

Studio Geologico Dott. Andrea FERRAROTTI

Studi - Pianificazione - Consulenze - Progettazione - Servizi per la geologia e l'ambiente

Via Bruno Buozzi, 10 - 13039 TRINO (VC)

Via Santa Giulia, 33 - 10124 TORINO

tel/fax 011.8391293

mob 338.3982652

e-mail andrea.ferrarotti@libero.it

www.geoambienteferrarotti.com

Provincia di Vercelli

COMUNE DI CRESCENTINO

Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica dei terreni a supporto di un progetto che prevede la nuova costruzione consistente in opere di urbanizzazione primaria ai sensi dell'art. 49 l.r. 56/77 "Parcheggio privato ad uso pubblico", all'interno di un lotto di terreno sito in Via Torino

Riferimenti normativi:

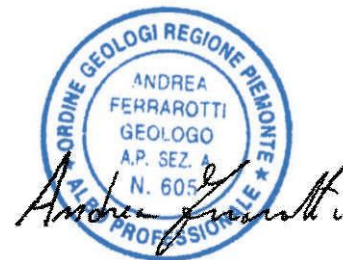
L.R. n. 56 del 05.12.1977 e s.m.i.

Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 e s.m.i.

D.G.R. n. 11-13058 del 19.01.2010

D.M. 14.01.2008 e s.m.i.

Committente	DANA ITALIA S.r.l.			
Il Tecnico	Dott. Geol. Andrea FERRAROTTI			
Il Progettista	Geom. Monica TROMBA			
Data	10 Marzo 2018			
	N.	Data	Verifica	Validazione
Revisione	00	10.03.2018	A. Ferrarotti	A. Ferrarotti
	01			
	02			
Codice Documento	CRE.DANA.2018			
Codice Cliente	DA			



INDICE

1	PREMESSA	Pag. 3
2	CARATTERISTICHE GEOLOGICO - STRUTTURALI E GEOMORFOLOGICHE	Pag. 5
3	PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA	Pag. 6
4	CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE	Pag. 8
5	RISULTANZE DELLE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE	Pag. 12
6	CARATTERISTICHE SISMICHE	Pag. 19
7	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE, IDROLOGICHE E IDROGRAFICHE	Pag. 25
8	MODELLO GEOLOGICO E MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE	Pag. 28
9	OPERE E TERRENI DI FONDAZIONE	Pag. 30
10	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	Pag. 32
11	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	Pag. 36
12	ALLEGATI	Pag. 37
	- Inquadramento topografico	
	- Documentazione fotografica aerea	
	- Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica	
	- Carta geomorfologica e dei dissesti	
	- Carta della rete idrografica locale	
	- Carta geologica - strutturale	
	- Ubicazione prove penetrometriche dinamiche	
	- Diagrammi Rpd - profondità e sezioni stratigrafiche interpretative dedotte dalle prove penetrometriche eseguite	
	- Sezione stratigrafica e litotecnica schematica interpretativa	

CRE.DANA.2018	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 3 di 37
Rev. 0 - 2018	Relazione geologica	Comune di Crescentino Elab. 1

1. PREMESSA

La presente **relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica preliminare dei terreni a supporto di un progetto che prevede la nuova costruzione consistente in opere di urbanizzazione primaria ai sensi dell'art. 49 l.r. 56/77 "Parcheggio privato ad uso pubblico"**, all'interno di un lotto di terreno sito Comune di **Crescentino (VC) - Via Torino**, fa seguito ad un sopralluogo e ad un'indagine di superficie e di profondità, eseguita in sito, su incarico conferito allo scrivente dalla **DANA ITALIA S.r.l.**

Le indagini eseguite, estese ad un significativo intorno dell'area interessata dagli interventi, in ottemperanza al paragrafo 6.2.1 del D.M. 14.01.08 e s.m.i., sono state finalizzate alla definizione delle condizioni geologiche e geomorfologiche del sito e ad una stima di massima delle caratteristiche geotecniche dei materiali ricadenti nel volume significativo dei manufatti, verificando i possibili scenari di rischio e le problematiche esecutive, con il preciso intento di definirne le potenzialità di fruizione in relazione all'assetto territoriale, verificando le condizioni di stabilità, l'eventuale presenza di elementi morfogenici dissestivi e lo stato di fatto, traendo le opportune valutazioni sulla compatibilità degli interventi in previsione con la situazione idrogeologica, geomorfologica e litologica locale.

Con riferimento al D.M. 14 gennaio 2008 "*Nuove norme tecniche per le costruzioni*" (indicato nel seguito con la sigla NTC/08), il presente rapporto, in relazione ai contenuti ed alle indagini eseguite, ingloba in un unico elaborato le seguenti relazioni specialistiche previste dalla Circolare 2 febbraio 2009 n° 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti "*Istruzioni per l'applicazione delle NTC/2008*" (indicata nel seguito con la sigla Circ./09), ovvero: la *relazione geologica* sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito (par. 6.2.1 delle NTC/2008 e par. 6.2.1 della CIRC/09) e la *relazione geotecnica* sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno (par. 6.2.2 delle NTC e par. 6.2.2 della Circ./09). Relativamente alle opere fondazionali e di contenimento, non essendo note le caratteristiche tipologiche e dimensionali nonché i carichi e le forze applicate, in questa fase preliminare non sono state previste le verifiche delle condizioni di sicurezza e la valutazione delle prestazioni nelle condizioni d'esercizio del sistema costruzione-terreno, che dovranno essere valutate in apposita *relazione geotecnica sulle fondazioni* (cap. 6 delle NTC/2008 e par. 6.2.2.5 della Circ./09) dal Progettista incaricato della verifica e dimensionamento delle strutture.

Si è pertanto proceduto all'esecuzione di una serie di indagini di natura geologica e geotecnica, le risultanze delle quali sono state riportate nel presente elaborato, finalizzato alla costruzione del *modello geologico dei terreni* ricadenti nell'area d'intervento, ai sensi del paragrafo 6.2.1 del D.M. 14.01.2008 e s.m.i.

Nel terreno interessato dall'intervento è presente, allo stato attuale, un terreno agricolo leggermente ribassato rispetto le arterie viarie adiacenti (S.P. 31 Bis e via Torino).

Il progetto prevede la realizzazione di un parcheggio ad uso pubblico e privato (Dana S.r.l.) in stabilizzato.

Il presente studio è stato sviluppato 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:

- Inquadramento normativo di riferimento ed esame dell'intervento nel contesto degli strumenti di pianificazione vigenti con analisi del quadro conoscitivo esistente.
- Caratteristiche generali del progetto e suo inquadramento in ambito territoriale.
- Definizione delle caratteristiche tettonico - strutturali dell'area d'intervento.
- Definizione dei lineamenti geomorfologici della zona e analisi dei processi morfogenetici con specifico riferimento ai dissesti in atto o potenziali ed alla loro tendenza evolutiva al fine di una valutazione delle reali incidenze dell'intervento sulle condizioni di stabilità pre e post-intervento.

CRE.DANA.2018	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 4 di 37
Rev. 0 - 2018	Relazione geologica	Comune di Crescentino Elab. 1

- Definizione delle caratteristiche geologiche del sito: caratterizzazione della successione litostratigrafica del sito per un intorno areale significativo.
- Definizione della distribuzione areale e volumetrica dei litotipi e del loro stato di fratturazione e alterazione ed un primo giudizio qualitativo sulle loro caratteristiche geomeccaniche.
- Definizione delle condizioni idrogeologiche del sito, tenendo conto dello schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea, dei livelli piezometrici dell'acquifero superficiale e delle indicazioni sulla loro escursione stagionale (misurata o stimata sulla base dei valori medi conosciuti oppure derivata da dati bibliografici e/o dalle carte dello strumento urbanistico vigente).
- Risultanze delle prove ed indagini geognostiche e/o geotecniche realizzate con l'obiettivo di ricostruire le caratteristiche litostratigrafiche locali e relativa documentazione tecnica.
- Risultanze di eventuali prove ed indagini geognostiche e geotecniche eseguite in siti limitrofi o ricavate da bibliografia, particolarmente per le "zone note".
- Stima preliminare su base bibliografica della zona sismica di appartenenza.
- Valutazioni sulle problematiche sismiche locali presenti nel sito anche in riferimento agli elementi di pericolosità sismica locali e valutazione delle condizioni predisponenti per la suscettibilità a liquefazione dei terreni nei casi previsti dalla normativa vigente.
- Prescrizioni geologiche e geotecniche da seguire in fase di progettazione ed in fase esecutiva.

Le risultanze di tali indagini formano l'oggetto dei capitoli della presente relazione tecnica che si è basata in particolare:

- su rilievi geologici e morfologici di superficie e sui dati rilevati dallo scrivente durante i sopralluoghi effettuati sull'area di intervento e su un suo intorno significativo;
- sulla consultazione di cartografie geologiche e geomorfologiche specifiche riguardanti l'area in esame, quali pubblicazioni scientifiche di carattere geologico e geoidrologico e indagini tematiche di carattere tecnico professionale;
- sugli elaborati geologici in scala 1:10.000 allegati alla Variante Generale di Adeguamento al P.R.G.C.;
- su dati bibliografici presenti in letteratura e su dati a disposizione dello scrivente sull'area in esame e su terreni analoghi.

La presente indagine è eseguita ai sensi della seguente Normativa di riferimento:

- D.M. 14.01.2008 e s.m.i.
- O.P.C.M. 3274 del 20.03.2003
- D.G.R. n. 11-13058 del 19.01.2010
- L.R. n. 56 del 05.12.1977
- R.D. n. 3267 del 30.12.1923 e L.R. n. 45 del 09.08.1989
- P.A.I. - Piano per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po
- P.R.G.C. - Piano Regolatore Generale Comunale.

Preliminarmente all'esecuzione dell'indagine in sito, è stata condotta una ricerca dei dati bibliografici e della cartografia tecnica disponibili, riguardanti l'area in oggetto, degli elaborati geologico - tecnici allegati al P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po), al P.R.G.C. (Piano Regolatore Generale Comunale), al Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) ed alla Carta Geologica d'Italia nonché un'analisi delle informazioni storiche acquisite.

CRE.DANA.2018	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 5 di 37
Rev. 0 - 2018	Relazione geologica	Comune di Crescentino Elab. 1

2. CARATTERISTICHE GEOLOGICO - STRUTTURALI E GEOMORFOLOGICHE

L'area oggetto d'indagine ricade nel territorio comunale di Crescentino (VC), nella bassa pianura vercellese ai piedi della collina del Monferrato, ed è compresa nella cartografia ufficiale del Foglio n° 57 "Vercelli" della Carta Geologica d'Italia, alla scala 1:100.000.

L'espressione morfologica fondamentale del territorio di Crescentino è riconducibile all'attività deposizionale ed erosionale esplicita dal Po e dalla Dora Baltea sin dal Pleistocene, e tuttora in corso. L'interazione tra depositi e forme si è tradotta in una successione di terrazzi di accumulo caratterizzati da superfici sommitali subpianeggianti, debolmente inclinate verso Sud, poste a quote progressivamente decrescenti, la più bassa tra le quali costituisce l'ambito immediatamente perifluviale del corso d'acqua di riferimento (ossia, del Po a meridione e della Dora Baltea ad occidente). Tali superfici sono delimitate da basse scarpate, più o meno acclivi, la cui espressione morfologica risulta spesso offuscata in seguito all'acquisizione antropica dei luoghi.

Dal punto di vista geomorfologico, il territorio comunale, ubicato nella bassa pianura vercellese, ha come principale caratteristica quella di formare un ambiente pressochè omogeneo di tipo subpianeggiante, con forme legate prevalentemente allo scorrimento delle acque superficiali ed alla preponderante azione geomorfica del fiume Po e del fiume Dora Baltea.

L'alternanza di periodi di erosione e deposito, da parte del reticolato idrografico, è stata la causa principale della formazione dei suddetti terrazzamenti.

L'area in oggetto è ubicata nel settore SW del concentrico di Crescentino, ad una quota di circa m 157 s.l.m. in sinistra idrografica del fiume Po.

CRE.DANA.2018	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 6 di 37
Rev. 0 - 2018	Relazione geologica	Comune di Crescentino Elab. 1

3. PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

L'analisi della pericolosità geomorfologica nell'ambito del territorio in esame è stata effettuata tenendo presente quanto riportato negli elaborati e nella cartografia allegate al P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po), al P.R.G.C. (Piano Regolatore Generale Comunale), al Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), alla Carta Geologica d'Italia nonché le informazioni storiche acquisite.

Il prodotto di tali studi è rappresentato da una serie di carte tematiche a livello comunale (Variante di adeguamento PAI al P.R.G.C.) riguardanti le diverse problematiche (susceptività al dissesto, fasce di inondabilità etc.), e da una Normativa Generale, che regola le possibilità di intervento antropico all'interno delle classi in cui è stato suddiviso il territorio.

Nella "*Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'utilizzazione ai fini urbanistici*", alla scala 1:10.000, allegata al P.R.G.C., l'area in oggetto ricade in un settore classificato come **Classe II**: "*Porzioni di territorio caratterizzate da condizioni di moderata pericolosità geologica Settori con moderate limitazioni urbanistiche Ai sensi della Circolare P.G.R. 7/LAP la Classe II si riferisce a "Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione e il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di norme di attuazione, ispirate al D.M. 11/3/1988 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo. Tali interventi non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionarne la promozione all'edificabilità"*.

Nello specifico, l'area interessata dal progetto rientra nella **Sottoclasse II3**: "*Comprende le aree soggette a diffusione di acque a bassa energia e battente ordinariamente non superiore ai 40 cm, per effetto di processi legati alle caratteristiche del drenaggio superficiale, anche in relazione all'innalzamento della falda freatica. Ogni nuovo intervento deve essere preceduto da un'indagine geologico-tecnica, come previsto dal D.M. 14/01/2008 e dal D.M. 11/03/1988, indirizzata all'accertamento delle criticità locali legate alle condizioni di allagabilità con particolare riferimento a situazioni documentate in occasione di eventi pregressi e alla individuazione di soluzioni tecniche estese al livello del singolo lotto per il superamento della criticità individuata. Non è ammessa la realizzazione di piani interrati."*

Dal punto di vista del *rischio geomorfologico*, l'analisi della cartografia tematica e le indagini svolte non hanno evidenziato al momento dell'indagine, la presenza di processi di instabilità in atto o potenziali che coinvolgano direttamente il lotto d'intervento; si è inoltre verificato come i manufatti presenti nell'area in esame, e nel suo intorno, non manifestino lesioni significative e come la presenza di piccole lesioni in alcune strutture sia, con tutta probabilità, attribuibile ad assestamenti strutturali degli edifici stessi. Alla luce di quanto esposto, l'area in oggetto è da ritenersi complessivamente stabile, escludendo, al momento dell'indagine, fenomeni morfogenici dissestivi in atto o potenziali di particolare entità.

Dal punto di vista del *rischio idraulico*, le indagini svolte, le informazioni storiche acquisite, nonché l'analisi della cartografia di P.R.G.C. (Carta dei dissesti), hanno evidenziato il potenziale verificarsi di fenomeni di esondazione per piene ordinarie e straordinarie di corsi d'acqua principali (fiume Po), minori od artificiali che potrebbero coinvolgere la zona indagata. In particolare, il settore in esame ricade all'interno della Fascia Fluviale C del fiume Po individuata nella cartografia del Piano d'Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI).

