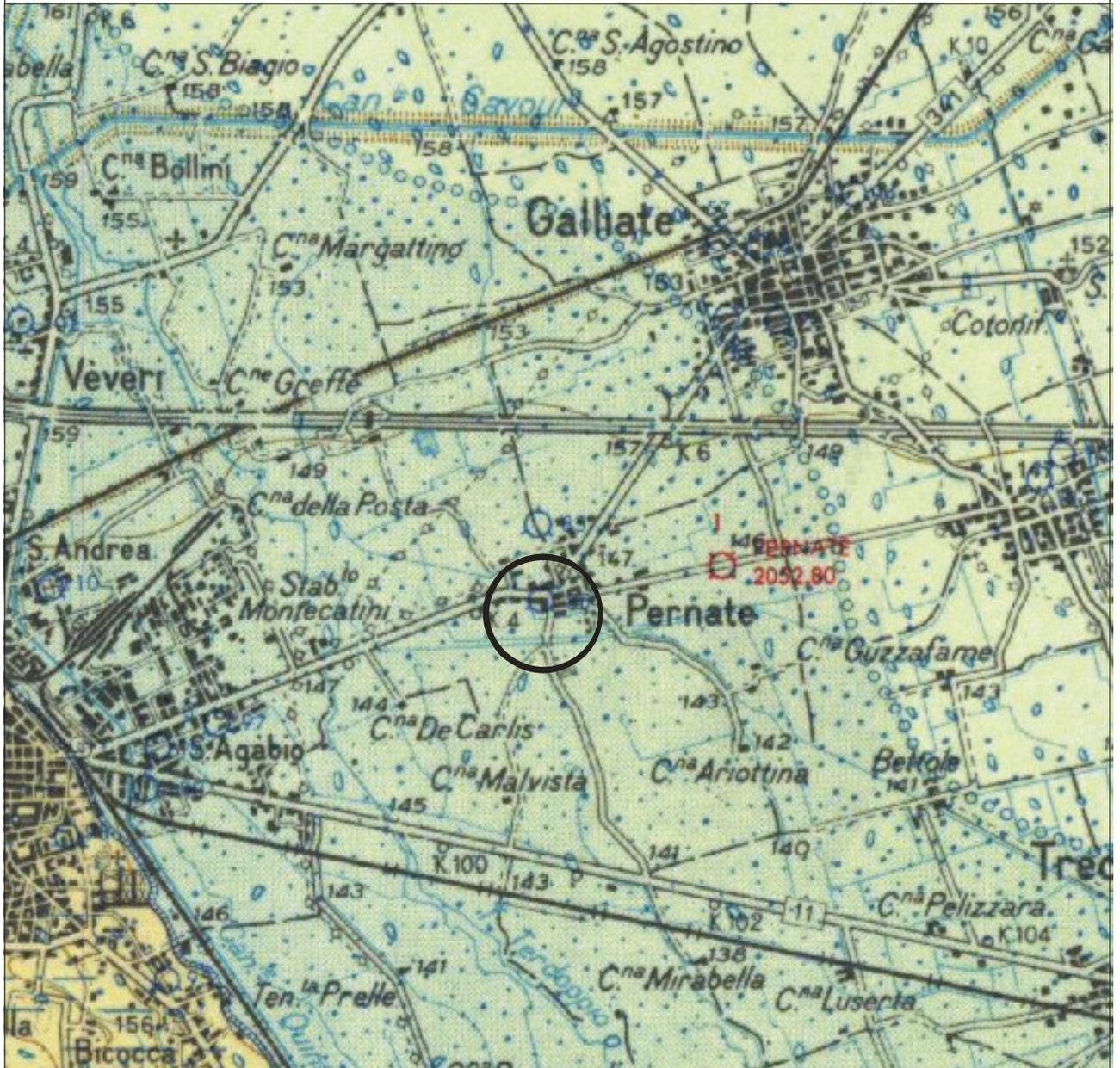
Per quanto riguarda gli aspetti geologici e litologici caratteristici dell'area in esame è stata analizzata la seguente cartografia ufficiale, ritenuta più completa ed esaustiva per il settore d'interesse:

- Carta Geologica d'Italia - Foglio n° 58 "Novara" alla scala 1.100.000
- Carta geologica allegata al P.R.G.C. alla scala 1:10.000

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**

## CARTA GEOLOGICA D'ITALIA 1:100.000 (FOGLIO 58 - NOVARA)



Scala: 1:25.000
Comune: Novara
Provincia: Novara
Estratto: Foglio 58 Novara Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000

**fg<sup>m</sup>**



Alluvioni ghiaiose, sabbiose, limose limitate al fondo dei solchi vallivi secondari e non ricollegabili agli apparati morenici **PLUVIALE WÜRМ**.  
Alluvioni fluvioglaciali ghiaioso-ciottolose (Terrazzi superiori del Ticino) e fluviali prevalentemente sabbioso-limose (a valle del limite settentrionale dei fontanili), con debole strato di alterazione brunastro. **WÜRМ**.

**fg<sup>ws</sup>**



Alluvioni fluvioglaciali ghiaiose, localmente molto grossolane (a monte del limite settentrionale dei fontanili), con paleosuolo argilloso giallo-rossiccio di ridotto spessore, talora ricoperte da limi più recenti. **WÜRМ e RISS p.p.**

Comune di Novara, frazione Pernate

*ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE*  
**PROGETTO DEFINITIVO**

---

Nella Carta Geologica d'Italia - Foglio n° 58 "Novara" alla scala 1.100.000 l'area d'indagine ricade nella formazione: Depositi fluviali wurmiani.

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**

## CARTA GEOLOGICA (P.R.G.C.)



Scala: 1:5.000

Comune: Novara

Provincia: Novara

Estratto:

Carta geologica

PRGC



Depositi fluvioglaciali del Pleistocene medio-superiore  
ghiaie e sabbie alterate con coperture eoliche e paleosuoli



Depositi fluviali del Pleistocene superiore  
sabbia ghiaiosa con locali lenti limose e sottile copertura pedogenetica



Depositi eluvio-colluviali del Pleistocene superiore - Olocene  
limi sabbiosi



Depositi alluvionali dell'Olocene  
limi sabbiosi e sabbie ghiaiose non alterate



Ubicazione area d'indagine

Comune di Novara, frazione Pernate

*ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE*  
**PROGETTO DEFINITIVO**

---

Nella Carta geologica allegata al P.R.G.C. alla scala 1:10.000 l'area d'indagine ricade nella formazione: Depositi fluviali del Pleistocene superiore costituiti da sabbia ghiaiosa con locali lenti limose e sottile copertura pedogenetica.

L'Unità fluvioglaciale Wurm è costituita da depositi di origine fluvioglaciale costituiti da ghiaie e sabbie con profilo di alterazione poco evoluto; possibili orizzonti superficiali dalla potenza e continuità ridotta costituiti da limi argillosi.

Gli effetti della pedogenesi che si instaurano sui terreni in posto, sotto l'influenza dei diversi fattori fisici, chimici e biologici, portano, infatti, ad una disgregazione e sminuzzamento della porzione litoide dei depositi, implicante una modifica della composizione chimica e/o una riorganizzazione della struttura cristallina, che conduce alla creazione dei cosiddetti minerali secondari. Tale azione ad opera dei diversi agenti atmosferici (acqua, vento, cicli di gelo e disgelo) conduce, sul lungo periodo, alla genesi di sedimenti a granulometria progressivamente sempre più fine, fino ad arrivare alle dimensioni di sabbie e limi fino allo stadio più estremo che porta alla formazione di argilla (quest'ultima ottenuta tramite alterazione chimica o biologica).

Tali processi portano quindi, nel settore in esame, alla formazione di una coltre di alterazione superficiale a composizione fine (suolo), mediamente di potenza ridotta. Tale coltre, a causa proprio del suo stato di alterazione e dello scarso livello di addensamento, presenta mediamente scadenti caratteristiche geotecniche, che la rendono generalmente inidonea (salvo alcuni casi particolari) ad essere utilizzata come piano di appoggio ad opere fondazionali.

## **9 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO**

L'andamento della superficie piezometrica nel territorio compreso nella Provincia di Novara è generalmente caratterizzato da isopieze digradanti da nord verso sud e da nord-ovest verso sud-est, seguendo l'andamento della superficie topografica.

Il Fiume Ticino (ad E) ed il fiume Sesia (ad W) regolano, a scala generale, il sistema di flusso del territorio novarese.

Nell'area in esame si possono distinguere due complessi acquiferi nettamente separabili tra di loro:

- un complesso idrogeologico superficiale caratterizzato da acquifero multistrato, con comportamento principalmente freatico – depositi alluvionali riconducibili alla successione dell'Olocene e Pleistocene superiore e medio e del Pleistocene inferiore e del Pliocene superiore.
- un complesso idrogeologico profondo caratterizzato da acquiferi localmente discontinui con comportamenti semi-artesiani e artesiani che si sviluppano negli orizzonti ghiaioso-sabbiosi dei depositi alluvionali riconducibili alla successione del Pliocene medio e inferiore; si hanno in particolare alternanze di materiali limo-argillosi poco permeabili e livelli ghiaiosi-sabbiosi caratterizzati da permeabilità medio elevata.

Facendo riferimento al documento approvato dalla Regione Piemonte con D.D. 3 dicembre 2012, n. 900 1 "Aggiornamento della cartografia della base dell'acquifero superficiale nelle aree di pianura, alla scala 1:50.000, la base del Complesso idrogeologico superficiale si colloca in prossimità dell'isolinea posta a 110 m s.l.m.; tenendo conto della quota del p.c. del sito, pari a circa 145 m s.l.m., si ricava uno spessore del complesso idrogeologico superficiale dell'ordine di 35 m.

Nell'area in esame è possibile quindi individuare una falda idrica a superficie libera con comportamento freatico insediata all'interno di un acquifero superficiale caratterizzato da litologie a granulometria grossolana in una matrice fine generalmente abbondante. Tale acquifero superficiale si estende dalla superficie fino ad una quota di circa 30-35 m dal piano campagna.

La circolazione idrica sotterranea sarebbe quindi condizionata dalla presenza dei corsi d'acqua superficiali, tutti comunque confluenti verso gli alvei fiumi Ticino e Sesia, che risultano, come detto, drenanti nei riguardi del complesso acquifero della pianura vercellese-novarese. Secondo quanto indicato nella carta piezometrica tratta dalla banca dati della Regione Piemonte, la direzione del flusso idrico della falda superficiale, nell'intorno del sito, è orientata da NW verso SE.

La falda superficiale viene ricaricata inoltre anche per effetto delle precipitazioni meteoriche che per effetto delle irrigazioni mentre le falde profonde vengono principalmente alimentate in parte

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

---

dalle ricariche meteoriche ed in parte dalle perdite dei corsi d'acqua nelle zone di affioramento. In merito al rapporto tra precipitazioni e variazioni dei livelli piezometrici, numerosi studi citati in bibliografia, evidenziano come gli innalzamenti locali del livello della falda mediamente precedano di qualche giorno gli eventi meteorici veri e propri a causa dell'effetto di ricarica dovuto ai corsi d'acqua ovvero le oscillazioni idrometriche dovute agli effetti di piena si ripercuotono per primi sulla falda e quindi con leggero ritardo si risente anche dell'effetto di ricarica delle precipitazioni dirette ed indirette locali.

Al di sotto dell'acquifero superficiale, sopra descritto, si individua l'acquifero villafranchiano caratterizzato da un acquifero multistrato in pressione, con comportamenti artesiani o semiartesiani in relazione alla presenza, continuità laterale e grado di permeabilità dei livelli limoso argillosi di separazione. Il tetto dell'acquifero è caratterizzato da uno strato argilloso di separazione a bassa permeabilità o localmente impermeabile con spessori molto variabili. Si tratta di I sistemi acquiferi profondi sono protetti da diversi orizzonti di terreni limo-argillosi caratterizzati da bassa permeabilità, di origine fluviale ed appartenenti alla formazione del Fluviale e Fluvio lacustre antichi (Villafranchiano Auct.). Il primo complesso acquifero è quindi destinato esclusivamente ad usi irrigui ed industriali; il più profondo è riservato anche ad usi idropotabili.

La soggiacenza è in media di 2 - 4 metri circa e nell'ambito del territorio comunale si hanno locali variazioni, al generale andamento da Nord verso Sud, con direzione di flusso NW/SE.

Nel mese di febbraio 2022 il livello della falda rilevato all'interno del piezometro appositamente installato è risultato essere pari a 3,8 m da p.c.

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**

## CARTA IDROGEOLOGICA (P.T.A. REGIONE PIEMONTE)



Scala: 1:5.000

Comune: Novara

Provincia: Novara

Estratto:

Carta idrogeologica  
PTA Regione Piemonte

 Linee isopiezometriche falda superficiale e relativa quota espressa in m s.l.m.

 Isolinee base acquifero superficiale e relativa quota espressa in m s.l.m.

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**

## CARTA IDROGEOLOGICA (P.R.G.C.)



Scala: 1:5.000

Comune: Novara

Provincia: Novara

Estratto:  
Carta idrogeologica  
PRGC



Sabbie ghiaiose con locali lenti limose  
Presenza di falda freatica con profondità media variabile tra 2 e 4 m  
PARAMETRI GEOTECNICI: angolo di attrito  $32^\circ < \phi < 35^\circ$   
coesione  $c = 0.0 \text{ t/m}^2$   
peso specifico  $\gamma = 2.0 \text{ t/m}^3$

ISOPIEZE

160

Isopezze da falda freatica

—141—

Isopezze da falda in pressione

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**

Dall'analisi della soggiacenza della falda rilevata all'interno del piezometro di monitoraggio regionale "PII38" ubicato nel vicino comune di Romentino, è emersa una variazione piezometrica stagionale media prossima ai 3 m, con valori di minima soggiacenza (massima risalita) durante il mese di Agosto (in concomitanza con la sommersione delle risaie) e di massima soggiacenza (minima risalita) durante il mese di Marzo. In quest'ultimo periodo è consigliato eseguire i lavori di scavo per interessare in modo secondario la falda superficiale.

