



POTENZIAMENTO DEL SISTEMA ACQUEDOTTISTICO "VERDE"

Riefficientamento dell'opera di presa "sorgente verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica

I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli
CUP: E91B21004050006
PNRR-M2C4-I4.1-A2-34

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RTP:



HMR Ambiente Srl (Capogruppo)
Piazzale Stazione 7
35131 PADOVA
Ing. Fabrizio Parboni Arquati

Dott. Geol. Pier Andrea VORLICEK (Mandante)
Via Martiri della Libertà 29
35042 Este (PD)

Responsabile Unico del Procedimento:

Arch. Aurelio Falconio

TITOLO **PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBIENTALI
RELAZIONE E UBICAZIONE**

ELAB. N°

B.1

CODICE
ELABORATO

A I · 0 7 2 · P P · D · 0 2 1 0

REV. **0 0**

REV.	DATA	MOTIVO DELLA EMISSIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO
00	Giù. 2022	EMISSIONE	Vorlicek	HMR	HMR

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBIENTALI RELAZIONE E UBICAZIONE	AI 072 PP	
		rev.	data
		00	Giugno 2022
		Pag. 2 di 38 totali	

INDICE

1. PREMESSE	3
2. SONDAGGI GEOGNOSTICI	4
2.1. GENERALITÀ	4
2.2. ATTREZZATURE DI PERFORAZIONE	4
2.3. PERFORAZIONI A DISTRUZIONE DI NUCLEO	5
2.4. PERFORAZIONI A CAROTAGGIO CONTINUO	5
2.5. UTENSILI DI PERFORAZIONE	6
2.6. UTENSILI DI PULIZIA FONDO DEL FORO	7
2.7. STABILIZZAZIONE DEL FORO DI SONDAGGIO	7
2.8. RIVESTIMENTI PROVVISORI	7
2.9. PULIZIA DEL FONDO DEL FORO	8
2.10. CAMPIONAMENTO IN FORO E PROVE GEOTECNICHE	8
2.11. CONTROLLO DELLA LUNGHEZZA DELLE BATTERIE INSERITE IN FORO	8
2.12. FLUIDI DI CIRCOLAZIONE	8
2.13. PERFORAZIONE IN MATERIALI LITOIDI	9
2.14. STRUMENTI DI CONTROLLO E PROVA	9
2.15. CHIUSURA E SISTEMAZIONE FINALE DEL FORO	10
2.15.1. <i>Riempimento dei fori di sondaggio con miscele cementizie</i>	10
2.16. SISTEMAZIONE SUL PIANO CAMPAGNA DELLA BOCCA DI SONDAGGIO	10
2.17. CASSETTE CATALOGATRICI E CAROTE	10
2.18. FOTOGRAFIE A COLORI	11
3. INDAGINI GEOFISICHE	13
3.1. ATTREZZATURE IN GENERALE	13
3.2. PROSPEZIONI SISMICHE	13
3.2.1. <i>Indagine sismica a rifrazione ad onde di compressione (onde P)</i>	13
3.2.2. <i>Analisi della attenuazione anelastica e determinazione del fattore qualità</i>	15
3.2.3. <i>Tomografia elettrica</i>	16
3.2.4. <i>Profilo di resistività</i>	17
3.2.5. <i>Caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica HVSR</i>	18
3.2.6. <i>Caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica Masw (Multichannel Analysis of Surface Waves)</i>	20
4. INDAGINI GEOMECCANICHE	23
4.1.1. <i>Rilevamento geomeccanico tradizionale</i>	23
4.1.2. <i>Rilievo aerofotogrammetrico</i>	25
4.1.3. <i>Analisi criticità da rilevare</i>	26
5. INDAGINI AMBIENTALI	30
5.1. DECONTAMINAZIONE DELLE ATTREZZATURE PER IL PRELIEVO	30
5.2. OPERAZIONI DI PRELIEVO E TRATTAMENTO DEL MATERIALE PRELEVATO	31
6. UBICAZIONE PLANIMETRICA DELLE INDAGINI GEOTECNICHE	32
7. RIEPILOGO METODOLOGIE D'INDAGINE GEOTECNICHE	37
8. UBICAZIONE PLANIMETRICA DELLE INDAGINI AMBIENTALI	38

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBEINTALI RELAZIONE E UBICAZIONE	AI 072 PP	
		rev.	data
		00	Giugno 2022
		Pag. 3 di 38 totali	

1. PREMESSE

La presente relazione descrive la campagna di indagini che si intende mettere in atto propedeuticamente al progetto definitivo relativo al *"Potenziamento del sistema Acquedottistico Verde – Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica - I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli"*

Le indagini programmate comprendono sondaggi geognostici, prove in sito, indagini sismiche, analisi di laboratorio geotecnico, installazione e monitoraggio di inclinometri e piezometri, prove di resistività sui terreni ed analisi ambientali.

