Localizzazione:

REGIONE LIGURIA

PROVINCIA DI SAVONA

COMUNE DI CAIRO MONTENOTTE E CITTA' DI SAVONA

Committente:

SOIMAR ENERGY Srl

Oggetto:

PARCO EOLICO LOCALITA' SURITE DEL CUCULO

INDAGINI IN SITU E DI LABORATORIO
GEOLOGIA TECNICA ED AMBIENTALE

Studio associato dr. Michele De Ruvo e dr. Pier Augusto Favole:
Vicolo Salzea n.24 - 10028 TROFARELLO (TO)
Tel. e fax 011-6490619
www.srg-geologiatecnica.it srg@fastwebnet.it

Elaborato:

STUDIO GEOLOGICO-TECNICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE

Timbro e firma:

Richiedente:	Revisione n.	Riferimenti:	Data emissione:
		15-15/10-1082/dr	10/03/15

La riproduzione, anche parziale, del presente elaborato mediante mezzi elettronici, meccanici o altri non è consentita senza autorizzazione scritta dell'autore. Ogni abuso sarà perseguito a termini di legge.

INDICE

1 PREMESSA 2
2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 2
3 RIFERIMENTI NORMATIVI 2
4 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO 3
5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO 4
6 LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI 4
6.1 Lineamenti geomorfologici generali 5
6.2 Litologia 5
6.2.1 Basamento litoide 5
6.2.2 Terreni di copertura 6
6.3 Dinamica torrentizia 7
6.4 Assetto idrogeologico 8
6.5 Normativa sismica 8
7 ANALISI DATI GEOLOGICI DI ARCHIVIO E REGIME VINCOLISTICO 9
7.1 Studi ed indagini geologiche riportate dal P.R.G.C. di Savona - Torre 1 10
7.1.1 Carta geologica 10
7.1.2 Carta geomorfologica 10
7.1.3 Carta di zonizzazione e suscettibilità d'uso del territorio 11
7.1.4 Carta dei siti idonei all'utilizzo delle energie rinnovabili – Eolico al suolo 12
7.2 Studi ed indagini geologiche riportate dal P.R.G.C. di Cairo Montenotte -Torre 2 . 13
7.2.1 Carta geologica 13
7.2.2 Carta geomorfologica 13
7.2.3 Carta di zonizzazione e suscettibilità d'uso del territorio 14
7.3 Cartografia del Piano di Assetto Idrogeologico P.A.I. 15
7.4 Cartografia del Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico (P.T.C.P.) regionale16
7.5 Cartografia dei Piani di Bacino 16
7.5.1 Bacino del Bormida di Mallare 17
7.5.2 Bacino del Letimbro 17
8. INDAGINI IN SITO 18
8.1 Indagini in sito dirette 18
8.2. Indagini indirette di tipo geofisico 19
9 ASSETTO MORFOLOGICO E LITOSTRATIGRAFICO DELLE AREE D'INTERVENTO 21
9.1 Aerogeneratore T1 21
9.1.1 Assetto morfologico 21
9.1.2 Assetto litostratigrafico 21
9.1.3 Assetto sismico 21
9.1.4 Considerazioni tecniche 22
9.2 Aerogeneratore T2 23
9.2.1 Assetto morfologico 23
9.2.2 Assetto litostratigrafico 23
9.2.3 Assetto sismico 24

9.2.4 Considerazioni tecniche 24
9.3 Interventi di adeguamento piste di accesso alle piazzole 25
9.3.1. Tratto da S.P. 12 a sito T1 25
9.3.2. Tratto da Bivio Sella a sito T2 25
9.4 Infrastrutture e cavidotti 26
9.5 Stoccaggio provvisorio terreni di risulta scavi 26
10 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE 27
10.1 Terreni di copertura 27
10.2 Livello di Alterazione del substrato 27
10.3 Substrato roccioso 28
11 PROGRAMMA INDAGINI INTEGRATIVE 29

Tavole e Allegati

Tavola 1: Carta geologica di dettaglio, con ubicazione strutture, viabilità ed infrastrutture - scala 1:5000

Tavola 2: Carta geomorfologica e dei vincoli

Tavola 3A: Sito Torre eolica T1:
Ubicazione indagini in sito su rilievo topografico (1), sezioni geologiche interpretative (2 a-b), stratigrafie pozzetti esplorativi (3 a-b-c), diagrammi prove SCPT (4 a-b) e documentazione fotografica (4c), MASW rilievo ed elaborazione (5)

Tavola 3B: Sito Torre eolica T2
Ubicazione indagini in sito su rilievo topografico (1), sezioni geologiche interpretative (2 a-b), stratigrafie pozzetti esplorativi (3 a-b-c), diagrammi prove SCPT (4 a-b) e documentazione fotografica (4c), MASW rilievo ed elaborazione (5)

Tavola 4: Documentazione fotografica
Torre T1 (1)
Torre T2 (2)
Percorso Infrastrutture (3)

1 PREMESSA

La presente relazione illustra le risultanze degli studi e delle indagini geologico–tecniche eseguite pre la progettazione definitiva, su incarico della SOIMAR ENERGY srl, nell'ambito nel progetto per la realizzazione di un impianto eolico costituito da 2 aerogeneratori, entrambi posti a Nord della località denominata "Surite del Cuculo", a cavallo tra i comuni di Cairo Montenotte e Savona. Nel progetto si prevede altresì l'esecuzione di lavori di movimento terra (sbancamenti e riporti) per l'ampliamento o la realizzazione di alcuni tratti dei sentieri di accesso ai futuri siti,

L'indagine è stata eseguita al fine di verificare la fattibilità degli interventi con particolare riferimento all'assetto morfologico locale ed alle condizioni di stabilità dei luoghi. Nel corso dello studio sono stati analizzati gli aspetti di carattere geologico, geomorfologico, idrogeologico e geologico-tecnico delle aree e dei settori interessati dagli interventi, per definire l'assetto morfologico e litostratigrafico dei settori ove sorgeranno le centrali e per fornire indicazioni in merito agli accorgimenti tecnici da adottarsi per il corretto inserimento delle opere nel contesto geologico locale.

Lo studio è stato condotto mediante rilievi e prove in sito, tenendo conto di quanto desumibile nella letteratura scientifica e della documentazione di archivio nel seguito elencata:

- Studi ed indagini geologiche riportate del P.R.G.C. del Comune di Cairo Montenotte;
- Studi ed indagini geologiche riportate del P.R.G.C. del Comune di Savona;
- Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici del P.A.I. (F. 229 SEZ. IV);
- Cartografie di Piano della Provincia di Savona e della Regione Liguria.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il settore ove è prevista la collocazione degli aerogeneratori si estende a NordEst del Bivio Sella e della Strada Provinciale S.P. n.12 Savona-Altare, in corrispondenza del bivio con la Strada Provinciale S.P. n.36 Bragno-Ferrania, posto a metà strada tra le progressive chilometriche km 23 e 24, all'interno del territorio amministrativo dei comuni di Cairo Montenotte e Savona.

Il primo dei siti dei due aerogeneratori è previsto a Nord ed in adiacenza al bivio suddetto, in prossimità del Bric della Sella, mentre il secondo sito è previsto più a NordEst, tra lo stesso Bric della Sella ed il Bric Lavesino.

Si tratta di un settore di territorio posto in corrispondenza dello spartiacque tra i Bacini del Bormida di Mallare e del T. Letimbro e, dal punto di vista topografico, interamente compreso nella Sezione 229013 della Carta Tecnica Regionale ligure (Fig.1).

3 RIFERIMENTI NORMATIVI

Lo studio è stato realizzato in osservanza delle normative di seguito elencate:

- D.M. 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- L.R. n. 4/1999 - "Norme in materia di foreste e di assetto idrogeologico" e s.m.i. e relativo "Regolamento delle prescrizioni di massima e di polizia forestale";
- D.G.R. n. 1308 del 24/10/2008 – "O.P.C.M. 3519/2006 - Nuova classificazione sismica del territorio della Liguria".

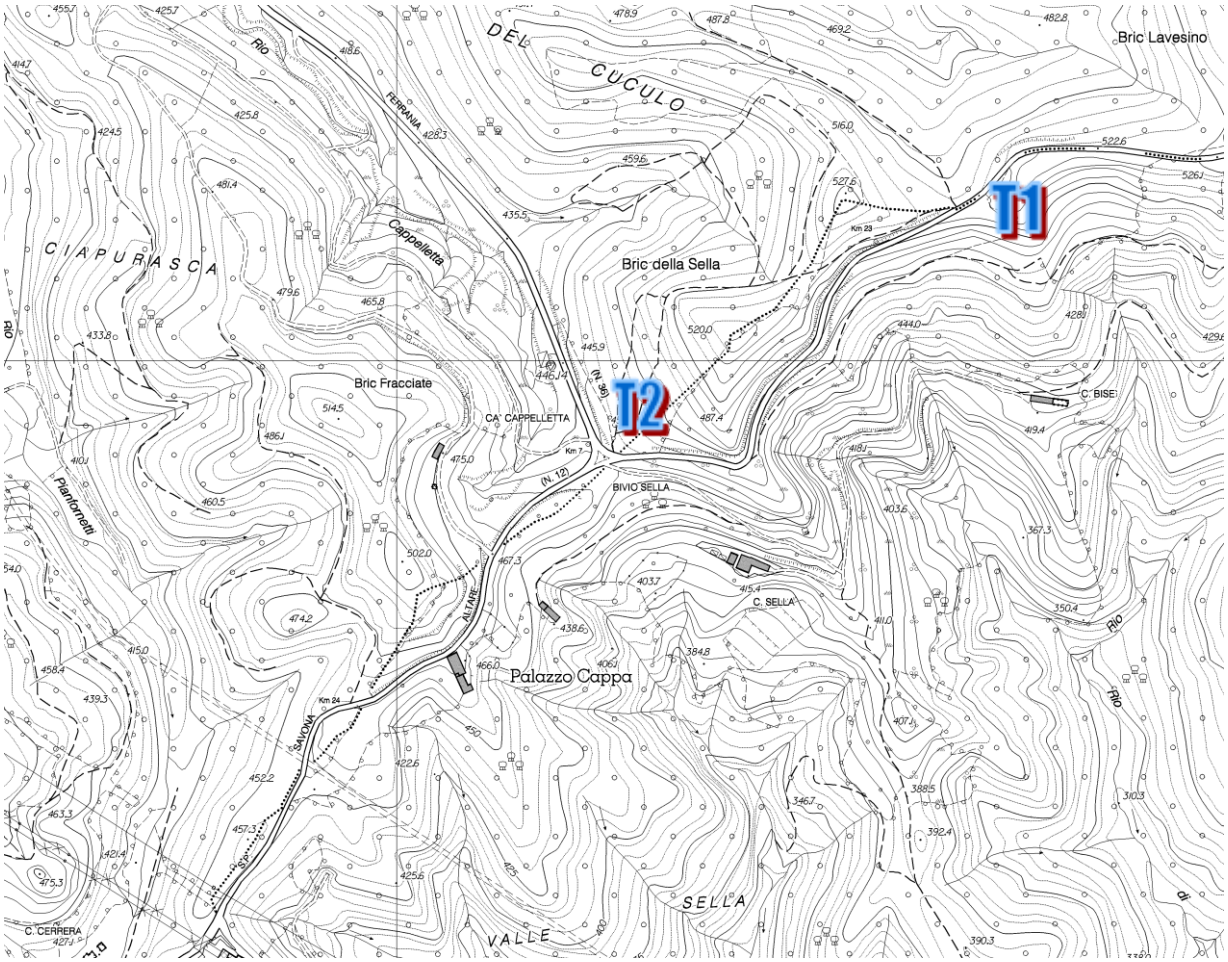


Fig. 1 – Corografia dell'area indagata con ubicazione degli aerogeneratori (T1 e T2) ed indicazione del tracciato stradale (CTR Sez. 229013 – fuori scala)

4 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Nell'area di interesse è in progetto la realizzazione di un Parco eolico composto da n. 2 aerogeneratori da 2.5 MW ciascuno di potenza e dei servizi e delle infrastrutture a corredo. In particolare:

- aerogeneratore denominato provvisoriamente T1, localizzato in una delle coste collinari ortogonali a quella principale del Bric Sella, in corrispondenza delle coordinate WGS84-UTM T32 E = 448710 e N = 4912174;
- aerogeneratore denominato provvisoriamente T2, localizzato nell'area del Bric Sella, in prossimità del Bivio omonimo, in corrispondenza delle coordinate WGS84-UTM T32 E = 448244 e N = 4911923.

L'altezza degli stessi è pari a 90 m (altezza mozzo) e la fondazione standard è costituita da una fondazione a piastra circolare di diametro pari a 16 m e da una piazzola che in fase di esercizio sarà indicativamente pari ad al massimo 20×20 m, mentre nella fase transitoria di costruzione sarà pari ad al massimo 40×25 m.

Si prevede di realizzare un accesso diretto dal Bivio Sella e di realizzare in prossimità dello stesso la piazzola necessaria per la fase transitoria relativa al montaggio.

Sarà inoltre necessaria la realizzazione dei cavidotti di consegna dell'energia prodotta, in particolare saranno necessarie n.3 tratte:

A. cabina di consegna presso T1 / cabina di consegna presso T2, con tracciato in trincea lungo il fianco Nord della S.P. 12 ed attraversamento in corrispondenza del Bivio Sella;
B. cabina di consegna presso T2 / cabina ENEL dalle Wagonette, con tracciato in trincea lungo il fianco Nord della S.P. 12;
C. T1 / cabina di consegna presso T1;
D. T2 / cabina di consegna presso T2.

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'ossatura geologica del settore interessano dagli interventi è costituita da terreni riferibili, dal punto di vista paleogeografico–strutturale, al cosiddetto *"Bacino Terziario Ligure-piemontese"*, sovraimposto al substrato cristallino rappresentato dal *"Zona Brianzonese"* e/o dalla *"Serie di Montenotte"*. La successione sedimentaria Terziaria è rappresentata in zona dalla *"Formazione di Molare"*, e risulta essere trasgressiva sul substrato roccioso formato dal Massiccio cristallino della Zona Brianzonese, con la locale interposizione di lembi alloctoni, di origine appenninica, appartenenti alla Falda di Montenotte.

