

## **RELAZIONE N. 9**

# **RELAZIONE GEOLOGICO-IDROGEOLOGICA E SISMICA PER IL PROGETTO DEFINITIVO DI UN IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA IDROELETTRICA DENOMINATO “MOLINO”**

**INTEGRAZIONI: relazione geologica a supporto delle  
verifiche di stabilità del versante**

**Comune di Marliana-Provincia di Pistoia**

Committente: Cemal Energie Srl

Via Traversa seconda, i.2

55014 Capannori (LU)

Data 19/09/2015

Dott. Geol. Luca Bargagna



# INDICE

Premessa .....	3
1 Modifiche alle opere in progetto .....	3
2 Aspetti geologici, geomorfologici e idrogeologici .....	7
3 La frana di Momigno .....	10
4 Caratterizzazione geotecnica .....	13
5 Modello geotecnico .....	16
6 Verifiche di stabilità .....	17
7 Tagli vegetazionali .....	19
8 Conclusioni.....	21
Documentazione consultata.....	21
Allegati .....	23

## **PREMESSA**

La presente relazione, elaborata a integrazione di quanto contenuto nella Relazione Geologica allegata al progetto, ha lo scopo di illustrare le modifiche apportate al progetto per la realizzazione di un impianto per la produzione di energia idroelettrica denominato "Molino" sul torrente Vincio di Montagnana, nel Comune di Marliana, in provincia di Pistoia e illustrare alcuni aspetti geologici, geomorfologici e idrogeologici dell'area di progetto.

A seguito delle riunioni intercorse con gli enti competenti al rilascio dell'autorizzazione alla realizzazione dell'impianto idroelettrico, è stata inoltre richiesta l'esecuzione in via preliminare delle verifiche di stabilità del versante in corrispondenza di un corpo di frana. Pertanto questa relazione ha anche lo scopo di fornire i parametri geotecnici necessari all'esecuzione delle verifiche di stabilità del versante, finalizzate a confermare la fattibilità del passaggio della condotta di adduzione alla base del corpo di frana che interessa una parte del versante in destra idrografica del Torrente Vincio di Montagnana.

## **1 MODIFICHE ALLE OPERE IN PROGETTO**

Il progetto in esame consiste nella realizzazione di una centralina idroelettrica ad acqua fluente lungo il torrente Vincio di Montagnana ad una quota compresa tra 490,00 (edificio di centrale) e 550,00 metri s.l.m.m. (opera di presa).

A seguito delle conferenze dei servizi istruttorie e delle riunioni intercorse con gli enti competenti al rilascio dell'autorizzazione alla realizzazione dell'impianto è stato richiesto ai proponenti di apportare alcune modifiche alle opere in progetto per andare a diminuirne l'impatto paesaggistico-ambientale.

Di seguito si riporta una descrizione generale delle opere da realizzare con le modifiche apportate. Le opere in progetto consistono sostanzialmente nei seguenti manufatti:

- Nuova opera di captazione "ad acqua fluente" senza bacino di regolazione a monte del ponte carrabile per raggiungere la località "Molino". Le vasche di carico saranno realizzate completamente interrata mentre rimarrà visibile solamente la griglia di captazione da installarsi a monte della briglia esistente.
- Condotta forzata costituita da una tubazione in acciaio interrata al piede della scarpata destra parte in area demaniale e parte in aree private. È previsto un unico attraversamento del torrente, a monte della centrale di produzione, ubicata in sinistra idrografica.

L'attraversamento avverrà a monte di una briglia esistente in modo da proteggere la condotta forzata da fenomeni erosivi.

- Fabbricato di centrale, localizzato in prossimità della sponda sinistra, a valle di una briglia sul torrente Vincio, circa 250 metri in linea d'aria a valle della località "Molino". Anche quest'ultimo sarà realizzato completamente interrato e verrà sostituito il piccolo fabbricato fuori terra con una botola di accesso servo controllata.
- Elettrodotto di connessione alla rete di media tensione. L'impianto di rete sarà realizzato completamente interrato nel tratto di posa della condotta forzata, mentre si renderà necessaria la posa di due nuovi sostegni e la sostituzione di quello esistente in località "Molino". Il progetto prevede la rimozione di un tratto di bassa tensione esistente.

### Opera di presa

La derivazione idrica prevede la realizzazione di una presa a trappola a monte di un briglia esistente in loc. Molino ad una quota di circa 553,00 metri s.l.m.m.. Immediatamente a valle della briglia in sponda destra sarà realizzato il manufatto contenente una griglia del tipo a "coanda" per la filtrazione delle acque, la vasca dissabbiatrice e quella di carico. Questo manufatto sarà realizzato in cemento armato con dimensioni in pianta di circa 9,00 x 2,80 metri e altezza variabile tra i 2,70 e i 4,70 metri. Il manufatto sarà realizzato completamente interrato a bordo torrente (Figura 1-1).

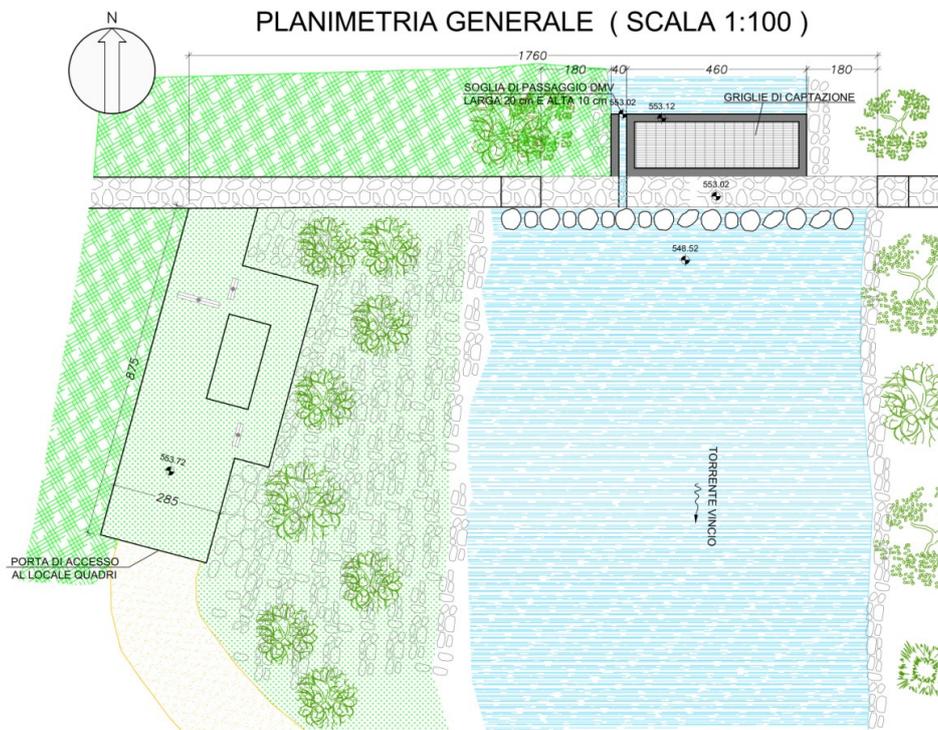


Figura 1-1. Opera di presa di tipo a trappola e manufatto contenente la griglia di filtrazione, la vasca dissabbiatrice e quella di carico in destra idrografica.

## Condotta forzata

L'acqua captata dall'opera di presa viene convogliata nella condotta forzata, completamente interrata, che collega l'opera di presa con il fabbricato di centrale. La condotta, della lunghezza complessiva di circa 375 m, si prevede in acciaio, di diametro 400 mm, rivestita internamente con resine epossidiche ed esternamente con guaina bitumata.

Nel primo tratto, di circa 50 metri, si prevede il posizionamento interrato della condotta a lato della strada comunale esistente, andando a ripristinare al termine delle lavorazioni il manto di asfalto danneggiato dalla posa del tubo. Nella parte rimanente di tracciato, dalla località "Molino" fino al fabbricato di centrale, di circa 335 metri, la condotta sarà interrata su aree private o demaniali in sponda idrografica destra del torrente Vincio. L'unico attraversamento del torrente avverrà subito a monte della penultima briglia sottesa e si rende necessario per raggiungere il fabbricato di centrale collocato in sponda sinistra.

La condotta sarà alloggiata all'interno di uno scavo di forma trapezoidale profondo circa 1.50 m e largo circa 0.8-1.00 m (Figura 1-2).

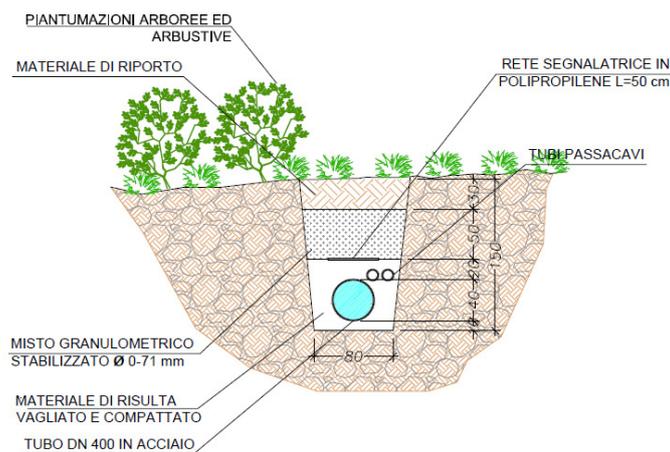


Figura 1-2. Sezione tipo della condotta interrata.

## Fabbricato di centrale

Il fabbricato di centrale, con relativa opera di restituzione delle portate nel torrente, è stato ubicato su sponda orografica sinistra, a valle di una briglia esistente ad una quota di circa 497.00 m s.l.m. (Figura 1-3).

Il locale turbine è stato progettato completamente interrato, per l'accesso verrà utilizzata una botola servocomandata che permette di accedere alla scala di servizio che conduce al piano del gruppo di generazione.

