STUDIOFAAB
GEOLOGIA, AMBIENTE, ACUSTICA E SICUREZZA



COMUNE DI GENOVA

Progetto:

Oggetto: Installazione aerogeneratore da 56 KW nei pressi del sentiero pedonale antica via paradiso - Borzoli

Titolo:

STUDIO DI FATTIBILITÀ - RELAZIONE GEOLOGICA

Il Richiedente:
Azienda Agroenergetica di Ottonello Sandro
Data:
Aprile 2011

Firma Consulente:



Dott.Geol.Fabio Berra

Sede Legale:
Via Borgoratti, 18/9
16132 GENOVA
Tel./Fax 0108686256
P.I. 03844670103

Sede Operativa:
Via Sturla, 6/20
16131 GENOVA
web: www.studiofaab.com
e.mail info@studiofaab.com

INDICE

1. PREMESSA 3

2. NORMATIVA E STRUMENTO TERRITORIALE DI RIFERIMENTO 3

3. MODELLO GEOLOGICO 5

4. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA 11

4.1 CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI 11
4.2 CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI 13

5. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO 13

5.1 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO 14
5.2 - Coefficienti sismici per le verifiche di stabilità e per le opere di sostegno 17

6. Il PROGETTO – INDICAZIONI TECNICHE E CAUTELE PARTICOLARI 18

7. CONCLUSIONI 22

ALLEGATI

1) Inquadramento dell'area (Toponomastica, Carta Tecnica Regionale)
2) Stralcio carta geolitologica (Piano di bacino Torrente Polcevera)
3) Stralcio suscettivita al disseto (Piano di bacino Torrente Polcevera)
4) Stralcio carta dei regimi normativi (Piano di bacino Torrente Polcevera)
5) Documentazione fotografica

1. PREMESSA

Lo scrivente, su incarico della Committenza, ha sottoposto ad indagine geologica e geognostica l'attuale area di proprietà dell'Azienda Agroenergetica sulla quale, alle coordinate N44°25,967 E 08° 52,594 lungo il sentiero pedonale antica via Paradiso a Borzoli, sorgerà una pala eolica.

Tale indagine si è articolata nelle seguenti fasi:

- ⇒ Ricerca e raccolta del materiale bibliografico, cartografico e tecnico già esistente circa le caratteristiche geologiche e geotecniche della zona in esame;

- ⇒ Rilevamento di superficie mirato ad acquisire informazioni sulla natura del terreno e sulle sue caratteristiche geotecniche;

- ⇒ Esecuzione di una campagna geognostica preliminare consistente nella realizzazione di n° 2 prove penetrometriche dinamiche medie DPM(30), di n° 1 prova sismica a rifrazione.

Nella presente relazione viene illustrata la geologia della zona, con particolar riferimento ai lineamenti geologici, geomorfologici ed idrogeologici, alla stratigrafia del terreno sede dell'intervento e la pericolosità geologica del territorio. Verrà anche realizzato un primo modello geotecnico del terreno, sulla base delle indagini eseguite, con particolar riferimento ai terreni di copertura, i cui risultati saranno di ausilio alla progettazione dell'opera.

2. NORMATIVA E STRUMENTO TERRITORIALE DI RIFERIMENTO

Per il presente lavoro sono state prese a riferimento le seguenti normative di Legge:

- ⇒ D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni "

- ⇒ Circ. LL.PP. 24 settembre 1988 n. 30483 "Norme tecniche per terreni e fondazioni – istruzioni applicative".

- ⇒ L.R. n. 4 del 22/01/1999 "norme in materia di foreste e di assetto idrogeologico" (in quanto l'area ricade sotto il vincolo idrogeologico)

L'area nella quale verrà installato il generatore eolico ricade al confine di due piani di bacino, il Polcevera e il Chiaravagna.

Il progetto, pertanto, sarà analizzato sia nei confronti dei contenuti del "Piano di Bacino del Torrente Polcevera" (Approvato con Delibera del Consiglio Provinciale n. 14 del 02/04/2003 e con Delibera del Consiglio Provinciale n. 38 del 30/09/2004) che nei confronti dei contenuti del "Piano di Bacino del Torrente Chiaravagna" (Approvato con Delibera del Consiglio Regionale n.31 del 29/09/1998) e del P.U.C. del Comune di Genova.

I piani di bacino, classificano l'area nella carta dei regimi normativi in zona VNI (versante non insediato Mantenimento).

Per zona VNI - "versanti montani non insediati" s'intende: parti di territorio che si presentano allo stato sostanzialmente naturale, ove non sono presenti apprezzabili forme d'insediamento.

...L'approvazione dei progetti degli interventi compatibili ai sensi degli articoli 16, 17, 18 e 19 che comportino movimenti di terreno ovvero ne modifichino il carico, è subordinata alla presentazione d'apposita perizia geologica, geomorfologica e geologico-geotecnica, con particolare riguardo alla stabilità dei versanti, che attesti la coerenza tra le soluzioni progettuali previste e le condizioni puntuali e generali di stabilità e di carico ammissibile, ed alla situazione locale della rete idraulica minore; la predetta perizia assolve anche le finalità di cui alla L.R. n. 22/1984 e delle circolari applicative e di cui alla L.R. n. 4/1999...

Nell'area omogenea dei versanti insediati, le aree VI-MA sono soggette al regime di MANTENIMENTO e sottoposte alle seguenti norme nelle quali vengono specificati gli **interventi non compatibili**. Le norme inerenti il suolo naturale prevalgono rispetto a quelle inerenti la viabilità, l'insediamento, la copertura vegetale, le risorse idriche e la rete idrografica.

norme inerenti il suolo naturale:

a1) interventi che richiedono sbancamenti e riporti che modificano negativamente la configurazione morfologica esistente, compromettendo la stabilità dei versanti ed incidono sul territorio producendone l'erosione, il dilavamento e/o l'impermeabilizzazione non coerente rispetto ai parametri riportati ai punti c1b , c1c e c2a, fatta eccezione per le serre a tunnel;

a2) attività estrattive;

a3) discariche nelle zone ad alta suscettività al dissesto ed in quelle di frana attiva riportate nella Tav. 19

a4) interventi di qualunque tipo nelle aree ad alta suscettività al dissesto e in quelle in frana attiva riportate nella Tav. 19, o nelle aree a franosità diffusa e nelle frane stabilizzate riportate nella tav. 7, se non a seguito di approfondite indagini specifiche di dettaglio.

Sempre il piano di bacino del Torrente Polcevera, classifica l'area nella carta alla suscettività al dissesto in classe Pg2 (aree a suscettività media) mentre il piano di bacino del Torrente Chiaravagna classifica l'area nella carta alla suscettività al dissesto in classe Pg1 (aree a suscettività bassa).