Detti terreni sono distinti, nel foglio 81 (Ceva) della Carta Geologica d'Italia, come "Formazione di Molare" (Oligocene) e gruppo del "Cristallino Savonese" (Carbonifero e Pre-Carbonifero). Le rocce che costituiscono la prima sono rappresentate da conglomerati arenacei, mentre la seconda è costituita in zona prevalentemente da gneiss, migmatiti e scisti filladici di origine metamorfica.

A livello locale, la superficie di contatto tra le due formazioni risulta avere geometria alquanto variabile, in quanto relativa ad una sedimentazione di ingresso ("trasgressione") marina su un cosiddetto "paesaggio relitto", cioè con superficie non regolare, a causa di una morfologia di tipo "continentale" e subaerea, di tipo roccioso.

Le orientazioni della tessitura e della scistosità del substrato cristallino risultano generalmente molto disperse a causa della genesi mediante granitizzazione (ricristallizzazione e deformazione intensa) di precedenti sedimenti clastici o addirittura della loro cataclasizzazione; detto complesso risulta inoltre interessato da diffuse faglie normali, attive generalmente nell'Oligocene.

A livello superficie è presente una sottile coltre di depositi detritico-alluvionali o fluviali del Quaternario.

I dati geologici di base sono stati desunti fogli 81 (Ceva) della *Carta Geologica d'Italia* alla scala 1/100.000 con le relative note illustrative e dal volume N. 2 *Alpi Liguri* delle *Guide Geologiche Regionali* (AAVV, 1994. BE-MA editrice) e dagli allegati geologici ai vigenti P.U.C. (più oltre dettagliati ed esposti in estratto).

6 LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

Viene di seguito descritto l'assetto morfologico generale del settore d'intervento, con particolare riferimento ai processi morfo-dinamici che lo caratterizzano ed alla litologia del basamento roccioso e dei terreni di copertura ivi presenti.

Per quanto concerne l'assetto morfologico dei settori ove si svilupperanno gli aerogeneratori o le vie di accesso agli stessi ed ai tronchi di strada interessati dai futuri sottoservizi, si rimanda ai successivi e specifici capitoli e paragrafi (cfr. § 9), ove saranno analizzate le problematiche relative a detti interventi.

6.1 Lineamenti geomorfologici generali

Il settore ove saranno realizzati gli aerogeneratori si sviluppa sulla zona di crinale di una dorsale costituente lo spartiacque tra i bacini delle valli del Torrente Bormida di Mallare, di pertinenza idraulica piemontese, e del Torrente Letimbro, di pertinenza ligure.

Nel tronco in esame, il crinale si sviluppa a quote comprese tra 450 e 530 m s.l.m. ed è caratterizzato da un profilo ondulato piuttosto articolato, per la fitta alternanza di piccole valli, dorsi collinari e fasce di raccordo, relative ad una reticolato idrografico di tipo giovanile, ancora in rapida evoluzione.

Nel settore a Nord ed Ovest del Bivio Sella esistono due incisioni vallive di rilievo, con direzione NNW-SSE: quella del Rio della Cappelletta che, partendo dallo stesso Bivio segue la S.P. 36 Bragno-Ferrania verso quest'ultima località e divide il Bric Fracciate ad Ovest dal Bric della Sella ad Est, ed il Rio di Pianfornetti, che costituisce il limite Ovest della zona di interesse, che si avvicina alla S.P. 12 procedendo in direzione Altare.

Il crinale di separazione tra i bacini a vergenza piemontese e ligure è nella zona in oggetto posto a cavallo della stessa S.P. n.12 Savona-Altare, e presenta generalmente un profilo trasversale ampio ed arrotondato e si raccorda ai versanti con cambi di pendenza poco marcati verso NordOvest e più accentuati verso SudEst.

I fianchi della dorsale collinare di interesse, quella del Bric della Sella, sono caratterizzati da uno sviluppo altimetrico di 500 m circa e, nelle parti media ed inferiore, presentano una configurazione articolata, in grande, in un'alternanza di dorsali e valloni secondari. Questa morfologia risulta meno marcata in prossimità del crinale, ove il reticolo idrografico non è ancora sviluppato.

Nella parte superiore del versante occidentale della dorsale è evidente un rimodellamento di matrice antropica, rappresentato da una successione di terrazzamenti, generalmente prativi, che ricoprono un settore limitato tra il Bivio Sella e la Cà Cappelletta. Detti terrazzamenti, probabilmente realizzati ed utilizzati in passato per scopi agronomici, sono caratterizzati da ampiezza media, dell'ordine di una decina di metri e delimitati da scarpate con altezza generalmente non superiore a 2 m. Sul versante SudEst del Bivio Sella, l'incidenza del modellamento antropico risulta meno accentuata e i terrazzamenti sono localizzati solo nella fascia più prossima alla non lontana galleria ferroviaria della Sella.

6.2 Litologia

6.2.1 Basamento litoide

Il basamento litoide è in tutti i siti e settori di interesse affiorante o subaffiorante. Esso è rappresentato da rocce riferibili a due principali gruppi: il "*Massiccio del Cristallino Savonese"*, parte della cosiddetta "*Zona Alpina Brianzonese"*, e l'unità sedimentaria denominata "*Formazione di Molare"*, corrispondenti a due diverse origini genetiche, oltre che caratterizzate da differenti caratteristiche geologiche, tessiturali e, soprattutto ai fini del presente progetto, meccaniche.

Il gruppo di rocce facenti parte del Massiccio del Cristallino savonese è rappresentato n zona dai seguenti litotipi:

- Migmatiti di Nucetto: costituiti da embrechiti occhiadine prevalentemente quarzoso-sericitiche, di colore grigio-chiaro, con grandi porfiroblasti di feldspato e con struttura generalmente cataclastica; talora sono presenti livelli di quarziti e quarzoscisti, nonché "septa" di anfiboliti (età Carbonifero medio);
- Formazione del Santuario di Savona: costituita da scisti filladici quarzoso-sericitici talora cloritici e sovente grafitici, di colore grigio-verde, brunastro o plumbeo; sono presenti con una certa frequenza intercalazioni o lenti di prasiniti anfiboliche minute, laminate o si ritrovano

come “septa” all’interno delle Migmatiti di Nucetto (età Carbonifero superiore?-Permiano inferiore);

- Formazione di Molare: conglomerato poligenico, solitamente con elementi di diametro massimo 10 cm ma superiori al metro, soprattutto al contatto con il basamento pre Cenozoico; si intercalano lenti arenaceo-sabbiose o marnoso-sabbiose e talora calcaree nella parte inferiore della Formazione; i depositi di tale Formazione sono comunemente considerate espressione di *fan deltas* di scarpata continentale, successivi alla ingressione marina sul basamento cristallino (età Oligocene – spessore 40-150 m).

Le prime due sono caratterizzate da scistosità poco pronunciata ed appaiono di norma mediamente fratturate o cataclasizzate. I conglomerati della Formazione di Molare formano bancate di spessore da metrico a decametrico, verosimilmente corrispondenti ad una pseudostratificazione (Fig. 2), e sono stratigraficamente sovrastanti le formazioni cristalline.

Le rocce in facies sedimentaria della Formazione di Molare costituiscono gli affioramenti della maggior parte dell’area in esame ad eccezione del margine occidentale della stessa, in corrispondenza della parte ovest del Bric Fracciate e verso l’impluvio del Rio di Pianfornetti: in questa zona, infatti, gli affioramenti sono costituiti dalle sopraccitate embrechiti occhiadine chiare e dagli scisti filladici grigio-verde scuro, appartenenti alle Migmatiti di Nucetto o alla Formazione del Santuario di Savona, che stratigraficamente sono collocate al tetto delle prime.

In considerazione della morfologia piuttosto irregolare dell’area d’intervento, caratterizzata spesso dalla presenza di scarpate frequentemente artificiali, più raramente naturali e/o pareti rocciose, il basamento litoide è spesso osservabile in affioramenti puntuali con dimensioni molto ridotte e, solo in corrispondenza del versante SudEst del Bric della Sella e del Bric Lavesino (F. di Molare) o in prossimità del Rio di Pianfornetti (F. del Santuario di Savona) gli affioramenti diventano areali e di dimensioni decametriche. Detti affioramenti, in particolare, sono concentrati in corrispondenza della rete viaria primaria (strade provinciali) e secondaria, solo di tipo carrabile o pedonale.

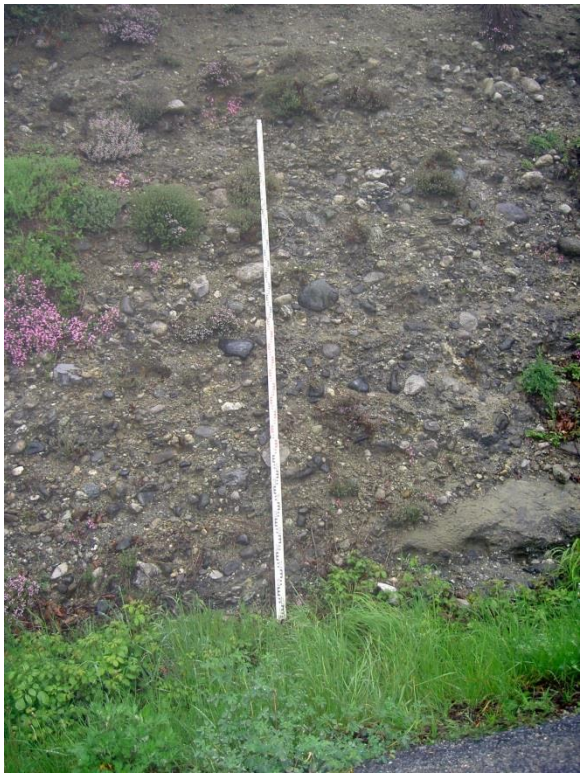


Fig. 2 – Affioramento di conglomerati arenacei - Formazione di Molare

6.2.2 Terreni di copertura

I terreni di copertura corrispondono a depositi detritico–eluviali derivanti dalla degradazione chimico–fisica del substrato litoide. Dal punto di vista tessiturale e soprattutto nel caso dei terreni di

copertura su substrato sedimentario della Formazione di Molare, sono riferibili a materiali mediamente grossolani, costituiti da scheletro di clasti a pezzatura da piccola a grande (Ømax 60 cm) in matrice sabbioso–limosa, talora (soprattutto nell'area del Bric Fracciate) di aspetto terroso, con pietrisco.

Lo spessore della coltre formata da questi terreni risulta molto ridotto (<0,5 m) in corrispondenza delle zone sommitali delle dorsali collinare o del crinale, come desumibile dai diffusi affioramenti rocciosi lungo sentieri o carrarecce (foto n. 9 in Tav.4-2), mentre lo spessore della coltre di terreni di copertura aumenta generalmente in prossimità sia del ciglio delle scarpate che di valle ove raggiunge probabilmente valori dell'ordine di 2-3 m, in corrispondenza dei terrazzamenti realizzati mediante movimenti terra.

6.3 Dinamica torrentizia

Nell'area d'intervento, che si sviluppa lungo un crinale, e nel suo intorno significativo è presente un reticolo idrografico di tipo giovanile, caratterizzato da una notevole gerarchizzazione pur all'interno di un areale limitato. Sono presenti in particolare le testate sia del Rio di Pianfornetti che del Rio Cappelletta, affluenti del Torrente Bormida di Mallare, e quindi di pertinenza piemontese, che del Rio Cornare-Rio Rise, nonché del Rio della Miniera, affluenti del Torrente Letimbro, di pertinenza ligure.

Il drenaggio delle acque è riconducibile essenzialmente alle precipitazioni zenitali ed avviene di norma per infiltrazione nel sottosuolo o per ruscellamento superficiale diffuso e/o concentrato.

Il reticolo idrografico è rappresentato da numerose piccole incisioni contraddistinte da profilo di fondo generalmente ripido e percorse da deflussi a carattere non perenne. Si tratta di corsi d'acqua caratterizzati da regimi dei deflussi tipicamente torrentizi con riattivazioni improvvise, talora accompagnate da violenta attività erosiva, a causa delle pendenze mediamente elevate dei pendii e delle dimensioni relativamente piccole dei bacini imbriferi.

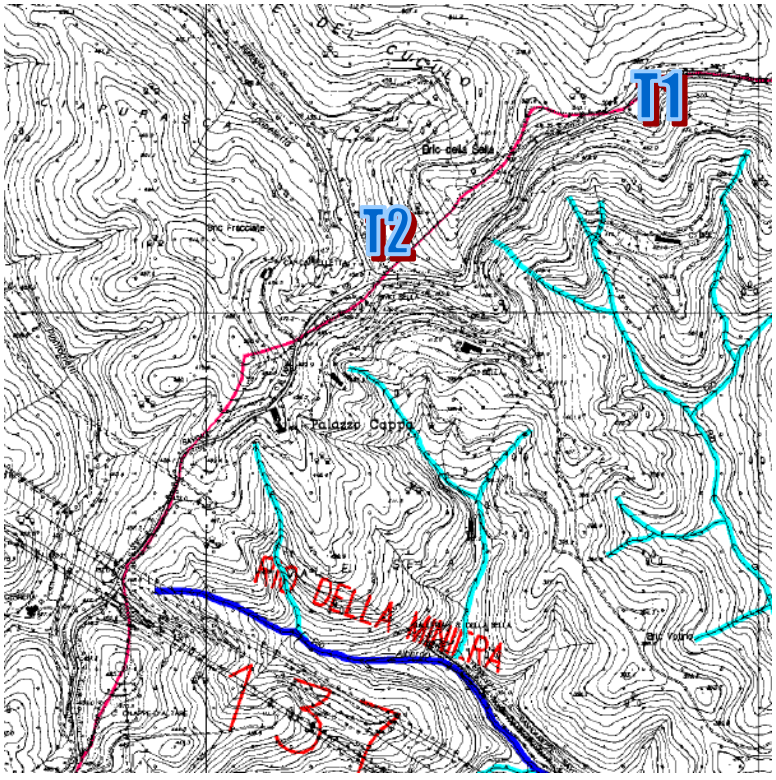


Fig. 3 – Reticolato idrografico T. Bormida di Mallare e T. Le timbro (azzurro-blu)

Corso d'acqua iscritto nell'elenco delle acque pubbliche della Provincia di Savona (fonte: D.R. 1107/1941 e D.P.R. 30061954)

122 Numerazione edenominazione corso d'acqua come da elenco del D.R. 1107/1941 e del D.P.R. 30061954

Il valore di ufficialita' puo' essere attribuito unicamente all'elenco delle acque pubbliche del territorio della Provincia di Savona pubblicato sulla G.U. n. 244 del 15/10/1941 ed integrato con D.P.R. del 30/06/1954

Corsi d'acqua demaniali e/o aventi significativa rilevanza idraulica (fonte: Regione Liguria - Cartografia Catastale 1:5000)

Perimetro dei laghi

Limite di bacino

T1 Aerogeneratori (posizione prevista)

Si fa presente, in proposito, che nelle aree d'intervento, caratterizzata da superficie boschiva o, in minor parte, ricoperta da distese prative, non si rinvengono indizi di processi erosivi superficiali da parte di acque di dilavamento.

