REGIONE LIGURIA **PROVINCIA DI SAVONA**

COMUNE DI SAVONA

PARCO EOLICO IN LOCALITÀ "NASO DI GATTO"

RELAZIONE GEOLOGICA

RICHIEDENTE: **WIND ALTERNATIVE ENERGY S.R.L.**

PROGETTISTA: **ING. PIRRA DANIELE**

a cura di: **Geol. Marco Villa**

Ordine Geologi Piemonte n° 649



Borgo San Dalmazzo (CN), 27 febbraio 2013

VILLA GEOL. MARCO
Via Frassati, 9 - Fr. Beguda , Borgo S. Dalmazzo (CN) 12011 - P. IVA n.02950820049
Ufficio: 0171/261288 , Cell.: 348/7269334 - E-mail: mvilla@libero.it

INDICE

1 PREMESSA 3

2 AREA DI INTERVENTO 6

3 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA DELL'AREA 9

4 AEROGENERATORI IN PROGETTO 15

4.1 Torre eolica n.1 16

4.2 Torre eolica n. 2: 18

4.3 Torre eolica n.3 20

5 ANALISI DELLO STATO DI DISSESTO 23

6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA 25

7 CONSIDERAZIONI FINALI 30

8 BIBLIOGRAFIA 32

1 PREMESSA

La presente relazione geologica preliminare costituisce indagine tecnica ad integrazione del Progetto Preliminare per la realizzazione di un parco eolico costituito da n.3 aereogeneratori a pale e relativo cavidotto nel comune di Savona per conto della **Società WIND ALTERNATIVE ENERGY S.R.L.** redatto dall'Ing. Daniele Pirra e dal Dott. Giorgio Colombo.

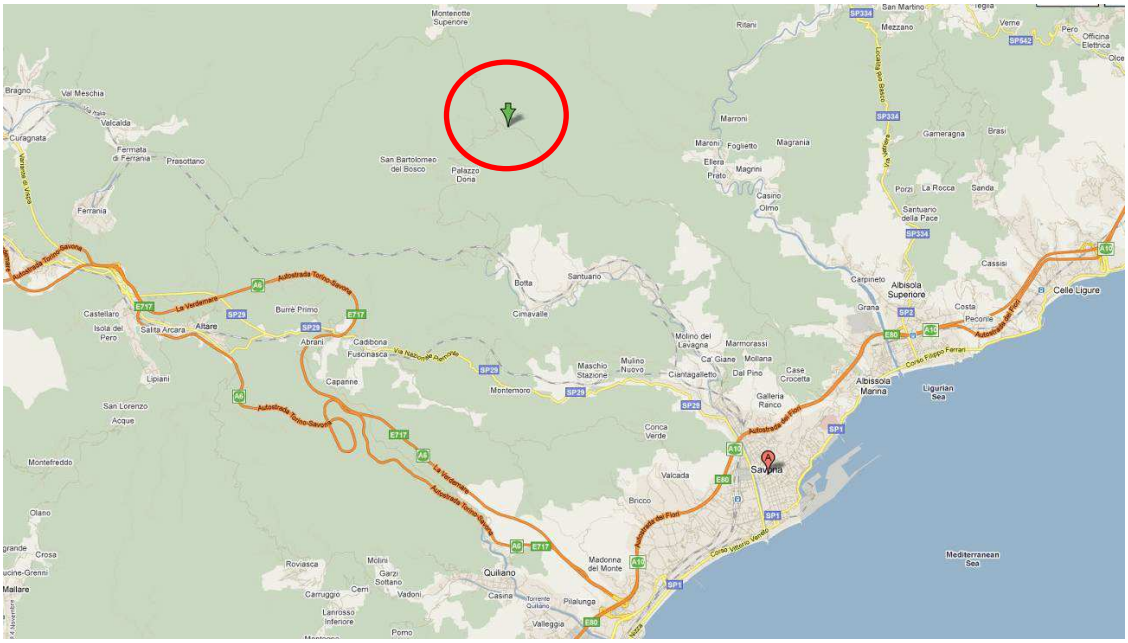


Figura 1: Ubicazione dell'area di intervento (in rosso) su estratto mappa stradale.

La presente relazione è stata condotta al fine di valutare la fattibilità tecnica ed ambientale dell'impianto in progetto ed allo scopo di definire il modello geologico del sito oggetto di intervento secondo quanto stabilito dal D.M. 14 gennaio 2008 e s.m.i.; all'interno della presente vengono pertanto ricostruiti i caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio.

In considerazione dell'intervento da realizzare e della complessità del contesto geologico sono state eseguite specifiche indagini finalizzate alla documentata ricostruzione del modello

geologico: esso è stato sviluppato in modo da costituire utile elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche ed i metodi e i risultati delle indagini verranno esaurientemente esposti e commentati all'interno della presente.

In fase preliminare alla progettazione sono stati effettuati numerosi sopralluoghi nella zona interessata e si è portato a termine il seguente piano di lavoro:

- Ricerca bibliografica di pubblicazioni e studi di carattere geologico effettuati nell'area d'interesse;
- Rilevamento geologico e geomorfologico di un'area sufficientemente ampia e delle zone specificatamente interessate dalle opere di progetto;
- Raccolta ed analisi di informazioni e dati provenienti da precedenti studi di carattere geologico ricadenti nell'area oggetto d'intervento ed in aree attigue.

Obiettivo dello studio è stato quello di fornire un quadro di riferimento geologico e tecnico dei terreni affioranti nell'area esaminata al fine di una congrua valutazione delle caratteristiche geostutturali e delle conseguenti scelte progettuali. In particolare si da evidenza del quadro geologico, geomorfologico e idrogeologico con riferimento all'acclività dei versanti ed al rischio frana, anche in relazione ai possibili impatti che la realizzazione dell'impianto e le opere civili connesse (strade di accesso, fondazioni, cavidotti interrati), potrebbero comportare sulla componente suolo e sottosuolo.

Ciò anche al fine di orientare le successive fasi di lavoro da realizzare per la progettazione che prevedono la:

- Realizzazione campagna indagini geognostiche;
- Predisposizione di un più approfondito studio di compatibilità geologica e geotecnica;
- Parametrizzazione geotecnica dei terreni di fondazione;

Lo studio ha peraltro puntato ad individuare preliminarmente le possibili problematiche di ordine geologico tecnico per poter pianificare e programmare le più opportune misure di prevenzione, protezione e mitigazione della pericolosità geomorfologica.

E' stata infine effettuata la caratterizzazione sismica dell'area di intervento secondo le informazioni disponibili in letteratura ed è stato definito il suolo di fondazione secondo la classificazione riportata all'interno del DM 14 gennaio 2008, nonché i coefficienti di amplificazione topografica dei vari siti.

2 AREA DI INTERVENTO

L'area individuata per la messa in opera del parco eolico è ubicata nella porzione montana del territorio comunale di Savona, nell'area di Monte Negino-Bric Naso di Gatto, in corrispondenza di una dorsale montuosa orientata NW-SE: tale porzione di territorio risulta ubicata sul versante meridionale delle Alpi Liguri nell'entroterra di Savona.

Il crinale montuoso oggetto d'intervento risulta ubicato in posizione ottimale per la realizzazione di un parco eolico: ubicato circa 7.5km all'interno della costa savonese ed allungato in direzione NW-SE, l'area di Monte Negino-Bric Naso di Gatto si presenta come il primo rilievo montuoso di una certa importanza che le correnti termiche litoranee incontrano nel loro propagarsi dal mare verso l'entroterra; esso inoltre risulta essere il crinale montuoso topograficamente più elevato nell'intorno dell'area e pertanto in grado di intercettare i venti che spazzano l'area senza essere in posizione di sottovento rispetto ai rilievi montuosi posti a valle.

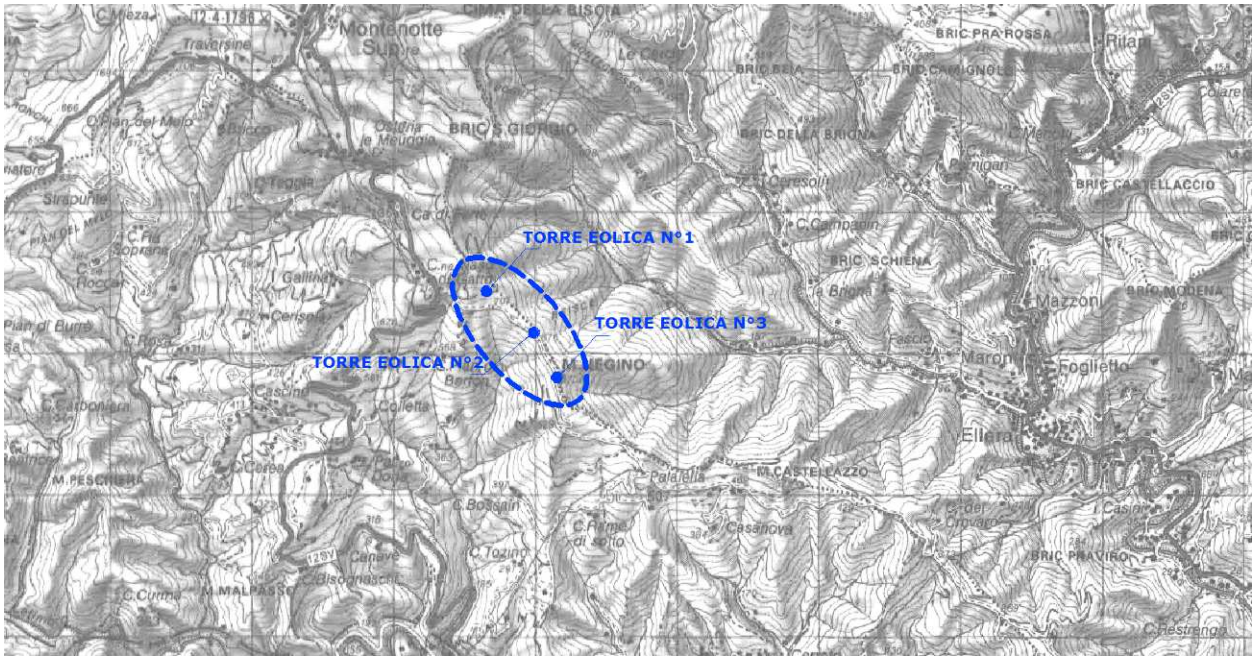


Figura 2: Ubicazione delle torri eoliche in progetto (in rosso) su Carta Tecnica Regionale scala 1:25.000.