Sempre secondo le norme di attuazione del Piano, l'area ricade sotto vincolo idrogeologico. Il vincolo idrogeologico, infatti, si applica in tutto il bacino con esclusione del Fondovalle Insediato (FI) e Fondovalle e Versante Urbanizzato (FVU) ed, ai sensi dell'art. 34 della L.R. 4/1999, è riperimetrato come riportato graficamente nella Carta degli strumenti giuridico-normativi del Piano.

La carta della zonizzazione del P.U.C. del Comune di Genova, infine, identifica l'area in zona urbanizzata e in zona D (Area urbanizzata con suscettività d'uso limitata e/o condizionata) nella carta di suscettività d'uso del territorio.

Nei comparti compresi in queste zone le condizioni rilevate alla scala di P.U.C. pongono in evidenza criticità di una certa rilevanza, determinate dallo spessore delle coltri, dall'assetto giaciturale dei giunti di stratificazione e di fessurazione, dallo stato di continuità della massa rocciosa, dal grado di pendenza dei versanti e dalla presenza di fenomeni geomorfologici pregressi (frane quiescenti, paleofrane).

3. MODELLO GEOLOGICO

L'impianto eolico verrà realizzato a sud di via Forte Monte Guano, lungo l'antico sentiereo Paradiso, in prossimità del crinale che funge da spartiacque fra i bacini Chiaravagna e Polcevera. La quota di progetto è a 155 m s.l.ml.

Gli aspetti morfologici del territorio oggetto di studio e del suo intorno sono essenzialmente in accordo con le condizioni climatiche attuali; non sono riconoscibili morfologie relitte riferibili ad andamenti climatici fortemente differenti, con particolare riferimento ai periodi glaciali. Essendo un'area non ancora insediata la morfologia ha mantenuto i suoi lineamenti naturali e trova origine in motivazioni di ordine geologico, nonchè tettonico-strutturali.

Nelle carte tematiche dei Piani di Bacino, il substrato litologico è rappresentato dalla Formazione delle argilliti di Mignanego appartenente all'Unità della Valpolcevera.

Quest'unità, insieme alla formazione dei Flysch dell'Antola, costituisce Le Unità Liguri s.l., o flysch liguridi.

L'Unità della Val Polcevera (Flysch di Busalla di Haccard, 1976), di supposta età cretacea superiore, è costituita da sequenze emipelagiche alternate a sequenze torbiditiche marnoso calcarenitiche o siltoso arenacee. Si riportano di seguito le formazioni che la costituiscono:

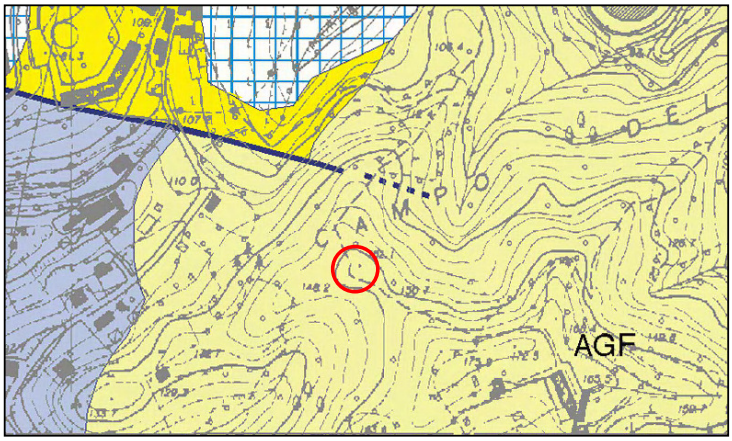
- Argille a Palombini del Passo dei Giovi (apG) - (Cretaceo inf.)

- Argilliti di Montànesi (aMo) - (Cretaceo sup.?)

- **Formazione di Mignànego** - (Cretaceo sup. ?): La formazione di Mignànego comprende due litozone (Marini, 1998): la prima (litozona siltoso-arenacea) costituita da torbiditi siltoso arenacee medio-fini di tipo prevalentemente subarcosico in strati da sottili a medio-spessi; talora si osservano abbondanti intercalazioni di pelitoscisti neri. La seconda litozona (litozona marnosa) è caratterizzata da torbiditi marnose a base calcareo-arenacea sottile in strati medio-spessi. L'insieme delle due litozone è noto anche come Argilliti di Mignànego (Allasinaz et al., 1971). L'unità è compresa fra il presunto limite tettonico con l'unità Timone-Teiolo ad Ovest ed il limite stratigrafico con le Argille di Montànesi ad Est. La litozona siltoso-arenacea presenta un'associazione di litofacies composta da a) torbiditi ad alternanze di quarzareniti-siltiti in strati di spessore tra i 20 e 150 cm; b) argilliti nere sfaldabili in lastrine; c) strati marnosiltosi isolati in banchi anche plurimetrici; d) rari strati di arenarie quarzoso-feldspatiche di spessore inferiore al metro (Marini, 1989). La litozona marnosa si compone di un'associazione litologica definita da: a) torbiditi formate da alternanze di calcare arenaceo e marna/marnosiltite di spessore normalmente fino a metrico; b) argilliti nere; c) calcari arenacei a grana medio fine in strati massicci di spessore sub-metrico; d) rari calcari micritici massicci a base finemente arenacea; e) rarissime torbiditi arenaceo-siltose; f) rarissimi livelli centimetrici di quarziti pure (Marini, 1989). Le associazioni di facies nelle quali prevalgono gli apporti torbiditici terrigeni silicoclastici riflettono un ambiente deposizionale di piana di bacino sovralimentata prossimo alle porzioni più distali ed esterne di un apparato di conoide (Marini, 1998). Lo spessore dell'unità è di difficile determinazione a causa dell'intensa deformazione per pieghe; si stima tuttavia che non debba superare i 250-300 metri.

- Formazione di Ronco - (Cretaceo sup. ?)

Per la carta geologica del Progetto CARG il sito è contraddistinto, invece, dagli argilloscisti di Murta appartenenti all'Unità di Monte Fgogna.