Il locale interrato contenente le turbine presenta dimensioni in pianta di 6.80 m per 5.95 m, ed altezza interna di 3.50 m nel punto più alto, a partire dalla quota di pavimentazione pari a 498.00 m s.l.m. Strutturalmente l'edificio si prevede

realizzato in cemento armato gettato in opera e rivestito in pietra nelle sue poche parti a vista.

Internamente al locale, alla quota 498.50 m s.l.m., verrà alloggiato il gruppo turbina Pelton-generatore, i quadri elettrici ed i quadri di controllo macchine. Al di sotto della turbina si prevede una vasca di scarico di dimensioni interne pari a 5.00 x 3.10 x 1.60 metri di altezza dotata di bocca di scarico costituita da un foro di diametro 600 mm che riconduce le acque nel torrente.

Al fine di evitare fenomeni erosivi locali in alveo in prossimità dello scarico, si prevede venga realizzata in corrispondenza dello stesso una sistemazione locale della sponda di valle e del fondo alveo del torrente con massi di grandi dimensioni.

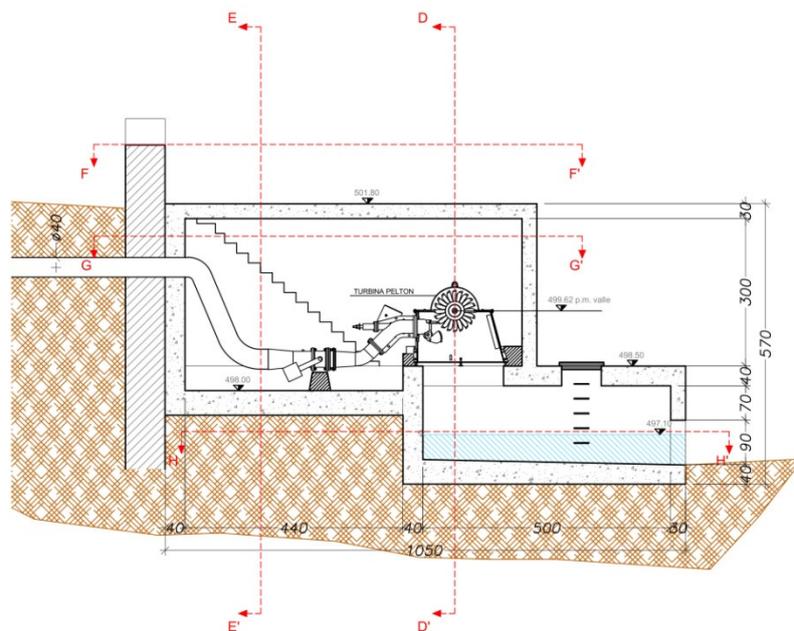


Figura 1-3. Sezione dell'edificio di centrale.

### Elettrodotto di connessione alla rete elettrica nazionale

L'energia prodotta dal generatore verrà convogliata verso l'opera di presa mediante un cavedio interrato all'interno del medesimo scavo utilizzato per la posa della condotta forzata, fino alla Loc. Molino. Da quest'ultima verrà immesso direttamente in rete grazie al potenziamento della linea aerea esistente.

Il primo tratto della linea di media tensione (attraversamento del torrente Vinci) sarà interrato e ricalcherà quello della linea elettrica esistente; successivamente l'elettrodotto diverrà aereo e sarà sostenuto da 4 pali di cui 1 esistente. Si è scelto di proseguire parallelamente alla strada comunale del Molino in quanto essa identifica già un tracciato visibile sia sul posto che dalle foto aeree. L'unico tratto di bosco da tagliare risulterà quindi di circa 40 metri in prossimità della località Case Ciarilli.

L'impianto sarà allacciato alla rete di Enel Distribuzione tramite una nuova trasformazione MT/BT. Tale soluzione prevede la realizzazione delle seguenti opere:

- Armadio stradale di derivazione di dimensioni 180 x 100 x 35 cm;
- Linea in cavo sotterraneo Al 150 mm<sup>2</sup> su strada asfaltata con riempimenti in inerte naturale e ripristini, comprese canalizzazioni e giunzioni per una lunghezza di circa 10 m;
- Linea in cavo aereo Al 35 mm<sup>2</sup>, comprensiva di due sostegni e relativa fondazioni, di lunghezza 215.00 m;
- Nuovo punto di trasformazione su palo o cabina secondaria Microbox;
- Dispositivo di sezionamento motorizzato da palo da installare sulla linea di media tensione aerea esistente in località Case Ciarilli.

## **2 ASPETTI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI E IDROGEOLOGICI**

Da un punto di vista geologico la valle del torrente Vincio di Montagnana è dominata dalla presenza dei depositi della Formazione dell'Arenaria Macigno che costituiscono il substrato roccioso. Si tratta di depositi torbiditici arenacei a componente quarzoso-feldspatica strutturati in banchi di spessore variabile con intercalazioni di strati sottili di argilliti e siltiti. Questa unità è con continuità ricoperta da una coltre detritica e/o da depositi di frana derivanti dai processi di alterazione del substrato roccioso. Il fondovalle del torrente è invece caratterizzato dalla presenza di spessi depositi alluvionali e alluvioni terrazzate costituiti da blocchi, ciottoli anche metrici, ghiaie e sabbie generalmente incoerenti e caotici con clasti eterometrici da arrotondati a sub arrotondati.

Da un punto di vista geomorfologico le aree dove saranno realizzate l'opera di presa e l'edificio di centrale non presentano particolari problematiche in quanto non sono presenti dissesti in atto o incipienti ad eccezione della naturale azione modellante del fiume. In corrispondenza dell'ubicazione dell'edificio di centrale è stato osservato comunque che la coltre detritica di copertura del versante presenta segni di rimobilizzazione seppur di piccola entità.

La realizzazione dei due manufatti (opera di presa ed edificio di centrale), essendo in cemento armato, andrà a migliorare le condizioni di stabilità delle sponde evitando fenomeni di erosione e di scalzamento al piede e quindi anche del versante. L'assenza del manufatto fuori terra presso l'edificio di centrale non modifica l'assetto geologico e geomorfologico dell'area ne tantomeno andrà a compromettere la stabilità del versante. Quest'ultima infatti sarà sostenuta dalla struttura in c.a. realizzata interrata. In merito alla presa a trappola che sarà

realizzata direttamente in alveo, essendo costruita a raso alla stessa quota della briglia, non andrà a creare problemi al naturale deflusso delle acque del torrente.

La condotta di adduzione sarà alloggiata all'interno dei depositi alluvionali presenti al bordo dell'alveo del torrente e nell'ultimo tratto in depositi di versante. In generale lungo tutto il tracciato non sono state evidenziate particolari problematiche tuttavia un tratto della lunghezza di circa 50 m sarà alloggiato alla base di un deposito di frana classificato PF4 dal PAI (Figura 3-1). Questo deposito è lo stesso che interessa il versante sul quale sorge l'abitato di Momigno e il cui piede si assesta lungo il corso del Torrente Vincio di Montagnana nel tratto in cui dovrà passare la condotta di adduzione.

Questo fenomeno franoso può essere messo in relazione sia alla marcata inclinazione del versante sia all'imbibimento delle masse detritiche a seguito di piogge prolungate. Si ritiene tuttavia che tale fenomeno franoso, come molti altri della zona, sia principalmente legato all'attività erosiva del torrente che ha inciso profondamente la valle attraverso fenomeni di scalzamento al piede del versante. **A seguito del sopralluogo è stato verificato che attualmente sul corpo di frana non sono presenti segni di movimento in atto o incipienti, il deposito sembra aver raggiunto un certo equilibrio al punto che è ricoperto con continuità da vegetazione erbacea ed arbustiva e da alberi bene sviluppati.** Attualmente la presenza di una piccola piana inondabile protegge il piede della frana da fenomeni di erosione da parte del torrente.

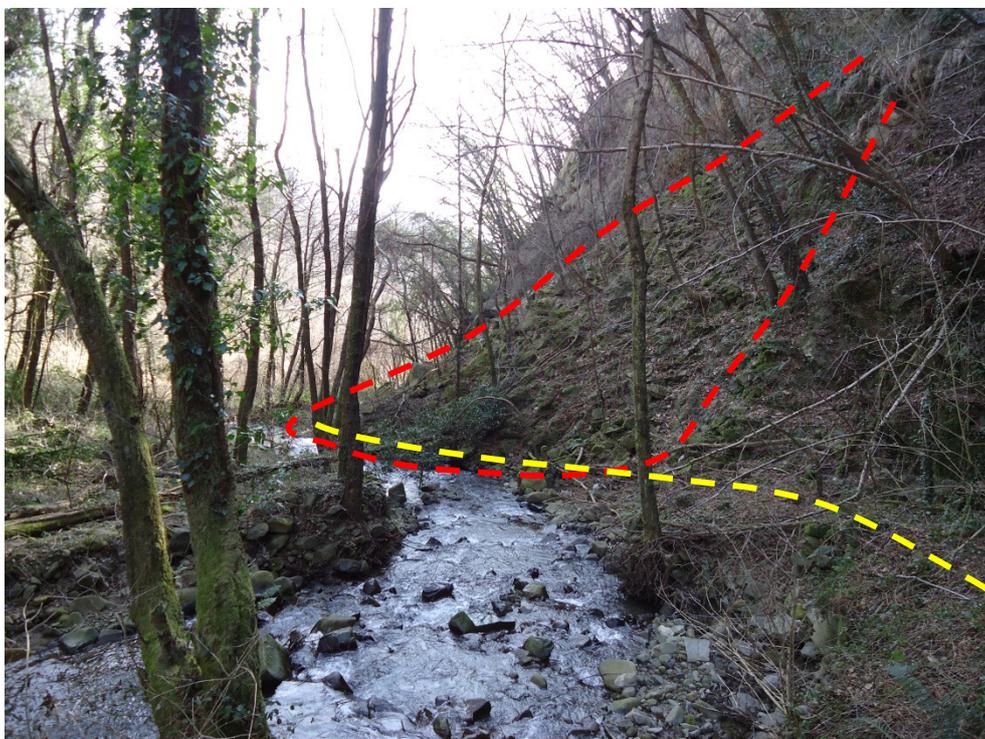


Figura 2-1. Frana di crollo (in rosso) lungo il corso del torrente. In giallo il tracciato della condotta.

