

REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI ASTI

COMUNE DI CASTAGNOLE MONFERRATO

Elaborato:

**RELAZIONE GEOLOGICA, DI
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E
RISPOSTA SISMICA LOCALE**

ex D.M. 17/01/2018 (§ 6.2.1 – § 6.2.2 – § 3.2)

Oggetto:

REALIZZAZIONE CABINA ENEL

Località:

LOC. SARANZENO

(Foglio catastale 10, mappali n° 74, 603, 604)

Committenza:

ASTI PV SRLS

Data:

Asti, 17/09/2020

Il tecnico incaricato

**Studio
Ssg**

INDICE

1 - PREMESSA ED INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	1
2 - RELAZIONE GEOLOGICA (ex § 6.2.1 N.T.C./18)	4
2.1 - Inquadramento geologico	4
2.2 - Assetto geomorfologico generale	5
2.2.1 - Geomorfologia di dettaglio e pericolosità geomorfologica	6
3 - RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA (ex § 6.2.2 N.T.C./18)	9
3.1 - Modellazione geologica e geotecnica	9
3.1.1 - Valori caratteristici dei parametri geotecnici	10
3.2 - Considerazioni geoidrologiche	10
4 - RISPOSTA SISMICA LOCALE (ex § 3.2 N.T.C./18)	11
4.1 - Assetto sismo-tettonico e sismicità regionale	11
4.2 - Pericolosità sismica	13
4.3 - Definizione dell'azione sismica di progetto	17
4.4 - Stabilità nei confronti della liquefazione	21
5 - GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO	22
6 - CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI TECNICHE	24
6.1 - Prescrizioni ed accorgimenti tecnici al fine della minimizzazione del rischio	25

1 - PREMESSA ED INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

A corredo degli atti di progetto elaborati dalla società ASTI PV SRLS, con sede in Asti (AT), Via Calosso n° 3, è stato affidato allo scrivente Studio Tecnico, con sede in Asti, Via De Amicis n° 1, l'incarico di eseguire verifiche geologiche, di caratterizzazione geotecnica e sismica, nonché di valutare la compatibilità degli interventi con l'assetto geomorfologico locale.

In progetto è prevista la realizzazione di una nuova cabina Enel delle dimensioni planimetriche pari a 3,00 x 5,00 m.

L'area in esame è compresa nel Foglio I.G.M. n° 69, Asti, alla scala 1:100.000, e nella Sezione 175040 "Castagnole Monferrato" della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000: in Fig. 1.1 è stata individuata all'interno della base BDTRE.

Il sito oggetto di intervento, censito al N.C.T., Sezione Castagnole Monferrato, Fg. 10, mappali n° 74, 603, 604 è ubicato in Castagnole Monferrato (AT), Loc. Saranzeno.

Dal punto di vista della classificazione geologica in ambito di P.R.G.C., l'area in esame è compresa nella Classe II della *Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfologica e dell'Idoneità all'Utilizzazione Urbanistica* (cartografia geologica redatta per la *Verifica di Compatibilità Idraulica ed Idrogeologica al P.A.I.*, attualmente vigente nel territorio comunale), che individua "Porzioni di territorio, suddivise nelle classi IIa) e IIb), nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica possono essere superati attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di norme di attuazione ispirate al D.M. 11/03/1988 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante". In particolare gli interventi in oggetto ricadono nella *Classe IIb)* che delimita "Aree di pianura, aree caratterizzate da ristagni d'acqua, aree limitrofe a linee di drenaggio minori, aree che presentano problemi di regimazione delle acque".

Il presente elaborato viene redatto ai sensi della seguente normativa:

- D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»" (Cap. 6, § 6.2.1 "relazione geologica", § 6.2.2 "relazione di caratterizzazione geotecnica" e Cap. 3, § 3.2 "azione sismica"): nel seguito denominate N.T.C./18;
- D.G.R. 30/12/2019 n° 6-887 "OPCM 3519/2006. Presa d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65-7656", D.G.R. 12/12/2011 n° 4-3084 "Procedure di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico" e s.m.i.;
- D.M. 11/03/1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" e relativa Circolare esplicativa del 24/09/1988, n° 30483;
- D.Lgs. 03/04/2006 n° 152 "Norme in materia ambientale" e s.m.i., D.P.R. 13/06/2017 n° 120 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164";
- N.T.A. del P.R.G.C. di Castagnole Monferrato (AT).

Per l'espletamento dell'incarico saranno valutati i seguenti aspetti:

- ✓ assetto geologico: vedi § 2.1;

STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI GEOLOGIA	Pierpaolo Sutura Sardo & Luca Gravina
Via De Amicis n° 1 – 14100 Asti (AT)	Tel. – Fax 0141/436555 – 33814

- ✓ assetto geomorfologico e pericolosità dell'area: vedi § 2.2;
- ✓ assetto litostratigrafico e caratteristiche geomeccaniche dei terreni: vedi § 3.1;
- ✓ assetto geoidrologico: vedi § 3.2;
- ✓ pericolosità sismica e valutazione dell'azione sismica di progetto: vedi Cap. 4;
- ✓ stabilità nei confronti della liquefazione: vedi § 4.4;
- ✓ gestione delle terre e rocce da scavo: vedi Cap. 5;
- ✓ considerazioni sull'interazione strutture – terreni di fondazione e prescrizioni cui attenersi in fase esecutiva: vedi Cap. 6.

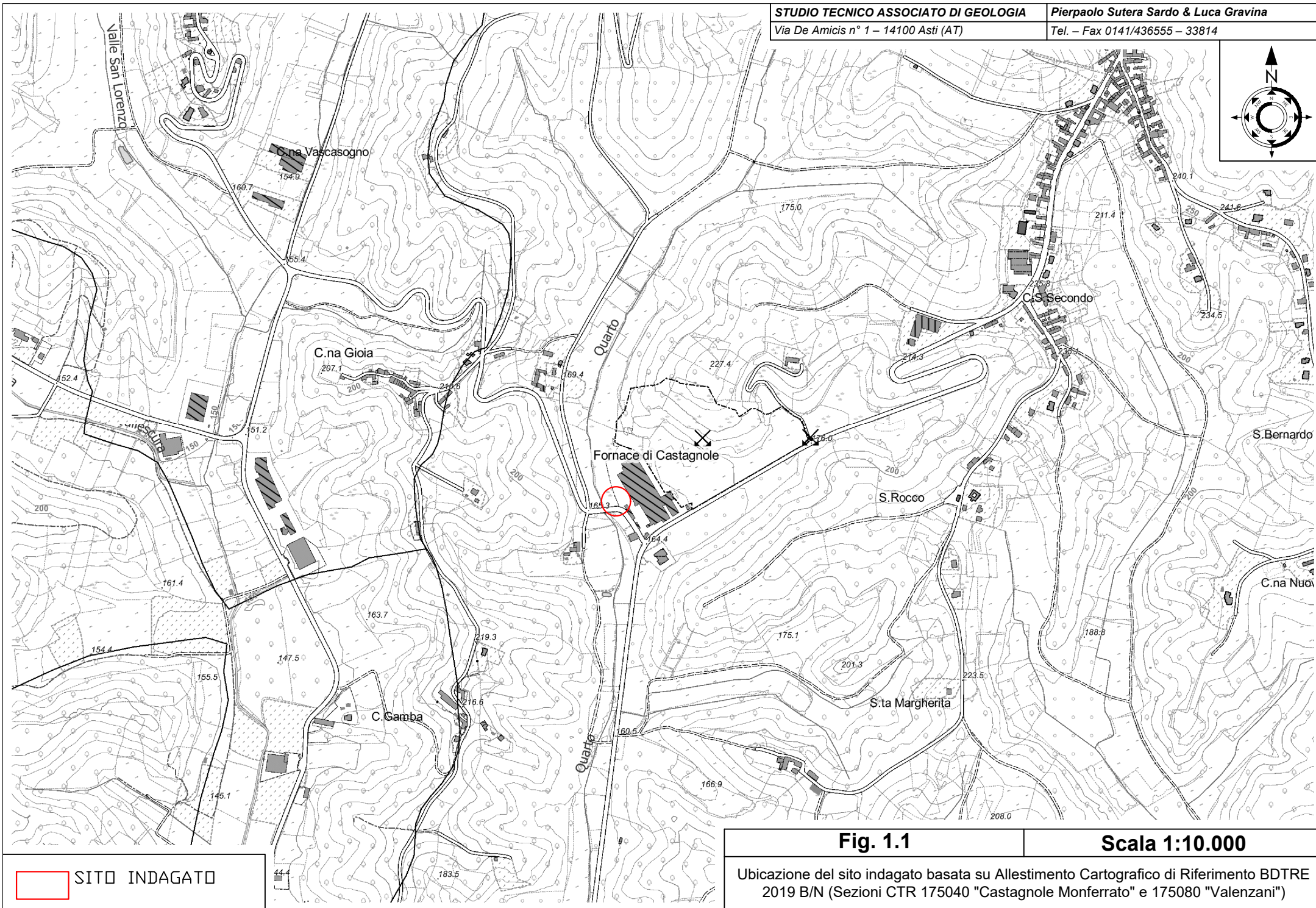
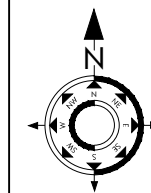


Fig. 1.1

Scala 1:10.000

Ubicazione del sito indagato basata su Allestimento Cartografico di Riferimento BDTRE 2019 B/N (Sezioni CTR 175040 "Castagnole Monferrato" e 175080 "Valenzani")

2 - RELAZIONE GEOLOGICA (ex § 6.2.1 N.T.C./18)

2.1 - Inquadramento geologico

Secondo quanto riportato nella cartografia geologica ufficiale, rappresentata dal Foglio n° 69, Asti, della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, il territorio del Comune di Castagnole Monferrato si colloca nel settore centrale del Bacino Terziario Ligure Piemontese, che rappresenta un bacino di tipo sedimentario-detritico, dove si deposita dal Paleocene al Miocene superiore una successione sedimentaria costituita da formazioni arenacee, marnose ed evaporitiche testimoniando una fase regressiva che dal Cretaceo prosegue per buona parte del Terziario. Successivamente, nel Plio-Pleistocene, questi depositi vengono coperti dai sedimenti della piana di Asti-Alessandria, costituiti da litotipi di ambiente marino (Argille di Lugagnano e Sabbie di Asti – *Pliocene*) e da sedimenti di ambiente subaereo (Villafranchiano). Infine, la successione stratigrafica, dal Pleistocene all'Olocene, viene ricoperta dai depositi alluvionali, terrazzati e non, dei corsi d'acqua.