Le indagini geognostiche/geotecniche previste sono mirate alla definizione dell'assetto stratigrafico della zona, alla caratterizzazione geotecnica generale dei terreni ed alla valutazione delle condizioni di stabilità delle aree.

Il tracciato acquedottistico proposto intercetta alcune aree in dissesto definite dal Piano Assetto Idrogeologico della Regione Abruzzo P.A.I. (attuale Autorità Distrettuale dell'Appennino Centrale).

Le indagini geognostico/geotecniche ed i monitoraggi previsti saranno quindi propedeutici alla redazione dello Studio di compatibilità idrogeologica necessario per il rilascio del parere da parte dell'Autorità di Bacino ad effettuare nelle successive fasi di progettazione, ove richiesto dalle normative vigenti (NTA del PAI).

Si prevedono inoltre indagini sismiche attive di tipo Masw e Rifrazione in onde P per valutare la risposta sismica dei terreni, specialmente in corrispondenza degli attraversamenti e di alcune aree in dissesto.

I pozzetti per i campionamenti ambientali, diffusi lungo l'intero tracciato, verranno utilizzati principalmente per la caratterizzazione ambientale dei materiali di scavo, e trattandosi di scavi, possono essere utilizzati, almeno in parte, anche ai fini della caratterizzazione stratigrafica dei terreni più corticali.

In corrispondenza delle principali variazioni litologiche individuate mediante il rilevamento di campagna e la consultazione di cartografie geologiche ufficiali sono state ubicate le prove di resistività dei terreni.

L'ubicazione delle indagini programmate è riportata tra gli allegati della presente relazione.

Si deve tenere presente che l'ubicazione riportata sulla cartografia è, alla data di redazione di questo documento, indicativa e da verificare alla luce dell'effettiva accessibilità dei luoghi e della disponibilità degli spazi necessari per i mezzi e le attrezzature (sonda, vasca per l'acqua, aste, e così via).

Si allega inoltre il computo metrico estimativo delle indagini previste valutate adottando principalmente il Prezziario Regione Abruzzo; per le indagini ambientali si è fatto riferimento al prezziario Regione Piemonte e per le misure di resistività si è utilizzato il Prezziario Regione Marche.

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBEINTALI RELAZIONE E UBICAZIONE	AI 072 PP	
		rev.	data
		00	Giugno 2022
		Pag. 4 di 38 totali	

2. SONDAGGI GEOGNOSTICI

2.1. Generalità

Le perforazioni finalizzate all'esecuzione di *sondaggi geotecnici* sono caratterizzate dalle seguenti modalità esecutive:

- carotaggio integrale e rappresentativo del terreno attraversato, al fine di ricostruire il profilo stratigrafico mediante l'esame dei campioni estratti o "carote";
- prelievo di campioni indisturbati di terreno per la determinazione delle proprietà fisiche e meccaniche;
- prove in situ per la determinazione delle proprietà geotecniche;
- campionamento e rilievo del livello delle acque superficiali e sotterranee;
- descrizione stratigrafica in chiave geologica e geotecnica;
- annotazione di osservazioni atte alla caratterizzazione geotecnica del terreno.

Il dettaglio delle modalità esecutive, l'ubicazione e la profondità dei singoli sondaggi, le prove di laboratorio sui campioni indisturbati, le prove in situ e le relative quote sono precisati, su disposizione della direzione dei lavori, nel programma delle indagini.

Devono in ogni caso essere rispettate le norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione emanate con decreto del Ministero dei lavori pubblici dell'11 marzo 1988. e norme tecniche 14/01/2008

Per perforazioni superiori a 30 m dovrà essere compilata, a norma della legge n. 464 del 4 agosto 1984, una dettagliata relazione, corredata dalla relativa documentazione, sui dati geologici e geofisici acquisiti.