6.4 Assetto idrogeologico

Nel settore d'intervento, che si sviluppa in corrispondenza delle due dorsali del Surite del Cuculo-Bric della Sella e di Recrovo, l'assetto morfologico risulta complessivamente poco favorevole all'esistenza di un'importante circolazione idrica sotterranea. In considerazione dello spessore ridotto o molto ridotto della coltre di terreni di copertura, le eventuali acque di percolazione presenti in questo settore circolerebbero superiormente all contatto tra substrato roccioso e copertura e, più limitatamente, nell'ammasso roccioso la cui permeabilità, mediamente bassa, varia in funzione del grado di fratturazione.

Nel corso dei rilevamenti di campagna eseguiti, non è stata rilevata la presenza di sorgenti sui pendii in un intorno significativo delle aree d'intervento.

In base a quanto riportato negli elaborati relativi alle indagini geologiche degli strumenti urbanistici sia del Comune di Cairo Montenotte sia del Comune di Savona, non è altresì segnalata la presenza di sorgenti o di emergenze idrica captate o non captate. Tenuto conto dell'assetto morfologico e della profondità ridotta degli scavi previsti in progetto, è presumibile che gli interventi in progetto comportino interferenze limitate o assenti con il circuito idrico e/o la zone di alimentazione e ricarica.

Ai sensi della vigente normativa regionale sul vincolo idrogeologico, L.R. n. 4/1999 - "Norme in materia di foreste e di assetto idrogeologico e s.m.i. (in particolare art. 15 della L.R. 28/12/2009 n.63) gli interventi in progetto sono soggetti ad autorizzazione, non essendo possibile utilizzare le deroghe previste per interventi "di modesta entità", quali quelli per movimenti terra inferiori a 100 m^3, un'altezza di scavo inferiore a 2 m o una superficie impermeabilizzata non superiore al 10% del lotto.

6.5 Normativa sismica

Il territorio comunale di Savona, su cui insiste il sito di progetto T1, si caratterizza per un livello di sismicità basso.

Secondo la classificazione sismica dell'intero territorio nazionale di cui alla O.P.C.M. n.3274/2003 e la nuova classificazione sismica dei comuni della Regione Liguria di cui alla D.G.R. 1308/2008, il comune di Cairo Montenotte rientra nel grado più basso tra quelli compresi nell'O.P.C.M. del 2003 ed in particolare nella ***Zona sismica n. 4****:* a tale classificazione corrisponde un valore dell'accelerazione orizzontale massima del suolo (frazione dell'accelerazione di gravità con probabilità di superamento del 10 % in 50 anni) $\mathbf{a_g}$ inferiore a **0.05g**.

Un maggior dettaglio sulla ***Pericolosità sismica di base*** si ottiene utilizzando la normativa recentemente entrata in vigore, compresa nelle "Norme tecniche per le costruzioni" (D.M. 14/1/08) che, sulla base dei parametri di input quali le Coordinate geografiche del sito (per agganciarsi a 4 punti del reticolo di riferimento nazionale è stato utilizzato in questa fase un valore baricentrico rispetto agli interventi in progetto), Vita nominale, Classe d'uso e Vita di riferimento (sopra riportati), consente di ricavare i seguenti valori dei parametri sismici di base per i diversi Stati limite previsti:

Stato Limite		P_{VR}	T_R	a_g	F_o	T_C*
SLE	Operatività	81%	30	0,187	2,58	0,16
	Danno	63%	35	0,203	2,57	0,17
SLU	Salv. Vita	10%	332	0,489	2,60	0,29
	Collasso	5%	682	0,622	2,65	0,32

Sulla base dei parametri riportati in tabella nonché sulla base dell'individuazione della categoria di sottosuolo mediante le indagini geofisiche effettuate in sito, la parametrizzazione sismica del sito verrà successivamente completata con l'individuazione del valore dello Spettro di risposta elastica del terreno (S) e dei valori di T_B, T_C, T_D, F_V.

Il territorio comunale di Cairo Montenotte, su cui insiste il sito di progetto T2, si caratterizza anch'esso per un livello di sismicità basso.

Secondo la classificazione sismica dell'intero territorio nazionale di cui alla O.P.C.M. n.3274/2003 e la nuova classificazione sismica dei comuni della Regione Liguria di cui alla D.G.R. 1308/2008, il comune di Savona rientra nel grado più basso tra quelli compresi nell'O.P.C.M. del 2003 ed in particolare nella ***Zona sismica n. 4****:* a tale classificazione corrisponde un valore dell'accelerazione orizzontale massima del suolo (frazione dell'accelerazione di gravità con probabilità di superamento del 10 % in 50 anni) $\mathbf{a_g}$ inferiore a **0.05g**.

Un maggior dettaglio sulla ***Pericolosità sismica di base*** si ottiene utilizzando la normativa recentemente entrata in vigore, compresa nelle "Norme tecniche per le costruzioni" (D.M. 14/1/08) che, sulla base dei parametri di input quali le Coordinate geografiche del sito (per agganciarsi a 4 punti del reticolo di riferimento nazionale è stato utilizzato in questa fase un valore baricentrico rispetto agli interventi in progetto), Vita nominale, Classe d'uso e Vita di riferimento (sopra riportati), consente di ricavare i seguenti valori dei parametri sismici di base per i diversi Stati limite previsti:

Stato Limite		P_{VR}	T_R	a_g	F_o	T_C*
SLE	Operatività	81%	30	0,187	2,58	0,16
	Danno	63%	35	0,203	2,57	0,17
SLU	Salv. Vita	10%	332	0,491	2,60	0,29
	Collasso	5%	682	0,624	2,64	0,32

Sulla base dei parametri riportati in tabella nonché sulla base dell'individuazione della categoria di sottosuolo mediante le indagini geofisiche effettuate in sito, la parametrizzazione sismica del sito verrà successivamente completata con l'individuazione del valore dello Spettro di risposta elastica del terreno (S) e dei valori di T_B, T_C, T_D, F_V.

7 ANALISI DATI GEOLOGICI DI ARCHIVIO E REGIME VINCOLISTICO

Ai fini di un corretto inquadramento delle problematiche geologiche dei settori di interesse si sono acquisiti i dati geologici di archivio ed il regime vincolistico ad essi relativo, tenuto conto di quanto desumibile nella letteratura scientifica e della documentazione ufficialmente disponibile, nel seguito elencata:

- Studi ed indagini geologiche riportate del P.R.G.C. del Comune di Cairo Montenotte, datato luglio 1994 ed aggiornato nel marzo 2002;
- Studi ed indagini geologiche riportate del P.R.G.C. del Comune di Savona, datato aprile – maggio 2011;

- Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici del P.A.I. (F. 229 SEZ. IV), aggiornamento disponibile on-line;
- Cartografie di Piano della Provincia di Savona e della Regione Liguria, aggiornamento disponibile on-line.

7.1 Studi ed indagini geologiche riportate dal P.R.G.C. di Savona - Torre 1

7.1.1 Carta geologica

Nell'ambito di tale Carta (fig. 5) è segnalata per la maggior parte del settore di interesse la presenza in affioramento, nei tratti di dorsale, dei conglomerati della Formazione di Molare (in giallo) con diffusa copertura quaternaria in corrispondenza degli impluvi.

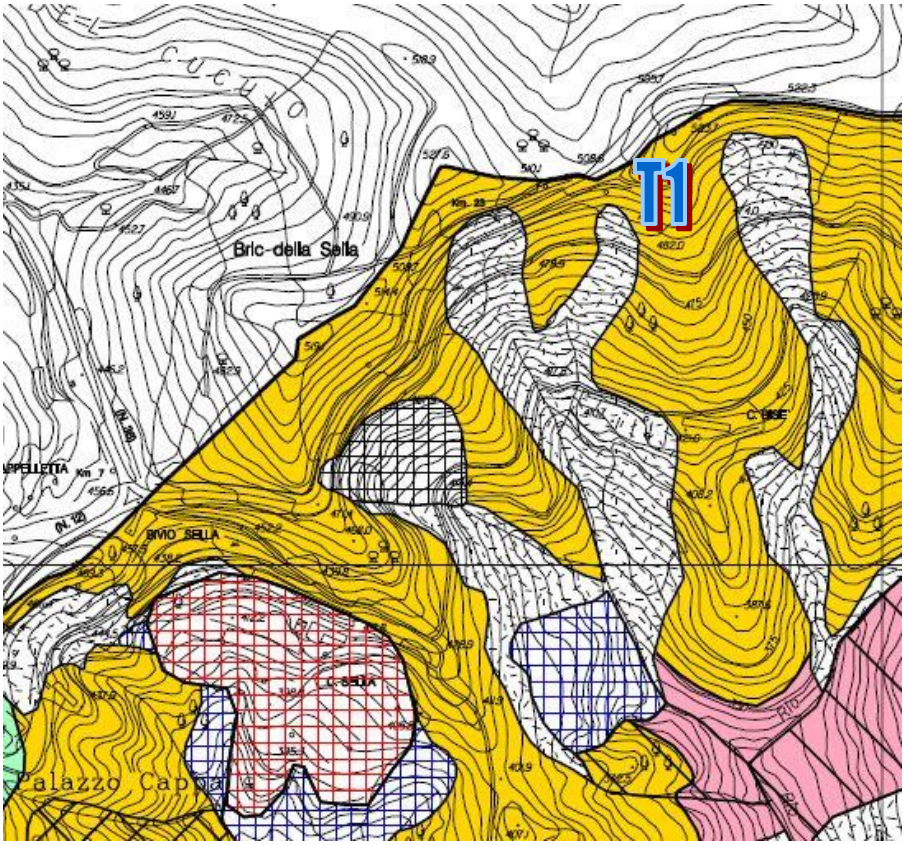


Fig. 5
Estratto Carta geologica di P.R.G.C. di Savona – Tav. G7_2
con indicazione delle opere in progetto – non in scala

T1 aerogeneratori (posizione prevista)

7.1.2 Carta geomorfologica

Nell'ambito di tale Carta (fig.6) è segnalata il settore di interesse la presenza di versanti con coltri di copertura comprese tra 2 e 5 m (viola).

Non è segnalata in sito alcuna *"frana attive",* sono invece cartografate immediatamente in adiacenza ed a valle della parte Sud del Bric della Sella alcune frane attive (p.es. il grande affioramento della Formazione di Molare a SudEst del Bric della Sella è cartografato tra i *versanti con franosità attuale superficiale, puntuale e diffusa, attiva*).

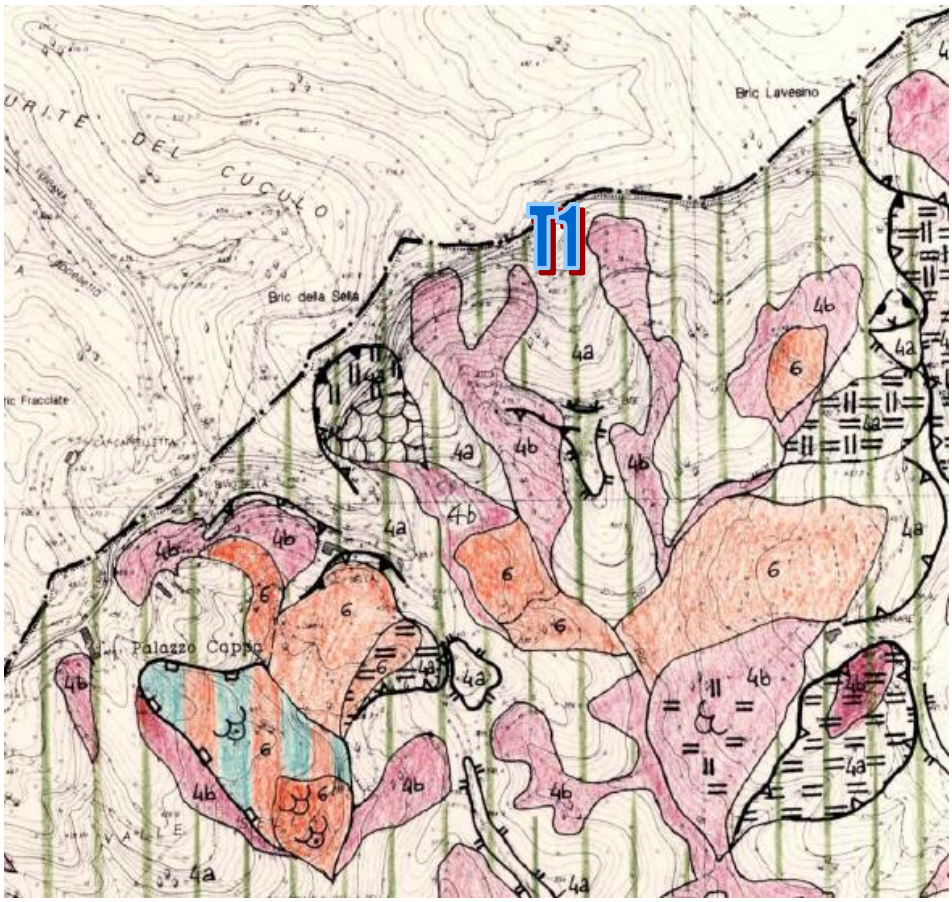


Fig. 6
Estratto Carta geomorfologica di P.R.G.C. di Savona – Tav. G2_1, con indicazione delle opere in progetto – non in scala

aerogeneratori (posizione prevista)

coltri di spessore sottile e medio (rigato) o medio-elevato (rosa)

versanti con franosità attuale superficiale, puntuale e diffusa, attiva (segno verticale) o fossile (orizzontale)

7.1.3 Carta di zonizzazione e suscettibilità d'uso del territorio

Nell'ambito di tale Carta (fig.7) il settore di interesse fa parte della *Classe A1* relativa ad *"Aree con ampia suscettibilità d'uso, senza condizionamenti d'ordine geologico, se non per interventi di eccezionale incidenza sull'assetto attuale"*.