Il Bacino Terziario Piemontese è caratterizzato da una struttura geosinclinale determinata da un'intensa fase di sedimentazione susseguita da una fase parossistica di tettonica compressiva derivante dalla spinta della placca continentale africana su quella europea. Tali movimenti hanno causato l'instaurarsi di una struttura blandamente piegata, con la concavità rivolta verso l'alto, definita in letteratura scientifica la "Sinclinale Astigiana", il cui asse, con direzione E-W, è ubicato, in questo settore, sulla direttrice Castello d'Annone – Asti – Villafranca d'Asti.

L'assetto geologico di superficie dell'area in esame è rappresentato da *Alluvioni appartenenti in parte alle alluvioni postglaciali in parte al fluviale recente* (a^1f^3 in Fig. 2.1).

I succitati depositi alluvionali poggiano nel substrato pliocenico che in tale settore è rappresentato dalle *Argille di Lugagnano*, costituite da argille siltose grigio-azzurre omogenee e prive di un'evidente stratificazione. Livelli sabbiosi interpretati come tempestiti si intercalano nella parte superiore ⁽¹⁾.

L'ambiente di sedimentazione è di mare aperto, poco profondo: rappresentano argille di piattaforma con profondità non superiore ai 200 m.

Le *Argille di Lugagnano* sono in continuità stratigrafica sui *Conglomerati di Cassano Spinola* e localmente sovrastano in discordanza la *Formazione Gessoso-Solfifera*. Al tetto sono in continuità stratigrafica con la formazione delle *Sabbie di Asti*.

La potenza della formazione è influenzata dalla geometria del bacino e varia da circa 100 m in prossimità del bordo, fino a circa 300 m al centro del bacino stesso (E.N.I., 1972). Hanno una potenza generalmente inferiore ai 100 m, ma, nella parte occidentale del Bacino di Asti (zona di Cantarana) la ricostruzione stratigrafica ha evidenziato spessori prossimi ai 200 m (Bortolami & Al., 1989).

In generale il complesso di depositi alluvionali, di età da tardo pleistocenica ad olocenica, che costituisce il sottosuolo dell'area è caratterizzato da terreni essenzialmente limoso-argillosi con locali e modeste alternanze sabbioso-limose di spessore decimetrico. Trattasi di una sequenza con potenza compresa tra 10 e 15 m al di sotto della quale si rinvencono i depositi argilloso-marnosi pliocenici. Frequentemente tra i depositi limoso-argillosi ed il substrato si rinvencono orizzonti ghiaioso-sabbiosi in matrice sabbioso-limosa.

La sequenza completa si rinviene essenzialmente lungo la Valle Tanaro mentre lungo le valli secondarie, come quella in esame, sono riscontrabili solo le frazioni più fini, talora rappresentate

⁽¹⁾ Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Fogli n° 69 "Asti" e 70 "Alessandria" (Servizio Geologico d'Italia).

esclusivamente dalla componente limosa e/o argillosa.

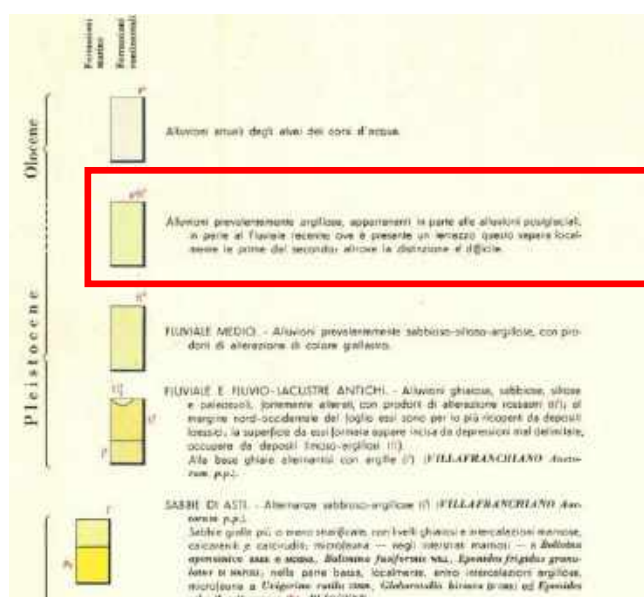
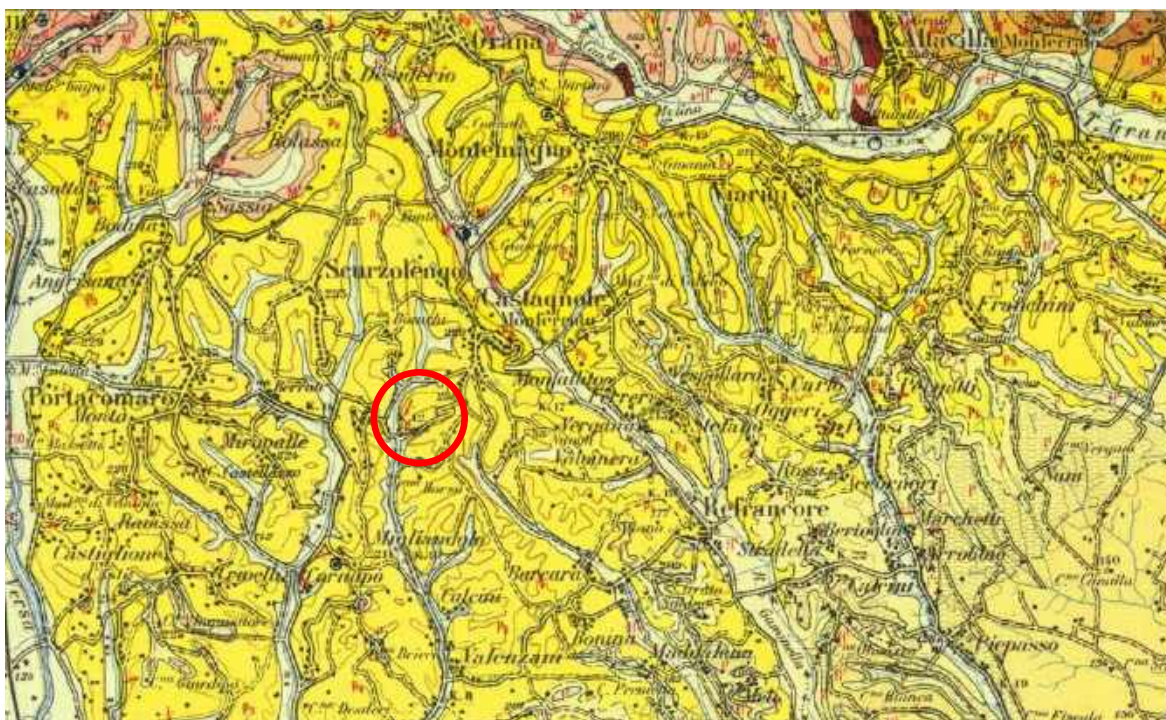


Fig. 2.1 – Estratto dalla “Carta Geologica d'Italia”, F. 69, Asti, scala 1:100.000 e relativa legenda. Il cerchio rosso indica il sito in esame.

2.2 - Assetto geomorfologico generale

Dal punto di vista geomorfologico generale il settore in esame si colloca nel territorio dell'astigiano che corrisponde al relitto di una estesa pianura compresa tra i rilievi della Collina di Torino – Monferrato, a Nord, e quelli delle Langhe, a Sud, e che rappresentava il collegamento tra la pianura cuneese e quella alessandrina.

La morfologia attuale dell'area ha avuto origine da una continua e prolungata interazione dinamica in cui si contrappongono l'attività geodinamica e i fenomeni di modellamento superficiale ad opera di un reticolo idrografico sovrapposto, nel caso in esame, sui depositi di età messiniana

STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI GEOLOGIA	Pierpaolo Sutura Sardo & Luca Gravina
Via De Amicis n° 1 – 14100 Asti (AT)	Tel. – Fax 0141/436555 – 33814

e pliocenica precedentemente discussi.

Il risultato dell'azione erosiva delle acque è rappresentato da rilievi collinari i cui spartiacque sono caratterizzati da profilo trasversale convesso regolare e simmetrico: una di queste dorsali, ubicata a NNE del sito in esame, è individuata dalla direttrice Castagnole Monferrato (241,2 m s.l.m.), S. Desiderio (305,4 m s.l.m.). Tale dorsale separa bacini le cui acque vengono drenate verso il Fiume Tanaro: in particolare la linea di crinale separa i bacini dei Rii Quarto e Tagliaferro posti ad Ovest, dal bacino del Rio Gaminella ad Est.