Alla luce delle potenziale direzioni di deflusso delle acque di piena (da SW a NE), in occasione di potenziali eventi alluvionali in seguito ad una eventuale rottura o sormonto delle opere arginali (tali eventi sono stati scongiurati dalla realizzazione delle recenti opere di arginatura già collaudate), gli interventi in progetto, alla luce del ridotto tirante idrico verificabile, comporterà un volume d'interferenza tale da non creare, alla luce della situazione idraulica di Crescentino in concomitanza di un evento alluvionale, interferenze negative con le condizioni di deflusso della

CRE.DANA.2018	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 7 di 37
Rev. 0 - 2018	Relazione geologica	Comune di Crescentino Elab. 1

piena, tali da poter giustificare l'instaurarsi di un potenziale rischio idraulico per le costruzioni circostanti e per quelle in progetto.

Gli interventi in progetto, all'interno di un contesto già antropizzato, non aumenteranno in alcun modo il livello di rischio idraulico ed idrogeologico dell'area.

Il lotto d'intervento rientra quindi in un settore del territorio piemontese fortemente soggetto a fenomeni alluvionali sia ordinari che eccezionali anche di elevata intensità. Va ricordato, infatti, che precipitazioni di particolare durata ed elevata intensità hanno colpito, in particolare nei giorni 13 e 16 ottobre 2000, vaste aree del Piemonte con danni diffusi e gravissimi su non meno del 25% del territorio regionale compreso il capoluogo Torino, coinvolto in modo sensibile da processi lungo il reticolato idrografico.

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).

4. CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE

Il territorio comunale è composto, dal punto di vista litostratigrafico, da una successione continentale di ambiente fluviale e fluvio-lacustre di età Plio-Pleistocenica posta al di sopra di una sequenza marina terziaria del bacino del Monferrato,.

Su tutti i termini della serie marina (substrato terziario) giacciono, infatti, numerose unità litostratigrafiche, molto simili tra loro per le seguenti caratteristiche:

- origine in massima parte fluviale (spesso fluvio-glaciale);
- litologia generalmente ghiaioso-sabbiosa, localmente limosa;
- spessore di regola dell'ordine di alcuni metri (10-15 metri).

La loro genesi è legata a una complicata alternanza di eventi deposizionali ed erosivi che hanno dato origine a vistosi ed estesi fenomeni di terrazzamento, con conseguente complessità dei rapporti stratigrafici tra le varie unità e con lo sviluppo di particolari pedogenesi in corrispondenza delle lacune di sedimentazione e sulle superfici terrazzate.

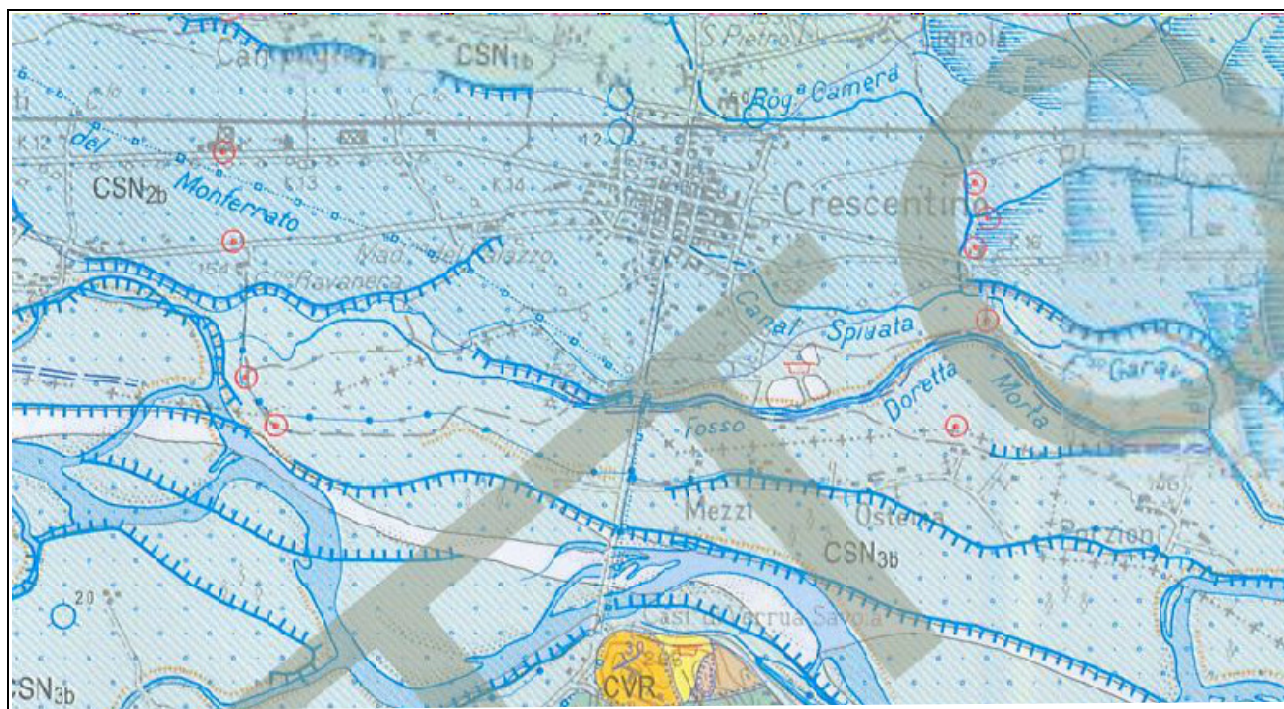
Dal punto di vista geolitologico, in base al rilievo effettuato ed a quanto riportato sul Foglio n° 57 "Vercelli" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, i terreni presenti nell'area d'indagine e nel suo intorno sono di origine fluviale ed appartengono alla formazione delle *"Alluvioni ghiaioso - sabbiose, da grossolane a minute, localmente con lenti argillose, con debole strato di alterazione rossastro, talora terrazzate (fgw)"*, poste immediatamente a Nord della formazione fluvio-glaciale e fluviale costituita dalle *"Alluvioni prevalentemente ghiaiose e ghiaioso - sabbiose, con lenti argillose, degli alvei abbandonati dei fiumi principali, esondati in periodo storico ed ancora attualmente esondabili (a2)"*,



Estratto dal F. n. 57 "Vercelli" della C.G.I alla scala 1/100.000

Nel più recente Foglio n° 157 "Trino" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, i terreni presenti nell'area d'indagine e nel suo intorno, appartengono al *Sistema di Palazzolo*, costituito da tre unità alluvionali denominate, da quella più esterna ed antica a quella più interna e recente, Subsistema di Trino (CSN1b), Subsistema di Crescentino (CSN2b) e Subsistema di Ghiaia Grande (CSN3b).

Più precisamente l'area d'intervento ricade all'interno del Subsistema di Crescentino (CSN2b).

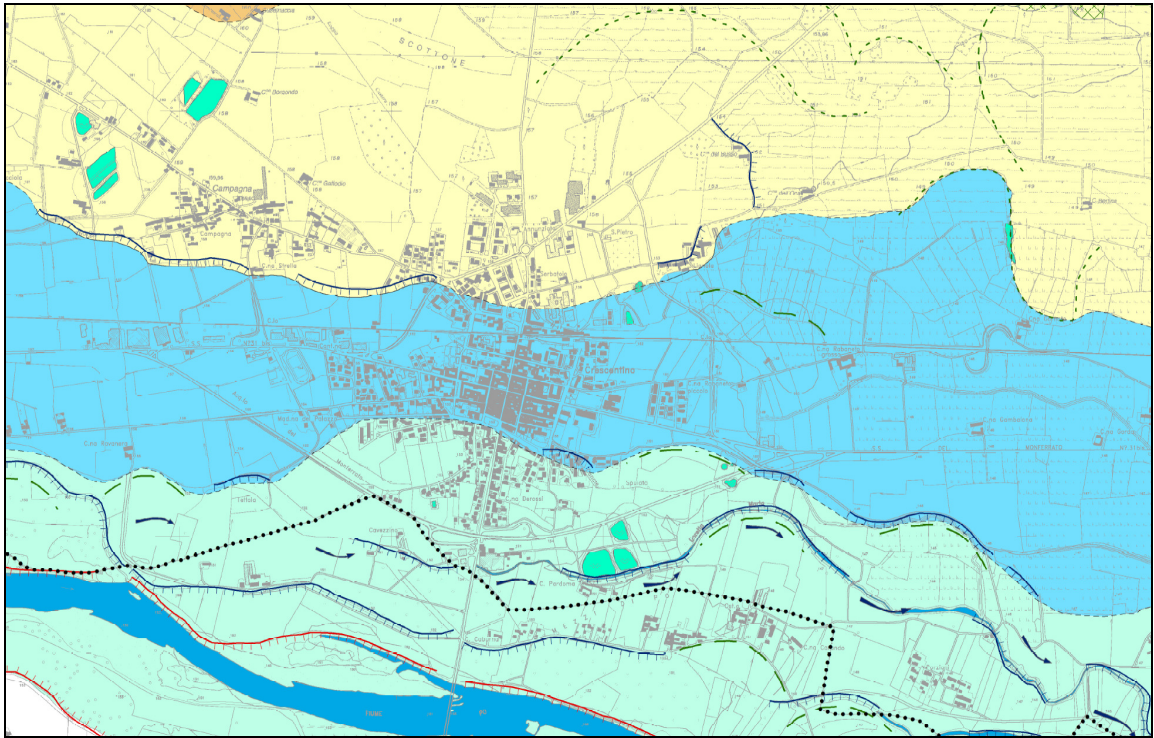


Estratto dal F. n. 157 "Trino" della nuova carta geologica in scala 1/50.000

I depositi del "Subsistema di Crescentino" costituiscono una fascia irregolare, ma pressoché continua a Nord del Po tra Crescentino e Trino, mentre a Sud affiorano solo nell'area di Monte da Po e Brusasco. Sono costituiti da ghiaie e ghiaie sabbiose da poco a moderatamente classate, con struttura clast-supported e stratificazione mal espressa, a debole grado di alterazione pedogenetica e copertura limosa continua. Essi poggiano, tramite una netta superficie di erosione posta a profondità variabile tra 5 e 15 m, sull'estesa platea sepolta già citata. L'espressione morfologica dell'unità è rappresentata da estese superfici subpianeggianti sospese di 2÷4 m sull'unità di Ghiaia Grande, con locali blande ondulazioni e depressioni allungate ad andamento sinuoso evidenzianti alvei abbandonati. In base al grado di alterazione pedogenetica ed ai rapporti con le altre unità, questi depositi possono essere riferiti ad un intervallo cronologico compreso tra il Pleistocene sup. e l'Olocene.

Sulle ghiaie poggia, con netto contatto erosivo, una coltre pressoché continua di sabbie e sabbie siltose, non superiore ai 2÷3 m, sovente a laminazione piano-parallela o incrociata, legate ai fenomeni di esondazione dell'attuale corso d'acqua. La superficie di appoggio basale dell'unità, netta ed erosiva, è ubicata a profondità comprese tra 5 e 15 m dal piano campagna ed è modellata sul substrato pre-pliocenico. Tale superficie è osservabile nell'alveo del Po a valle della traversa di derivazione della ex centrale "E. Fermi" di Trino, dove l'approfondimento del corso d'acqua ha messo in luce per alcune centinaia di metri una successione di banchi di calcari marnosi grigio-azzurrognoli alternati ad argille grigie riferibili alla Formazione di Casale Monferrato. La superficie limite superiore dell'unità coincide con l'attuale superficie topografica, la cui continuità laterale è interrotta dall'alveo del F. Po, incassato di circa 4÷5 m entro i propri depositi. Localmente sono presenti scarpate di erosione alte non più di qualche metro e depressioni allungate, larghe decine o centinaia di metri, che corrispondono ad antichi tracciati fluviali riattivabili in occasione dei maggiori eventi di piena. In base al grado di alterazione pedogenetica ed ai rapporti con le altre unità, questi depositi possono essere riferiti ad un intervallo cronologico compreso tra l'Olocene e l'Attuale.

Nella “Carta geologica”, alla scala 1:10.000, allegata al vigente P.R.G.C. del Comune di Crescentino i terreni presenti nell'area d'indagine e nel suo intorno appartengono al Subsistema di Crescentino, confermando quanto riportato nella carta geologica del CARG.



Estratto dalla “carta geologica” del P.R.G.C. in scala 1/10.000

Di seguito si riporta la stratigrafia emersa da un sondaggio geognostico eseguito in prossimità del lotto d'intervento (m 100 circa in direzione W lungo la S.P. 131 Bis).

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
102277	1.00	terreno vegetale
102277	16.20	sabbia ghiaia e ciottoli
102277	16.70	ciottoli e ghiaia
102277	22.50	sabbia ghiaia e ciottoli
102277	23.60	ghiaia in matrice sabbiosa
102277	24.40	sabbia grossolana e ghiaia
102277	29.00	limo con sabbia grossolana
102277	32.50	sabbia grossolana e ghiaia
102277	38.00	limo sabbioso con tracce di calcare
102277	54.70	limo sabbioso
102277	59.60	sabbia fine limosa
102277	62.00	limo compatto
102277	68.00	limo sabbioso
102277	68.80	sabbia fine limosa
102277	75.40	limo sabbioso
102277	76.50	sabbia fine limosa

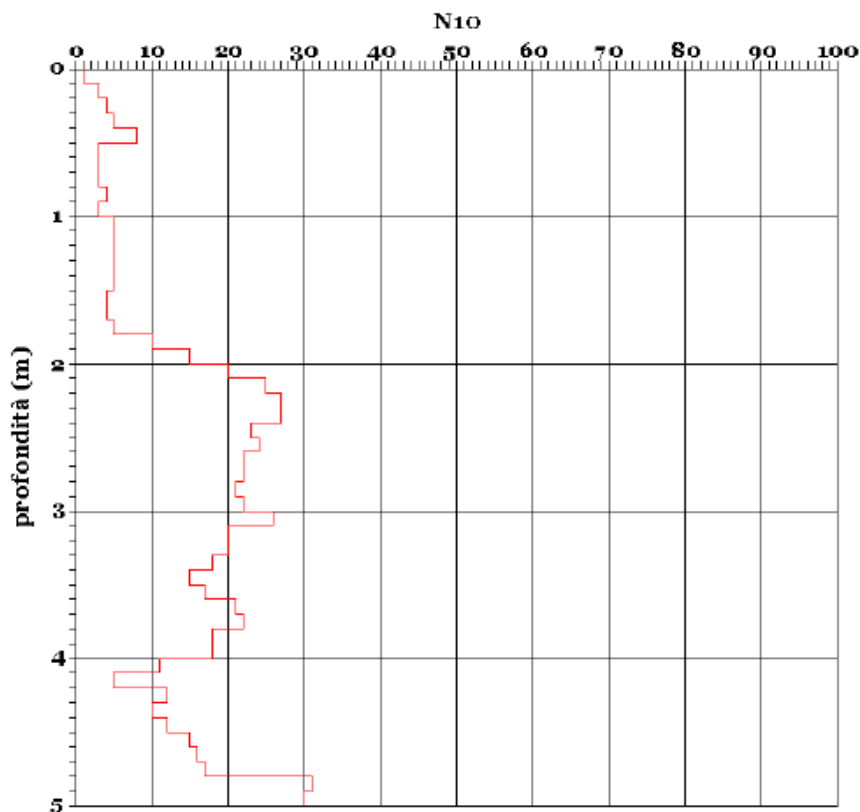
102277	77.00	limo sabbioso
102277	77.90	sabbia fine limosa
102277	78.50	non definita
102277	80.10	limo sabbioso
102277	81.20	sabbia fine limosa
102277	88.50	limo sabbioso con calcare
102277	89.50	sabbia medio fine e limo
102277	90.30	sabbia fine limosa
102277	93.50	limo sabbioso
102277	96.30	sabbia fine limosa
102277	96.40	legno e sabbia medio fine
102277	97.80	sabbia fine limosa
102277	99.30	limo sabbioso con calcare
102277	101.55	sabbia fine limosa
102277	101.95	legno e sabbia fine limosa
102277	102.50	sabbia fine limosa
102277	120.00	limo sabbioso con calcare
102277	142.00	limo sabbioso
102277	143.20	sabbia limosa
102277	165.40	limo sabbioso
102277	166.70	sabbia fine
102277	166.90	sabbia fine e legno
102277	175.40	sabbia limosa
102277	187.60	limo sabbioso
102277	188.20	sabbia fine limosa
102277	201.10	limo sabbioso

5. RISULTANZE DELLE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

5.1 Premessa

Le indagini eseguite sono consistite nell'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche, utilizzando un penetrometro dinamico medio Pagani (DPM30), che consente di indagare i tipi litologici presenti nel sottosuolo, differenziandoli in base al numero di colpi necessari per far avanzare l'asta posta all'estremità dello strumento per una lunghezza stabilita (CESTARI, 2005). In particolare la metodologia utilizzata dal penetrometro impiegato per l'esecuzione delle prove consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica (con angolo di apertura pari a 60°) posta all'estremità di un'asta di acciaio (avente diametro esterno massimo pari a 20 mm), prolungabile con l'aggiunta di aste successive. L'infissione avviene per battitura facendo cadere sulla sommità delle aste, da un'altezza costante pari a 20 cm, un maglio di peso pari a 30 chili.