I siti individuati per la messa in opera delle tre torri eoliche sono facilmente raggiungibili tramite la strada che da Naso di Gatto conduce alla località Santuario: essa verrà utilizzata per raggiungere le aree di cantiere ed eviterà di dover procedere alla realizzazione di nuove vie di accesso per la messa in opera dell'impianto in progetto; solamente per la messa in opera della torre n.1 si renderà necessario un modesto allargamento di un breve tratto di pista forestale così da permettere ai mezzi d'opera di raggiungere il sito di imposta della torre.

L'efficacia e la validità del posizionamento spaziale degli aerogeneratori in progetto è testimoniata dalla presenza di parchi eolici analoghi posti nell'area di *Cima della Biacia-Monte Pian Vernè*, circa 2Km a Nord-Est di Bric Naso di Gatto: in tale porzione di territorio sono infatti presenti diverse torri eoliche del tutto simili a quelle in progetto, seppur di dimensioni più modeste.

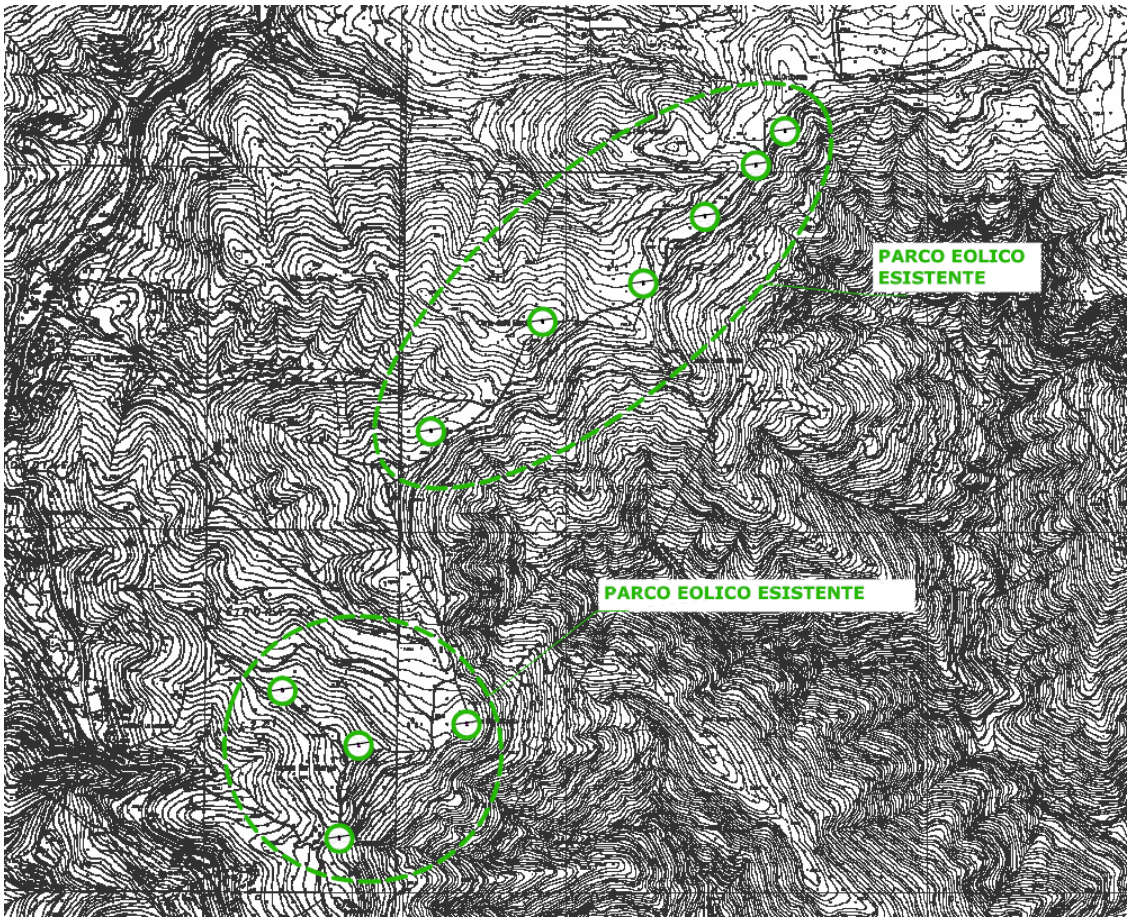


Figura 3: Ubicazione delle torri eoliche approvate su Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000.

Nell'area di Monte San Giorgio, circa 1km a Nord dell'area qui investigata, inoltre è in via di realizzazione un ulteriore parco eolico, ad ulteriore testimonianza della notevole produttività eolica di tale porzione di territorio.

3 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA DELL'AREA

L'impianto eolico in progetto è ubicato sul costone roccioso che collega il Monte Negino al Bric di Naso del Gatto, nella porzione montana del territorio comunale di Savona: essa costituisce la porzione più meridionale delle Alpi Liguri, estrema propaggine Sud-occidentale della grande Catena Alpina.

Dal punto di vista geologico-strutturale l'area di intervento appartiene al **Dominio Pennidico**, una delle grandi unità strutturali (di pertinenza europea) nelle quali risulta essere suddivisa la catena alpina.

Il Dominio Pennidico affiora estesamente lungo tutto l'arco alpino occidentale e merdidionale e presenta spessori ed estensione talora notevoli; il Dominio Pennidico risulta essere in posizione più interna rispetto al Dominio Elvetico, con cui è in contatto attraverso una serie di lineamenti tettonici secondari, mentre nella parte più interna esso è delimitato dalla Linea Insubrica, a Sud della quale come detto è ubicato il Dominio Subalpino.

Il Dominio Pennidico risulta essere suddiviso in diverse falde, sovrapposte ed embricate le une sulle altre; secondo lo schema comunemente adottato, tale dominio risulta essere formato dalle seguenti falde:

- ✓ *Zona Sub-brianzonese:* rappresenta la zona di transizione tra il bacino Delfinese e la piattaforma Brianzonese; è costituita da carniole e calcari dolomitici nella parte basale, a cui seguono argilliti, calcari di bacino, calcari dolomitici e ardesie calcaree; chiudono la serie le ardesie nere con intercalazioni di arenarie.

- ✓ *Zona Brianzonese:* la parte basale di questa falda è costitutita da micascisti e filladi carboniose, a cui seguono due cicli di vulcaniti basiche; il primo ciclo avvenne al passaggio Carbonifero-Permiano e diede luogo a vulcaniti a carattere basico (andesiti,

tufi e porfiriti), mentre nel Permiano inferiore si ebbe il secondo ciclo effusivo (a carattere acido, in cui si ebbe l'effusione di rioliti e daciti porfiriche). A queste rocce succedono gli scisti quarzoso-sericitici, al di sopra dei quali si ebbe la deposizione del Verrucano Alpino (conglomerati e quarziti). In posizione più esterna rispetto a questi litotipi si ha la cosiddetta Copertura Mesozoica Terziaria, sovrascosra sopra la Zona Sub-brianzonese: si tratta di una potente sequenza calcareo-dolomitica, al di sopra della quale si ha un livello di argilloscisti nerastri e rossastri e di brecce dolomitiche. Seguono, quindi, calcari scuri di ambiente neritico e di ambiente pelagico (calcari rosei a grana fine).

- ✓ *Zona Piemontese:* nota anche con il nome di Calcescisti con Pietre Verdi, è posizionata in posizione più interna rispetto alla Zona Brianzonese ed è caratterizzata da potenze ed estensioni notevoli; è costituita da un complesso calcareo-dolomitico di età triassica, al di sopra del quale è presente un complesso costituito da calcari rosa, calcescisti e filladi, a cui risultano intercalate ofioliti e livelli di radiolariti. La zona Piemontese risulta essere in contatto tettonico con la Zona Brianzonese.

L'area di intervento in particolare risulta ubicata all'interno della Zona Brianzonese: il crinale di Monte Negino risulta infatti costituita dagli orto gneiss metagranitoidi appartenenti all'Unità Savona-Calizzano, mentre procedendo verso Nord-Ovest lungo la strada provinciale si incontrano le anfiboliti e gli gneiss dell'Unità di Bagnaschino che costituiscono il versante orientale del Bric Naso di Gatto; procedendo ulteriormente verso Ovest affiorano infine le dolomie dell'unità triassico-liassiche del Dominio piemontese ligure e quindi l'Unità ofiolitifera di Montenotte.

La zona risulta essere intensamente tettonizzata ed interessata da due sovrascorrimenti con vergenza verso Sud che hanno prodotto un impilamento verso l'esterno delle varie unità litologiche: l'unità ofiolitifera di Montenotte costituisce infatti l'unità stratigrafica superiore e risulta delimitata alla base dall'unità triassico-liassica che è sovrascorsa sull'Unità di

Bagnaschino, la quale risulta essere sovrascorsa sopra l'Unità Savona-Calizzano grazie al sovrascorrimento presente alla base delle pendici orientali del Bric Naso di Gatto.