In tale carta non sono più segnalati come "dissesti attivi" le "frane attive non perimetrate" di cui alla Carta geomorfologica sopra descritta, ma l'area prossima al bivio è segnalata come *pg3b "Area a suscettività al dissesto elevata in assenza di fenomeni gravitativi "*.

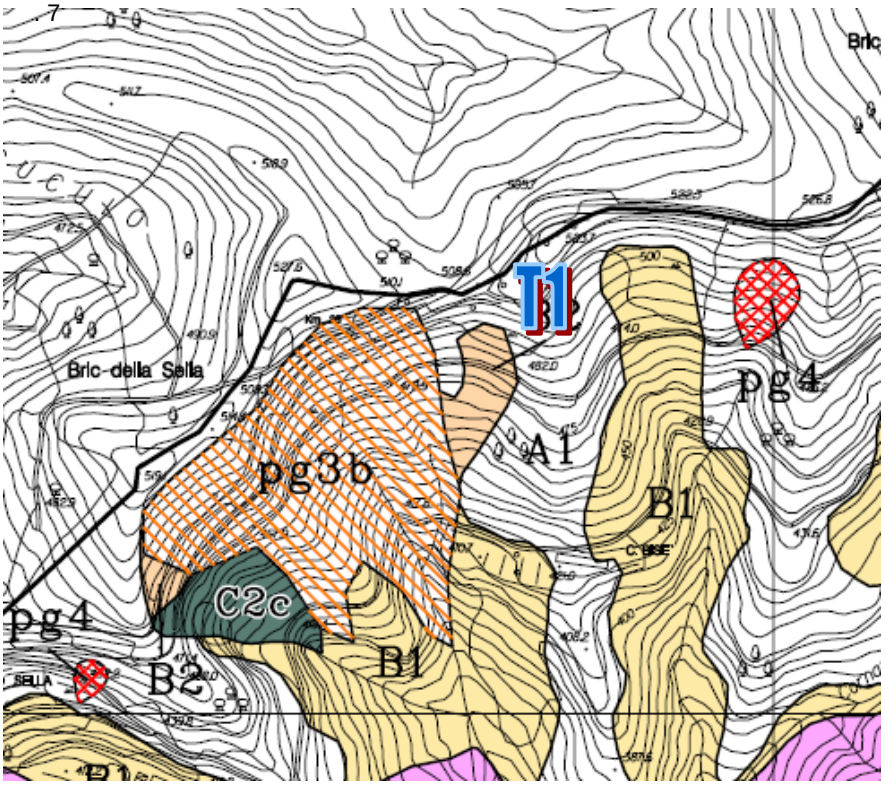


Fig. 7
Estratto Carta Zonizzazione geologica e suscettibilità d'uso del territorio di P.R.G.C. di Savona – Tav. G4a_2 con indicazione delle opere in progetto – non in scala

aerogeneratori (posizione prevista)

7.1.4 Carta dei siti idonei all'utilizzo delle energie rinnovabili – Eolico al suolo

Nell'ambito di tale Carta (St1 – All.5.2.2. di cui estratto in fig.8) il settore di interesse fa parte dei "Crinali paesaggisticamente rilevanti" non compresi nell'area S.I.C. (Siti di Interesse Comunitario) IT 1322326 denominata "Foresta di Cadibona".

Il sito di progetto fa parte dei settori con "vento utile" (8-11 m/s a 30 m dal suolo) e non è soggetto ad ulteriori limitazioni in quanto non compreso tra i punti, linee o aree non idonei all'installazione di impianti eolici di tipo industriale (D.G.R. 3/2009).

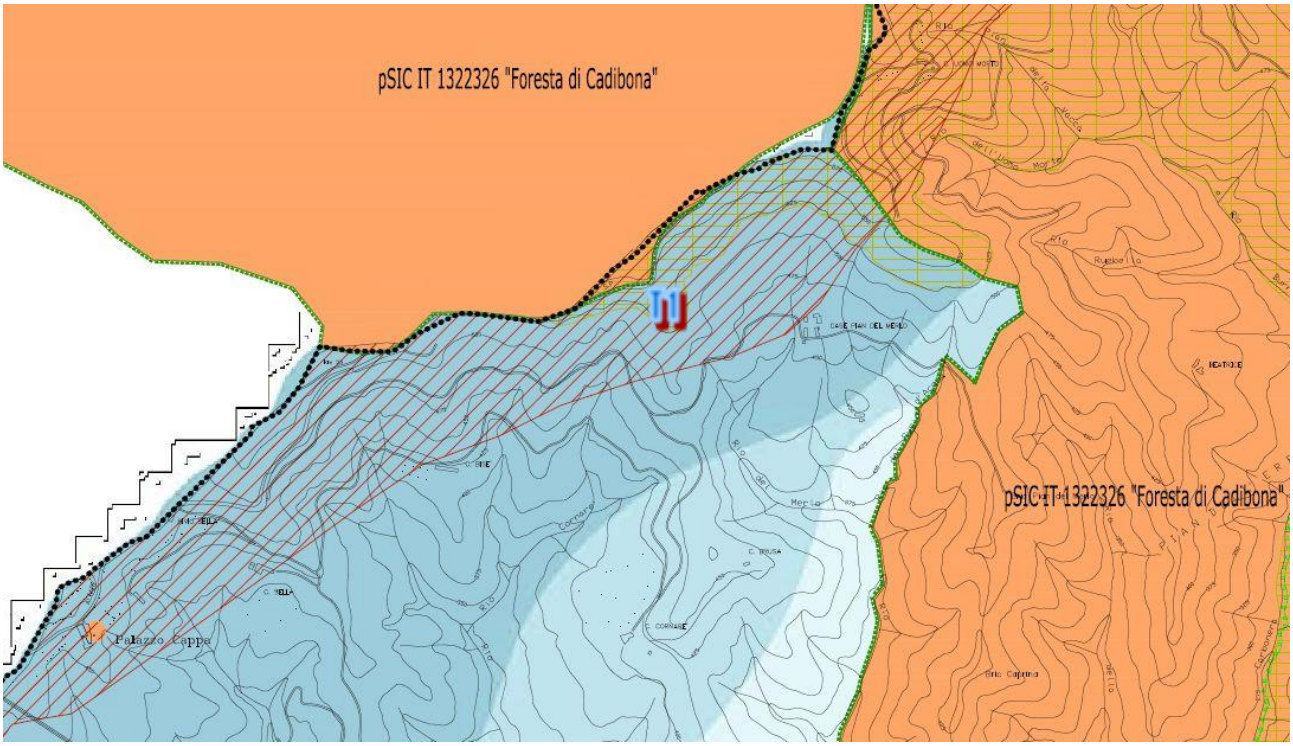


Fig. 8

Estratto Carta dei siti idonei all'utilizzo delle energie rinnovabili – Eolico al suolo - Tav. St1 – All.5.2.2. del P.R.G.C. di Savona, con indicazione delle opere in progetto – non in scala



7.2 Studi ed indagini geologiche riportate dal P.R.G.C. di Cairo Montenotte -Torre 2

7.2.1 Carta geologica

Nell'ambito di tale Carta (fig.9) è segnalata per la maggior parte dei settori di interesse la presenza dei conglomerati della Formazione di Molare (in verde), mentre il substrato cristallino è rappresentato dalle Migmatiti di Nucetto (in rosso), presenti a partire dal margine settentrionale della strada provinciale per Altare, a partire da Palazzo Cappa e sino alla linea delle wagonettes presso cui vi è il contato con la Formazione del Santuario di Savona, e lungo il corso del Rio di Pianfornetti, sino a mezza costa del Bric Fracciate.

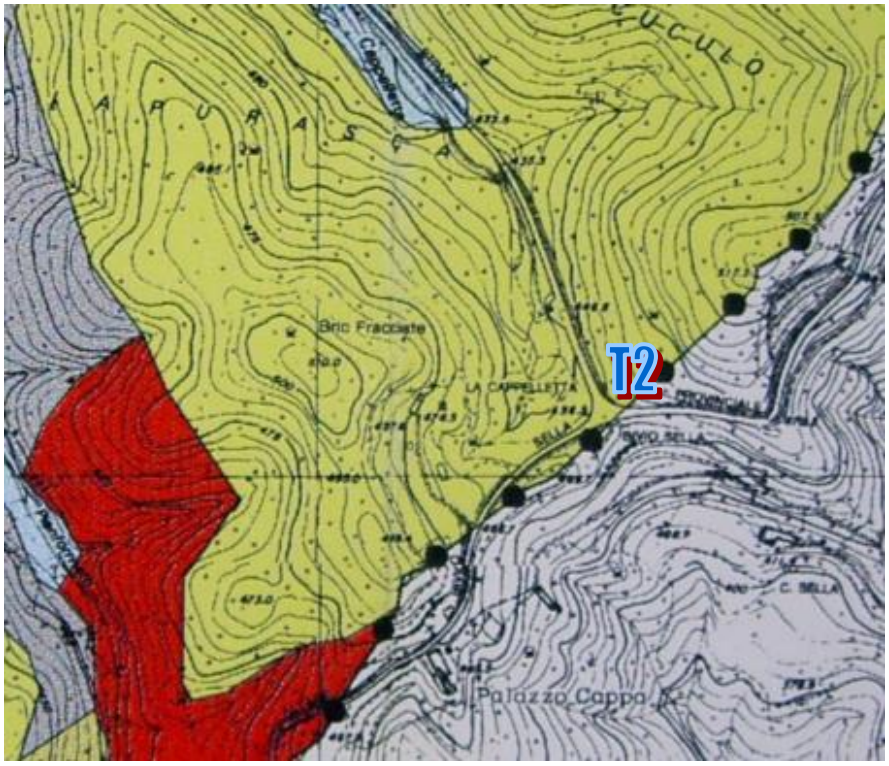


Fig. 9

Estratto Carta geologica di P.R.G.C. di Cairo Montenotte – Tav. 1.A
con indicazione delle opere in progetto – non in scala

T1 aerogeneratori (posizione prevista)

7.2.2 Carta geomorfologica

Nell'ambito di tale Carta (fig.10) è segnalata in tutti i settori di interesse la presenza di versanti con coltri di copertura comprese tra 2 e 5 m (verde chiaro), fatta eccezione per le aree pianeggianti degli alvei dei rii Pianfornetti e Cappellata (blu).

Sono inoltre segnalati due punti di *"frane attive non perimetrate"* (punto rosso): uno a Nord del Bivio Sella ed uno immediatamente in adiacenza ed a valle della parte Ovest dello stesso bivio: il primo dei due punti sembra essere stato cartografato con una posizione traslata a Sud di circa 20 m rispetto alla posizione reale cartografata durante il presente rilevamento (si veda Carta Geomorfologica in allegato – Tavola 2-110).

A SudOvest ed al di fuori della zona di interesse, in diversi tratti del versante occidentale del Bric Fracciate sono segnalati fenomeni erosivi legati a *"ruscellamento diffuso"* (segno rosso con vergenza a zig-zag).

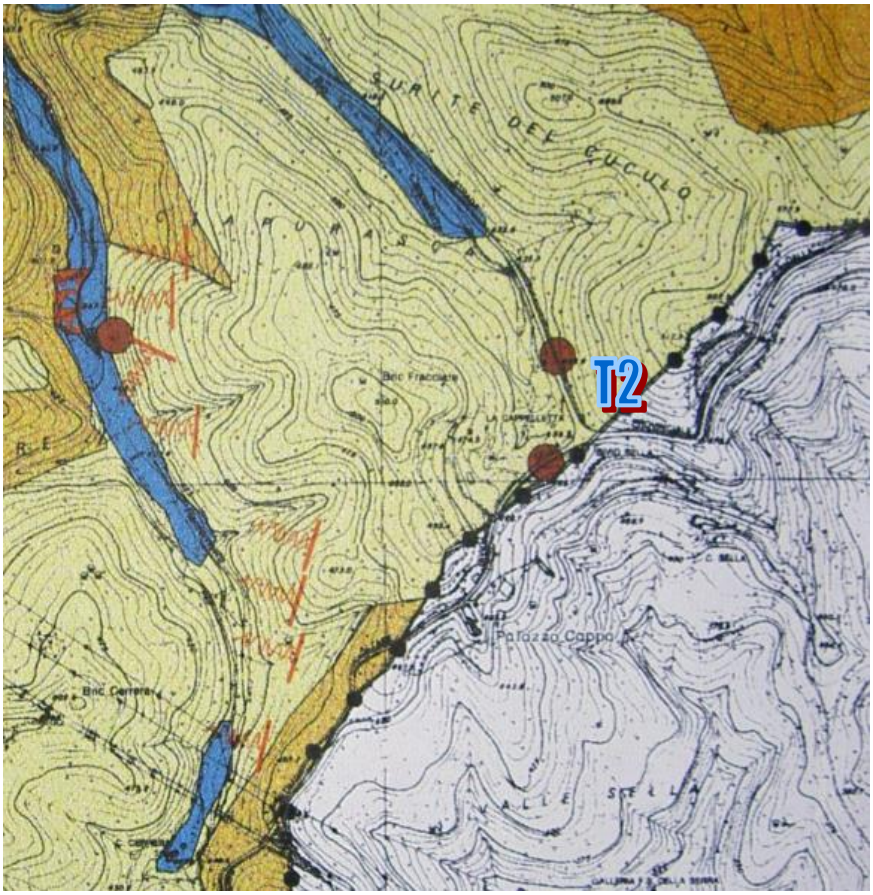
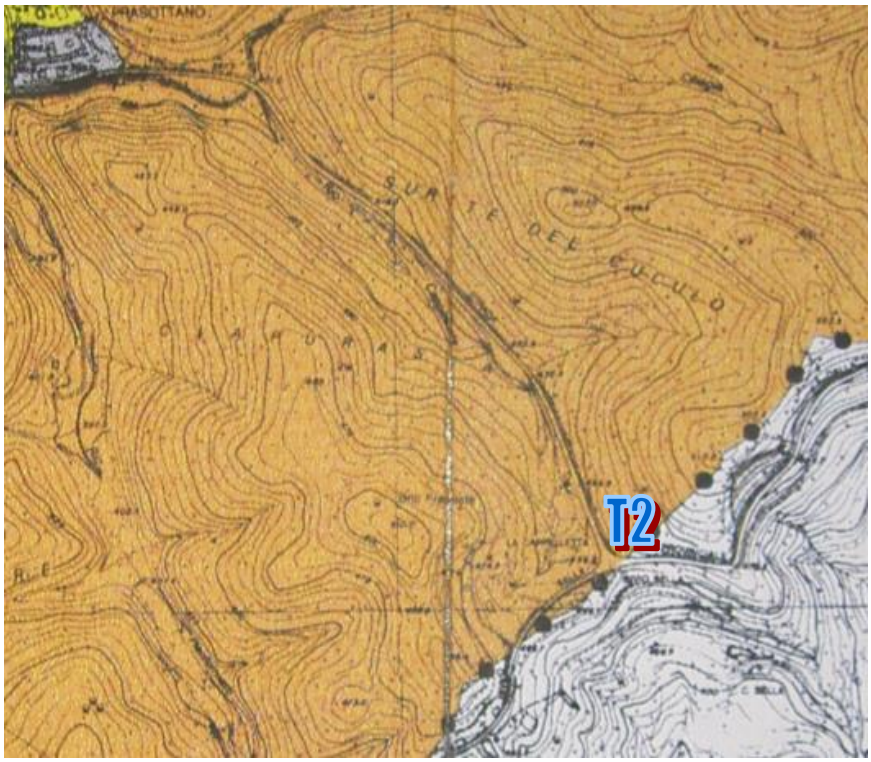