I risultati delle prove penetrometriche dinamiche vengono generalmente presentati come numero di colpi per 10 cm di penetrazione (N10) in funzione della profondità; i valori standard dovrebbero essere compresi entro il campo $3 < N10 < 50$. Il rapporto di prova consiste in una rappresentazione sia numerica (tabulato della prova) che grafica (grafico della prova); quest'ultima a mezzo di una linea segmentata all'interno di un campo cartesiano in cui compaiono il numero di colpi N10 in ascissa e la profondità in ordinata, come mostrato nella figura seguente:



L'elaborazione dei dati ottenuti in seguito alle suddette prove ha portato alla visualizzazione, sia sotto forma di diagramma che di tabella, del numero dei colpi (N) di penetrazione della punta (avanzamento) e della resistenza dinamica alla punta stessa (Rpd), entrambi in rapporto alla profondità.

L'Rpd risulta correlata al numero dei colpi secondo la Formula Olandese, qui di seguito enunciata:

$$Rpd = M^2H/[Ae(M+P)] = M^2HN/[Ad(M+P)]$$

dove:

Rpd	resistenza dinamica alla punta [area A]	
M	peso della massa battente	30 Kg
E	infissione per colpo	d/N
P	peso totale delle aste del sistema battuta	(dipende dal numero di aste utilizzate durante l'esecuzione prova)
d	avanzamento punta	10 cm
H	altezza di caduta libera	0,2 m
N	N° di colpi punta relativo ad un avanzamento di 10 cm	
A	area base punta conica	10 cm

E' stata poi eseguita una elaborazione statistica delle prove penetrometriche dinamiche effettuate (valori medi, minimi, massimi, scarto quadratico medio, etc.), che ha permesso una correlazione dei valori di N penetrometrico con i corrispondenti valori di N_{spt}. Questi ultimi risultano essere più facilmente interpretabili, essendo disponibile una notevole e specifica bibliografia relativa ad essi. Poiché non esiste una standardizzazione delle procedure di esecuzione di tali prove, i valori sono stati convertiti in valori equivalenti di SPT, attraverso un coefficiente di correlazione fornito dai produttori della strumentazione penetrometrica utilizzata. Tale coefficiente, definito β_t (Coefficiente Teorico di Energia), viene calcolato nel seguente modo:

$$\beta_t = Q/Q_{spt} = 0,77$$

dove:

Q _{spt}	7,83 Kg/cm ³ (ottenuto dai valori di letteratura)
------------------	--

Un'ulteriore e più approfondita elaborazione ha permesso la stesura delle tavole d'interpretazione geotecnica delle prove effettuate, indicante, dopo una preliminare differenziazione a seconda della natura granulare o coesiva del terreno in esame, i valori dei principali parametri, definiti per ogni differente strato, dedotti da note correlazioni con quelli del numero dei colpi (N) di penetrazione della punta (avanzamento).

Si rappresenta che i valori di seguito riportati sono stati ricavati mediando i valori ottenuti dall'elaborazione delle prove di profondità all'interno degli stessi livelli, ed escludendo quei valori che si discostavano eccessivamente dalla media di ogni singolo strato.

Al fine di valutare le caratteristiche geotecniche dei materiali presenti nel sottosuolo è opportuno correlare i valori ricavati dall'esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche (N₁₀) con i valori NSPT (*Standard Penetration Test*), poiché la ricca letteratura geotecnica e le numerose correlazioni esistenti (e internazionalmente riconosciute valide) per la definizione dei parametri geotecnici dei terreni si riferiscono a questi ultimi. VANNELLI & BENASSI (1983) hanno confrontato alcuni valori di N₁₀, ottenuti con il penetrometro 30/20, con i risultati di prove SPT (NSPT) ottenuti in sondaggi realizzati nei medesimi materiali a medesimi intervalli di profondità ed hanno fornito le seguenti correlazioni (si specifica che le relazioni riportate sono da considerarsi indicative in quanto non è possibile normalizzare i risultati poiché essi dipendono dal rendimento dei dispositivi di battitura, che risultano variabili da prova a prova):

$$\text{TERRENI PREVALENTEMENTE COESIVI:} \left\{ \begin{array}{l} N_{\text{SPT}} \leq \frac{N_{10}}{0.7 + 0.8} \text{ per } 8 \leq N_{10} \leq 14 \\ N_{\text{SPT}} \leq \frac{N_{10}}{0.8 + 1.0} \text{ per } 14 \leq N_{10} \leq 18 \end{array} \right.$$

$$\text{TERRENI PREVALENTEMENTE GRANULARI:} \left\{ \begin{array}{l} N_{\text{SPT}} \leq \frac{N_{10}}{0.95 + 1.0} \text{ per } 8 \leq N_{10} \leq 15 \\ N_{\text{SPT}} \leq \frac{N_{10}}{1.0 + 1.2} \text{ per } 15 \leq N_{10} \leq 30 \end{array} \right.$$

Correlando i dati ricavati dalle prove con la capacità portante della fondazione, è possibile ottenere rapidamente un'indicazione di massima preliminare (ai sensi dell'ex D.M. 11.03.1988) dei carichi che il terreno può tollerare. In ogni caso si dovrà obbligatoriamente verificare in seguito la validità di quest'indicazione con i metodi analitici, più completi ed attendibili. I seguenti valori di pressione ammissibile (ottenuti con la Formula Olandesi ipotizzando una fondazione ipotetica tipo di m 1x1x1), sono da considerarsi in ogni caso puramente indicativi, non essendo note con precisione le dimensioni e la tipologia corrette delle opere fondazionali, che dovranno essere definite e dimensionate dal Tecnico Progettista preliminarmente alla fase esecutiva di ogni intervento.

5.2 Risultanze delle indagini eseguite

L'elaborazione delle risultanze delle prove ha consentito di ottenere una stima preliminare dei parametri geotecnici indicativi dei litotipi presenti nell'area d'indagine ottenuta mediante l'elaborazione delle risultanze di n. 3 prove penetrometriche dinamiche eseguite nell'area d'intervento e spinte fino a rifiuto (N = 50 colpi). Di seguito si riportano le risultanze di tali prove.

PROVA P1

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova

DPM (DL030 10) (Medium)
 06/03/2018
 2,50 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	2	0,857	5,72	6,68	0,29	0,33
0,20	3	0,855	8,56	10,02	0,43	0,50
0,30	3	0,853	8,54	10,02	0,43	0,50
0,40	4	0,851	11,36	13,36	0,57	0,67
0,50	12	0,849	34,02	40,07	1,70	2,00
0,60	10	0,847	28,29	33,40	1,41	1,67
0,70	10	0,845	28,22	33,40	1,41	1,67
0,80	11	0,843	30,98	36,73	1,55	1,84
0,90	10	0,842	26,67	31,69	1,33	1,58
1,00	10	0,840	26,61	31,69	1,33	1,58
1,10	12	0,838	31,87	38,03	1,59	1,90
1,20	15	0,786	37,38	47,54	1,87	2,38
1,30	21	0,735	48,88	66,55	2,44	3,33
1,40	22	0,733	51,09	69,72	2,55	3,49
1,50	27	0,731	62,56	85,56	3,13	4,28
1,60	28	0,730	64,74	88,73	3,24	4,44
1,70	29	0,728	66,90	91,90	3,34	4,60
1,80	31	0,676	66,44	98,24	3,32	4,91
1,90	32	0,675	65,10	96,48	3,26	4,82

2,00	30	0,723	65,41	90,45	3,27	4,52
2,10	34	0,672	68,85	102,51	3,44	5,13
2,20	32	0,670	64,66	96,48	3,23	4,82
2,30	33	0,669	66,53	99,50	3,33	4,97
2,40	35	0,667	70,40	105,53	3,52	5,28
2,50	50	0,616	92,82	150,75	4,64	7,54

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P1

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato 1	2	0,40	2	Owasaki & Iwasaki	21,32
[2] - Strato 2	17	2,50	17	Owasaki & Iwasaki	33,44

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
[1] - Strato 1	2	0,40	2	Menzenbach e Malcev	59,68
[2] - Strato 2	17	2,50	17	Menzenbach e Malcev	222,28

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato 1	2	0,40	2	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - Strato 2	17	2,50	17	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
[1] - Strato 1	2	0,40	2	Meyerhof ed altri	1,40
[2] - Strato 2	17	2,50	17	Meyerhof ed altri	1,93

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
[1] - Strato 1	2	0,40	2	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
[2] - Strato 2	17	2,50	17	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,96

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato 1	2	0,40	2	(A.G.I.)	0,35
[2] - Strato 2	17	2,50	17	(A.G.I.)	0,32

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Strato 1	2	0,40	2	Navfac 1971-1982	0,27
[2] - Strato 2	17	2,50	17	Navfac 1971-1982	3,51

PROVA P2

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova

DPM (DL030 10) (Medium)
 06/03/2018
 1,90 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	2	0,857	5,72	6,68	0,29	0,33
0,20	2	0,855	5,71	6,68	0,29	0,33
0,30	2	0,853	5,70	6,68	0,28	0,33
0,40	6	0,851	17,05	20,04	0,85	1,00
0,50	12	0,849	34,02	40,07	1,70	2,00
0,60	19	0,797	50,57	63,45	2,53	3,17
0,70	26	0,745	64,70	86,83	3,24	4,34
0,80	25	0,743	62,06	83,49	3,10	4,17
0,90	27	0,742	63,45	85,56	3,17	4,28
1,00	24	0,740	56,26	76,06	2,81	3,80
1,10	35	0,688	76,31	110,92	3,82	5,55
1,20	32	0,686	69,59	101,41	3,48	5,07
1,30	37	0,685	80,27	117,25	4,01	5,86
1,40	32	0,683	69,25	101,41	3,46	5,07
1,50	33	0,681	71,24	104,58	3,56	5,23
1,60	35	0,680	75,37	110,92	3,77	5,55
1,70	34	0,678	73,04	107,75	3,65	5,39
1,80	37	0,676	79,30	117,25	3,97	5,86
1,90	50	0,625	94,18	150,75	4,71	7,54

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P2

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato 1	2	0,40	2	Owasaki & Iwasaki	21,32
[2] - Strato 2	22	1,90	22	Owasaki & Iwasaki	35,98

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
[1] - Strato 1	2	0,40	2	Menzenbach e Malcev	59,68
[2] - Strato 2	22	1,90	22	Menzenbach e Malcev	276,48

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato 1	2	0,40	2	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - Strato 2	22	1,90	22	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato	Nspt corretto per	Correlazione	Gamma
-------------	------	--------------	-------------------	--------------	-------

		(m)	presenza falda		(t/m ³)
[1] - Strato 1	2	0,40	2	Meyerhof ed altri	1,40
[2] - Strato 2	22	1,90	22	Meyerhof ed altri	2,03

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
[1] - Strato 1	2	0,40	2	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
[2] - Strato 2	22	1,90	22	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,44

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato 1	2	0,40	2	(A.G.I.)	0,35
[2] - Strato 2	22	1,90	22	(A.G.I.)	0,31

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Strato 1	2	0,40	2	Navfac 1971-1982	0,27
[2] - Strato 2	22	1,90	22	Navfac 1971-1982	4,39

PROVA P3

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova

DPM (DL030 10) (Medium)
 06/03/2018
 1,80 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	1	0,857	2,86	3,34	0,14	0,17
0,20	2	0,855	5,71	6,68	0,29	0,33
0,30	5	0,853	14,24	16,70	0,71	0,83
0,40	5	0,851	14,21	16,70	0,71	0,83
0,50	15	0,799	40,02	50,09	2,00	2,50
0,60	24	0,747	59,87	80,15	2,99	4,01
0,70	29	0,745	72,17	96,85	3,61	4,84
0,80	32	0,693	74,09	106,86	3,70	5,34
0,90	34	0,692	74,51	107,75	3,73	5,39
1,00	39	0,640	79,07	123,59	3,95	6,18
1,10	32	0,688	69,77	101,41	3,49	5,07
1,20	35	0,686	76,12	110,92	3,81	5,55
1,30	29	0,735	67,51	91,90	3,38	4,60
1,40	39	0,633	78,22	123,59	3,91	6,18
1,50	34	0,681	73,40	107,75	3,67	5,39
1,60	36	0,680	77,53	114,08	3,88	5,70
1,70	38	0,678	81,64	120,42	4,08	6,02
1,80	50	0,626	99,24	158,45	4,96	7,92

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P3

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato 1	2	0,40	2	Owasaki & Iwasaki	21,32
[2] - Strato 2	25	1,80	25	Owasaki & Iwasaki	37,36

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
[1] - Strato 1	2	0,40	2	Menzenbach e Malcev	59,68
[2] - Strato 2	25	1,80	25	Menzenbach e Malcev	309,00

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato 1	2	0,40	2	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - Strato 2	25	1,80	25	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
[1] - Strato 1	2	0,40	2	Meyerhof ed altri	1,40
[2] - Strato 2	25	1,80	25	Meyerhof ed altri	2,08

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
[1] - Strato 1	2	0,40	2	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
[2] - Strato 2	25	1,80	25	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato 1	2	0,40	2	(A.G.I.)	0,35
[2] - Strato 2	25	1,80	25	(A.G.I.)	0,3

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Strato 1	2	0,40	2	Navfac 1971-1982	0,27
[2] - Strato 2	25	1,80	25	Navfac 1971-1982	4,88

6. CARATTERISTICHE SISMICHE

6.1 Introduzione

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 generalmente lungo due direttrici:

- una segue la direzione dell'Arco Alpino occidentale nella sua parte interna, in corrispondenza del massimo gradiente orizzontale della gravità;
- l'altra, 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.