Superato questo tratto il sopralluogo ha messo in evidenza la presenza di un deposito di frana di crollo, non riportato nella cartografia del PAI, che si è distaccato dalla scarpata rocciosa che delimita l'alveo (Figura 2-1).

Questo deposito, costituito da grossi blocchi di arenaria, sembra aver raggiunto da tempo un certo equilibrio visto che è disseminato di alberi. Inoltre per via della natura grossolana dei blocchi non è soggetto ad effetti di scalzamento al piede da parte del torrente al punto che la sua presenza ha modificato il corso del torrente indirizzando l'energia fluviale verso la sponda sinistra che attualmente si trova in una situazione di erosione.

La condotta sarà posizionata alla sua base e sarà ricoperta di terra e grossi blocchi a protezione dagli eventi erosivi del torrente.

Il sopralluogo ha evidenziato che il tratto di alveo compreso tra i due corpi di frana presenta fenomeni erosivi delle sponde (Figura 4-2).

A seguito della messa in opera della condotta si suggerisce di realizzare lungo tutto questo tratto una scogliera in pietrame che protegga non solo la condotta stessa ma anche il versante da fenomeni di erosione del fiume aumentando la sicurezza geostatica del versante.

Durante l'esecuzione dei lavori si dovrà inoltre prestare particolare attenzione ad eventuali disingaggi di blocchi dalla parete rocciosa e mettere in opera le opportune tecniche di difesa attiva e passiva dal rischio di caduta massi. Al momento non si può escludere che in corso d'opera sia necessario utilizzare delle opere provvisorie per la stabilizzazione del versante al fine di eseguire i lavori in tutta sicurezza.

Di seguito si riporta una sintesi dei risultati inerenti la realizzazione della scogliera per i dettagli della quale si rimanda a quanto contenuto nella Relazione n. 11.

L'analisi della stabilità del materiale costituente la scogliera in massi ciclopici è svolta secondo la seguente procedura:

- definizione dei parametri idraulici di interesse;
- caratterizzazione del materiale e verifica della sua stabilità nella situazione di progetto;
- individuazione del peso del masso in equilibrio limite con evento di piena  $T_r=200$  anni.

In riferimento alle sezioni utilizzate nel modello idraulico, poiché il FS di sponda calcolato è nel caso più critico (sezione 110) di poco superiore all'unità, tale diametro di calcolo corrisponde di fatto al diametro dei massi in equilibrio limite.

Il diametro stabile è quindi pari a 0.80 m e comporta un volume teorico di un masso pari a:

$$V = 0.8 \times d^3 = 0.41 \text{ m}^3$$

a cui corrisponde un peso del masso di circa 983 kg.

Nel caso si richieda l'utilizzo di massi di peso inferiore, sarà necessario realizzare una scogliera cementata.

**Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici, la realizzazione delle opere non andrà a modificare in modo sostanziale la circolazione idrica superficiale e sotterranea** in virtù del fatto che le opere a diretto contatto con il torrente saranno realizzate in depositi alluvionali dalle buone caratteristiche di permeabilità. Tuttavia poiché i lavori saranno eseguiti nelle immediate vicinanze del torrente, è opportuno durante la fase di cantiere, adottare le appropriate attenzioni al fine di tutelare la qualità delle acque, utilizzando macchine revisionate e in perfetta efficienza in modo da evitare qualsiasi tipo di sversamento accidentale.

Durante la fase di cantiere si suggerisce di realizzare gli scavi per tratti successivi della minore lunghezza possibile e di predisporre un sistema di pompaggio al fine di allontanare eventuali ristagni di acqua dagli scavi. Inoltre è buona norma eseguire i lavori durante la stagione asciutta quando le precipitazioni sono scarse e il livello del fiume minimo.

Anche l'apertura degli scavi dovrà essere ridotta al minimo al fine di evitare il rilassamento delle pareti e/o del fondo e l'infiltrazione delle acque.

In molti tratti il torrente è delimitato da pareti verticali in roccia alla base delle quali dovranno essere eseguiti i lavori di scavo per la posa della condotta di adduzione. In fase esecutiva, per ogni tratto, dovrà essere valutato attentamente il grado di alterazione del versante e dovranno essere adottate le migliori tecniche di difesa attiva e passiva dal rischio di caduta massi. Se ritenuto necessario si dovrà prevedere il disaggio preventivo dei blocchi rocciosi instabili in modo da garantire la sicurezza delle maestranze.

### **3 LA FRANA DI MOMIGNO**

Un tratto della lunghezza di circa 50 m della condotta di adduzione sarà alloggiato alla base di un deposito di frana classificato PF4 dal PAI (Figura 3-1). Questo deposito è lo stesso che interessa il versante sul quale sorge l'abitato di Momigno e il cui piede si assesta lungo il corso del Torrente Vincio di Montagnana nel tratto in cui dovrà passare la condotta di adduzione.

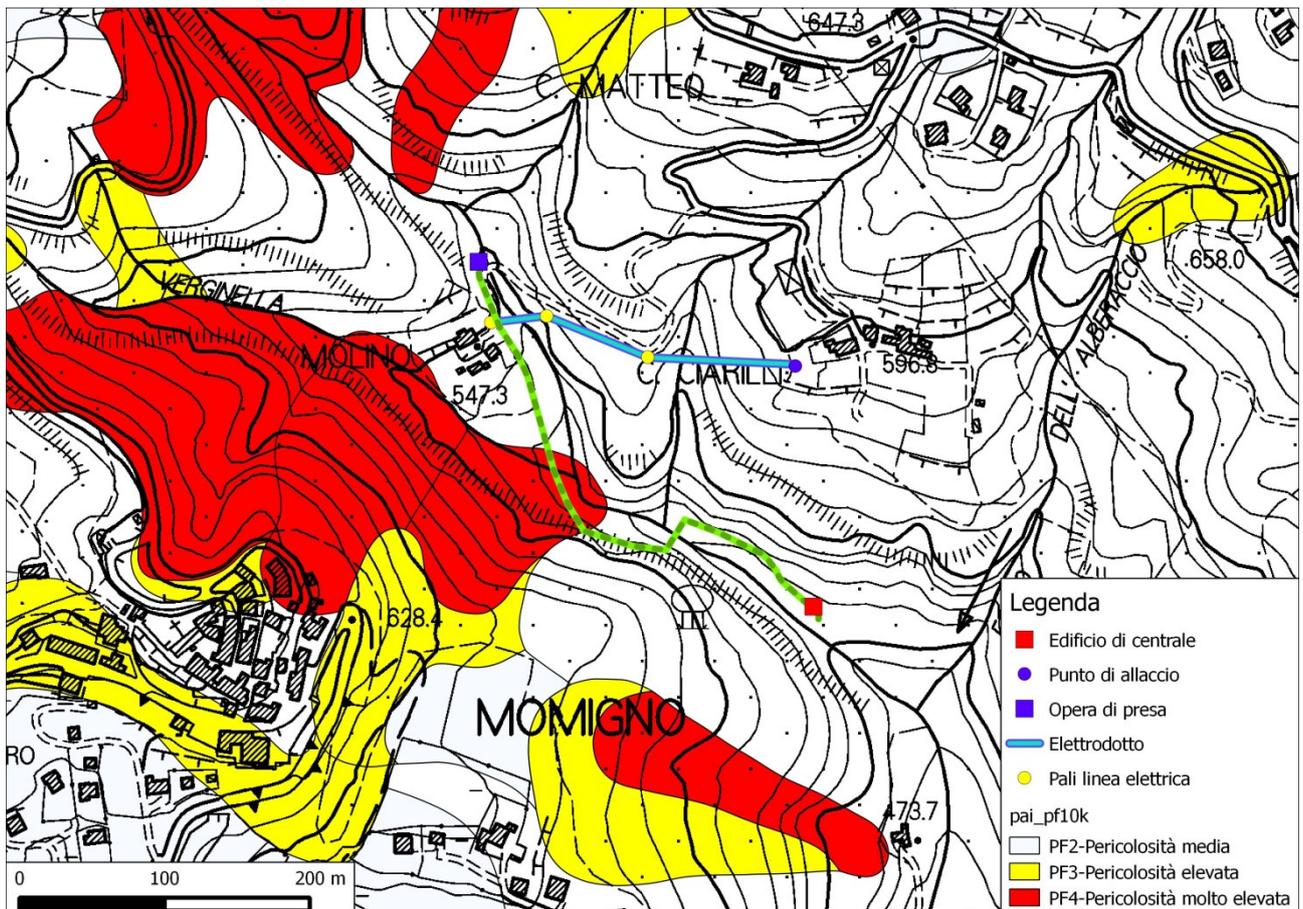
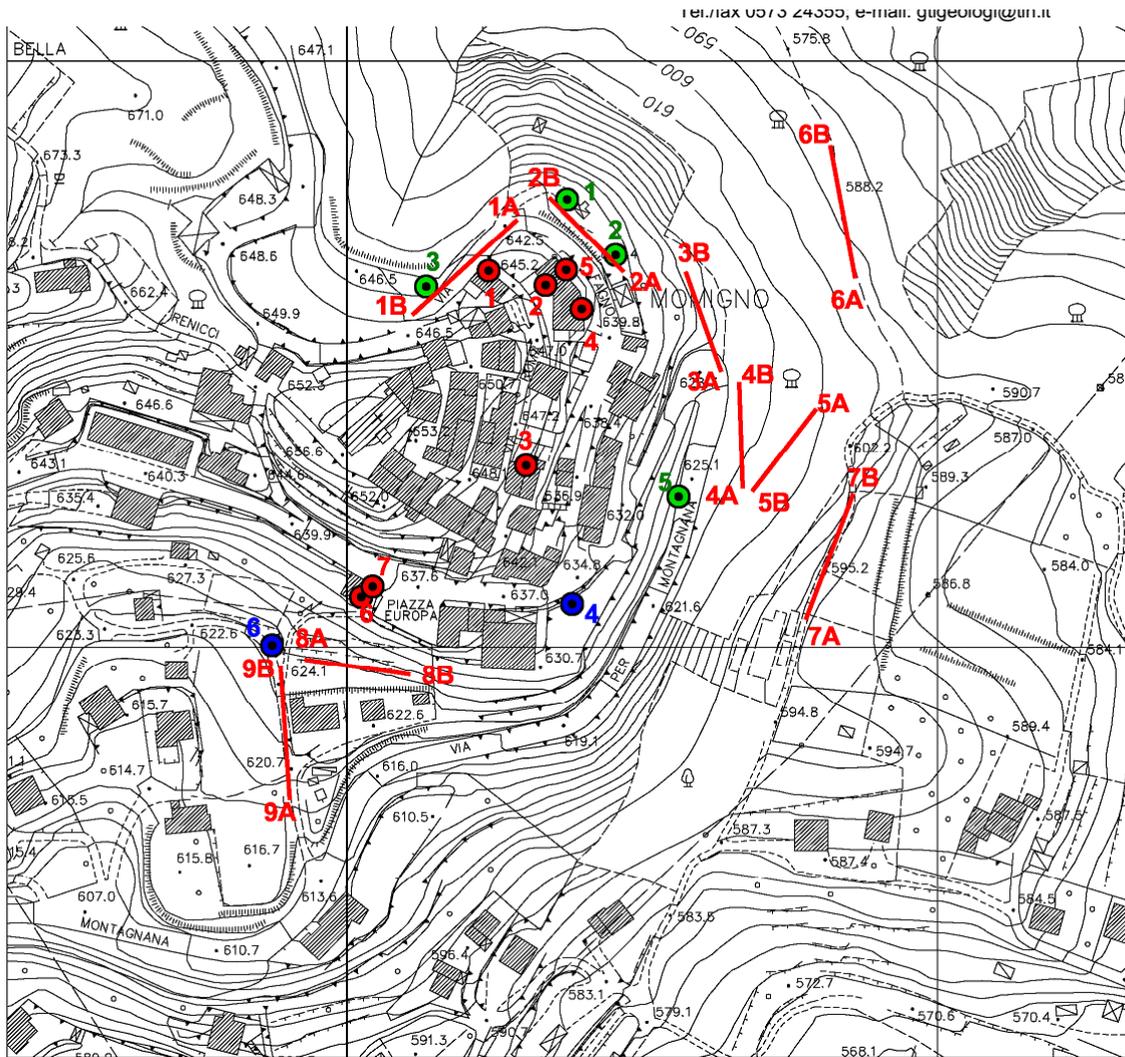