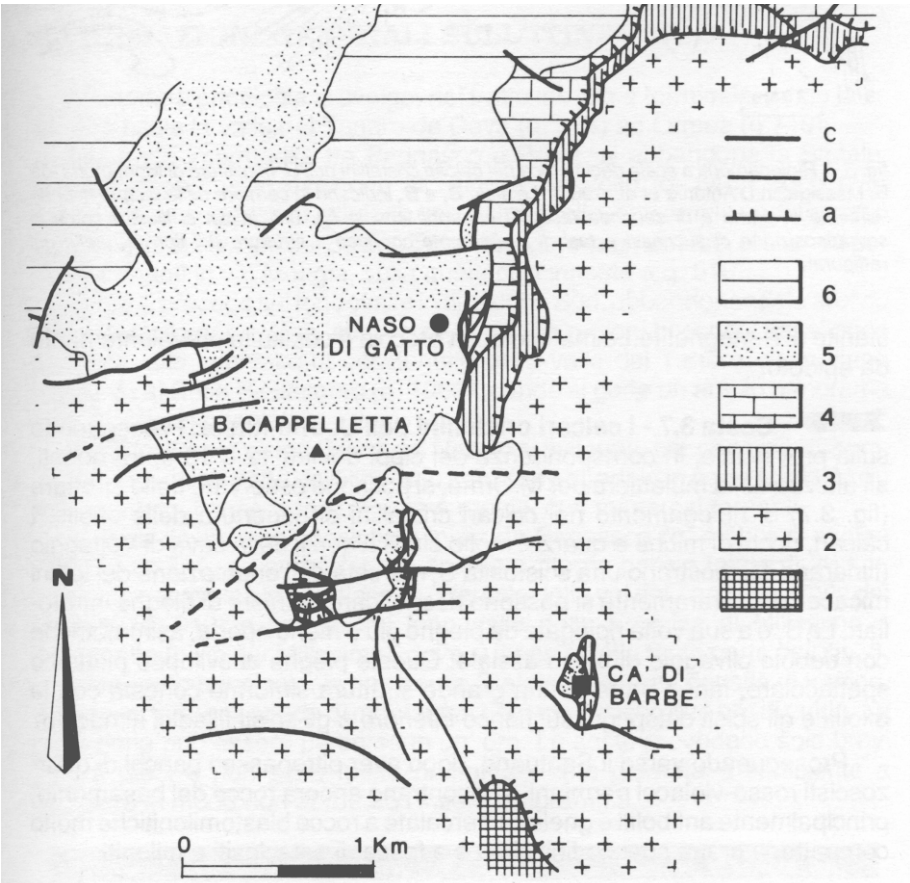


fig. 3.6. Carta geologica della zona di Naso di Gatto (da B. Messiga, in D'Antonio *et al.*, 1984). ***1***= *U. di Pamparato-Murialdo, "finestra del Santuario".* ***2***= *U. di Calizzano-Savona.* ***3***= *U. di Bagnaschino.* ***4***= *U. triassico-liassica.* ***5***= *U. ofiolitifera di Montenotte.* ***6***= *Depositi oligocenici.* ***a***= *Orli dei sovrascorrimenti.* ***b***= *Faglie inverse a direzione N-S.* ***c***= *Faglie normali tardive a direzione E-O.* ***A*** *e* ***B*** *rappresentano schemi semplificati che mostrano i dispositivi strutturali prodotti rispettivamente dalle faglie* ***c*** *e* ***b***.

- Unità ofiolitifera di Montenotte: meta gabbri ricchi in ferro e magnesio con filoni di basalti e brecce ofioliti che, serpentiniti scistose e metabasiti ricche in anfibolo di età giurassica, grana variabile da media a grossolana;
- Unità triassico-liassica: in prossimità di Naso di Gatto tale unità è costituita da dolomie e brecce di dolomie biancastre organizzate in bancate talora intensamente fratturate, a cui

risultano subordinati livelli ed orizzonti di calcari scistosi nerastri e calcari arenacei con una buona reazione all'acido HCl.

- Unità di Bagnaschino: anfiboliti e gneiss a marcata scistosità connessa all'orogenesi alpina, interessati da un caratteristico colore bluastro dovuto alla paragenesi mineralogica in Facies Scisti Blu.
- Unità di Savona-Calizzano: metagranitoidi in facies anfibolitica e litotipi granitoidi a grana grossolana con grandi cristalli di K-feldspato, aspetto solitamente massivo, poco fratturati, interessati da una alterazione pressoché superficiale, di colore grigio in affioramento e grigio-verdastro in frattura fresca.

Il substrato roccioso risulta essere generalmente sub-affiorante ed ubicato al di sotto di una copertura quaternaria di natura eluvio-colluviale diffusa pressoché ovunque nell'area di intervento e caratterizzata da una granulometria sabbioso-limosa di colore nocciola rossastra, debolmente coesive, scarsamente addensate e talora interessate da ciottoli centimetrici da sub-angolosi a sub-arrotondati; i depositi eluvio-colluviali presentano discrete caratteristiche geotecniche ed uno spessore generalmente inferiore a 1.5-2.0 metri.

I principali parametri geotecnici dei materiali che verranno interessati dai lavori in progetto, desunti dalla bibliografia, risultano essere i seguenti:

- Depositi eluvio-colluviali:

Classificazione USCS:	SM-ML
Peso di volume:	1.70-1.80 t/m^3
Angolo di attrito:	24-26°
Coesione non drenata:	~0.10 kg/cm^2
Densità relativa:	30-50%
Permeabilità:	5*10^{-6} – 1*10^{-8} m/s

- Unità triassico-liassica:

Litologia:	dolomie e calcari dolomitici
Peso di volume:	2.70-2.80 t/m^3
Angolo di attrito:	>45°
Resistenza alla compressione:	1000-1500 kg/cm^2
Resistenza al taglio:	200-400 kg/cm^2

- Unità di Bagnaschino:

Litologia:	anfiboliti, gneiss
Peso di volume:	2.80-3.00 t/m^3
Angolo di attrito:	>35°
Resistenza alla compressione:	1000-1500 kg/cm^2
Resistenza al taglio:	150-250 kg/cm^2

- Unità di Savona-Calizzano:

Litologia:	metagranitoidi
Peso di volume:	2.80-3.00 t/m^3
Angolo di attrito:	>45°
Resistenza alla compressione:	1400-2000 kg/cm^2
Resistenza al taglio:	200-300 kg/cm^2

I lavori connessi alla messa in opera dei tre aereogeneratori comporteranno la rimozione della porzione eluvio-colluviale e della porzione più corticale del substrato roccioso al fine di permettere la realizzazione delle strutture di fondazione degli aereogeneratori stessi: le

operazioni di scortico e di scavo all'interno dei depositi quaternari potranno essere effettuate in modo agevole tramite un escavatore bennato senza richiedere l'adozione di particolari tecniche di scavo, mentre lo sbancamento della porzione corticale del substrato roccioso dovrà essere valutato con attenzione al fine di assicurare la stabilità dei fronti di scavo e limitare per quanto possibile l'impatto ambientale del progetto.

I doverosi approfondimenti tecnici sulle proprietà geotecniche dei materiali sciolti e lapidei, nonché i rilievi geomeccanici sugli ammassi rocciosi e le prove in situ e le eventuali prove di laboratorio sui campioni di roccia e terreno vengono demandate alle successive fasi progettuali, una volta appurata la sostenibilità ambientale dell'impianto in progetto da parte delle Amministrazioni pubbliche.

In tale logica si suggerisce di realizzare:

a) Perforazione a carotaggio continuo spinta sino alla profondità non inferiore ai 20 m dal p.c., in corrispondenza di ciascun aerogeneratore, con prelievo di campioni indisturbati ed esecuzione di prove SPT, attrezzata a piezometro.

b) Indagini geofisiche di tipo sismico (down-hole) in fori attrezzati, e/o indagine sismica di superficie per il calcolo delle Vs30, finalizzate alla caratterizzazione della tipologia sismica dei suoli di fondazione e alla stima media dei principali parametri geomeccanici.

c) Esecuzione presso qualificato laboratorio geotecnico di un adeguato numero di prove e indagini volte alla definizione dei parametri geotecnici dei terreni di fondazione.

Per la definizione delle caratteristiche morfologico-tecniche dei siti presso cui verranno installati i tre aereogeneratori in progetto si rimanda invece al Capitolo 4.

4 AEROGENERATORI IN PROGETTO

Il rilievo di terreno e le indagini effettuate in questa fase progettuale sono state effettuate al fine di valutare la fattibilità del parco eolico in progetto e di permettere la redazione del progetto preliminare per la realizzazione dello stesso: in considerazione di ciò, il dettaglio delle informazioni contenute all'interno della presente relazione preliminare è stato tarato in funzione della fase progettuale preliminare, mentre le doverose integrazioni tecniche ed indagini di terreno necessarie per permettere una completa ed esaustiva progettazione dell'impianto vengono rimandate alle successive fasi progettuali.

Al fine di comprendere meglio le modalità di realizzazione delle torri eoliche ed i lavori necessari per la loro messa in opera, vengono di seguito illustrate le caratteristiche geomorfologico-tecniche dei siti indagati ed illustrati in Figura 4, nonché delle eventuali opere accessorie necessarie alla costruzione delle stesse.

