Progetto definitivo di un impianto eolico da 2.4 MW

RELAZIONE GEOLOGICA

Richiedente: SEMIA GREEN srl

Strada Massetana Romana, 58/D – 53100 Siena

Ubicazione Impianto: Località Piano dei Corsi – Rialto (SV)

Denominazione Impianto: Parco Eolico Rialto 2

SEMIA GREEN srl

P. il Consiglio d'Amministrazione

Dott.ssa Alessia Bertolotto

Siena, Febbraio 2014

SEMIA GREEN srl
Sede legale Strada Massetana Romana, 58/D - 53100 SIENA
Tel. 0577 24.80.11 | **Fax** 0577 24.80.45
web www.marcopolo-e.com/semiagreen | **e-mail** semia@sienambiente.it
CF. e P. IVA 01339180521 | **Capitale sociale** 2.700.000,00 euro | **REA Siena** 139610

Provincia di Savona

Proponente l'opera:

MARCOPOLO
ENVIRONMENTAL GROUP

MARCO POLO ENGINEERING S.P.A.
Via XI Settembre n° 37 - 12011 Borgo S. Dalmazzo (CN)
Tel 0171 262348 Fax 0171 262341 - www.marcopolo-e.com

Oggetto:

Progetto Parco Eolico Rialto
Località: Pian dei Corsi

Progettista incaricato:

Ing. Davide APRILE

Studio geologico:

Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni
Lepre

Geologia applicata – Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali

Traversa Amoretti n° 7 – 18100 Imperia Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 e-mail: glepregeo@gmail.com

N. Disegno: tav1_mascherina2012.dwg	*Titolo:* RELAZIONE GEOLOGICA
Tavola N: 1 / *Modifica N:* 00	
Scala: nn / *Formato:* A4	
Data: 24/03/2012 / *Disegnatore:* Gianni Lepre	*Note:*

Rev	Data	Disegnat.	Descrizione	Approv.

Il presente disegno é di proprietà esclusiva della MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A., non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti senza autorizzazione scritta della MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
La MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A. si riserva il diritto di ogni modifica.

We reserve all rights in this document and in the information contained herein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express autority by MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A. is strictly forbidden.

Traversa Amoretti n° 7/2 - 18100 Imperia - Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 E-mail: glepregeo@uno.it

1. Premessa

Su commissione della Soc. MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.Sistemi Ecologici Via XI Settembre, 3712011 Borgo San Dalmazzo (CN) Tel. +39 0171 262348 Fax +39 0171 262341 è stato condotto, in ottemperanza a quanto disposto dalla normativa vigente, il presente studio (ad integrazione di quanto già prodotto nelle precedenti fasi progettuali) relativo ad un progetto per la realizzazione di tre impianti eolici per la produzione di energia elettrica in località Piano dei Corsi nel territorio comunale di Rialto (SV).

Lo studio, di carattere geologico generale, parte dalle fonti bibliografiche specializzate che interessano l'area, integrato da quanto già realizzato dallo scrivente per un parco prossimo alla nuova progettazione.

In particolare i precedenti studi sono stati eseguiti per la realizzazione di tre generatori eolici per la produzione di corrente elettrica ed hanno previsto le seguenti fasi di approfondimento:

- rilievo di dettaglio sul terreno preliminare, tre stendimenti sismici a rifrazione (uno per postazione) e tre prove penetrometriche dinamiche leggere con penetrometro automatico Sunda DL 030.
- Realizzazione di due sondaggi a carotaggio continuo della profondità di 15 e 15.50 metri dal p.c., con prove in sito e prelievo di campioni successivamente sottoposti ad analisi di laboratorio.
- Approfondimento dei carotaggi fino alla profondità di trenta metri; realizzazione di un sondaggio geognostica sulla ulteriore postazione (profondità 30 metri) ed ulteriore sondaggio (prof. 25 metri). Tutti i fori sono stati attrezzati con tubazione in PVC da 3" per la realizzazione di prove geofisiche in foro (down hole) atte alla determinazione della velocità di propagazione delle onde sismiche (Vs).

I dati ricavati da tali fasi sono di fondamentale importanza per la conoscenza locale dei terreni interessati dalle operazioni di scavo e fondazione, tuttavia in relazione alla complessità dell'area e della sua evoluzione geologica, ed essendo la presente relazione di tipo preliminare si rimandano al capitolo conclusivo tutte indicazioni per

le fasi di approfondimento collegate all'evolversi dell'iter burocratico per l'ottenimento delle autorizzazioni alla realizzazione dell'opera.

Trattandosi di una fase preliminare sono stati realizzati tre stendimenti sismici tomografici a rifrazione in prossimità delle torri edificande, il cui posizionamento ed estensione è stato condizionato anche dalle condizioni logistiche locali. Nell'esposizione della presente nota verranno brevemente accennati i dati geologici geomorfologici ed idrogeologici esaminati caso per caso, unitamente ai risultati delle indagini indirette.

2. Normativa vigente

La ricerca è stata condotta in ottemperanza a quanto disposto dalla normativa vigenti:
Decreto Ministeriale 14.01.2008 *"Norme tecniche per le costruzioni"* e dalla successiva Circolare n. 617 del 02.02.2009 *"Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008".*

L.R. 09 Agosto 1989 n° 45 *"Nuove norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici – Abrogazione legge regionale 12 agosto 1981 n.27*

***indagine geologica relativa al* piano di bacino – Ambito Pora redatto dall'Amministrazione Provinciale di Savona** che pongono l'area nella carta di suscettività al dissesto de versanti in classe **BASSA**.

Indagine geologica relativa al vigente PUC – Comune di Rialto – Studio di sostenibilità ambientale (aspetti geoambientali) - Progettista Arch. Carlo Berio - Dott. Geol. Flavio Saglietto – che pone le aree di intervento in Aree 1 – Aree montane e del fondovalle – Aree A1 Aree di versante a bassa o media criticità geomorfologica con eventuali problemi locali di ordine geotecnica e/o geomeccanico o legati ai deflussi superficiali dei rii minori

3. Lineamenti geologici e geomorfologici generali

L'area su cui andranno ad insistere gli interventi è situata lungo la linea di crinale che separa il bacino del torrente Pora da quello del torrente Bormida nella località denominata Pian dei Corsi all'interno del territorio comunale di Rialto con altitudine

compresa tra i 950 ed i 1000 metri circa; si tratta di un'area prevalentemente boscata.

Per il riferimento alla locale geologia si è tenuto conto delle più recenti pubblicazioni, essendo il foglio 92-93 Albenga Savona di antico rilevamento e non più aggiornato, ed in particolare si è fatto riferimento a quanto riportato nella Guida Geologica Regionale n° 11 - Alpi Liguri redatto a cura della Società Geologica Italiana (1990).

In particolare per tale area affiorano terreni ascrivibili al dominio Brianzonese, in particolare ai termini del tegumento permo carbonifero denominati Porfiroidi del Melogno e Scisti di Gorra.

Si tratta di terreni collegati a fenomeni vulcanici e sedimentari continentali di età compresa tra 300 e 250 milioni di anni interessati dai successivi eventi orgenetici e dal conseguente metamorfismo. Nell'area in particolare i litotipi risultano spesso intercalati e considerata la scarsa continuità degli affioramenti non risulta facile una univoca attribuzione geologica.

Il recente progetto CARG per la realizzazione del foglio 228 Cairo Montenotte alla scala 1:50000 riporta per l'area interessata l'unità tettonico-stratigrafica del Monte Settepani ed in particolare la legenda evidenzia quanto segue

- Gli scisti di Gorra (GRR) che rappresenta l'episodio sedimentario, marino e continentale, in cui la sedimentazione alterna episodi fini (arenarie e peliti) con tufiti e piroclastici. Dal punto di vista litologico nell'area di intervento prevalgono quarzoscisti, scisti quarzo sericitici e cloritici, di colore prevalentemente biancastro, talora con grossi fenomcristalli di k-feldpato e con intercalazione di lave e piroclastiti. Paragenesi metamorfica alpina ad albite, clorite, e cloritoide. (Permiano Inf.)
- I Porfiroidi del Melogno (PDMc – Litozona delle rioliti calcalcaline) rappresentano invece le fasi effusive del Permiano, in cui l'attività magmatica emetteva lave prevalentemente di componente acida (rioliti e riodaciti). Dal punto di vista litologico troviamo ignimbriti riolitiche e riodacitiche molto scistose, di colore dal grigio chiaro a verdino, a grana media, con fenocristalli

di k-feldspato, quarzo e, subordinati, plagioclasio, acido e biotite. Paragenesi metamorfica alpina ad albite, pirosseno ed anfibolo sodico, epidoto e fengite. (Permiano Inf.)

Trattandosi di uno studio geologico mirato al riconoscimento stratigrafico locale si è optato come nei precedenti studi ad una maggiore attenzione agli affioramenti prossimi alle strutture in progetto, concentrando l'attenzione sull'assetto strutturale e sui set di diaclasi presenti.

Il rilevamento di dettaglio ha permesso negli sporadici affioramenti il riconoscimento nelle postazioni WTG 4 e 5 di affioramenti dei Porfiroidi del Melogno; nella postazione WTG 6 i precedenti studi e la cartografia ufficiale riportava gli scisti di Gorra, mentre la CARG riporta i Porfiroidi; si rilevano presenza di intercalazione di Porfiroidi nella porzione sommitale del versante, rilevando comunque nel complesso un ammasso molto smembrato con presenza di blocchi con dimensioni variabili dal decimetro al metro cubo .

Si descrivono di seguito sinteticamente i siti in cui sono previsti gli interventi.

Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre

Geologia applicata - Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali

Traversa Amoretti n° 7/2 - 18100 Imperia - Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 E-mail: glepregeo@uno.it

4. Postazione WTG4

La aerostazione in progetto è posta lungo la linea di crinale che corre da Bric Chioggia in direzione circa W-E verso Pian dei Corsi ad una quota di circa 955 m s.l.m..


Postazione WTG4

L'area è caratterizzata da acclività limitata e dalla presenza di Faggeta.

Il substrato roccioso costituito dai Porfiroidi del Melogno risulta affiorante immediatamente a monte del sito di intervento presso la linea di aprtiacque.

L'ammasso si presenta in genere intensamente fratturato secondo due set principali di diaclasi; il piano di scistosità si rileva in taluni affioramenti metrici essendo in genere la compagine smembrata dalla fatturazione e dall'alterazione superficiale. La giacitura dominante tuttavia si aggira intorno ai 170 gradi Nord con angolo di inclinazione basso.


Porfiroidi presso il crinale

Sull'estensione areale domina la copertura eluviale, con prevalente frazione lapidea riferibile al substrato locale e pezzatura grossolana (ciottoli e blocchi) in matrice argillosa-limosa-sabbiosa.

L'ammasso mostra con la locale topografia un assetto di traverpoggio tendente al frana poggio.

Non sono stati notati nei siti di intervento particolari processi morfogenetici in atto o pregressi; ci troviamo in genere in situazioni di locale stabilità.

Lo stendi mento sismico realizzato in conformazione tomografica (di cui si rimanda in appendice alla relazione specialistica redatta dal dott. Giorgio Lombardi), hanno evidenziato della porzione centrale dello stendi mento la seguente stratigrafia sintetica di massima (dedotta dalla velocità delle onde sismiche Vp):

0.00 – 2.00/3.00 metri dal p.c.: COLTRE DETRITICA

2.00/3.00 – 12.00/14.00 metri dal p.c.: SUBSTRATO DA MOLTO ALTERATO AD ALTERATO

Oltre 12.00/14.00 metri dal p.c.: SUBSTRATO DA POCO ALTERATO A SANO

Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre

Geologia applicata - Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali

Traversa Amoretti n° 7/2 - 18100 Imperia - Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 E-mail: glepregeo@uno.it

5. Postazione WTG5

La postazione n° 5 è situata anch'essa sulla medesima linea di crinale (Bric Chioggia - Pian dei Corsi) ad una quota di circa 945 m s.l.m..

Anche in questo caso l'area è caratterizzata da acclività limitata e dalla presenza di faggeta.


Postazione WTG5

Il substrato roccioso costituito dai Porfiroidi del Melogno risulta affiorante con una certa continuità immediatamente a monte del sito di intervento presso ed oltre la linea di spartiacque.

L'ammasso si presenta in genere intensamente fratturato secondo due set principali di diaclasi; il piano di scistosità si rileva discretamente con giacitura dominante intorno ai 170 gradi Nord con angolo di inclinazione basso.


Porfiroidi immediatamente oltre lo spartiacque

Sull'estensione areale domina la copertura eluviale, con prevalente frazione lapidea riferibile al substrato locale e pezzatura grossolana (ciottoli e blocchi) in matrice argillosa-limosa-sabbiosa.

Non sono stati notati nei siti di intervento particolari processi morfogenetici in atto o pregressi; ci troviamo in genere in situazioni di locale stabilità.

Lo stendimento sismico realizzato ha evidenziato nella porzione centrale dello stendimento la seguente stratigrafia sintetica di massima (dedotta dalla velocità delle onde sismiche Vp):

0.00 – 3.00/4.00 metri dal p.c.: COLTRE DETRITICA

3.00/4.00 – 8.00/10.00 metri dal p.c.: SUBSTRATO DA MOLTO ALTERATO AD ALTERATO

Oltre 8.00/10.00 metri dal p.c.: SUBSTRATO DA POCO ALTERATO A SANO

MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
Sistemi Ecologici
Via XI Settembre, 37
12011 Borgo San Dalmazzo (CN)
Tel. +39 0171 262348 Fax +39 0171 262341
www.marcopolo-e.com - info@marcopolo-e.com

Traversa Amoretti n° 7/2 - 18100 Imperia - Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 E-mail: glepregeo@uno.it

6. Postazione WTG6

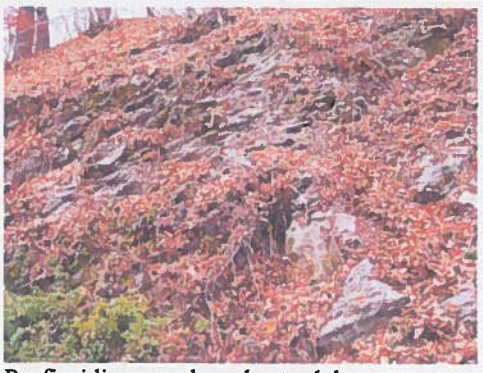
La aerostazione in progetto è posta lungo la linea di crinale che corre da Bric Chioggia in direzione NE-SW verso il colle del Melogno ad una quota di circa 975 m s.l.m. immediatamente a monte della sede stradale della provinciale n° 23 di Calice Carbura Melogno Valbormida.