Figura 3-1. Stralcio della carta delle aree a pericolosità per frana del PAI del Bacino dell'Arno.

**L'evoluzione di questo deposito è stato studiato attraverso una apposita campagna di monitoraggio svoltasi dal 2008 al 2010 e riportata negli elaborati del PS del Comune di Momignio nella relazione "Allegato G3-Monitoraggio dell'area classificata P.F.4 dal PAI, nei dintorni del centro abitato di Momignio (2010)" e alla quale si rimanda per una analisi di dettaglio.**

Secondo questo documento il movimento franoso è stato monitorato attraverso l'esecuzione di (Figura 3-2):

- n. 6 sondaggi meccanici dei quali 4 sono stati attrezzati con inclinometro e i restanti 2 adibiti a piezometro ;
- n. 27 prove SPT;
- n. 8 profili di sismica a rifrazione;
- n. 7 fessurimetri per il monitoraggio delle lesioni presenti su alcuni edifici.



- 1A      1B
- Linee sismiche
- 1 ● Fessurimetri
- 4 ● Piezometri
- 3 ● Inclinometri

Scala 1:2000

### UBICAZIONE PROSPEZIONI

Figura 3-2. Ubicazione delle indagini finalizzate al monitoraggio del fenomeno franoso che interessa l'abitato di Momigno (Allegato G3-Monitoraggio dell'area classificata P.F.4 dal PAI, nei dintorni del centro abitato di Momigno (2010)).

Nelle conclusioni del Rapporto si riporta che:

*“Caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo. Da un punto di vista litostratigrafico il versante è costituito da arenarie stratificate con giacitura favorevole alla stabilità generale che affiorano direttamente in superficie alla base del centro abitato;*

*Fessurimetri.* La maggior parte dei fessurimetri posti in opera non ha registrato spostamenti significativi, tranne il fessurimetro n°5. Tenendo conto dei risultati delle misure inclinometriche si ritiene che il quadro fessurativo che interessa tali manufatti, abbia origini indipendenti dalla stabilità delle pendici;

*Inclinometri.* Il controllo degli spostamenti, prolungato per 2 anni come da incarico, non ha rilevato movimenti significativi, eccetto le ultime misure dell'inclinometro n° 4. Gli spostamenti rilevati indicherebbero un movimento di tutta la pendice, fino alla profondità di circa 18 m dal piano di campagna, senza, però, che vi siano segni evidenti sui manufatti posti immediatamente a monte.

## 4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

I sondaggi eseguiti per il monitoraggio (Piano Strutturale del Comune di Marliana) hanno raggiunto profondità comprese tra 15 e 24 m pc (Tabella 4-1, Figura 4-1) e in generale hanno tutti mostrato una copertura detritica di spessore variabile posta sopra un substrato litoide alterato che passa andando in profondità ad un substrato non alterato (ALLEGATO 1).

All'interno di ogni sondaggio sono state eseguite una serie di prove SPT (27 in totale) al fine di caratterizzare da un punto di vista geotecnico le unità di sottosuolo (Tabella 4-2).

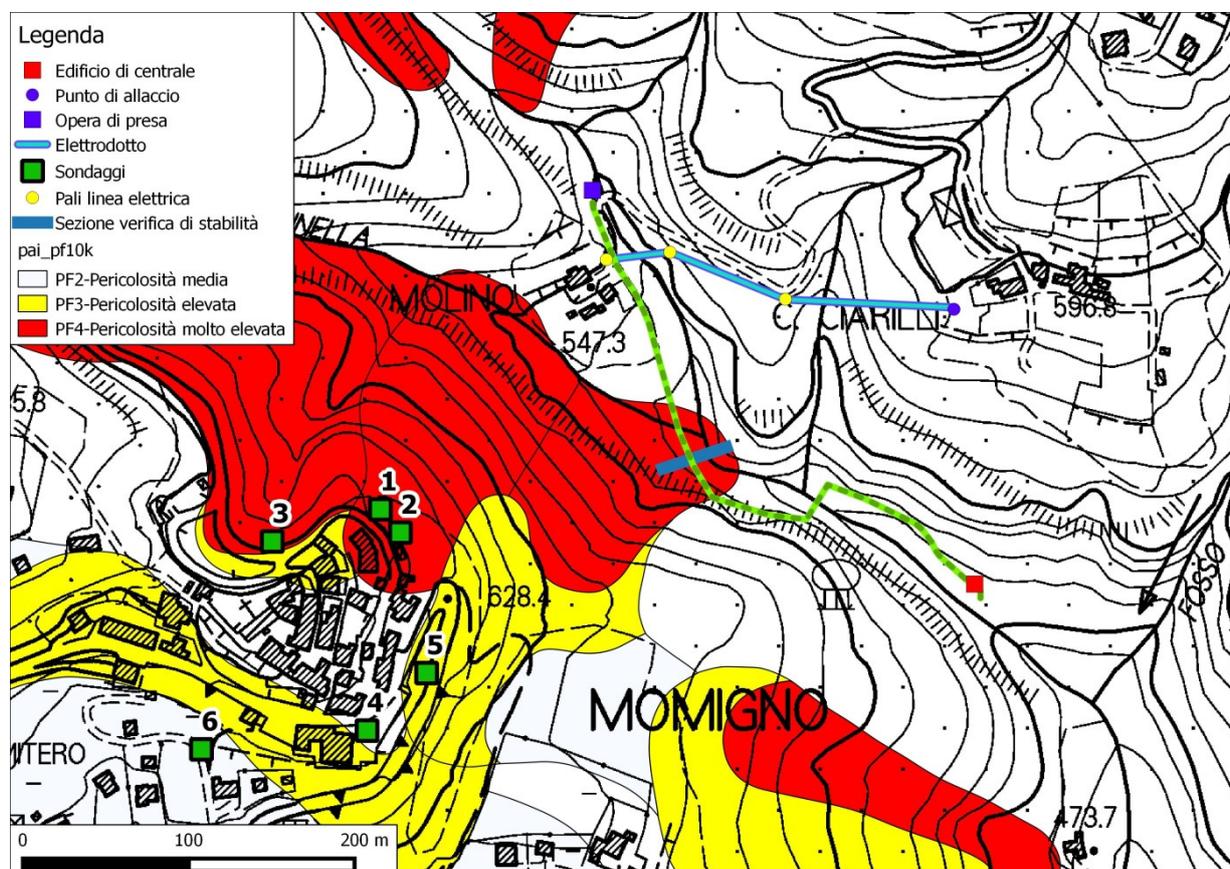


Figura 4-1. Ubicazione della sezione lungo la quale sono state effettuate le verifiche di stabilità.