Con l'Ordinanza 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e la successiva Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006, venivano individuate 4 zone (zona 1, zona 2, zona 3, zona 4) sulla base dei 4 valori di accelerazione orizzontale (ag/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico indicati nelle Norme Tecniche (allegati 2, 3, 4). In prima applicazione, sino alle deliberazioni delle Regioni, le zone sismiche sono state individuate sulla base dei documenti da cui ha tratto origine la "Proposta di riclassificazione 1998", come da prospetto seguente (categorie/zone a pericolosità decrescente):

Categoria sismica secondo la proposta di riclassificazione del GdL del 1998	Zona sismica ai sensi dell'Ordinanza 3274 del P.C.M. del 20 marzo 2003
I	1
II	2
III	3
N.C.	4

Secondo l'ordinanza 3274 della Presidenza del Consiglio dei Ministri, venivano individuati, come detto, nelle "norme tecniche", 4 valori di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Ag/g). Ciascuna zona è quindi individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (Ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (Ag/g).

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [Ag/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [Ag/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15 – 0,25	0,25
3	0,05 – 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

Il Comune interessato dall'intervento in progetto, in base alla Deliberazione della Giunta Regionale 19 gennaio 2010, n. 11-13058 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)", valida a partire dal 1° gennaio 2012, è inserito nella classificazione sismica dei Comuni italiani in **zona 4**.

Nel seguito si riportano indicazioni tratte dalle linee guida dell'Associazione Geotecnica Italiana, dal D.M. 14/01/2008 *Norme tecniche per le costruzioni* e dalla Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 *Istruzioni per l'applicazione delle «nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008* del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

6.2 Categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione

Con il nuovo D.M. delle Infrastrutture 14.01.2008, punto 3.2.2 “Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche”, vengono definite le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (Tabella 3.2.II - le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni superficiali, oppure alla quota di testa dei pali nel caso di fondazioni speciali):

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, 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> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $C_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $C_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s).

In aggiunta a queste categorie, se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare (Tabella 3.2.III):

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < C_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Il terreno indagato è classificabile in via preliminare, secondo lo schema presente nel D.M. 14.01.2008, come suolo appartenente alla **categoria C**. Si rappresenta che l'esatta categoria di sottosuolo potrà essere individuata unicamente in seguito ad una specifica indagine diretta od indiretta di tipo sismico.

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 O_{Fo} e T_c^* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V del D.M., nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo T_c^* è espresso in secondi.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

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

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_o 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.

Per ciascun nodo del *reticolo di riferimento* e per ciascuno dei periodi di ritorno T_r considerati dalla *pericolosità sismica*, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

- a_g il valore previsto dalla *pericolosità sismica*;
- F_o e T_c^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla *pericolosità sismica* (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

6.3 Amplificazione stratigrafica

Sempre in merito alle indicazioni fornite nel suddetto punto 3.2.2 del D.M. 14.01.2008, si rappresenta che la risposta sismica locale di un sito, oltre che dalle caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo, dipende anche dalla conformazione morfologica dei luoghi. Pertanto, qualora le caratteristiche topografiche dei luoghi non risultino particolarmente complesse (caso nel quale è necessario prevedere una modellizzazione particolare del sito, necessaria per identificare correttamente le caratteristiche di risposta sismica locale), vengono individuate 4 diverse categorie topografiche, rappresentative di altrettante configurazioni superficiali semplici, riportate nella successiva tabella.

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

Come riportato nel Decreto, le su esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di m 30.

L'area d'intervento, secondo quanto verificato dai rilevamenti eseguiti in sito, ricade in una categoria topografica **T1**.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". Ciò comporta delle non trascurabili differenze nel calcolo dell'accelerazione sismica di base rispetto alle precedenti normative. Ai fini della stima dell'azione sismica di progetto relativa al sito ubicato nel territorio comunale in oggetto, con le precedenti normative in campo antisismico, applicando il criterio "zona dipendente" avremmo potuto stimare l'accelerazione di base (senza considerare l'incremento dovuto ad effetti locali dei terreni) in maniera automatica, poiché essa sarebbe stata direttamente correlata alla Zona sismica di appartenenza del Comune. Pertanto (secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14 gennaio 2008) la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le coordinate geografiche (o l'indirizzo ove disponibile), riportate nel reticolo di riferimento.

Ai fini della determinazione della pericolosità sismica il primo passo consiste nella determinazione di a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido). Per

CRE.DANA.2018	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 22 di 37
Rev. 0 - 2018	Relazione geologica	Comune di Crescentino Elab. 1

tale determinazione è necessario conoscere, come anticipato, le coordinate geografiche dell'opera da verificare. Si determina, quindi, la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal Ministero determinando così i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

Per effetto delle modifiche e degli aggiornamenti introdotti dal D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC), con la relativa Circolare esplicativa del Consiglio Superiore LL.PP. 02.02.2009, n. 617: "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008" (G.U. n. 47 del 26.02.2009), l'azione sismica viene ora valutata in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido a superficie orizzontale, procedendo all'analisi sito per sito e costruzione per costruzione, e non più riferendosi ad una zona sismica territorialmente coincidente con singole entità amministrative, ad un'unica forma spettrale e ad un periodo di ritorno prefissato ed uguale per tutte le costruzioni, come avveniva invece in precedenza.

Diversamente dalle 4 zone previste in precedenza, la pericolosità sismica di un sito è ora descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Nelle NTC tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato "periodo di riferimento" (VR) e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" (PvR).

6.4 Stati limite di riferimento

Ai sensi del par. 3.2.1. delle NTC, 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 compromettere 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%

Come specificato nella relativa Circolare esplicativa del Consiglio Superiore LL.PP. 02.02.2009, n. 617: "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008" (G.U. n. 47 del 26.02.2009), le modifiche apportate dalle NTC alle precedenti disposizioni, definite in un quadro operativo finalizzato a sfruttare al meglio la puntuale definizione della pericolosità di cui si dispone, hanno portato a fare riferimento a 4 stati limite per l'azione sismica.

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.

6.5 Parametri sismici di riferimento

Di seguito si riportano i parametri sismici di riferimento validi per il sito in esame:

latitudine: 45,194211
longitudine: 8,083526
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 13132	Lat: 45,2110	Lon: 8,0283	Distanza: 4713,106
Sito 2	ID: 13133	Lat: 45,2142	Lon: 8,0990	Distanza: 2526,884
Sito 3	ID: 13355	Lat: 45,1643	Lon: 8,1035	Distanza: 3679,356
Sito 4	ID: 13354	Lat: 45,1611	Lon: 8,0328	Distanza: 5421,496

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu:	1
Operatività (SLO):	
Probabilità di superamento:	81 %
Tr:	30 [anni]
ag:	0,016 g
Fo:	2,610
Tc*:	0,162 [s]
Danno (SLD):	
Probabilità di superamento:	63 %
Tr:	50 [anni]
ag:	0,020 g
Fo:	2,584
Tc*:	0,170 [s]
Salvaguardia della vita (SLV):	
Probabilità di superamento:	10 %
Tr:	475 [anni]
ag:	0,038 g
Fo:	2,659
Tc*:	0,264 [s]
Prevenzione dal collasso (SLC):	
Probabilità di superamento:	5 %
Tr:	975 [anni]
ag:	0,045 g
Fo:	2,665
Tc*:	0,293 [s]

Coefficienti Sismici

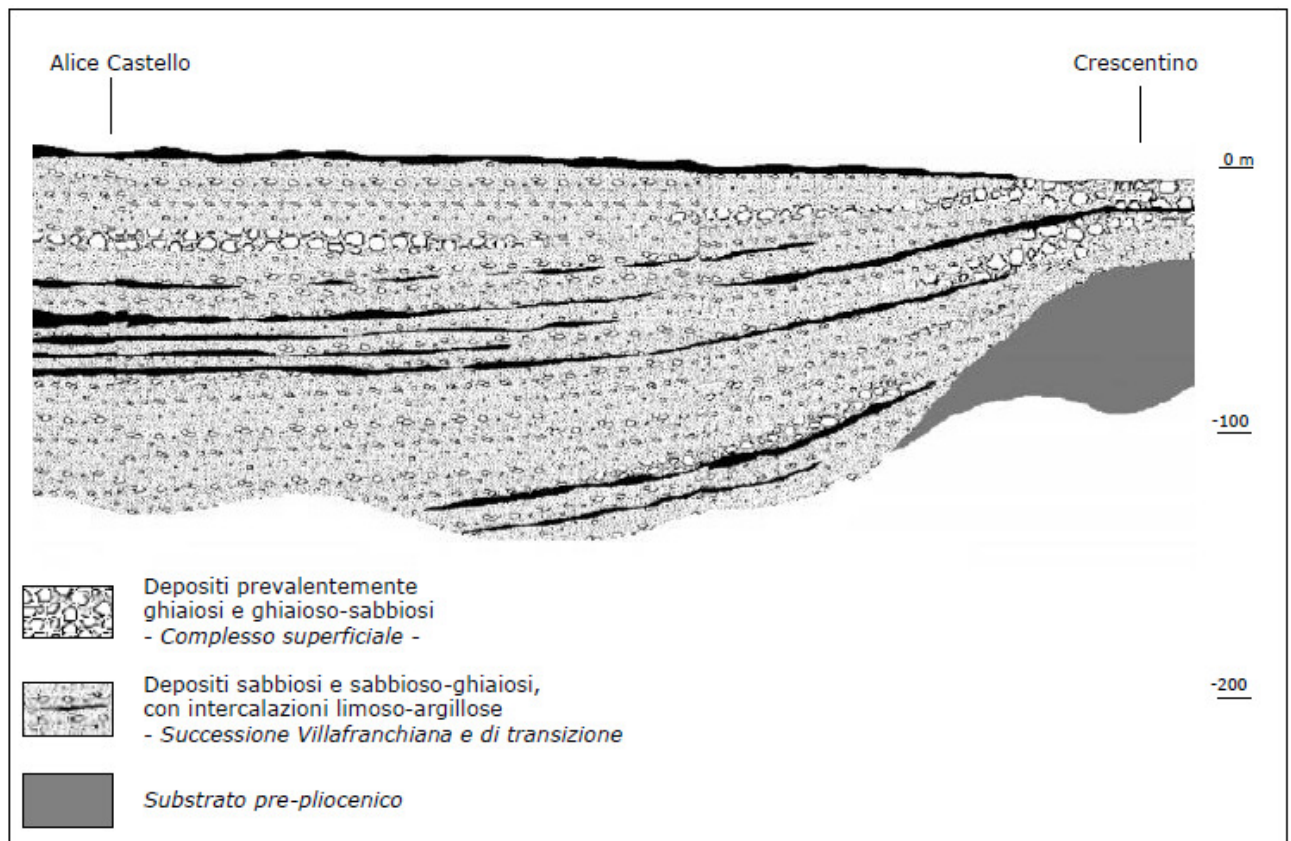
SLO:	
Ss:	1,500
Cc:	1,920
St:	1,000
Kh:	0,011
Kv:	0,006
Amax:	0,600
Beta:	0,180
SLD:	
Ss:	1,500
Cc:	1,880
St:	1,000
Kh:	0,011
Kv:	0,006
Amax:	0,600
Beta:	0,180
SLV:	
Ss:	1,500
Cc:	1,630
St:	1,000
Kh:	0,011
Kv:	0,006
Amax:	0,600
Beta:	0,180
SLC:	
Ss:	1,500
Cc:	1,570
St:	1,000
Kh:	0,011
Kv:	0,006
Amax:	0,600
Beta:	0,180

7. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE, IDROLOGICHE E IDROGRAFICHE

7.1 Caratteristiche idrogeologiche

La pianura vercellese è caratterizzata dalla presenza di un materasso alluvionale superficiale avente caratteristiche geoidrologiche tali da renderlo un acquifero sede di falda libera. Tale struttura presenta potenze più rilevanti nel settore centromeridionale della pianura, per ridursi drasticamente, in ambito locale, in corrispondenza del bordo monferrino, laddove situazioni geologico-strutturali determinano il sub-affioramento del substrato terziario.

La superficie basale di tale acquifero si colloca prevalentemente nell'intervallo di profondità tra m 25 - 50 con valori progressivamente superiori verso la fascia di raccordo tra l'alta pianura vercellese e l'anfiteatro morenico esterno della Dora Baltea. I valori minimi (< m 10) si riscontrano nel vicino territorio comunale di Trino, per effetto della risalita di terreni Terziari lungo superfici di discontinuità tettonico-strutturale. Nella porzione sud-orientale della macroarea casalese la base dell'acquifero superficiale risulta nuovamente superiore a m 50 - 75. Nella maggior parte della pianura vercellese la falda presente in queste alluvioni (falda superficiale o freatica) è seguita in profondità da altre falde, più o meno indipendenti tra loro, in pressione. Nell'area d'intervento e più in generale lungo una fascia di territorio parallela al margine settentrionale della Collina del Monferrato, estesa da poche centinaia di metri a qualche chilometro, è presente, invece, la sola falda superficiale, in quanto il materasso alluvionale poggia direttamente sul substrato miocenico impermeabile della Collina del Monferrato.



Nel territorio comunale, l'andamento della superficie della falda idrica riflette il pannello topografico, attenuandone le irregolarità morfologiche, con gradiente idraulico dell'ordine di 0,5%. Il campo di moto è globalmente diretto da NW verso SE, e ricalca l'andamento generale che caratterizza tale settore dell'alta pianura piemontese. In corrispondenza della valle del fiume Po si rileva una rotazione degli assi di deflusso, che assumono una direzione WNW-ESE. Questo comportamento è connesso all'andamento dell'incisione fluviale medesima, che determina un marcato effetto di drenaggio della falda condizionando la morfologia della superficie piezometrica.

CRE.DANA.2018	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 26 di 37	
Rev. 0 - 2018	Relazione geologica	Comune di Crescentino	Elab. 1

Solo in concomitanza dei regimi fluviali di piena è possibile un temporaneo effetto di ricarica dell'acquifero: in tali occasioni l'innalzamento del tirante idrometrico e l'espansione delle acque nelle fasce di inondazione porta ad una rapida saturazione degli ambiti periferuviali (processo indicato come *bank-storage*), che si riflette in una risalita pressochè immediata del livello piezometrico. Il fenomeno è particolarmente evidente in prossimità del corso d'acqua, ove la falda idrica può affiorare, ma interessa in modo progressivamente meno accentuato anche gli ambiti situati a distanza maggiore.

Il campo di moto risulta notevolmente influenzato dall'idrografia superficiale, in quanto i maggiori corsi d'acqua si collocano, per la maggior parte dell'anno, in assetto drenante nei confronti della falda libera.

Una consistente ricarica suppletiva della falda in questione è da attribuirsi alla pratica della risicoltura, che determina l'afflusso di rilevanti aliquote d'acqua sia attraverso le perdite da canali e fossi non rivestiti che direttamente da infiltrazione dal suolo agrario sommerso nel corso del periodo di adacquamento delle risaie (Maggio-Agosto).

Il materasso alluvionale dell'ambito di pianura prossimo al fiume Po costituisce un acquifero permeabile per porosità, mediamente ad elevata conducibilità idraulica per il suo prevalente carattere ghiaioso, circoscritto in verticale dal substrato terziario, pressochè impermeabile, che costituisce un limite di permeabilità definito.