LEGENDA:

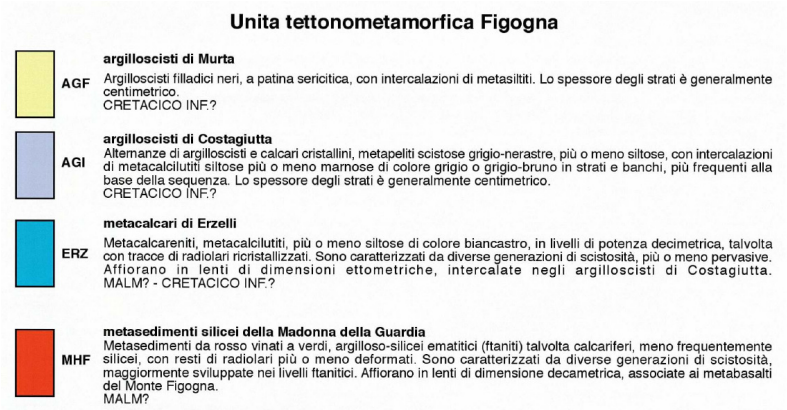


Fig. 1: Stralcio carta geologica – Scala 1: 10000 Progetto CARG Regione Liguria – Tav. 213150

L'Unità di Monte Figogna (o di Timone-Bric Tejolo) è costituita da una successione ofiolitica e meta-vulcanica con associate facies di sedimentazione oceanica di età giurassica e dalle relative coperture stratigraficamente continue fino ai depositi di flysch del Cretaceo medio;

L'Unità di Monte Figogna, fa parte della zona Sestri - Voltaggio insieme ad altre due unità strutturali: l'Unità Cravaco-Voltaggio e l'Unità di Monte Gazzo Isoverde.

L'Unità di Cravasco-Voltaggio è costituita almeno da due diverse successioni di metaofioliti giurassiche e relative coperture, di età fino al Cretaceo inferiore.

L'Unità Triassico-Liassica (o di Monte Gazzo-Isoverde) è invece costituita da una successione di dolomie triassiche, calcari marnosi retici, calcari e peliti liassici.

Le Formazioni litologiche dell'unità strutturale presente sono così suddivise:

Metargilliti (Cretaceo inferiore) (Argilliti di Murta?)

Secondo Cortesogno & Haccard (1984) quest'unità è inglobata nelle Meta-Argilliti a Palombini del Passo della Bocchetta, delle quali costituisce il tetto stratigrafico, ed è in continuità stratigrafica con le soprastanti Argilliti di Mignanego.

Marini (1998) ipotizza invece che il limite superiore con le Argilliti di Mignanego abbia un'origine tettonica in quanto le argilliti si presentano prevalentemente in assetto rovesciato e con caratteri metamorfici di più basso grado.

Questa formazione è costituita, analogamente alle Meta-Argilliti a Palombini, da scisti grigio - neri o verdastri per la presenza di veli sericitici sulle superfici di discontinuità, fortemente arricciati e solo raramente lastroidi, ricchi di essudati di quarzo ed albite in lenti e noduli; molto spesso assumono un aspetto filladico.

Ad essi si intercalano però anche banchi medio - sottili di arenarie quarzose da fini a finissime a cemento carbonatico. Le litologie primarie ricordano quelle delle unità emipelagitiche diffuse in tutti i flysch liguridi. Lo spessore non è definibile.

Argille a Palombini del Passo della Bocchetta (Cretaceo inferiore)

Questa formazione comprende metargilliti filladiche con intercalazioni di spessore da metrico a submetrico di calcari microcristallini per lo più scistosi. Il limite inferiore è definito dai Calcari di Erselli o dai Diaspri, o in assenza di entrambi, dai Basalti; il limite superiore è rappresentato dalle Metargilliti Filladiche (Marini, 1998).

Le meta-argilliti si presentano come scisti nerastri o grigio scuri, spesso grafitosi, talvolta limoso/sabbiosi, a patine di alterazione brunastre, con scistosità accentuata e facile divisibilità in scaglie sottili; le superfici di scistosità appaiono grigio – nere o verdastre per la presenza di veli sericitici.

Le lenti di calcari micritici silicei sono di tipo "palombino": raramente a grana grossa, sono calcari finemente arenacei e subordinati calcari marnosi; gli strati, di spessore da decimetrico a metrico, sono di colore grigio scuro, compatti, a frattura concoide, e possono presentare diversi gradi d'alterazione, giungendo ad essere addirittura completamente incoerenti e con una colorazione bruno-rossiccia. Queste intercalazioni non sono comunque distribuite in modo uniforme all'interno della formazione.

Lo spessore della sequenza non è definibile a causa dell'intensa tettonizzazione.

Calcari di Erselli (Neocomiano)

Sedimenti carbonatici di varia origine, costituiti da calcari cristallini grigi, talora selciferi, in strati medio-sottili; calcari cristallini grigi o grigio-neri, grigio-chiari o biancastri in superficie, con selce in liste o lenti allungate, in strati e banchi da 10 fino a 60-80 cm.

Diaspri (Giurassico superiore)

Si tratta di diaspri, scisti diasprigni, ftaniti e peliti silicee, più o meno argillitiche, sotto forma di brandelli lavici a bordi vetrificati, soprattutto di colore rosso-vinato per la presenza di ematite, raramente grigio-verdastro per la presenza di clorite.

Diabasi, basalti e metabasiti (Giurassico superiore-medio)

Diabasi e spiliti grigio-scuri, sovente a struttura ofitica, a volte porfirica, localmente a pillow; le metabasiti mostrano un'impronta metamorfica in facies scisti blu.

Serpentiniti (Giurassico superiore-medio)

Serpentiniti pirosseniche od oliviniche; serpentinoscisti; talcoscisti e scisti amiantiferi in piccoli ammassi; lherzoliti più o meno serpentinizzate.

Oficalci (Giurassicosuperiore-medio)

Brecce ofiolitiche, generalmente di colore verdastro, cementate da vene di calcite.

∝∝∝∝∝∝∝

Dal rilevamento di campagna si evince che il crinale, sul quale s'installerà il palo, è caratterizzato da roccia subaffiorante con copertura detritica minima intorno ad un metro e comunque sempre inferiore ai due metri, così come testimoniato dalle prove geofisiche eseguite. Il passaggio alla roccia sottostante non è netto ma bensì graduale, in quanto il substrato argillitico, fortemente alterato nei suoi primi metri di spessore assume un comportamento del tutto simile a quello dei terreni. Gli argilloscisti in affioramento presentano numerose famiglie di discontimuità e giunti di stratificazione che rendono la roccia sfaldabile alla sola pressione delle dita. Gli argilloscisti hanno una colorazione grigio - nera e occasionalmente verdastra per la presenza di veli sericitici.

Più a valle si osservano degli affioramenti, lungo il sentiero, con la giacitura degli strati intorno ai 160° di direzione e immersione NE/E.

Non si rinvengono processi gravitativi in atto o rimobilizzazioni di corpi detritici nel sito d'interesse, mentre all'inizio del sentiero, come descritto più avanti è visibile uno smottamento superficiale che ha interessato la strada.

In merito alle caratteristiche idrogeologiche dei terreni presenti nella zona d'interesse, le valutazioni hanno carattere generale ed indicativo, in quanto dedotte dall'esame della permeabilità relativa delle diverse litologie presenti.