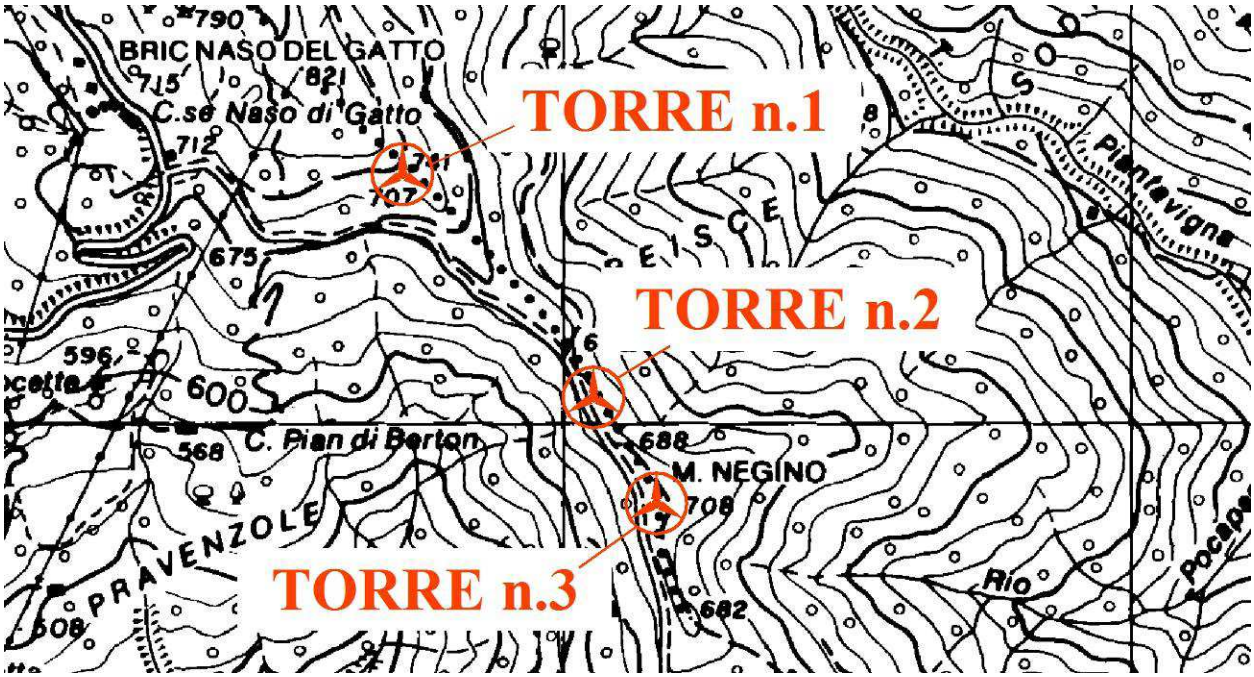


Figura 4: planimetria generale dell'area di intervento.

4.1 Torre eolica n.1

Ubicata sulle pendici orientali del Bric Naso di Gatto, la torre eolica n.1 è ubicata a quota 745 m. slm circa nella porzione di versante più prossima alla cresta montuosa che conduce al Monte Negino; l'accesso all'area è garantito da una pista agro-silvo-pastorale che, da Case Naso di Gatto, si sviluppa lungo le pendici montuose fino ad arrivare al Passo di San Giorgio: essa attualmente presenta una larghezza media non superiore a 2.8-3.0 metri e presenta un carattere sterrato.

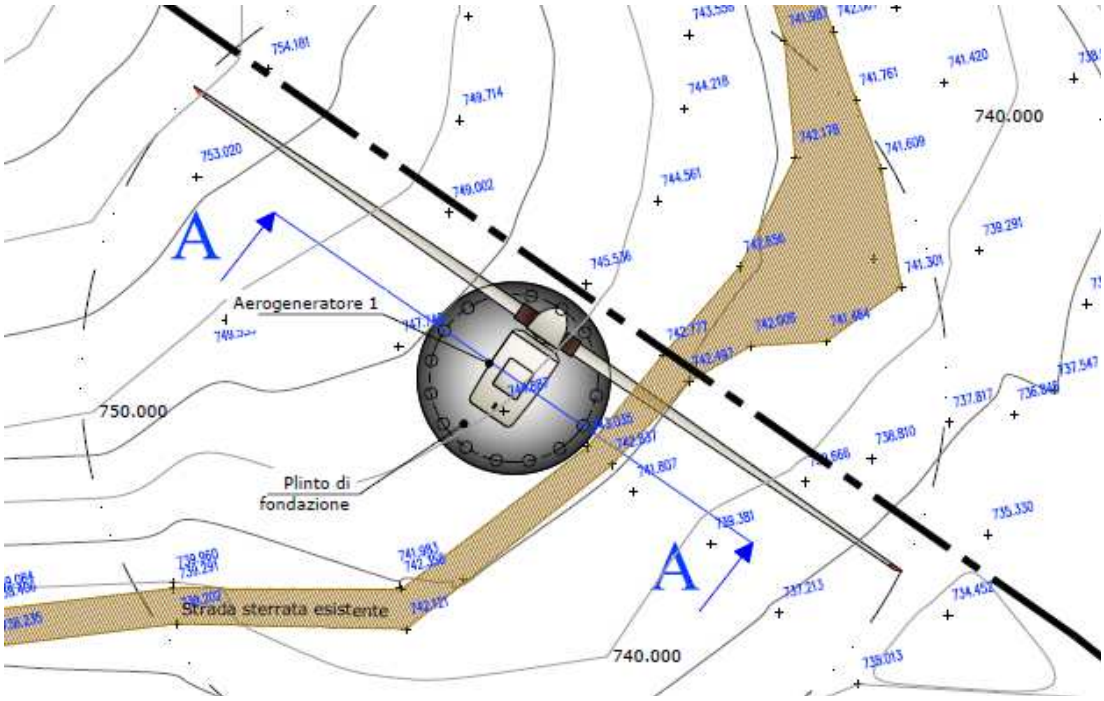


Figura 5: Aerogeneratore n.1 - particolare della planimetria.

L'aerogeneratore in particolare verrà realizzato sul fianco di monte della pista, attraverso lo sbancamento di una porzione del versante che, in tale area, presenta una pendenza media non superiore ai 24° ed è caratterizzato da una uniforme e continua copertura eluvio-colluviale sciolta: il terreno è infatti costituito da sabbie limose e limi debolmente sabbiosi con ciottoli centimetrici sub-angolosi di natura policristallina, il cui spessore risulta essere prossimo a 2-3 metri, al di sotto dei quali affiora l'Unità di Bagnaschino.

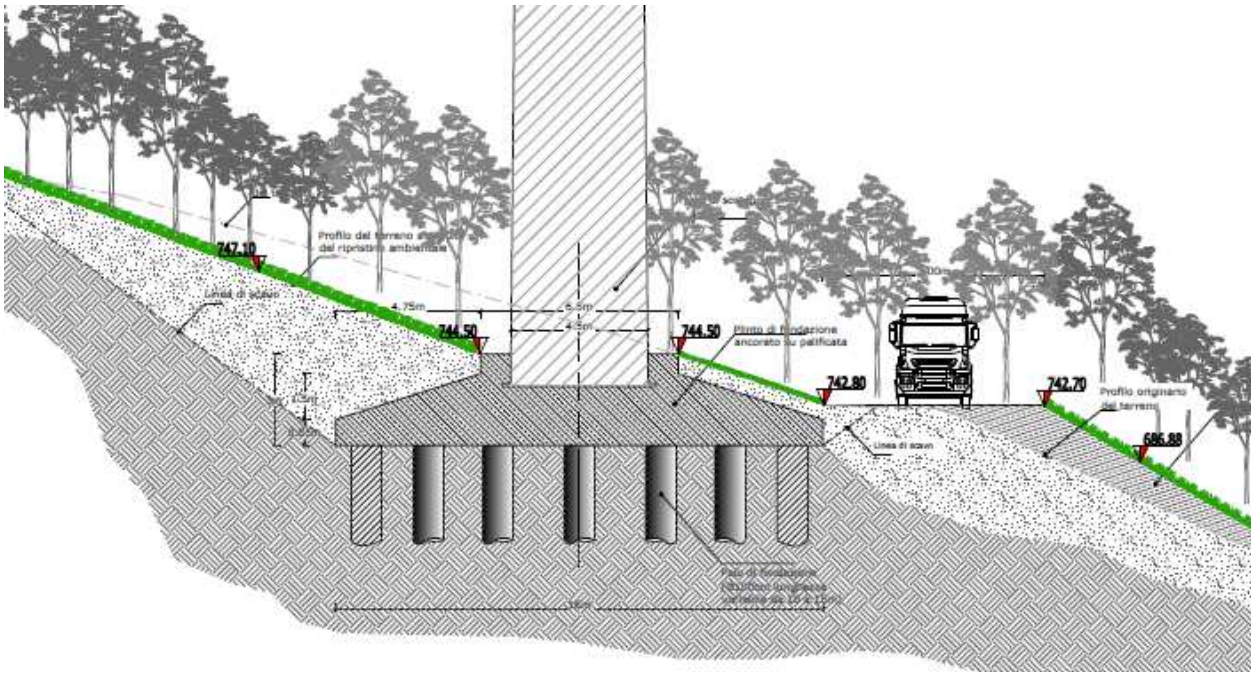


Figura 6: Aerogeneratore n.1 - sezione di progetto.

La porzione di terreno sciolto sbancata per permettere la realizzazione della torre verrà accantonata e riutilizzata per la riprofilatura del fianco di valle della pista esistente, nonché per la regolarizzazione della pista di accesso. Una volta rimossa la porzione detritica, con buona probabilità si dovrà procedere ad un ulteriore sbancamento della porzione più corticale dell'ammasso roccioso per poi iniziare la messa in opera dei pali di fondazioni al di sopra dei quali verrà realizzato il basamento di fondazione dell'aerogeneratore. Al fine di garantire la stabilità dell'opera si andrà infatti a realizzare una corona di pali di fondazione al di sotto del plinto: il numero e la dimensione dei pali sarà legata alle condizioni dell'ammasso roccioso, nonché alle evidenze dei rilievi geomeccanici e degli eventuali sondaggi effettuati nelle successive fasi progettuali.