2.2. Attrezzature di perforazione

L'attrezzatura di perforazione deve essere costituita da:

- sonda a rotazione (testa idraulica) con la quale, tramite aste di perforazione montate su carotieri, si ottiene l'avanzamento nel terreno. I requisiti minimi sono indicati in tabella 11.1:

Tabella 11.1 - Requisiti minimi sonda di perforazione

Velocità di rotazione	0 - 500	rpm
Coppia massima	≥ 400	kg/m
Corsa continua	≥ 150	cm

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBEINTALI RELAZIONE E UBICAZIONE	AI 072 PP	
		rev.	data
		00	Giugno 2022
		Pag. 5 di 38 totali	

Spinta	≥ 4000	kg
Tiro	≥ 4000	g
Pressione pompa (gruppo energia autonomo)	≥ 70	bar
Argano a fune	presente	- - -

- pompa con circuito supplementare per il rabbocco del fluido alla testa del foro.
- impianto per la preparazione ed il recupero di eventuali fanghi di circolazione
- corredo della sonda, completo di tutti gli accessori, necessari per l'esecuzione del lavoro a norma di specifica, e degli utensili per la riparazione dei guasti di ordinaria entità.

2.3. Perforazioni a distruzione di nucleo

Questo tipo di perforazione può essere eseguita per l'attraversamento di spessori di cui non interessi un'esatta conoscenza stratigrafica, per l'installazione di strumentazione geotecnica, per l'eventuale riperforazione o per l'esecuzione di prove in situ a determinate profondità. Prelevando campioni del cutting estratto dal foro può essere ricostruita una descrizione indicativa dei terreni attraversati.

Gli utensili utilizzati possono essere:

- triconi o scalpelli di vario tipo;
- martello rotopercussore;
- punte distruttrici con eliche.

Per eseguire il foro è spesso necessario utilizzare fluidi di circolazione (acqua, fango o aria compressa) che vengono immessi nel foro in *circolazione diretta*, attraverso la batteria di aste, o in *circolazione inversa*, lungo le pareti del foro stesso. Il foro sarà sostenuto, a seconda delle esigenze, da tubo di rivestimento, da fluidi di circolazione o tramite la cementazione del foro stesso.

2.4. Perforazioni a carotaggio continuo

Le modalità esecutive del sondaggio saranno tali da rendere minimo il disturbo dei terreni attraversati consentendo il prelievo continuo di materiale rappresentativo (carote). La tecnica di perforazione deve essere adattata alla tipologia e alla natura del terreno, mediante la scelta appropriata dell'apparecchiatura, del tubo carotiere, della corona, della velocità di avanzamento, della portata e della pressione dell'eventuale fluido di circolazione.

Tale carotaggio integrale e rappresentativo del terreno attraversato deve essere caratterizzato da una percentuale di recupero ≥ 85 %.

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBEINTALI RELAZIONE E UBICAZIONE	AI 072 PP	
		rev.	data
		00	Giugno 2022
		Pag. 6 di 38 totali	

Il carotaggio sarà eseguito a secco, senza fluido di perforazione, se con carotiere semplice (C.S.); con fluido di circolazione se si utilizzano carotieri doppi-tripli (T2, T6 etc.).

I carotieri saranno azionati ad aste; è ammesso, in alternativa, l'uso di sistemi "wire-line" purchè si ottenga la richiesta percentuale di carotaggio e non si producano dilavamenti e/o rammollimenti del materiale. Qualora richiesto, l'impresa desisterà dall'uso di sistemi "wire-line" per proseguire con il tradizionale sistema ad aste.

Nei terreni prelevati a secco, qualora l'espulsione della carota dal carotiere sia eseguita con pressione idraulica, dovranno essere impiegati tamponi a tenuta.

In terreni scistosi o comunque in ammassi molto fratturati dovranno essere utilizzati carotieri apribili (T6S).

L'eventuale impiego di corone speciali (al diamante) deve essere realizzato in terreni e rocce con durezza da "medio dure" a "molto abrasive".

2.5. Utensili di perforazione

Gli utensili di perforazione devono essere costituiti da:

- *Carotieri semplici*, con valvola di testa a sfera e calice:

Diametro nominale \varnothing est = 101 ÷ 146 mm

Lunghezza utile L = 150 ÷ 300 cm

- *Carotiere doppio* a corona sottile (T2) o grossa (T6) con estrattore:

Diametro nominale \varnothing est = 101 mm

Lunghezza utile L = 150 ÷ 300 cm

- *Carotiere doppio* con portacampione interno apribile longitudinalmente (T6S), con estrattore a calice.

Diametro nominale \varnothing est \geq 100 mm

Lunghezza utile L = 150 cm

- *Cestello di ritenuta* alla base per il carotaggio dei tratti costituiti da materiali grossolani sciolti

- *Corone* di perforazione in widia e diamante, del tipo adatto ai terreni incontrati.

- *Aste* di perforazione con filettatura tronco-conica.

Diametro esterno \varnothing est = 60 ÷ 76 mm.