Più in dettaglio i numerosi studi idrogeologici eseguiti per la caratterizzazione dell'Impianto "Enrico Fermi" hanno messo in evidenza l'esistenza di un complesso nel suo insieme poco o affatto permeabile e di un complesso mediamente permeabile.

- il primo complesso è rappresentato dai sedimenti argilloso-sabbioso-ghiaiosi quaternari della pianura e presenta permeabilità estremamente variabile procedendo dal basso verso l'alto. Si passa infatti da depositi marini più fini (limi e argille) a permeabilità medio bassa, a quelli più grossolani di origine continentale (sabbie e ghiaie) con permeabilità elevata costituenti il materasso alluvionale superficiale. In questi ultimi livelli sono presenti notevoli variazioni di permeabilità anche in senso orizzontale legate alle peculiari modalità di deposizione solida dei fiumi.
- Il secondo complesso è costituito dalle formazioni pre-quaternarie affioranti nel Monferrato presenti in profondità al di sotto della pianura dove sono prevalenti i termini argilloso-marnoso-arenacei e del tutto subordinati quelli calcareo-conglomeratici. Di conseguenza è possibile rinvenire solo rare e localizzate falde, a volte in pressione e mineralizzate;

A causa delle variazioni litologiche riscontrate nel primo complesso, per la piana Vercellese esso è stato a sua volta suddiviso in due unità (dal basso verso l'alto):

- Unità delle alternanze: depositi lacustri, fluvio-lacustri e marini costituiti da sedimenti fini (limi e argille) con intercalazioni di livelli ghiaioso-sabbiosi e livelli torbosi con scarsa continuità laterale. La permeabilità, estremamente variabile sia verticalmente che lateralmente, è compresa tra valori di $10^{-7} \div 10^{-9}$ m/s per i corpi a granulometria più fine e $10^{-3} \div 10^{-5}$ m/s per quelli più grossolani. Questa unità ospita un sistema multifalda, a tratti posto in pressione dai livelli meno permeabili;
- Unità ghiaioso-sabbiosa: depositi quaternari di origine continentale costituiti da ghiaie e sabbie con lenti di materiali fini (limi e argille). Questa unità presenta valori medi di permeabilità di circa $10^{-2} \div 10^{-3}$ m/s ed ha spessore complessivo variabile tra 10 e 70 m. In particolare, nella zona dell'Impianto essa presenta una potenza di circa 10 m. L'unità è sede di una falda freatica idraulicamente comunicante con l'unità delle alternanze e con superficie piezometrica posta generalmente a 1 – 6 m dal piano campagna; in alcune zone, essa giunge sino a coincidere con la superficie topografica in occasione della sommersione delle risaie.

All'interno del territorio comunale di Crescentino sono presenti una rete di piezometri installati per controllare il comportamento della falda in relazione all'andamento dei livelli

CRE.DANA.2018	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 27 di 37
Rev. 0 - 2018	Relazione geologica	Comune di Crescentino Elab. 1

idrometrici del Po e per monitorare eventuali ricariche da parte del fiume in condizioni pluviometriche critiche. I dati rilevati mostrano come la superficie libera abbia una conformazione sostanzialmente unitaria, indicante un deflusso mediamente diretto verso Sud-Est. Si osserva inoltre che tale falda è in stretto rapporto con le acque superficiali; in particolare i corsi d'acqua naturali (fiume Po) hanno un comportamento costantemente drenante rispetto alla falda freatica, mentre i canali artificiali appaiono alimentare la falda. Tra l'altro le variazioni stagionali del livello della superficie freatica testimoniano la maggiore importanza dell'alimentazione della falda da parte delle acque di irrigazione rispetto a quella da parte delle precipitazioni; infatti i periodi di massimo livello cadono in agosto, quasi al termine del periodo in cui viene praticata l'irrigazione delle risaie (da aprile a settembre). Va anche segnalato che la falda in questione presenta varie emergenze sorgentizie in corrispondenza del piede delle scarpate di alcuni terrazzi.

In base alle indagini eseguite nonché all'analisi della documentazione esistente, è possibile segnalare la presenza di una falda acquifera, alla profondità media di m 1,5/3,0 circa da p.c., non saranno comunque, da escludersi, in concomitanza di eventi piovosi intensi e/o prolungati, ulteriori innalzamenti del livello piezometrico e quindi prevedibili oscillazioni in rapporto agli apporti meteorici stagionali diretti ed indiretti nonché al periodo di sommersione delle risaie.

7.1 Caratteristiche idrologiche e idrografiche

Le acque meteoriche intercettate dalle superfici presenti in sito e dalle superfici impermeabili idraulicamente connesse al sito in esame dovranno essere opportunamente captate, convogliate e smaltite nella rete drenante naturale e/o antropica, previa adeguata verifica dell'idoneità del ricettore.

Più nel dettaglio, per quanto concerne l'intercettazione, il convogliamento e lo smaltimento delle acque meteoriche e di deflusso superficiale intercettate dalla superficie del parcheggio, si suggerisce di convogliare, tramite un sistema di caditoie ed un'adeguata pendenza della superficie del piazzale, le acque nell'esistente rete di smaltimento antropica costituita da un canale irriguo (presente lungo il lato S del lotto in oggetto), previa verifica dell'idoneità e specifica richiesta di autorizzazione.

Si rappresenta in ogni caso che buona parte delle acque di precipitazione filtreranno all'interno del riporto costituente il piazzale in progetto, riducendo così l'aliquota idrica che interesserà il predetto fosso.

8. MODELLO GEOLOGICO E MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE

In base alle indagini di superficie e di profondità eseguite nell'area d'indagine, è possibile individuare sommariamente la seguente sequenza stratigrafica - geotecnica schematica locale costituita dalle seguenti *Unità litologiche* o *Strati tipo*, aventi caratteristiche geotecniche omogenee (vedasi "Sezione stratigrafica e litotecnica schematica interpretativa" presente in allegato):

Strato	Profondità media (m da p.c.)	Definizione	Classificazione A.G.I.
1	0,0 – 0,4	Limi sabbioso - argillosi	Da sciolto a privo di consistenza
2	> 0,4	Ghiaie, ciottoli e sabbie a granulometria variabile (da fine a grossolana) con locale matrice limosa.	Da moderatamente addensato ad addensato

Di seguito si riportano i valori medi ai sensi del D.M. 14.01.2008 e s.m.i. ottenuti dall'elaborazione delle prove penetrometriche e confermati dai valori di letteratura. In fase di progettazione esecutiva, nel caso di utilizzo ai fini del dimensionamento e della verifica di opere fondazionali e/o di sostegno, tali valori andranno verificati e confermati, in seguito alla realizzazione di prove ed indagini geognostiche e geotecniche puntuali.

Strato	Classificazione A.G.I.	γ_{d_m} t/m ³	γ_{sat_m} t/m ³	Φ'_m °	C'_m Kg/cm ²	Φ_{u_m} °	C_{u_m} Kg/cm ²
1	Da sciolto a privo di consistenza	1,4	1,9	21,3	0,0	0,0	0,0
2	Da moderatamente addensato ad addensato	2,0	2,0	35,6	0,0	0,0	0,0

dove:

γ_{d_m} : peso di volume secco;

γ_{sat_m} : peso di volume saturo;

Φ'_m : angolo di attrito interno efficace;

C'_m : coesione efficace;

Φ_{u_m} : angolo di attrito interno non drenato;

C_{u_m} : coesione non drenata.

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. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso di coinvolgimento di 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.

Di seguito si riportano i valori caratteristici ai sensi del D.M. 14.01.2008 e s.m.i. corrispondenti ai valori medi per ampie superfici di appoggio delle opere fondazionali.

Strato	Classificazione A.G.I.	γ_d	γ_{sat}	Φ'_k	C'_k	Φ_{uk}	Cu_k
		t/m ³	t/m ³	°	Kg/cm ²	°	Kg/cm ²
1	Da sciolto a privo di consistenza	1,4	1,9	20,9	0,0	0,0	0,0
2	Da moderatamente addensato ad addensato	2,0	2,0	34,9	0,0	0,0	0,0

dove:

γ_d : peso di volume secco;

γ_{sat} : peso di volume saturo;

Φ'_k : angolo di attrito interno efficace;

C'_k : coesione efficace;

Φ_{uk} : angolo di attrito non drenato;

Cu_k : coesione non drenata.

I valori di progetto da adottare nei calcoli ove vengano previste Combinazioni contenenti M2, dovranno essere ottenuti dividendo i valori caratteristici per i seguenti coefficienti riduttivi parziali secondo quanto indicato nel D.M. 14.01.2008 - NTC.

$$\gamma_d = \gamma_k/1;$$

$$C'_d = C_k/1,25;$$

$$Cu_d = Cu_k/1,4;$$

$$\Phi'_d = \Phi'_k/1,25.$$

Cu_d : coesione non drenata.

9. OPERE E TERRENI DI FONDAZIONE

Premessa

Ai sensi del D.M. 14.01.2008 e s.m.i., una volta ottenuti i *valori caratteristici* e di *progetto* da utilizzarsi nelle diverse tipologie di verifiche da parte del Progettista, tutte le opere e le componenti strutturali dovranno 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 dalla normativa vigente.

Le opere e le varie tipologie strutturali dovranno possedere i seguenti requisiti a seconda della tipologia progettuale prevista:

- sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone, o comportare la perdita di beni, o provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera;
- sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- robustezza nei confronti di azioni eccezionali: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

Disponendo dei carichi indotti dall'edificio e dalle strutture, nonché dei parametri caratteristici e di progetto forniti, dovranno essere effettuate dal Progettista le verifiche ai diversi stati limite del sistema geotecnico per le combinazioni A1+M1+R1, A2+M2+R2 e A1+M1+R3, suddivise nei 2 approcci previsti, applicando i coefficienti parziali sui parametri del D.M. 14.01.2008 indicati nelle tabelle seguenti.

PARAMETRO		COEFF. PARZIALE	
		A1	A2
Carichi permanenti		$\gamma_G = 1,3$	$\gamma_G = 1,0$
Carichi variabili		$\gamma_Q = 1,5$	$\gamma_Q = 1,3$

PARAMETRO		COEFF. PARZIALE	
		M1	M2
Angolo di attrito	$\tan\phi'$	$\gamma_\phi = 1,00$	$\gamma_\phi = 1,25$
Coesione	c'	$\gamma_c = 1,00$	$\gamma_c = 1,25$
Resistenza non drenata	c_u	$\gamma_{cu} = 1,00$	$\gamma_{cu} = 1,40$
Peso di volume	γ	$\gamma_\gamma = 1,00$	$\gamma_\gamma = 1,00$

PARAMETRO	COEFF. PARZIALE		
	R1	R2	R3
Carico limite	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$

Opere e terreni di fondazione

In base al modello geologico preliminare individuato (vedasi "Sezione stratigrafica e litotecnica schematica interpretativa" presente in allegato), si evince quanto segue:

- lo **Strato 1**, aventi scadenti caratteristiche geotecniche, non può essere utilizzato come piano di appoggio ad opere fondazionali. Si consiglia inoltre di provvedere ad un'attività di scotico totale o parziale di tale strato per poter procedere poi alla posa del materiale stabilizzato e della successiva pavimentazione del parcheggio in progetto. Nel caso di scotico parziale si dovrà provvedere ad un'operazione di costipamento ed addensamento tramite rullo, fino all'ottenimento delle caratteristiche geotecniche richieste, del terreno in posto.
- lo **Strato 2** può essere utilizzato come piano di appoggio ad opere fondazionali di tipo diretto e continuo e/o di contenimento.

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

CRE.DANA.2018	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 31 di 37	
Rev. 0 - 2018	Relazione geologica	Comune di Crescentino	Elab. 1

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. La verifica delle opere fondazionali dovrà quindi tener debitamente conto della presenza dei livelli scarsamente addensati individuati durante l'esecuzione delle prove penetrometriche.

Non disponendo, allo stato attuale, dei valori dei carichi ed azioni indotti dalle strutture, nonché delle esatte caratteristiche delle opere fondazionali, per le verifiche di tali opere si rimanda alla *Relazione sulle opere fondazionali* a firma del Progettista delle strutture.

Il Progettista delle strutture, relativamente alle opere fondazionali, 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 (D.M. 14.01.2008 e s.m.i.).

CRE.DANA.2018	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 32 di 37
Rev. 0 - 2018	Relazione geologica	Comune di Crescentino Elab. 1

10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente **relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica preliminare dei terreni a supporto di un progetto che prevede la nuova costruzione consistente in opere di urbanizzazione primaria ai sensi dell'art. 49 l.r. 56/77 "Parcheggio privato ad uso pubblico"**, all'interno di un lotto di terreno sito Comune di **Crescentino (VC) - Via Torino**, ha fatto seguito ad un sopralluogo e ad un'indagine di superficie e di profondità, eseguita in sito, su incarico conferito allo scrivente dalla **DANA ITALIA S.r.l.**

Le indagini eseguite, estese ad un significativo intorno dell'area interessata dagli interventi, in ottemperanza al paragrafo 6.2.1 del D.M. 14.01.08 e s.m.i., sono state finalizzate alla definizione delle condizioni geologiche e geomorfologiche del sito e ad una stima di massima delle caratteristiche geotecniche dei materiali ricadenti nel volume significativo dei manufatti, verificando i possibili scenari di rischio e le problematiche esecutive, con il preciso intento di definirne le potenzialità di fruizione in relazione all'assetto territoriale, verificando le condizioni di stabilità, l'eventuale presenza di elementi morfogenici dissestivi e lo stato di fatto, traendo le opportune valutazioni sulla compatibilità degli interventi in previsione con la situazione idrogeologica, geomorfologica e litologica locale.

Alla luce delle indagini eseguite è possibile affermare quanto segue:

- Trattandosi della realizzazione di interventi all'interno di un contesto già antropizzato, si ritiene che gli effetti indotti sull'ambiente circostante saranno nel complesso contenuti.
- Dal punto di vista del rischio geomorfologico, l'analisi della cartografia tematica e le indagini svolte non hanno evidenziato al momento dell'indagine, la presenza di processi di instabilità in atto o potenziali che coinvolgano direttamente il lotto d'intervento. Alla luce di quanto esposto, l'area in oggetto è da ritenersi complessivamente stabile, escludendo, al momento dell'indagine, fenomeni morfogenici dissestivi in atto o potenziali di particolare entità.
- Dal punto di vista del *rischio idraulico*, le indagini svolte, le informazioni storiche acquisite, nonché l'analisi della cartografia di P.R.G.C. (Carta dei dissesti), hanno evidenziato il potenziale verificarsi di fenomeni di esondazione per piene ordinarie e straordinarie di corsi d'acqua principali (fiume Po), minori od artificiali che potrebbero coinvolgere la zona indagata. In particolare, il settore in esame ricade all'interno della Fascia Fluviale C del fiume Po individuata nella cartografia del Piano d'Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI).
- Alla luce delle potenziali direzioni di deflusso delle acque di piena (da SW a NE), in occasione di potenziali eventi alluvionali in seguito ad una eventuale rottura o sormonto delle opere arginali (tali eventi sono stati scongiurati dalla realizzazione delle recenti opere di arginatura già collaudate), gli interventi in progetto, alla luce del ridotto tirante idrico verificabile, comporterà un volume d'interferenza tale da non creare, alla luce della situazione idraulica di Crescentino in concomitanza di un evento alluvionale, interferenze negative con le condizioni di deflusso della piena, tali da poter giustificare l'instaurarsi di un potenziale rischio idraulico per le costruzioni circostanti e per quelle in progetto.
- Gli interventi in progetto, all'interno di un contesto già antropizzato, non aumenteranno in alcun modo il livello di rischio idraulico ed idrogeologico dell'area.
- In base alle indagini di superficie e di profondità eseguite nell'area d'indagine, è possibile individuare sommariamente la seguente sequenza stratigrafica - geotecnica schematica interpretativa costituita dai seguenti livelli principali (l'esatta stratigrafia potrà essere dedotta in modo esatto unicamente in seguito alla realizzazione di sondaggi geognostici da eseguirsi a rotazione ed a carotaggio continuo):

Strato	Profondità media (m da p.c.)	Definizione	Classificazione A.G.I.
1	0,0 – 0,4	Limi sabbioso - argillosi	Da sciolto a privo di consistenza
2	> 0,4	Ghiaie, ciottoli e sabbie a granulometria variabile (da fine a grossolana) con locale matrice limosa.	Da moderatamente addensato ad addensato

- Di seguito si riportano i valori medi ai sensi del D.M. 14.01.2008 e s.m.i. ottenuti dalle indagini eseguite e confermati dai valori di letteratura. In fase di progettazione esecutiva, nel caso di utilizzo ai fini del dimensionamento e della verifica di opere fondazionali e/o di sostegno, tali valori andranno verificati e confermati, in seguito alla realizzazione di prove ed indagini geognostiche e geotecniche puntuali.