Postazione WTG6

L'area è caratterizzata da acclività limitata e dalla presenza di Faggeta, ci troviamo in posizione di crinale che in direzione NW-SE porta al Bric Chioggia.

Il substrato roccioso secondo la cartografia ufficiale è costituito dai Porfiroidi del Melogno, rilevabili lungo al sede stradale, tuttavia nell'area di monte esistono porzioni di scisti di Gorra.

L'ammasso si presenta in genere intensamente fratturato secondo due set principali di diaclasi; il piano di scistosità si rileva con continuità lungo la sede stradale. La giacitura dominante tuttavia si aggira intorno ai 210 gradi Nord con angolo di inclinazione medio - basso. Nell'area circostante si rilevano variazioni collegate a fasi plicative dell'ammasso.


Porfiroidi presso la sede stradale

Sull'estensione areale domina la copertura eluviale, con prevalente frazione lapidea riferibile al substrato locale e pezzatura grossolana (ciottoli e blocchi) in matrice argillosa-limosa-sabbiosa.

Non sono stati notati nei siti di intervento particolari processi morfogenetici in atto o pregressi; ci troviamo in genere in situazioni di locale stabilità.

Lo stendimento sismico realizzato a valle del punto di intervento per problemi logistici al fine di valutare la porzione decompressa del substrato roccioso ha evidenziato la

Traversa Amoretti n° 7/2 - 18100 Imperia - Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 E-mail: glepregeo@uno.it

seguente stratigrafia sintetica di massima (dedotta dalla velocità delle onde sismiche Vp):

0.00 – 2.00 metri dal p.c.: COLTRE DETRITICA

2.00 – 6.00/8.00 metri dal p.c.: SUBSTRATO DA MOLTO ALTERATO AD ALTERATO

Oltre 6.00/8.00 metri dal p.c.: SUBSTRATO DA POCO ALTERATO A SANO

7. Idrogeologia

I terreni affioranti nella zona presa in considerazione sono caratterizzati da comportamenti idrogeologici differenti.

La **copertura detritica** risulta permeabile per porosità in misura strettamente dipendente dalla percentuale di materiale argilloso e dal grado di costipazione dei materiali stessi; in occasione dei principali fenomeni meteorologici all'interno si può instaurare un deflusso idrico ipogeo concentrato al contatto con il substrato roccioso per contrasto di permeabilità.

Gli **Scisti ed i Porfiroidi** sono caratterizzate da permeabilità secondaria per fratturazione e/o fessurazione, di entità molto variabile e comportamento fortemente anisotropo con circolazione all'interno dei giunti di diaclasi beanti. Nel complesso ci troviamo di fronte a materiali a media permeabilità in cui esiste un deflusso superficiale collegato principalmente al regime pluviometrico.

In tutti i casi ci troviamo di fronte ad aree di culmine del crinale in cui il deflusso ipogeo risulta irrisorio. Le precedenti campagne geognostiche, così come le perforazioni eseguite per le fondazioni profonde adottate, non hanno rilevato la presenza di falde e di particolare circolazioni ipogee.

8. Approfondimenti necessari

La presente relazione preliminare ha interessato un progetto per la realizzazione di tre impianti eolici per la produzione di energia elettrica in località Piano dei Corsi nel territorio comunale di Rialto (SV).

Lo studio prende spunto da quanto già realizzato dallo scrivente per un precedente parco eolico analogo (tre torri) costruito in aderenza all'area di progetto. L'attuale progetto prevede la realizzazione di tre centrali eoliche costituite da una torre di altezza pari a 65 metri circa e da un rotore poggianti su una platea circolare il cui diametro sarà funzione dei parametri geomeccanici e geotecnici adottati dal progettista.

In base alle risultanze si evidenzia quanto segue :

I tre siti in cui sono previsti gli interventi mostrano una sottile copertura da parte della coltre eluviale cui segue il substrato roccioso costituito da porfiroidi e/o scisti alterati.

Le aree appaiono nel complesso stabili; non sono stati notati processi morfogenetici attivi o quiescenti

L'indagine **da realizzarsi in fase di progettazione esecutiva** dovrà fornire i seguenti dati:

- Spessore della copertura detritica per tutta quella parte di sottosuolo influenzata dalla costruzione dei manufatti e dalle opere di sbancamento, nonché dai carichi trasmessi dalle strutture

- Stima dello stato di aggregazione dei materiali e determinazione delle loro proprietà fisiche e meccaniche.

- Saranno da prevedere tre sondaggi geognostici spinti fino alla profondità di trenta metri da piano di imposta delle fondazioni con prove in foro tali da determinare la parametrizzazione dei material presenti. A tale scopo si consiglia l'esecuzione di prove in sito mirate a valutare la consistenza dei diversi orizzonti incontrati ed il prelievo di campioni da sottoporre a prove di laboratorio.

- Valutazione delle Vs 30 e caratterizzazione del suolo in base alla normativa sismica vigente

- Dettaglio delle opere di sistemazione delle scarpate con scelta ove possibile dei sistemi individuati dall'ingegneria di tipo naturalistico

- Dettaglio delle opere di raccolta e smaltimento delle acque superficiali

Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre

Geologia applicata - Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali

Traversa Amoretti n° 7/2 - 18100 Imperia - Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 E-mail: glepregeo@uno.it

Imperia 24/03/2012

IL TECNICO



MARCOPOLO

MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
Sistemi Ecologici
Via XI Settembre, 37
12011 Borgo San Dalmazzo (CN)
Tel. +39 0171 262348 Fax +39 0171 262341
www.marcopolo-e.com - info@marcopolo-e.com

Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre

Geologia applicata - Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali

Traversa Amoretti n° 7/2 - 18100 Imperia - Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 E-mail: glepregeo@uno.it

Allegato 1: Stendimenti Sismici

MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
Sistemi Ecologici
Via XI Settembre, 37
12011 Borgo San Dalmazzo (CN)
Tel. +39 0171 262348 Fax +39 0171 262341
www.marcopolo-e.com - info@marcopolo-e.com

Traversa Amoretti n° 7/2 - 18100 Imperia - Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 E-mail: glepregeo@uno.it

1. PREMESSA

Lo scrivente ha eseguito su incarico conferito dal Collega geologo dott. Gianni Lepre una campagna di indagini sismiche tomografiche a corredo del progetto citato nell'intestazione.

La campagna d'indagine è costituita da tre stendimenti sismici tomografici a rifrazione finalizzati alla caratterizzazione stratigrafica e fisico - meccanica dei terreni e realizzati in corrispondenza dei siti previsti per i tre nuovi impianti.

L'ubicazione degli stendimenti sismici è visibile nelle planimetri allegate.

La metodologia di prospezione sismica tomografica applicata e le risultanze ottenute saranno brevemente descritte nel seguito.

2. PROSPEZIONI SISMICHE MEDIANTE STENDIMENTI TOMOGRAFICI: CENNI TEORICI

2.1. METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA DA SUPERFICIE

Nel metodo in questione viene considerata la rifrazione, in corrispondenza di interfacce sepolte che separano mezzi in differenti condizioni di densità, di onde elastiche generate artificialmente in superficie.

Sempre presso la superficie vengono disposti - a distanza reciproca nota e normalmente costante - particolari sensori (geofoni) in grado di avvertire la perturbazione propagatasi nel volume solido sottostante a seguito della generazione di un'onda elastica ad un istante noto; i geofoni traducono la sollecitazione in un segnale elettrico ed attraverso un cavo multipolare trasferiscono quest'ultimo ad uno strumento di registrazione (sismografo multicanale). Il sismografo digitalizza i segnali ricevuti dai geofoni e registra i "sismogrammi" sotto forma di files.

I sismogrammi sono visualizzabili in un grafico binario nel quale vengono rappresentati per ogni canale (ognuno corrispondente ad un geofono) il dominio dei tempi sull'asse orizzontale (nell'ambito della "finestra di campionamento" scelta) e l'ampiezza del segnale elettrico (± mV) sull'asse verticale.

La prima perturbazione elastica ricevuta da ogni geofono a seguito della generazione dell'impulso può avere seguito un percorso "diretto" (ossia il tragitto più breve tra sorgente e ricevitore) oppure avere subito una o più "total-rifrazioni" presso superfici di discontinuità tra materiali caratterizzati da differenti stati di addensamento (nel presente metodo le riflessioni, sebbene spesso ben riconoscibili, non vengono considerate).

Oltre una certa distanza definita "critica" i raggi rifratti raggiungeranno i geofoni in superficie prima dei raggi diretti, nonostante il tragitto percorso sia più lungo, in virtù del tratto percorso a velocità più elevata presso l'interfaccia.

La trattazione teorica che sta alla base del metodo si basa sui principi e sulle leggi dell'ottica.

La configurazione ottimale dei parametri di acquisizione (distanza intergeofonica, numero di energizzazioni, geometria dello stendimento, lunghezza temporale della registrazione, ecc.) è necessariamente definita in sito in funzione delle condizioni logistiche, della presenza o meno di fonti di disturbo nei pressi e delle finalità dell'indagine.
Le velocità sismiche sono proporzionali al grado di addensamento dei materiali entro i quali la perturbazione elastica si propaga e, nel caso di ammassi rocciosi, possono essere indicative delle condizioni geomeccaniche degli stessi.

2.2. CENNI SULLA TECNICA DI MODELLIZZAZIONE TOMOGRAFICA DEI DATI SISMICI

Il metodo sismico tomografico costituisce una tecnica geofisica particolarmente utile per la ricostruzione della distribuzione dei valori di velocità di propagazione delle onde elastiche nei terreni e negli ammassi rocciosi. L'elevato potere risolutivo del metodo ne consente l'applicazione in svariati campi, quali:

- ricostruzione di strutture geologiche complesse in cui sia necessario individuare geometrie ed assetti con elevata precisione
- individuazione di anomalie di velocità (cavità, fratture, porzioni ammalorate all'interno di ammassi rocciosi)
- indagini archeologiche
- valutazione delle condizioni strutturali di manufatti

L'apporto significativo di informazioni ottenibili attraverso la metodologia di prospezione sismica tomografica non trova riscontro nelle tecniche di elaborazione tradizionali dell'indagine sismica, il cui utilizzo resta comunque di importanza cruciale per una corretta definizione dei parametri di input, e costituisce un elemento integrativo di grande importanza per la ricostruzione di dettaglio di strutture complesse.
Il metodo consiste in una particolare e complessa modalità di acquisizione, trattamento e rappresentazione grafica di dati di carattere sismico, il cui risultato finale fornisce una mappatura dettagliata della variazione dei valori di velocità sismica in una sezione piana contenente sia le sorgenti energizzanti che i sensori (geofoni).
Poiché le caratteristiche meccaniche di un materiale influenzano in modo determinante la velocità con cui un'onda elastica si propaga al suo interno, ne consegue che tanto più è dettagliata e precisa la conoscenza della distribuzione dei valori di velocità, tanto più definita è la caratterizzazione fisico - meccanica del materiale indagato.

Le velocità di propagazione delle onde elastiche vengono valutate attraverso la misura dei tempi di percorrenza necessari alle onde stesse per propagarsi dalle sorgenti (posizionate in superficie e/o in foro) ai sensori (geofoni da foro e/o da superficie).

Il piano verticale che interseca la superficie topografica lungo lo stendimento sismico viene suddiviso dal software di elaborazione, fino alla massima profondità di investigazione e limitatamente al campo coperto dai "*ray – paths*" (si rimanda, nello specifico, alle tavole allegate relative alla distribuzione di raggi sismici), in celle elementari le cui dimensioni sono condizionate dalla spaziatura tra i sensori e dalla quantità di sorgenti di energizzazione disponibili.

Il processo prevede normalmente l'assunzione di un "modello sintetico" di partenza (*pseudosezione*) che viene confrontato in termini di velocità delle singole celle con i dati acquisiti.

Rayfract, ovvero il software di tomografia sismica utilizzato nello specifico, impiega le soluzioni "Eikonali" per il calcolo dei tempi di percorso e per la modellazione della diffrazione, la rifrazione e la trasmissione delle onde sismiche.

Il modello sintetico iniziale o "modello di primo tentativo" ("*1D gradient initial model*": gradiente monodimensionale di velocità) è generato su richiesta dal software partendo dalle dromocrone: queste, nota la geometria di acquisizione, vengono ricostruite punto per punto manualmente (evitando le funzioni di "*picking* automatico") individuando il primo arrivo del fronte d'onda di pressione ad ogni geofono generato attraverso ogni energizzazione.

Il modello di primo tentativo viene utilizzato come modello sintetico di partenza sul quale si procede con le inversioni tomografiche attraverso l'algoritmo di calcolo "*Wavepath Eikonal Traveltime tomography*", (Schuster 1993; Watanabe 1999).

Le inversioni numeriche, attraverso vincoli impostati dall'utente, procedono fino a raggiungere la miglior convergenza possibile tra i primi arrivi di campagna e quelli sintetici.

Il grado di convergenza (sovrapponibilità tra il modello sintetico raffinato ed il dato misurato) è quantitativamente apprezzabile attraverso il valore "*RMS Error %*" associato ad ogni modello tomografico, consultabile negli allegati sotto forma di stringa di testo individuabile a fondo pagina insieme al numero di iterazioni di calcolo eseguite ("*# WET iterations*") ed alla tipologia di modello di partenza utilizzato ("*1D-Gradient smooth initial model*"): sul piano teorico, minore è il valore "*RMS Error %*"

maggiore è la "bontà" del modello finale fornito e di conseguenza il grado di affidabilità dello stesso.