Una volta realizzate le strutture di fondazione dell'aerogeneratore, si provvederà al rinterro delle porzioni di versante sbancate ed al rinerbimento delle scarpate prodottesi, garantendo così la stabilità delle stesse; in fase realizzativa verrà inoltre valutata la necessità e l'utilità della posa di una georete e/o di un tessuto-non-tessuto al fine di migliorare la stabilità e limitare l'erosione meteorica del terreno nell'intorno dell'aerogeneratore.

Per permettere il passaggio dei mezzi d'opera si renderà necessaria la regolarizzazione della pista di accesso esistente ed eventualmente un modesto allargamento della stessa in corrispondenza delle sezioni più anguste al fine di avere una larghezza non inferiore a 3 metri: l'allargamento della pista potrà avvenire in modo agevole tramite escavatore che, tramite la tecnica dello scavo-riporto, rimuoverà parte del terreno sul fianco di monte e lo riporterà verso valle realizzando l'unghia della pista.

Il cavidotto per la consegna dell'energia prodotta dalla torre n.1 verrà interrato nel tratto iniziale all'interno del versante e successivamente proseguirà interrato al di sotto della strada comunale adiacente fino a giungere in corrispondenza del locale tecnico ubicato nei pressi della torre n.3.

4.2 Torre eolica n. 2:

La torre eolica n.2 risulta ubicata nella porzione mediana del crinale montuoso che unisce i rilievi di Bric Naso di Gatto e di Monte Negino, in corrispondenza di un pianoro: l'area risulta essere, moderatamente ampia e si renderà necessaria una minima riprofilatura di scarpata e del piano campagna al fine di permettere la posa del plinto di fondazione dell'aerogeneratore.

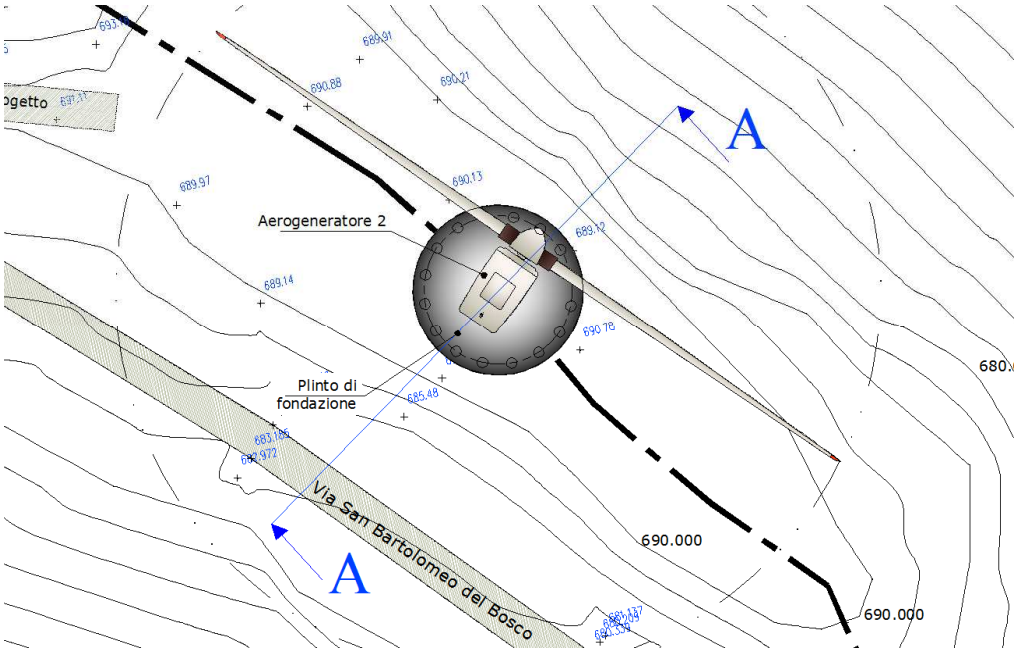


Figura 7: Aerogeneratore n.2 - particolare della planimetria.

Dal punto di vista geologico-tecnico, il sito n.2 si caratterizza per la presenza di una copertura eluvio-colluviale di spessore prossimo al metro circa, al di sotto dei quali affiorano i litotipi appartenenti all'Unità Savona-Calizzano; per la realizzazione della torre si dovrà quindi procedere alla rimozione dello strato superficiale di copertura e quindi alla realizzazione del pozzo in roccia per la messa in opera del plinto di fondazione e dei micropali di ancoraggio del plinto al substrato roccioso.

I lavori e le attrezzature di cantiere potranno agevolmente essere stoccate a lato dell'area di cantiere realizzata in corrispondenza dello spiazzo esistente, mentre l'accesso all'area di cantiere viene garantito dalla strada comunale e dalla nuova strada di accesso in progetto sotto la quale verrà altresì interrato il cavidotto che proseguirà fino al locale tecnico che verrà realizzato in corrispondenza della torre n.3.

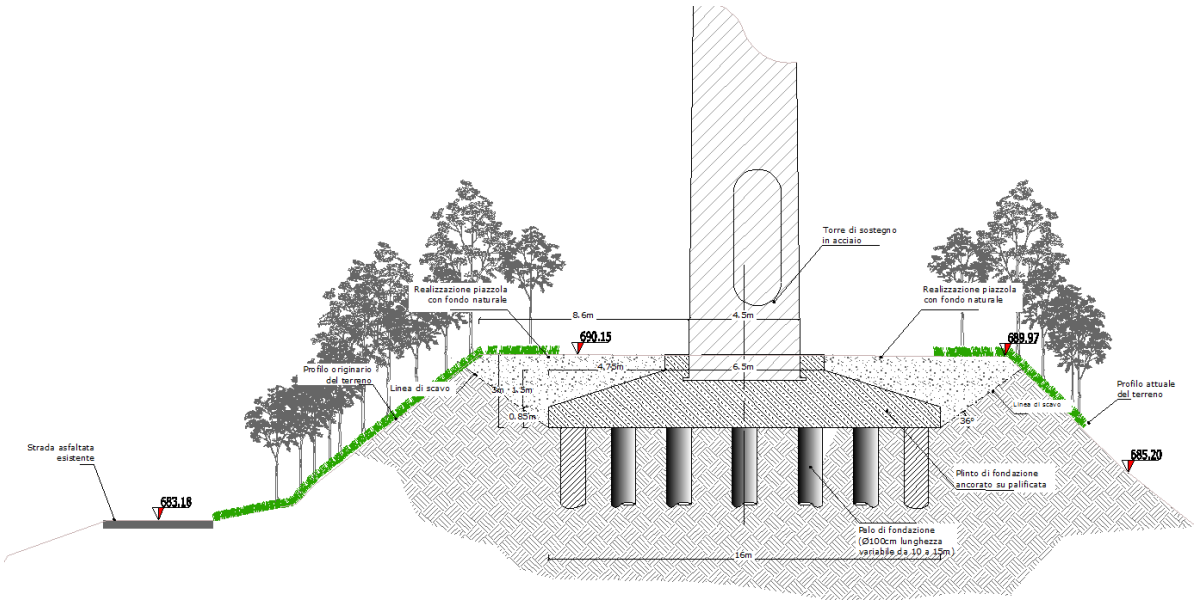


Figura 8: Aerogeneratore n.2- sezione di progetto.

4.3 Torre eolica n.3

La torre eolica n.3 verrà realizzata nei pressi del Monte Negino, in particolare in corrispondenza di una dismessa area di cava ubicata a quota 684 metri s.l.m. sulle pendici occidentali del Negino, immediatamente a lato della strada comunale: il sito n.3 si trova infatti circa 140 metri a Sud-Est rispetto al sito n.2, sempre lungo la linea di cresta su cui corre la strada comunale del Monte Negino.

In tale posizione è infatti presente un pianoro in corrispondenza dell'ex piazzale di cava che presenta dimensioni idonee a permettere la messa in opera del plinto di fondazione della torre eolica in progetto senza dover ricorrere a pesanti interventi di sbancamento e riprofilatura del versante, ad eccezione di una regolarizzazione del fronte di cava sul lato Est del piazzale al fine di sfruttare in modo ottimale lo spazio disponibile ed allontanare il più possibile la torre eolica dalla sede stradale.