In generale gli spartiacque si raccordano ai piatti e ampi fondovalle alluvionali tramite spessori più o meno consistenti di prodotti colluviali che accumulandosi alla base dei versanti rendono la zona di collegamento versante-fondovalle caratterizzata da pendenze che gradualmente raggiungono l'orizzontale, addolcendo così il profilo morfologico.

Il reticolo idrografico, impostato come detto precedentemente sui depositi terziari, mostra valori di gerarchizzazione e di densità di drenaggio medio-bassi, spesso con un buon grado di allineamento in direzione N-S e NNW-SSE. I corsi d'acqua il più delle volte appaiono caratterizzati da portate ordinarie modeste o quasi nulle e risultano sottodimensionati rispetto alla sezione dei solchi vallivi.

Tali incisioni vallive circoscrivono rilievi i cui versanti risultano caratterizzati da pendenze dei profili controllate dalle differenti proprietà geomeccaniche dei litotipi costituenti il substrato pre-quaternario: frequentemente i profili trasversali dei versanti appaiono interrotti da diversi impluvi che, con andamento ortogonale le aste principali e caratterizzati durante eventi pluviometrici intensi da un regime di forte attività torrentizia, contribuiscono ai processi erosivi presenti lungo i versanti.

Altri processi che regolano l'evoluzione della morfologia del territorio sono i fenomeni di degradazione di versante, rappresentati principalmente dal ruscellamento diffuso e concentrato, e quelli di mobilitazione di masse di terreno verso valle, ovvero i processi gravitativi.

2.2.1 - Geomorfologia di dettaglio e pericolosità geomorfologica

L'area in esame si colloca a SW del territorio comunale in sinistra orografica del Rio di Quarto (acqua pubblica), nei pressi della Fornace di Castagnole, in Loc. Saranzeno. Tale corso d'acqua ha origine poco a monte dell'area in esame e con andamento circa N-S dopo aver attraversato l'abitato dei Valenzani, curva blandamente verso Ovest per infine confluire nel Fiume Tanaro, poco a Sud dell'abitato di Quarto.

Nel dettaglio la cabina Enel in oggetto insisterà lungo la sede di Strada Provinciale n° 26 prima dell'incrocio con la S.P. n° 14, ad una quota di ca. 165,5 m s.l.m., all'interno del piazzale di pertinenza dello stabilimento della Fornace; a NE di quest'ultimo è presente il sito estrattivo di sabbia e argilla denominato "Cava Saranzeno", ormai non più coltivata, che riforniva materia prima per la produzione di laterizi.

Dal punto di vista morfologico il sito d'interesse si ubica in un settore pianeggiante in prossimità della sponda destra del corso del Rio di Quarto, ma sufficientemente rialzato rispetto la quota dell'alveo che in tale settore assume le caratteristiche di un "fosso".

In considerazione del contesto geomorfologico descritto non si ravvisano criticità legate alla dinamica di versante, in quanto il sito si colloca sufficientemente distante dai settori collinari; mentre per quanto riguarda l'interferenza con il Rio di Quarto il comparto in oggetto si ubica esternamente il campo di inondazione del corso d'acqua, individuato negli elaborati del P.R.G.C. all'interno di una fascia classificata ad elevata pericolosità geomorfologica (Classe IIIa3, intensità del processo molto-elevata: Eea); mentre il sito ricade in una classe a moderata pericolosità (cfr. Cap. 1).

In ogni caso nel settore in esame storicamente non si sono verificati episodi di

STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI GEOLOGIA	Pierpaolo Suteri Sardo & Luca Gravina
<i>Via De Amicis n° 1 – 14100 Asti (AT)</i>	<i>Tel. – Fax 0141/436555 – 33814</i>

alluvionamento, mentre lo stesso corso d'acqua ha presentato criticità nel settore vallivo immediatamente a monte della confluenza con il Fiume Tanaro per effetti di “rigurgito” durante le piene straordinarie di quest’ultimo.

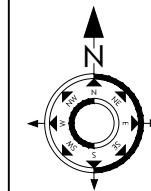


Fig. 2.2

Scala 1:2.000

Ortofoto dell'area in esame (base aerofotogrammetrica ©2020 Google) e carta catastale (Sezione Castagnole Monferrato, Foglio n° 10 – basata su "PLANIMETRIA CATASTALE DI RIFERIMENTO REGIONALE")

3 - RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA (ex § 6.2.2 N.T.C./18)

3.1 - Modellazione geologica e geotecnica

In generale lungo i fondovalle principali presenti nell'area affiora un complesso di depositi alluvionali di età da tardo pleistocenica ad olocenica caratterizzato da terreni essenzialmente limoso-argillosi con locali e modeste alternanze sabbioso-limose di spessore decimetrico. Trattasi di una sequenza con potenza compresa tra 10 e 15 m al di sotto della quale si rinvencono i depositi argilloso-marnosi pliocenici. Frequentemente tra i depositi limoso-argillosi ed il substrato si rinvencono orizzonti ghiaioso-sabbiosi in matrice sabbioso limosa.

La sequenza completa si rinviene essenzialmente lungo la Valle Tanaro mentre lungo le valli secondarie, come quella in esame, sono riscontrabili solo le frazioni più fini, talora rappresentate esclusivamente dalla componente limosa e/o argillosa.

Sono depositi caratterizzati da marcata eterogeneità ed anisotropia anche lateralmente, tanto che non è infrequente riscontrare situazioni stratigrafiche molto differenti anche a breve distanza.

Le caratteristiche fisico-meccaniche di massima dei terreni che costituiscono il sottosuolo del sito sono state desunte da prove penetrometriche dinamiche (S.C.P.T.) e statiche (C.P.T.) standard eseguite in terreni analoghi.

I profili penetrometrici risultanti da tali indagini mostrano un trend generale rappresentato, dall'alto verso il basso, da uno strato costituito da terreni fini, a bassa consistenza e dal substrato pliocenico evidenziato da un marcato incremento dei valori di resistenza alla penetrazione presente dalla profondità di ca. -10 m dal p.c. .

In considerazione della modesta incidenza dell'intervento sul quadro geotecnico dell'area di seguito si forniscono i parametri geotecnici indicativi desunti sia dalle esperienze dello scrivente Studio Tecnico sia dai dati bibliografici di letteratura, come prescritto al punto A2 del D.M. 11/03/88 ed all'ultimo comma del § 6.2.2 del D.M. 17/01/2018 che cita:

...(omissis)...

Nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata su preesistenti indagini e prove documentate, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali.

Di seguito si forniscono i parametri geotecnici che possono essere considerati rappresentativi dei litotipi in esame:

		c_u (kg/cm ²)	c' (kg/cm ²)	ϕ' (°)	I_c	Dr (%)	γ (t/m ³)
Terreni coesivi	***	0,15 - 0,40	0	18 - 22	0,10 - 0,40	0 - 20	1,60 - 1,80
Terreni granulari	**	—	0	23 - 28	—	20 - 60	1,80 - 1,90

** Parametrizzazione geotecnica in condizioni drenate

*** Parametrizzazione geotecnica in condizioni non drenate e drenate

c_u : coesione non drenata
 c' : coesione drenata
 ϕ' : angolo di attrito in condizioni drenate
 I_c : indice di consistenza
 Dr : densità relativa
 γ : peso di volume

3.1.1 - Valori caratteristici dei parametri geotecnici

Le N.T.C./18, ai fini della modellazione geotecnica del sito, adottano il concetto dei valori caratteristici dei parametri geotecnici: tale concetto è stato introdotto dall'Eurocodice 7 *“Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules”* (nel seguito denominato EC7) che al punto 2.4.5.2 2(P) definisce *“Il valore caratteristico di un parametro geotecnico sarà scelto come una stima cautelativa del valore che influenza l’insorgere dello stato limite”*.

Pur riprendendo in toto quanto riportato nell'EC7, le N.T.C./18 non chiariscono la definizione e la determinazione dei valori caratteristici, non offrendo metodi operativi da adottarsi per l'analisi di tali valori.

In tal sede, per la definizione di valori caratteristici, verrà utilizzata una metodologia di natura statistica che, peraltro, è l'unica delineata dall'EC7, dove la derivazione del valore caratteristico deve essere tale che la probabilità calcolata di un valore peggiore (più sfavorevole) che governa l'insorgere dello stato limite non sia maggiore del 5%: si tratta pertanto di un margine conservativo del 5% (che può coincidere con un 5° percentile od un 95° percentile della distribuzione statistica in considerazione), il quale garantisce probabilisticamente di avere un 95% dei casi per i quali il valore caratteristico sia cautelativo. L'analisi è stata eseguita utilizzando i percentili della variabile casuale di *Student*.

Pertanto sulla base dell'assetto litostratigrafico di cui al precedente paragrafo, vengono di seguito riportati i valori caratteristici dei principali parametri geotecnici dei terreni corrispondenti al 5° percentile della distribuzione dei dati lungo le verticali di indagine.

	c_{uk} (kg/cm ²)	c'_k (kg/cm ²)	ϕ'_k (°)	γ_k (t/m ³)
Terreni coesivi	0,25	0	19,54	1,68
Terreni granulari	–	0	24,93	1,84

3.2 - Considerazioni geoidrologiche

Dal punto di vista geoidrologico i terreni superficiali presenti in sito risultano appartenenti, a scala di bacino, al Complesso dei depositi alluvionali: caratterizzato da permeabilità e spessore variabili, sede di una falda libera in equilibrio con il reticolo idrografico.