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBEINTALI RELAZIONE E UBICAZIONE	AI 072 PP	
		rev.	data
		00	Giugno 2022
		Pag. 7 di 38 totali	

Gli utensili di perforazione da utilizzare saranno comunque tali da consentire l'estrazione di tutto il materiale interessato dal sondaggio senza che avvengano fratturazioni e dilavamento.

2.6. **Utensili di pulizia fondo del foro**

Gli utensili per la pulizia del foro devono essere costituiti da:

- carotiere semplice, $l = 40 \div 80$ cm;
- attrezzo a fori radiali, da impiegarsi con circolazione di fluido uscente dall'utensile con inclinazione di $45^\circ \div 90^\circ$ rispetto alla verticale;
- campionatore a pareti grosse $\varnothing 100$ mm, con cestello di ritenuta alla base, per l'asportazione di eventuali ciottoli.

2.7. **Stabilizzazione del foro di sondaggio**

Durante le fasi lavorative, per evitare franamenti delle pareti del foro, la perforazione deve essere eseguita impiegando una tubazione metallica di rivestimento provvisoria o utilizzando fango di tipo bentonitico o a polimeri.

2.8. **Rivestimenti provvisori**

La necessità della posa di tubi di rivestimento provvisorio nel foro di sondaggio è da valutare in relazione alle reali caratteristiche del terreno: in particolare si adotteranno nei casi in cui sussista il rischio di franamenti delle pareti del foro stesso. Rappresenta il metodo più sicuro di stabilizzazione delle pareti. Vengono inoltre impiegati per fori nei quali si debbano eseguire prove sulle acque sotterranee.

Nel caso di utilizzo di rivestimenti associati alla perforazione ad aste, essi saranno in acciaio, con le seguenti caratteristiche:

- spessore tubo $s=8 \div 10$ mm
- diametro interno $\varnothing_{\text{interno}} = 107 \div 162$ mm
- lunghezza spezzoni $l=150 \div 200$ cm

L'impresa potrà proporre l'impiego di rivestimenti con diverse caratteristiche, in relazione al tipo di attrezzatura di perforazione prescelta, subordinandone l'uso all'approvazione della direzione dei lavori.

L'infissione dei rivestimenti avviene di norma a rotazione con fluido di circolazione. Per garantire la stabilità di eventuali tratti di roccia intensamente fratturati, si ricorre alla cementazione del foro ed alla sua successiva riperforazione.

In particolare:

- la perforazione sarà seguita dal rivestimento provvisorio del foro solo in assenza di certo autosostentamento delle pareti, con l'uso di fluido in circolazione il cui livello deve essere sempre mantenuto mediante aggiunta opportuna fino ad una quota tale da bilanciare la pressione idrostatica nel terreno naturale (in particolare durante l'estrazione della batteria di aste);

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBEINTALI RELAZIONE E UBICAZIONE	AI 072 PP	
		rev.	data
		00	Giugno 2022
		Pag. 8 di 38 totali	

- la pressione del fluido sarà minore possibile e controllata tramite manometro; il disturbo arrecato al terreno deve essere contenuto nei limiti minimi, fermando se necessario la scarpa del rivestimento a 20 ÷ 50 cm dal fondo del foro (con l'esclusione del metodo wire-line);
- nei tratti di perforazione seguiti da prelievo di campioni indisturbati e/o prove in situ al fondo del foro, l'infissione della tubazione di rivestimento, così come la perforazione quando eseguita con fluido di circolazione, deve avvenire evitando punte di pressione del fluido dovute a: infissione molto rapida, formazione di "anelli" all'esterno del rivestimento, formazione di tappi nel carotiere. A tal fine occorre operare (verificando sul manometro o sul display) in modo che la pressione del fluido, al piano lavoro, non superi mai quella naturale alla quota del fondo del foro (pari a circa 0.1 bar per ogni metro di profondità);
- al fine di minimizzare il disturbo al fondo del foro, il rivestimento può essere arrestato 0.5 m al di sopra della quota di campionamento e/o prova di sito prevista.

2.9. Pulizia del fondo del foro

La quota del fondo del foro sarà misurata con *scandaglio a filo graduato* prima di ogni manovra di campionamento indisturbato, di prova geotecnica SPT o prima dell'esecuzione di qualunque prova.

Apposite manovre di pulizia saranno eseguite quando la differenza tra quota raggiunta con la perforazione e quota misurata con scandaglio supererà le seguenti tolleranze:

- 7 cm, prima dell'uso di campionatori privi di pistone fisso o sganciabile meccanicamente e di prove SPT;
- 15 cm, prima dell'uso di campionatori con pistone fisso o sganciabile meccanicamente.