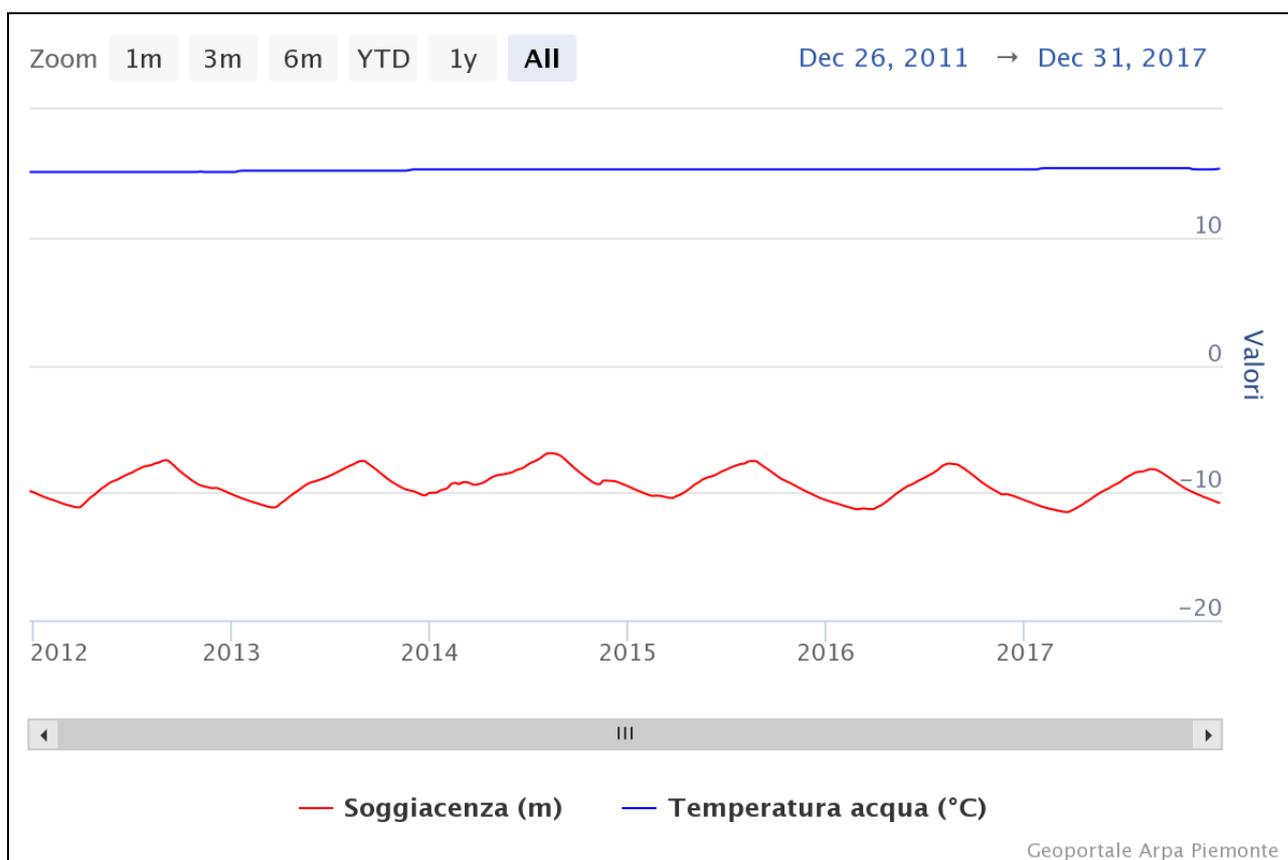


Fig. 9.1 – Andamento della falda nel piezometro regionale PII38 sito nel comune di Romentino

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**

## 10 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE PREGRESSE

Per definire in linea di massima la stratigrafia superficiale e profonda del settore in esame si può fare riferimento alle stratigrafie dei sondaggi geognostici a disposizione realizzati in un intorno significativo e reperibili presso gli archivi della Provincia - Ufficio Risorse Idriche e sul sito Webgis Arpa Piemonte.

Dall'analisi dei sondaggi a disposizione, evidenziati nella seguente carta, sono emerse le stratigrafie sotto riportate.

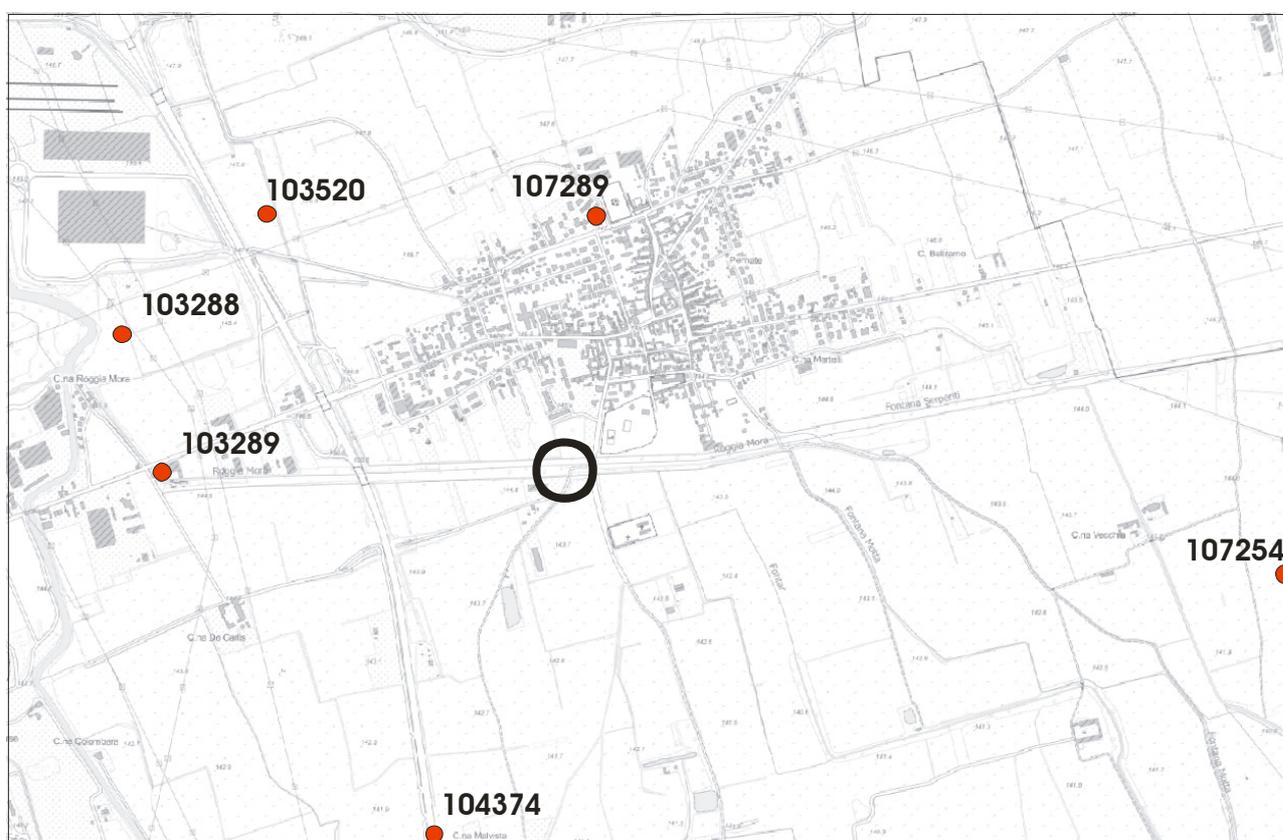


Fig. 10.1 – Ubicazione dei sondaggi geognostici (Banca dati Arpa Piemonte)

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
107254	0.30	terreno vegetale, limo sabbioso con radici
107254	0.80	sabbia fine limosa con rara ghiaia eterometrica
107254	3.00	sabbia medio fine sciolta con rara ghiaia media e alcuni ciottoli
107254	4.50	ghiaia fine e media in matrice sabbiosa grossolana sciolta

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE**

**PROGETTO DEFINITIVO**

107254	6.40	sabbia medio grossa sciolta con ghiaia prevalentemente media
107254	8.00	sabbia prevalentemente grossa sciolta con ghiaia eterometrica e alcuni ciottoli
107254	8.20	ghiaia eterometrica in scarsa matrice sabbiosa fine, sciolta
107254	9.00	sabbia medio fine limosa sciolta con ghiaia eterometrica
107254	9.50	sabbia media sciolta
107254	12.00	sabbia da medio grossa a grossa sciolta con ghiaia fine

<b>Codice perforazione</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b>Descrizione</b>
103288	1.40	terreno vegetale argilloso limoso
103288	6.50	ghiaia da fine a grossolana con sabbia da debolmente a moderatamente limosa con presenza di alcuni ciottoli poco addensata
103288	7.00	sabbia fine poco addensata
103288	13.00	ghiaia da fine a grossolana con sabbia da debolmente a moderatamente limosa con presenza di alcuni ciottoli poco addensata
103288	14.50	ghiaia medio fine con sabbia limosa poco addensata
103288	16.80	argilla poco addensata
103288	17.10	torba
103288	19.80	sabbia fine argillosa moderatamente addensata
103288	20.00	sabbia argillosa con ghiaia medio fine moderatamente addensata

<b>Codice perforazione</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b>Descrizione</b>
107289	0.60	terreno di riporto
107289	1.10	terreno vegetale

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**

107289	2.60	ghiaietto, sabbia con tracce di argilla, ghiaia con ciottoli
107289	17.40	ghiaia, ghiaietto e sabbia con molti ciottoli
107289	19.30	argilla sabbiosa
107289	24.00	sabbia fine con presenza di ghiaietto
107289	36.00	sabbia fine, ghiaia e ghiaietto con molti ciottoli
107289	52.50	ghiaia, ghiaietto e sabbia con molti ciottoli
107289	59.40	sabbia con presenza di ghiaietto
107289	60.00	argilla compatta
107289	68.50	sabbia da media a fine
107289	76.50	sabbia media con ghiaietto
107289	82.50	sabbia fine mista a argilla sabbiosa
107289	85.50	sabbia media
107289	92.00	argilla compatta mista a sabbia
107289	96.50	sabbione con ghiaietto
107289	100.00	argilla

<b>Codice perforazione</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b>Descrizione</b>
104374	0.30	terreno vegetale limoso
104374	2.00	limo sabbioso con raro ghiaietto
104374	5.00	ghiaia e ghiaietto poligenico con limo debolmente sabbioso o sabbia debolmente limosa
104374	10.00	sabbia debolmente limosa con ghiaia e ghiaietto con presenza di rari frustoli carbonatici e intercalazioni limose debolmente argillose
104374	12.50	sabbia media debolmente limosa con ghiaietto e rara ghiaia

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**

104374	20.00	sabbia debolmente limosa localmente limosa con raro ghiaietto
--------	-------	---

<b>Codice perforazione</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b>Descrizione</b>
103520	0.80	terreno vegetale limoso
103520	2.10	ghiaia ghiaietto e ciottoli con sabbia grossolana
103520	10.00	ghiaia ghiaietto ciottoli e sabbia debolmente limosa localmente limosa

Si tratta di terreni a granulometria eterogenea, ovvero costituiti da sabbie e ghiaie con contenuto limoso variabile.

Gli effetti della pedogenesi che si instaurano sui terreni in posto, sotto l'influenza dei diversi fattori fisici, chimici e biologici, portano ad una disgregazione e sminuzzamento della porzione litoide, implicante una modifica della composizione chimica e/o una riorganizzazione della struttura cristallina, che conduce alla creazione dei cosiddetti minerali secondari. Tale azione ad opera dei diversi agenti atmosferici (acqua, vento, cicli di gelo e disgelo) conduce, sul lungo periodo, alla genesi di sedimenti a granulometria progressivamente sempre più fine, fino ad arrivare alle dimensioni di sabbie e limi fino allo stadio più estremo che porta alla formazione di argilla (quest'ultima ottenuta tramite alterazione chimica o biologica).

Tali processi portano quindi, nel settore in esame, alla formazione di una coltre di alterazione superficiale (suolo) a composizione fine da limosa ad argillosa, mediamente di potenza variabile tra 0,5 e 1,5 m. Tale coltre, a causa proprio del suo stato di alterazione e dello scarso livello di addensamento, presenta mediamente scadenti caratteristiche geotecniche, che la rendono generalmente inidonea (salvo alcuni casi particolari) ad essere utilizzata come piano di appoggio ad opere fondazionali.

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**

## 11 SONDAGGI GEOGNOSTICI

### 11.1 Premessa

In data 10/02/2022 è stato realizzato dalla Tecnosuolo S.r.l. n. 1 sondaggio a carotaggio continuo. La terebrazione è stata effettuata nei punti indicati nella cartografia allegata.

Codice sondaggio	Lunghezza (m)
S1	15



*Fig. 11.1 – Ubicazione sondaggio*

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**



*Fig. 11.2 – Fase di perforazione*

## **11.2 Strumentazione**

La terebrazione è stata eseguita impiegando una sonda idraulica Beretta T44 cingolata.

## **11.3 Metodologia di perforazione**

La perforazione è stata condotta con rotazione a carotaggio continuo del terreno attraversato utilizzando carotieri semplici di diametro 131 mm e 101 mm, tali da rendere minimo il disturbo dei materiali attraversati e da consentire il prelievo dei campioni rappresentativi (carote).

La perforazione di carotaggio per il recupero dei campioni, realizzata con carotiere semplice, è stata eseguita, compatibilmente con la natura dei terreni attraversati, senza l'uso di fluido di circolazione (carotaggio a secco).

## **11.4 Rivestimento**

La natura del terreno e la finalità dell'intervento hanno determinato la necessità di rivestire i fori per il sostegno delle pareti: a tal scopo sono stati impiegati rivestimenti provvisori consistenti in tubi di

Comune di Novara, frazione Pernate

*ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE*  
**PROGETTO DEFINITIVO**

---

acciaio speciale filettati, della lunghezza di 1,5 m. Durante le operazioni di posa del rivestimento provvisorio si è reso necessario l'impiego di fluidi di perforazione per il raffreddamento del tagliente (scarpa) e l'asportazione del detrito: a tale scopo si è impiegata circolazione diretta di acqua chiara.

### **11.5 Risultanze**

La stratigrafia di dettaglio del sondaggio è stata riportata di seguito e nel report allegato.



## **11.6 Piezometri**

E' stato installato n. 1 piezometro all'interno del foro di sondaggio.