La tecnica tomografica "*Wavepath Eikonal Traveltime tomography*" modella i percorsi multipli della propagazione del segnale che contribuiscono ad un primo arrivo. Il procedimento "*Eikonal*", utilizzato per il calcolo dei tempi di percorso, è in grado di modellare sia la diffrazione che la rifrazione e la trasmissione diretta delle onde sismiche. Di conseguenza la capacità di *Rayfract* di fornire l'immagine di un'anomalia di velocità è normalmente superiore rispetto a quella degli altri codici di calcolo tomografici presenti sul mercato, che trattano il percorso di un raggio sismico in modalità convenzionale.

2.3. MODALITÀ OPERATIVE PER LA REGISTRAZIONE DEGLI STENDIMENTI SISMICI

I 12 geofoni che hanno costituito gli stendimenti SS1, SS2 e SS3 sono stati disposti lungo gli allineamenti indicati nelle immagini satellitari allegate (Tavole 1, 2, 5, 8).

Le caratteristiche specifiche degli stendimenti, registrati in data 23.12.2011, sono riportate nella tabella seguente.

Stendimento sismico	Copertura geofoni (m)	Offset (m)	Lunghezza totale (m)	n° shot points	g spacing (m)	n° geofoni
SS1	66.0	6.0	78.0	7	6.0	12
SS2	55.0	5.0	65.0	7	5.0	12
SS3	55.0	5.0	65.0	7	5.0	12

Si è fatto ricorso ad un numero elevato di shot points (ben 7 per ogni stendimento) per ottenere un livello di definizione d'indagine molto elevato.

La registrazione dei dati è stata effettuata mediante un'unità Seismic Source "DaqLink III" di ultima generazione, dotata di convertitore A/D a 24 bit e corredata di pc portatile, cavo multipolare a 24 *takeout* e geofoni verticali SunFull 40 Hz.

Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre

Geologia applicata - Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali

Traversa Amoretti n° 7/2 - 18100 Imperia - Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 E-mail: glepregeo@uno.it



Sistema di acquisizione Seismic Source Daq Link III

Come sorgente impulsiva è stata utilizzata una massa accelerata a mano battente su piastra d'acciaio, ovvero una mazza con testa pesante 8.0 kg.

Il segnale di trigger è stato volta per volta generato, mediante appositi contatti elettrici, dal cortocircuito che si verifica in occasione del contatto della testa della mazza con la piastra di contrasto.

Si è proceduto, in corrispondenza di ogni *shot point*, con operazioni di sommatoria incrementale dell'energia derivata da cinque o più colpi di mazza (*stacking*) al fine di enfatizzare in maniera ottimale il segnale coerente a discapito di eventuali disturbi ambientali o del rumore di fondo (*background noise*).

La copertura dei semipiani investigati attraverso i raggi sismici è visibile in allegato ("*Ray coverage*", Tav. 3 per SS1, Tav. 6 per SS2, Tav. 9 per SS3).

In assenza di supporto topografico è risultato estremamente utile poter utilizzare l'antenna GPS in dotazione al sismografo per definire l'ubicazione geografica delle stese: il sismografo è stato volta per volta posizionato in corrispondenza del geofono "G1".

Il rapporto segnale-disturbo ambientale è risultato ottimo ed ha consentito di individuare con chiarezza e senza incertezze il primo arrivo delle onde di pressione in fase di *picking*.

Il valore "RMS ERROR", pari allo 1.0% per SS1 ed SS2 ed allo 1.5% per SS3 (valore sicuramente più elevato a causa dell'assetto planoaltimetrico più "tormentato" lungo lo stendimento), indica un'eccezionale convergenza tra i modelli sintetici ed i dati reali acquisiti in loco. I modelli finali restituiti, pertanto, sono caratterizzati, quanto meno dal punto di vista numerico, da un grado di affidabilità potenziale molto elevato.

L'assetto planoaltimetrico lungo gli stendimenti è stato ricostruito con misure di campagna speditive a causa dell'assenza di un rilievo topografico di supporto.

2.4. RISULTATI OTTENUTI: STENDIMENTO SS1



Stendimento sismico tomografico SS1, ripreso dall'estremo iniziale



Stendimento sismico tomografico SS1, ripreso dall'estremo finale

I risultati dell'elaborazione tomografica sono visibili nella sezione allegata alla Tavola 4.

Le elaborazioni tomografiche restituiscono i risultati con visualizzazione delle isolinee di velocità sismica con passo di 100 m/s. Di queste ne sono state evidenziate solo alcune corrispondenti a probabili variazioni significative delle condizioni fisico - meccaniche dei terreni.

In particolare la prima isolinea evidenziata (Vp = 400 m/s) indica indica orientativamente l'interfaccia tra i terreni sciolti (orizzonte vegetale aerato, detrito) in condizioni di densità da modeste a medie ed i terreni costituiti da eluvio e materiale detritico in condizioni di densità progressivamente crescenti da media ad elevata (Vp = 400 - 800 m/s). Questa prima interfaccia è individuabile a pochi decimetri di

Traversa Amoretti n° 7/2 - 18100 Imperia - Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 E-mail: glepregeo@uno.it

profondità dal piano campagna, mentre il *bottom* del secondo orizzonte sismico è ubicato a profondità variabili da 2.0 m a 4.0 m circa.

Nel terzo "sismostrato" discretizzato attraverso l'interpretazione dei risultati (Vp = 800 - 1200 m/s) è possibile includere la presenza di materiale detritico molto grossolano (blocchi, massi), ma esso rappresenta molto probabilmente la zona di transizione dai depositi più o meno grossolani e densi all'orizzonte superiore del substrato roccioso, intensamente disarticolato e degradato (condizioni geomeccaniche "MOLTO SCADENTI"). L'orizzonte di elevata alterazione e destrutturazione mostra una potenza compresa tra 2.0 m e 4.0 m circa lungo la linea sismica.

Come tipicamente avviene nell'ambito dei substrati rocciosi presenti in zona a causa sia della natura fisico-chimica degli stessi sia dei frequenti disturbi strutturali indotti dall'evoluzione tettonica post-Alpina, il miglioramento delle condizioni geomeccaniche con la profondità avviene seguendo gradienti verticali di velocità piuttosto ridotti: l'isolinea Vp = 1800 m/s, che può essere considerata indicativa del passaggio a condizioni geomeccaniche medie "DISCRETE", è stata infatti individuata a profondità dal piano campagna comprese tra 8.0 m e ben 15.0 m. I gradienti verticali di velocità minori, probabilmente associati ad un elevato disturbo strutturale a carico dell'ammasso roccioso, si evidenziano al di sotto del tratto compreso tra gli shot 2 e 4 (si rimanda alla Tav. 4 per i dettagli).

Caratteristiche geomeccaniche medie "BUONE" a carico del bedrock sono individuabili a partire da profondità dal piano campagna comprese tra 14.0 m e 18.0 m.

2.5. RISULTATI OTTENUTI: STENDIMENTO SS2



Stendimento sismico tomografico SS2, ripreso dall'estremo iniziale



Stendimento sismico tomografico SS2, ripreso dall'estremo finale

I risultati sono visibili nella sezione tomografica allegata in Tav. 7.

La scala cromatica di riferimento è volutamente identica a quella di SS1.

La successione sismostratigrafica è praticamente coincidente con quella già individuata, con differenze di potenza anche non trascurabili a carico dei dei vari orizzonti sismici: in particolare si segnala che la transizione da condizioni geomeccaniche medie "SCADENTI" a "DISCRETE" e poi da "DISCRETE" a "BUONE" del substrato roccioso avviene con gradienti verticali di velocità decisamente inferiori nel settore iniziale dello stendimento. Le condizioni medie "DISCRETE", ad esempio, si raggiungono a profondità dal piano campagna pari a circa 7.0 m a fine stesa e pari a circa 14.0 m ad inizio stesa.

Si rimanda all'allegato per i dettagli.

2.6. RISULTATI OTTENUTI: STENDIMENTO SS3



Stendimento sismico tomografico SS3, ripreso dall'estremo iniziale

Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre

Geologia applicata - Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali

Traversa Amoretti n° 7/2 - 18100 Imperia - Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 E-mail: glepregeo@uno.it



Stendimento sismico tomografico SS3, ripreso dall'estremo finale

I risultati sono visibili nella sezione tomografica allegata in Tav. 10.

Nuovamente, la scala cromatica di riferimento è identica a quella di SS1 e SS2.

La successione sismostratigrafica così come le potenze dei vari sismostrati sono simili a quelle di SS2, con i gradienti verticali di velocità più bassi individuati nel settore iniziale dello stendimento per quanto riguarda l'orizzonte sismico rappresentante la transizione da condizioni geomeccaniche medie "SCADENTI" a "DISCRETE" (Vp = 1200 - 1800 m/s) e nel settore centrale dello stendimento per quanto riguarda l'orizzonte sismico rappresentante la transizione da condizioni geomeccaniche medie "DISCRETE" a "BUONE" (Vp = 1800 - 2200 m/s).

Si rimanda all'allegato per i dettagli.

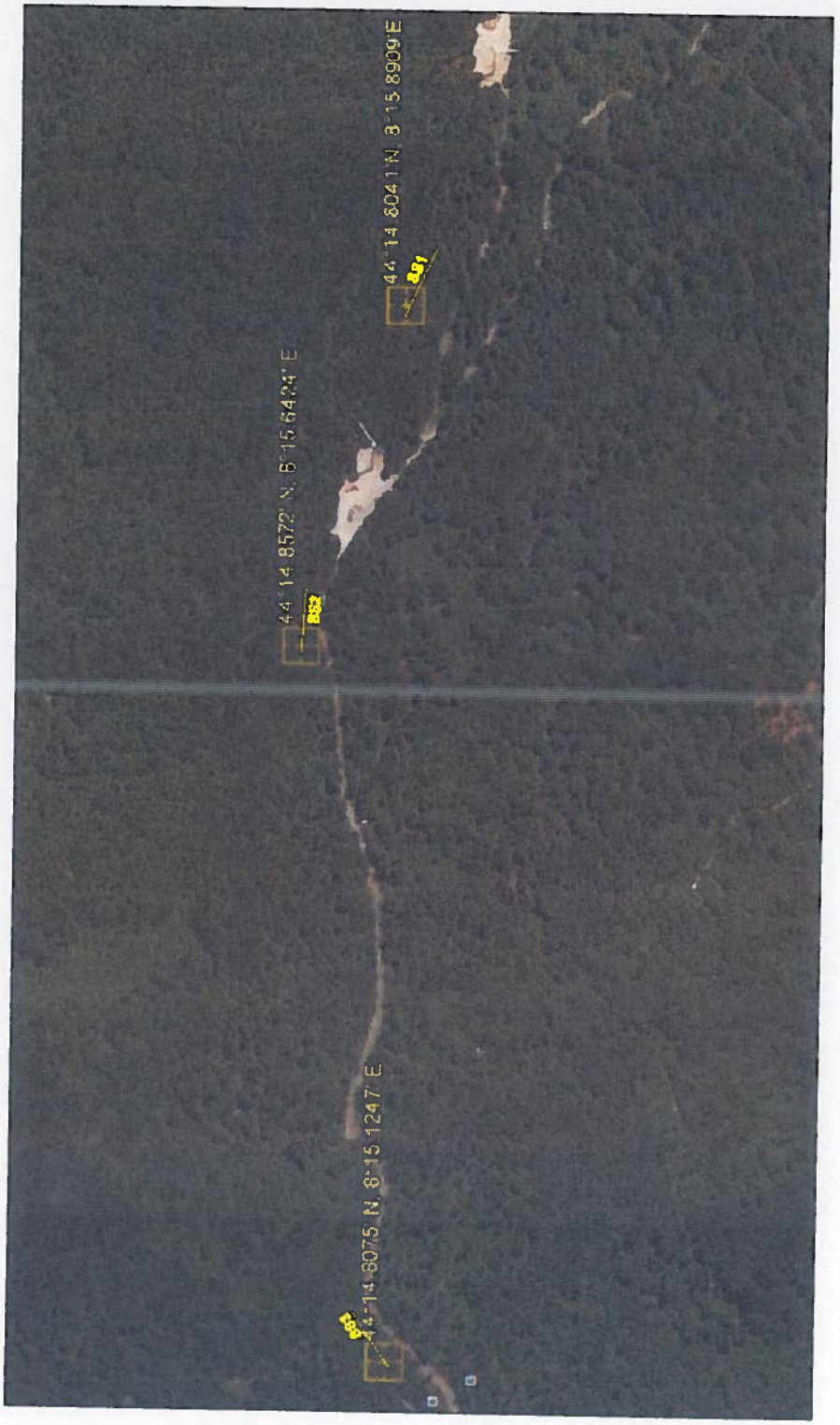
Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre

Geologia applicata - Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali

Traversa Amoretti n° 7/2 - 18100 Imperia - Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 E-mail: glepregeo@uno.it

Tav. 1

IMMAGINE SATELLITARE CON UBICAZIONE STENDIMENTI SISMICI TOMOGRAFICI, SCALA 1:5000



MARCOPOLO

MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
Sistemi Ecologici
Via XI Settembre, 37
12011 Borgo San Dalmazzo (CN)
Tel. +39 0171 262348 Fax +39 0171 262341
www.marcopolo-e.com - info@marcopolo-e.com

Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre

Geologia applicata - Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali

Traversa Amoretti n° 7/2 - 18100 Imperia - Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 E-mail: glepregeo@uno.it