2.10. Campionamento in foro e prove geotecniche

In tutti i casi nei quali non si verificano repentini collassi del foro nel tratto non rivestito, il prelievo di campioni in foro o l'esecuzione di prove geotecniche SPT deve seguire la manovra di perforazione con carotiere, precedendo il rivestimento a fondo del foro, il quale sarà, se necessario, eseguito a campionamento/prova SPT ultimati.

2.11. Controllo della lunghezza delle batterie inserite in foro

La lunghezza esatta delle batterie inserite nel foro sarà misurata e riportata a cura del geologo responsabile della sonda in una apposita tabella.

2.12. Fluidi di circolazione

Il fluido di circolazione può essere costituito da:

- acqua;
- fango bentonitico;
- fanghi polimerici o addittivati;

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBIENTALI RELAZIONE E UBICAZIONE	<i>AI 072 PP</i>	
		<i>rev.</i>	<i>data</i>
		00	Giugno 2022
		<i>Pag. 9 di 38 totali</i>	

- agenti schiumogeni.

L'utilizzo di sola acqua è tassativamente prescritto nel caso si eseguano prove di permeabilità in foro.

Nel caso di installazione di piezometri, è ammesso l'uso di acque o di fanghi polimerici biodegradabili entro 72 h.

L'impresa potrà proporre, salvo approvazione, l'utilizzo di fluidi diversi dai sopra elencati, con la condizione che in ogni caso il fluido prescelto, oltre ad esercitare le funzioni di raffreddamento, asportazione dei detriti ed eventuale sostentamento, debba essere in grado di non pregiudicare la qualità del carotaggio, l'esito delle prove geotecniche ed il funzionamento della strumentazione.

La pompa utilizzata per la circolazione dei fanghi dovrà avere una potenza atta a sviluppare una adeguata velocità di fuoriuscita dei fanghi stessi dal foro, onde impedire la decantazione dei detriti nel foro di sondaggio.

La confezione e la circolazione del fango bentonitico devono essere eseguite mediante l'utilizzo di adeguati mescolatori, pompe, vasche di decantazione ed eventuali additivi di appesantimento o intasanti.

La composizione del fango bentonitico, prima dell'impiego, deve possedere i requisiti di uniformità, costanza e stabilità richiesti; durante l'impiego non deve dar luogo a fenomeni di flocculazione.

Può essere autorizzato e/o espressamente richiesto l'impiego di acqua anziché fango bentonitico. Possono essere inoltre utilizzati fanghi polimerici o altri fanghi speciali (ad esempio biodegradabili) subordinati all'approvazione della direzione dei lavori

2.13. Perforazione in materiali litoidi

La perforazione a carotaggio continuo di materiali litoidi verrà eseguita a mezzo di carotiere doppio T2 o similari, con diametro non inferiore a 85 cm, utilizzando acqua pulita come fluido di circolazione.

Prima di ogni operazione di carotaggio, l'operatore si accerterà dell'ottimo funzionamento del meccanismo che permette la rotazione autonoma del carotiere esterno.

L'uso di bentonite e/o polimeri sarà permesso solo in presenza di roccia molto fratturata e dietro autorizzazione della direzione dei lavori.

2.14. Strumenti di controllo e prova

Devono far parte del corredo della sonda i seguenti strumenti:

- scandaglio a filo graduato, per misura della quota reale di fondo del foro;
- freatimetro;
- penetrometro tascabile, fondo scala $\geq 5 \text{ kg/cm}^2$;
- Vane Test, fondo scala 2 kg/cm^2 .

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBEINTALI RELAZIONE E UBICAZIONE	AI 072 PP	
		rev.	data
		00	Giugno 2022
		Pag. 10 di 38 totali	

2.15. Chiusura e sistemazione finale del foro

Ogni foro, al termine delle indagini, deve essere chiuso procedendo al relativo riempimento. L'intasamento si realizzerà con:

- iniezione di miscele cementizie;
- iniezione di miscele cementizie addizionate di bentonite o argilla;
- immissione di sabbia;
- inserimento di materiali di risulta.

2.15.1. Riempimento dei fori di sondaggio con miscele cementizie

Se richiesto dalla direzione dei lavori, il foro di sondaggio sarà riempito con miscela cementizia costituita dai seguenti componenti nelle proporzioni elencate (in peso):

- acqua: 100;
- cemento: 30;
- bentonite: 5.

L'inserimento della miscela nel foro di sondaggio sarà eseguito dal fondo, in risalita, con una batteria di tubi apposita o con manichetta flessibile.

Solamente previa autorizzazione della direzione dei lavori è possibile tralasciare l'intasamento del foro di sondaggio.