SONDAGGIO N°	PROFONDITÀ	
1	19,00	Inclinometro
2	19,00	Inclinometro
3	24,00	Inclinometro
4	20,00	Piezometro
5	20,00	Inclinometro
6	15,80	Piezometro

Tabella 4-1. Sondaggi eseguiti per il monitoraggio della frana (Piano Strutturale del Comune di Marliana).

SONDAGGIO N°	PROFONDITÀ	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> +N <sub>3</sub>
1	2,00 – 2,50	7	8	10	18
	5,00 – 5,50	3	8	13	21
	7,50 – 8,00	18	33	34	67
	10,50 – 11,00	13	18	17	35
	13,50 – 14,00	28	43	R	R
2	2,50 – 3,00	3	5	8	13
	4,50 – 5,00	4	5	7	12
	6,50 – 7,00	3	3	7	10
	9,00 – 9,50	11	13	21	34
	12,00 – 12,50	21	33	37	70
3	3,00 – 3,50	6	8	8	16
	5,00 – 5,50	3	3	7	10
	7,00 – 7,50	2	5	9	14
	10,00 – 10,50	13	25	33	58
4	1,50 – 2,00	1	2	3	5
	4,50 – 5,00	12	15	18	33
	8,00 – 8,50	22	35	37	72
	12,00 – 12,50	25	33	41	74
	15,00 – 15,50	33	R	R	R
5	2,00 – 2,50	8	10	13	23
	4,50 – 5,00	21	33	31	64
	8,00 – 8,50	13	15	16	31
	12,00 – 12,50	23	36	38	74
6	2,00 – 2,50	13	24	44	68
	4,00 – 4,50	12	11	13	24
	6,00 – 6,50	21	25	33	58
	8,50 – 9,00	30	R	R	R

Tabella 4-2. Prove SPT per ogni sondaggio (Piano Strutturale del Comune di Marliana).

Nella Tabella 4-3 si riportano i valori dei parametri geotecnici ricavati dalle prove.

SONDAGGIO N°	PROVA N°	CONSISTENZA	$\gamma$ t/m <sup>3</sup>	$c_u$ t/m <sup>2</sup>	$D_r$ %	$\varphi$ °)
<b>1</b>	<b>1</b>	Incoerente	1,80	0	40 - 60	35 - 40
	<b>2</b>	Incoerente	1,75	0	40 - 60	35° - 40°
	<b>3</b>	Incoerente	1,85	0	>80	>45
	<b>4</b>	Incoerente	1,85	0	60 - 80	40 - 45
	<b>5</b>	Incoerente	2,00	0	>80	>45
<b>2</b>	<b>1</b>	Incoerente	1,75	0	40 - 60	35 - 40
	<b>2</b>	Incoerente	1,75	0	40 - 60	35 - 40
	<b>3</b>	Incoerente	1,75	0	20 - 40	30 - 35°
	<b>4</b>	Incoerente	1,85	0	60 - 80	40 - 45
	<b>5</b>	Incoerente	2,00	0	>80	>45
<b>3</b>	<b>1</b>	Incoerente	1,75	0	40 - 60	35 - 40
	<b>2</b>	Incoerente	1,75	0	20 - 40	30 - 35
	<b>3</b>	Incoerente	1,75	0	40 - 60	35 - 40
	<b>4</b>	Incoerente	2,00	0	>80	>45
<b>4</b>	<b>1</b>	Incoerente	1,70	0	20 - 40	30 - 35
	<b>2</b>	Incoerente	1,85	0	60 - 80	40 - 45
	<b>3</b>	Incoerente	2,00	0	>80	> 45
	<b>4</b>	Incoerente	2,00	0	>80	>45
	<b>5</b>	Incoerente	2,00	0	>80	>45
<b>5</b>	<b>1</b>	Incoerente	1,85	0	40 - 60	35 - 40
	<b>2</b>	Incoerente	2,00	0	>80	>45
	<b>3</b>	Incoerente	1,85	0	60 - 80	40 - 45
	<b>4</b>	Incoerente	2,00	0	>80	>45
<b>6</b>	<b>1</b>	Incoerente	2,00	0	>80	>45
	<b>2</b>	Incoerente	1,85	0	40 - 60	35 - 40
	<b>3</b>	Incoerente	2,00	0	>80	>45
	<b>4</b>	Incoerente	2,00	0	>80	>45

Tabella 4-3. Parametri geotecnici ricavati dalle prove SPT ( $\gamma$ -peso di volume,  $c_u$ -coesione,  $D_r$ -densità relativa,  $\varphi$ -angolo d'attrito interno).

Al fine della presente relazione e di quanto contenuto nella descrizione dei sondaggi presenti nella relazione "Allegato G3-Monitoraggio dell'area classificata P.F.4 dal PAI, nei dintorni del centro abitato di Momigno (2010)", si è ritenuto opportuno utilizzare soltanto i dati derivati dai sondaggi 1 e 2 al fine di caratterizzare almeno in via preliminare il corpo di frana.

Si deve precisare che attualmente la presenza di una piccola piana inondabile protegge il piede della frana da fenomeni di erosione da parte del torrente (Figura 4-2).

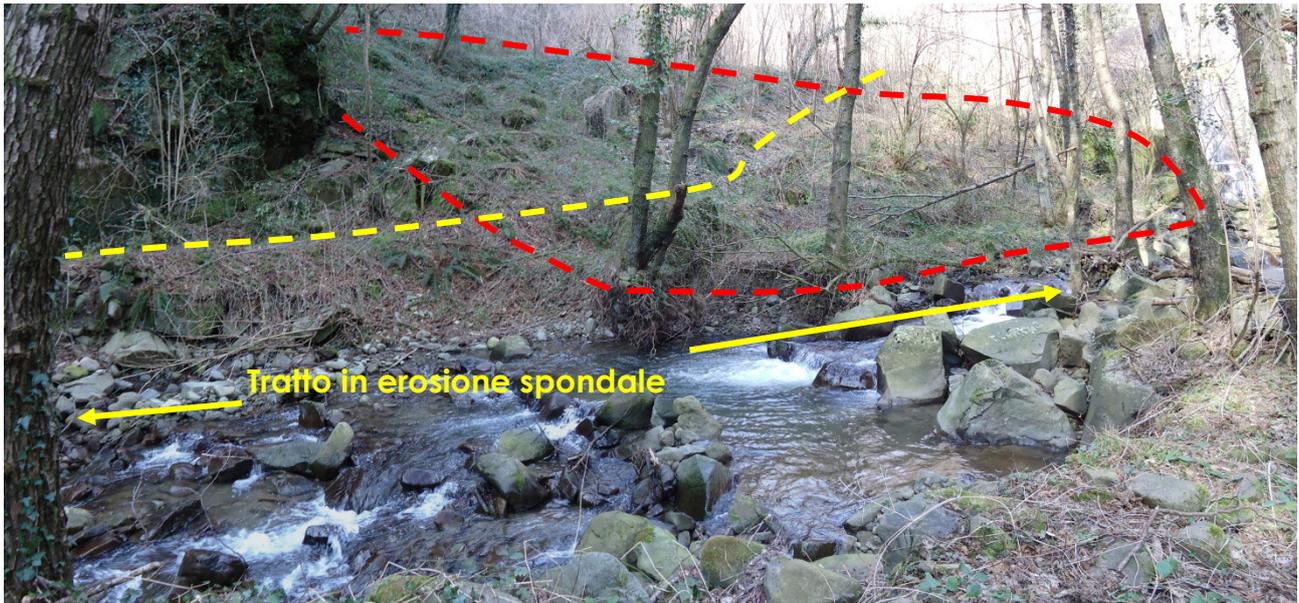


Figura 4-2. Ubicazione della condotta (in giallo) rispetto al corpo di frana (in rosso)

## 5 MODELLO GEOTECNICO

Sulla base dei risultati delle indagini geognostiche eseguite per il monitoraggio del corpo di frana e da quanto emerso durante i sopralluoghi è stato possibile delineare un modello geotecnico preliminare per il versante lungo il quale sarà posta la condotta di adduzione (ALLEGATO 2).

Inoltre sulla base di quanto contenuto nella Tabella 4-3 e considerando che rispetto alla ubicazione dei sondaggi le verifiche saranno eseguite su un deposito che ha subito una mobilitazione lungo il versante di una certa importanza, per l'esecuzione delle verifiche di stabilità si possono adottare in via cautelativa i parametri di Tabella 5-1.

Litotipo	$\Phi$ (°)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'$ (kPa)
Depositi detritici (deposito di frana)	32	17-18	15
Depositi alluvionali	35	18-20	10

Tabella 5-1. Parametri geotecnici ( $\Phi$ : angolo di attrito interno,  $\gamma_{sat}$ : peso di volume,  $c'$ : coesione drenata).

La schematizzazione proposta nella sezione geologica allegata alla presente relazione (ALLEGATO 2) così come i parametri geotecnici di Tabella 5-1 rappresentano un primo modello di riferimento per l'esecuzione delle verifiche di stabilità al fine di stabilire in via preliminare la fattibilità delle opere rispetto al corpo di frana.

Una caratterizzazione più precisa potrà essere fornita solo al momento del progetto esecutivo a seguito dei risultati delle indagini geognostiche e geofisiche che si consiglia di prevedere per la realizzazione delle opere.

## 6 VERIFICHE DI STABILITÀ

Il modello geotecnico è stato utilizzato per verificare la stabilità del corpo di frana a seguito degli interventi programmati.