Strato	Classificazione A.G.I.	γ_d	γ_{sat}	Φ'_m	C'_m	Φ_{um}	C_{um}
		t/m ³	t/m ³	°	Kg/cm ²	°	Kg/cm ²
1	Da sciolto a privo di consistenza	1,4	1,9	21,3	0,0	0,0	0,0
2	Da moderatamente addensato ad addensato	2,0	2,0	35,6	0,0	0,0	0,0

dove:

γ_d : peso di volume secco;

γ_{sat} : peso di volume saturo;

Φ'_m : angolo di attrito interno efficace;

C'_m : coesione efficace;

Φ_{um} : angolo di attrito interno non drenato;

C_{um} : coesione non drenata.

- In fase di progettazione, nel rispetto del D.M. 14.01.2008 e s.m.i., al fine delle diverse verifiche agli stati limite previste, andranno utilizzati, a seconda delle casistiche, i valori caratteristici ed i valori di progetto.
- Per quanto riguarda i terreni e le opere fondazionali, in base al modello geologico preliminare individuato, si evince quanto segue:
- lo **Strato 1**, aventi scadenti caratteristiche geotecniche, non può essere utilizzato come piano di appoggio ad opere fondazionali. Si consiglia inoltre di provvedere ad un'attività di scotico totale o parziale di tale strato per poter procedere poi alla posa del materiale stabilizzato e della successiva pavimentazione del parcheggio in progetto. Nel caso di scotico parziale si dovrà provvedere ad un'operazione di costipamento ed addensamento tramite rullo, fino all'ottenimento delle caratteristiche geotecniche richieste, del terreno in posto.
 - lo **Strato 2** può essere utilizzato come piano di appoggio ad opere fondazionali di tipo diretto e continuo e/o di contenimento.
- 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. La

CRE.DANA.2018	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 34 di 37
Rev. 0 - 2018	Relazione geologica	Comune di Crescentino Elab. 1

verifica delle opere fondazionali dovrà quindi tener debitamente conto della presenza dei livelli scarsamente addensati individuati durante l'esecuzione delle prove penetrometriche.

- Le acque meteoriche intercettate dalle superfici presenti in sito e dalle superfici impermeabili idraulicamente connesse al sito in esame dovranno essere opportunamente captate, convogliate e smaltite nella rete drenante naturale e/o antropica, previa adeguata verifica dell'idoneità del ricettore. Più nel dettaglio, per quanto concerne l'intercettazione, il convogliamento e lo smaltimento delle acque meteoriche e di deflusso superficiale intercettate dalla superficie del parcheggio, si suggerisce di convogliare, tramite un sistema di caditoie ed un'adeguata pendenza della superficie del piazzale, le acque nell'esistente rete di smaltimento antropica costituita da un canale irriguo (presente lungo il lato S del lotto in oggetto), previa verifica dell'idoneità e specifica richiesta di autorizzazione. Si rappresenta in ogni caso che buona parte delle acque di precipitazione filtreranno all'interno del riporto costituente il piazzale in progetto, riducendo così l'aliquota idrica che interesserà il predetto fosso.

Alla luce delle indagini di superficie e di profondità eseguite sul terreno di fondazione alle opere e strutture in progetto e sull'area a queste circostante, si può concludere che il sito debba ritenersi idoneo ad accogliere gli interventi in esame, nell'assoluto rispetto delle raccomandazioni fornite.

Si attesta, pertanto, la fattibilità dal punto di vista geologico e del rischio idraulico - idrogeologico ad ospitare gli interventi edificatori in progetto.

Stante quanto indicato in precedenza, si riportano alcune prescrizioni da seguire obbligatoriamente in fase di progettazione esecutiva, di realizzazione dei lavori, nonché a fine lavori, al fine di garantire la sicurezza e la stabilità dei luoghi e delle opere in oggetto.

In fase di progettazione esecutiva si dovrà scrupolosamente rispettare quanto segue:

- Il Tecnico incaricato dovrà avvalersi della collaborazione del Geologo, al fine di definire la corretta soluzione esecutiva delle opere, con attenta valutazione dell'interazione delle stesse con il terreno e della stabilità dell'area in esame e del suo intorno, alla luce degli interventi in oggetto.
- Il Tecnico incaricato dovrà avvalersi della collaborazione del Geologo, al fine di definire le indagini e prove geotecniche di profondità da eseguirsi in funzione delle soluzioni esecutive previste, al fine di permettere la precisa caratterizzazione geotecnica del "volume significativo" (ai sensi del D.M. 14.01.2008 e s.m. e i.).
- Nel caso di utilizzo ai fini del dimensionamento e della verifica di opere fondazionali e di sostegno, i valori dei parametri geotecnici indicati nel presente documento (peso di volume, angolo di attrito, coesione, etc.) andranno verificati e confermati, in seguito alla realizzazione di prove ed indagini geognostiche e geotecniche puntuali.
- Sarà comunque da prevedersi la realizzazione di un adeguato numero di pozzetti esplorativi, spinti almeno fino alla profondità di imposta delle strutture di fondazione, finalizzati anche, ma non solo, a valutare locali presenze idriche sotterranee e la rispondenza dei terreni attraversati ai modelli geologico e geotecnico elaborati preliminarmente nel presente documento.
- Il Tecnico incaricato, con il supporto del Geologo, dovrà dimensionare, in modo cautelativo, tutte le opere controterra, sia di tipo provvisoria che definitiva, al fine che le stesse siano in grado di opporsi e contrastare adeguatamente la spinta del terreno; andrà quindi verificata la buona stabilità di tali opere, sia in fase esecutiva che a lavori ultimati, anche valutando l'effetto di possibili apporti idrici (superficiali e/o sub-superficiali, puntuali e/o diffusi), il tutto anche in prospettiva sismica.
- Il Tecnico incaricato dovrà definire le opere di intercettazione, raccolta e smaltimento di tutti i possibili apporti idrici nell'area di cantiere ed in quella di sua influenza, garantendone il corretto recapito in idoneo ricettore.

In fase esecutiva si dovrà scrupolosamente rispettare quanto segue:

CRE.DANA.2018	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 35 di 37
Rev. 0 - 2018	Relazione geologica	Comune di Crescentino Elab. 1

- Andrà prevista, quando necessario, la figura del Geologo, al fine di:
 - valutare eventuali problematiche di carattere geologico - tecnico ed idrogeologico emerse, non previste in fase progettuale, fornendone le adeguate soluzioni tecniche;
 - verificare, mediante apposite prove sui fronti di scavo e sul piano di fondazione, i caratteri geologici e geotecnici dei litotipi ricadenti nel “volume significativo” di terreno dei manufatti in costruzione, ai fini delle verifiche strutturali di questi;
 - supportare la D.L. circa possibili varianti rese necessarie in corso d’opera;
 - valutare la corretta esecuzione di tutte le attività coinvolgenti la componente geologica l. s. (impermeabilizzazioni, etc.);
 - effettuare un’attenta analisi visiva del terreno di fondazione per accertare la presenza di eventuali disomogeneità dello stesso e, se rilevate, fornire adeguate soluzioni esecutive atte a garantire il buon esito dell’intervento in oggetto.
 - Porre in essere un sistema di monitoraggio, adeguato agli interventi in esecuzione, esteso ad un congruo intorno, al fine di rilevare immediatamente l’eventuale insorgere di problematiche dissestive, così da poter attivare tempestivamente i necessari rimedi.
- Evitare fenomeni di appoggio differenziato su porzioni di terreno a diverso grado d’addensamento e consolidamento, il tutto al fine di evitare cedimenti o dissesti.
- Al di sotto delle fondazioni in c.a., ove previste, dovrà essere gettato in opera un “magrone” di sottofondo in ghiaia o misto granulare anidro, ben costipato e livellato, od eventualmente in cls, di adeguato spessore ed estensione, con eventuale rete elettrosaldata.
- Ogni fronte aperto dovrà essere adeguatamente contrastato e sostenuto dalle necessarie opere controterra, sia di tipo provvisoria che definitiva, al fine di garantire la sicurezza in fase esecutiva ed a lavori ultimati dell’area d’intervento e di un suo congruo intorno, anche in previsione di eventi di pioggia particolarmente intensi e prolungati. Nel caso si verificino situazioni di disomogeneità, sarà necessario procedere a sistemazioni differenziate.
- I lavori di scavo dovranno essere eseguiti a campioni di ridotte dimensioni ed in periodi di scarse precipitazioni, ponendo l’usuale attenzione per le pareti verticalizzate, specie in coltre, ove potrebbero verificarsi dei dissesti, evitando lunghe esposizioni dei fronti di scavo agli agenti atmosferici.
- I riporti, temporanei e/o definitivi, andranno depositati in aree la cui stabilità, puntuale e del loro intorno, sia stata oggetto di attenta verifica in fase esecutiva, al fine di garantire la sicurezza dei luoghi nel tempo.
- Dovranno essere realizzate tutte le opere di intercettazione, raccolta e smaltimento di tutti i possibili apporti idrici nell’area di cantiere ed in quella di sua influenza, garantendone il corretto recapito in idoneo ricettore, al fine di evitare ogni possibile problematica dissestiva.
- Osservare attentamente, da parte dell’Impresa esecutrice, sotto il controllo del Responsabile della sicurezza e della D.L., l’assoluto rispetto delle norme in materia di sicurezza nei cantieri.
- Andranno posti in essere tutti gli interventi, gli accorgimenti e le cautele atte a garantire la sicurezza dei luoghi.

Si rappresenta che le attività professionali di cui sopra (fase di progettazione definitiva/esecutiva ed esecutiva) con riferimento a quelle di specifica competenza del Geologo, esulano dall’incarico professionale finalizzato alla stesura della presente relazione geologica.

Dott. Geol. Andrea FERRAROTTI

CRE.DANA.2018	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 36 di 37
Rev. 0 - 2018	Relazione geologica	Comune di Crescentino Elab. 1

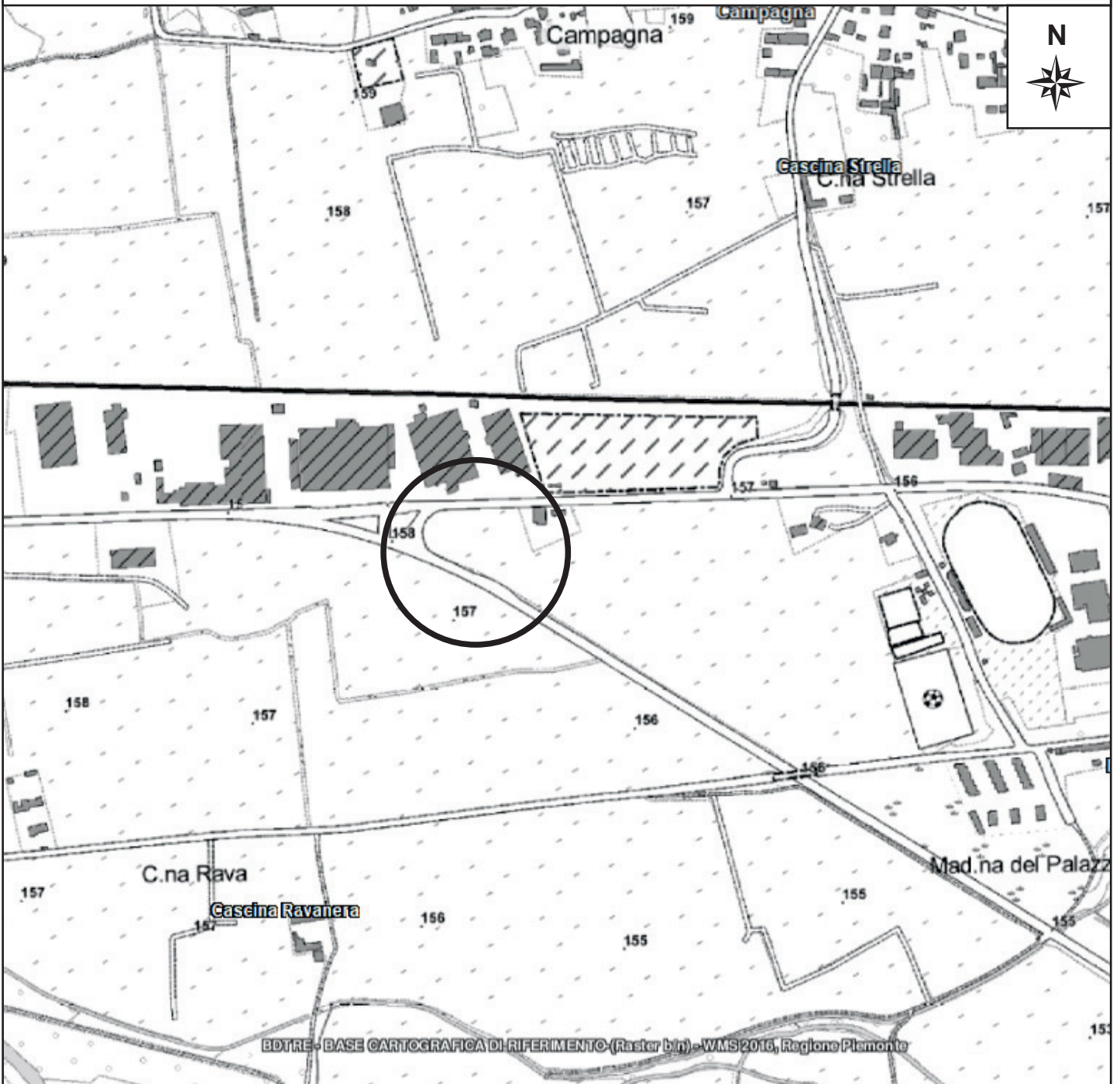
11. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Cestari F. (1990) "Prove geotecniche in sito" Ed. Geo-Graph snc. Segrate (MI).
- D. Ministero LL.PP. "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate (...)" Suppl. Ord. alla Gazzetta Ufficiale n. 4 del 1.06.1988.
- D. Ministero Infrastrutture e Trasporti 14.01.2008 "Testo Unitario delle Norme Tecniche per le costruzioni
- EN 1998-1 (rev. 2003) "Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance" CEN/TC250/SC-8.
- Lupini J.F., Skinner A.E., Vaughan P.R. (1981) "The Drained Residual Strength of Cohesive Soils" Geotechnique 31, n. 2, pp 181-213.
- Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 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".
- Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali da utilizzare per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" Gazzetta Ufficiale n. 108 del 11.05.2006.
- Carta Geologica d'Italia (1969a) - Foglio 57 "Vercelli" alla scala 1:100.000. II edizione. Servizio Geologico d'Italia. Roma.
- Regione Piemonte "Piano di tutela delle acque".
- Relazione geologica P.R.G.C.