Tale acquifero è confinato inferiormente dal *Complesso limoso-argilloso*, impermeabile, corrispondente alla formazione pliocenica delle *Argille di Lugagnano* che rappresenta un complesso impermeabile.

Nell'area in esame è presente una falda ospitata nell'orizzonte più grossolano dei depositi alluvionali: dai dati in possesso dello scrivente studio riconducibili a misure freaticometriche effettuate in pozzi presenti intorno il sito in oggetto la soggiacenza della falda si dovrebbe attestare tra i 5 e i 7 m.

4 - RISPOSTA SISMICA LOCALE (ex § 3.2 N.T.C./18)

4.1 - Assetto sismo-tettonico e sismicità regionale

Il comparto piemontese è dominato dalla presenza dell'arco alpino, che descrive una curva a 180° venendo a trovarsi in posizione contigua alle propaggini occidentali dell'Appennino Settentrionale: all'interno di tale arco descritto dalle due catene montuose sono presenti i rilievi collinari, Bacino Terziario Piemontese, Collina di Torino e Monferrato, ed i depositi sedimentari occidentali ed orientali.

Le strutture orogenetiche alpine ed appenniniche presentano formazione ed evoluzione legate ai movimenti relativi delle placche euroasiatica ed africana nonché delle microplacche createsi nel bacino del Mediterraneo, con la catena alpina che segna la zona di sutura tra la Placca Adria e la Placca Europa con la subduzione della seconda rispetto alla prima.

Le Alpi Occidentali sono dominate da due grandi discontinuità crostali: il Fronte Pennidico verso l'esterno, oltre il confine con Francia e Svizzera, e la Linea Periadriatica verso l'interno: a quest'ultima discontinuità appartengono la Linea del Canavese nelle Alpi Occidentali e la Linea del Tonale nelle Alpi Centrali.

Allo stato attuale, nelle Alpi Occidentali, la dinamica vede la combinazione degli effetti di una tettonica convergente a larga scala con quelli della rotazione antioraria della placca adriatica ed infine con gli effetti dovuti alle forze isostatiche e gravitazionali interne alla catena stessa.

Trattasi di un contesto caratterizzato da deformazione prevalentemente trascorrente a larga scala, con la porzione assiale delle Alpi Occidentali caratterizzata da un regime prevalentemente distensivo/estensionale legato alle forze gravitazionali interne mentre la porzione esterna (Francia e Svizzera) e quella interna (Piemonte) che presentano aree con attività di tipo compressivo.

Il contesto descritto porta l'Italia nord-occidentale ad essere sede di un'attività sismica notevole come frequenza ma generalmente modesta dal punto di vista energetico, con alcuni meno frequenti eventi a maggior energia.

Gli epicentri degli eventi sismici si concentrano lungo due direttrici, note come arco sismico piemontese ed arco sismico brianzone, la prima delle quali segue l'andamento dell'arco alpino occidentale nella sua parte interna in corrispondenza del limite tra le unità pennidiche e la pianura padana. La seconda direttrice risulta più dispersa e segue l'allineamento dei massicci cristallini esterni in corrispondenza delle Alpi Occidentali francesi lungo il Fronte Pennidico.

Le due direttrici descritte arrivano a settentrione fino al territorio del Vallese, anch'esso caratterizzato da sismicità diffusa, e convergono, verso Sud, nel Cuneese interessando il Nizzardo e l'Imperiese, con una progressiva maggiore dispersione verso la costa del Mar Ligure.

Inoltre, diffusa sismicità si rileva anche nei settori sud-orientali della regione: lungo lo spartiacque con la Liguria, verso il Mar Ligure e nell'Appennino settentrionale ⁽²⁾.

Tali allineamenti sono ben individuati dai dati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ed in particolare dal Database delle Sorgenti Sismogenetiche di cui in Fig. 4.1 viene riportato l'estratto relativo all'Italia nord-occidentale ⁽³⁾.

⁽²⁾ Rapporto dell'evento sismico del 25-07-2011 (ARPA Piemonte, Torino, 09 agosto 2011).

⁽³⁾ DISS Working Group (2010). Database on Individual Seismogenetic Sources (DISS), Version 3.1.1: A compilation of potential sources for earthquake larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, © INGV 2010 – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – All rights reserved; DOI: 10.6092/INGV.IT-DISS3.1.1.

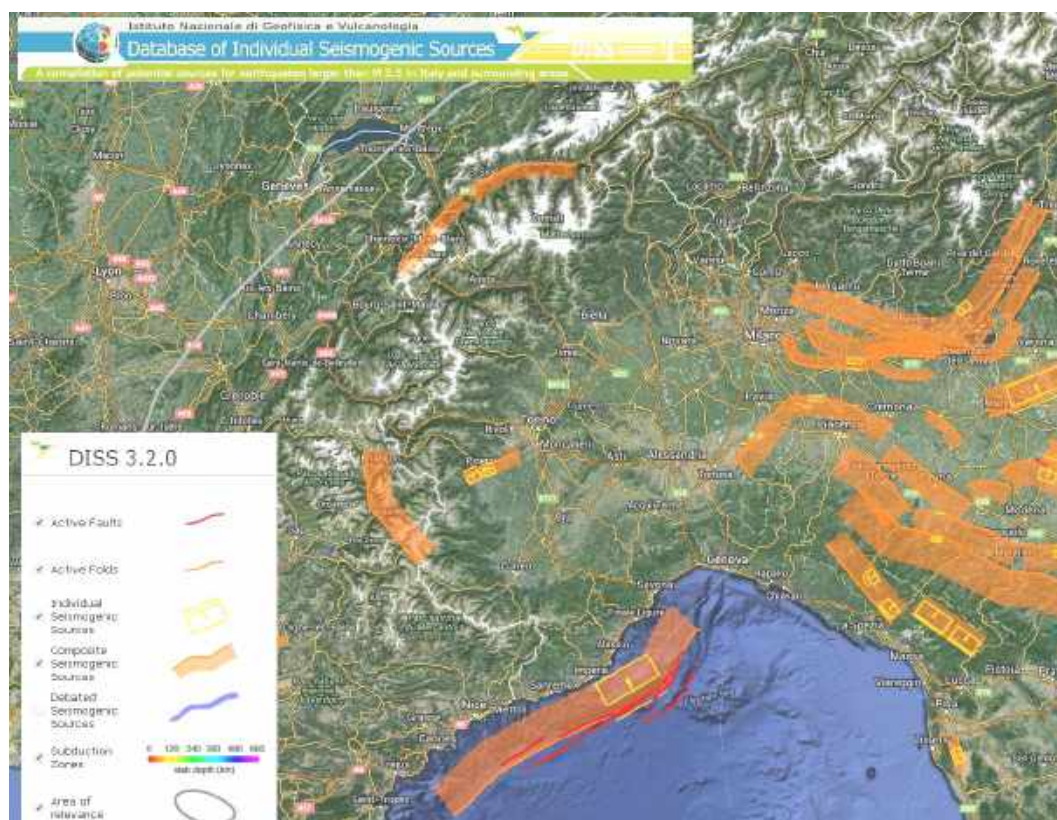


Fig. 4.1 – Principali sorgenti sismogenetiche dell'Italia nord-occidentale e relativa legenda.

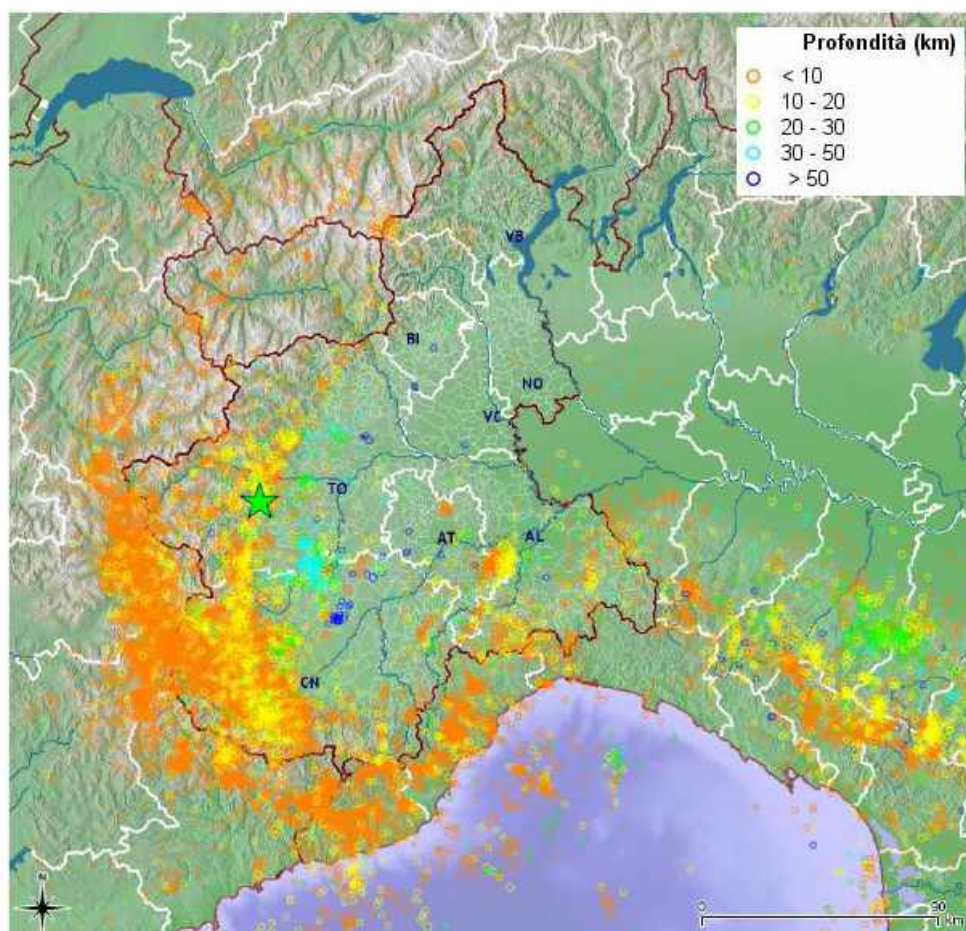


Fig. 4.2 – Distribuzione della sismicità strumentale regionale dal 1982 al 2010, per intervalli di profondità.