## **11.7 Prove SPT (Standard Penetrometer Test)**

La prova consiste nell'infissione a percussione di un tubo campionatore a parete grossa tipo Raymond, avente diametro esterno 51 mm e diametro interno 34.9 mm, collegato alla superficie con aste di diametro di 51 mm. Il dispositivo di percussione a sganciamento automatico è costituito da un maglio di 63.5 Kg con una altezza di caduta di 760 mm. Il campionatore viene fatto penetrare nel terreno per una profondità pari a 45 cm, a partire dalla quota di fondo foro, rilevando il numero di colpi (N) necessari per l'avanzamento di ciascun intervallo di 15 cm. Il valore di NSPT è ottenuto sommando i colpi necessari all'avanzamento del 2° e 3° intervallo. La prova viene interrotta quando il numero di colpi N, per un intervallo di 15 cm, supera il valore di 50, annotando in tal caso il rifiuto alla penetrazione e registrando l'infissione in cm ottenuta con 50 colpi. I valori di N ottenuti sono devono quindi essere normalizzati secondo la seguente espressione:

$$N_{60} = NS.P.T. \cdot CE \cdot CB \cdot CS \cdot CR$$

dove:

NS.P.T. = numero di colpi per l'affondamento di 30cm misurato nella prova

CE = correzione per il rapporto di energia (rendimento sistema di battitura/60)

CB = correzione per il diametro del foro (1.0 per  $\varnothing 65 \div 115$ mm)

CS = correzione per il metodo di campionamento (1.0 per campionatore standard)

CR = correzione per la lunghezza delle aste (0.75 se  $L=3 \div 4$ m; 0.85 se  $L=4 \div 6$ m; 0.95 se  $L=6 \div 10$ m; 1.0 se  $L > 10$ m)

Si rappresenta che, ove è stato raggiunto rifiuto nel tratto finale, è stato riportato nei calcoli un numero N15 pari al numero precedente che non ha dato rifiuto per permettere così una parametrizzazione cautelativa.

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

---

<b>SONDAGGIO S1</b>				
<b>Prova SPT</b>	<b>Inizio prova (m da p.c.)</b>	<b>15 cm</b>	<b>30 cm</b>	<b>45 cm</b>
1	3,0	20	14	22
2	4,5	19	18	24
3	6,0	19	25	23
4	9,0	31	39	42
5	10,5	25	29	30
6	12,0	19	34	29
7	15,0	28	31	32

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**

### SONDAGGIO S1

Strumento utilizzato: prove SPT in foro

Prova eseguita in data: 10/02/2022

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi
3.15	20
3.30	14
3.45	22
4.65	19
4.80	18
4.95	24
6.15	19
6.30	25
6.45	23
9.15	31
9.30	39
9.45	42
10.65	25
10.80	29
10.95	30
12.15	19
12.30	34
12.45	29
15.15	28
15.30	31
15.45	32

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S1

Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1) Strato	36.00	0.00-3.45	25.50	Gibbs & Holtz 1957	60.96
Strato (2) Strato	42.00	3.45-4.95	28.50	Gibbs & Holtz 1957	60.73
Strato (3) Strato	48.00	4.95-6.45	31.50	Gibbs & Holtz 1957	60.5
Strato (4) Strato	81.00	6.45-9.45	48.00	Gibbs & Holtz 1957	67.64

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**

Strato (5) Strato	59.00	9.45-10.95	37.00	Gibbs & Holtz 1957	56.2
Strato (6) Strato	63.00	10.95-12.45	39.00	Gibbs & Holtz 1957	55.28
Strato (7) Strato	63.00	12.45-15.45	39.00	Gibbs & Holtz 1957	50.83

**Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Strato	36.00	0.00-3.45	25.50	Japanese National Railway	34.65
Strato (2) Strato	42.00	3.45-4.95	28.50	Japanese National Railway	35.55
Strato (3) Strato	48.00	4.95-6.45	31.50	Japanese National Railway	36.45
Strato (4) Strato	81.00	6.45-9.45	48.00	Japanese National Railway	41.4
Strato (5) Strato	59.00	9.45-10.95	37.00	Japanese National Railway	38.1
Strato (6) Strato	63.00	10.95-12.45	39.00	Japanese National Railway	38.7
Strato (7) Strato	63.00	12.45-15.45	39.00	Japanese National Railway	38.7

**Modulo di Young**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Strato	36.00	0.00-3.45	25.50	Schultze- Menzenbach Ghiaia e Sabbia	212.55
Strato (2) Strato	42.00	3.45-4.95	28.50	Schultze- Menzenbach Ghiaia e Sabbia	244.05
Strato (3) Strato	48.00	4.95-6.45	31.50	Schultze- Menzenbach Ghiaia e Sabbia	275.55
Strato (4) Strato	81.00	6.45-9.45	48.00	Schultze- Menzenbach Ghiaia e Sabbia	448.80
Strato (5) Strato	59.00	9.45-10.95	37.00	Schultze- Menzenbach	333.30

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

				Ghiaia e Sabbia	
Strato (6) Strato	63.00	10.95-12.45	39.00	Schultze- Menzenbach Ghiaia e Sabbia	354.30
Strato (7) Strato	63.00	12.45-15.45	39.00	Schultze- Menzenbach Ghiaia e Sabbia	354.30

**Modulo Edometrico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Strato	36.00	0.00-3.45	25.50	Menzenbach e Malcev	304.73
Strato (2) Strato	42.00	3.45-4.95	28.50	Menzenbach e Malcev	336.11
Strato (3) Strato	48.00	4.95-6.45	31.50	Menzenbach e Malcev	367.49
Strato (4) Strato	81.00	6.45-9.45	48.00	Menzenbach e Malcev	540.08
Strato (5) Strato	59.00	9.45-10.95	37.00	Menzenbach e Malcev	425.02
Strato (6) Strato	63.00	10.95-12.45	39.00	Menzenbach e Malcev	445.94
Strato (7) Strato	63.00	12.45-15.45	39.00	Menzenbach e Malcev	445.94

**Classificazione AGI**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Strato	36.00	0.00-3.45	25.50	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (2) Strato	42.00	3.45-4.95	28.50	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (3) Strato	48.00	4.95-6.45	31.50	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (4) Strato	81.00	6.45-9.45	48.00	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
Strato (5) Strato	59.00	9.45-10.95	37.00	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
Strato (6) Strato	63.00	10.95-12.45	39.00	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
Strato (7) Strato	63.00	12.45-15.45	39.00	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

**Peso unita' di volume**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1)	36.00	0.00-3.45	25.50	Terzaghi-Peck	1.7

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

Strato				1948-1967	
Strato (2) Strato	42.00	3.45-4.95	28.50	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.7
Strato (3) Strato	48.00	4.95-6.45	31.50	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.7
Strato (4) Strato	81.00	6.45-9.45	48.00	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.9
Strato (5) Strato	59.00	9.45-10.95	37.00	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.8
Strato (6) Strato	63.00	10.95-12.45	39.00	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.8
Strato (7) Strato	63.00	12.45-15.45	39.00	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.8

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) Strato	36.00	0.00-3.45	25.50	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.0
Strato (2) Strato	42.00	3.45-4.95	28.50	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.0
Strato (3) Strato	48.00	4.95-6.45	31.50	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.0
Strato (4) Strato	81.00	6.45-9.45	48.00	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.1
Strato (5) Strato	59.00	9.45-10.95	37.00	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.1
Strato (6) Strato	63.00	10.95-12.45	39.00	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.1
Strato (7) Strato	63.00	12.45-15.45	39.00	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.1

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Strato	36.00	0.00-3.45	25.50	(A.G.I.)	0.3
Strato (2) Strato	42.00	3.45-4.95	28.50	(A.G.I.)	0.3
Strato (3) Strato	48.00	4.95-6.45	31.50	(A.G.I.)	0.29
Strato (4) Strato	81.00	6.45-9.45	48.00	(A.G.I.)	0.26
Strato (5) Strato	59.00	9.45-10.95	37.00	(A.G.I.)	0.28
Strato (6) Strato	63.00	10.95-12.45	39.00	(A.G.I.)	0.28
Strato (7) Strato	63.00	12.45-15.45	39.00	(A.G.I.)	0.28

## **12 INDAGINI GEOFISICHE**

### **12.1 Premessa**

Per la definizione delle caratteristiche sismiche del terreno di fondazione ossia del profilo stratigrafico secondo le categorie previste dalle NTC/18 attraverso la valutazione della  $V_{s30}/V_{seq}$  è stata eseguita una prova sismica condotta con la seguente metodologia:

MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves
---

### **12.2 Indagine sismica MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves**

#### 12.2.1 Introduzione

Il metodo masw è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $v_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece, onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi. Le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate lungo uno stendimento lineare di sensori. Il metodo consente generalmente, di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente, nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 20÷30 m, in funzione della rigidità del suolo. L'elaborazione dei dati con il metodo masw prevede tre fasi di lavoro:

- la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale
- la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica

- la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $v_s$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$ , le velocità delle onde di taglio  $V_s$  e di compressione  $v_p$  (o in maniera alternativa alle velocità  $v_p$  è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due. Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson, la densità di massa e si variano lo spessore  $h$  e la velocità  $v_s$  degli strati. Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità  $v_s$  e degli spessori  $h$ , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale. Nella procedura automatica la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica. In genere quando l'errore relativo, tra curva sperimentale e curva numerica è compreso tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio  $v_s$  e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

#### 12.2.2 Strumentazione utilizzata e metodologia d'indagine

L'acquisizione dei dati sismici è stata realizzata con un sismografo GEA24 della PASI a 12/24 canali. Lo strumento è fornito di una connessione di rete standard per la comunicazione con un computer portatile su cui è installato un apposito programma che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate.

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**



*Fig. 12.1 - Stendimento sismico ed attrezzatura utilizzata*

I geofoni utilizzati possiedono una frequenza di risonanza pari a 4.5 Hz con distorsione inferiore allo 0.2%.

L'energizzazione è ottenuta con massa battente da 12 kg su piastra metallica. Per l'innesco (trigger) si è utilizzato uno "shock sensor" collegato alla mazza battente e connesso via cavo al sismografo.

Come indicato nell'introduzione, l'indagine ha previsto la realizzazione di una prova MASW che, compatibilmente con gli spazi disponibili in sito, è stata ubicata a valle del fabbricato in esame. Lo stendimento è stato realizzato posizionando 12 geofoni a 4.5 Hz equispaziati di 4,0 m, per un totale di 30 m lineari di stendimento.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un punto di energizzazione posto a un'estremità dello stendimento, alla distanza (offset) di 4,0 m dal primo geofono. In corrispondenza del punto di energizzazione sono stati generati complessivamente n. 3 impulsi sismici.

### 12.2.3 Risultanze

I dati acquisiti sono stati elaborati con il software Easy MASW della Geostru software, che analizza la curva di dispersione sperimentale per le onde di Rayleigh. L'inversione numerica della curva, secondo un processo iterativo ai minimi quadrati, consente di ottenere un profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo.

Il D.M. 14/01/2008 mette a disposizione dei professionisti uno strumento basato sul progetto sviluppato in collaborazione dall'INGV e dal DPC - "S1" - per il calcolo dei parametri rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticali) delle azioni sismiche di progetto per qualsiasi sito del territorio nazionale.

Il nuovo D.M. 17/01/2018 individua come parametro di riferimento per la classificazione sismica dei suoli la velocità media di propagazione delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  calcolata attraverso la media ponderata del contributo dei vari orizzonti mediante la relazione:

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

Dove:

$h_i$  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.

### Risultanze MASW

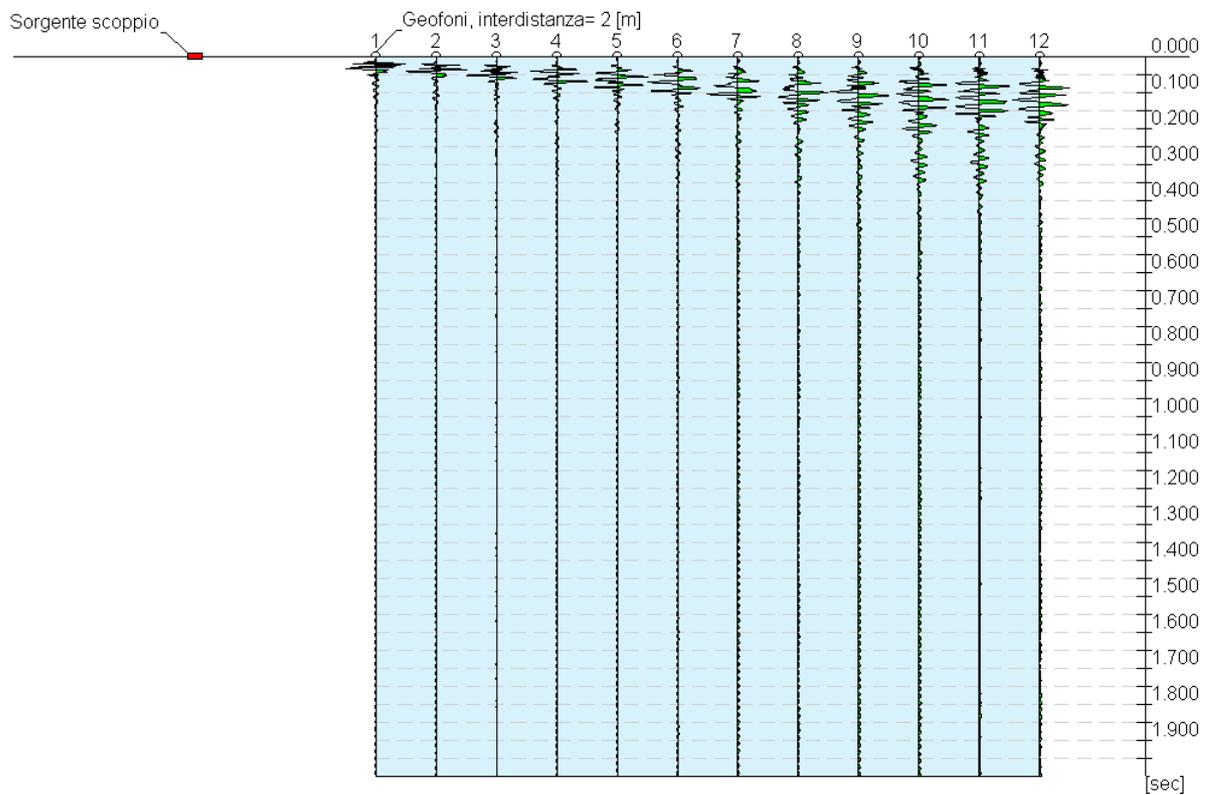


Fig. 12.2 - Tracce di input

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	100
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1000
Intervallo velocità [m/sec]	1