2.16. Sistemazione sul piano campagna della bocca di sondaggio

Quando il foro di sondaggio deve essere ispezionabile o se in esso è stata installata strumentazione geotecnica, al fine di evitare manomissioni esterne e per permettere l'esecuzione dei controlli periodici e delle varie letture, si dovrà provvedere alla sistemazione della bocca del foro al piano campagna: si dovrà installare una flangia in ferro zincato con chiusura di sicurezza oppure, nel caso in cui la situazione locale lo richieda, si dovrà provvedere alla formazione di un adeguato pozzetto in muratura o di un conglomerato cementizio corredato di chiusino carrabile secondo le indicazioni della direzione dei lavori.

2.17. Cassette catalogatrici e carote

Le carote estratte nel corso della perforazione verranno sistemate in apposite cassette catalogatrici (in plastica), munite di scomparti divisorii e coperchio apribile a cerniera; tali cassette, di consistenza tale da essere trasportate ed impilate, hanno dimensioni di circa 1.0 x 0.6 x 0.15 m. Le carote coesive verranno scortecciate, le lapidee lavate. Appositi setti separatori suddivideranno i recuperi delle singole manovre, recando indicate le quote rispetto al p.c.

Negli scomparti saranno eventualmente inseriti blocchetti di legno o targhette adesive, a testimoniare gli spezzoni di carota prelevati ed asportati per il laboratorio, con le quote di inizio e di fine di tali prelievi.

Sui bordi di ciascuna cassetta verranno riportate le quote delle carote rispetto al piano campagna e sui coperchi verranno applicate etichette adesive contenenti i seguenti dati:

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBEINTALI RELAZIONE E UBICAZIONE		AI 072 PP	
	rev.	data		
	00	Giugno 2022		
			Pag. 11 di 38 totali	

- committente;
- lavoro;
- sondaggio
- numero della cassetta;
- quote (da m. a m.);
- data esecuzione.

2.18. Fotografie a colori

Le singole cassette verranno fotografate tramite fotocamera digitale entro 24 ore dal loro completamento.

Tale documentazione fotografica verrà allegata in stratigrafia o in relazione tecnica eventualmente con i relativi file.



Esempio di cassetta catalogatrice

Prove penetrometriche DPSH

L'attrezzatura conforme alla procedura di riferimento ISSMFE (1988) per la realizzazione di prove penetrometriche dinamiche DPSH dovrà consistere di:

Lunghezza delle aste	1,20 m
Massa delle aste	6,20 kg/m
Diametro esterno della batteria delle aste	32 ± 0,30 mm
Diametro della punta conica	50,50 ± 0,50 mm
Angolo di apertura della punta conica	90°
Altezza complessiva della punta conica	126,3 mm,
<i>(con una parte cilindrica al di sopra del cono di altezza pari al diametro della punta e una parte tronco-conica, al di sopra della parte cilindrica, anch'essa di altezza pari al diametro della punta;)</i>	
Peso della massa battente	63,0 ± 0,50 kg
Massa passiva	0,70 kg
Altezza di caduta	0,75 ± 0,02 m
Penetrazione standard	20 cm

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBEINTALI RELAZIONE E UBICAZIONE	<i>AI 072 PP</i>	
		<i>rev.</i>	<i>data</i>
		00	Giugno 2022
		<i>Pag. 12 di 38 totali</i>	

Diametro esterno dei tubi di rivestimento 48 mm

Diametro interno dei tubi di rivestimento 38 mm

Peso lineare dei tubi di rivestimento 5,30 kg/m

Metodologia della prova

La prova consiste nell'infiggere la punta conica nel terreno, per tratti consecutivi di 20 cm, misurando il numero di colpi (NPD) necessari. Dopo 20 cm di penetrazione della punta viene infisso il rivestimento rilevando ancora il numero di colpi (NRV).

La prova viene sospesa per raggiunto rifiuto quando NPD o NRV superano il valore di 50.

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBEINTALI RELAZIONE E UBICAZIONE	AI 072 PP	
		rev.	data
		00	Giugno 2022
		Pag. 13 di 38 totali	

3. INDAGINI GEOFISICHE

3.1. *Attrezzature in generale*

Le attrezzature geofisiche dovranno essere adeguate alla tipologia delle indagini richieste e dovranno essere a disposizione dell'impresa dall'inizio delle indagini geognostiche.

L'ubicazione dei profili indagine sarà fissata dall'amministrazione appaltante, e rimarrà comunque facoltà della stessa variarla in funzione delle maggiori conoscenze che si avranno durante la fase esecutiva delle indagini, senza che l'impresa possa vantare alcun compenso.