Tav. 2

IMMAGINE SATELLITARE CON UBICAZIONE STENDIMENTO SISMICO TOMOGRAFICO SS1, SCALA 1:2000



MARCOPOLO

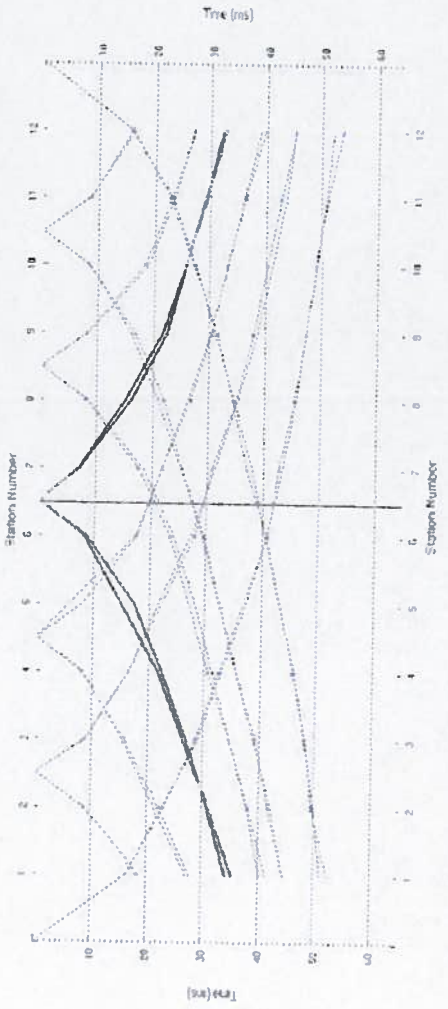
MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
Sistemi Ecologici
Via XI Settembre, 37
12011 Borgo San Dalmazzo (CN)
Tel. +39 0171 262348 Fax +39 0171 262341
www.marcopolo-e.com - info@marcopolo-e.com

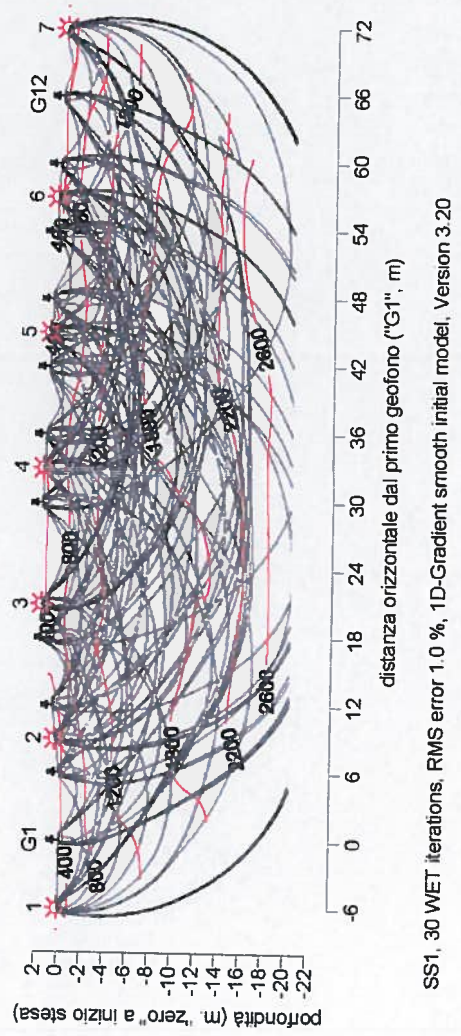
Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre

Geologia applicata - Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali

Traversa Amoretti n° 7/2 - 18100 Imperia - Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 E-mail: glepregeo@uno.it

STENDIMENTO SISMICO A RIFRAZIONE SS1: DROMOCRONE E RAY COVERAGE, SCALA 1:500





MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
Sistemi Ecologici
Via XI Settembre, 37
12011 Borgo San Dalmazzo (CN)
Tel. +39 0171 262348 Fax +39 0171 262341
www.marcopolo-e.com - info@marcopolo-e.com

Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre

Geologia applicata - Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali

Traversa Amoretti n° 7/2 - 18100 Imperia - Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 E-mail: glepregeo@uno.it

STENDIMENTO SISMICO A RIFRAZIONE SS1: ELABORAZIONE TOMOGRAFICA, SCALA 1:500

SS1, 30 WET iterations, RMS error 1.0 %, 1D-Gradient smooth initial model, Version 3.20

IPOTESI INTERPRETATIVA *

Vp = 330 - 400 m/s: terreni sciolti (orizzonte vegetale aerato, detrito) in condizioni di densità da modeste a medie.
Vp = 400 - 800 m/s: eluvio e materiale detritico in condizioni di densità progressivamente crescenti da media ad elevata.
Vp = 800 - 1200 m/s: possibile presenza materiale detritico molto grossolano (blocchi, massi) e transizione all'orizzonte superiore del substrato roccioso in condizioni geomeccaniche MOLTO SCADENTI.
Vp = 1200 - 1800 m/s: substrato roccioso in condizioni geomeccaniche variabili da "MOLTO SCADENTI" a "DISCRETE".
I gradienti verticali di velocità, estremamente incostanti, indicano condizioni di grande disturbo strutturale e di notevole variabilità laterale delle caratteristiche fisico-meccaniche del bedrock (l'ellissi a tratteggio indica la zona caratterizzata dalle condizioni peggiori).
Vp = 1800 - 2200 m/s: substrato roccioso in condizioni geomeccaniche variabili da "DISCRETE" a "BUONE". La minore variabilità a carico dei gradienti verticali di velocità indica condizioni di maggiore omogeneità fisico-meccanica del bedrock nell'orizzonte sismico.
Vp = 2200 - 2600 m/s: substrato roccioso in condizioni geomeccaniche mediamente "BUONE".
Vp > 2600 m/s: substrato roccioso in condizioni geomeccaniche "BUONE", verosimilmente tendenti ad "OTTIME" all'aumentare della profondità.

** L'ipotesi interpretativa fornita, basata sui range di velocità sismiche e su correlazioni diffusamente presenti in Letteratura, dev'essere considerata solo a livello indicativo.*

MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
Sistemi Ecologici
Via XI Settembre, 37
12011 Borgo San Dalmazzo (CN)
Tel. +39 0171 262348 Fax +39 0171 262341
www.marcopolo-e.com - info@marcopolo-e.com

Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre

Geologia applicata - Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali

Traversa Amoretti n° 7/2 - 18100 Imperia - Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 E-mail: glepregeo@uno.it

Tav. 5

IMMAGINE SATELLITARE CON UBICAZIONE STENDIMENTO SISMICO TOMOGRAFICO SS2, SCALA 1:2000



MARCOPOLO

MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
Sistemi Ecologici
Via XI Settembre, 37
12011 Borgo San Dalmazzo (CN)
Tel. +39 0171 262348 Fax +39 0171 262341
www.marcopolo-e.com - info@marcopolo-e.com

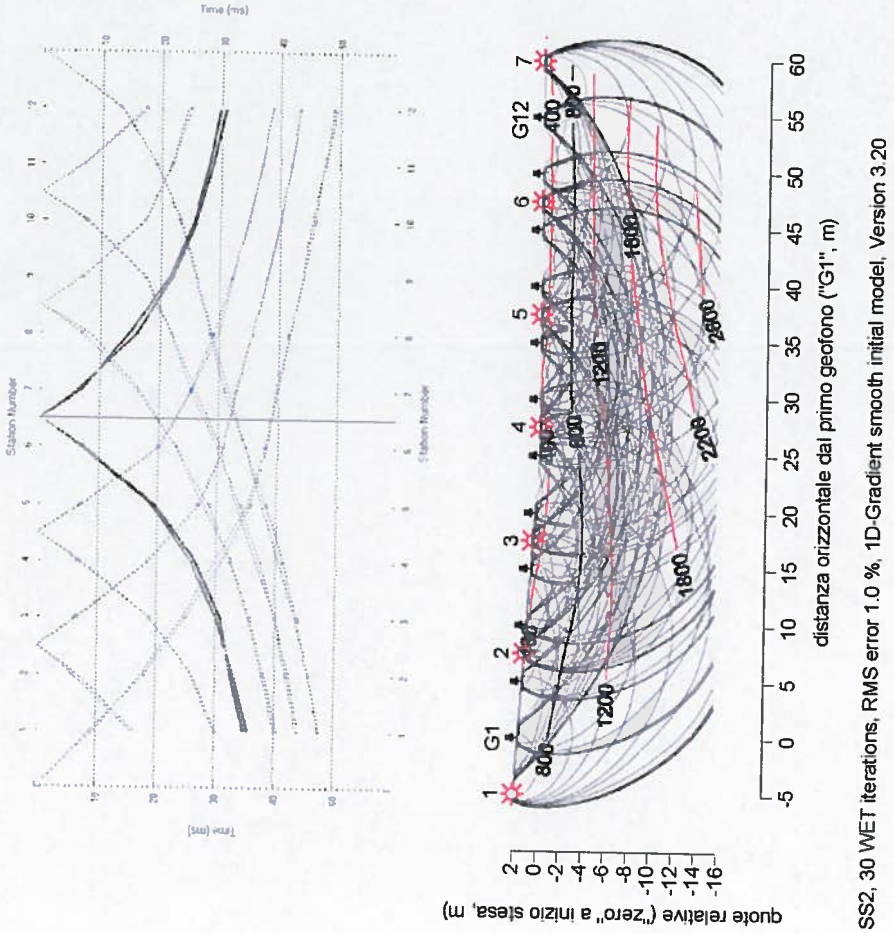
Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre

Geologia applicata - Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali

Traversa Amoretti n° 7/2 - 18100 Imperia - Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 E-mail: glepregeo@uno.it

Tav. 6

STENDIMENTO SISMICO A RIFRAZIONE SS2: DROMOCRONE E RAY COVERAGE, SCALA 1:500



MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
Sistemi Ecologici
Via XI Settembre, 37
12011 Borgo San Dalmazzo (CN)
Tel. +39 0171 262348 Fax +39 0171 262341
www.marcopolo-e.com - info@marcopolo-e.com

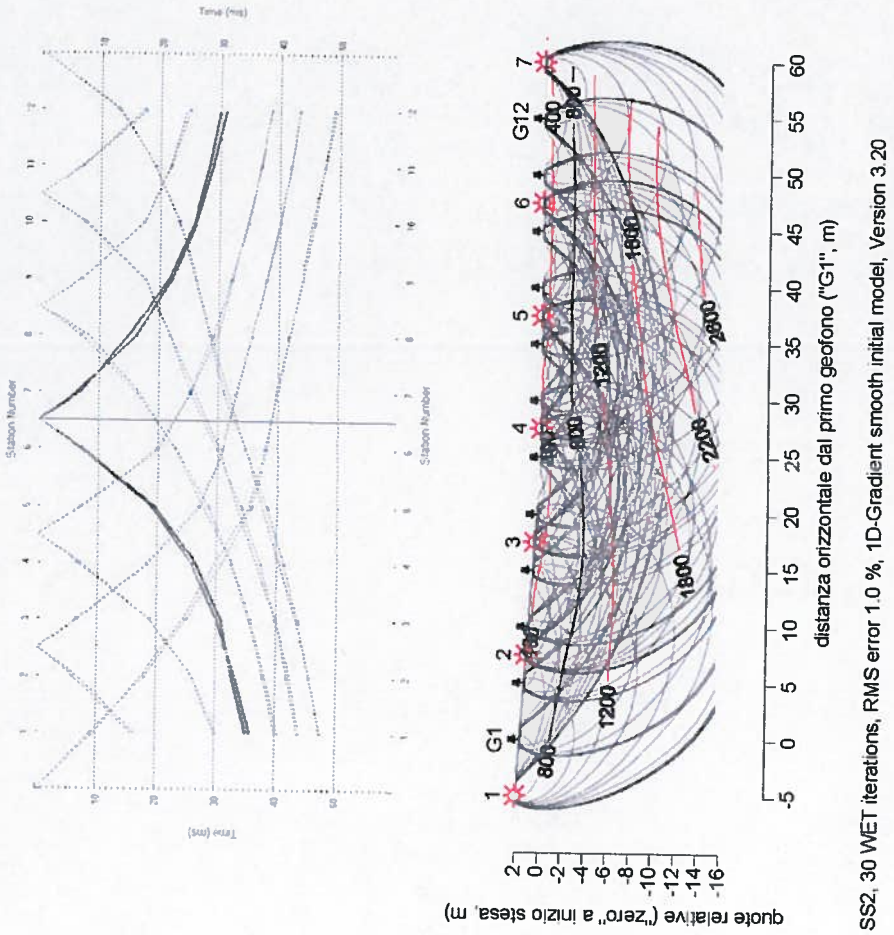
Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre

Geologia applicata - Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali

Traversa Amoretti n° 7/2 - 18100 Imperia - Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 E-mail: giepregeo@uno.it

Tav. 6

STENDIMENTO SISMICO A RIFRAZIONE SS2: DROMOCRONE E RAY COVERAGE, SCALA 1:500



MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
Sistemi Ecologici
Via XI Settembre, 37
12011 Borgo San Dalmazzo (CN)
Tel. +39 0171 262348 Fax +39 0171 262341
www.marcopolo-e.com - info@marcopolo-e.com

Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre

Geologia applicata - Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali

Traversa Amoretti n° 7/2 - 18100 Imperia - Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 E-mail: glepregeo@uno.it

STENDIMENTO SISMICO A RIFRAZIONE SS2: ELABORAZIONE TOMOGRAFICA, SCALA 1:500

SS2, 30 WET iterations, RMS error 1.0 %, 1D-Gradient smooth initial model, Version 3.20

IPOTESI INTERPRETATIVA *

Vp = 340 - 400 m/s: terreni sciolti (orizzonte vegetale aerato, detrito) in condizioni di densità da modeste a medie.
Vp = 400 - 800 m/s: eluvio e materiale detritico in condizioni di densità progressivamente crescenti da media ad elevata.
Vp = 800 - 1200 m/s: possibile presenza materiale detritico molto grossolano (blocchi, massi) e transizione all'orizzonte superiore del substrato roccioso in condizioni geomeccaniche MOLTO SCADENTI.
Vp = 1200 - 1800 m/s: substrato roccioso in condizioni geomeccaniche variabili da "MOLTO SCADENTI" a "DISCRETE".
I gradienti verticali di velocità, estremamente incostanti, indicano condizioni di grande disturbo strutturale e di notevole variabilità laterale delle caratteristiche fisico-meccaniche del bedrock (l'ellissi a tratteggio indica la zona caratterizzata dalle condizioni peggiori).
Vp = 1800 - 2200 m/s: substrato roccioso in condizioni geomeccaniche variabili da "DISCRETE" a "BUONE". La modesta variabilità a carico dei gradienti verticali di velocità indica condizioni di maggiore omogeneità fisico-meccanica del bedrock nell'orizzonte sismico.
Vp = 2200 - 2600 m/s: substrato roccioso in condizioni geomeccaniche mediamente "BUONE".
Vp > 2600 m/s: substrato roccioso in condizioni geomeccaniche "BUONE", verosimilmente tendenti ad "OTTIME" all'aumentare della profondità.