Comune di Novara, frazione Pernate

ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO

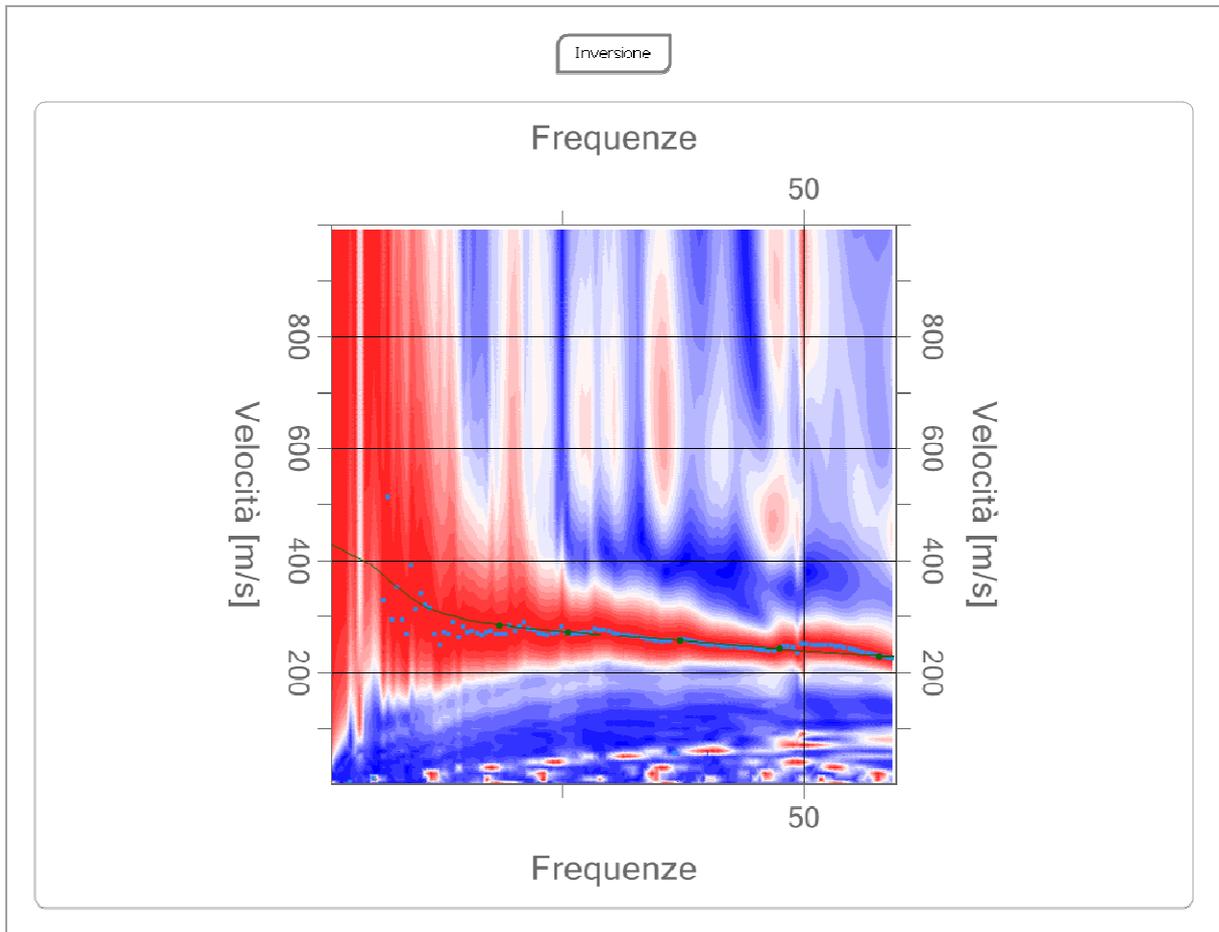


Fig. 12.3 - Traccia della curva di dispersione ottenuta dall'elaborazione della prova MASW

Percentuale di errore: 0.02%

Fattore di disadattamento della soluzione: 0.01

Comune di Novara, frazione Pernate

ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO

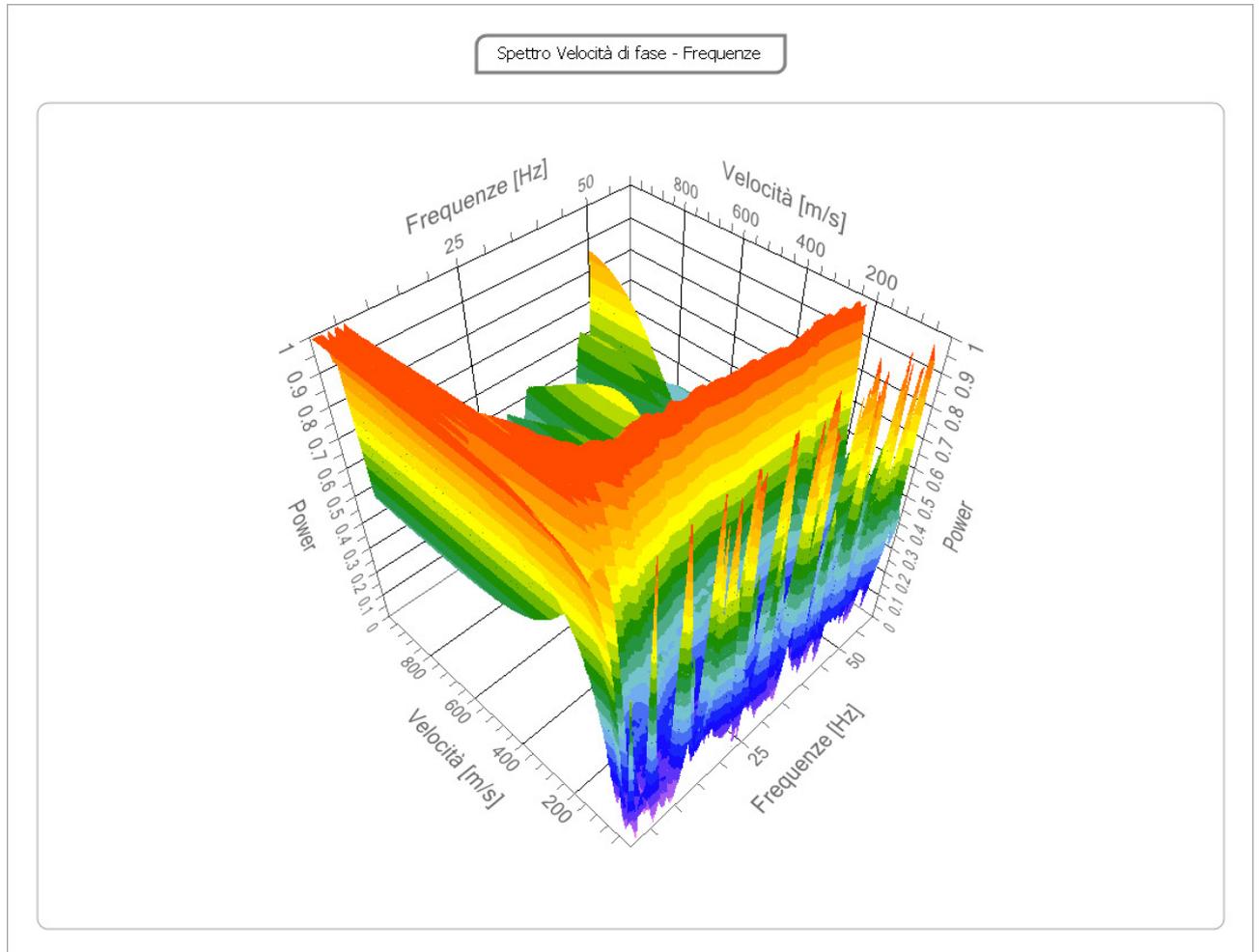


Fig. 12.4 - Spettro velocità di fase – frequenza ottenuto dall'elaborazione della prova MASW

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**

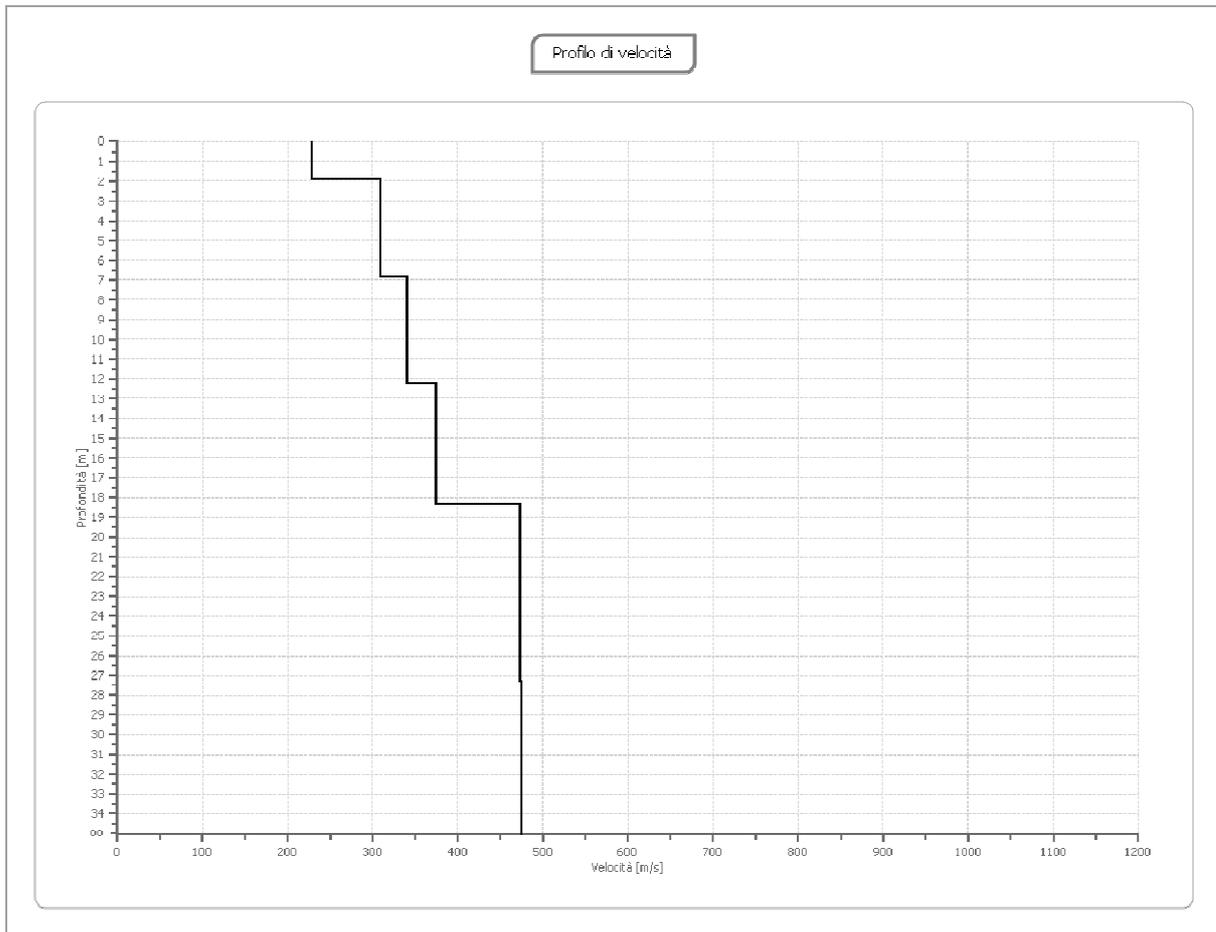


Fig. 12.5 - Profilo della velocità delle onde S in funzione della profondità

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]
1	1.94	1.94	427.7	228.6
2	6.90	4.96	579.2	309.6
3	12.27	5.38	637.4	340.7
4	18.37	6.10	699.2	373.7
5	27.27	8.89	885.6	473.4
6	∞	∞	888.7	475.0

Fig. 12.6 - Tabella di sintesi profondità – velocità onde P ed S

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

Sintesi risultati		
Vs30 [m/sec]	369,7	Piano di riferimento 0,0 m
Vs30 [m/sec]	415,6	Piano di riferimento -6,0 m
Categoria del suolo	<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>

#### 12.2.4 Altri parametri geotecnici

##### Modulo di deformazione al taglio (G0)

$$G = \rho \cdot V_s^2$$

##### Modulo di Young (Ey)

$$E = 2 \cdot \rho \cdot V_s^2 (1 + \nu)$$

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ey [MPa]
1	1.94	1.94	228.59	427.66	1900.00	0.30	99.28	258.14
2	6.90	4.96	309.62	579.24	2000.00	0.30	191.73	498.49
3	12.27	5.38	340.72	637.43	2000.00	0.30	232.18	603.67
4	18.37	6.10	373.73	699.19	2000.00	0.30	279.35	726.31
5	27.27	8.89	473.39	885.63	2000.00	0.30	448.20	1165.31
6	oo	oo	475.03	888.70	2000.00	0.30	451.31	1173.40

dove:

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ey: Modulo di Young (dinamico).

## **13 MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO E PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE**

### **13.1 Premessa**

Dal punto di vista sismico il territorio regionale piemontese è sede di attività sismica, modesta come intensità, ma notevole come frequenza; i terremoti si manifestano principalmente lungo due direttrici che riflettono chiaramente l'assetto tettonico regionale essendo quasi coincidenti, entro un ragionevole margine di distribuzione, l'uno con il fronte Pennidico e l'altro con il limite fra le unità pennidiche e la pianura padana. Osservando infatti la localizzazione degli epicentri dei terremoti registrati dalla rete sismica si nota chiaramente una distribuzione dispersa lungo due direttrici principali:

- una segue la direzione dell'Arco Alpino occidentale nella sua parte interna in corrispondenza del massimo gradiente orizzontale della gravità (zona sismogenetica 908);
- l'altra (zona sismogenetica 909) più dispersa segue l'allineamento dei massicci cristallini esterni in corrispondenza del minimo gravimetrico delle Alpi Occidentali francesi.

Le due direttrici convergono nella zona del Cuneese, per riaprirsi a ventaglio verso la costa, interessando il Nizzardo e l'Imperiese. Una terza direttrice, infine, interessa il fronte occidentale dell'Appennino sepolto ed il suo prolungamento nel Monferrato.

Il D.M. 14.01.2008 ed il successivo D.M. 17.01.2018 hanno introdotto un nuovo elemento metodologico nella stima della pericolosità sismica di base la quale non risulta più associata alla zona sismica di appartenenza (criterio "zona dipendente") ma viene definita mediante un approccio "sito dipendente". Pertanto essa è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero (free field) su sito di riferimento con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 delle NTC 2018), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

La normativa prevede che le azioni sismiche di progetto agenti su una costruzione si definiscano a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, la quale è rappresentata dalla probabilità che in un fissato lasso di tempo (periodo di riferimento  $V_R$  espresso in anni) nel sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; tale probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" ( $P_{VR}$ ).

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**

Per la caratterizzazione della pericolosità sismica del settore in studio si può fare riferimento alle banche dati ufficiali dell'ARPA Piemonte e del INGV (Catalogo terremoti italiani 2015 – Database macrosismico italiano 2015).