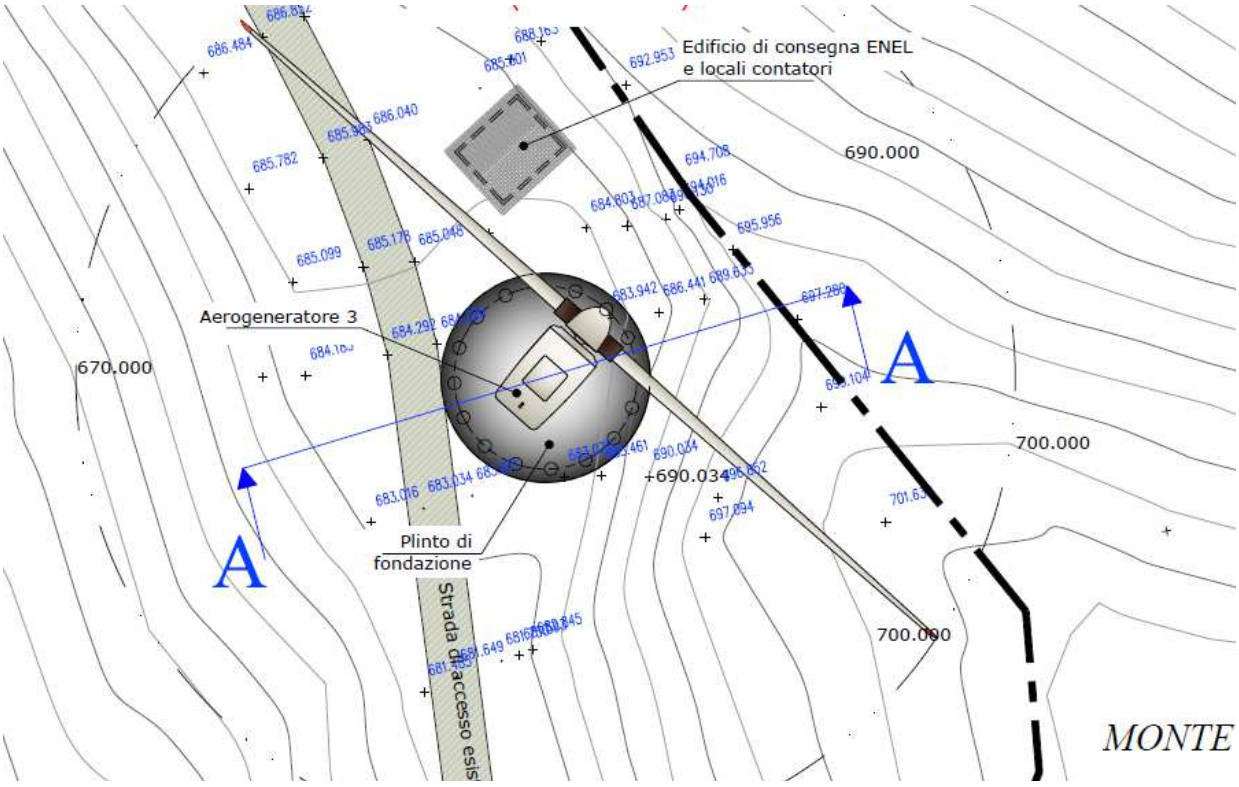


Figura 9: Aerogeneratore n.3 - particolare della planimetria.

Come per la torre eolica n.2, si renderà infatti necessaria la rimozione di circa 1-2 metri di terreno eluvio-colluviale e quindi la realizzazione del pozzo di fondazione dell'aerogeneratore in progetto: tale sito presenta infatti caratteristiche geologico-tecniche del tutto simili a quelle sito precedente, con il substrato roccioso dell'Unità Savona-Calizzano posto a debole profondità ed interessato da una sottile copertura quaternaria di origine eluvio-colluviale.

La scarpata presente sul fianco di valle della strada e del piazzale di cava risulta essere fittamente boscata e presenta una pendenza di oltre 30°: il rilievo di terreno a posto in evidenza come essa presenti un substrato roccioso posto a profondità molto limitata, generalmente non superiore ad 1.5 metri. In considerazione di ciò, viste le buone proprietà geomeccaniche dell'Unità Savona-Calizzano e vista l'assenza di segnali premonitori di fenomeni di dissesto incipienti e/o pregressi, essa viene ritenuta sicura dal punto di vista gravitativo e parimenti si ritiene che la realizzazione dell'aerogeneratore in progetto non vada ad aggravare lo stato di dissesto esistente nell'area né vada ad incrementare il pericolo idrogeologico nell'areale di intervento.

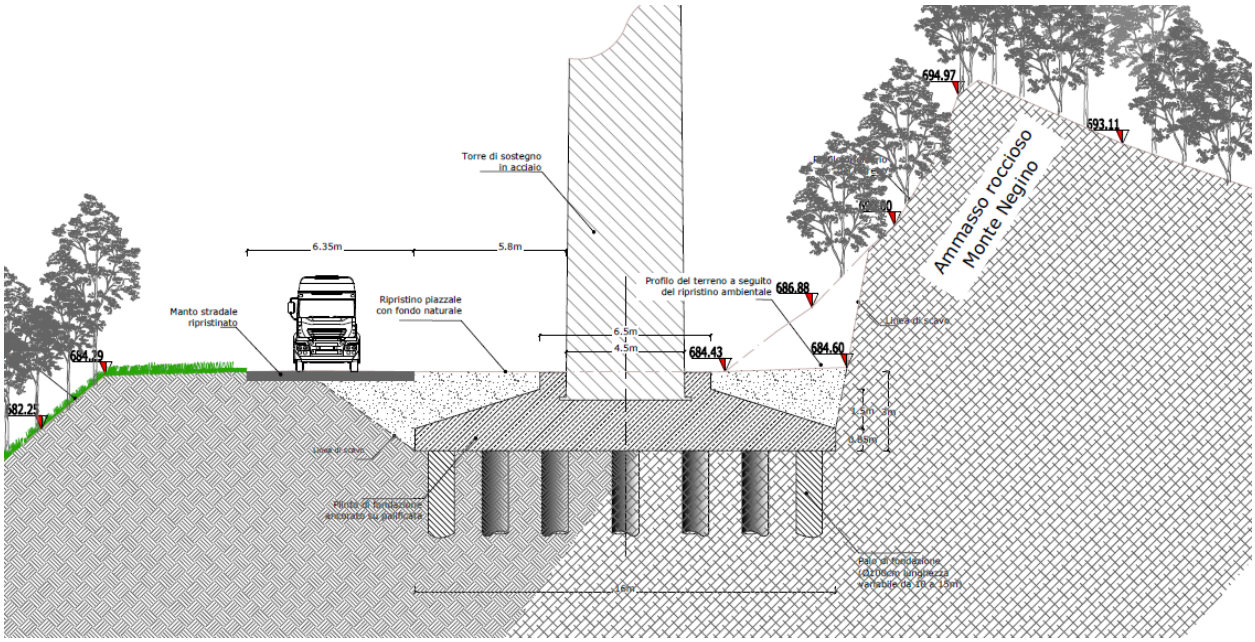


Figura 10: Aerogeneratore n.3 - sezione di progetto.

Immediatamente a Nord della torre eolica verrà inoltre realizzato il locale tecnico che ospiterà i contatori e che consentirà la consegna dell'energia prodotta dai tre aerogeneratori: il locale

presenterà dimensioni come da prescrizione ENEL e sarà parzialmente interrato contro il verante; per la sua realizzazione non sarà richiesta la messa in opera di particolari strutture di fondazione se non la realizzazione di una modesta platea in calcestruzzo.

Come per gli altri siti di intervento, il materiale di risulta proveniente dagli scavi verrà portato in area ecologica o eventualmente venduto ad imprese locali per essere eventualmente riutilizzato per opere di risistemazione stradale e/o ambientale.

5 ANALISI DELLO STATO DI DISSESTO

Dal punto di vista gravitativo, l'area di intervento risulta essere sostanzialmente stabile, il rilievo di terreno non ha infatti evidenziato l'esistenza di dissesti di tipo gravitativo né la presenza di aree soggette ad erosione particolarmente marcata.

Tale situazione di sostanziale stabilità viene confermata dall'analisi dei documenti tecnici redatti dagli Organi di governo del territorio: il Piano di Bacino Stralcio sul rischio idrogeologico della Provincia di Savona, all'interno della relazione circa il Bacino del Letimbro, non evidenzia infatti aree in dissesto localizzate nell'intorno del crinale interessato dalle opere in progetto e presenta una suscettività al dissesto variabile da *bassa* (P_{g1}) a *molto bassa* (P_{g0})[1], a testimonianza della stabilità dei versanti oggetto d'intervento; i siti prescelti per la messa in opera degli aereogeneratori presentano inoltre un rischio di alluvionamento nullo, essendo posti in corrispondenza di crinali montuosi.

Analogamente, anche il Progetto IFFI – Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia non riporta alcuna area in dissesto circa il crinale oggetto di intervento, mentre è presente un movimento franoso stabilizzato ad Ovest del Bric Naso di Gatto, nei pressi della Strada Provinciale n.12 Savona-Altare: come indicato dall'IFFI, si tratta di un movimento franoso superficiale oramai stabilizzato che coinvolge le metaofioliti dell'Unità di Montenotte, litologia non di rado interessata da fenomeni di dissesto.

Le tre aree individuate per la messa in opera degli aereogenertori risultano invece essere stabili e nel loro intorno non sono stati evidenziati segnali di fenomeni erosivi in atto e/o di fenomeni di dissesto pregressi; il secondo ed il terzo siti risultano essere pressoché pianeggianti e con il substrato roccioso sub-affiorante, mentre il primo sito risulta essere posto su un versante digradante verso Sud con una non superiore a 24° ed in condizioni di sostanziale stabilità.

[1] Carta della suscettività al dissesto dei versanti – Piano di Bacino del Letimbro, tav.8.

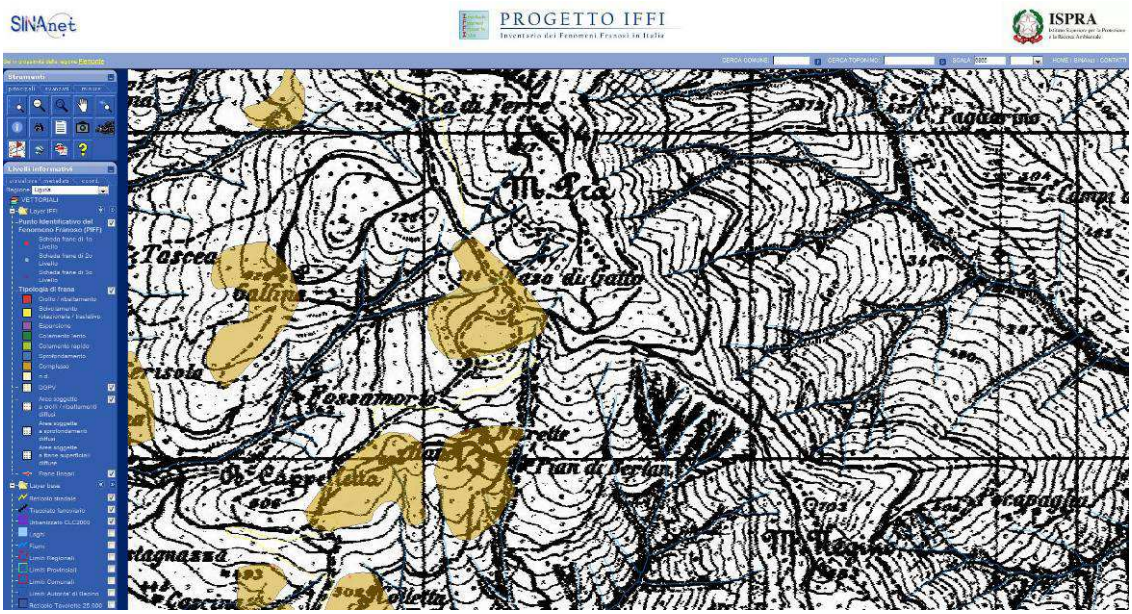


Figura 11: estratto delle aree di dissesto riportate dal Progetto IFFI circa l'area d'intervento.