Realizzazione di profili diversi da quelli concordati comporterà la ripetizione dei profili nei luoghi precedentemente stabiliti; ciò senza che l'impresa possa vantare alcun compenso.

3.2. *Prospezioni sismiche*

3.2.1. **Indagine sismica a rifrazione ad onde di compressione (onde P)**

L'indagine sismica a rifrazione ad onde di compressione consiste nella energizzazione del sottosuolo e nella registrazione degli arrivi delle onde P, rifratte in corrispondenza di geofoni verticali, disposti secondo un allineamento con interessi tra i geofoni e lunghezza totale dello stendimento, tali da permettere un'adeguata profondità di indagine.

La misura dei tempi di arrivo delle onde P ai diversi geofoni permette di ricostruire l'andamento e la profondità del rifratore e permette anche di calcolare le caratteristiche elastiche dinamiche dei terreni e degli ammassi rocciosi investigati.

Normative di riferimento:

ASTM D 5777 - 95 - Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation

3.2.1.1. *Attrezzature*

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita da:

- sismografo a 24 canali, con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 92 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 16 bit;
- 24 geofoni verticali a frequenza propria variabile tra 8 e 14 Hz;
- sistema di energizzazione adeguato alla profondità di indagine; potrà essere costituito da cannoncino sismico calibro 8 oppure da cariche di esplosivo.

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBEINTALI RELAZIONE E UBICAZIONE	AI 072 PP	
		rev.	data
		00	Giugno 2022
		Pag. 14 di 38 totali	

3.2.1.2. *Modalità esecutive*

La "copertura" dei tiri sulle basi sismiche dovrà essere tale da consentire una corretta e dettagliata ricostruzione del campo di velocità locale fino alle profondità stabilite dal progetto delle indagini o dalla direzione dei lavori ed in ogni caso non dovranno essere in numero inferiore a 5, dei quali 3 interni alla base e 2 esterni.

Nel caso in cui il rilievo debba interessare profondità superiori a $30 \div 50$ m e sia prevista una elaborazione tomografica, i "tiri" non dovranno essere inferiori a 7 per base sismica, dei quali 5 interni e 2 esterni.

L'elaborazione dei dati dovrà essere realizzata mediante software ad elevata valenza diagnostica in grado di fornire i valori dei parametri di velocità, relativi ai rifrattori individuati, per ogni stazione geofonica (ad esempio software che utilizzi il metodo "GRM" - Generalized Reciprocal Method, Palmer '80).

3.2.1.3. *Elaborazione tomografica dei dati*

Se richiesto dal progetto delle indagini, l'elaborazione dovrà essere sviluppata tramite un'analisi con modellazione del sottosuolo su base anisotropica, la quale dovrà fornire, previa elaborazione con metodologie iterative R.T.C. (Ray Tracing Curvilineo) e algoritmi di ricostruzione tomografica (ad esempio con l'impiego di algoritmi ART - Algebraic Reconstruction Technique, SIRT – Simultaneous Iterative Reconstruction Technique o ILST - Iterative Least Square Technique), il campo delle velocità del sottosuolo ad elevata densità di informazioni: le celle unitarie, di forma rettangolare, potranno avere dimensioni orizzontali (asse x) e verticali (asse z) pari a, rispettivamente, $1/3 \div 1/5$ e $1/5 \div 1/10$ della spaziatura tra i geofoni.

3.2.1.4. *Documentazione*

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- sismogrammi originali sia su supporto cartaceo che digitale;
- profili sismostratigrafici in scala adeguata che indichino i valori delle velocità delle onde di compressione (VP), calcolati per intervalli omogenei;
- elaborazione a isolinee o a campiture di colore delle velocità delle onde di compressione (VP) in caso di elaborazione tomografica;
- relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicate le strumentazioni utilizzate, le metodologie operative, gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi, procedure applicate, le risultanze finali ed interpretative;
- documentazione fotografica.

3.2.1.5. *Rilievo topografico del piano completo di prospezione sismica*

Ad integrazione dell'indagine sismica dovrà essere eseguito un rilievo topografico comprendente la determinazione planoaltimetrica delle ubicazioni dei geofoni delle basi sismiche a rifrazione, riferita a punti notevoli o ad elementi cartografici

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBEINTALI RELAZIONE E UBICAZIONE	AI 072 PP	
		rev.	data
		00	Giugno 2022
		Pag. 15 di 38 totali	

noti dell'area interessata. Le coordinate del rilievo topografico dovranno essere inquadrare in un sistema di coordinate generale di progetto fornito dalla Società.