Di seguito si riporta la scheda di sintesi del Comune più prossimo a quello in esame presente nel database.

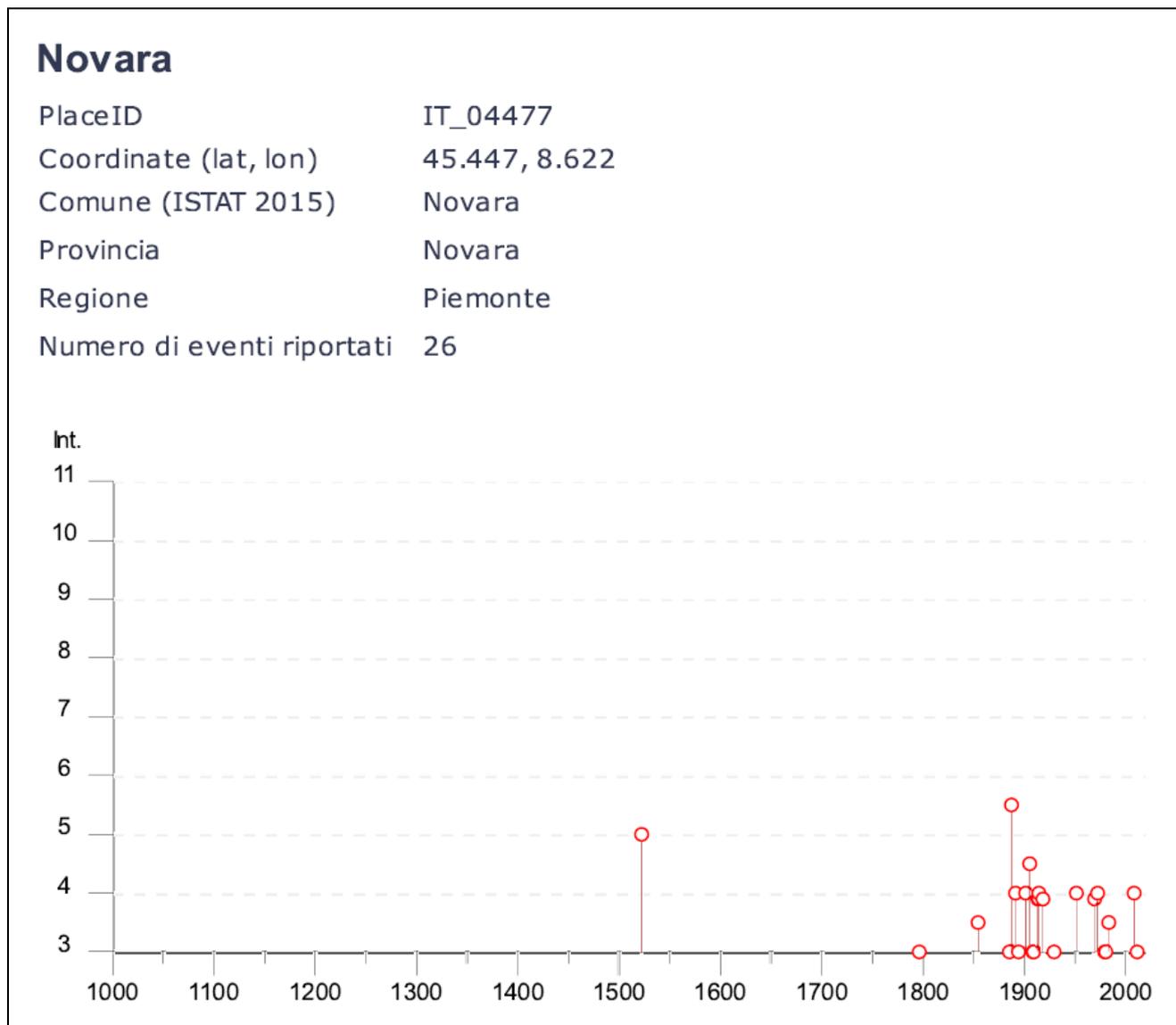


Fig. 13.1 – Terremoti storici (tratto da <https://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15/>)

Di seguito si riporta la serie storica dei terremoti più prossimi all'area d'intervento.

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**

Effetti	In occasione del terremoto del					
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
5	1522 10 05 00 10	Pianura Padana	6	5	4.71	
3	1796 10 22 04	Emilia orientale	27	7	5.45	
3-4	1854 12 29 01 45	Liguria occidentale	86	7-8	5.72	
3	1885 02 26 20 48	Pianura Padana	78	6	5.01	
5-6	1887 02 23 05 21 50	Liguria occidentale	1511	9	6.27	
4	1891 06 07 01 06 14	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.87	
3	1894 11 27 05 07	Bresciano	183	6	4.89	
4	1901 10 30 14 49 58	Garda occidentale	289	7-8	5.44	
4-5	1905 04 29 01 46 45	Haute-Savoie, Vallorcine	267	7-8	5.10	
3	1908 05 24 08 37	Piemonte centro-settentrionale	36	4	4.10	
3	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36	
F	1913 12 07 01 28	Valle Scrivia	56	5	4.57	
F	1914 10 26 03 43 22	Torinese	63	7	5.24	
4	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63	
F	1918 01 13 12	Pianura lombarda	24	4	4.62	
3	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5.36	
2	1947 02 17 00 12 33	Alpi Cozie	283	5-6	4.74	
4	1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7	5.17	
F	1969 10 09 03 31 36	Val di Susa	36	5	4.25	

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**

Effetti	In occasione del terremoto del					
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
4	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87	
3	1979 02 09 14 44	Bergamasco	73	6	4.78	
3	1980 01 05 14 32 26	Torinese	120	6-7	4.82	
3-4	1983 11 09 16 29 52	Parmense	850	6-7	5.04	
2	2000 08 21 17 14	Monferrato	595	6	4.94	
4	2008 12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7	5.36	
3	2011 07 17 18 30 2	Pianura lombardo-veneta	73	5	4.79	

### 13.2 Classificazione sismica del sito

Per classificazione sismica si intende un sistema di normative che determina in che modo e dove gli edifici di nuova costruzione vanno costruiti secondo criteri antisismici, in modo cioè da resistere senza crollare alle forze sismiche. Il rischio sismico è definibile come l'incrocio tra dati di pericolosità (definizione delle strutture sismogenetiche e capacità di caratterizzazione dell'eccitazione sismica ad esse associata), di vulnerabilità (capacità degli oggetti esposti di resistere alle sollecitazioni) e di esposizione (presenza sul territorio di manufatti a rischio). Il sistema della classificazione sismica (e le mappe da esso previste) è finalizzato a fornire a chi costruisce un edificio nuovo un livello di riferimento convenzionale delle forze sismiche rispetto al quale gli edifici vanno progettati per poter rispondere alle sollecitazioni senza crollare. Un edificio antisismico può quindi danneggiarsi in caso di terremoto (anzi, nel caso di certe tipologie edilizie l'edificio "deve" danneggiarsi, poiché tale danneggiamento aiuta a scaricare l'energia sismica ed a impedire il crollo).

Il Comune interessato dall'intervento in progetto, in base alla Deliberazione della Giunta Regionale 30 dicembre 2019, n. 6-887 ed all'ordinanza OPCM 3519/2006. Presa d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65- 7656, è inserito nella classificazione sismica dei Comuni italiani in **zona 4**.

Nel seguito si riportano indicazioni tratte dalle linee guida dell'Associazione Geotecnica Italiana e dal D.M. 17/01/2018 “*Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni*”.

Le condizioni del sito di riferimento rigido non corrispondono, in generale, alle condizioni reali. E' necessario, pertanto, tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale.

Si denomina “*risposta sismica locale*” l'azione sismica che emerge in “*superficie*” a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido. Per individuare in modo univoco la risposta sismica si assume come “*superficie*” il “*piano di riferimento*” così come definito, per le diverse tipologie strutturali, al § 3.2.2 delle NTC/2018. Le modifiche sopra citate corrispondono a:

- *effetti stratigrafici*, legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;
- *effetti topografici*, legati alla configurazione topografica del piano campagna. La modifica delle caratteristiche del moto sismico per effetto della geometria superficiale del terreno e dovuta alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta dei rilievi a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche ed all'interazione tra il campo d'onda incidente e quello diffratto. I fenomeni di amplificazione cresta-base aumentano in proporzione al rapporto tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza.

### **13.3 Categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 delle NTC/2018. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2 delle NTC/2018.

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO**

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:

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

Dove:

$h_i$  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 VS non inferiore a 800 m/s.

Si tratta in pratica di una variazione sul tema rispetto al parametro Vs30 (in quel caso il valore di H era ed è fissato a 30 m). Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{Seq}$  è definita dal parametro VS30, ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Con il nuovo D.M. delle Infrastrutture 17.01.2018, punto 3.2.2 "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche", vengono definite le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione.

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina</i>

	<i>mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Il terreno indagato, sulla base delle risultanze della prova MASW, è classificabile, secondo lo schema presente nel D.M. 17.01.2018, come suolo appartenente alla **categoria B**.

### 13.4 Amplificazione stratigrafica

Ai sensi del nel § 3.2.3.2.1 “Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali delle NTC/2018”, per sottosuolo di categoria A i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_o$  e  $T_c^*$  relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV delle NTC/2018, nelle quali  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  è l’accelerazione di gravità e  $T_c^*$  è espresso in secondi.

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

### 13.5 Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico ST riportati nella Tab. 3.2.V delle NTC/2018, in funzione delle categorie topografiche definite nel § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

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

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove ST assume il valore massimo riportato nella Tab. 3.2.V, fino alla base, dove ST assume valore unitario.

L'area oggetto d'indagine ricade nella Categoria **T1**.

### 13.6 Analisi della pericolosità sismica e delle azioni di progetto

La "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo ("Periodo di riferimento" VR espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Questa probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" Pvr. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido, con superficie topografica orizzontale e, in un sito generico, deve essere descritta sia in termini geografici che in termini temporali fornendo i risultati dello studio di pericolosità:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC (nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite).
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km).
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR.

Secondo quanto previsto dalle NTC/2018 gli stati limite (SL) per i quali l'opera viene progettata sono definiti, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento Pvr, a partire dai seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T\*c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nelle NTC/2018 la stima della pericolosità sismica è basata su una griglia di 10751 punti ove viene fornita la terna di valori ag, Fo e T\*C per nove distinti periodi.

### **13.7 Stati limite di riferimento**

Ai sensi del par. 3.2.1. delle NTC/2018, gli stati limite di riferimento nei confronti delle azioni sismiche, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti. Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromette significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono invece:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali. Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PvR, cui riferirsi per

individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella Tab. 3.2.I delle NTC:

Stati Limite		Pvr; Probabilità di superamento nel periodo di riferimento Vr
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Sono stati dunque portati a due gli Stati Limite di Esercizio (SLE), facendo precedere lo Stato Limite di Danno (SLD) - ridefinito come stato limite da rispettare per garantire inagibilità solo temporanee nelle condizioni postsismiche - dallo Stato Limite di immediata Operatività (SLO), particolarmente utile come riferimento progettuale per le opere che debbono restare operative durante e subito dopo il terremoto (ospedali, caserme, centri della protezione civile, etc.), in tal modo articolando meglio le prestazioni della struttura in termini di esercizio. In modo analogo, sono stati portati a due gli Stati Limite Ultimi (SLU) facendo seguire allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV), individuato definendo puntualmente lo stato limite ultimo, lo Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC), particolarmente utile come riferimento progettuale per alcune tipologie strutturali (strutture con isolamento e dissipazione di energia) e, più in generale, nel quadro complessivo della progettazione antisismica.

I quattro stati limite così definiti, consentono di individuare quattro situazioni diverse che, al crescere progressivo dell'azione sismica, ed al conseguente progressivo superamento dei quattro stati limite ordinati per azione sismica crescente (SLO, SLD, SLV, SLC), fanno corrispondere una progressiva crescita del danneggiamento all'insieme di struttura, elementi non strutturali ed impianti, per individuare così univocamente ed in modo quasi "continuo" le caratteristiche prestazionali richieste alla generica costruzione.

Ai quattro stati limite sono stati attribuiti (Cfr.: Tabella 3.2.I delle NTC) valori della probabilità di superamento Pvr pari rispettivamente a 81%, 63%, 10% e 5%, valori che restano immutati qualunque sia la classe d'uso della costruzione considerata; tali probabilità, valutate nel periodo di riferimento VR proprio della costruzione considerata, consentono di individuare, per ciascuno stato limite, l'azione sismica di progetto corrispondente.

### 13.8 Parametri sismici di riferimento

Di seguito vengono riportati i parametri ed i coefficienti sismici di riferimento (ed in particolare la terna di valori  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*C$ ) ottenuti dalla stima della pericolosità sismica basata sulla griglia di riferimento.

Sito in esame.

latitudine:	45,455009
longitudine:	8,673619
Classe:	2
Vita nominale:	50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 12253	Lat: 45,4379	Lon: 8,6489	Distanza: 2712,757
Sito 2 ID: 12254	Lat: 45,4407	Lon: 8,7199	Distanza: 3949,384
Sito 3 ID: 12032	Lat: 45,4906	Lon: 8,7159	Distanza: 5150,171
Sito 4 ID: 12031	Lat: 45,4878	Lon: 8,6448	Distanza: 4281,628

Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	50anni
Coefficiente $c_u$ :	1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	30	[anni]
$a_g$ :	0,015	g
$F_0$ :	2,530	
$T_c^*$ :	0,161	[s]

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

---

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,018	g
Fo:	2,504	
Tc*:	0,169	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,038	g
Fo:	2,633	
Tc*:	0,279	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,045	g
Fo:	2,662	
Tc*:	0,306	[s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss:	1,200
Cc:	1,590
St:	1,000

Comune di Novara, frazione Parnate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

---

Kh: 0,004

Kv: 0,002

Amax: 0,173

Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200

Cc: 1,570

St: 1,000

Kh: 0,004

Kv: 0,002

Amax: 0,216

Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,200

Cc: 1,420

St: 1,000

Kh: 0,009

Kv: 0,005

Amax: 0,442

Beta: 0,200

SLC:

Ss: 1,200

Cc: 1,390

St: 1,000

Kh: 0,011

Kv: 0,005

Amax: 0,524

Beta: 0,200

### **13.9 Stabilità alla liquefazione**

L'entità delle deformazioni che subisce il terreno dipende dal grado di addensamento. Se la sabbia è sciolta la pressione dei pori aumenterà molto velocemente, se la sabbia è densa le deformazioni avvengono più lentamente e sono associate ad un aumento di volume (dilatanza).