La copertura, vista la sua composizione limo argillosa è da considerarsi semipermeabile per porosità con diversi meccanismi di circolazione idrica:

- ⇒ circolazione superficiale prevalente, visto gli spessori minimi, in occasione delle piogge con ruscellamento dai versanti e lungo le strade verso i colatori;
- ⇒ circolazione sottosuperficiale, con le acque di infiltrazione e di percolazione che tendono a raggiungere il bed-rock, ovvero lenti o letti di materiale più fini entro le coltri con basse velocità di filtrazione;
- ⇒ circolazione profonda, entro la roccia fratturata od entro gli accumuli più potenti, ove possono circolare sia acque di infiltrazione e percolazione nelle coltri, che acque di provenienza più profonda, per salto di permeabilità dalle fratture della roccia.

Le argilliti e tutte le formazioni di natura scistosa, sono da ritenersi praticamente impermeabili in condizioni di assenza di alterazione. Normalmente sono però costituiti da uno strato superficiale di natura eluvio-colluviale sovrastante una zona ad intensa fratturazione ed alterazione (cappellaccio), sede di intensa circolazione idrica. La circolazione idrica lungo le discontinuità è fortemente influenzata da fenomeni d'alterazione che interessano i materiali argillosi: i prodotti d'alterazione, infatti, tendono ad intasare le discontinuità presenti, rallentando e limitando i processi di circolazione idrica.

È possibile la presenza di venute d'acqua dovute a contrasti di permeabilità tra la copertura e il substrato sottostante.

Lungo l'antica strada Paradiso che conduce al crinale si segnalano zone di ristagno ed imbibizione dei terreni, dovuti a contrasti di permeabilità legati al differente grado di alterazione della roccia. A causa dell'imbibizione del terreno all'iniziio del sentiero un movimento di terra ha interessato una piccola porzione di sentiero.

4. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

Per la determinazione dei parametri geotecnici del terreno, si presuppone la conoscenza di una serie di fattori che influenzano lo "*stato tensionale presente*". Tali "*fattori determinanti*" sono la natura del terreno, le tensioni geostatiche presenti, la storia dello stato tensionale, le condizioni idrauliche nonché le variazioni tensionali connesse con gli interventi. Nel caso specifico, ci si è valsi del conforto di esperienze maturate in terreni analoghi, nonché dei riscontri bibliografici e delle risultanze della campagna d'indagini effettuata. Inoltre si è operato considerando le seguenti ipotesi:

- ⇒ un modello di comportamento semplificato del terreno, conservativo nei confronti della sicurezza;
- ⇒ andamento del livello di falda e distribuzione delle pressioni interstiziali uniformi.

4.1 CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

4.1.1. INDAGINI GEOGNOSTICHE

È stata predisposta una serie di indagini geognostiche, il cui scopo è quello di acquisire le conoscenze stratigrafiche del terreno e di ricavare un primo modello di parametrizzazione dello stesso per individuare le modalità tecnico-esecutive dell'intervento.

Sono state eseguite, due prove penetrometriche dinamiche medie DPM (30) e una sismica a rifrazione, l'ubicazione delle quali è riportata nella documentazione fotografica in allegato.

Per la caratterizzazione del terreno sono state quindi utilizzate diverse tecniche. La stesa sismica a rifrazione ha permesso di definire la stratigrafia del terreno, mentre lo scopo delle prove penetrometriche è stato quello di parametrizzare i primi metri di terreno che sono quelli che influenzano maggiormente la capacità portante e che determinano i cedimenti massimi ammissibili. Le prove penetrometriche dinamiche medie hanno dato i seguenti risultati:

- ⇒ primo strato di coltre compatta e/o alterazione substrato argillitico. Valori di Nspt≈ 15-28;
- ⇒ Spessore copertura max 1,60 m

La tomografia sismica mostra un andamento irregolare dell'alterazione del substrato con spessori minimi prossimi allo zero fino a 2,0 metri di spessore.

4.1.2 PARAMETRI GEOTECNICI

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva con i principali parametri geotecnici. Si è contraddistinto un unico modello geotecnico denominato MG-1. si è operato in favore di sicurezza considerando uno spessore di coltre uniforme di spessore intorno a 2,0 metri.

Litologia	Profondità	γ (KN/m3)	E (Mpa)	Dr %	ϕ	c_u (Kg/cm^2)
Coltre/cappellaccio	1,6	20	15	100	30	1

Dove:

ϕ = Angolo di attrito interno (per coesione Cu = 0)

Dr = Densità relativa del deposito, in %

C_u= Coesione non drenata

E= Modulo di deformazione (Young).

γ = peso per unità di volume

Per quel che riguarda le prove penetrometriche si rimarca che i valori ottenuti sono dipendenti dalla profondità in cui è stata effettuata la prova e quindi dalla pressione geolitostatica a cui sono sottoposti (per uno stesso terreno, N aumenta con la profondità). Per cui si è adottato il seguente fattore correttivo per σ > 1 Kg/cm^2.

N corretto= NSPT * CN con CN= $1/\sigma_{vo}^{0.56}$

4.2 CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI

Per il substrato roccioso composto dagli argilloscisti di Murta, si è utilizzata la classificazione di Bieniawski. Dall'osservazione diretta degli affioramenti presenti (numero di fratture, spaziatura dei giunti ecc.) si è classificata la roccia in qualità scadente.

A tale formazione si possono attribuire i seguenti parametri:

Litologia	γ (KN/m3)	C (Kg/cm^2)	E (Mpa)	Resistenza alla compressione Qc (MPa)	ϕ
Argilloscisti Murta	26	1.5	400	10	26

5. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

L'azione sismica sulle costruzioni è generata dal moto non uniforme del terreno di sedime, per effetto della propagazione delle onde sismiche. Per la definizione dell'azione sismica ci si è basati sulla classificazione del terreno proposta dalla normativa di riferimento (D.M. 14/01/2008).

L'Unità urbanistica Borzoli del comune di Genova è classificato in zona 4 ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003 e come successivamente recepito dalla Delibera della Giunta Regionale n. 1362 del 19.11.2010.

Il terreno interessato è quello compreso tra il piano di posa delle fondazioni delle opere progettuali ed un substrato rigido di riferimento (Bedrock). Il terreno è costituito da coltre/cappellaccio di spessore inferiore ai due metri. A questo tipo di terreno, come categoria di suolo di appartenenza, viene associata la classe A,

dove

A= Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs,30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

Questi parametri, insieme alle caratteristiche della superfice topografica (nel nostro caso T3) e all'effetto dell'amplificazione stratigrafica (*S*S) definiscono la forma dello spettro di risposta elastico locale a seconda del periodo di vibrazione T dell'opera di progetto.

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

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°

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite nella Tab. 3.2.IV e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tabella 3.2.VI – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica* S_T

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

L'amplificazione stratigrafica *S*S assume i valori della seguente tabella

Categoria sottosuolo	S_S
A	1,00
B	$1,00 \le 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,20$
C	$1,00 \le 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,50$
D	$0,90 \le 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,80 \cdot$
E	$1,00 \le 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,60$

5.1 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO

Lo spettro di risposta elastico è costituito da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido

orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R}.