Ogni anno i terremoti rilevati dalla rete sismica regionale con epicentro in Piemonte, o nei territori circostanti, sono all'incirca un migliaio: tali eventi perlopiù non sono percepiti dalle persone.

Il numero dei terremoti con magnitudo maggiore di 3, che solitamente possono essere percepiti nei pressi dell'area epicentrale, è dell'ordine della decina ogni anno, mentre, in media, un evento all'anno è caratterizzato da magnitudo superiore a 4 e pertanto viene percepito anche a distanze maggiori.

In generale tali eventi presentano un ipocentro localizzato a profondità non superiori i 20 km, come anche evidenziato dall'analisi storica che copre un periodo compreso tra il 1982 ed il 2010 ⁽⁴⁾.

4.2 - Pericolosità sismica

A livello nazionale la prevenzione nei confronti della pericolosità sismica si è storicamente concretizzata classificando il territorio in categorie sismiche, con differente severità in base all'intensità ed alla frequenza degli eventi pregressi, ed applicando norme specifiche per la progettazione delle costruzioni nelle zone classificate sismiche. In pratica i diversi provvedimenti varati negli anni dal Ministero di Lavori Pubblici classificavano il 45% dei Comuni italiani in zona sismica, mentre i restanti non venivano classificati.

La situazione muta completamente con l'O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" nella quale vengono dettati i criteri di nuova classificazione sismica basati sugli studi e sulle elaborazioni più recenti relativi alla pericolosità sismica del territorio, ovvero sull'analisi della probabilità che lo stesso venga interessato in un certo intervallo di tempo, genericamente quantificato in 50 anni, da un evento sismico che superi una determinata intensità o magnitudo.

Tale documento detta sostanzialmente i principi generali con i quali le Regioni, cui viene delegata la classificazione sismica del territorio, compilano l'elenco dei Comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, in cui è classificato il territorio nazionale, come di seguito riportato:

- ⇒ Zona 1: la più pericolosa in cui possono verificarsi fortissimi terremoti;
- ⇒ Zona 2: possono verificarsi forti terremoti;
- ⇒ Zona 3: possono verificarsi forti terremoti ma rari;
- ⇒ Zona 4: la meno pericolosa in cui i terremoti sono rari.

Di fatto viene eliminato il territorio non classificato che diventa Zona 4; inoltre ad ogni singola zona viene attribuito un valore dell'accelerazione sismica utile per la progettazione.

L'O.P.C.M. n° 3274/2003 prevede anche un aggiornamento dello studio di pericolosità, adottato con la successiva O.P.C.M. n° 3519 del 28/04/2006 "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*": tale documento ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio introducendo degli intervalli di accelerazione (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

zona	accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g]	accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g]
1	$0,25 < a_g \leq 0,35g$	0,35g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25g$	0,25g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15g$	0,15g
4	$\leq 0,05g$	0,05g

⁽⁴⁾ Rapporto dell'evento sismico del 25-07-2011 (ARPA Piemonte, Torino, 09 agosto 2011).

A seguito degli indirizzi nazionali le Regioni hanno provveduto a classificare il proprio territorio suddividendolo in zone, talora ulteriormente distinte in sottozone, ciascuna caratterizzata da un valore di pericolosità di base espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (a_g).

In Piemonte l'elenco delle zone sismiche è stato aggiornato con D.G.R. n° 11-13058 del 19/01/2010 anche sulla base della proposta di classificazione dello studio del Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica, in collaborazione con il centro di competenza *Eurocentre* di Pavia: in ognuna delle zone sismiche dovranno essere osservate le specifiche procedure di gestione e controllo dell'attività edilizia ai fini della prevenzione del rischio riportate nella D.G.R. n° 4-3084 del 12/12/2011, così come modificate ed integrate dalla D.G.R. n° 65-7656 del 21/05/2014.

Recentemente la Regione Piemonte ha aggiornato lo studio della pericolosità sismica regionale affidando l'incarico all'Università di Genova – Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita (DISTAV 2018): tale studio ha comportato il calcolo dei valori della pericolosità sismica in corrispondenza dei punti della griglia di riferimento fissata a livello nazionale (INGV 2004) sulla base dei valori dell'accelerazione massima attesa al suolo (a_g) per tempi di ritorno prefissati.

I risultati di tale studio sono sintetizzati nelle nuove mappe di pericolosità sismica del territorio piemontese, queste in generale rappresentano un quadro di pericolosità che non si discosta molto da quello dello studio INGV 2004, ma apporta precisazioni a livello locale evidenziando situazioni leggermente più penalizzanti nelle zone del Canavese e del Biellese e lungo il confine meridionale (alta Val Bormida) e condizioni un po' meno severe nel monregalese e nell'ossolano.

La proposta di classificazione sismica del territorio regionale è stata approvata dalla Regione Piemonte con la D.G.R. n° 6/887 del 30/12/2019 "OPCM 3519/2006. Presa d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65/7656".

I risultati dello studio DISTAV 2018 confermano come i valori di accelerazione sismica attesi in base ai criteri nazionali, siano compatibili con le zone sismiche 3 e 4: per dare continuità alle politiche di prevenzione già operanti sul territorio viene scelto di riproporre la suddivisione della zona 3 in una sottozona 3s con i valori di accelerazione di seguito riportati.

zona	accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g]
3s	$0,125 < a_g \leq 0,150g$
3	$0,05 < a_g \leq 0,125g$
4	$\leq 0,05g$

Inoltre, secondo un criterio cautelativo, non viene prevista la declassificazione rispetto la precedente suddivisione del territorio regionale anche se 42 Comuni già in zona 3 in base allo studio DISTAV 2018 presentano valori di accelerazione sismica compatibili con una zona a sismicità inferiore.

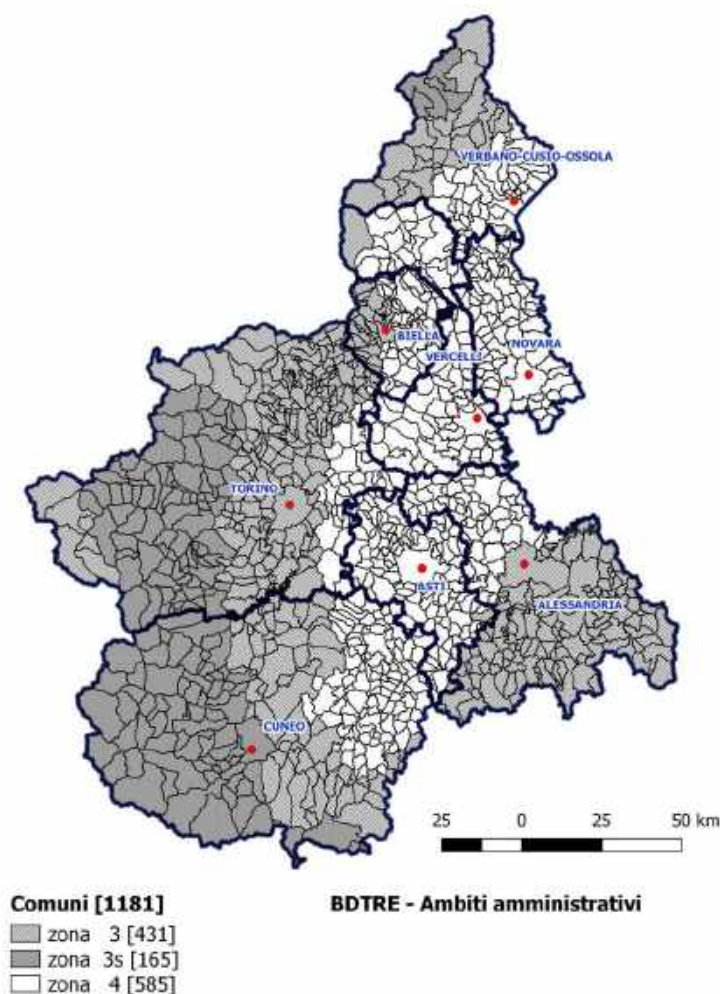


Fig. 4.3 – Mappa della suddivisione del territorio piemontese in funzione della pericolosità sismica ai sensi della D.G.R. n° 6-887 del 30/12/2019.

Il territorio del Comune di Castagnole Monferrato (AT) è inserito all'interno della Zona sismica 4, pertanto risulta caratterizzato da un valore di $a_g \leq 0,05g$.

Con l'entrata in vigore delle N.T.C./2008 è stato modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: anziché avere un valore di accelerazione di picco unico riferito al territorio comunale, per ogni costruzione ci si deve basare su una accelerazione specifica individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto in funzione della vita nominale dell'opera. Tali valori di pericolosità di base sono definiti per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali: la classificazione sismica con le relative zone rimane dunque utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli Enti preposti.

Nella figura seguente viene riportata la mappa di pericolosità sismica realizzata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e dal Dipartimento di Protezione Civile con evidenziato il territorio in esame.