Per effetto della dilatazione la pressione interstiziale subisce una caduta ed il terreno riesce a sviluppare una resistenza al taglio sufficiente a sostenere le sollecitazioni indotte dai carichi ciclici. A tale proposito Casagrande afferma che sabbie sciolte con densità relative minori del 40% possono essere soggette a liquefazioni; nelle sabbie fortemente dilatanti, con densità relative maggiori del 70% è invece normalmente impossibile che le pressioni neutre raggiungano quelle di confinamento, per cui si possono attendere solo assestamenti di lieve entità.

Secondo la normativa vigente la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna suborizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata\*  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) delle NTC/2018 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) delle NTC/2018 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Comune di Novara, frazione Pernate  
ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE  
PROGETTO DEFINITIVO

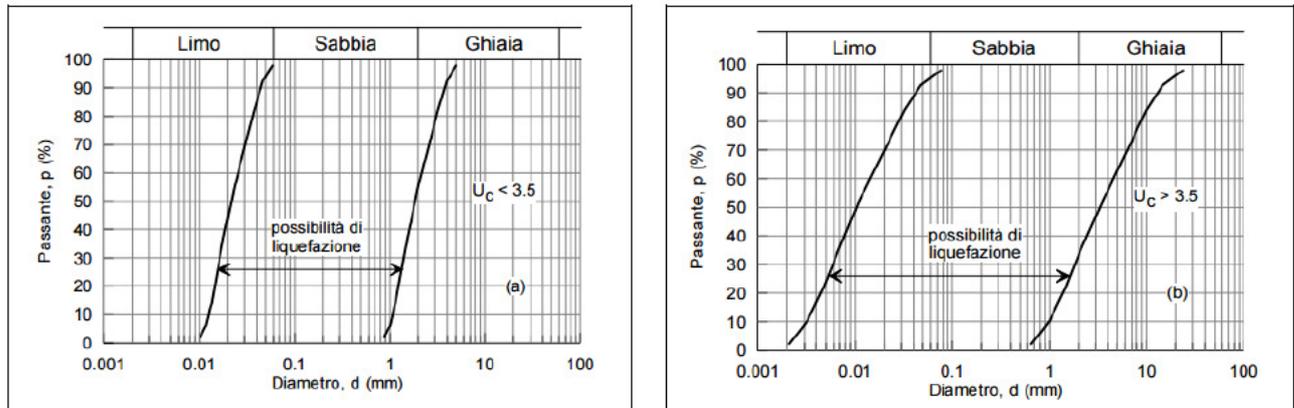


Fig. 13.2 - Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione

Nel caso specifico le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) risultano  $< 0,1$  g.

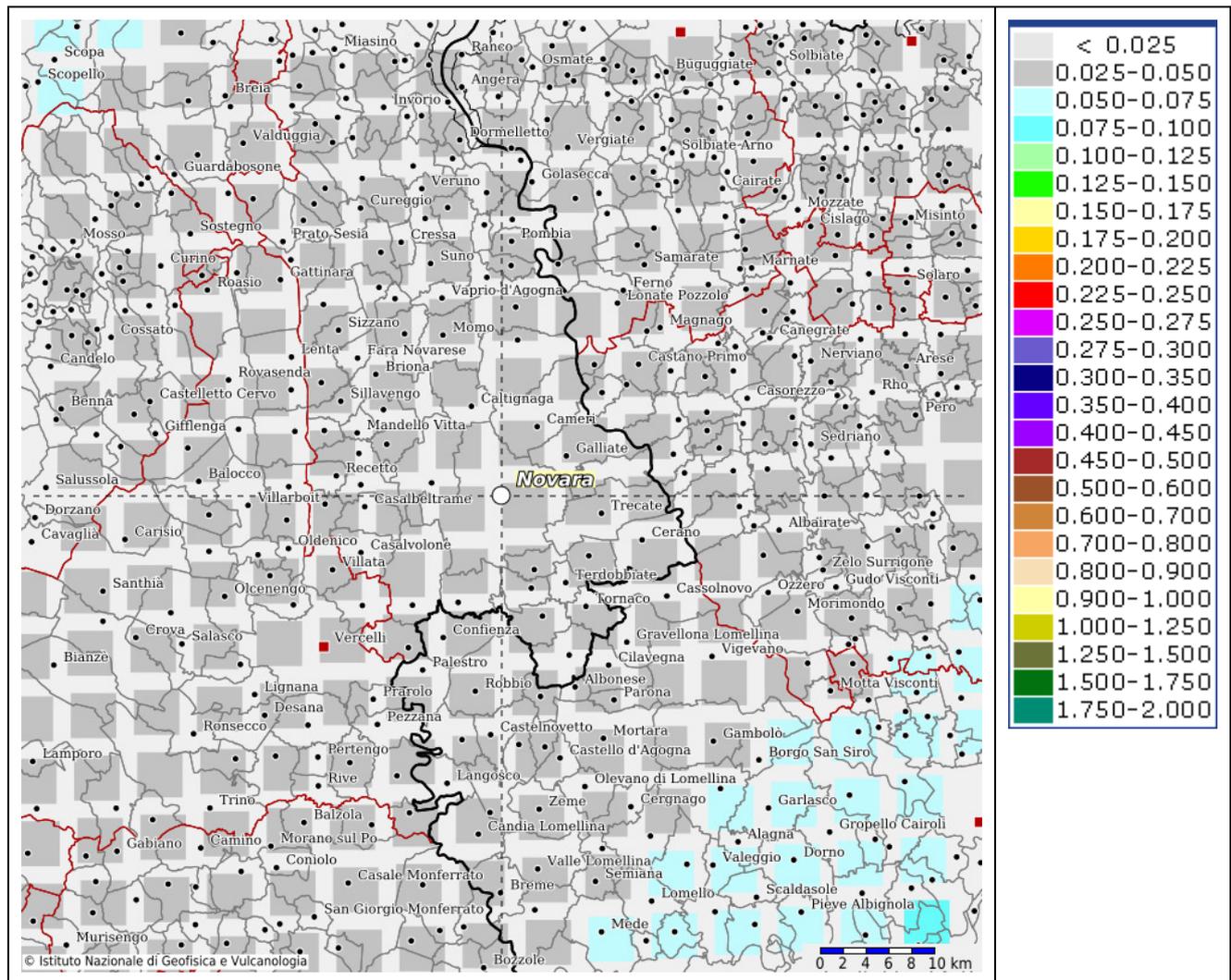


Fig. 13.3 - Mappa interattiva di pericolosità sismica INGV (tratto da: <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

Comune di Novara, frazione Pernate

*ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE*  
**PROGETTO DEFINITIVO**

---

Stante la composizione granulometrica dei terreni di fondazione, il loro addensamento ed in particolare le accelerazioni massime previste, si ritiene che rispetto alle magnitudo attese i fenomeni di liquefazione siano alquanto improbabili.

## 14 MODELLO GEOLOGICO

### 14.1 Modello geologico

Mentre il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici, il modello geotecnico di riferimento rappresenta, invece, uno schema rappresentativo del volume significativo di terreno, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, che devono essere caratterizzate con riferimento allo specifico problema geotecnico.

Sulla base di quanto emerso dalle indagini eseguite all'interno del lotto d'intervento, supportate da una verifica della cartografia tematica, è stato possibile ipotizzare la seguente sequenza stratigrafica - litotecnica schematica interpretativa di carattere preliminare, costituita dalle seguenti Unità Litologiche, dedotte per omogeneità delle caratteristiche litologiche e geotecniche.

Per una visualizzazione grafica dei tali Unità litologiche o Strati tipo, si rimanda alla "Sezione stratigrafica e litotecnica schematica interpretativa" riportata in allegato.

Unità litologica	Descrizione interpretativa	Profondità prevista (m)	Aspetto	Stato di addensamento e consistenza
UL1	Ghiaia eterometrica poligenica con sabbia da grossolana a fine debolmente limosa di colore marrone, localmente rimaneggiata	0,0 – 3,5		Addensato
UL2	Ghiaia eterometrica poligenica con sabbia media e grossolana di colore marrone-grigiastro	3,5 - 15		Da moderatamente addensato ad addensato

## **15 MODELLO GEOTECNICO E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA**

### **15.1 Premessa**

Mentre il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici, il modello geotecnico di riferimento rappresenta, invece, uno schema rappresentativo del volume significativo di terreno, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, che devono essere caratterizzate con riferimento allo specifico problema geotecnico. Nel modello geotecnico di sottosuolo sono stati definiti i valori caratteristici dei parametri geotecnici basati sulle indagini e prove preliminari eseguite nonché sui valori di letteratura. Per una visualizzazione grafica dei tali Unità litologiche o Strati tipo, si rimanda alle "Sezioni stratigrafiche e litotecniche schematiche interpretative" riportate in allegato:

### **15.2 Parametrizzazione geotecnica**

#### 15.2.1 Premessa

Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (es. platea o trave di fondazione), con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici può essere dettata anche solo dalle caratteristiche dei terreni. Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato.

### 15.2.2 Valori medi

Nella tabella seguente sono stati riportati i valori medi ai sensi delle NTC/2018 ottenuti dalle prove SPT eseguite in foro di sondaggio e dalle prove sismiche, tarati con i dati di bibliografia per i pesi di volume.

Unità litologica	Stato di addensamento	Nspt	$\gamma_{d_m}$	$\gamma_{sat_m}$	$\Phi'_m$	C	Ey	G0
			t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	°	Kg/cm <sup>2</sup>	MPa	MPa
UL1	Addensato	39	1,8	2,0	34	0,01	258	99
UL2	Da addensato a molto addensato	63	1,9	2,1	38	0,01	609	234

dove:

$\gamma_{d_m}$ : peso di volume secco

$\gamma_{sat_m}$ : peso di volume saturo

$\phi'_m$ : angolo di attrito interno efficace

$C'_m$ : coesione efficace (si è ritenuto di dare un minimo valor in quanto la C non risulta mai pari a 0)

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ey: Modulo di Young.

### 15.2.3 Valori caratteristici

Nella tabella seguente sono stati riportati i valori caratteristici ai sensi delle NTC/2018 ottenuti dalle prove SPT eseguite in foro di sondaggio e dalle prove sismiche, tarati con i dati di bibliografia per i pesi di volume.

Unità litologica	Stato di addensamento	Nspt	$\gamma_{d_m}$	$\gamma_{sat_m}$	$\Phi'_m$	C	Ey	G0
			t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	°	Kg/cm <sup>2</sup>	MPa	MPa
UL1	Addensato	27	1,8	2,0	34	0,0	260	100
UL2	Da addensato a molto addensato	39	1,9	2,1	38	0,0	610	235

dove:

$\gamma_{d_m}$ : peso di volume secco

$\gamma_{d_m}$ : peso di volume saturo

$\phi'_m$ : angolo di attrito interno efficace

$C'_m$ : coesione efficace

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ey: Modulo di Young.

#### 15.2.4 Valori caratteristici

Nella tabella seguente sono stati riportati i valori caratteristici ai sensi del D.M. 17.01.2018, ottenuti da una stima preliminare dei parametri di resistenza al taglio del terreno (coesione  $C'_k$ , coesione non drenata  $Cu_k$  e angolo di attrito  $\Phi_k$ ) a partire dai quali si determinano i valori di progetto per il calcolo della resistenza Rd del terreno, ricavati mediante la seguente espressione:

$$f_k = f_m \cdot (1 - 1,645 \cdot V_f)$$

dove:

$f_k$ : valore caratteristico del parametro

$f_m$ : valore medio

$V_f$ : coefficiente di variazione del parametro (COV) definito come il rapporto tra lo scarto quadratico medio e la media dei valori del parametro considerato.

Unità litologica	Stato di addensamento	Nspt	$\gamma_{dk}$	$\gamma_{satk}$	$\Phi'_k$	C	Ey	G0
			t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	°	Kg/cm <sup>2</sup>	MPa	MPa
<b>UL1</b>	Addensato	27	1,8	2,0	30,7	0,0	260	100
<b>UL2</b>	Da addensato a molto addensato	39	1,9	2,1	33,8	0,0	610	235

dove:

$\gamma_{dk}$ : peso di volume secco

$\gamma_{satk}$ : peso di volume saturo

Comune di Novara, frazione Pernate

*ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE*  
**PROGETTO DEFINITIVO**

---

$\varphi'_k$ : angolo di attrito interno efficace

$C'_k$ : coesione efficace

$G_0$ : Modulo di deformazione al taglio;

$E_y$ : Modulo di Young.

## 16 INDICAZIONI SULLE OPERE DI FONDAZIONE E DI SOSTEGNO

### 16.1 Premessa

Nel pieno rispetto del § 2.1. “*Principi fondamentali*” delle NTC/2018, le opere e le componenti strutturali devono essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione, in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalle norme vigenti.

Il Progettista delle strutture, relativamente alle strutture, alle opere fondazionali nonché alle opere di contenimento provvisionali e definitive, preliminarmente alla fase di progettazione esecutiva dovrà eseguire tutte le verifiche nei confronti dei diversi Stati Limite strutturali (STR) e geotecnici (GEO) utilizzando gli approcci previsti dalla vigente normativa in materia (NTC/2018).

### 16.2 Prescrizioni relative alle opere di fondazione

In riferimento a quanto emerso dalle indagini e verifiche eseguite, nonché al modello geologico e geotecnico di riferimento individuato in via preliminare (vedasi “*Sezione stratigrafica e litotecnica schematica interpretativa*” presente in allegato), è possibile individuare i seguenti strati, riportati in tabella, in funzione dell’idoneità all’utilizzo come piano di appoggio ad opere fondazionali.

<b>Unità litologica</b>	<b>Descrizione interpretativa</b>	<b>Idoneità all’utilizzo come piano di appoggio e/o immersione ad opere fondazionali</b>
<b>UL1</b>	Addensato	Idoneo ad essere utilizzato come piano di appoggio ad opere fondazionali di tipo diretto e continuo del tipo platea
<b>UL2</b>	Da addensato a molto addensato	Idoneo ad essere utilizzato come piano di appoggio ad opere fondazionali di tipo diretto e continuo del tipo platea ed opere di contenimento provvisionali di tipo indiretto (pali/micropali)

Tab. 16.1 – Tipologia di fondazioni in funzione delle caratteristiche geotecniche dei terreni

In base alle caratteristiche dei terreni presenti in sito, ipotizzando opere fondazionali correttamente dimensionate, la rottura del terreno è ampiamente verificata; per questo motivo la capacità portante ammissibile risulterà governata dai cedimenti indotti dai carichi previsti che, per eventuali livelli di

pressione, possono risultare incompatibili per le strutture portanti, inducendo distorsioni non trascurabili dal punto di vista statico. Pertanto, una volta definiti, da parte del Progettista delle strutture, i valori di capacità portante ammissibile nei confronti della rottura del terreno, occorrerà procedere ad un'attenta verifica circa la compatibilità tra i cedimenti associati a tali valori di pressione e l'integrità della struttura.