Fig. 10
Estratto Carta geomorfologica di P.R.G.C. – Tav. 2.A
con indicazione delle opere in progetto – non in scala

T2 aerogeneratori (posizione prevista)

7.2.3 Carta di zonizzazione e suscettibilità d'uso del territorio

Nell'ambito di tale Carta (tavola 4.A) tutti i settori di interesse fanno parte della ***Classe 4*** relativa ad *"Aree agricole e forestali con vincoli geologico tecnici dove sono consentiti esclusivamente interventi di piccola viabilità e costruzioni di volumetria limitata"* (colore arancio in Figura 11). In tale carta non sono più segnalati come "*dissesti attivi"* le *"frane attive non perimetrate"* di cui alla Carta geomorfologica sopra descritta.



Tale classificazione è volta a tutelare le prevalenti caratteristiche di qualità di tali settori forestali e tiene sicuramente conto della presenza del vincolo idrogeologico in tutta la zona della Sella e sino a Pra Sottano (Figura 10).

Fig. 11

Estratto Carta Zonizzazione ed suscettibilità d'uso del territorio di P.R.G.C. – Tav. 4 con indicazione delle opere in progetto – non in scala

T1 aerogeneratori (posizione prevista)

7.3 Cartografia del Piano di Assetto Idrogeologico P.A.I.

La consultazione della Cartografia di Piano ed in particolare della Carta n.229-Sezione IV aggiornata per l'area in oggetto non segnala alcun punto o area in dissesto o perimetrata come soggetto ad esondazioni, valanghe, conoidi o frane (né attive, né quiescenti, né stabilizzate): vengono riportati esclusivamente i limiti di Bacino ed amministrativi (in figura 12 quelli comunali in viola).

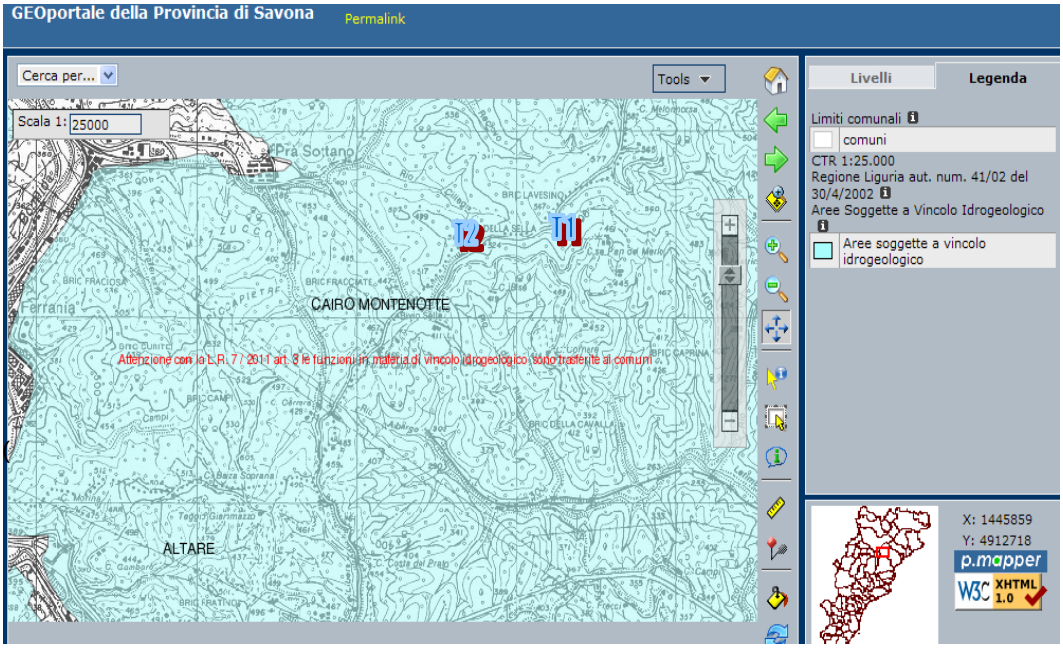


Fig. 12 – Estratto Cartografia delle aree a vincolo idrogeologico da Geoportale Provincia Savona con indicazione delle opere in progetto – non in scala

aerogeneratori (posizione prevista)

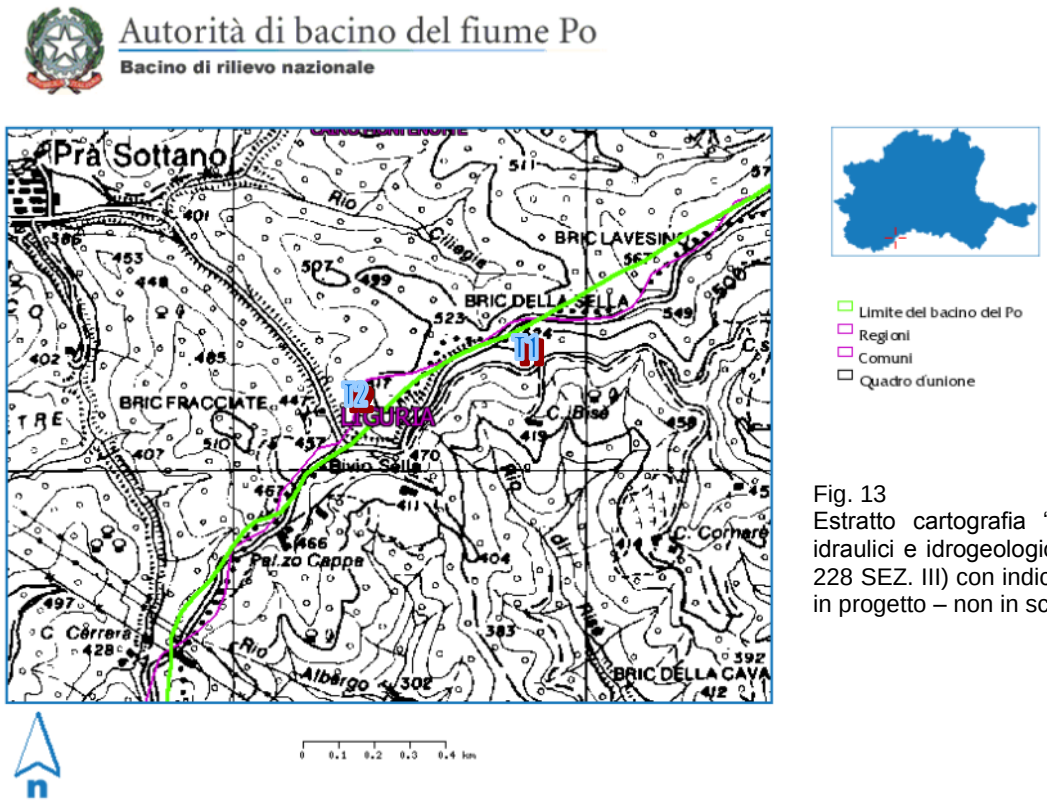
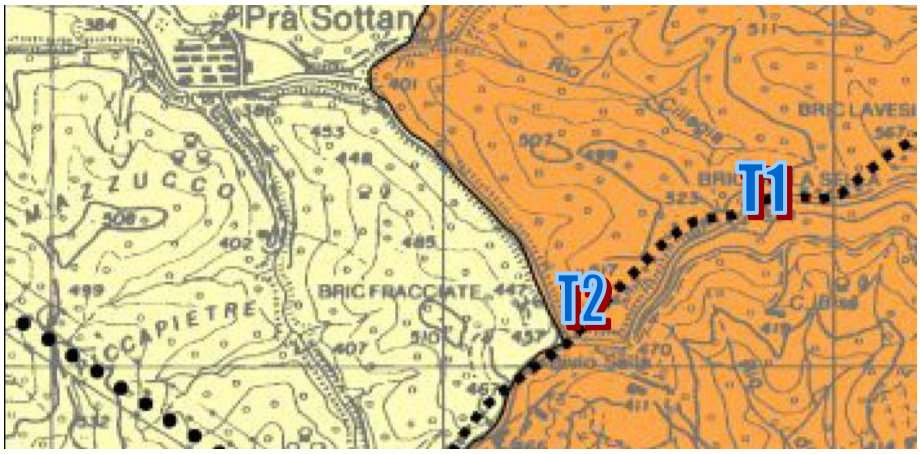


Fig. 13
Estratto cartografia "Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici" (F. 227 SEZ. II, 228 SEZ. III) con indicazione delle opere in progetto – non in scala

7.4 Cartografia del Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico (P.T.C.P.) regionale

Viene riportato di seguito uno stralcio della Tavola n.23 del Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico regionale (di seguito P.T.C.P.), relativo all'assetto geomorfologico ed alla sua modificabilità (si veda fig. 14).



REGIMI NORMATIVI		CAVE
CONSERVAZIONE	CE	A CIELO APERTO Ca
MANTENIMENTO	MA	IN SOTTOSUOLO Cs
CONSOLIDAMENTO	CO	CORSI D'ACQUA RN
MODIFICABILITA' TIPO A	MO-A	INDICAZIONI DI RECEPIMENTO GRANDI INFRASTRUTTURE
MODIFICABILITA' TIPO B	MO-B	F FERROVIARIE; S STRADALI E AUTOSTRADALI; TS TECNOLOGICHE E SPECIALI; P PORTUALI; A AEROPORTUALI
TRASFORMAZIONE	TR	

Fig. 14
Estratto cartografia Tavola n.23 Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico – non in scala

T1 aerogeneratore (posizione prevista)

Cui sono relative le seguenti disposizioni relative all'assetto geomorfologico locale (aggiornamento marzo 2011):

art. 64 Regime normativo di MANTENIMENTO (MA)

1. tale regime si applica nelle parti dei territorio nelle quali sono presenti elementi geomorfologici e/o idrogeologici con specifici valori ambientali o che contribuiscono in misura significativa a definire la configurazione paesistico/ambientale del contesto.
2. l'obiettivo della disciplina è quello di confermare la situazione in atto per quanto attiene la specificità dei valori ambientali e le potenzialità di fruizione, salvaguardando nel contempo i rapporti d'ambito.
3. sono pertanto consentiti quegli interventi che rispettino l'integrità degli elementi geomorfologici e/o idrogeologici aventi specifico valore ambientale e non compromettano la complessiva configurazione paesistico/ambientale dei contesto in quanto determinata da componenti idrogeomorfologiche.

7.5 Cartografia dei Piani di Bacino

Poiché il settore di territorio è posto in corrispondenza dello spartiacque tra i Bacini del Bormida di Mallare e del T. Letimbro si farà nel seguito riferimento ad entrambi.

7.5.1 Bacino del Bormida di Mallare

E' stata effettuata una ricerca delle possibili interferenze tra i siti di progetto e le parti di settore di pertinenza del T. Bormida di Mallare: non sono disponibili per tale Bacino, di pertinenza padano, tutti i rilievi e le cartografie prodotte invece dalla Provincia di Savona per il Bacino del T. Letimbro, quali ad esempio la Carta della Suscettività al dissesto o quella del reticolato idrografico principale.

Per tale Bacino è disponibile la sola carta delle Zone esondabili, che però non riguarda i settori in esame. Viene riportata di seguito in figura 11 la cartografia I.F.F.I. relativa all'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani, da cui risulterebbe la perimetrazione di una frana nell'area della Cà Cappelletta, a SudEst del Bric Fracciate: tale perimetrazione è collocata in posizione discosta di alcune centinaia di metri dal sito T2, posto nel settore opposto del versante rispetto al Bric Fracciate, e non è segnalata né nella cartografia P.A.I. né nella cartografia di P.R.G.C. e allo stato attuale sembra essere obliterata o mascherata da un'attività antropica prevalentemente di tipo agricolo.