Gli spettri così definiti possono essere utilizzati per strutture con periodo fondamentale minore o uguale a 4,0 s.

In questo contesto viene definito lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale per un periodo fondamentale T= 0, corrispondente al livello del piano di fondazione dell'opera. Si rimanda alla relazione di calcolo dello strutturista per la definizione degli spettri di risposta elastici per periodi fondamentali caratteristici delle relative strutture.

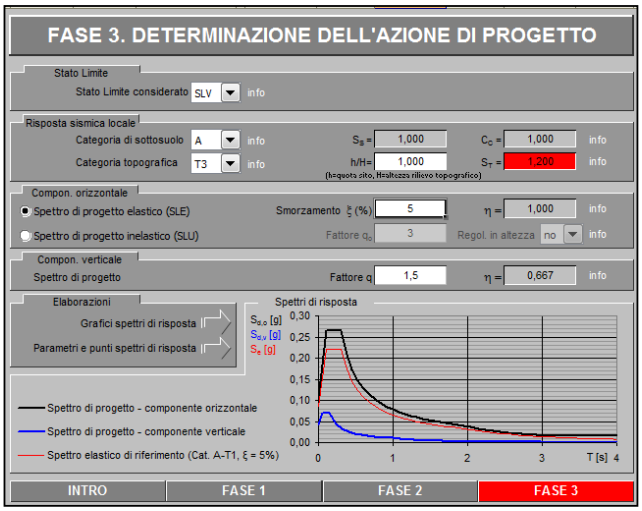
Lo spettro si è analizzato nei confronti degli stati limiti ultimi ed in particolare gli Stati Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R}, per lo stato considerato, sono del 10%.

Stati Limite		P_{V_R} : **Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R**
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Si riportano i risultati ottenuti:





Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,087 g
F_o	2,532
T_C^*	0,297 s
S_S	1,000
C_C	1,000
S_T	1,200
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,200
B	1,000
T_B	0,099 s
T_C	0,297 s
T_D	1,948 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_S \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)

$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55;\ \eta = 1/q$ (NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)

$T_B = T_C / 3$ (NTC-07 Eq. 3.2.8)

$T_C = C_C \cdot T_C^*$ (NTC-07 Eq. 3.2.7)

$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$ (NTC-07 Eq. 3.2.9)

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$0 \leq T < T_B$: $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o}\left(1 - \frac{T}{T_B}\right)\right]$

$T_B \leq T < T_C$: $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$

$T_C \leq T < T_D$: $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$

$T_D \leq T$: $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2}\right)$

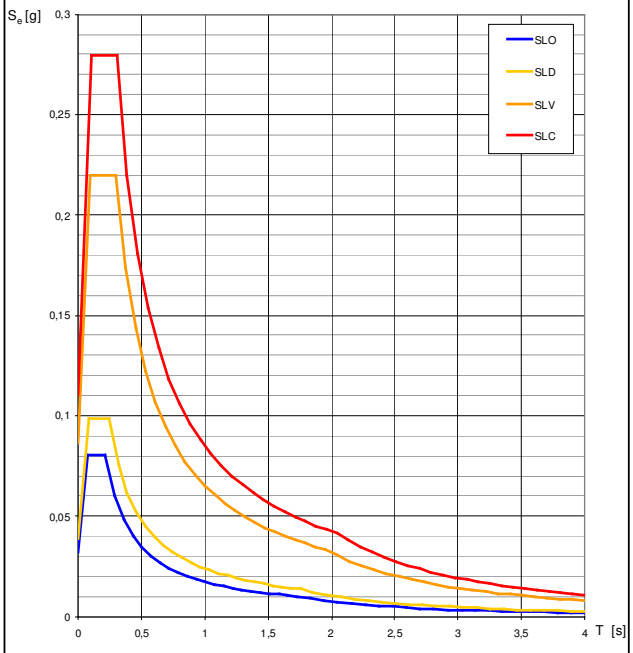
Lo spettro di progetto $S_e(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con 1/q, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,104
T_B ←	0,099	0,264
T_C ←	0,297	0,264
	0,375	0,209
	0,454	0,173
	0,532	0,147
	0,611	0,128
	0,690	0,114
	0,768	0,102
	0,847	0,092
	0,926	0,085
	1,004	0,078
	1,083	0,072
	1,161	0,067
	1,240	0,063
	1,319	0,059
	1,397	0,056
	1,476	0,053
	1,554	0,050
	1,633	0,048
	1,712	0,046
	1,790	0,044
	1,869	0,042
T_D ←	1,948	0,040
	2,045	0,036
	2,143	0,033
	2,241	0,030
	2,339	0,028
	2,436	0,026
	2,534	0,024
	2,632	0,022
	2,729	0,020
	2,827	0,019
	2,925	0,018
	3,023	0,017
	3,120	0,017
	3,218	0,017
	3,316	0,017
	3,414	0,017
	3,511	0,017
	3,609	0,017
	3,707	0,017
	3,805	0,017
	3,902	0,017
	4,000	0,017

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori dei parametri a_g, F_o, T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	60	0,032	2,534	0,214
SLD	101	0,038	2,555	0,243
SLV	949	0,087	2,532	0,297
SLC	1950	0,111	2,524	0,303

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

5.2 - Coefficienti sismici per le verifiche di stabilità e per le opere di sostegno

Nelle verifiche di stabilità e nelle verifiche delle opere di sostegno, il coefficiente di sicurezza deve tenere conto dell'azione del sisma e quindi dell'incremento delle forze di spinta generato dall'accelerazione orizzontale dello spettro di risposta elastico.

Secondo le nuove norme tecniche, i coefficienti sismici orizzontali e verticali sono dati dalle seguente formule:

per le verifiche di stabilità: $k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g}$ $k_v = \pm\ 0,5 \cdot k_h$.

per le opere di sostegno: $k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g}$ $k_v = \pm\ 0,5 \cdot k_h$

Dove β_s e β_m = coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

a_{max}= accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione

$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$.

dove

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T);

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Per β_s si assumono i valori della tabella riportata al par. 7.11.1 del N.T.C.

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

Per β_m si assumono i valori della tabella riportata al par. 7.11.6.2.1 del N.T.C.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_m	β_m
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,31	0,31
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,29	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,18

Se l'opera di sostegno è su pali e quindi non libera di subire spostamenti relativi rispetto al terreno il coefficiente β_m assume valore unitario.