Le verifiche eseguite e riportate nella Relazione n. 10 e alla quale si rimanda per i dettagli, mostrano come sia allo stato attuale sia a quello di progetto il versante risulti stabile. Infatti risulta che:

- nel caso dello stato attuale in condizioni di elevatissima piovosità il valore del Fattore di sicurezza (FS) risulta di 1,40 (Figura 6-1);
- nel caso dello stato attuale in condizioni sismiche il valore del Fattore di sicurezza (FS) risulta di 1,52 (Figura 6-2);
- nel caso dello stato di progetto in condizioni di elevatissima piovosità il valore del Fattore di sicurezza (FS) risulta di 1,01 (Figura 6-3);
- nel caso dello stato di progetto in condizioni sismiche il valore del Fattore di sicurezza (FS) risulta di 1,11 (Figura 6-4);

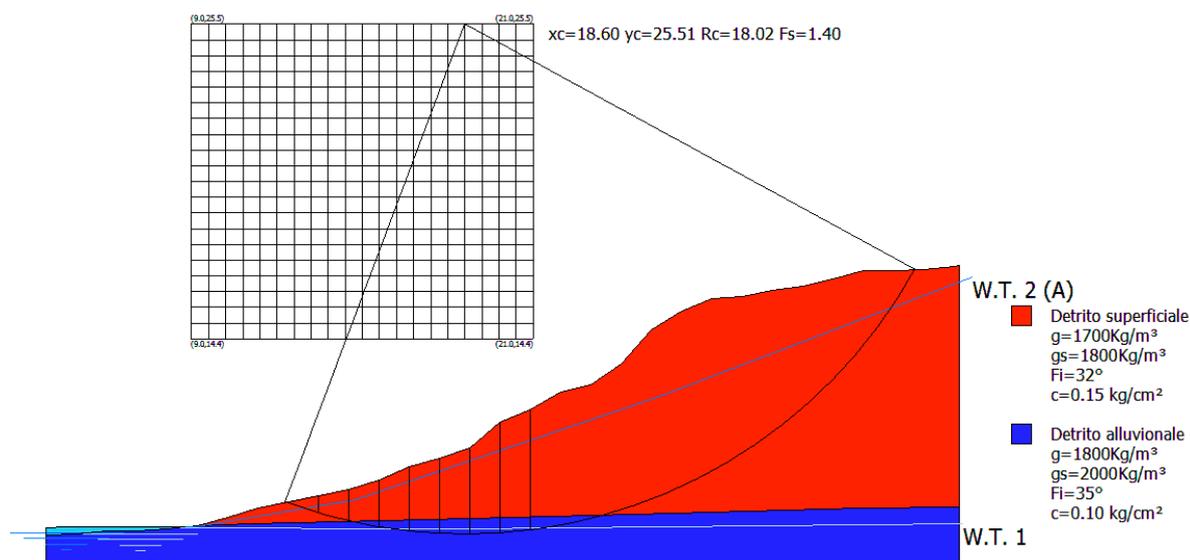


Figura 6-1. Verifiche allo stato attuale in condizioni di elevatissima piovosità (superficie con FS minimo).

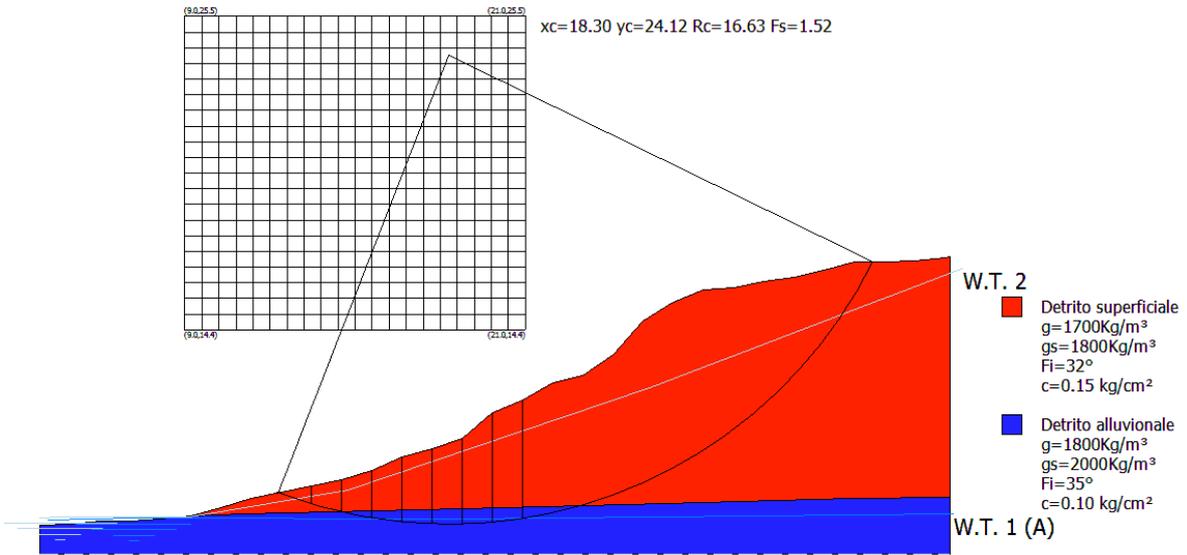


Figura 6-2. Verifica allo stato attuale in condizione sismiche (superficie con FS minimo).

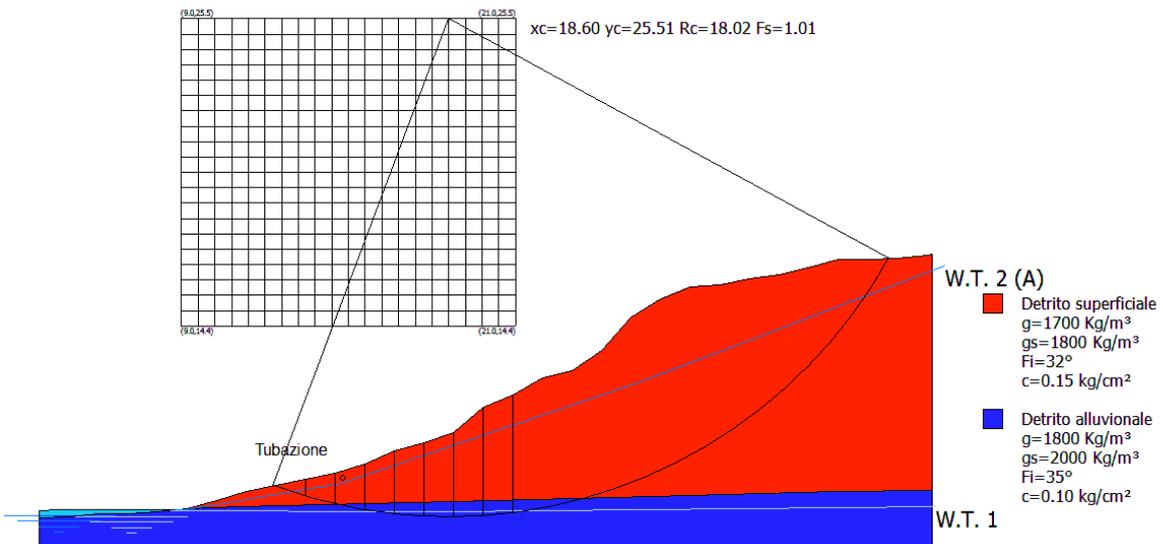


Figura 6-3. Verifica di stabilità allo stato di progetto in condizioni di elevatissima piovosità (superficie con FS minimo).

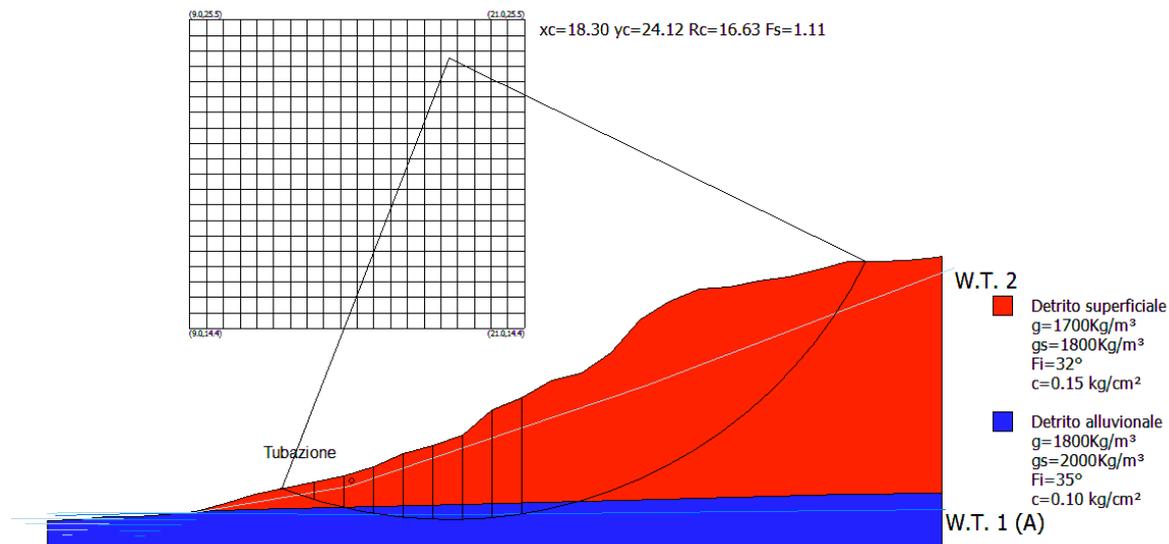


Figura 6-4. Verifica di stabilità allo stato di progetto in condizioni sismiche (superficie con FS minimo)

## 7 TAGLI VEGETAZIONALI

Per la realizzazione dell'impianto in progetto è previsto l'utilizzo in parte di strade comunali asfaltate, in parte di piste sterrate esistenti di proprietà demaniale o vicinale, di cui si riporta il tracciato nella Figura 7-1. La maggior parte delle piste e delle strade esistenti si trovano attualmente in buono stato di conservazione, tale da non necessitare una loro preparazione per l'utilizzo a pista di cantiere. Inoltre non è prevista la creazione di nuove strade di accesso alle aree di cantiere.