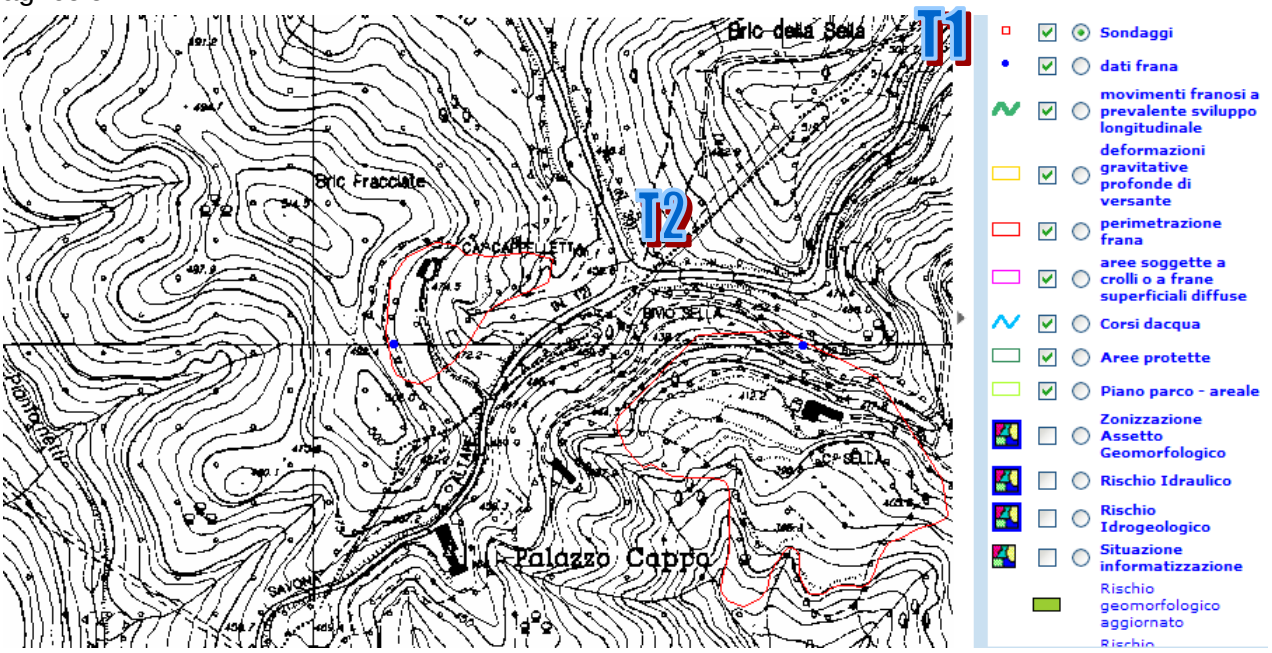


Fig. 15 – Estratto cartografia I.F.F.I. con indicazione delle opere in progetto – non in scala

7.5.2 Bacino del Letimbro

Essendo le opere in progetto ubicate al margine della testata di tale Torrente, è stata effettuata una ricerca delle possibili interferenze tra i siti di progetto e le parti di settore di pertinenza del T. Letimbro. Sono di particolare importanza a riguardo la Carta della Suscettività al dissesto (Tav.08 – sezione 229010) e quella del reticolato idrografico principale.

Per quanto riguarda la prima, riportata di seguito in stralcio in fig. 16, le parti di settore prossime ai siti di interesse risultano essere quelle a SudEst del Bric della Sella, a suscettibilità al dissesto da Molto bassa ad Alta (solo la parete di affioramento della Formazione di Molare), mentre il versante NordEst del Bric della Sella, prossimo alla Torre 1, risulta classificato con Suscettibilità al dissesto Bassa.

Nella Tavola 13 del Reticolato Idrografico Principale i settori di interesse risultano essere distanti sia da "*corsi d'acqua demaniali o aventi significativa rilevanza idraulica"* sia da quelli appartenenti all'elenco delle acque pubbliche (D.R. 11/07/41 e D.P.R. 30/06/54): ciò a motivo dell'ubicazione in zona di testata fluviale.

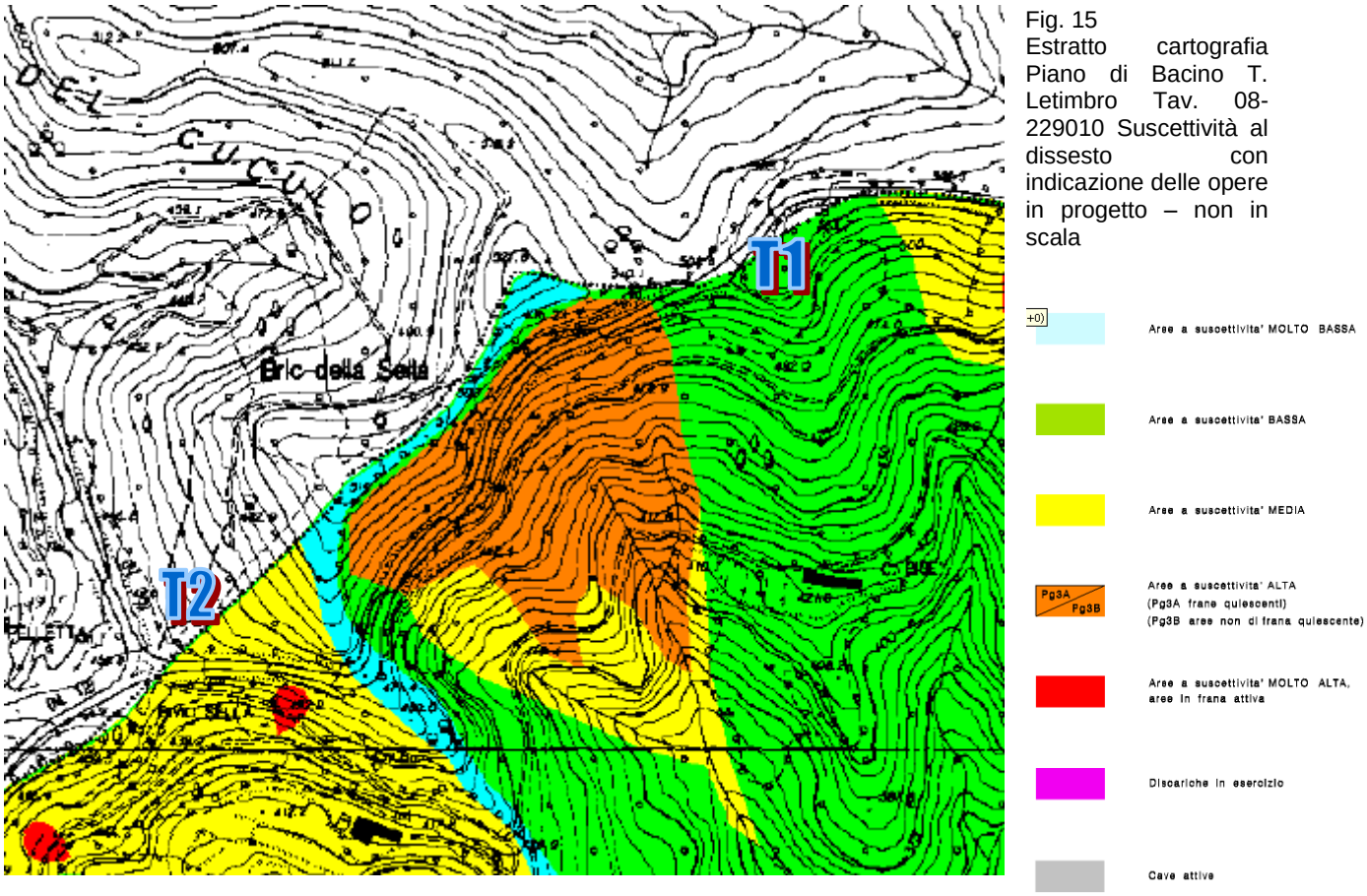


Fig. 15 Estratto cartografia Piano di Bacino T. Letimbro Tav. 08-229010 Suscettività al dissesto con indicazione delle opere in progetto – non in scala

I settori in oggetto non sono cartografati o riportati tra quelli di interesse nelle altre cartografie del Piano di Bacino del T. Letimbro.

8. INDAGINI IN SITO

L'attività si è articolata nei seguenti punti:

- indagine geologico-stratigrafica di terreno sull'area in esame, con effettuazione di un rilievo geomorfologico speditivo, n.3 pozzetti esplorativi e n.2 prove penetrometriche dinamiche SCPT per ognuno dei due siti;
- caratterizzazione risposta sismica del terreno di fondazione di ognuno dei due siti, mediante indagine tipo MASW;
- caratterizzazione geotecnica preliminare dei terreni oggetto dell'indagine;
- considerazioni tecniche sulle fondazioni.

8.1 Indagini in sito dirette

Il rilievo geologico e geomorfologico è stato svolto il giorno 25 febbraio c.a. ed ha evidenziato la presenza di una situazione antropizzata, con rimaneggiamenti o riporti superficiali che mascherano il substrato. La situazione riscontrata indica la presenza, al di sotto di un livello superficiale di terreno vegetale (in posto o di riporto), dei terreni di alterazione del substrato, misti a coltre eluvio-colluviale e soprastanti il substrato roccioso conglomeratico della Formazione di Molare.

I punti di indagine sono stati individuati lungo una delle diagonali principali dell'area in oggetto e della proiezione in pianta dell'opera da realizzare (all.n.3A e 3B):

Tabella 1

Sigla punto di indagine	*Torre eolica*	*Tipologia indagine*	*Profondità raggiunta da p.c.*
P 1	T1	SCPT	-1,8 m
P 2		SCPT	-3,6 m
Pz 1		Pozzetto esplorativo	-2,0 m
Pz 2		Pozzetto esplorativo	-1,8 m
Pz 3		Pozzetto esplorativo	-2,6 m
P 3	T2	SCPT	-8,1 m
P 4		SCPT	-11,4 m
Pz 4		Pozzetto esplorativo	-3,9 m
Pz 5		Pozzetto esplorativo	-3,6 m
Pz 6		Pozzetto esplorativo	-3,8 m

I pozzetti esplorativi sono stati effettuati dalla ditta Technogreen Srl di Cairo Montenotte, con escavatore idraulico cingolato da 55 quintali e, nel caso della torre eolica T1, sono stati spinti sino al sicuro raggiungimento del substrato roccioso mentre, nel caso della torre eolica T2, sino alla massima profondità possibile per il mezzo meccanico utilizzato (entro i 4.0 m da p.c.) Le stratigrafie sono illustrate negli allegati n.3A-3 a-b-c- e all.n. 3B-3 a-b-c).

La prova penetrometrica dinamica SCPT consiste nell'infissione di una punta conica (Ø 51 mm, conicità 60°) collegata ad una batteria di aste (Ø 34 mm) tramite una massa battente di 73.5 Kg con caduta libera di 75 cm; durante le prove vengono contati e poi diagrammati i colpi del maglio necessari ad infiggere di 30 cm la punta conica. L'attrezzatura usata, montata su carro semovente cingolato, è oleodinamica ed automatica in modo da garantire la costante altezza di caduta del maglio.

Le prove SCPT sono state spinte sino ad ottenere il rifiuto alla penetrazione, ed i relativi diagrammi sono illustrati negli specifici profili penetrometrici (all.n.3A-4 a-b e all.n. 3B-4 a-b) e gli allegati n.3A-4c e 3B-4c documentano fotograficamente le indagini effettuate.

8.2. Indagini indirette di tipo geofisico

Le indagini indirette sono state condotte il giorno 25 febbraio 2014 e sono state effettuate, per motivi logistici, in aree adiacenti ai due siti con presenza di suolo subpianeggiante di lunghezza adeguata:

Torre eolica T1: lungo il fianco SudEst della carreggiata del tratto stradale della S.P. 12 Savona-Altare, adiacente al sito T1;

Torre eolica T2: sul terrazzo alluvionale presente immediatamente ad Ovest del sito T2;

Esse sono consistite in un'indagine geofisica eseguita con metodologia MASW, con lo scopo di verificare la risposta sismica del suolo sulla superficie ove è prevista l'edificazione delle strutture ed in particolare di rilevare la velocità delle onde superficiali, in modo da poter definire il parametro Vs_{30}, secondo quanto definito nell'OPCM 3274 del 20 marzo 2003 e successivamente nel nuovo Testo Unico Norme Tecniche per le costruzioni, tramite la prova MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Tramite la prova MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) vengono misurate le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze. La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S, i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica.

Le prove sono consistite nel rilevare, attraverso uno stendimento di 24 geofoni posizionati con passo pari a 2 m, le onde sismiche generate artificialmente ai bordi dello stendimento geofonico stesso (la posizione degli stendimenti sono mostrate nelle rispettive planimetrie in allegato - n.3A-1 e 3B-1). Le onde di superficie sono state generate con una massa battente (mazza da 8 kg).

L'intero processo comprende tre passi successivi: l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Per ottenere un profilo Vs bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Per ognuno dei due siti, come illustrato negli allegati n.3A-5 e 3B-5, il profilo delle velocità delle onde di taglio (grafico delle velocità delle onde di taglio verso profondità) evidenzia dal punto di vista sismo-stratigrafico una sequenza litotipica composta verosimilmente da seguenti livelli sismici fondamentali:

Torre eolica T1:

1. un livello superficiale, fino a circa 4 m dal p.c., costituito da depositi fini e/o poco addensati (Vs = 262 m/s);
2. un livello intermedio, fino a circa 19 m dal p.c., costituito da depositi ben addensati (Vs compresa tra 535 e 738 m/s);
3. depositi a grado di addensamento crescente si individuano oltre 19 m di profondità dal p.c., con Vs che sale decisamente fino ad oltre 6000 m/s.

Il valore medio calcolato sullo spessore di 30 m (Vs_{30}) è risultato pari a **745 m/s**: tale valore equivale ad un suolo di **classe "B"**.

Torre eolica T2:

1. un livello superficiale, fino a circa 5,5 m dal p.c., costituito da depositi fini e/o poco addensati (Vs compresa tra 110 e 257 m/s);
2. un livello intermedio, fino a circa 23,5 m dal p.c., costituito da depositi ben addensati (Vs = 624 e 758 m/s);
3. depositi a grado di addensamento crescente si individuano oltre 23,5 m di profondità dal p.c., con Vs che sale decisamente fino ad oltre 1100 m/s.

Il valore medio calcolato sullo spessore di 30 m (Vs_{30}) è risultato pari a **498 m/s**: tale valore equivale ad un suolo di **classe "B"**.

9 ASSETTO MORFOLOGICO E LITOSTRATIGRAFICO DELLE AREE D'INTERVENTO

9.1 Aerogeneratore T1

9.1.1 Assetto morfologico

Il sito in oggetto è posto su un piccolo poggio che fa parte della cresta collinare di Recrovo, poche centinaia di metri ad Est e parallela a quella del Surite del Cuculo-Bric della Sella. Essa viene tagliata dalla Strada provinciale di Savona-Cairo Montenotte, in un tratto di dorsale con quota compresa tra 505 e 520 m s.l.m.