Il crinale montuoso adiacente il sito n.1 risulta fittamente boscato e pedogenizzato, pertanto la possibilità di erosione accelerata su tale versante risulta essere naturalmente mitigato e attenuato: per la realizzazione delle strutture di fondazione dell'aereogeneratore si provvederà ad una ulteriore regolarizzazione topografica dell'area con conseguente mitigazione della possibilità di dissesto dell'area.

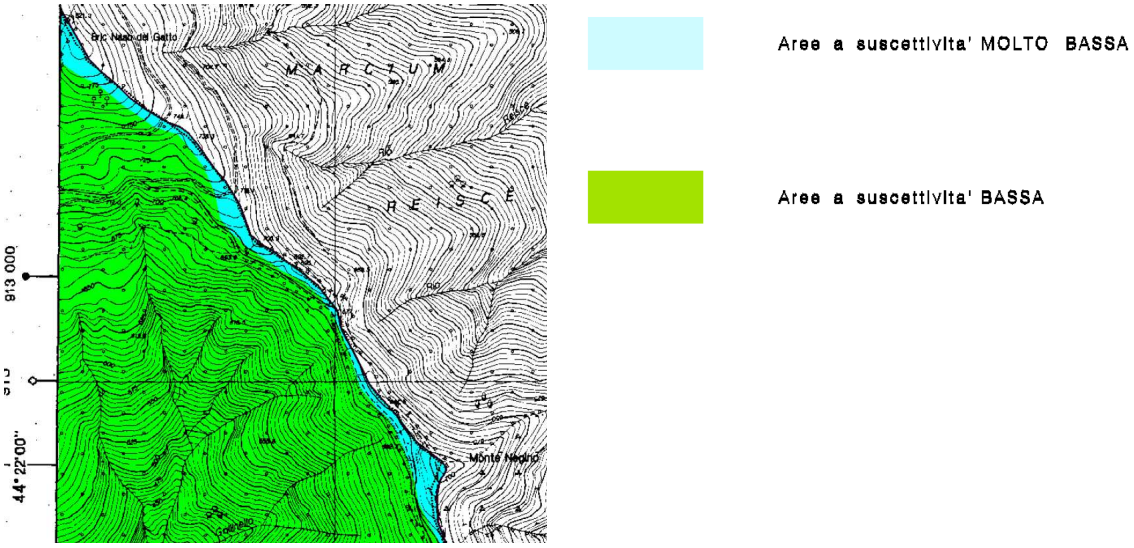


Figura 12: estratto Carta della suscettività al dissesto dei versanti.

6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Il territorio comunale di Savona, a seguito dell'applicazione dell'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003, è stato inserito in Zona 4 nella Classificazione Sismica dei Comuni italiani.

Nel gennaio 2006 la Regione Liguria, con la DGR 1308 del 24/10/2008, ha provveduto al recepimento dell'OPCM 3519/2006 e all'aggiornamento delle zone sismiche delle Liguria come illustrato in Figura 13: anche all'interno della nuova classificazione sismica del territorio ligure, il savonese rientra all'interno della Zona 4.

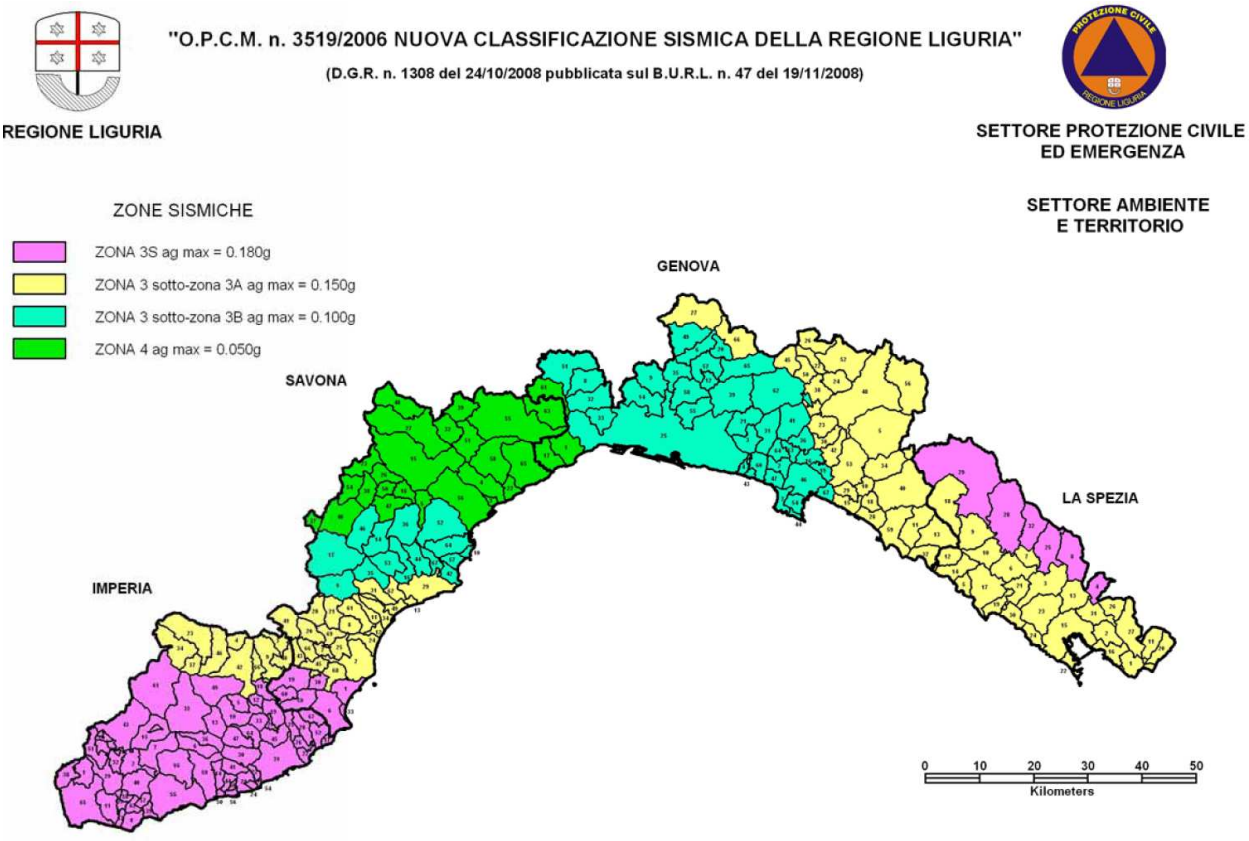


Figura 13: classificazione sismica della Regione Liguria.

La Zona 4 comprende le aree del territorio soggette a più basso rischio sismico, per le quali il *picco di accelerazione al suolo* (PGA) risulta essere inferiore a 0.05g: in tali porzioni di territorio vi è pertanto una probabilità molto bassa che si verifichino fenomeni sismici.