Nel Nostro caso in esame per le opere di fondazione i coefficienti sismici sono i seguenti: **Kh= 0.0282, Kv= +- 0.0141.**

6. II PROGETTO – INDICAZIONI TECNICHE E CAUTELE PARTICOLARI

Il progetto prevede la realizzazione di un'impianto per la conversione dell'energia cinetica del vento in energia elettrica. Tale impianto sarà costituito da un generatore eolico ad asse orizzontale formato da una torre in acciaio sulla cui sommità si trova un involucro che contiene un generatore elettrico azionato da un rotore a pale. Sono previsti degli scavi e dei movimenti terra per la realizzazione della fondazione.

Per quanto concerne gli aspetti geologici relativi a tale progetto, essi consistono essenzialmente in:

- ⇒ preparazione dell'area attinente la realizzazione dello scavo e le opere di sostegno;
- ⇒ aspetto fondazionale della struttura;
- ⇒ disciplina delle acque sottosuperficiali, smaltimento dei deflussi superficiali.

Si raccomandono le seguenti indicazioni tecniche:

- ⇒ Le pareti di scavo potranno essere protette con sistemazioni provvisionali (paratie o teli in plastica) in modo da limitare l'erosione e l'imbibizione dei fronti;
- ⇒ L'eventuale opera di sostegno a valle della fondazione dovrà essere dotata di opportuni "barbacani" opportunamente quantificati e spaziati dal progettista in modo da consentire la fuoriuscita dell'acqua in eccesso.

⇒ Si dovranno evitare sversamenti selvaggi dell'eventuale materiale di risulta in eccesso proveniente dagli scavi, che dovrà essere avviato ad una discarica autorizzata o essere riutilizzato come terre e rocce da scavo (art. 186 del D. LGS. 3/4/2006 n° 152);

⇒ Per quel che riguarda l'aspetto fondazionale, la nuova opera dovrà appoggiarsi su terreni con caratteristiche portanti idonee a supportare la distribuzione dei carichi determinati dalla nuova struttura.

La scelta del tipo di fondazione da adottare sarà in funzione dei calcoli dello strutturista e dei parametri geotecnici del terreno in questa relazione forniti.

⇒ Sarà compito dell'ingegnere strutturista accertare e verificare i possibili cedimenti del terreno nel tempo in funzione del carico della struttura che andrà a gravare su di esso, nonché di appurare l'assenza di carichi eccentrici. Qualora se ne riscontrasse la presenza, sarà suo onere tenerlo in considerazione per il calcolo della capacità portante dei terreni e dei loro cedimenti nel tempo;

⇒ Dovranno essere effettuate delle verifiche allo scivolamento, al ribaltamento e rotazione del piano di fondazione;

⇒ Per una buona regimazione delle acque superficiali e di deflusso sub-corticale al fine di contenere al massimo gli effetti della loro azione erosiva, alla base dell'opera di contenimento dovrà essere sistemata una canaletta al fine di allontanare l'acqua dal piano di fondazione verso gli impluvi naturali.

Si riporta, per un plinto di fondazione di dimensioni variabili il carico ammissibile del terreno e i relativi cedimenti. Le verifiche sono state effettuate in condizioni di sisma.

I calcoli per la determinazione della portanza sono stati effettuati nei confronti degli stati limite ultimi, secondo le indicazioni fornite nel cap. 6 "Progettazione Geotecnica" del D.M. 14/01/08.

Ai parametri di resistenza sono stati applicati i coefficienti parziali riduttivi γ_m della combinazione M2, così come da tabella del paragrafo 6.2.3.1.2 - cap. 6 "Progettazione geotecnica" del D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni". Le verifiche sono state condotte con la combinazione (A2+M2+R2):

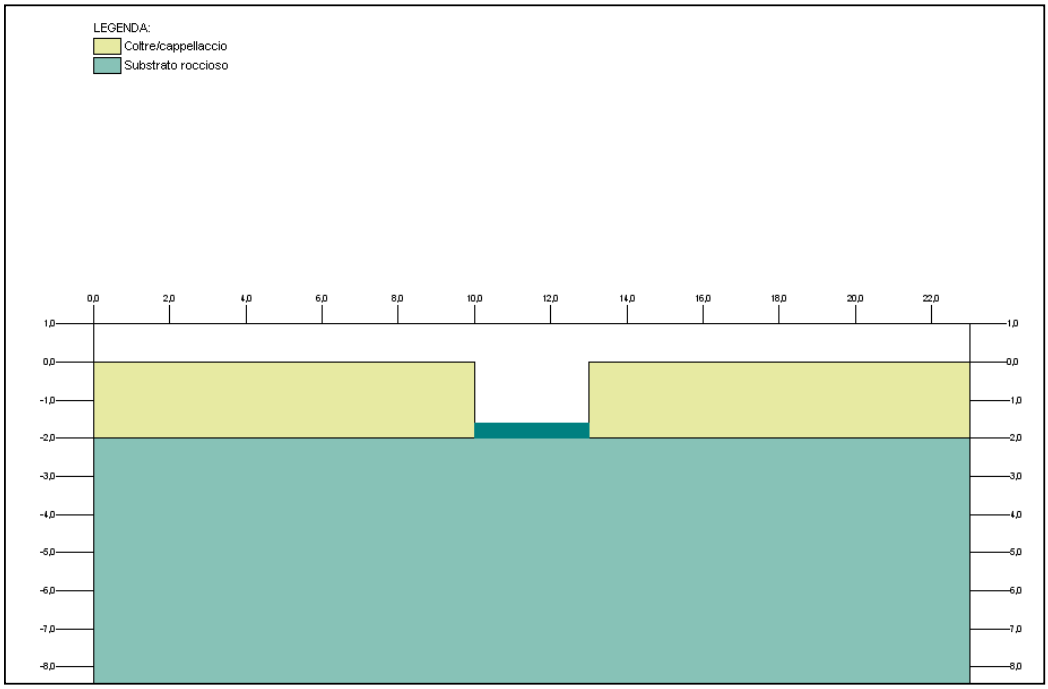
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio Tan ϕ - γ_ϕ = 1.25

Peso di volume $\gamma_\gamma = 1.00$

Coesione efficace: $\gamma_{c'} = 1.25$

Resistenza non drenata: $\gamma_{cu} = 1.40$

Per le rocce, al valore caratteristico della resistenza a compressione uniassiale qu è applicato un coefficiente parziale γ_{qu}=1,6.