### **16.3 Prescrizioni relative alle opere di sostegno provvisionali e di contenimento**

#### 16.3.1 Premessa

In base alla tipologia di opere previste (opere di fondazioni ed opere di contenimento), si individuano le seguenti tecniche possibili di realizzazione dello scavo:

- utilizzo dello scavo manuale, la cui esecuzione deve essere ricondotta ad interventi di estensione limitata e comunque per profondità non superiore a mezzo metro, sia quando venga effettuato in superficie che sul fondo dello scavo;
- utilizzo di macchine movimento terra per l'effettuazione di scavi tradizionali a cielo aperto.
- Utilizzo di macchine perforatrici (sonde per micropali)

Con il termine movimento terra si intendono tutte quelle attività riguardanti la modifica superficiale del terreno: esse sono costituite da una serie di fasi che necessitano di attente valutazioni al fine di evitare l'insorgere di situazioni a rischio.

I movimenti terra si distinguono in riporti di terreno e scavi; gli scavi si differenziano in quelli a cielo aperto e in quelli sotterranei. Gli scavi previsti dagli interventi in progetto sono a cielo aperto e comprendono:

- scavi in aree non antropizzate: scavi di splateamento e/o sbancamento;
- scavi in aree antropizzate (aree urbane e/o in presenza di sottoservizi): scavi a sezione obbligata per trincee, sottomurazioni o fondazioni.

Negli scavi di splateamento e di sbancamento possono verificarsi problemi di stabilità, dovuti alla variabilità delle caratteristiche strutturali e di composizione dei terreni presenti in sito.

Negli scavi a sezione obbligata per la realizzazione di trincee, pozzi, sottomurazioni e fondazioni, dove la sezione dello scavo è vincolata allo stato dei luoghi e/o alla presenza di strutture o servizi, e i fronti si presentano verticali o subverticali, la sezione ristretta è fonte di pericolo per il distacco di blocchi di terreno dalle pareti, per la limitatezza della via di fuga e per la bassa velocità di scampo consentita agli operatori, in caso di pericolo, per raggiungere un luogo sicuro.

### 16.3.2 Sistemi ed opere di sostegno provvisionali

In base alle caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni presenti, nonché alle condizioni morfologiche del sito, alla luce degli interventi previsti, si dispone che per ogni fronte di scavo e/o sbancamento in previsione, nonché per ogni riporto antropico, con altezza superiore a 1,5 m, si provveda alla realizzazione di sistemi ed opere di sostegno provvisionali, in grado di opporsi alle spinte dei terreni, adeguatamente dimensionate e verificate ai sensi della vigente normativa in materia. I fronti di scavo ed i riporti con altezza inferiore a m 1,5, se non contrastati, dovranno presentare un'inclinazione pari all'angolo di attrito interno del terreno costituente il fronte di scavo.

Dal momento che gli interventi in progetto prevedono scavi con altezza complessiva di circa 6 m, lungo un fronte caratterizzato da materiale sciolto, praticamente privo di coesione, risulterebbe estremamente complicato rispettare pendenze dei fronti di scavo pari all'angolo di attrito dei terreni, i quali tenderebbero a franare per la presenza di una falda relativamente superficiale. Si consiglia pertanto la realizzazione di una berlinese di micropali od opera provvisoria simile lungo i fronti dello scavo in progetto, eventualmente tirantata, ed immorsata, partendo dalla quota di fondo scavo, per almeno 1/3 della sua lunghezza all'interno dell'Unità litologica UL2.

I sistemi provvisionali di sostegno e di protezione devono garantire la resistenza alle sollecitazioni provocate da:

- pressione del terreno;
- strutture adiacenti lo scavo;
- carichi addizionali e vibrazioni (materiale in deposito, traffico di automezzi, ecc.).

Le strutture di sostegno devono essere installate a contatto diretto con la superficie di scavo e lo spazio tra l'armatura e la parete del terreno deve essere riempito con materiale di ricalzo tale da garantire il contrasto. La scelta del tipo di armatura e del materiale da utilizzare dipende principalmente:

- dalla natura del terreno;
- dal contesto ambientale;
- dalla tipologia di scavo da eseguire.

L'armatura deve comunque possedere le seguenti caratteristiche:

- essere realizzata in modo da evitare il rischio di seppellimento:

- in un terreno incoerente la procedura deve consentire di disporre armature parziali tali da permettere di raggiungere in sicurezza la profondità richiesta nel terreno;
- in un terreno dotato di coesione, in cui lo scavo può essere realizzato in avanzamento continuo fino alla profondità desiderata, la procedura deve prevedere la collocazione di un sistema di protezione prima che i lavoratori addetti accedano allo scavo;
- essere sufficientemente resistente da opporsi, senza deformarsi o rompersi, alla pressione esercitata dal terreno sulle pareti dello scavo;
- essere realizzata in modo da poter sopportare, senza deformarsi, anche carichi asimmetrici del terreno.

Il soddisfacimento di queste condizioni permette di realizzare dei moduli di protezione simili ad una gabbia di sicurezza.

La protezione dello scavo a cielo aperto, in presenza di pareti verticali, deve essere effettuata con sistemi di armatura e di puntellazione delle stesse con elementi di sostegno realizzati in legno o in acciaio. L'utilizzo di sistemi metallici prefabbricati modulari e testati secondo normativa tecnica, consente vantaggi maggiori rispetto a quelli realizzati in legno in cantiere che si concretizzano in: facilità di posa, recupero dopo posa, profili di notevole inerzia, differenti forme geometriche, moduli di larghezza diversa, scelta delle caratteristiche di resistenza in base alla distanza del puntello di base e della larghezza interna di puntellazione, ambienti di diversa natura con o senza presenza di acqua.

Ai fini di evitare dissesti o crolli localizzati, i lavori di scavo e sbancamento in generale dovranno interessare fronti di scavo di lunghezza limitata, avendo cura di predisporre un'adeguata copertura dei fronti con teli impermeabili ad elevata resistenza, adeguatamente picchettati, in particolar modo in caso di maltempo che possa far presagire l'avvento di precipitazioni meteoriche o eventi temporaleschi.

### 16.3.3 Opere di contenimento definitive

Le opere di contenimento definitive dovranno essere dimensionate e verificate dal Progettista utilizzando i diversi stati limite previsti dalle NTC/18. Le verifiche di sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi per le opere e i sistemi geotecnici, dovranno quindi essere eseguite utilizzando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi (Approccio 1 e Approccio 2).

Comune di Novara, frazione Pernate

*ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE*  
**PROGETTO DEFINITIVO**

---

Le strutture ed opere di contenimento sono soggette a spinte orizzontali dovute oltre che dal terreno circostante, anche dalle pressioni interstiziali dovute alla presenza di acqua connessa ad una circolazione sotterranea. Per tale motivo, a tergo di tali opere, dovrà essere realizzato un sistema di intercettazione, drenaggio e smaltimento delle acque connesso ad un ricettore finale che dovrà essere verificato al fine di attestare l' idoneità a ricevere le aliquote idriche provenienti dai drenaggi.

## **17 INDICAZIONI E PRESCRIZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO**

Alla luce delle indagini e verifiche eseguite, si riportano alcune indicazioni e prescrizioni ai fini della salvaguardia del territorio e dell'area d'intervento nonché delle opere esistenti ed in previsione, da ottemperare nelle diverse fasi progettuali e durante l'esecuzione dei lavori. Particolare attenzione dovrà essere posta in fase di progettazione esecutiva, adottando provvedimenti che mitighino il rischio nelle aree esistenti.

### **17.1 Progettazione esecutiva**

#### 17.1.1 Scavi, opere provvisoriale, opere di sostegno ed opere di contenimento

- Il Progettista degli interventi e delle strutture, sulla base del modello geotecnico del sottosuolo, dovrà realizzare delle soluzioni progettuali, nel pieno rispetto della normativa in materia (NTC/2018), che comprendano la previsione quantitativa degli effetti direttamente indotti dagli scavi al contorno dello scavo ed in superficie, con riferimento anche agli scavi poco profondi in ambienti urbanizzati, da cui deve derivare la scelta del metodo e delle tecniche di scavo e degli eventuali interventi di miglioramento e rinforzo in fase di avanzamento. Dovrà inoltre dimensionare e verificare i rivestimenti di prima fase e definitivi.
- Il Progettista degli interventi e delle strutture dovrà provvedere alla progettazione, nel pieno rispetto della normativa in materia (NTC/2018), di tutte le opere di contenimento e di sostegno in modo tale che rispettino gli standard di sicurezza previsti dalla normativa, contrastando quindi le forze agenti dovute al terreno e le pressioni neutre generate dalla presenza di acqua legata ad una circolazione sotterranea.

#### 17.1.2 Opere fondazionali

- Il Progettista degli interventi e delle strutture, relativamente alle opere fondazionali, dovrà eseguire tutte le verifiche ai fini della valutazione delle prestazioni attese nei confronti dei diversi Stati Limite strutturali (STR) e geotecnici (GEO) utilizzando gli approcci previsti dalla vigente normativa in materia (NTC/2018).

#### 17.1.3 Prescrizioni generali

- Il Progettista degli interventi e delle strutture dovrà valutare i possibili effetti negativi che si potrebbero creare a seguito della realizzazione delle opere e degli interventi previsti sui manufatti attigui e sull'ambiente circostante.

- Il Progettista degli interventi e delle strutture dovrà progettare un adeguato sistema di gestione delle acque meteoriche dirette, di ruscellamento superficiale e sotterranee. In particolare occorrerà progettare un adeguato sistema di abbassamento della falda superficiale che con buona probabilità verrà coinvolta durante le operazioni di scavo.

## **17.2 Fase di cantiere ed esecuzione lavori**

### 17.2.1 Scavi, opere provvisionali, opere di sostegno ed opere di contenimento

- Alla luce della natura dei terreni, anche in relazione a possibili fenomeni meteorici, infiltrazioni, fenomeni di gelo o disgelo, etc. occorrerà provvedere al sostegno preliminare del terreno mediante opere provvisionali e successivamente definitive.
- Per evitare fenomeni di dissesto e scoscendimento dei terreni, per quanto concerne la stabilità dei fronti di scavo o sbancamento con altezza inferiore a 1,5 m, se non contrastati, dovranno presentare un'inclinazione pari all'angolo di attrito del terreno di riferimento. Tutti i fronti con altezza superiore a 1,5 m dovranno invece essere sostenuti preliminarmente da opere di sostegno provvisionali in grado di sostenere lo scavo per la sola durata del cantiere, dal momento che per il sostegno finale degli scavi avverrà mediante opere di contenimento definitive.
- Idonee armature e precauzioni devono essere adottate nelle sottomurazioni e quando in vicinanza dei relativi scavi vi siano fabbricati e/o manufatti le cui fondazioni possano essere scoperte o indebolite dagli scavi.
- Gli scavi e gli sbancamenti dovranno essere eseguiti in periodi asciutti avendo cura di proteggere a fine giornata i fronti di scavo ancora aperti con teli impermeabili adeguatamente picchettati nel terreno, in modo da evitare fenomeni di ruscellamento ad opera delle acque meteoriche che potrebbero innescare scoscendimenti e franamenti.
- Nei lavori di escavazione con mezzi meccanici deve essere vietata la presenza degli operai nel campo di azione dell'escavatore e sul ciglio del fronte di attacco.
- I mezzi di scavo e di trasporto del materiale non dovranno sostare in prossimità dei fronti di scavo al fine di evitare vibrazioni dannose per la stabilità ed evitare il rischio di crolli.
- Nella infissione di pali e tiranti devono essere adottate misure e precauzioni per evitare che gli scuotimenti del terreno producano lesioni o danni alle opere vicine con pericolo per i lavoratori.

- I mesi in cui è evidente una risalita della falda vanno da fine aprile a fine agosto in corrispondenza del periodo di irrigazione delle risaie. Mentre i periodi in cui la falda è più profonda vanno da Novembre a Marzo. In quest'ultimo periodo è consigliato eseguire i lavori di scavo per cercare di intercettare il meno possibile la falda superficiale.
- Le acque uscenti dai sistemi di gestione delle acque meteoriche e dalle opere di drenaggio realizzate a tergo delle opere di sostegno e contenimento dovranno essere convogliate al di fuori dell'area di cantiere all'interno di un ricettore finale idoneo ad ospitare tali apporti idrici.

#### 17.2.2 Opere fondazionali

- In seguito all'apertura degli scavi e/o alle operazioni di splateamento preliminari alla realizzazione del piano di appoggio delle opere fondazionali, occorrerà verificare con cura le caratteristiche litologiche, fisico-meccaniche e geotecniche dei terreni che costituiscono il piano fondazionale, se necessario mediante prove in sito, valutando, in caso di disomogeneità o anomalie, il ricorso ad indagini supplementari.
- Il piano di posa degli elementi strutturali di fondazione dovrà essere dapprima regolarizzato mediante asportazione della porzione più superficiale soggetta a gelivazione o comunque mediante asportazione dello spessore di terreno previsto da progetto, e successivamente regolarizzato con materiale misto stabilizzato adeguatamente rullato e costipato mediante rullo compattatore, fino ad ottenere le caratteristiche geotecniche di progetto, su cui verrà appoggiata la fondazione in previsione.
- I terreni utilizzati come piano di appoggio delle opere fondazionali dovranno presentare caratteristiche litologiche e geotecniche omogenee anche in termini di resistenza. Infatti, in caso di eccessiva disomogeneità dei terreni (specie in corrispondenza di settori non pianeggianti) potranno crearsi fenomeni di assestamento con l'innescò di cedimenti di tipo differenziale che porterebbero a ripercussioni sulla struttura.

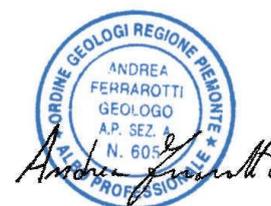
## **18 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E FATTIBILITA' DEGLI INTERVENTI**

La presente relazione geologica e geotecnica è stata redatta, al fine di ottemperare a quanto previsto dal D.M. 17.01.2018 e dalle NTA del vigente P.R.G.C., a supporto del progetto definitivo relativo al seguente progetto: “Adeguamento stazione di pompaggio di fognatura di via Mulini e sfioratore via 5 porte”, da realizzarsi nel Comune di Novara (NO) – Località Pernate, nell’ambito dell’*“Accordo Quadro con due operatori per l’affidamento dei servizi tecnici di progettazione, assistenza al RUP, Direzione Lavori, assistenza lavori, collaudi, Coordinatore in fase di progettazione (CSP) e/o di coordinatore in fase di esecuzione (CSE) ad esclusione della parte depurazione acque reflue. 2020\_04 Ri”*.