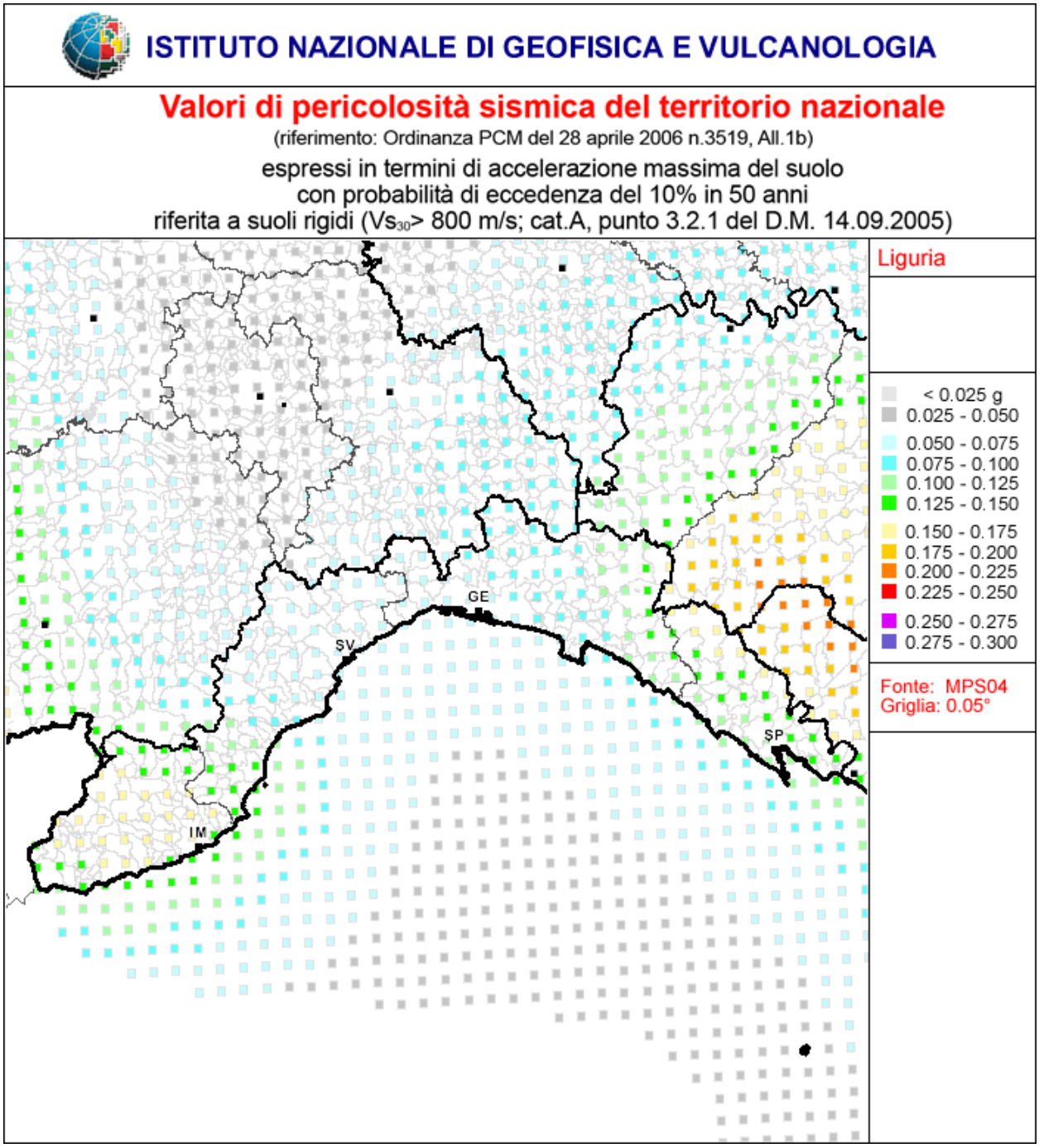


Figura 14: Regione Liguria – accelerazione massima del suolo.

Il DM 14 gennaio 2008 suddivide quindi le varie tipologie di suolo di fondazione a seconda delle caratteristiche litologico-stratigrafiche, alle quali corrisponde un diverso comportamento a seguito di un fenomeno sismico:

Categoria	Descrizione
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	*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 $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m,* posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

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

Figura 15: categorie di sottosuolo secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni 2008.

I tre siti prescelti per la messa in opera degli aerogeneratori in progetto, in virtù delle loro caratteristiche litologico-stratigrafiche, vengono attribuite alla **Classe E** dei suoli di fondazione definiti con il *D.M. 14/01/2008* e *s.m.i.*: "*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20m, posti sul substrato di riferimento (Vs30>800m/s)*": il substrato roccioso risulta infatti essere sub-affiorante in tutti e tre i siti individuati, con una soggiacenza media di 1-3 metri

rispetto al piano campagna e nascosto alla vista dai depositi eluvio-colluviali che ammantano l'area.

Per quanto riguarda le caratteristiche topografiche, il sito n.1 rientra all'interno della Categoria topografica T2 *"Pendii con inclinazione media i> 15°"*, mentre i siti n.2-n.3 appartengono alla categoria T1 (*"Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°"*).

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

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 del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Figura 16: categorie topografiche e coefficiente di amplificazione topografica S_t.

E' stato infine effettuato, attraverso il software GeoStru PS, il calcolo dei coefficienti sismici e dei parametri sismici al fine di determinare le azioni sismiche sulla torre n.1 (condizione più gravosa) nei vari stati limite secondo quanto previsto dal DM 14/01/2008 e s.m.i., i cui risultati sono riportati in Figura 17.

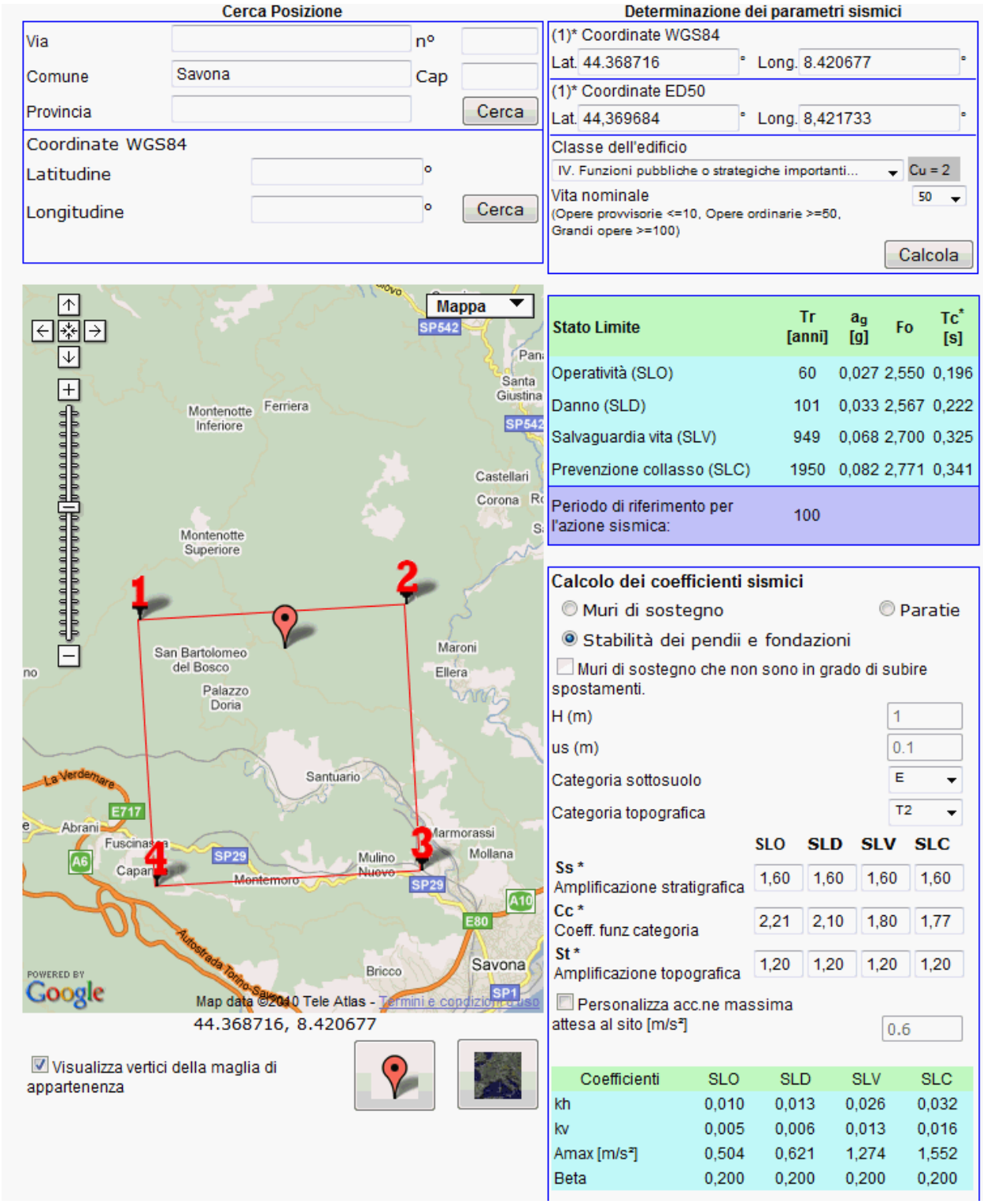


Figura 17: calcolo dei coefficienti sismici e dei parametri sismici ai vari stati limite.

7 CONSIDERAZIONI FINALI

Le considerazioni riportate nei precedenti capitoli si possono sintetizzare nei seguenti punti:

- la presente relazione tecnica rappresenta l'indagine geologica preliminare per la sostenibilità ambientale di un parco eolico in progetto nell'area Naso di Gatto-Monte Negino, nella porzione montana del comune di Savona;

- i lavori in progetto prevedono la messa in opera di n.3 aerogeneratori in corrispondenza di un crinale montuoso tra la località Naso di Gatto ed il Monte Negino, le cui caratteristiche tecniche e realizzative sono illustrate nella relazione di progetto ad opera dell'Ing. Pirra D. e del Dott. Giorgio Colombo;

- i siti di intervento presentano caratteristiche simili tra loro e si caratterizzano per la presenza di una debole copertura eluvio-colluviale al di sotto della quale è presente il substrato roccioso lapide costituito dall'Unità di Bagnaschino e dall'Unità Savona-Calizzano;

- i siti prescelti per la realizzazione degli aerogeneratori si presentano in sostanziali condizioni di stabilità gravitativa, risultano essere di facile accesso e non richiederanno importanti interventi di sbancamento e riprofilatura del versante per permettere la realizzazione delle torri eoliche;

- le indagini preliminari ed il rilievo di terreno effettuato ha posto in luce come, dal punto di vista geologico-tecnico e geomorfologico, l'area di intervento sia compatibile con la messa in opera del parco eolico in progetto;

- la definizione delle proprietà geomeccaniche dei materiali quaternari e del substrato roccioso è stata tuttavia demandata alla successiva fase progettuale, una volta

appurata la sostenibilità ambientale e la fattibilità tecnica da parte delle Amministrazioni pubbliche preposte alla valutazione delle stesse;

- la messa in opera dell'impianto in progetto non andrà ad aggravare il modesto stato di dissesto esistente nell'area e non andrà ad aggravare il rischio di dissesto idrologico in atto nell'areale;

Sulla base delle considerazioni esposte, si può concludere dicendo che l'intervento in progetto appare compatibile con la situazione geologica ed idrogeologica dell'area e con le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione.

8 BIBLIOGRAFIA

- ✓ Carta Geologica d'Italia, Foglio 81 Ceva (scala 1:100.000) e Note Illustrative;
- ✓ Provincia di Savona – Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico (Bacino Letimbro, relazione e tavole allegate);
- ✓ Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani;
- ✓ "Geotecnica" – R. Lancellotta, Zanichelli Editori;
- ✓ Guide Geologiche Regionali – Alpi Liguri;
- ✓ Provincia di Savona – GIS
- ✓ Repertorio Cartografico Regione Liguria