** L'ipotesi interpretativa fornita, basata sui range di velocità sismiche e su correlazioni diffusamente presenti in Letteratura, dev'essere considerata solo a livello indicativo.*

MARCOPOLO

MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
Sistemi Ecologici
Via XI Settembre, 37
12011 Borgo San Dalmazzo (CN)
Tel. +39 0171 262348 Fax +39 0171 262341
www.marcopolo-e.com - info@marcopolo-e.com

Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre

Geologia applicata - Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali

Traversa Amoretti n° 7/2 - 18100 Imperia - Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 E-mail: glepregeo@uno.it

Tav. 8

IMMAGINE SATELLITARE CON UBICAZIONE STENDIMENTO SISMICO TOMOGRAFICO SS3, SCALA 1:2000



MARCOPOLO

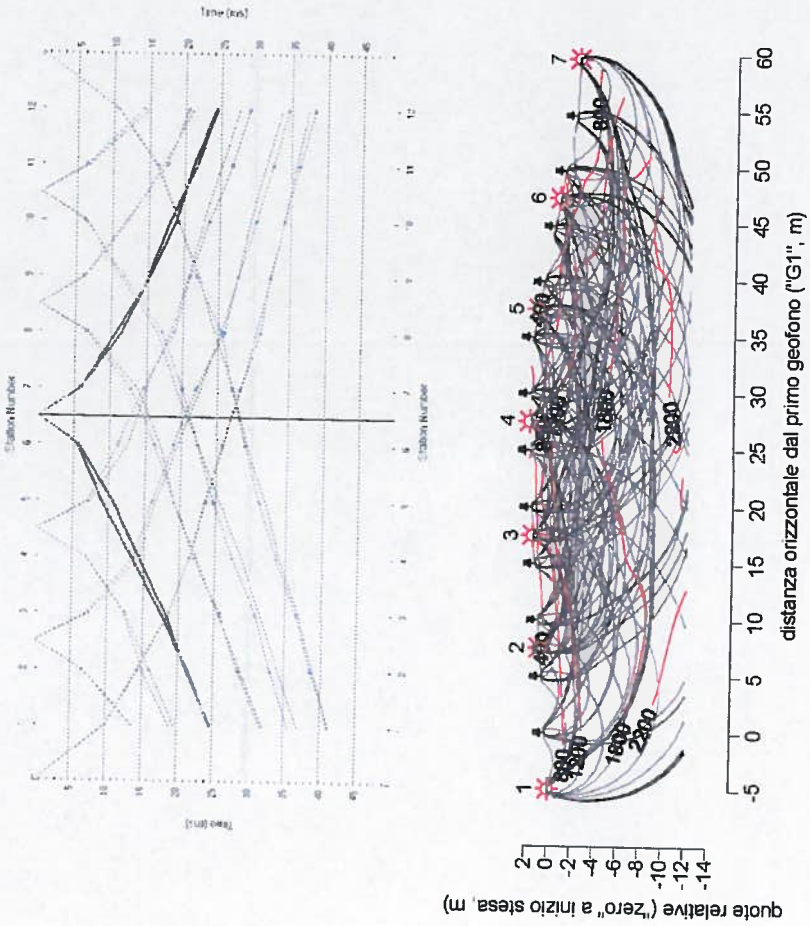
MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
Sistemi Ecologici
Via XI Settembre, 37
12011 Borgo San Dalmazzo (CN)
Tel. +39 0171 262348 Fax +39 0171 262341
www.marcopolo-e.com - info@marcopolo-e.com

Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre

Geologia applicata - Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali

Traversa Amoretti n° 7/2 - 18100 Imperia - Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 E-mail: glepregeo@uno.it

STENDIMENTO SISMICO A RIFRAZIONE SS3: DROMOCRONE E RAY COVERAGE, SCALA 1:500



MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
Sistemi Ecologici
Via XI Settembre, 37
12011 Borgo San Dalmazzo (CN)
Tel. +39 0171 262348 Fax +39 0171 262341
www.marcopolo-e.com - info@marcopolo-e.com

Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre

Geologia applicata - Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali

Traversa Amoretti n° 7/2 - 18100 Imperia - Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 E-mail: giepregeo@uno.it

Tav. 10

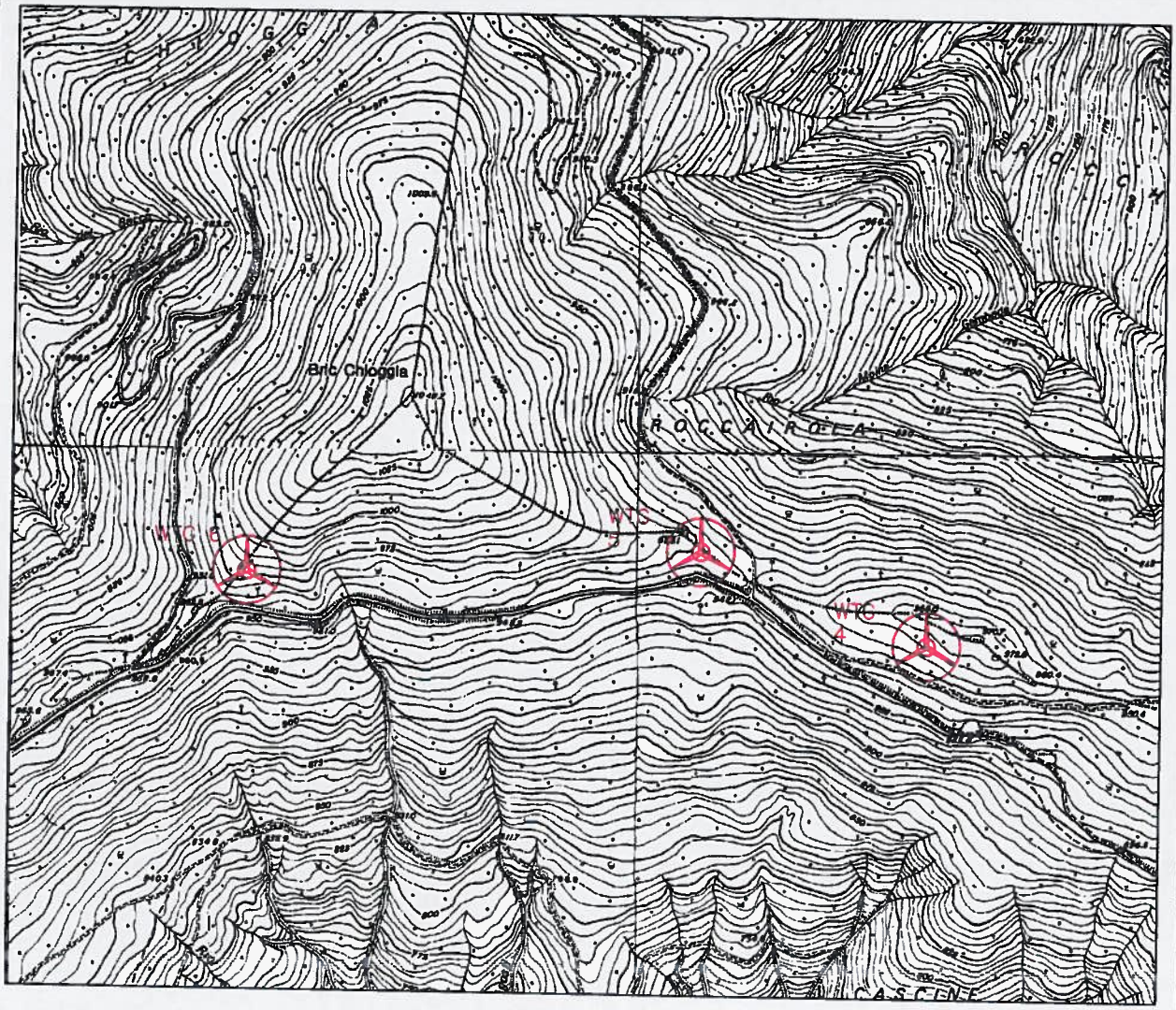
STENDIMENTO SISMICO A RIFRAZIONE SS3: ELABORAZIONE TOMOGRAFICA, SCALA 1:500

IPOTESI INTERPRETATIVA *

Vp = 320 - 400 m/s: terreni sciolti (orizzonte vegetale aerato, detrito) in condizioni di densità da modeste a medie.
Vp = 400 - 800 m/s: eluvio e materiale detritico in condizioni di densità progressivamente crescenti da media ad elevata.
Vp = 800 - 1200 m/s: possibile presenza materiale detritico molto grossolano (blocchi, massi) e transizione all'orizzonte superiore del substrato roccioso in condizioni geomeccaniche MOLTO SCADENTI.
Vp = 1200 - 1800 m/s: substrato roccioso in condizioni geomeccaniche variabili da "MOLTO SCADENTI" a "DISCRETE". I gradienti verticali di velocità, estremamente incostanti, indicano condizioni di grande disturbo strutturale e di notevole variabilità laterale delle caratteristiche fisico-meccaniche del bedrock (l'ellissi a tratteggio indica la zona caratterizzata dalle condizioni peggiori).
Vp = 1800 - 2200 m/s: substrato roccioso in condizioni geomeccaniche variabili da "DISCRETE" a "BUONE". Si riscontra nuovamente una significativa variabilità a carico dei gradienti verticali di velocità nel settore centrale dell'orizzonte sismico.
Vp > 2200: substrato roccioso in condizioni geomeccaniche mediamente "BUONE".

** L'ipotesi interpretativa fornita, basata sui range di velocità sismiche e su correlazioni diffusamente presenti in Letteratura, dev'essere considerata solo a livello indicativo.*

MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
Sistemi Ecologici
Via XI Settembre, 37
12011 Borgo San Dalmazzo (CN)
Tel. +39 0171 262348 Fax +39 0171 262341
www.marcopolo-e.com - info@marcopolo-e.com



WTG 6 Generatori in progetto

Provincia di Savona

Oggetto: Progetto Parco Eolico Rialto Località: Pian dei Corsi

Proponente l'opera:
MARCO POLO ENGINEERING S.P.A.
Via XI Settembre n° 37 - 12011 Borgo S. Dalmazzo (CN)
Tel 0171 262348 Fax 0171 262341
www.marcopolo-e.com

Studio geologico:
Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre
Geologia applicata – Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali
Traversa Amoretti n° 7 – 18100 Imperia Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 e-mail: glepregeo@gmail.com

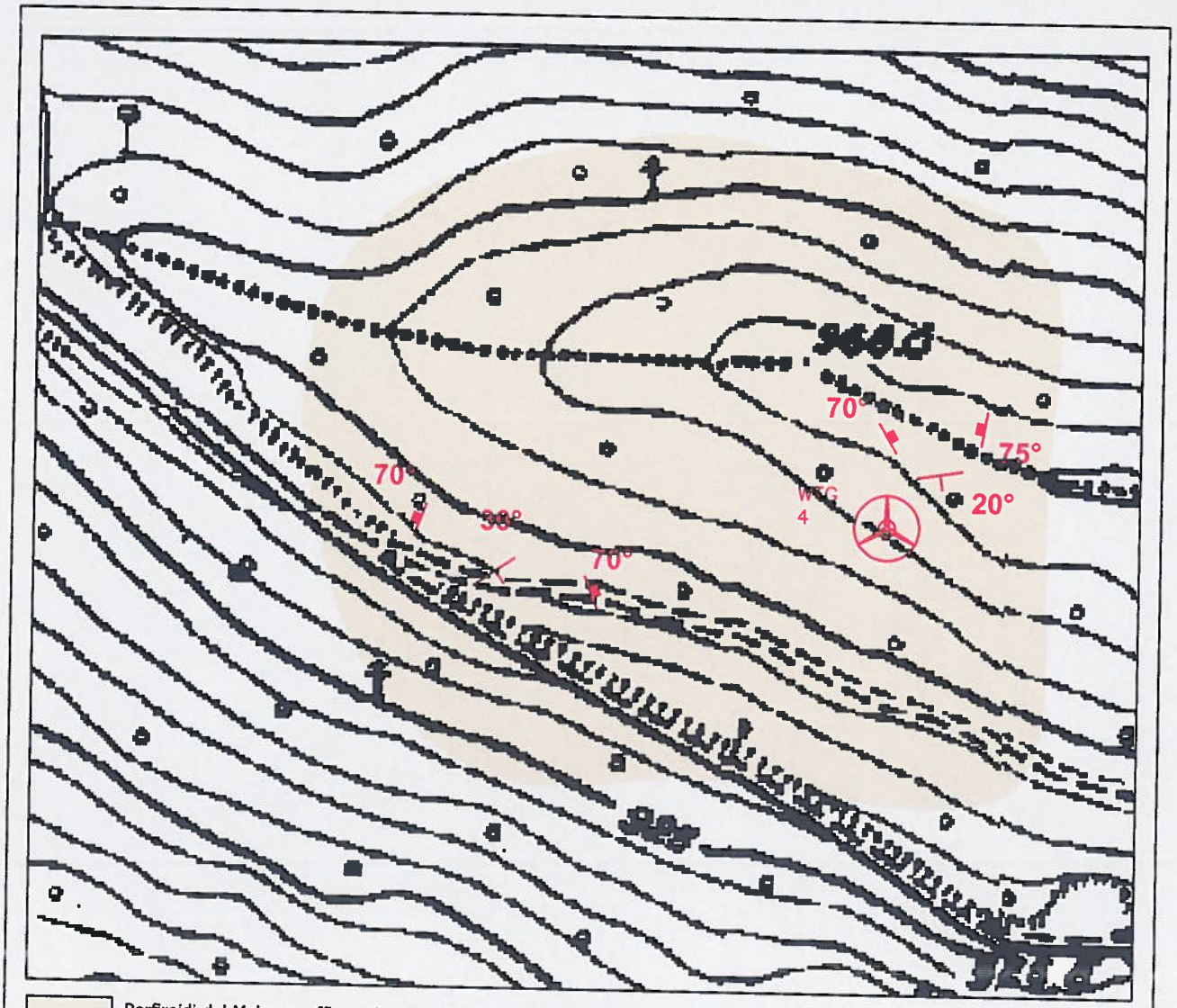
Progettista incaricato: Ing. Davide APRILE

N. Disegno: tav2_inquadramento2012.dwg	*Titolo:* INQUADRAMENTO GEOGRAFICO
Tavola N: 2	*Modifica N:* 00
Scala: 1:10000	*Formato:* A4
Data: 24/03/2012	*Disegnatore:* Gianni Lepre
	Note:

Rev	Data	Disegnat.	Descrizione	Approv.