Committente: Azienda Agroenergetica

Località: Strada Antica Paradiso - Borzoli Data:

Riferimenti:

Portanza delle fondazioni con parametri variabili

N.	Lar ghezza (m)	Lun ghezza (m)	Profondità di posa (m)	Inclinazione carico su B (°)	Inclinazione carico su L (°)	Carico SLU I2 (MPa)	Carico di progetto (MPa)
1	3	3	2	0	0	2,41	0
2	4	3	2	0	0		0
3	5	3	2	0	0		0
4	3	4	2	0	0	2,24	0
5	4	4	2	0	0	2,31	0
6	5	4	2	0	0		0
7	3	5	2	0	0	2,14	0
8	4	5	2	0	0	2,19	0
9	5	5	2	0	0	2,26	0

Metodo di calcolo: *Brinch Hansen modificato D.M. 14.01.2008 App.I Comb.2 condizioni drenate*

Fs parziale per l'angolo d'attrito: *1,25* *Fs parziale per la coesione:* *1,25* *Fs globale:* *1,8*

Committente: Azienda Agroenergetica

Località: Strada Antica Paradiso - Borzoli Data:

Riferimenti:

Cedimenti delle fondazioni con parametri variabili

N.	Larghezza (m)	Lunghezza (m)	Prof. posa (m)	Cedimento (mm)	Carico(MPa):
1	3	3	2	3,6	0,56
2	4	3	2	3	0,42
3	5	3	2	2,6	0,33
4	3	4	2	3	0,42
5	4	4	2	2,5	0,31
6	5	4	2	2,2	0,25
7	3	5	2	2,6	0,33
8	4	5	2	2,2	0,25
9	5	5	2	1,9	0,2

Metodo di calcolo strati incoerenti: *Teoria dell'elasticità*

Metodo di calcolo strati coesivi: *Teoria dell'elasticità*

Tipologia fondazione: *Fondazione flessibile*

7. CONCLUSIONI

L'elaborazione dei dati reperiti ha permesso la definizione del contesto geologico, geomorfologico ed idrogeologico in cui si è inserito l'intervento in oggetto, nonché di fornire le prescrizioni geologico-tecniche di competenza.

Le caratteristiche dei luoghi in rapporto alle esigenze progettuali non determinano problematiche geologico-tecniche particolari. La roccia è subaffiorante e la capacità portante del terreno è buona, così come i cedimenti sono contenutii. Particolare attenzione, però, dovrà essere fatta nella scelta del tipo e del dimensionamento della fondazione in merito alle caratteristiche dei carichi e al rilievo topografico.

In conclusione si ritiene compatibile la fattibilità degli interventi in progetto, per competenze di natura geologica, a condizione che i lavori, prevedendo ogni accorgimento tecnico-costruttivo necessario ad assicurare la tutela della pubblica incolumità ed il non aumento del rischio, vengano svolti a regola d'arte, in conformità al progetto e nel rispetto delle indicazioni geologico-tecniche qui fornite.

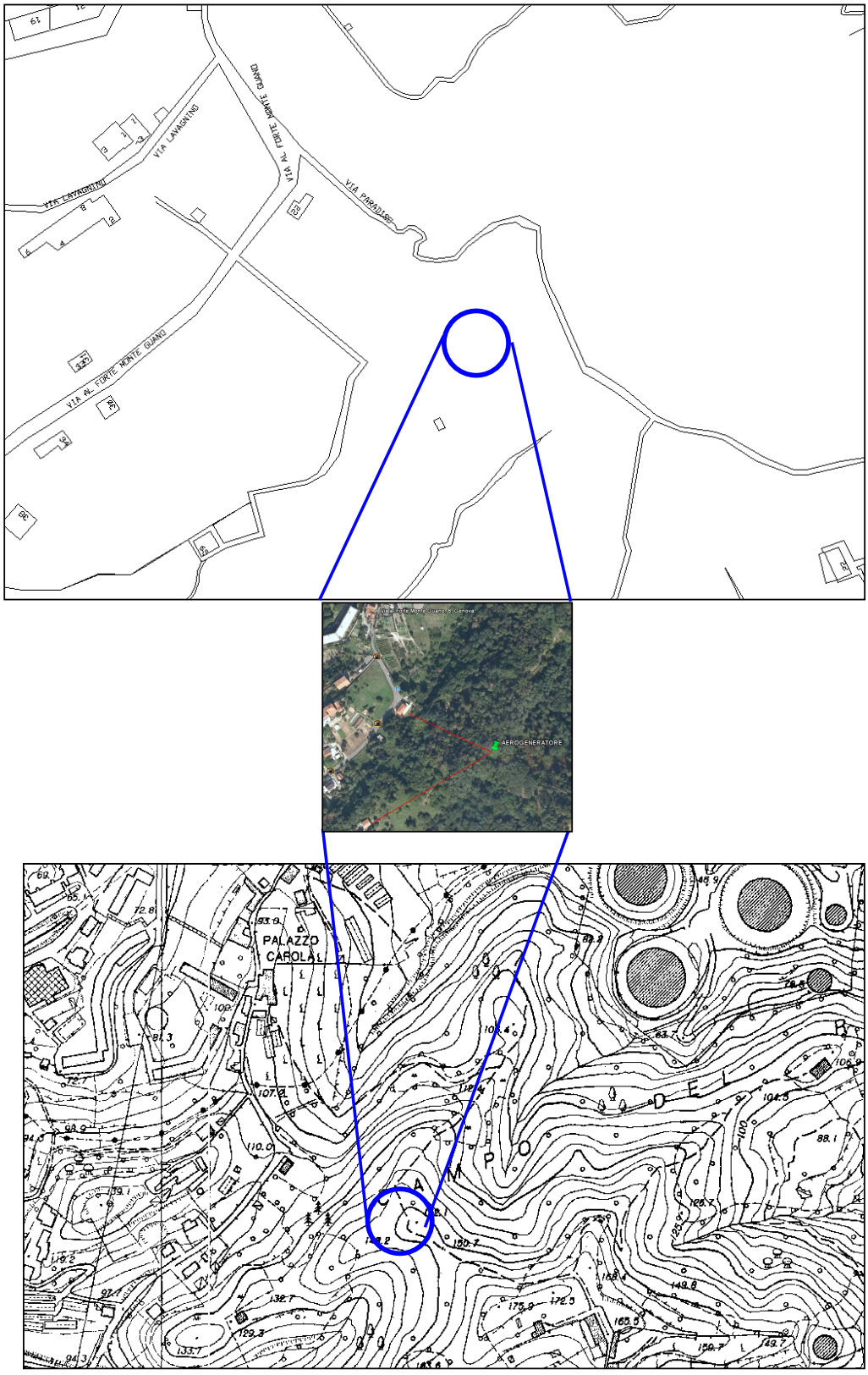
Tali opere, sono da ritenersi fattibili ai sensi della normativa vigente e in tema di normativa sismica.