In questo punto la sommità collinare è arrotondata e quasi subpianeggiante (Foto n. 1 della Tavola n. 4-1 – allegato fotografico) ed è larga almeno 30 m, mentre i versanti laterali, soprattutto quelli verso gli affluenti del Rio di Rise e Rio Cornare risultano possedere acclività da bassa, nelle immediate vicinanze del sito, a media o elevata a partire da circa 100 m a valle del sito e verso il Rio Cornare, con morfologia accidentata, dovuta all'affioramento del substrato roccioso, sempre rappresentato dalla Formazione di Molare.

Sulla base di quanto desumibile dai rilievi di terreno e dall'analisi dei dati di archivio, sul sito in oggetto e nelle aree circostanti non si rileva la presenza di indizi morfologici di dissesti franosi o di instabilità pregresse o in atto, come tipico in zona lungo le aree di dorsale collinare e sulla parte più elevata dei versanti solo nella parte a maggiore acclività dei fondovalle del Rio Cornare o del Rio del Merlo, sono segnalati versanti con fenomeni di instabilità o franosità superficiale puntuale o diffusa, attiva o quiescente (precedentemente descritti nel paragrafo 7.1.3., fig. 6, Tavola n.2 Carta geomorfologica e dei vincoli del PUC di Savona).

9.1.2 Assetto litostratigrafico

Nell'area in esame è sicuramente presente il substrato roccioso ed in particolare a breve profondità sono presenti esclusivamente i conglomerati della Formazione di Molare, affioranti in più punti, a partire dai tagli di versante in prossimità della curva stradale posta a Nord del sito ed in diversi punti dei sentieri/carrarecce che vanno in direzione della sommità del poggio collinare in oggetto.

Come dimostrano le indagini dirette effettuate in sito (pozzetti PZ1-PZ2-PZ3 e prove SCPT P1 e P2), all'interno dell'area di fondazione e della piazzola definitiva il substrato roccioso conglomeratico si rinviene generalmente entro i -2.0 m dal piano campagna e lo spessore del livello di alterazione dello stesso conglomerato, superiormente al substrato roccioso non supera 1.5 m, con copertura detritico-colluviale di ridotta potenza, da decimetrica a metrica: in questo sito il substrato roccioso verrà sicuramente intercettato dalle future fondazioni dell'aerogeneratore, mentre la piazzola di servizio e/o parte delle strutture di accesso saranno poste su rilevato, ma comunque a breve distanza dallo stesso substrato roccioso (si vedano Sezioni T1 della Tavola n. 3A-2 a-b).

Sulle rocce del substrato roccioso della Formazione di Molare sono state eseguite delle prove sclerometriche sulla roccia in posto, con risultati del valore di resistenza inferiori ad 1 MPa.

9.1.3 Assetto sismico

Sulla base dei dati del rilievo geofisico di tipo MASW effettuato, integrati dalla stratigrafia riscontrata direttamente sino a circa –3,6 m, si ritiene che il sottosuolo dell'area in oggetto possa ragionevolmente rientrare nella **categoria B** *"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da*

valori di Vs,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)." e con un valore del Coefficiente tipografico S_T pari a 1.0 (T1), la tabella della pericolosità sismica di base viene completata con i parametri di S (spettro di risposta elastico) T_b (periodo inizio tratto spettro accelerazione costante), T_c (periodo inizio tratto spettro velocità costante), T_D (periodo inizio tratto spettro spostamento costante) e F_v (fattore amplificazione verticale) di seguito riportati:

Stato Limite		P_{VR}	T_R	a_g	F_o	T_C*	S	Tb	T_C	T_D	F_v
SLE	Operatività	81%	30	0,187	2,58	0,16	1,20	0,08	0,25	1,67	0,48
	Danno	63%	35	0,203	2,57	0,17	1,20	0,09	0,27	1,68	0,49
SLU	Salv. Vita	10%	332	0,489	2,60	0,29	1,20	0,14	0,41	1,80	0,78
	Collasso	5%	682	0,622	2,65	0,32	1,20	0,15	0,44	1,85	0,89

Ai sensi delle "Norme tecniche per il progetto di opere di fondazione e di sostegno dei terreni", pur essendo attesi eventi sismici di magnitudo M di poco superiore a 5 (M=5.36 media di 4 punti sulla base della Disaggregazione dati Metodologia di valutazione delle Magnitudo INGV (da http://esse1-gis.mi.ingv.it/), non si ritiene che il terreno di fondazione possa essere suscettibile di liquefazione in quanto:

1. sono attese accelerazione al suolo a_g/g inferiori a 0.1;
2. nel corso dei sondaggi effettuati non sono state riscontrate litologie potenzialmente soggette a liquefazione (sabbie fini sotto falda).

9.1.4 Considerazioni tecniche

In fase esecutiva sarà importante precisare, mediante indagini dirette specifiche quali sondaggi a carotaggio continuo, le caratteristiche meccaniche dei conglomerati appartenenti alla Formazione di Molare: essi saranno utili anche per controllare lo spessore della copertura detritico-eluviale.

In particolare è consigliabile che la fondazione del futuro aerogeneratore T1 sia posta saldamente ed interamente sulla parte non alterata dei suddetti conglomerati, anche qualora ciò comportasse un eventuale abbassamento di quota del piano di fondazione.

Poiché la differenza di quota tra la base della fondazione (e delle piazzole provvisoria e definitiva) ed il profilo naturale del versante sarà di entità metrica risulterà necessario ricorrere sia ad opere provvisionali nella fase transitoria del montaggio che ad opere di sostegno e contenimento terra in quella definitiva di esercizio: anch'esse potranno essere validamente fondate sul substrato roccioso e realizzate eventualmente con tecniche di ingegneria naturalistica.

In tutti i casi in cui ciò sia valutato economicamente dispendioso, l'alternativa più semplice è quella di ricorrere all'abbassamento dell'angolo di scarpa delle coperture detritico-alluviali sino all'angolo di natural declivio (circa 30°), o di ricorrere all'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica.

Al fine di prevenire processi erosivi da parte di acque meteoriche dilavanti, si dovrà provvedere alla realizzazione di un idoneo reticolo di canalette superficiali per la regimazione delle stesse, sia a monte della futura scarpata relativa al taglio di versante necessario per la realizzazione della piazzola definitiva che ai piedi della stessa.

9.2 Aerogeneratore T2

9.2.1 Assetto morfologico

Il sito è posto in prossimità ed a NordEst del Bivio Sella, nella parte bassa del versante occidentale del Bric omonimo, ed a circa 460 m s.l.m.

Nel caso dell'aerogeneratore T2 si prevede di realizzare un accesso diretto dal Bivio Sella e di realizzare in prossimità dello stesso, in corrispondenza del terrazzo fluviale esistente, la piazzola necessaria per la fase transitoria relativa al montaggio.

In questo punto il versante collinare è caratterizzato da un'acclività medio-bassa ed è presente un circuito di sentieri/carrarecce, che probabilmente svolgono anche la funzione di canaloni nel caso di eventi meteorici eccezionali e che giunge sino in prossimità della vetta, posta ad una quota maggiore di circa 50 m a quella del sito in oggetto (Foto n.4 della Tavola n. 3). Ad Ovest del sito in oggetto è presente un terrazzo morfologico, subpianeggiante e limitato dalla scarpata, di altezza metrica, relativa al taglio di versante della S.P. 36 di Bragno-Ferrania, in corrispondenza della cui estremità Nord, al di fuori dell'area interessata sia dalla piazzola provvisoria che da quella definitiva, è segnalato il dissesto puntuale classificato come *"frana attiva non perimetrata"*. Le evidenze di tale dissesto sono esterne al sito di interesse ed in buona parte obliterate, e comunque ascrivibili a fenomeni di erosione e ruscellamento del ciglio della scarpata generata dal taglio di versante della strada verso Bragno-Ferrania (Foto n.10-11 della Tavola n. 4-2).

Sulla base di quanto desumibile dai rilievi di terreno e dall'analisi dei dati di archivio, lungo tale versante collinare non si rileva la presenza di indizi morfologici di dissesti franosi o di instabilità pregresse o in atto: solo a partire dallo spartiacque tra i due bacini idrografici, corrispondente a limite del confine comunale tra Cairo Montenotte e Altare, la carta di Suscettività al dissesto del Piano di bacino del T. Letimbro segnala una fascia a Media suscettibilità, passante ad un settore ad Alta suscettività al dissesto, in corrispondenza del mega affioramento roccioso del conglomerato della Formazione di Molare, presente a SudEst del Bric Sella ed a monte della S.P. 12.

9.2.2 Assetto litostratigrafico

Come dimostrano le indagini dirette effettuate in sito (pozzetti PZ4-PZ5-PZ6 e prove SCPT P3 e P4), all'interno dell'area di fondazione il substrato roccioso conglomeratico si rinviene generalmente a profondità superiore a -8.0 m, mentre nella zona della piazzola definitiva entro i -12.0 m dal piano campagna della stessa piazzola.

Lo spessore del livello di alterazione dello stesso conglomerato, superiormente al substrato roccioso varia quindi tra i 5.0 ed i 10.0 m, aumentando man mano ci si avvicina al Bivio Sella, e ad esso è sovrastante una copertura detritico-colluviale di ridotta potenza, da decimetrica a metrica.

In questo sito il substrato roccioso non potrà essere intercettato dalle fondazioni dell'aerogeneratore di tipo diretto e bisognerà ricorrere a fondazioni indirette di tipo profondo, mentre la piazzola di servizio e/o parte delle strutture di accesso saranno poste per la maggior parte in rilevato ed in minima parte in scavo, comunque interessando i terreni della copertura detritico-colluviale ed il corposo livello di alterazione del substrato (si vedano Sezioni T1 della Tavola n. 3B-2 a-b).

Poiché la differenza di quota tra la base della fondazione (e delle piazzole provvisoria e definitiva) ed il profilo naturale del versante sarà di entità metrica, risulterà necessario ricorrere sia ad opere provvisionali nella fase transitoria del montaggio che ad opere di sostegno e contenimento terra in quella definitiva di esercizio: esse dovranno essere validamente

dimensionate sulla base dei parametri geotecnici dei livelli di copertura e di alterazione del substrato roccioso.

Sulle rocce del substrato roccioso della Formazione di Molare sono state eseguite delle prove sclerometriche sulla roccia in posto, con risultati del valore di resistenza inferiori ad 1 MPa.

9.2.3 Assetto sismico

Sulla base dei dati del rilievo geofisico di tipo MASW effettuato, integrati dalla stratigrafia riscontrata direttamente sino a circa –11,4 m, si ritiene che il sottosuolo dell'area in oggetto possa ragionevolmente rientrare nella **categoria B** *"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,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)."* e con un valore del Coefficiente tipografico S_T pari a 1.0, la tabella della pericolosità sismica di base viene completata con i parametri di S (spettro di risposta elastico) T_b (periodo inizio tratto spettro accelerazione costante), T_c (periodo inizio tratto spettro velocità costante), T_D (periodo inizio tratto spettro spostamento costante) e F_v (fattore amplificazione verticale) di seguito riportati:

	Stato Limite	P_{VR}	T_R	a_g	F_o	T_C*	S	Tb	T_C	T_D	F_v
SLE	Operatività	81%	30	0,187	2,58	0,16	1,20	0,08	0,25	1,67	0,48
	Danno	63%	35	0,203	2,57	0,17	1,20	0,09	0,27	1,68	0,49
SLU	Salv. Vita	10%	332	0,491	2,60	0,29	1,20	0,14	0,41	1,80	0,78
	Collasso	5%	682	0,624	2,64	0,32	1,20	0,15	0,44	1,85	0,89

Ai sensi delle "Norme tecniche per il progetto di opere di fondazione e di sostegno dei terreni", pur essendo attesi eventi sismici di magnitudo M di poco superiore a 5 (M=5.36 media di 4 punti sulla base della Disaggregazione dati Metodologia di valutazione delle Magnitudo INGV (da http://esse1-gis.mi.ingv.it/), non si ritiene che il terreno di fondazione possa essere suscettibile di liquefazione in quanto:

1. sono attese accelerazione al suolo ag/g inferiori a 0.1;
2. nel corso dei sondaggi effettuati non sono state riscontrate litologie potenzialmente soggette a liquefazione (sabbie fini sotto falda).

9.2.4 Considerazioni tecniche

In fase esecutiva sarà importante precisare, mediante indagini dirette specifiche, quali sondaggi a carotaggio continuo, le caratteristiche meccaniche del livello di alterazione del substrato roccioso e dei conglomerati appartenenti alla Formazione di Molare, utili anche per controllare lo spessore della copertura detritico-eluviale.

In particolare è consigliabile che la fondazione del futuro aerogeneratore T2 sia posta saldamente ed interamente sulla parte non alterata dei suddetti conglomerati, mediante fondazioni indirette di tipo profondo, del tipo pali trivellati di medio-grande diametro.

La piazzola di servizio e/o parte delle strutture di accesso saranno poste per la maggior parte in rilevato ed in minima parte in scavo, comunque interessando esclusivamente i terreni della copertura detritico-colluviale ed il corposo livello di alterazione del substrato

Poiché la differenza di quota tra la base della fondazione (e delle piazzole provvisoria e definitiva) ed il profilo naturale del versante sarà di entità metrica risulterà necessario ricorrere sia ad opere provvisionali nella fase transitoria del montaggio che ad opere di sostegno e contenimento terra in quella definitiva di esercizio. Tra queste l'ipotesi più semplice è quella di ricorrere all'abbassamento dell'angolo di scarpa delle coperture detritico-alluviali sino all'angolo di natural declivio (circa 30°), o di ricorrere all'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica.

Nella fase transitoria di montaggio, in cui la piazzola ha maggiori dimensioni, o nell'assetto definitivo l'area della piazzola potrà interferire in tutto o in parte con uno dei due sentieri/carrarecce sopra descritti: a causa della possibile funzione di veicolazione delle acque di ruscellamento in occasione di eventi meteorici eccezionali, si consiglia nel transitorio di procedere comunque all'intubazione del tratto interferente ed al suo spostamento dall'area di fondazione nel definitivo, anche al fine di prevenire eventuali fenomeni di erosione al piede che potrebbero rivelarsi critici per la stabilità del manufatto nel medio-lungo periodo.