Il presente disegno é di proprietà esclusiva della MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A., non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti senza autorizzazione scritta della MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
La MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A. si riserva il diritto di ogni modifica.

We reserve all rights in this document and in the information contained herein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express autority by MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A. is strictly forbidden.



Porfiroidi del Melogno affioranti o subaffioranti, caratterizzati da marcata alterazione superficiale; affioramenti con scarsa continuità, presenza di blocchi isolati e di intervalli a maggiore erodibilità soggetti alla pedogenesi; dominanza areale di una sottile coltre eluviale (contenuta entro i due metri) derivante dagli atmosferili e da processi pedogenetici

Principale piano di scistosità

Principale piano di diaclasi

WTG 6 Generatori in progetto

Provincia di Savona

Oggetto: Progetto Parco Eolico Rialto Località: Pian dei Corsi

Proponente l'opera:
MARCO POLO ENGINEERING S.P.A.
Via XI Settembre n° 37 - 12011 Borgo S. Dalmazzo (CN)
Tel 0171 262348 Fax 0171 262341
www.marcopolo-e.com

Studio geologico:
Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre
Geologia applicata – Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali
Traversa Amoretti n° 7 – 18100 Imperia Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 e-mail: glepregeo@gmail.com

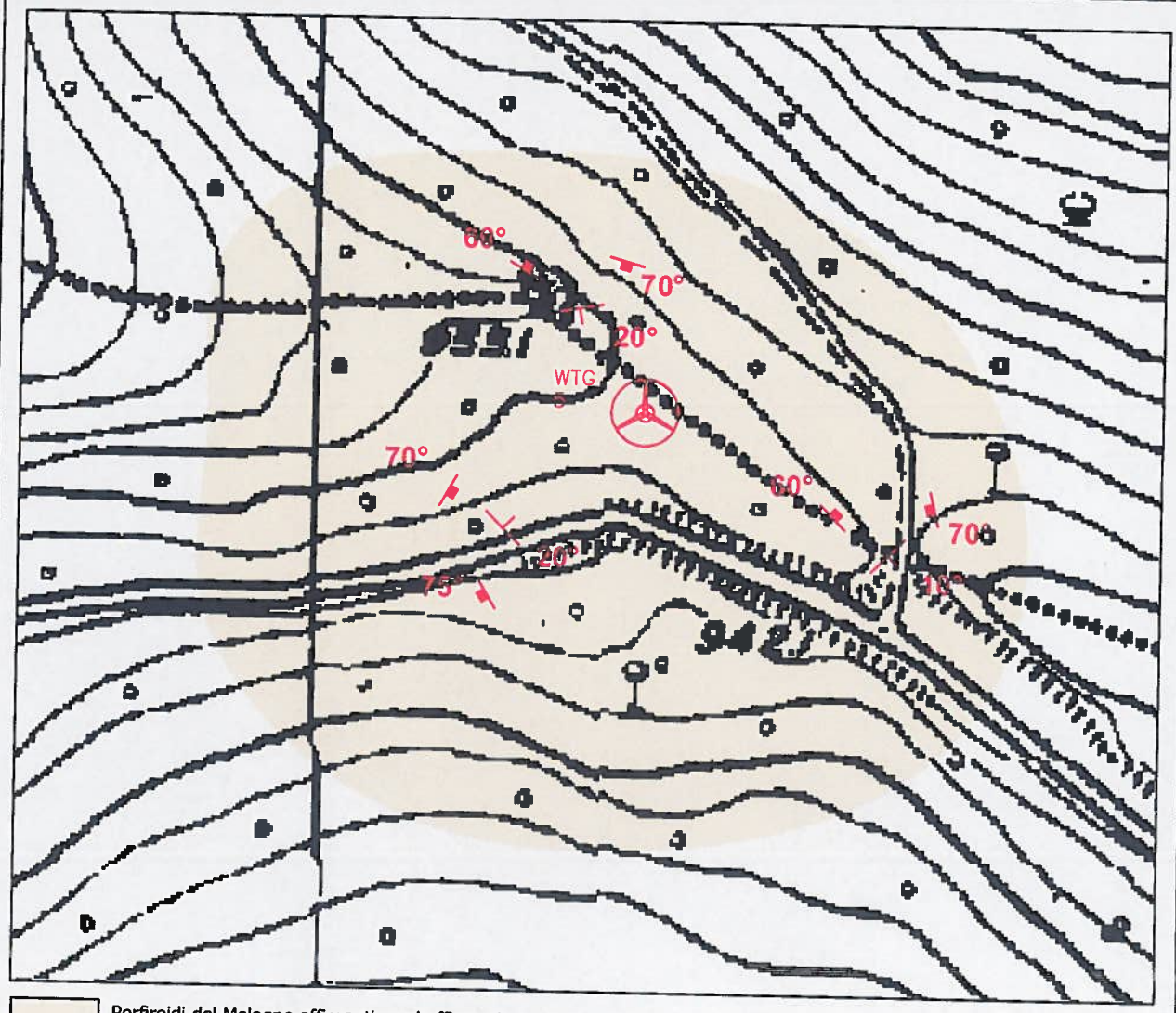
Progettista incaricato: Ing. Davide APRILE

N. Disegno: tav3_geol_wtg42012.dwg	*Titolo:* SCHEMA GEOLOGICO - WTG4
Tavola N: 3	*Modifica N:* 00
Scala: 1:2000	*Formato:* A4
Data: 24/03/2012	*Disegnatore:* Gianni Lepre
	Note:

Rev	Data	Disegnat.	Descrizione	Approv.

Il presente disegno é di proprietà esclusiva della MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A., non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti senza autorizzazione scritta della MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
La MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A. si riserva il diritto di ogni modifica.

We reserve all rights in this document and in the information contained herein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express autority by MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A. is strictly forbidden.



Porfiroidi del Melogno affioranti o subaffioranti, caratterizzati da marcata alterazione superficiale; affioramenti con scarsa continuità, presenza di blocchi isolati e di intervalli a maggiore erodibilità soggetti alla pedogenesi; dominanza areale di una sottile coltre eluviale (contenuta entro i due metri) derivante dagli atmosferili e da processi pedogenetici

Principale piano di scistosità

Principale piano di diaclasi

WTG 6 Generatori in progetto

Provincia di Savona

Oggetto: **Progetto Parco Eolico Rialto Località: Pian dei Corsi**

Proponente l'opera:
MARCO POLO ENGINEERING S.P.A.
Via XI Settembre n° 37 - 12011 Borgo S. Dalmazzo (CN)
Tel 0171 262348 Fax 0171 262341
www.marcopolo-e.com

Studio geologico:
Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre
Geologia applicata – Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali
Traversa Amoretti n° 7 – 18100 Imperia Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 e-mail: giepregeo@gmail.com

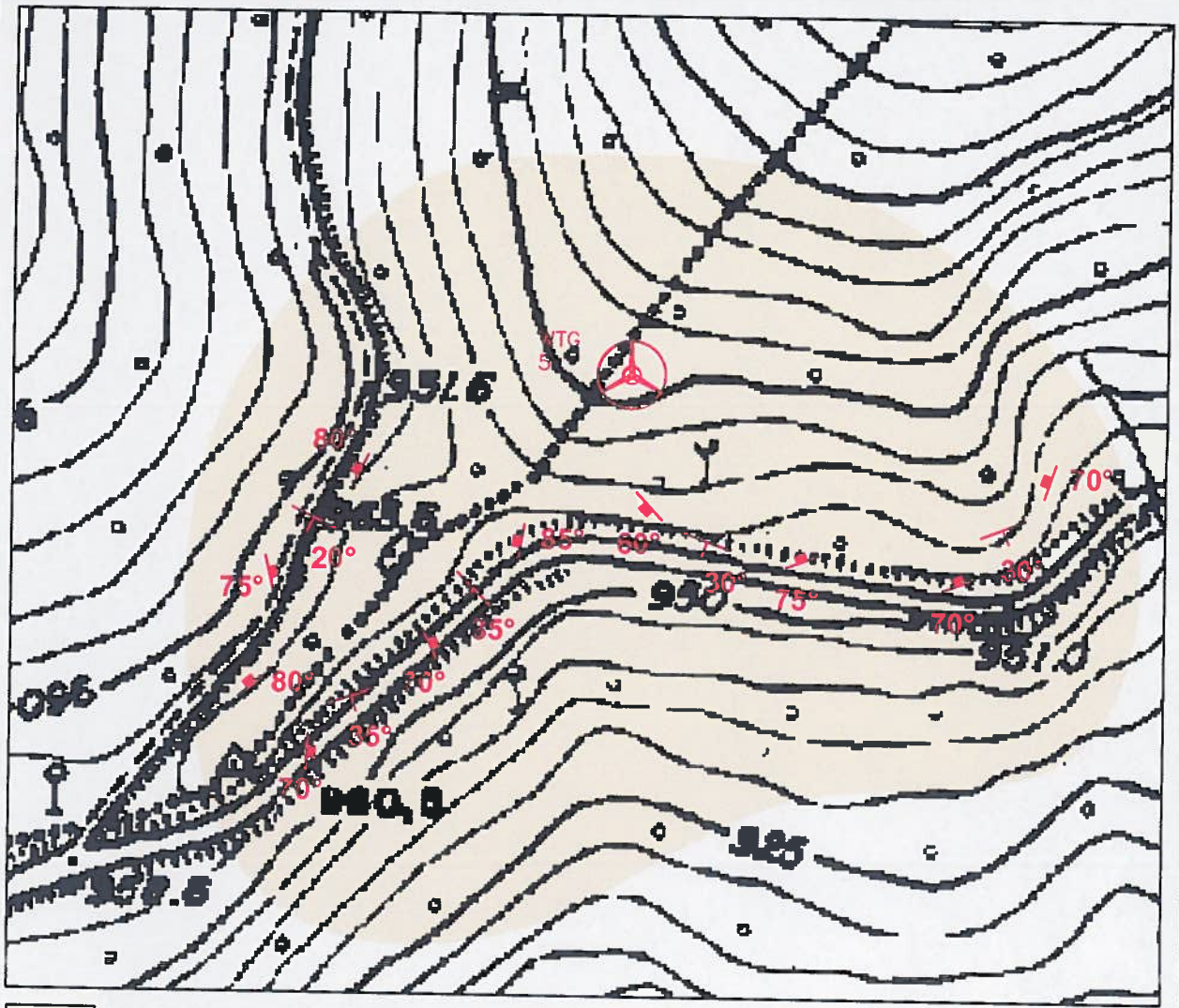
Progettista incaricato: Ing. Davide APRILE

N. Disegno: tav4_geol_wtg52012.dwg	*Titolo:* SCHEMA GEOLOGICO - WTG5
Tavola N: 4	*Modifica N:* 00
Scala: 1:2000	*Formato:* A4
Data: 24/03/2012	*Disegnatore:* Gianni Lepre
	Note:

Rev	*Data*	*Disegnat.*	*Descrizione*	*Approv.*

Il presente disegno é di proprietà esclusiva della MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A., non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti senza autorizzazione scritta della MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
La MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A. si riserva il diritto di ogni modifica.

We reserve all rights in this document and in the information contained herein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express autority by MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A. is strictly forbidden.



Porfiroidi del Melogno con intercalazioni di scisti di Gorra affioranti o subaffioranti, caratterizzati da marcata alterazione superficiale; affioramenti con scarsa continuità, presenza di blocchi isolati e di intervalli a maggiore erodibilità soggetti alla pedogenesi; dominanza areale di una sottile coltre eluviale (contenuta entro i due metri) derivante dagli atmosferili e da processi pedogenetici

Principale piano di scistosità

Principale piano di diaclasi

WTG 6 — Generatori in progetto

Provincia di Savona

Oggetto: **Progetto Parco Eolico Rialto Località: Pian dei Corsi**

Proponente l'opera:
MARCO POLO ENGINEERING S.P.A.
Via XI Settembre n° 37 - 12011 Borgo S. Dalmazzo (CN)
Tel 0171 262348 Fax 0171 262341
www.marcopolo-e.com

Studio geologico:
Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre
Geologia applicata – Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali
Traversa Amoretti n° 7 – 18100 Imperia Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 e-mail: glepregeo@gmail.com