Gli studi, i rilievi e le indagini, eseguite nell’ambito territoriale di possibile influenza degli interventi e delle opere in previsione, hanno avuto pertanto la finalità di illustrare il contesto geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico del sito di progetto, di individuare eventuali criticità e di fornire le indicazioni preliminari relative alle problematiche geologiche e geotecniche che dovranno essere affrontate nell’ambito della progettazione ed esecuzione delle future opere, valutando in base al quadro dissestivo, vincolistico e pianificatorio in ambito geologico, la fattibilità degli interventi anche sulla base di una serie di sopralluoghi, indagini e prove eseguite in sito.

Sulla base dei rilievi, delle indagini e verifiche eseguite, tenendo conto delle caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e di rischio idraulico e geomorfologico dei luoghi, in funzione della tipologia di opere previste, si può attestare la compatibilità e fattibilità degli interventi, nel pieno rispetto delle indicazioni e prescrizioni fornite, finalizzate alla tutela e salvaguardia del territorio.

Dott. Geol. Andrea FERRAROTTI



## **19 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI, CARTOGRAFICI E DOCUMENTALI**

- AdPo, P.A.I. Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po
- Arpa Piemonte, Regione Piemonte. Gli eventi alluvionali in Piemonte
- Arpa Piemonte, 2018. ReRCoMF. Rete Regionale di Controllo Movimenti Franosi
- Arpa Piemonte - Studi e ricerche geologiche, Sistema Informativo Prevenzione rischi, 2003. Eventi alluvionali in Piemonte 2000 - 2002: 13-16 ottobre 2000
- Biella, G., Polino, R., deFranco, R., Rossi, P.M., Clari, P., Corsi, A., & Gelati, R. (1997).
- The crustal structure of the western Po plain: Reconstruction from the integrated geological and seismic data. *Terra Nova*, 9, 28–31.
- Bonsignore, G., Bortolami, G., Elter, G., Montrasio, A., Petrucci, F., Ragni, U., Sacchi, R., Sturani, C. Zanella, E., 1969. “Carta geologica d’Italia” e “Note illustrative della Carta Geologica d’Italia” fogli 56 e 57 (Torino e Vercelli). Servizio Geologico d’Italia, Roma
- Bortolami G. et al., 1976. Lineamenti di litologia e geoidrologia del settore piemontese della pianura padana. *I.R.S.A.*, 28/1, 37 pp.
- d’Atri, A., Piana, F., Barale, L., Bertok, C., & Martire, L. (2016). Geological setting of the southern termination of Western Alps. *International Journal of Earth Sciences*, 105, 1831–1858.
- CNR IGG, Arpa Piemonte - Carta geologica (GeoPiemonte Map)
- DelaPierre, F., Piana, F., Fioraso, G., Boano, P., Bicchi, E., Forno, M.G., Polino, R. (2003).
- Elter, P., & Pertusati, P. (1973). Considerazioni sul limite Alpi-Appennino e sulle relazioni con l’arco delle Alpi Occidentali. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 12, 359–375
- Falletti, P., Gelati, R., & Rogledi, S. (1995). Oligo-Miocene evolution of Monferrato and Langhe, related to deep structures. In R. Polino & R. Sacchi (Eds.), *Atti del convegno “Rapporti Alpi-Appennino e guide alle escursioni”*: Peveragno (CN) 31 Maggio-1 Giugno 1994 (Vol. 14, pp. 1–19). Accademia Nazionale delle Scienze
- Gruppo di Lavoro MPS, 2004. Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- INGV, 2015. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani
- ISPRA, 2018. Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia)

Comune di Novara, frazione Pernate

**ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

---

- Irace, A., Clemente, P., Natalicchio, M., Ossella, L., Trenkwalder, S., DeLuca, D.A., Violant, D. (2009). *Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale* (135 pp.). Firenze: Edizioni La Nuova Lito
- Lombardo, V., Piana, F., Fioraso, G., Irace, A., Mimmo, D., Mosca, P., ... Giardino, M. (2016). The Classification Scheme of the Piemonte Geological Map and the “OntoGeonous” initiative. *Rendiconti Online della Società Geologica Italiana*, 39( ... ), 117–120.
- Perrone, G., Morelli, M., Piana, F., Fioraso, G., Nicolò, G., Mallen, G., & Tallone, S. (2013).
- Current tectonic activity and differential uplift along the Cottian Alps/Po Plain boundary (NW Italy) as derived by PS-InSAR data. *Journal of Geodynamics*, 66, 65–78.
- Regione Piemonte - Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico, 1990. *Banca Dati Geologica*
- Regione Piemonte, 2018 – Piano Tutela delle Acque
- Spallarossa D., Barani S., 2007. Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di M-R-ε. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D14.
- Roure, F., Polino, R., & Nicolich, R. (1990). Early Neogene deformation beneath the Po Plain: Constraints of the post-collisional Alpine evolution. In F. Roure, P. Heitzmann, & R. Polino (Eds.), *Deep Structure of the Alps* (pp. 309–322). *Mémoires de la Société géologique de France*, 156; *Mémoires de la Société géologique de Suisse*, 1; Vol. Spec. *Società Geologica Italiana*, 1

Comune di Novara, frazione Pernate

*ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE*  
**PROGETTO DEFINITIVO**

---

## **20 REPORT ED ALLEGATI**

# SEZIONE STRATIGRAFICA E LITOTECNICA SCHEMATICA INTERPRETATIVA

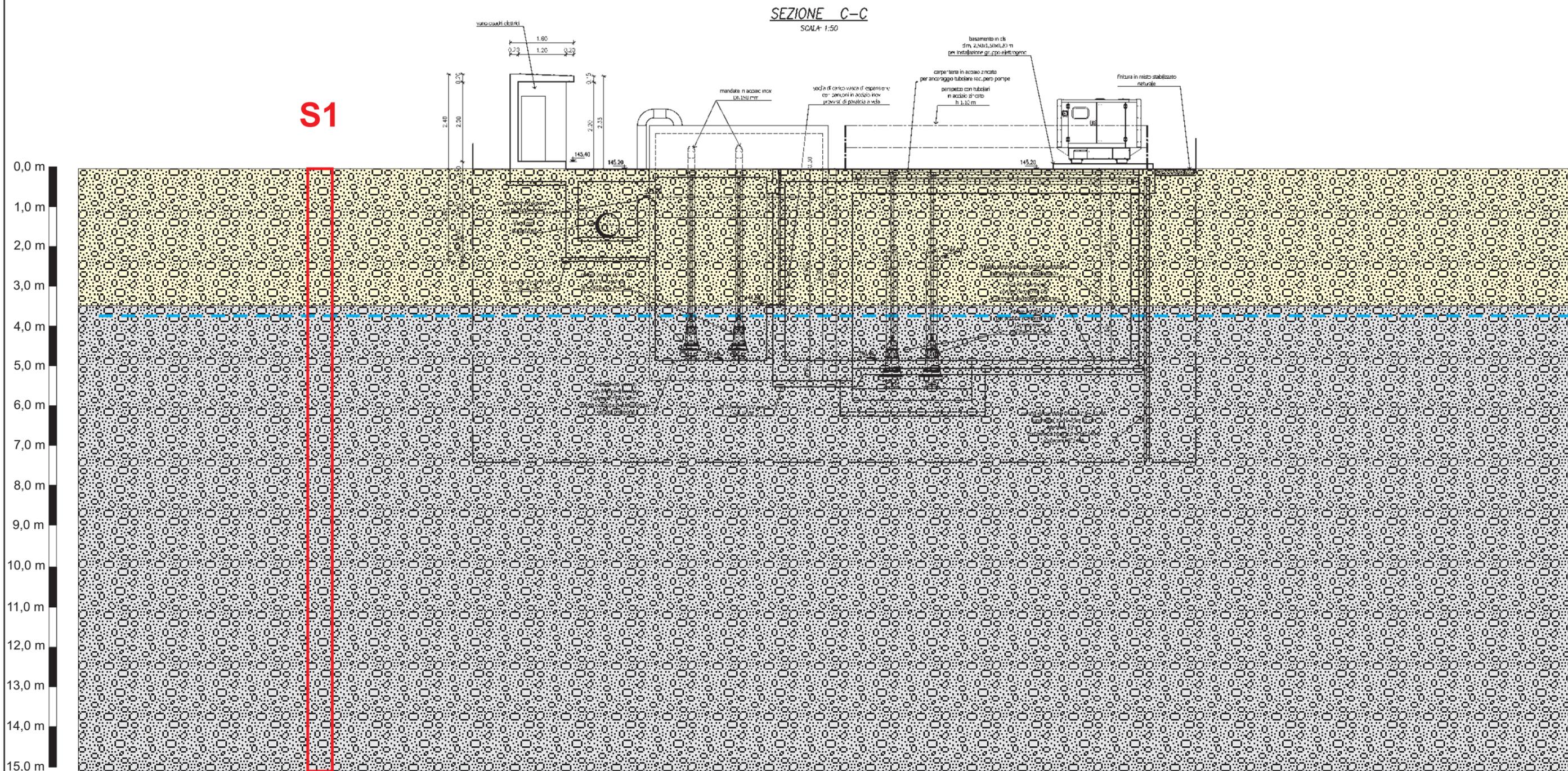
Scala verticale : 1:100  
Scala orizzontale : 1:100

## LEGENDA

 **UL1** - Ghiaia eterometrica poligenica con sabbia da grossolana a fine debolmente limosa di colore marrone, localmente rimaneggiata

 **UL2** - Ghiaia eterometrica poligenica con sabbia media e grossolana di colore marrone-grigiastro

 Livello falda idrica al Febbraio 2022





**INDAGINI GEOGNOSTICHE PER ADEGUAMENTO STAZIONE DI POMPAGGIO  
FOGNATURA DI VIA DEI MULINI E SFIORATORE DI VIA 5 PORTE IN  
FRAZIONE PERNATE (NO)**

**Redatto da:**

Dott. Geol. Mauro Saleri



Casatisma (PV), febbraio 2022

Si trasmette, di seguito, la documentazione relativa all'indagine geognostica eseguita lungo via dei Mulini in frazione Pernate per conto di Acquanovara VCO S.p.A..

L'indagine geognostica si è svolta nel giorno 10 del corrente mese di febbraio ed ha comportato le seguenti operazioni:

- n.1 sondaggio a carotaggio continuo, spinto alla profondità di 15 metri; i campioni di terreno estratti sono stati riposti in apposite cassette catalogatrici e quindi analizzati a vista e fotografati;
- n.7 prove SPT rispettivamente realizzate alle profondità di 3,0 – 4,5 – 6,0 – 9,0 – 10,5 – 12,0 – 15,0 metri da p.c.;
- n.1 piezometro allestito con tubo aperto diam. 2", microfessurato da 3 a 15 metri con relativo filtro in ghiaietto e tappo in cemento-bentonite. Alla sommità del piezometro come protezione è stato posizionato il pozzetto in lamiera preverniciata di colore rosso;

Casatisma (PV), febbraio2022



---

Dott. Geol. Mauro SALERI

**SI ALLEGA:**

---

- Allegato 1 - Planimetria con ubicazione punto di indagine
- Allegato 2 - Stratigrafia del sondaggio
- Allegato 3 – Documentazione fotografica



**LEGENDA**

 PZ1. Sondaggio attrezzato a piezometro

**INDAGINI GEOGNOSTICHE PER ADEGUAMENTO DELLA STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA E DELLO SFIORATORE IN FRAZIONE PERNATE (NO)**

<b>Foto aerea con ubicazione punto di indagine</b>		<b>ALL.1</b>
Committente: ACQUANOVARA VCO S.p.A.	A cura di: TECNOSUOLO S.r.l. S.S. MI-GE n.10 27040 Casatisma (PV)	Data: Febbraio 2022
		Scala: //

**INDAGINI GEOGNOSTICHE PER ADEGUAMENTO DELLA  
STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA E DELLO  
SFIORATORE IN FRAZIONE PERNATE (NO)**

**Stratigrafia del sondaggio**

**ALL.2**

Committente:

ACQUANOVARA VCO S.p.A.

A cura di:

TECNOSUOLO S.r.l.  
S.S. MI-GE n.10  
27040 Casatisma (PV)

Data:

Febbraio  
2022

Scala:

//

**Tecnosuolo s.r.l**  
 27040 Casatisma (Pv) S.S Mi-Ge n° 10  
 Tel. (0383) 891852

COMMITTENTE: ACQUA NOVARA VCO S.p.A.

SONDAGGIO

LOCALITA': PERNATE (NO)

N° PZ1

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

QUOTA INIZIO: p.c.

DATA  
10.02.2022

profondità strati mt.	spessore strati mt.	stratigrafia	CAMPIONI		H <sub>2</sub> O	DESCRIZIONE LITOLOGICA	K cm/s	P.P. Kg/cmq	schema piezometro	S.P.T.			NOTE
			tipo	prof. mt.									
0.00													
3.60						Ghiaia eterometrica poligenica con sabbia da grossolana a fine debolmente limosa di colore marrone							
					3.80								
						Ghiaia eterometrica poligenica con sabbia media e grossolana di colore marrone-grigiastro.							
15.00													
20.00													

Foro attrezzato con piezometro diam.2" cieco da 0 a -3m e microfessurato da -3m a -15m

CAMPIONE:  Rimaneggiato  Ambientale  Indisturbato



CASSETTE  
CATALOGATRICI

n° 3

LIVELLO FALDA

DATA	Prof. foro	Prof. riv.	Livello acqua
10.02.2022			-3.80m

**INDAGINI GEOGNOSTICHE PER ADEGUAMENTO DELLA  
STAZIONE DI POMPAGGIO DI FOGNATURA E DELLO  
SFIORATORE IN FRAZIONE PERNATE (NO)**

**Documentazione fotografica**

**ALL.3**

Committente:

ACQUANOVARA VCO S.p.A.

A cura di:

TECNOSUOLO S.r.l.  
S.S. MI-GE n.10  
27040 Casatisma (PV)

Data:

Febbraio  
2022

Scala:

//



Foto 1: postazione PZ1



Foto 2: PZ1-cassa 1 (0÷5 m)



Foto 3: PZ1-cassa 2 (5÷10 m)



Foto 4: PZ1-cassa 3 (10÷15 m)