Risulta evidente come il comparto oggetto di studio sia caratterizzato da accelerazione orizzontale massima del suolo $0,025 < a_g < 0,050$ in accordo coi valori caratteristici della Zona sismica 4 sopra riportati.

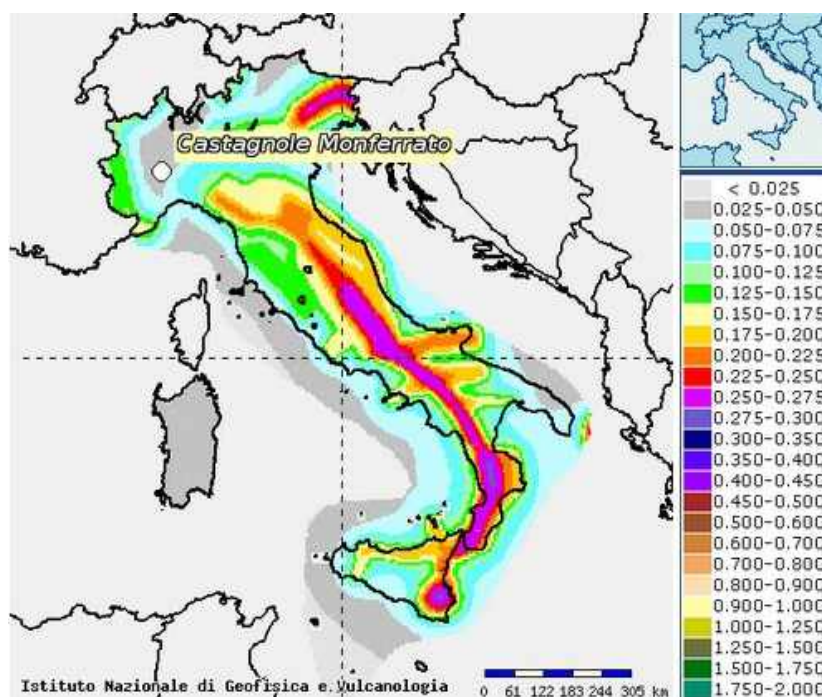


Fig. 4.4 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (estratta dal Progetto DPC-INGV S1).

Un'analisi più raffinata può essere fornita per mezzo della disaggregazione della pericolosità sismica (Fig. 4.5): tale operazione consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche nei confronti della pericolosità di un sito e, nella sua forma più comune, è espressa in magnitudo e distanza (M - R), permettendo così di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M . In altri termini tale processo fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito in oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso ⁽⁵⁾.

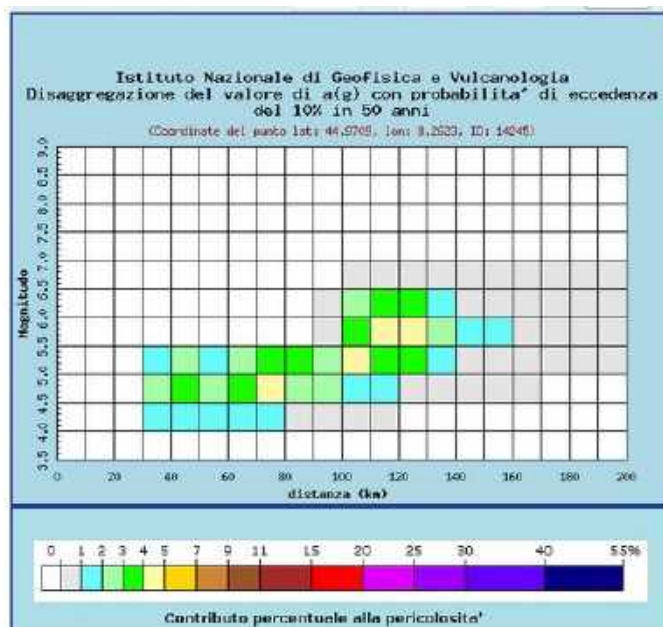


Fig. 4.5 – Grafico rappresentante la disaggregazione della pericolosità sismica per il sito in esame (estratta dal Progetto DPC-INGV S1).

I risultati evidenziano come ci siano scarse probabilità che nelle vicinanze del sito possano attendersi terremoti di media e forte intensità: nel dettaglio i valori medi sono di un evento con

⁽⁵⁾ Spallarossa D., Barani S., 2007. Disaggregazione alla pericolosità sismica in termini M - R -c. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D14, <http://esse1.mi.ingv.it/d14.html>.

magnitudo $M=5,310$ con epicentro a distanza $R=96,300$ km.

Da quanto sopra esposto si può pertanto concludere come l'area in esame sia caratterizzata da bassa pericolosità sismica.

Nel prosieguo della presente relazione verrà definita l'azione sismica di progetto in termini di accelerazione massima attesa al suolo (a_{max}), in funzione delle caratteristiche stratigrafiche e topografiche del sito, al fine di definire i coefficienti sismici pseudo-statici (k_h e k_v) da utilizzare nelle verifiche di sicurezza per tener conto della risposta sismica locale in termini di amplificazione degli effetti inerziali dovuti al sisma.

4.3 - Definizione dell'azione sismica di progetto

Nel presente paragrafo verrà valutata la pericolosità sismica di base del sito in esame che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche secondo quanto riportato nella normativa vigente, rappresentata dalle N.T.C./18.

La pericolosità sismica di base del sito viene definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa al sito (a_g) in condizioni di campo libero e su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

La pericolosità sismica di un sito è 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 N.T.C./18, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato "periodo di riferimento" V_R e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" P_{VR} .

Il periodo di riferimento si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U secondo la relazione 2.4.1 delle N.T.C./18 di seguito riportata:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

La V_N dell'opera in progetto può essere ricavata dalla Tab. 2.4.I delle N.T.C./18 di seguito riportata:

TIPI DI COSTRUZIONE		VALORI MINIMI DI V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Non sono da considerarsi temporanee le costruzioni o parti di esse che possono essere smantellate con l'intento di essere riutilizzate. Per un'opera di nuova realizzazione la cui fase di costruzione sia prevista in sede di progetto di durata pari a P_N , la vita nominale relativa a tale fase di costruzione, ai fini della valutazione delle azioni sismiche, dovrà essere assunta non inferiore a P_N e comunque non inferiore a 5 anni.

Le verifiche sismiche di opere di tipo I o in fase di costruzione possono omettersi quando il progetto preveda che tale condizione permanga per meno di 2 anni.

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Il valore di C_U è definito al variare della classe d'uso dell'opera secondo la Tab. 2.4.II delle N.T.C./18:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
--------------	---	----	-----	----

STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI GEOLOGIA	Pierpaolo Sutura Sardo & Luca Gravina
Via De Amicis n° 1 – 14100 Asti (AT)	Tel. – Fax 0141/436555 – 33814

COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0
Per le costruzioni a servizio di attività a rischio di incidente rilevante si adotteranno valori di C_U anche superiori a 2, in relazione alle conseguenze sull'ambiente e sulla pubblica incolumità determinate dal raggiungimento degli stati limite.				

Il valore di P_{VR} cui riferirsi per individuare l'azione sismica di progetto varia, in funzione degli stati limite considerati, secondo quanto espresso nella Tab. 3.2.I delle N.T.C./18 che viene di seguito riportata:

STATI LIMITE		P_{VR}
Stati limite di esercizio	<i>SLO (Stato Limite di Operatività)</i>	81%
	<i>SLD (Stato Limite di Danno)</i>	63%
Stati limite ultimi	<i>SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita)</i>	10%
	<i>SLC (Stato Limite di prevenzione del Collasso)</i>	5%

Come precedentemente riportato, ai fini della determinazione delle azioni sismiche nei modi previsti dalle N.T.C./18, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido, con superficie topografica orizzontale ed in condizioni di assenza di manufatti. Le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di riferimento, per una fissata P_{VR} , si ritengono individuate quando se ne conosca l'accelerazione massima ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione.

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

- a_g = accelerazione massima al sito;
- 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.

Le condizioni del sito di riferimento rigido in generale non corrispondono a quelle effettive. È necessario, pertanto, tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale, cioè l'azione sismica quale emerge in "superficie" a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili a categorie definite (cfr. Tab. 3.2.II delle N.T.C./18), si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione di valori di velocità di propagazione delle onde di taglio V_S .

I valori di V_S sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, limitatamente all'approccio semplificato di cui sopra e con giustificata motivazione, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito (ad es. prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e prove penetrometriche statiche per i terreni a grana fina).

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (m/s), definita dall'espressione:

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

dove:

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

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella seguente tabella (cfr. Tab. 3.2.II delle N.T.C./18).

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

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

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

Le categorie topografiche definite dalla normativa vengono classificate come segue (cfr. Tab. 3.2.III delle N.T.C./18).

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 $i > 30^\circ$.

Le suesposte 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 30 m.

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

A questo punto è possibile calcolare l'accelerazione massima attesa al sito (a_{\max}) tramite la seguente formula:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

S = $S_s \cdot S_T$: coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione

$$S = S_s \cdot S_T$$

essendo S_s il coefficiente di amplificazione stratigrafica (cfr. Tab. 3.2.IV delle N.T.C./18) e S_T il coefficiente di amplificazione topografica (Tab. 3.2.V delle N.T.C./18).

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

CATEGORIA TOPOGRAFICA	UBICAZIONE DELL'OPERA O DELL'INTERVENTO	S_T
T1	–	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Sulla base di quanto previsto dalla normativa precedentemente riportata si può assumere:

V_N = **≥ 50 anni**;
 C_U = **1,0** (considerando una **classe d'uso II**).