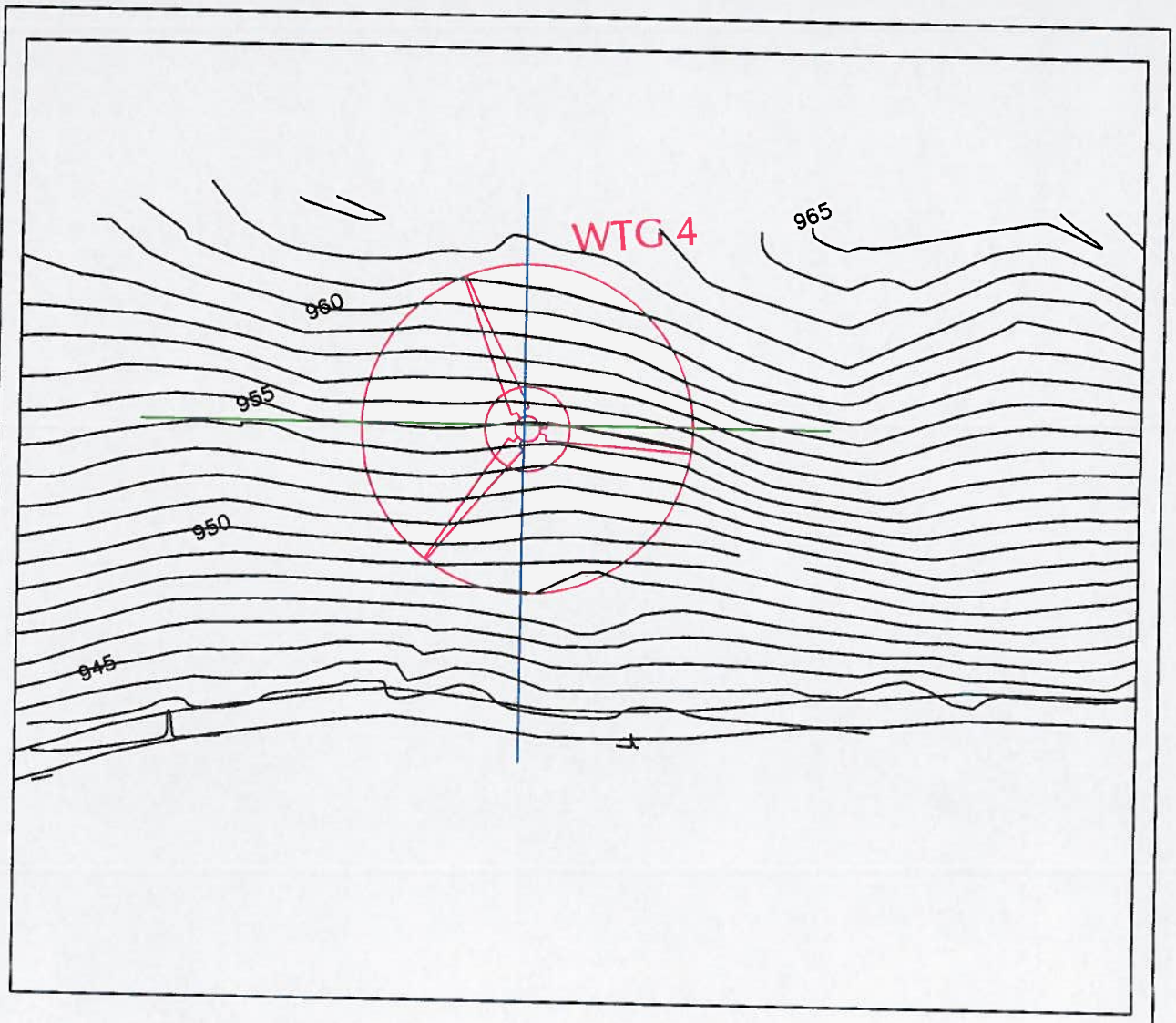
Progettista incaricato: Ing. Davide APRILE

N. Disegno: tav5_geol_wtg62012.dwg	*Titolo:* SCHEMA GEOLOGICO - WTG6
Tavola N: 5	*Modifica N:* 00
Scala: 1:2000	*Formato:* A4
Data: 24/03/2012	*Disegnatore:* Gianni Lepre
	Note:

Rev	*Data*	*Disegnat.*	*Descrizione*	*Approv.*

Il presente disegno é di proprietà esclusiva della MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A., non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti senza autorizzazione scritta della MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
La MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A. si riserva il diritto di ogni modifica.

We reserve all rights in this document and in the information contained herein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express autority by MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A. is strictly forbidden.



Traccia sezione geologica

Stendimento sismico

WTG 6 Generatori in progetto

Provincia di Savona

Oggetto: **Progetto Parco Eolico Rialto Località: Pian dei Corsi**

Proponente l'opera:
MARCO POLO ENGINEERING S.P.A.
Via XI Settembre n° 37 - 12011 Borgo S. Dalmazzo (CN)
Tel 0171 262348 Fax 0171 262341
www.marcopolo-e.com

Studio geologico:
Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre
Geologia applicata – Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali
Traversa Amoretti n° 7 – 18100 Imperia Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 e-mail: giepregeo@gmail.com

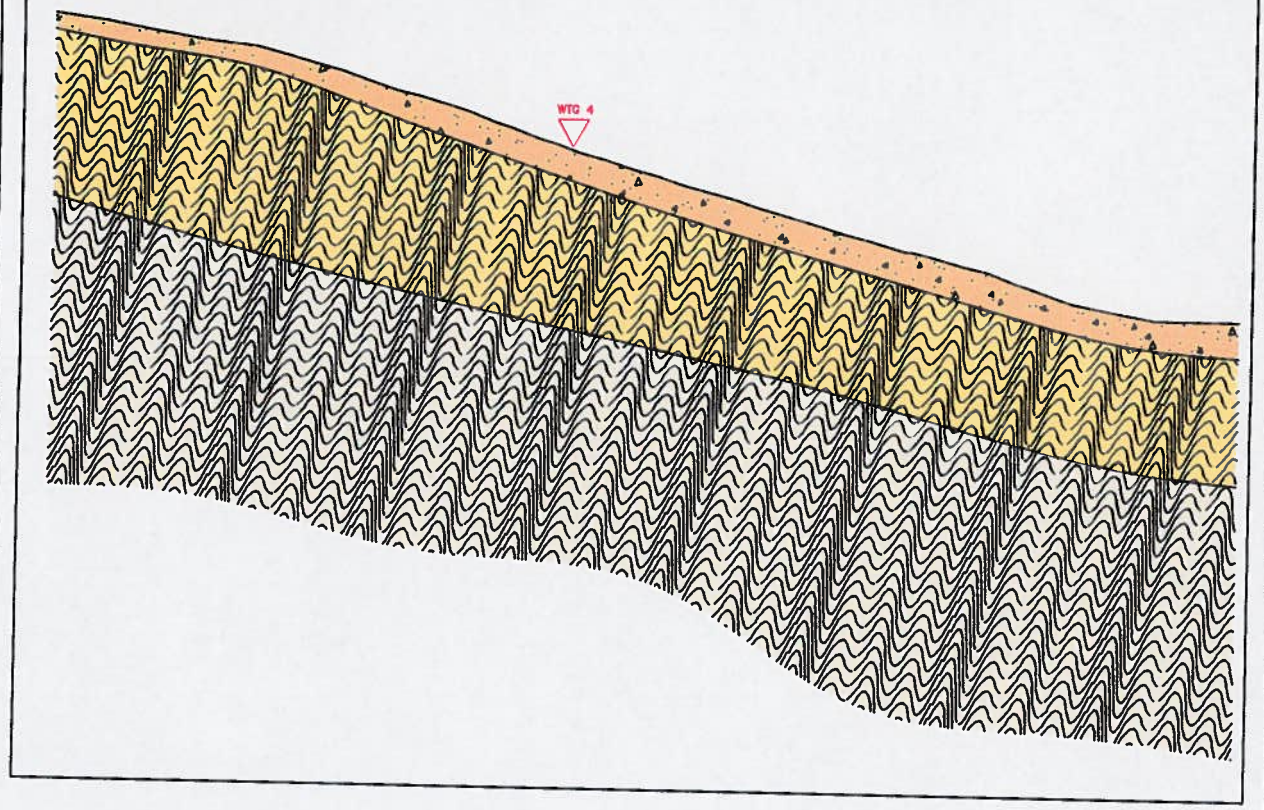
Progettista incaricato: Ing. Davide APRILE

N. Disegno: tav6_pla_wtg42012.dwg	*Titolo:* PLANIMETRIA - WTG4
Tavola N: 6 / *Modifica N:* 00	
Scala: 1:1000 / *Formato:* A4	
Data: 24/03/2012 / *Disegnatore:* Gianni Lepre	*Note:*

Rev	*Data*	*Disegnat.*	*Descrizione*	*Approv.*

Il presente disegno é di proprietà esclusiva della MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A., non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti senza autorizzazione scritta della MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
La MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A. si riserva il diritto di ogni modifica.

We reserve all rights in this document and in the information contained herein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express autority by MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A. is strictly forbidden.



Coltre detritica

WTG 5 Generatore in progetto

Substrato roccioso da molto alterato ad alterato

Substrato roccioso da poco alterato a sano

Provincia di Savona

Oggetto: **Progetto Parco Eolico Rialto Località: Pian dei Corsi**

Proponente l'opera:
MARCO POLO ENGINEERING S.P.A.
Via XI Settembre n° 37 - 12011 Borgo S. Dalmazzo (CN)
Tel 0171 262348 Fax 0171 262341
www.marcopolo-e.com

MARCOPOLO

Studio geologico:
Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre
Geologia applicata – Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali
Traversa Amoretti n° 7 – 18100 Imperia Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 e-mail: glepregeo@gmail.com

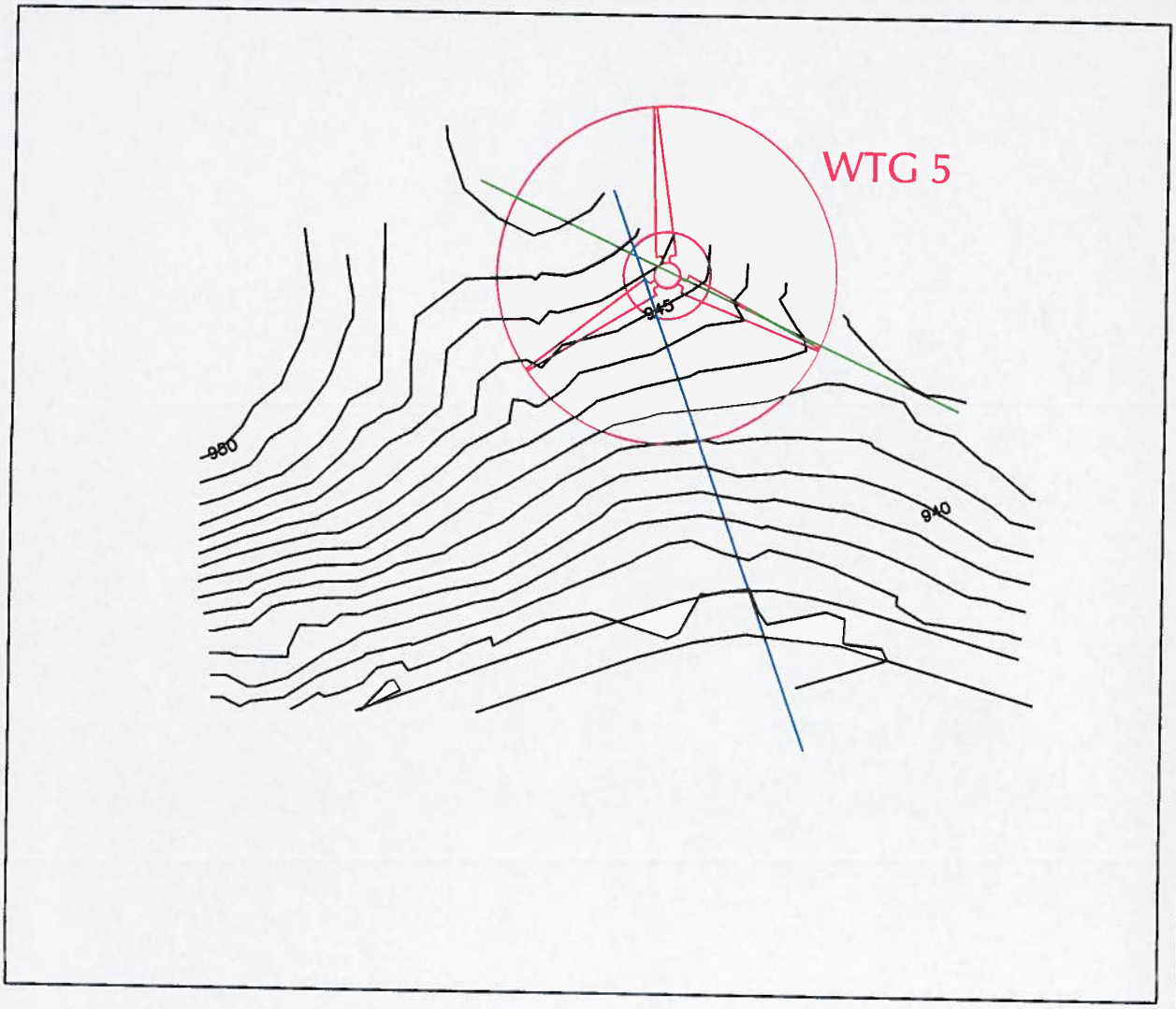
Progettista incaricato: Ing. Davide APRILE

N. Disegno: tav7_sez_wtg42012.dwg	*Titolo:* SEZIONE GEOLOGICA INTEPRETATIVA - WTG4
Tavola N: 7 / *Modifica N:* 00	
Scala: 1:500 / *Formato:* A4	
Data: 24/03/2012 / *Disegnatore:* Gianni Lepre	*Note:*

Rev	*Data*	*Disegnat.*	*Descrizione*	*Approv.*

Il presente disegno é di proprietà esclusiva della MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A., non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti senza autorizzazione scritta della MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
La MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A. si riserva il diritto di ogni modifica.

We reserve all rights in this document and in the information contained herein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express autority by MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A. is strictly forbidden.