CRE.DANA.2018	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 37 di 37	
Rev. 0 - 2018	Relazione geologica	Comune di Crescentino	Elab. 1

12. ALLEGATI

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO



Scala: 1:5.000
Comune: Crescentino
Provincia: Vercelli
Estratto: BDTRE - Regione Piemonte

 Ubicazione area d'indagine

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA AEREA



Scala: 1:5.000

Comune: Crescentino

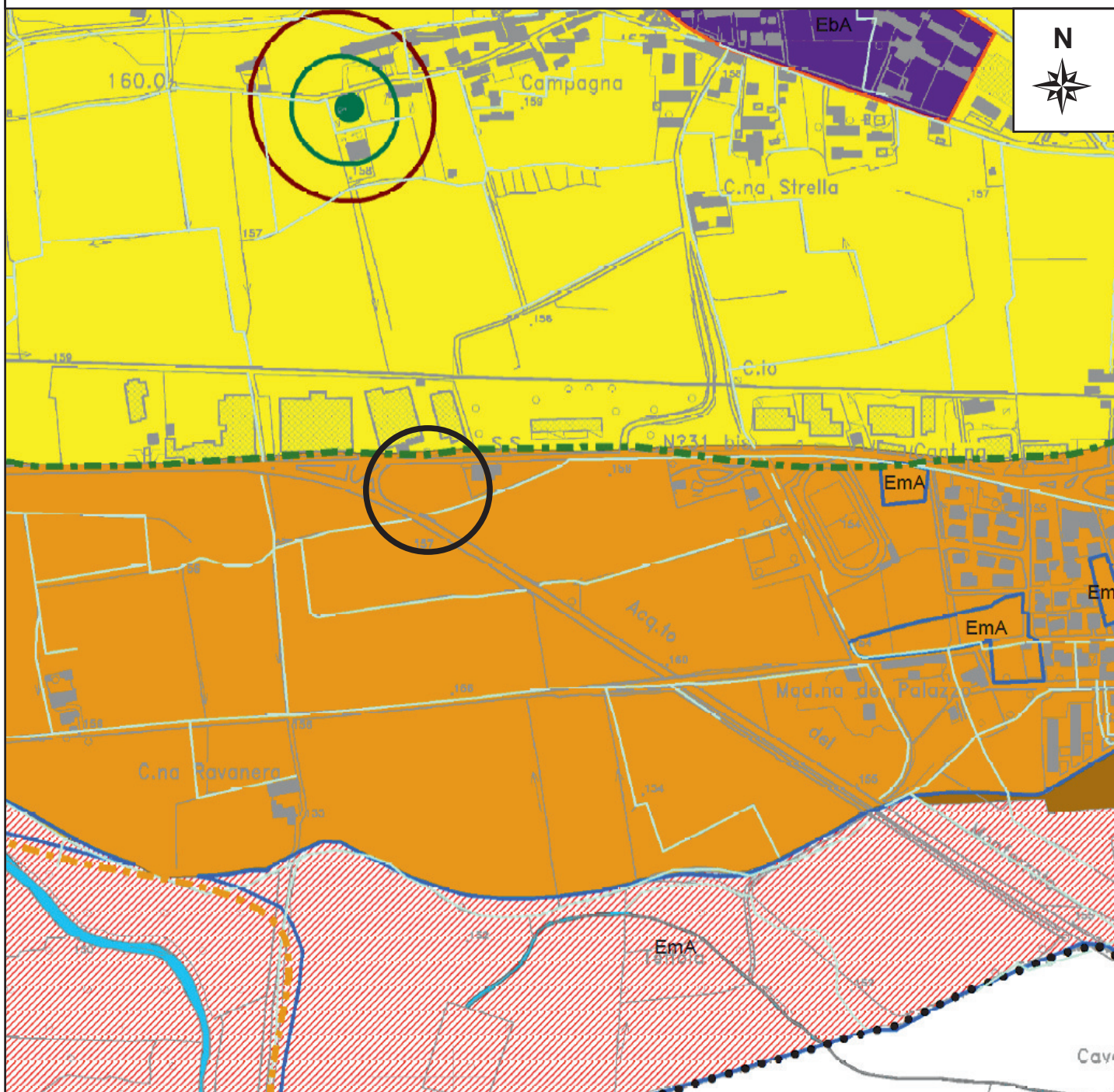
Provincia: Vercelli

Estratto:
Ortofoto Regione Piemonte



Ubicazione area d'indagine

CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA



Scala: 1:5.000

Comune: Crescentino

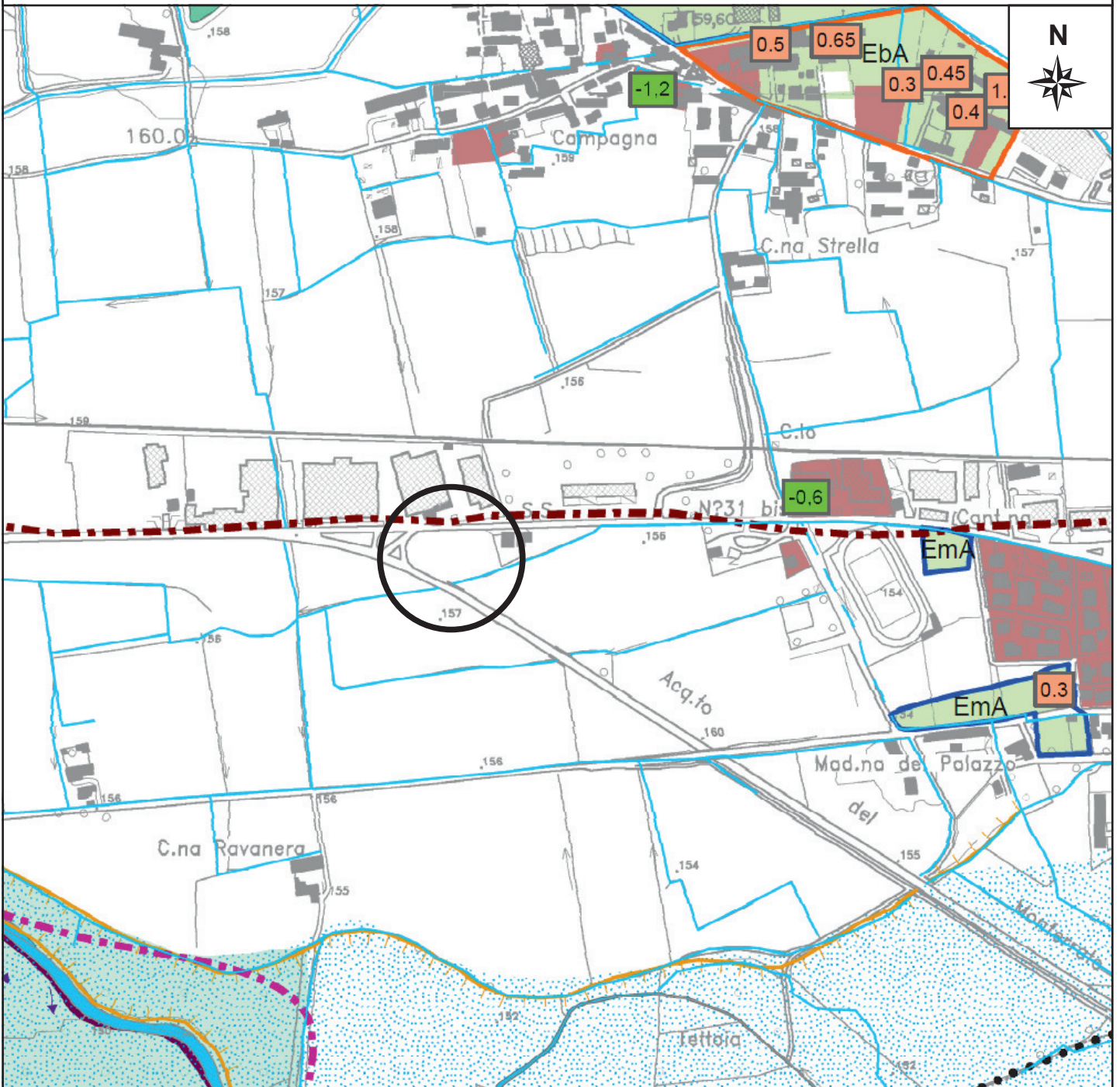
Provincia: Vercelli

Estratto:
Carta di Sintesi
P.R.G.C.

Sottoclasse II3

Arete soggette a diffusione di acque a bassa energia e battente ordinariamente non superiore ai 40 cm, per effetto di processi legati alle caratteristiche del drenaggio superficiale, anche in relazione all'innalzamento della falda freatica. Ogni nuovo intervento deve essere preceduto da un'indagine geologico-tecnica, indirizzata all'accertamento delle criticità locali in relazione alle condizioni di allagabilità e alla predisposizione di soluzioni tecniche estese al livello del singolo lotto che superino la criticità individuata. E' preclusa la realizzazione di piani interrati.

CARTA GEOMORFOLOGICA E DEI DISSESTI



Scala: 1:5.000

Comune: Crescentino

Provincia: Vercelli

Estratto:
Carta del dissesto
P.R.G.C.

PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)


D.P.C.M. 24/05/2001
- VARIANTE DELLE FASCE FLUVIALI DEL FIUME PO -
(Deliberazione n°7/2010)

- - - - - Limite esterno della Fascia A
- Limite esterno della Fascia B
- · - · - · Limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C
- · - · - · Limite esterno della Fascia C
- Area di fascia C a tergo del limite di progetto di fascia B esondabile per piene duecentennali in assenza del completamento delle opere di difesa



CARTA DELLA RETE IDROGRAFICA LOCALE





Scala: 1:5.000
 Comune: Crescentino
 Provincia: Vercelli
 Estratto:
 Carta dell'idrografia superficiale
 P.R.G.C.

 Ubicazione area d'indagine

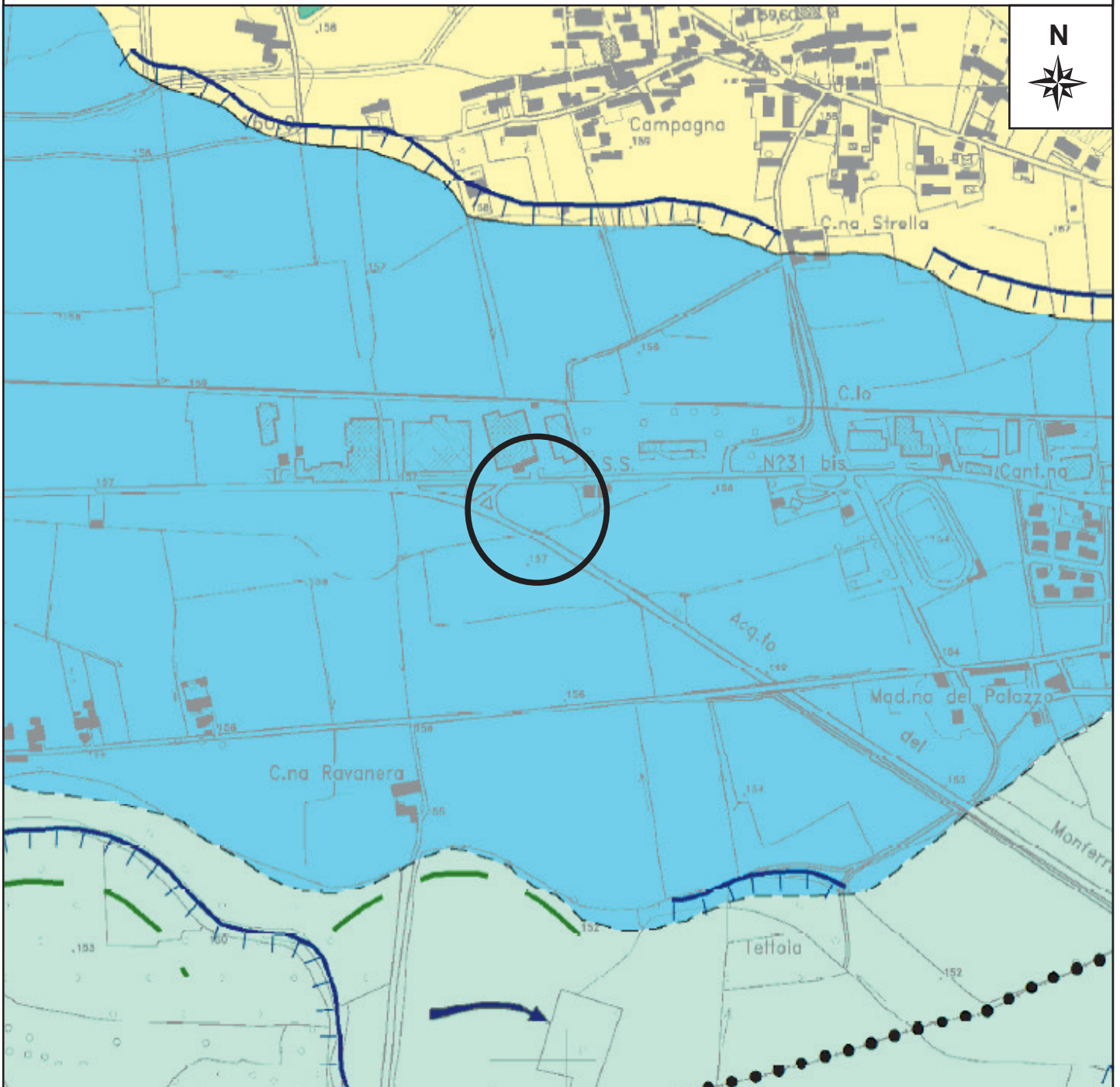
Altri corsi d'acqua

-  In gestione dal Consorzio Irriguo di Crescentino
-  In gestione da altri Consorzi o Tenimenti isolati


Corsi d'acqua con sedime privato

-  In gestione dal Consorzio Irriguo di Crescentino
-  In gestione da altri Consorzi o da Privati

CARTA GEOLOGICO - STRUTTURALE



Scala: 1:5.000
 Comune: Crescentino
 Provincia: Vercelli
 Estratto:
 Carta geologico-strutturale
 PRGC

 Ubicazione area d'indagine

SINTEMA DI PALAZZOLO

Subsistema di Ghiaia Grande (Olocene - Attuale)



Ghiaie ciottolose più o meno sabbioso-limose con locali lenti e livelli di sabbie, non stratificate o con stratificazione incerta, non alterate. Alla sommità: sabbie e sabbie limose, con spessore da decimetrico a metrico, inalterate.