Da quanto esposto si ricava:

$$V_R = 50$$

Per il caso in esame si farà riferimento all'approccio semplificato previsto dalla normativa vigente (cfr. § 3.2.2 delle N.T.C./18), in quanto le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono ben riconducibili alle suesposte categorie.

Per l'attribuzione alla categoria di sottosuolo ci si è basati su preesistenti indagini eseguite dallo scrivente Studio Tecnico Associato in terreni ricadenti in ambiti geologici e geotecnici analoghi.

Utilizzando l'espressione sopra riportata (cfr. § 3.2.2 delle N.T.C./18) viene definito un sottosuolo appartenente alla **Categoria D**.

Per quanto concerne la categoria topografica il sito può essere ricompreso nella **Categoria T1**.

I dati ricavati dalle analisi precedenti sono stati inseriti nel software "Spettri-NTC ver. 1.03" del C.S.LL.PP. che fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontale e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio italiano individuato tramite le coordinate geografiche che per il sito in esame sono:

COORDINATE GEOGRAFICHE (gradi decimali)	
λ (longitudine)	ϕ (latitudine)
8,290491	44,949363

I risultati delle elaborazioni del software per il sito così definito vengono di seguito riportati:

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F_o (-)	T_c^* (s)
SLO	30	0,016	2,595	0,161
SLD	50	0,020	2,573	0,182
SLV	475	0,041	2,675	0,290
SLC	975	0,050	2,741	0,304

A questo punto è possibile calcolare l'accelerazione massima attesa al sito (a_{max}) utilizzando i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica che per il caso in esame possono essere assunti pari a:

$$S_S = 1,80;$$

$$S_T = 1,00.$$

Dai calcoli risulta:

STATO LIMITE	SLO	SLD	SLV	SLC
a_{max}	0,029	0,036	0,074	0,090

Infine è possibile calcolare i coefficienti sismici orizzontale (k_h) e verticale (k_v) applicando all'accelerazione massima attesa al sito un coefficiente di riduzione (β_s) che assume i valori di cui alla Tab. 7.11.I ed al paragrafo 7.11.3.5.2 delle N.T.C./18, come di seguito riportato:

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Utilizzando l'appropriato valore del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito in funzione dei valori di $a_g(g)$ e della categoria di sottosuolo, i coefficienti sismici k_h e k_v assumono i valori riportati nella tabella seguente:

STATO LIMITE	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0,0058	0,0072	0,0148	0,0180
k_v	$\pm 0,0029$	$\pm 0,0036$	$\pm 0,0074$	$\pm 0,0090$

4.4 - Stabilità nei confronti della liquefazione

Con il termine *liquefazione* si intendono quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, a seguito di sollecitazioni da parte di azioni cicliche e dinamiche in condizioni non drenate.

Le N.T.C./18 richiedono esplicitamente la verifica della suscettibilità del terreno alla liquefazione al fine di valutare l'influenza di tale fenomeno sulla stabilità dei pendii e/o dei manufatti e di conseguenza prevedere le opportune soluzioni progettuali.

Viene altresì previsto che la verifica a liquefazione possa essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c., per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 1,80 \text{ kg/cm}^2$, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (S.P.T.) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 1 kg/cm^2 (100 kPa) e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (C.P.T.) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 1 kg/cm^2 (100 kPa);
4. distribuzione granulometrica esterna ai fusi granulometrici suscettibili di liquefazione (cfr. § 7.11.3.4.2 delle N.T.C./18).

In tali casi viene prescritto che qualora la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche debbano essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4.

Qualora non risultasse soddisfatta alcuna delle condizioni di cui sopra ed il terreno comprendesse strati estesi o lenti di sabbie sciolte sotto falda, sarà indispensabile valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

Per il caso in esame la verifica a liquefazione può essere esclusa in quanto risulta soddisfatta la condizione del punto 1 di cui sopra.

5 - GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Nell'ambito del progetto di cui alla presente è prevista la produzione di terre e rocce da scavo le quali dovranno essere gestite nel rispetto della normativa vigente in materia (D.P.R. 13/06/2017 n° 120); questa definisce le terre e rocce da scavo così come segue:

... il suolo escavato derivante da attività finalizzate alla realizzazione di un'opera, tra le quali: scavi in genere (sbancamento, fondazioni, trincee); perforazione, trivellazione, palificazione, consolidamento; opere infrastrutturali (gallerie, strade); rimozione e livellamento di opere in terra. Le terre e rocce da scavo possono contenere anche i seguenti materiali: calcestruzzo, bentonite, polivinilcloruro (PVC), vetroresina, miscele cementizie e additivi per scavo meccanizzato, purché le terre e rocce contenenti tali materiali non presentino concentrazioni di inquinanti superiori ai limiti di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, per la specifica destinazione d'uso; ...

Ne consegue come i materiali di cui al progetto rientrino tra quelli definibili come terre e rocce da scavo.

Per tali materiali la normativa prevede due possibili classificazioni:

- ⇒ rifiuti – di conseguenza i materiali rientrano nell'ambito di applicazione della parte IV del D.Lgs. 03/04/2006 n° 152 e s.m.i. e dovranno essere smaltiti in apposito impianto autorizzato;
- ⇒ sottoprodotti – di conseguenza i materiali potranno essere utilizzati presso il sito di produzione o presso un sito di utilizzo, diverso da quello di produzione, per realizzare reinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, ripristini e miglioramenti ambientali ecc. oppure in processi produttivi in sostituzione dei materiali da cava.

Secondo quanto riportato all'art. 4, comma 2, del D.P.R. 120/2017 ai fini di poter essere classificate come sottoprodotto, le terre e rocce da scavo dovranno rispettare una serie di requisiti, così come di seguito riportato:

Ai fini del comma 1 e ai sensi dell'articolo 183, comma 1, lettera qq), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, le terre e rocce da scavo per essere qualificate sottoprodotti devono soddisfare i seguenti requisiti:

- a) *sono generate durante la realizzazione di un'opera, di cui costituiscono parte integrante e il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;*
- b) *il loro utilizzo è conforme alle disposizioni del piano di utilizzo di cui all'art. 9 o della dichiarazione di cui all'art. 21, e si realizza:*
 - a. *nel corso dell'esecuzione della stessa opera nella quale è stato generato o di un'opera diversa, per la realizzazione di reinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, miglioramenti fondiari o viari, recuperi ambientali oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali;*
 - b. *in processi produttivi, in sostituzione di materiali di cava;*
- c) *sono idonee ad essere utilizzate direttamente, ossia senza ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;*
- d) *soddisfano i requisiti di qualità ambientale espressamente previsti dal Capo II o dal Capo III o dal Capo IV del presente regolamento, per le modalità di utilizzo specifico di cui alla lettera b).*

Per quanto concerne l'utilizzo di tale materiale quale sottoprodotto, i più recenti disposti normativi, esplicitati all'interno dell'art. 2 "Definizioni" del D.P.R. 13/06/2017 n°120, definiscono:

(...omissis...)

- t) *«cantiere di piccole dimensioni»: cantiere in cui sono prodotte terre e rocce da scavo in quantità non superiori a seimila metri cubi, calcolati dalle sezioni di progetto, nel corso di attività e interventi autorizzati in base alle norme vigenti, comprese quelle prodotte nel corso di attività o opere soggette a valutazione d'impatto ambientale o ad autorizzazione integrata ambientale di cui alla Parte II del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152;*
- u) *«cantiere di grandi dimensioni»: cantiere in cui sono prodotte terre e rocce da scavo in quantità superiori a seimila metri cubi, calcolati dalle sezioni di progetto, nel corso di attività o di opere soggette a procedure di valutazione di impatto ambientale o ad autorizzazione integrata ambientale di cui alla Parte II del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152;*
- v) *«cantiere di grandi dimensioni non sottoposto a VIA o AIA»: cantiere in cui sono prodotte terre e rocce da scavo in quantità superiori a seimila metri cubi, calcolati dalle sezioni di progetto, nel corso di attività o di opere non soggette a procedure di valutazione di impatto ambientale o ad autorizzazione integrata ambientale di cui alla Parte II del decreto legislativo 3 aprile 2006 n. 152;*

STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI GEOLOGIA	Pierpaolo Sutura Sardo & Luca Gravina
Via De Amicis n° 1 – 14100 Asti (AT)	Tel. – Fax 0141/436555 – 33814

(...omissis...)

L'opera in oggetto rientra tra quelle di cui al precedente punto t) e pertanto i materiali da scavo, qualora non vengano gestiti quali rifiuti, potranno essere utilizzati direttamente nel sito di produzione, ai sensi dell'art. 185, comma 1, lett. c), del D.Lgs. 152/2006, oppure in siti diversi da quello di produzione, ai sensi dell'art. 184-bis dello stesso decreto.

Si ricorda che per usi in siti diversi da quello di produzione si dovrà rispettare quanto prescritto al Capo III "Terre e rocce da scavo prodotte in cantieri di piccole dimensioni", Artt. 20 e 21 del D.P.R. 13/06/2017 n°120.

Art. 20 "Ambito di applicazione":

1. *Le disposizioni del presente Capo si applicano alle terre e rocce da scavo prodotte in cantieri di piccole dimensioni, come definiti nell'articolo 2, comma 1, lettera t), se, con riferimento ai requisiti ambientali di cui all'articolo 4, il produttore dimostra, qualora siano destinate a recuperi, ripristini, rimodellamenti, riempimenti - ambientali o altri utilizzi sul suolo, che non siano superati i valori delle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con riferimento alle caratteristiche delle matrici ambientali e alla destinazione d'uso urbanistica del sito di destinazione, e che le terre e rocce da scavo non costituiscono fonte diretta o indiretta di contaminazione per le acque sotterranee, fatti salvi i valori di fondo naturale.*

(...omissis...)