Nella Figura 7-1, stralcio della tavola 11 di progetto, è stata individuata in marrone chiaro la strada comunale utilizzata per l'accesso alle aree di cantiere, in verde la pista utilizzata per la posa della condotta forzata. La prima, sarà utilizzata per l'accesso degli operai con automezzi leggeri (max 3,5 t); la seconda, sarà utilizzata per il transito di tutti i mezzi necessari nella fase di cantiere per la posa della condotta forzata e la realizzazione della centrale di produzione. Tuttavia si sottolinea come le dimensioni esigue della condotta forzata ed i conseguenti ridotti scavi non richiedano l'utilizzo di mezzi pesanti.

Durante l'intera durata dei lavori, Cemal Srl provvederà a mantenere in buono stato di conservazione tali piste; mentre, al termine dei lavori, verrà effettuata una sistemazione finale tale da ripristinare interamente lo stato dei luoghi preesistente.

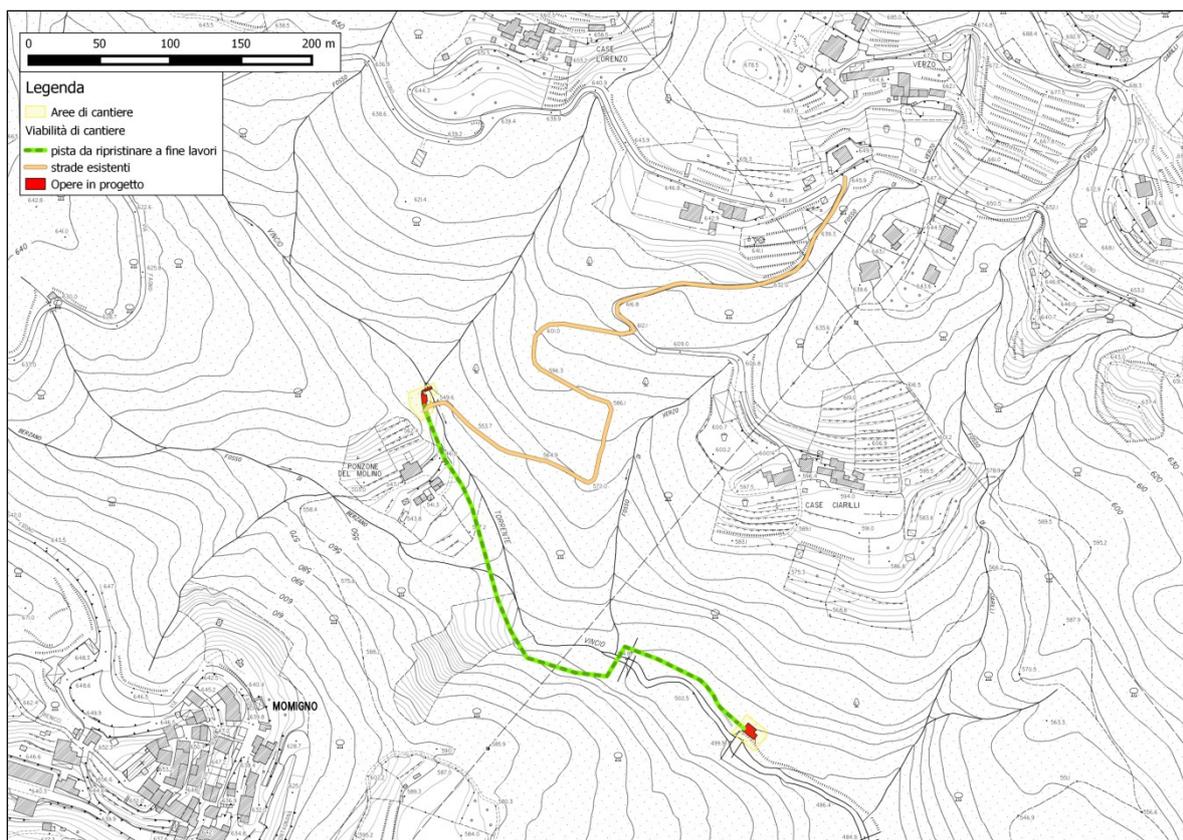


Figura 7-1. Viabilità di cantiere.

Le opere in progetto, benché realizzate quasi interamente in aree boscate sono state studiate in modo tale da interessare il numero minore possibile di essenze arboree e arbustive. Tuttavia si stima la necessità dell'asportazione di alcune piante, quantificate nella Tabella 7-1 sulla base dei sopralluoghi effettuati.

Specie	Numero	Percentuale
<i>Rubus Caesius</i>	20	50%
<i>Robinia pseudoacacia</i>	15	38%
<i>Alnus glutinosa</i>	5	12%
TOTALI	40	100%

Tabella 7-1. Specie arboree da asportare per l'esecuzione dei lavori.

Per l'opera di rinaturazione si provvederà alla semina, manualmente o meccanicamente, secondo l'opportunità, con l'utilizzo di sementi erbacee selezionate, in miscuglio, sparse in ragione di 10/50 g/m<sup>2</sup>.

Il miscuglio potrà essere differenziato seconda la situazione pedologica ed il grado di acclività del singolo sito di intervento. Al di là di ogni possibile programmazione, molte specie si inseriranno poi presto spontaneamente nel sistema ecologico ricostruito. Non si ritiene possano necessitare, infine, interventi

generalizzati di riqualificazione pedologica, quali fertilizzazioni artificiali, essendo lo stato del suolo già all'oggi soddisfacente.

Vista la prossimità al fiume dell'area interessata, le entità arbustive ed arboree utilizzate saranno riferibili, dal punto di vista vegetazionale, alle "boscaglie e cespuglietti igrofilo, ripariali e d'alveo", ovvero le tipiche associazioni della zona di estremo fondovalle, la più prossima all'alveo bagnato. Esse sono tipicamente composte da ontani (*alnus glutinosa*), acacie (*robinia pseudoacacia*) e rovi (*rubus caesius*).

In buona sostanza, per l'opera di rinaturazione si provvederà all'impianto di un certo numero di talee o giovani piante arboree ed arbustive, nonché alla eventuale semina di piante erbacee. In ogni caso, si tratterà di specie componenti la flora caratterizzante le tipologie consociative vegetazionali previste, scelte, nei limiti del possibile, con preciso riferimento ai genotipi locali. Le densità di impianto saranno di 1 pianta ogni 5 m<sup>2</sup> per le specie arboree e di 1 pianta ogni 10 m<sup>2</sup> per le specie arbustive.

## 8 CONCLUSIONI

**Sulla base di quanto esposto nella presente relazione l'intervento risulta fattibile e le aree studiate posso essere considerate idonee alla realizzazione dell'intervento. Tuttavia in fase esecutiva, dovrà essere prevista una campagna di indagini geognostiche finalizzata alla valutazione diretta della stratigrafia e delle caratteristiche geotecniche dei terreni dove andranno ad imporsi le opere.** I dati acquisiti serviranno per effettuare le verifiche dei cedimenti e per il calcolo della capacità portante dei terreni, della stabilità dei fronti di scavo e dei versanti, e se necessario per la verifica alla liquefazione. Inoltre, come richiesto dal Decreto del Ministero delle infrastrutture del 14 Gennaio 2008 n 1401, si dovrà effettuare una campagna di indagini geofisiche in modo da definire correttamente lo spessore e la velocità dei litotipi sepolti. A seguito delle indagini geognostiche puntuali si potranno avere anche informazioni circa la presenza e la profondità di eventuali falde.

## DOCUMENTAZIONE CONSULTATA

Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Arno. Autorità di Bacino del Fiume Arno (2002).

Piano Strutturale del Comune di Marliana (2011).

Variante generale al Piano Strutturale e al Regolamento Urbanistico del Comune di Marliana (2011): Relazione di fattibilità geologica.

Variante generale al Piano Strutturale e al Regolamento Urbanistico del Comune di Marliana (2011): Allegato G3-Monitoraggio dell'area classificata P.F.4 dal PAI, nei dintorni del centro abitato di Momigno (2010)

# ALLEGATI

# ALLEGATO 1

Studio Associato GTI – Geologia Tecnica, Ripa Castel Traetti, 1 – 51100 PISTOIA  
Tel./fax 0573 24355; e-mail: [gtigeologi@tin.it](mailto:gtigeologi@tin.it)



**COMUNE DI MARLIANA**

**STUDIO GEOLOGICO – TECNICO L'AREA  
CLASSIFICATA P.F.4 DAL P.A.I. , NEI DINTORNI  
DELLA LOCALITÀ  
MOMIGNO**

**RAPPORTO PRELIMINARE  
APPENDICE**

**Sondaggi meccanici**

- a) - Colonne stratigrafiche**
- b) - Documentazione fotografica**

Pistoia 28 luglio 2008

Geol. Giorgio MATASSI

**GT**  
GEOLOGIA  
TECNICA

**STUDIO TECNICO ASSOCIATO**

geologi:  
**BERNARDI - CAPECCHI - MATASSI**

Codice Fiscale 01000890473

*Sede legale:*

Ripa Castel Traetti, 1  
Tel. (0573) 24.355  
51100 Pistoia

a) - Colonne stratigrafiche

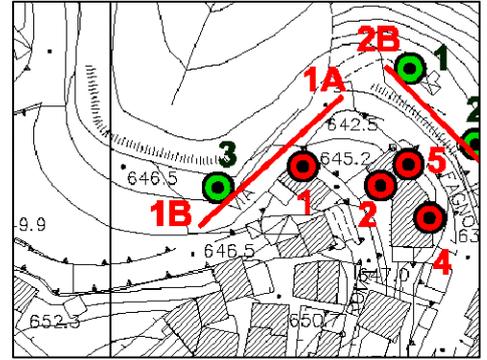






**STUDIO TECNICO ASSOCIATO**  
 geologi:  
**BERNARDI-CAPECCHI-MATASSI**  
 Codice Fiscale 01000890473

Sede legale:  
 Ripa Castel Traetti,1  
 51100 - PISTOIA  
 tel 057324355



DATA PERFORAZIONE: 16 giugno 2008	
COMMITTENTE: Comune di Marliana	
CANTIERE: Momigno	
PERFORAZIONE: 3/1	SCALA GRAFICA: 1 : 100
SCOPO DELL'INDAGINE: Zona PF4 - INCLINOMETRO	
PROFONDITA' (m): 24.00	