Depositi fluviali e relativa copertura di sedimenti fini di esondazione fluviale

Subsistema di Crescentino (Pleistocene superiore - Olocene)



Ghiaie ciottolose più o meno sabbioso-limose non stratificate o con stratificazione incerta, debolmente alterati. Alla sommità: sabbie e sabbie limose, con spessore da decimetrico a metrico, con incipiente alterazione pedogenetica

Depositi fluviali- fluvio-glaciali e relativa copertura di sedimenti fini di esondazione fluviale

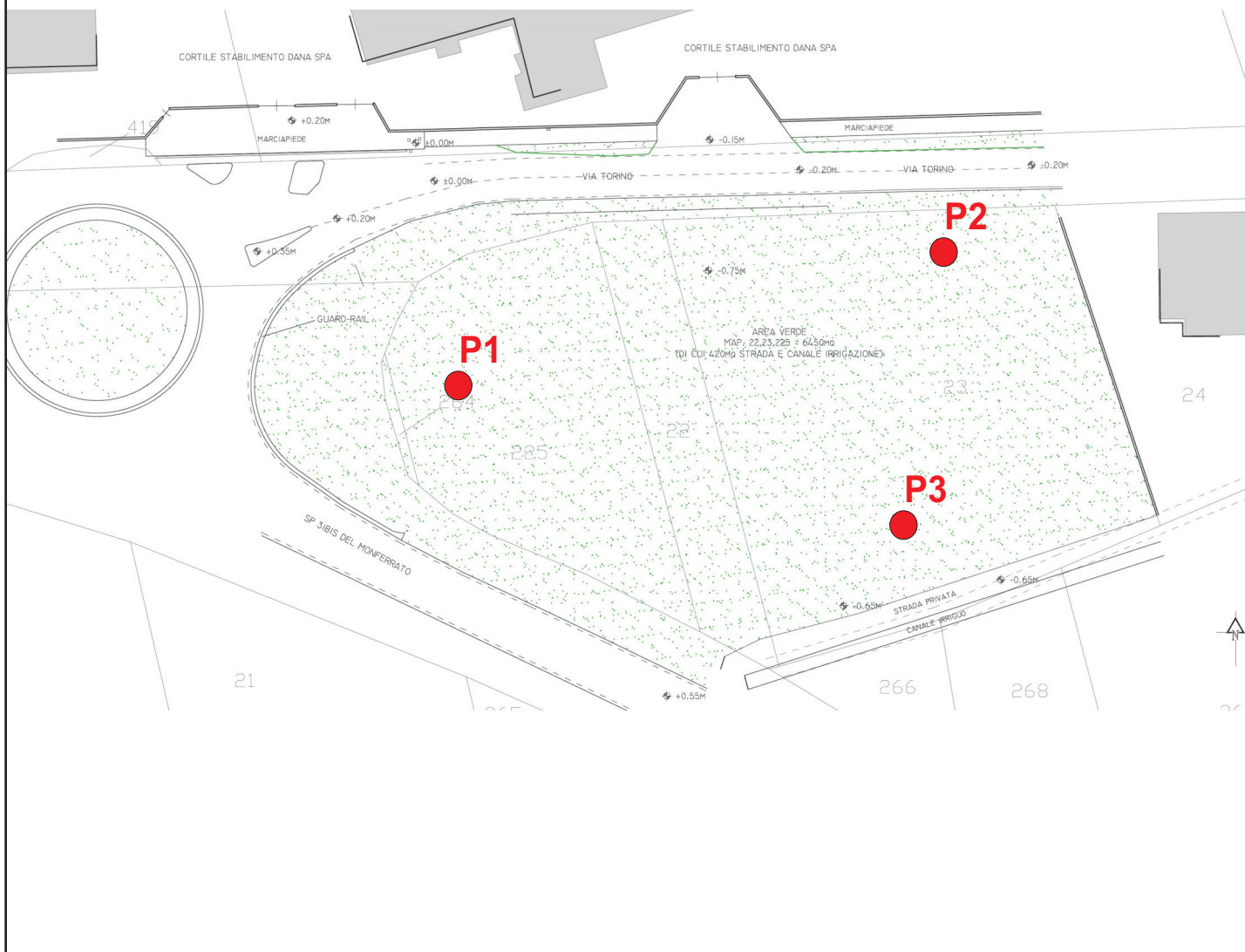
Subsistema di Trino (intervallo superiore del Pleistocene Superiore)



Ghiaie ciottolose più o meno sabbioso-limose, non stratificate o con stratificazione incerta, debolmente alterate. Alla sommità: sabbie e sabbie limose, con incipiente alterazione pedogenetica

Depositi fluvio-glaciali e relativa copertura di sedimenti fini di esondazione fluviale

UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE



Scala: 1:100

Comune: Crescentino

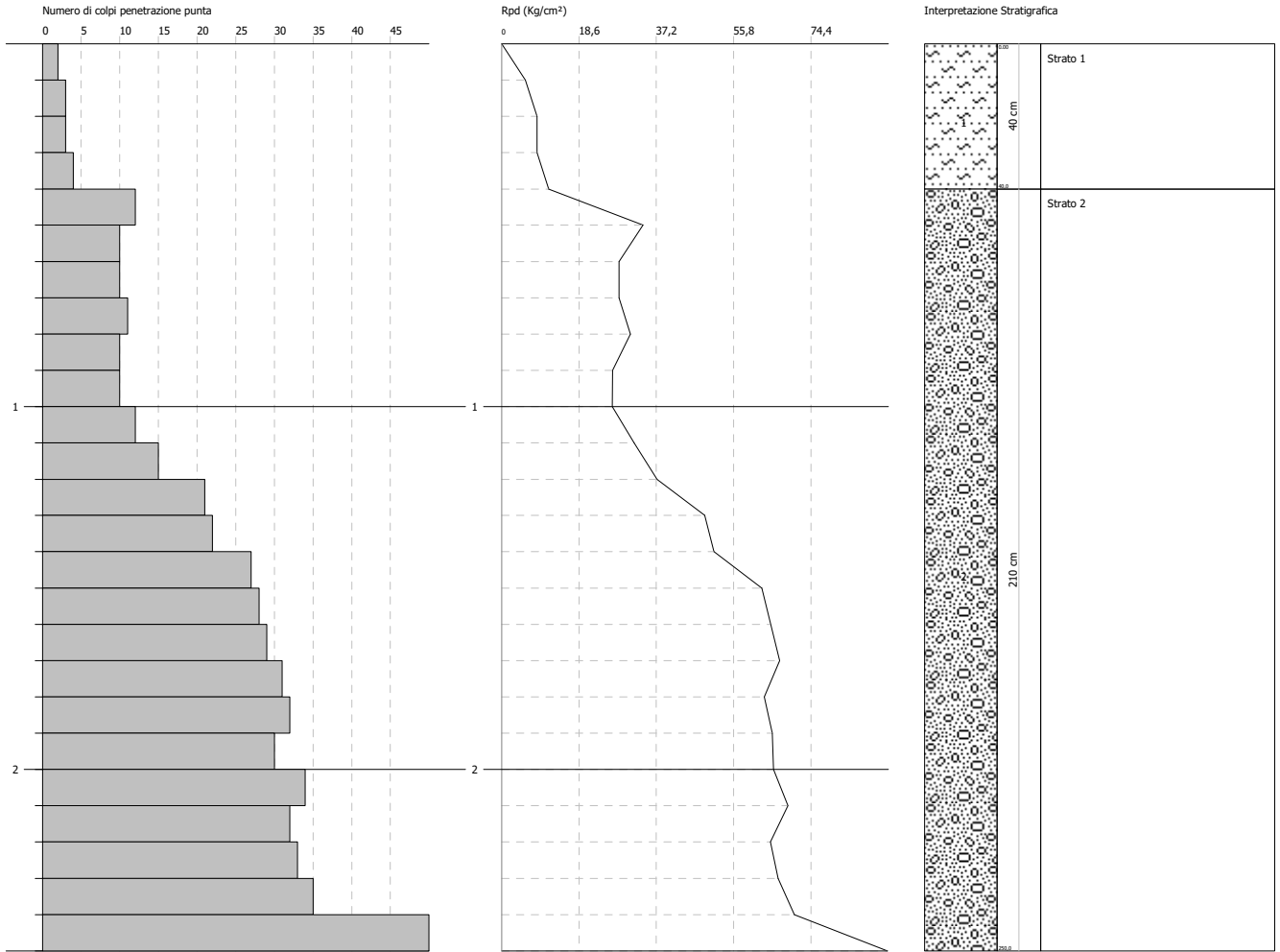
Provincia: Vercelli

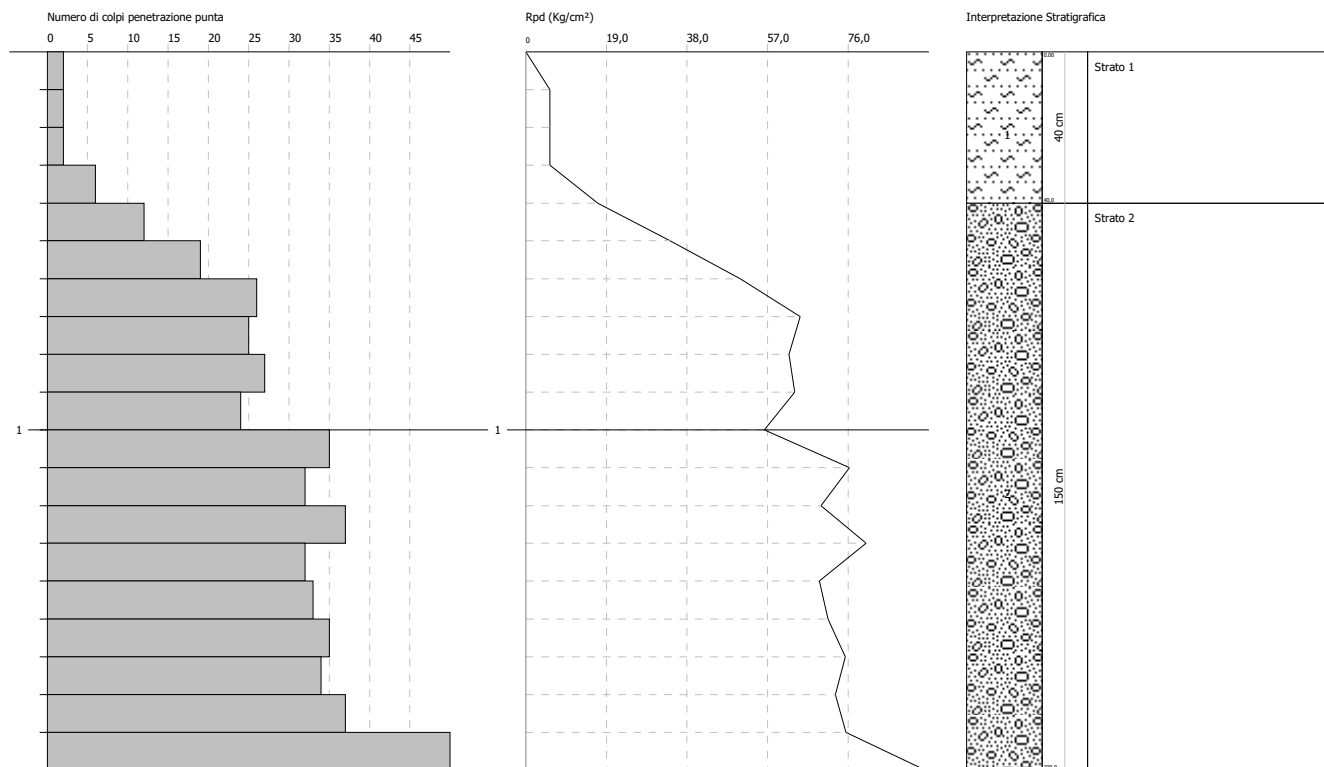


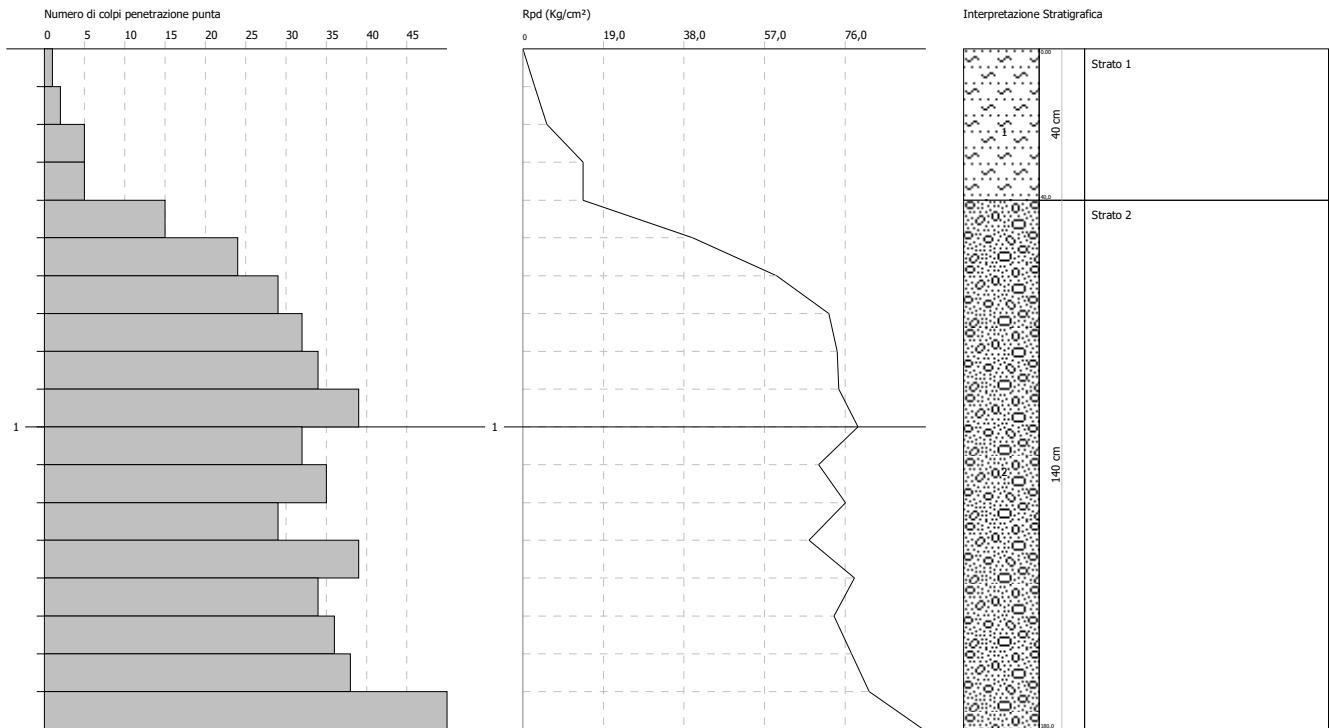
Prova penetrometrica dinamica eseguita con penetrometro DPM30



Ubicazione area d'indagine







SEZIONE STRATIGRAFICA E LITOTECNICA SCHEMATICA INTERPRETATIVA

Strato	Profondità media (m da p.c.)	Definizione	Classificazione A.G.I.
1	0,0 – 0,4	Limi sabbioso - argillosi	Da sciolto a privo di consistenza
2	> 0,4	Ghiaie, ciottoli e sabbie a granulometria variabile (da fine a grossolana) con locale matrice limosa.	Da moderatamente addensato ad addensato



P_n

Ubicazione prove penetrometriche dinamiche.

Scala verticale : 1:50

Scala orizzontale : 1:200