Art. 21 "Dichiarazione di utilizzo per i cantieri di piccole dimensioni":

1. *La sussistenza delle condizioni previste dall'articolo 4, è attestata dal produttore tramite una dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà resa ai sensi dell'articolo 47 del decreto del Presidente della Repubblica 28 dicembre 2000, n. 445, con la trasmissione, anche solo in via telematica, almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori di scavo, del modulo di cui all'allegato 6 al comune del luogo di produzione e all'Agenzia di protezione ambientale territorialmente competente. Nella dichiarazione il produttore indica le quantità di terre e rocce da scavo destinate all'utilizzo come sottoprodotti, l'eventuale sito di deposito intermedio, il sito di destinazione, gli estremi delle autorizzazioni per la realizzazione delle opere e i tempi previsti per l'utilizzo, che non possono comunque superare un anno dalla data di produzione delle terre e rocce da scavo, salvo il caso in cui l'opera nella quale le terre e rocce da scavo qualificate come sottoprodotti sono destinate ad essere utilizzate, preveda un termine di esecuzione superiore.*
2. *La dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà di cui al comma 1, assolve la funzione del piano di utilizzo di cui all'articolo 2, comma 1, lettera f).*
3. *Nel caso di modifica sostanziale dei requisiti di cui all'articolo 4, il produttore aggiorna la dichiarazione di cui al comma 1 e la trasmette, anche solo in via telematica, al comune del luogo di produzione e all'Agenzia di protezione ambientale territorialmente competente. Decorsi 15 giorni dalla trasmissione della dichiarazione aggiornata, le terre e rocce da scavo possono essere gestite in conformità alla dichiarazione aggiornata. Costituiscono modifiche sostanziali quelle indicate all'articolo 15, comma 2. Qualora la variazione riguardi il sito di destinazione o il diverso utilizzo delle terre e rocce da scavo, l'aggiornamento della dichiarazione può essere effettuato per un massimo di due volte, fatte salve eventuali circostanze sopravvenute, impreviste o imprevedibili.*
4. *I tempi previsti per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti possono essere prorogati una sola volta e per la durata massima di sei mesi, in presenza di circostanze sopravvenute, impreviste o imprevedibili. A tal fine il produttore, prima della data di scadenza del termine di utilizzo indicato nella dichiarazione, comunica al comune del luogo di produzione e all'Agenzia di protezione ambientale territorialmente competente, il nuovo termine di utilizzo, motivando le ragioni della proroga.*
5. *Le attività di scavo e di utilizzo sono effettuate in conformità alla vigente disciplina urbanistica e di tutela della salute e sicurezza dei lavoratori.*
6. *Fermi restando i compiti di vigilanza e controllo stabiliti dalle norme vigenti, le Agenzie di protezione ambientale territorialmente competenti effettuano, secondo una programmazione annuale, le ispezioni, i controlli, i prelievi e le verifiche necessarie ad accertare il rispetto degli obblighi assunti nella dichiarazione di cui al comma 1. L'onere economico derivante dallo svolgimento delle attività di controllo è a carico del produttore. I controlli sono disposti anche con metodo a campione o in base a programmi settoriali, per categorie di attività o nelle situazioni di potenziale pericolo comunque segnalate o rilevate.*
7. *L'autorità competente, qualora accerti l'assenza dei requisiti di cui all'articolo 4, o delle circostanze sopravvenute, impreviste o imprevedibili di cui ai commi 3 e 4, dispone il divieto di inizio ovvero di prosecuzione delle attività di gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti.*

Nell'ambito del progetto di cui alla presente, i materiali da scavo prodotti verranno riutilizzati in sito al fine della sistemazione plano-altimetrica dell'area circostante gli interventi.

6 - CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI TECNICHE

Lo scopo del presente elaborato è stato quello di valutare la compatibilità geomorfologica, litostratigrafica e sismica delle opere edilizie in progetto, rappresentate dalla realizzazione di una cabina Enel sita nel Comune di Castagnole Monferrato (AT) in Loc. Sarazzeno.

Dalle indagini eseguite si è tratto quanto segue:

- Relazione Geologica – il sito è ubicato nel settore collinare a SW del territorio comunale lungo il fondovalle del Rio di Quarto, in sponda sinistra, colmato da depositi alluvionali tardo-pleistocenici ed olocenici; i rilievi che costituiscono l'ossatura di tale settore collinare sono costituiti dai terreni sabbiosi pliocenici in facies di astiano (*Sabbie di Asti*), mentre alla base, affiorano i depositi marini pliocenici in facies di piacentiano (*Argille di Lugagnano*). Per quanto concerne la *pericolosità geomorfologica* il rilevamento di terreno e l'insieme dei dati bibliografici reperiti non hanno evidenziato particolari criticità. Il sito non risulta vulnerabile ai dissesti di versante in quanto si colloca ben distante da quest'ultimi, mentre per quanto riguarda i processi legati al reticolato idrografico, si sottolinea che il comparto in oggetto insiste in sponda sinistra orografica del Rio di Quarto ma esternamente la fascia di esondabilità, per tale motivo gli elaborati al P.R.G.C. inseriscono l'areale in una classe a moderata pericolosità geomorfologica (cfr. Cap. 1).
- Caratterizzazione e Modellazione Geotecnica – per la caratterizzazione dell'assetto litostratigrafico e geoidrologico si sono utilizzati i dati in possesso dello scrivente Studio Tecnico rappresentati da un buon numero di indagini geognostiche eseguite in terreni analoghi: generalmente si individua uno strato sommitale limoso-argilloso ed uno sottostante a granulometria più grossolana costituito da sabbie con limo; al di sotto si riscontra il substrato pliocenico argilloso-marnoso, attribuibile alla formazione delle *Argille di Lugagnano* (cfr. § 3.1). Dal punto di vista geoidrologico i depositi alluvionali sono sede di una falda superficiale ospitata nelle frazioni più grossolane; dai dati in possesso dello scrivente studio il livello della falda dovrebbe attestarsi tra i 5 ed i 7 m dal p.c. (cfr. § 3.2).
- Risposta sismica locale – il sito in esame ricade in un'area classificata, secondo la normativa vigente (D.G.R. n° 6-887 del 30/12/2019), in zona sismica 4; nel Capitolo 4 sono stati ricavati, mediante software dedicato, i valori di accelerazione sismica massima (a_{max}) attesa al sito: tali valori risultano particolarmente ridotti a testimoniare la bassa sismicità dell'area. Nei riguardi della *stabilità nei confronti della liquefazione* le N.T.C./18 richiedono esplicitamente la verifica della suscettibilità del terreno alla liquefazione al fine di valutare l'influenza di tale fenomeno sulla stabilità dei pendii e/o dei manufatti e di conseguenza prevedere le opportune soluzioni progettuali. Per il caso in esame la verifica a liquefazione può essere omessa in quanto risulta soddisfatta la condizione di cui al punto 1 del § 7.11.3.4.2 delle N.T.C./18 (cfr. § 4.4).
- Gestione delle terre e rocce da scavo – come indicato nel Cap. 5, che riporta in sintesi la complessa ed articolata normativa vigente, le terre e rocce da scavo saranno utilizzate in sito ai sensi dell'art. 185, comma 1, lett. c), del D.Lgs. 152/2006, per le sistemazioni plano-altimetriche dell'area.

Sulla base dei rilievi e delle analisi condotte si può concludere come non si siano rilevati elementi ostativi la realizzazione degli interventi oggetto della presente: le opere in progetto si possono ritenere compatibili con l'assetto geologico, litostratigrafico e con la sismicità dell'area nel rispetto degli accorgimenti tecnici forniti nel seguito del presente elaborato. In merito alla verifica

del dimensionamento delle fondazioni della struttura esistente si rimanda alle opportune verifiche di sicurezza (cfr. § 6.2.4 delle N.T.C./18) che dovranno essere effettuate dal progettista in concomitanza con i calcoli delle strutture.

6.1 - Prescrizioni ed accorgimenti tecnici al fine della minimizzazione del rischio

- ✓ Interazione strutture-terreno – l'assetto litostratigrafico riportato nel paragrafo 3.1 e la tipologia degli interventi in progetto consigliano di utilizzare fondazioni superficiali del tipo a platea o reticolo di travi saldamente collegate tra loro. Le fondazioni dovranno essere dimensionate tenendo conto dei valori caratteristici dei parametri geotecnici e dovranno essere ben immorsate in uno strato con caratteristiche fisico-meccaniche omogenee. Si precisa che la presente relazione costituisce la relazione geologica e la caratterizzazione geotecnica prescritte dal D.M. 17/01/2018 e pertanto non sono state eseguite le verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese (cfr. § 6.2.4 delle N.T.C./18) che dovranno essere condotte in concomitanza con i calcoli strutturali.
- ✓ Regimazione delle acque – sarà indispensabile prevedere la realizzazione di un accurato sistema drenante che consenta lo smaltimento delle acque di scorrimento superficiale e di gronda dall'intera area di intervento, in modo da evitare fenomeni di ristagno che provocherebbero la saturazione dei terreni con conseguente decremento dei valori dei parametri geotecnici. Tutte le acque captate dal sistema drenante prescritto dovranno essere convogliate lontano dal sito, tramite eventuali canalizzazioni, senza recare danno ai lotti circostanti.