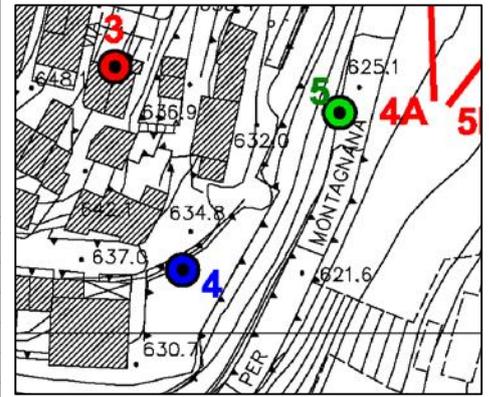
Profondità dal p.c. (m)	STRATIGRAFIA		PERCENTUALE DI RECUPERO	SPT			VANE TEST Kg/cmq	POCKET PENETR. Kg/cmq	NOTE
	Simbolo grafico	Descrizione litologica		50 %					
				N1	N2	N3			
0.00									
1.20		materiali eterogenei di riporto							
4.30		sabbia argillosa gialla con clasti eterogenei, probabili materiali di riporto		6	8	8			SPT 3.00m
6.50		vecchio terreno boschivo: sabbia argillosa marrone con resti vegetali e clasti millimetrici		3	3	7			SPT 5.00m
7.80		livello di alterazione del substrato stratificato		2	5	9			SPT 7.00m
10.60		arenaria in strati centimetrici, molto fratturata		13	25	33			SPT10.00m
11.50		siltiti in strati sottili, molto fratturate							
13.30		arenaria grossolana in strati decimetrici alternata a siltiti, molto fratturata							
20.00		arenaria in strati decimetrici, con tratti molto fratturati alternata a siltiti							





**STUDIO TECNICO ASSOCIATO**  
 geologi:  
**BERNARDI-CAPECCHI-MATASSI**  
 Codice Fiscale 01000890473

Sede legale:  
 Ripa Castel Traetti,1  
 51100 - PISTOIA  
 tel 057324355



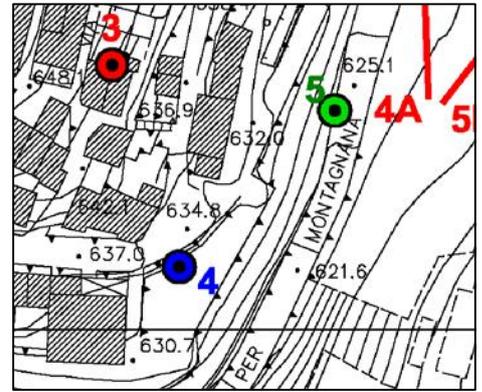
DATA PERFORAZIONE: 18 giugno 2008	
COMMITTENTE: Comune di Marliana	
CANTIERE: Momigno	
PERFORAZIONE: 4	SCALA GRAFICA: 1 : 100
SCOPO DELL'INDAGINE: Zona PF4 - PIEZOMETRO	
PROFONDITA' (m): 20.00	

Profondità dal p.c. (m)	STRATIGRAFIA			PERCENTUALE DI RECUPERO			VANE TEST Kg/cmq	POCKET PENETR. Kg/cmq	NOTE
	Simbolo grafico	Descrizione litologica	SPT						
			N1	N2	N3				
0.00									
0.60		asfalto e massiciata							
2.80		sabbia limosa marrone con abbondanti clasti	1	2	3				SPT 1.50m
4.90		blocchi di arenaria in scarsa matrice							
7.20		arenaria in strati decimetrici fratturata, con intercalazioni di argilliti							
13.40		abbondanti clasti di arenaria centimetrici in matrice di sabbia argillosa gialla	22	35	37				SPT 8.00m
17.00		arenaria grossolana in strati decimetrici con livelli fratturati	25	33	41				SPT12.00m
20.00		arenarie molto fratturate in strati centimetrici	33	R	-				SPT15.00m



**STUDIO TECNICO ASSOCIATO**  
 geologi:  
**BERNARDI-CAPECCHI-MATASSI**  
 Codice Fiscale 01000890473

Sede legale:  
 Ripa Castel Traetti,1  
 51100 - PISTOIA  
 tel 057324355



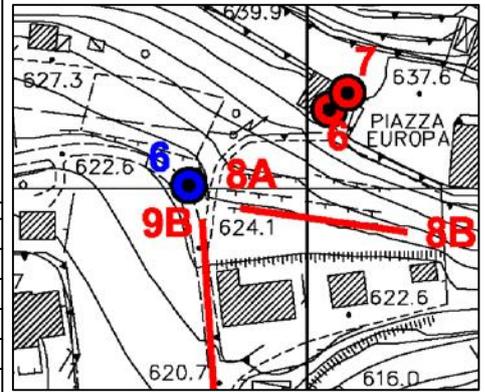
DATA PERFORAZIONE: 19 giugno 2008  
 COMMITTENTE: Comune di Marliana  
 CANTIERE: Momigno  
 PERFORAZIONE: 5 | SCALA GRAFICA: 1 : 100  
 SCOPO DELL'INDAGINE: Zona PF4 - INCLINOMETRO  
 PROFONDITA' (m): 20.00

Profondità dal p.c. (m)	STRATIGRAFIA			PERCENTUALE DI RECUPERO			VANE TEST Kg/cmq	POCKET PENETR. Kg/cmq	NOTE
	Simbolo grafico	Descrizione litologica	SPT						
			N1	N2	N3				
0.00									
0.40		asfalto							
2.50		siltiti in strati sottili molto fratturate	8	10	13				SPT 2.00m
3.20		sabbia argillosa con clasti centimetrici							
8.00		siltiti molto fratturate in strati sottili	21	33	31				SPT 4.50m
12.50		arenaria in strati centimetrici, molto fratturata con intercalazioni di argilliti	13	15	16				SPT 8.00m
13.40		argilliti e siltiti in strati sottili, molto fratturate	23	36	38				SPT 12.00m
15.40		arenaria molto decementata							
16.10		arenaria molto fratturata							
17.00		argilliti in strati sottili							
18.20		arenaria molto fratturata							
19.30		argilliti e siltiti in strati sottili							
20.00		arenaria							



**STUDIO TECNICO ASSOCIATO**  
 geologi:  
**BERNARDI-CAPECCHI-MATASSI**  
 Codice Fiscale 01000890473

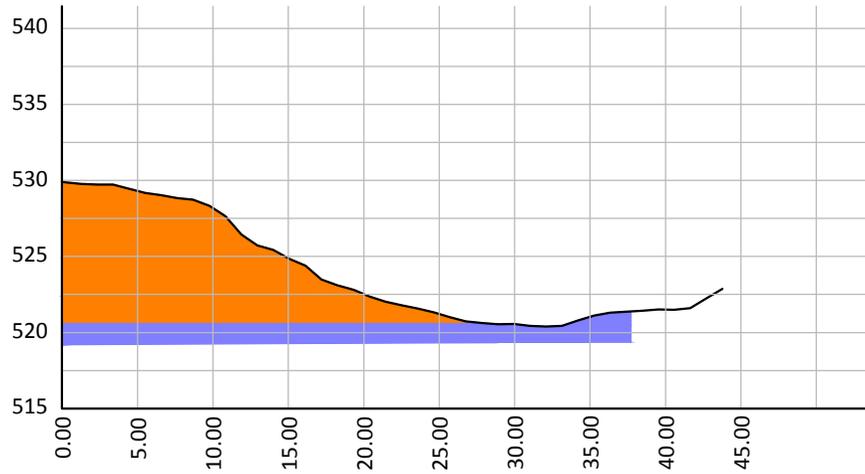
Sede legale:  
 Ripa Castel Traetti,1  
 51100 - PISTOIA  
 tel 057324355



DATA PERFORAZIONE: 23 giugno 2008	
COMMITTENTE: Comune di Marliana	
CANTIERE: Momigno	
PERFORAZIONE: 6	SCALA GRAFICA: 1 : 100
SCOPO DELL'INDAGINE: Zona PF4 - PIEZOMETRO	
PROFONDITA' (m): 15.80	

Profondità dal p.c. (m)	STRATIGRAFIA			PERCENTUALE DI RECUPERO			VANE TEST Kg/cm <sup>2</sup>	POCKET PENETR. Kg/cm <sup>2</sup>	NOTE
	Simbolo grafico	Descrizione litologica	SPT						
			N1	N2	N3				
0.00		terreno di coltivo							
1.10	[Symbol: Sand with clasts]	copertura eluvio-colluviale: sabbia limosa gialla con abbondanti clasti	13	24	44			SPT 2.00m	
5.10			12	11	13			SPT 4.00m	
5.50		arenaria fratturata							
10.60	[Symbol: Silty clay]	silti e argilliti in strati sottili	21	25	23			SPT 6.00m	
15.80			30	R	-			SPT 8.50m	
		arenaria in strati centimetrici fratturata con intercalazioni di argilliti							

# STATO ATTUALE - scala 1:500



# ALLEGATO 2

- Depositi detritici (deposito di frana)  
 $\varphi'=32^\circ$ ;  $c=15\text{kPa}$   
 $\gamma=1700\text{ kg/mc}$ ;  $\gamma_s=1800\text{kg/mc}$
- Depositi alluvionali  
 $\varphi'=35^\circ$ ;  $c=10\text{kPa}$   
 $\gamma=1800\text{ kg/mc}$ ;  $\gamma_s=2000\text{kg/mc}$

# STATO DI PROGETTO - scala 1:500