Genova, li 08/04/2011

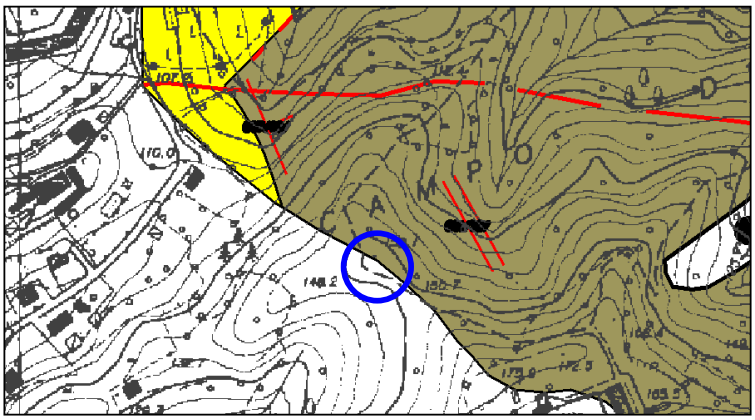
Dott. Geol. Fabio Berra

Allegati:

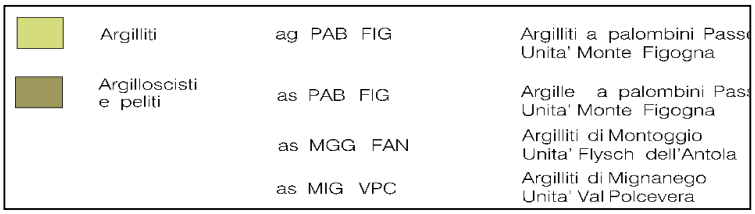
Allegato 1


VIA LAVAGNINO
VIA AL FORTE MONTE GUANO
VIA PARADISO
AEROGENERATORE
PALAZZO CAROLA
CAMPO DEL

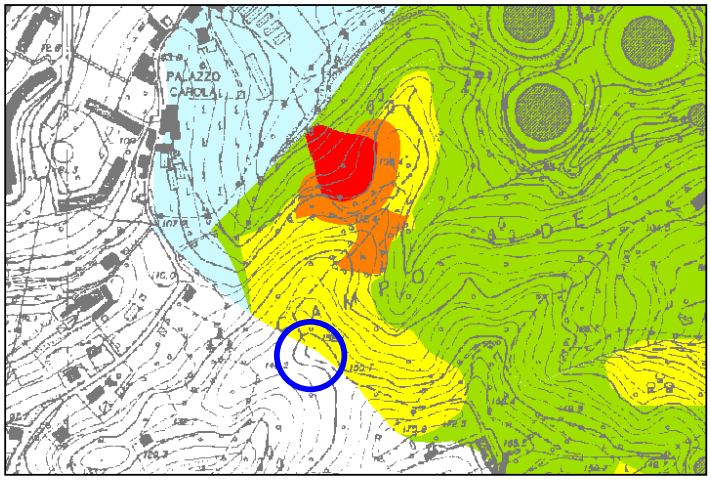
Allegato 2



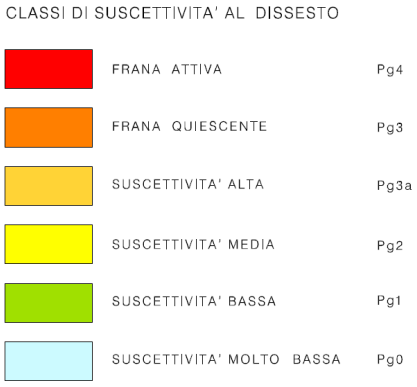
Legenda:



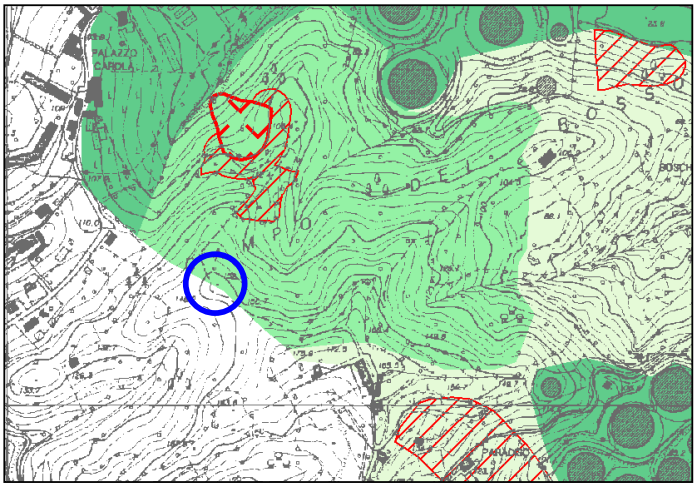
Allegato 3



Legenda:



Allegato 4

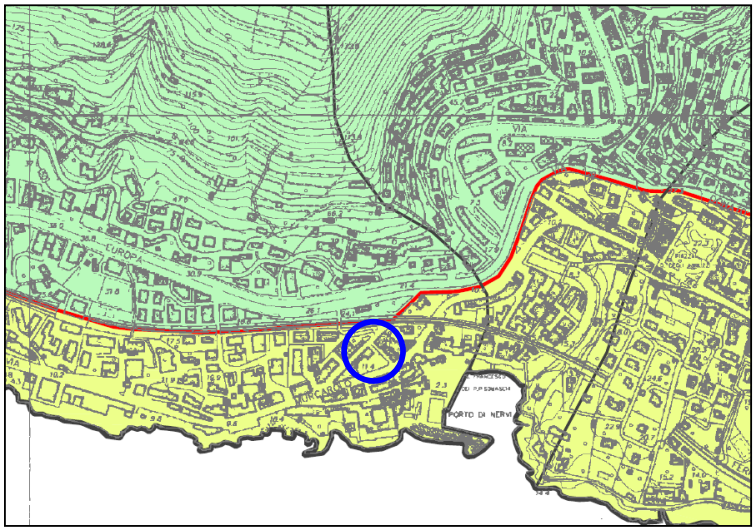


Legenda:

FNI Fondovalle Non Insediato	MA
VI Versante Insediato	MA
VI Versante Insediato	MO
VNI Versante Non Insediato	MA

Legenda:

Allegato 5



Legenda:

AREE SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO

AREE NON SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO

LIMITE DEL PIANO DI BACINO

Allegato 6





Foto 1,2: Panoramica del sito



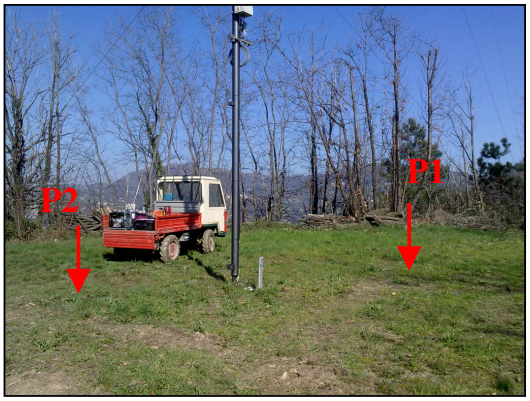


Foto 3: Esecuzione e ubicazione campagna d'indagini