Al fine di prevenire processi erosivi da parte di acque meteoriche dilavanti, si dovrà provvedere alla realizzazione di un idoneo reticolo di canalette superficiali per la regimazione delle stesse, sia a monte della futura scarpata relativa al taglio di versante necessario per la realizzazione della piazzola definitiva che ai piedi della stessa.

9.3 Interventi di adeguamento piste di accesso alle piazzole

9.3.1. Tratto da S.P. 12 a sito T1

L'accesso avverrà direttamente dal piccolo bivio tra la S.P. 12 di Altare e la carrareccia che si stacca dalla stessa in direzione Est.

Si tratta di un tratto di lunghezza massima pari a circa 20 m: nei tratti in cui si valuterà necessario l'allargamento, pur provvisorio, della carreggiata è consigliabile quindi optare per una modifica del lato di monte del percorso, mediante sbancamenti sul lato controripa: tenuto conto del fatto che le scarpate previste sono caratterizzate da altezza ridotta (da pochi decimetri ad al massimo 2 m), in tal modo gli scavi interesseranno principalmente il substrato roccioso conglomeratico e lo strato sottile e discontinuo di terreni di copertura ad esso relativo, evitando la maggior parte delle problematiche circa stabilità dei settori interessati dagli interventi.

Le scarpate impostate su terreni di copertura, dovranno essere modellate con inclinazione non superiore a 30° circa. Per adottare valori superiori degli angoli di scarpa diminuendo la superficie d'ingombro, si dovrà prevedere la realizzazione di opere di contenimento con tecniche di ingegneria naturalistica (palificate semplici e/o a doppia parete).

Al fine di prevenire processi erosivi da parte di acque meteoriche dilavanti, si dovrà provvedere alla realizzazione di un idoneo reticolo di canalette superficiali per la regimazione delle stesse, lungo il tracciato.

9.3.2. Tratto da Bivio Sella a sito T2

Nel caso dell'aerogeneratore T2 si prevede di realizzare un accesso diretto dal Bivio Sella e di realizzare in prossimità dello stesso la piazzola necessaria per la fase transitoria, relativa al montaggio.

La pista esistente parte sempre dal Bivio Sella e sale per circa 20 m in direzione Nord, con acclività medio-bassa, sino a superare il terrazzo posto a Nord del bivio ed a monte della scarpata precedentemente descritta (Foto n. 7-8 della Tavola n. 4-2).

Pur non essendo presenti in tale tratto del percorso affioramenti dei conglomerati di Molare, si ritiene, non essendo d'altra parte presenti strutture tipiche di trasporto ed accumulo lungo versante ma solo evidenze di erosione e/o, decisamente a monte del sito T2 di alterazione del

substrato, che esso sia comunque presente a profondità al più metrica. E' quindi certo che il futuro accesso al sito non sarà interesserà direttamente i conglomerati della Formazione di Molare, ma sarà impostata nei depositi di alterazione detritico-eluviale, potendo contare su valori dell'angolo di attrito interno sicuramente superiori a 30°.

In considerazione dell'assetto litostratigrafico e morfologico, non si ravvisano problematiche in merito alla stabilità dei settori interessati dal tracciato di progetto.

Le scarpate con altezza superiore a 2 m, impostate nei terreni di copertura, dovranno essere modellate con inclinazione non superiore a 30°. Per adottare valori superiori degli angoli di scarpa diminuendo la superficie d'ingombro, si dovrà prevedere la realizzazione di opere di contenimento con tecniche di ingegneria naturalistica (palificate semplici e/o a doppia parete).

Al fine di prevenire processi erosivi da parte di acque meteoriche dilavanti, si dovrà provvedere alla realizzazione di un idoneo reticolo di canalette superficiali per la regimazione delle stesse, lungo il tracciato.

9.4 Infrastrutture e cavidotti

La realizzazione delle infrastrutture e cavidotti di trasmissione dell'energia elettrica dagli aerogeneratori al punto di consegna, rappresentato dalla cabina elettrica a Media tensione ubicata in adiacenza alla stazione delle Wagonettes (sulla S.P. 12), sarà effettuata prevalentemente effettuando uno scavo a sezione obbligata di profondità minima pari a 1.2 m, lateralmente e/o all'interno del "cassonetto" stradale.

Il primo tratto sarà a partire dal sito T1 sino al Bivio Sella, previo attraversamento della S.P. 12, e correrà sul suo lato di monte sino allo stesso Bivio e, successivamente, dal sito T2 del Bivio Sella, previo attraversamento della strada per Bragno-Ferrania, correrà sino al punto di consegna, sempre sul lato di monte della strada S.P. 12.

In quest'ultimo tratto affiorano/subaffiorano le rocce migmatitiche e per tale motivo, nel caso si valuti necessario l'allargamento della sezione stradale è consigliabile optare per una modifica del lato di monte di tale tratta mediante sbancamenti sul lato controripa, tenuto conto del fatto che le scarpate sarebbero caratterizzate da altezza ridotta (da pochi decimetri ad al massimo 2 m - Foto n. 12-13-14 della Tavola n. 4-3), in tal modo gli scavi interesseranno principalmente il substrato roccioso cristallino e lo strato sottile e discontinuo di terreni di copertura ad esso relativo.

Come per le due tratte relative alle piste di accesso, anche per il tracciato dei cavidotti non si è ritenuto opportuno produrre sezioni geologiche interpretative (come quelle effettuate per le aree degli aerogeneratori): gli elementi progettuali di tipo preliminare ed i dati geologici risultano infatti ancora insufficienti all'elaborazione di sezioni realmente significative.

9.5 Stoccaggio provvisorio terreni di risulta scavi

La realizzazione delle piazzole degli aerogeneratori e delle infrastrutture e cavidotti di trasmissione dell'energia elettrica dagli aerogeneratori al punto di consegna comporterà la necessità di movimentare un volume di scavo che, per la fase transitoria del montaggio, nell'attuale fase di progettazione definitiva si può stimare pari a circa 2630 m³. Lo stesso volume verrà perlopiù riutilizzato per il ripristino (circa 958 m³) e la parte in esubero, pari a circa 1655 m³, sarà conferita in discarica o riutilizzata in altri siti o processi industriali, da individuarsi in fase successiva mediante apposito progetto di gestione terre e rocce da scavo.

In fase di cantiere si dovrà quindi disporre di una o più aree di stoccaggio che potrebbero essere individuate:

1. per il sito dell'aerogeneratore T1 nell'area compresa tra la carrareccia che si diparte in direzione Est dal bivio e l'area di fondazione della futura torre T1, sia per motivi logistici che

per la minore acclività della fascia di terreno adiacente a quest'ultimo; sarà necessaria un'area di circa 300 m^2;

2. per il sito dell'aerogeneratore T2 nella parte di prato vicino alla T2, relativo al terrazzo alluvionale in destra orografica del Rio della Cappelletta, ed adiacente alla piazzola dello stesso aerogeneratore; sarà necessaria un'area di circa 340 m^2.

In considerazione dell'assetto litostratigrafico e morfologico dei due siti, non si ravvisano problematiche in merito alla stabilità delle stesse aree, purché venga tenuta adeguata distanza dal bordo delle scarpate o dei terrazzamenti presenti, nonché dai punti o aree segnalate come di possibile instabilità.

Le scarpate perimetrali delle aree di stoccaggio con altezza superiore a 1 m, costituite da terreni prevalentemente granulari di copertura o del substrato conglomeratico o roccioso, dovranno essere modellate con inclinazione non superiore a 30°. Per adottare valori superiori degli angoli di scarpa diminuendo la superficie d'ingombro, si dovrà prevedere la realizzazione di opere di contenimento provvisionali (p.es. scogliere provvisorie in blocchi e massi).

Al fine di prevenire processi erosivi da parte di acque meteoriche dilavanti, si dovrà provvedere alla realizzazione di un idoneo reticolo di canalette superficiali per la regimazione delle stesse, lungo il perimetro di tali aree.

10 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

10.1 Terreni di copertura

I terreni detritico-eluviali di copertura sono costituiti da abbondante scheletro, formato da ghiaia e pietrisco con subordinati clasti a spigoli vivi di maggiori dimensioni, in matrice limoso-sabbiosa.

Data l'abbondanza di frazione grossolana, questi materiali possono essere considerati terreni granulari, il cui comportamento meccanico è controllato principalmente dall'angolo di attrito interno, che aumenta con il grado di addensamento.

Per il livello attuale di progettazione sono state ritenute sufficienti le prove in situ sopra descritte, rimandando l'effettuazione di un piano di ulteriori indagini in sito (sondaggi a carotaggio) e di laboratorio (analisi granulometriche, limiti di Atterberg, prove di taglio etc.) per una più precisa quantificazione dei parametri fisico-meccanici, alla successiva fase di progetto esecutivo.

Per la presente fase progettuale essa è stata effettuata prevalentemente mediante l'utilizzo delle correlazioni disponibili con il valore di N_{SPT} ricavato mediante le prove SCPT o, per via indiretta, facendo riferimento a quanto riportato nella letteratura scientifica. I parametri di seguito riportati, sono stati quantificati considerando un grado basso di addensamento dei materiali in esame ed elaborati statisticamente per definirne i valori caratteristici (X_k) e di progetto (X_d):

- $N_{SPT\,k} = 2$
- $\varphi'_k = 20°$ (angolo di attrito di picco)
- coesione $c \cong 0$
- Modulo di Young = 10 MPa
- peso di volume γ_n = 16 - 17 kN/m^3 (1,6 – 1,7 t/m^3)

10.2 Livello di Alterazione del substrato

Per il livello attuale di progettazione sono state ritenute sufficienti le prove in situ sopra descritte, rimandando l'effettuazione di un piano di ulteriori indagini in sito (sondaggi a carotaggio)

e di laboratorio (analisi granulometriche, limiti di Atterberg, prove di taglio etc.) per una più precisa quantificazione dei parametri fisico-meccanici, alla successiva fase di progetto esecutivo.

Su alcuni affioramenti, prevalentemente del sito T2 sono stati effettuati alcuni rilievi con il Pocket Penetrometer (Foto n.17 della Tavola n.3) per effettuare speditivamente una sua caratterizzazione geotecnica "di massa": si sono rilevati valori di Resistenza a compressione semplice U.C.S. mediamente compresi tra 0.5 e 1.0 MPa, caratteristici di un terreno di media compattezza.

Per la presente fase progettuale essa è stata effettuata prevalentemente mediante l'utilizzo delle correlazioni disponibili con il valore di N_{SPT} ricavato mediante le prove SCPT o, per via indiretta, facendo riferimento a quanto riportato nella letteratura scientifica. I parametri di seguito riportati, sono stati quantificati considerando un grado medio–basso di addensamento dei materiali in esame ed elaborati statisticamente per definirne i valori caratteristici e di progetto:

- $N_{SPT\,k} = 11$
- $\varphi'_k = 30°$ (angolo di attrito di picco) – $\varphi'_d = 25°$ (di progetto)
- coesione $c_k \cong 5$ KPa
- Modulo di Young = 22 MPa
- peso di volume $\gamma_n = 18 - 19$ kN/m^3 (1,8 – 1,9 t/m^3)

10.3 Substrato roccioso

Il basamento litoide, costituito da almeno tre litotipi, di cui due metamorfici (migmatiti e formazione del Santuario) e relativi al massiccio cristallino del savonese ed uno sedimentario di tipo conglomeratico relativo alla Formazione di Molare, è caratterizzato da requisiti geomeccanici variabili in funzione sia del tipo roccioso presente in sito che del grado di fatturazione e di alterazione. Tutte le tipologie rocciose presenti in zona, al di sotto della porzione superficiale formata da materiale più fratturato, si presentano probabilmente più compatte e con caratteristiche geomeccaniche assimilabili a quelle delle rocce lapidee, contraddistinte da elevati valori della coesione.

Nel caso del substrato roccioso conglomeratico presente sia nell'area del T1 che in quella del T2, è importante rimarcare come tali litotipi siano geneticamente caratterizzati da significative eteropie (variazioni laterali), dovute all'ambiente di sedimentazione di alta energia, ed evidenzino quindi un comportamento meccanico anisotropo, con valori di resistenza al taglio meno elevati nel caso di sforzi paralleli alle superfici di sedimentazione.

Le ***rocce conglomeratiche appartenenti alla Formazione di Molare***, più spesso alterate ed intrinsecamente meno compatte a causa dell'assenza di metamorfizzazione, possono ragionevolmente essere collocate nella ***Classe IV*** della *classificazione di Bieniawski* (1989), che fornisce una valutazione quantitativa dell'influenza che i vari fattori fisici, meccanici e geologico-strutturali esercitano sulla qualità della roccia.

Agli ammassi rocciosi ricadenti in questa classe sono attribuiti i seguenti valori indicativi dei parametri geomeccanici fondamentali:

- $\varphi' = 15° - 25°$ (angolo attrito)
- $c = 100 - 200$ kPa (coesione)
- $\gamma_n = 24 - 25$ kN/m$_3$ (2,4 – 2,5 t/m$_3$).

Nel caso del ***substrato cristallino delle Migmatiti di Nucetto o della Formazione del Santuario***, ove risulti compatto l'ammasso roccioso, possono essere raggruppate nella ***Classe III*** In particolare Agli ammassi rocciosi ricadenti in suddetta classe sono attribuiti (Bieniawski – 1989) i seguenti valori dei principali parametri geomeccanici:

- φ' = 25° - 35° (angolo attrito)
- c = 200 - 300 kPa (coesione)
- γ_n = 25 - 26 kN/m$_3$ (2,5 – 2,6 t/m$_3$)

11 PROGRAMMA INDAGINI INTEGRATIVE

In fase di progetto esecutivo, si dovrà verificare quanto esposto circa l'assetto litostratigrafico e le caratteristiche geomeccaniche del substrato litoide, in corrispondenza dei siti ove saranno installati gli aerogeneratori.

A tale scopo si prevede l'esecuzione di almeno n. 2 sondaggi meccanici a rotazione (1-2 per ciascuno dei siti dei futuri aerogeneratori), con avanzamento a carotaggio continuo mediante carotiere doppio, spinti ad una profondità indicativa di 30 m e con esecuzione di sismica down-hole e/o cross-hole al fine di determinare con sicurezza profondità, caratteristiche meccaniche e comportamento sismico del substrato roccioso stesso.

S.R.G. Studio associato
dr. Michele De Ruvo