Traccia sezione geologica

Stendimento sismico

WTG 6 Generatori in progetto

Provincia di Savona

Oggetto: Progetto Parco Eolico Rialto Località: Pian dei Corsi

Proponente l'opera:
MARCO POLO ENGINEERING S.P.A.
Via XI Settembre n° 37 - 12011 Borgo S. Dalmazzo (CN)
Tel 0171 262348 Fax 0171 262341
www.marcopolo-e.com

Studio geologico:
Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre
Geologia applicata – Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali
Traversa Amoretti n° 7 – 18100 Imperia Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 e-mail: gleprege@gmail.com

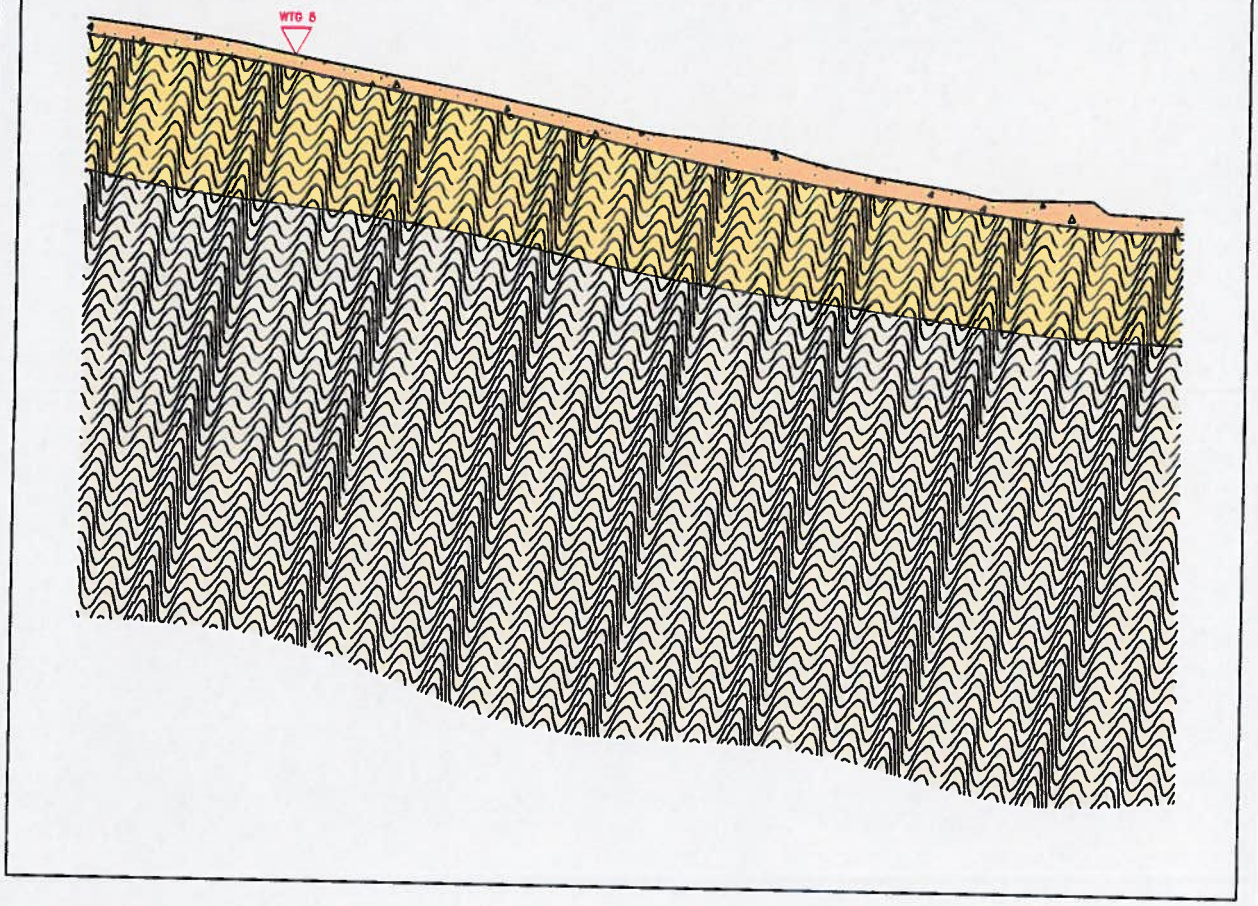
Progettista incaricato: Ing. Davide APRILE

N. Disegno: tav8_pla_wtg52012.dwg	*Titolo:* PLANIMETRIA - WTG5
Tavola N: 8 / *Modifica N:* 00	
Scala: 1:2000 / *Formato:* A4	
Data: 24/03/2012 / *Disegnatore:* Gianni Lepre	*Note:*

Rev	Data	Disegnat.	Descrizione	Approv.

Il presente disegno é di proprietà esclusiva della MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A., non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti senza autorizzazione scritta della MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
La MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A. si riserva il diritto di ogni modifica.

We reserve all rights in this document and in the information contained herein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express autority by MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A. is strictly forbidden.



Coltre detritica

WTG 5 Generatore in progetto

Substrato roccioso da molto alterato ad alterato

Substrato roccioso da poco alterato a sano

Provincia di Savona

Oggetto: **Progetto Parco Eolico Rialto Località: Pian dei Corsi**

Proponente l'opera:
MARCO POLO ENGINEERING S.P.A.
Via XI Settembre n° 37 - 12011 Borgo S. Dalmazzo (CN)
Tel 0171 262348 Fax 0171 262341
www.marcopolo-e.com

Studio geologico:
Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre
Geologia applicata – Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali
Traversa Amoretti n° 7 – 18100 Imperia Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 e-mail: giepregeo@gmail.com

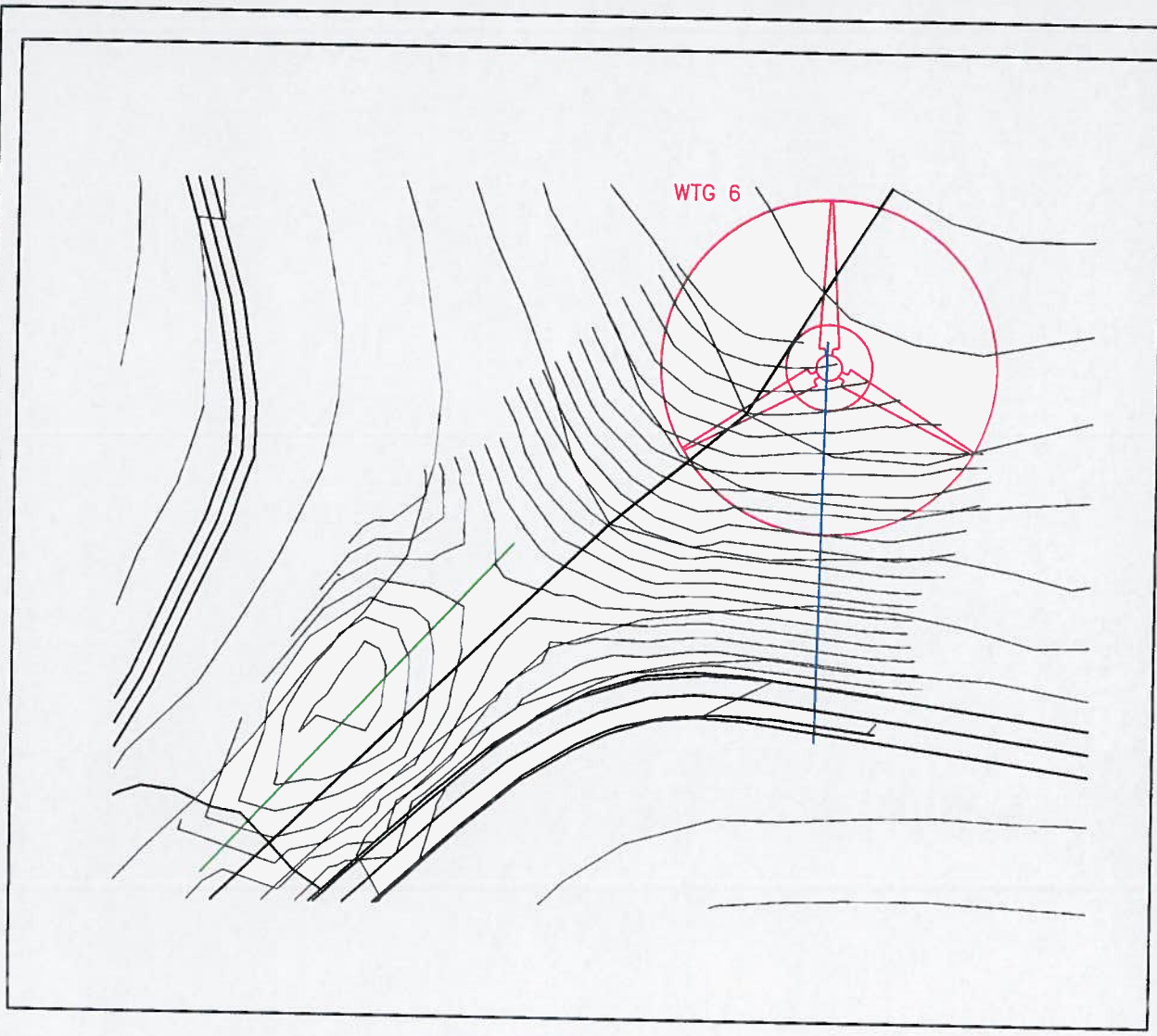
Progettista incaricato: Ing. Davide APRILE

N. Disegno: tav9_sez_wtg52012.dwg	*Titolo:* SEZIONE GEOLOGICA INTEPRETATIVA - WTG5
Tavola N: 9 / *Modifica N:* 00	
Scala: 1:500 / *Formato:* A4	
Data: 24/03/2012 / *Disegnatore:* Gianni Lepre	*Note:*

Rev	Data	Disegnat.	Descrizione	Approv.

Il presente disegno é di proprietà esclusiva della MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A., non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti senza autorizzazione scritta della MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
La MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A. si riserva il diritto di ogni modifica.

We reserve all rights in this document and in the information contained herein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express autority by MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A. is strictly forbidden.



Traccia sezione geologica

Stendimento sismico

WTG 6 Generatori in progetto

Provincia di Savona

Oggetto: Progetto Parco Eolico Rialto Località: Pian dei Corsi

Proponente l'opera:
MARCO POLO ENGINEERING S.P.A.
Via XI Settembre n° 37 - 12011 Borgo S. Dalmazzo (CN)
Tel 0171 262348 Fax 0171 262341
www.marcopolo-e.com

Studio geologico:
Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre
Geologia applicata – Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali
Traversa Amoretti n° 7 – 18100 Imperia Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 e-mail: giepregeo@gmail.com

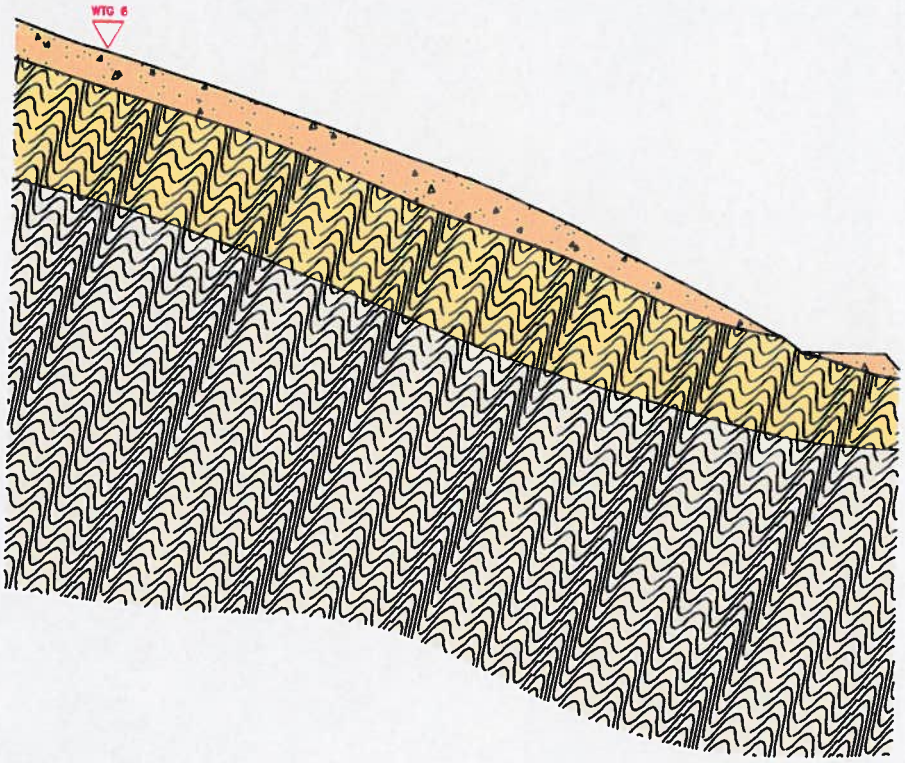
Progettista incaricato: Ing. Davide APRILE

N. Disegno: tav10_pla_wtg62012.dwg	*Titolo:* PLANIMETRIA - WTG6
Tavola N: 10 / *Modifica N:* 00	
Scala: 1:1000 / *Formato:* A4	
Data: 24/03/2012 / *Disegnatore:* Gianni Lepre	*Note:*

Rev	Data	Disegnat.	Descrizione	Approv.

Il presente disegno é di proprietà esclusiva della MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A., non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti senza autorizzazione scritta della MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
La MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A. si riserva il diritto di ogni modifica.

We reserve all rights in this document and in the information contained herein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express autority by MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A. is strictly forbidden.



Coltre detritica e riporto antropico (sede stradale)

WTG 5 Generatore in progetto

Substrato roccioso da molto alterato ad alterato

Substrato roccioso da poco alterato a sano

Provincia di Savona

Oggetto: **Progetto Parco Eolico Rialto Località: Pian dei Corsi**

Proponente l'opera:
MARCO POLO ENGINEERING S.P.A.
Via XI Settembre n° 37 - 12011 Borgo S. Dalmazzo (CN)
Tel 0171 262348 Fax 0171 262341
www.marcopolo-e.com

Studio geologico:
Studio di geologia
Dott. Geol. Gianni Lepre
Geologia applicata – Idrogeologia
Sondaggi geognostici
Indagini ambientali
Traversa Amoretti n° 7 – 18100 Imperia Tel 0183 272254 Fax 0183 273545 e-mail: glepregeo@gmail.com

Progettista incaricato: Ing. Davide APRILE

N. Disegno: tav11_sez_wtg62012.dwg	*Titolo:* SEZIONE GEOLOGICA INTEPRETATIVA - WTG6
Tavola N: 9 / *Modifica N:* 00	
Scala: 1:500 / *Formato:* A4	
Data: 24/03/2012 / *Disegnatore:* Gianni Lepre	*Note:*

Rev	*Data*	*Disegnat.*	*Descrizione*	*Approv.*

Il presente disegno é di proprietà esclusiva della MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A., non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti senza autorizzazione scritta della MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A.
La MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A. si riserva il diritto di ogni modifica.

We reserve all rights in this document and in the information contained herein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express autority by MARCOPOLO ENGINEERING S.p.A. is strictly forbidden.