Qualora quest'ultimo non risulti disponibile, il suddetto rilievo sarà fornito in coordinate relative. Tale rilievo dovrà essere corredato dai libretti di campagna dei rilievi ed informatizzazione dei dati nei formati digitali stabiliti dalla società o dalla direzione dei lavori.

3.2.1.6. *Rilievo topografico del piano completo di prospezione sismica*

Ad integrazione dell'indagine sismica dovrà essere eseguito un rilievo topografico comprendente la determinazione planoaltimetrica delle ubicazioni dei geofoni delle basi sismiche a rifrazione, riferita a punti notevoli o ad elementi cartografici noti dell'area interessata. Le coordinate del rilievo topografico dovranno essere inquadrare in un sistema di coordinate generale di progetto fornito dalla Società.

Qualora quest'ultimo non risulti disponibile, il suddetto rilievo sarà fornito in coordinate relative. Tale rilievo dovrà essere corredato dai libretti di campagna dei rilievi ed informatizzazione dei dati nei formati digitali stabiliti dalla società.

3.2.2. **Analisi della attenuazione anelastica e determinazione del fattore qualità**

Consiste in un'elaborazione dei dati ottenuti da prospezioni sismiche a rifrazione ad onde di compressione (onde P) e onde di taglio (onde S) in grado di determinare i parametri di Attenuazione Anelastica e Fattore Qualità dei terreni o degli ammassi rocciosi investigati.

L'elaborazione dei dati dovrà essere realizzata mediante software ad elevata valenza diagnostica in grado di fornire i valori dei parametri di Attenuazione e Fattore Qualità, relativi ai rifrattori individuati e per ogni stazione geofonica utilizzando l'algoritmo del "Rapporto Spettrale".

3.2.2.1. *Elaborazione tomografica dei dati*

Se richiesto dal progetto delle indagini, l'elaborazione dovrà essere sviluppata tramite un'analisi con modellazione del sottosuolo su base anisotropica, la quale dovrà fornire, previa elaborazione con metodologie iterative R.T.C. (Ray Tracing Curvilineo) e algoritmi di ricostruzione tomografica, il campo delle velocità del sottosuolo ad elevata densità di informazioni: le celle unitarie, di forma rettangolare, potranno avere dimensioni orizzontali (asse x) e verticali (asse z) pari a, rispettivamente, $1/3 \div 1/5$ e $1/5 \div 1/10$ della spaziatura tra i geofoni.

3.2.2.2. *Documentazione*

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- profili sismostratigrafici in scala adeguata che indichino i parametri dei Fattori Qualità calcolati per intervalli omogenei;
- elaborazione a isolinee o a campiture di colore in caso di elaborazione tomografica;
- relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicati:

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBEINTALI RELAZIONE E UBICAZIONE	AI 072 PP	
		rev.	data
		00	Giugno 2022
		Pag. 16 di 38 totali	

- gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi;
- la caratterizzazione su base geofisica ottenuta da correlazione delle risultanze delle analisi ad onde di compressione (VP) e o taglio (VS) e Attenuazione onde di compressione (P) e di taglio (S) e Fattore Qualità delle onde di compressione (QP) e delle onde di taglio (QS);
- le risultanze finali ed interpretative.

3.2.3. Tomografia elettrica

Questo tipo di indagine, che potrà essere eseguita con diverse configurazioni (Wenner, dipolo-dipolo o Schlumberger), abbinata all'indagine con georadar, può essere utilizzata con successo nella definizione della geometria e dello spessore di strutture sepolte a piccola profondità, come ad esempio plinti di fondazione; questo tipo di indagine infatti è in grado di mantenere, per profondità non superiori, in questo caso, a 10 m da p.c., risoluzioni apprezzabili del variare della resistività del semispazio indagato.

3.2.3.1. Attrezzature

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita dai seguenti componenti:

- georesistivimetro con millivoltmetro (sensibilità massima 0.1 mV), circuito di azzeramento dei potenziali spontanei e milliamperometro con scala 1 mA - 2 A (sensibilità 0.1 mA);
- generatore con almeno 1.5 kW di potenza (uscita 500 V);
- cavi elettrici di collegamento a 25 conduttori;
- almeno 48 elettrodi di corrente in acciaio cromato;
- elettrodi di tensione impolarizzabili, in rame o ceramica;
- cavi di collegamento vari ed accessori.

3.2.3.2. Modalità esecutive

Le esatte modalità di configurazione in fase di prova saranno preventivamente concordate con la direzione dei lavori.

In ogni caso la tomografia elettrica potrà essere eseguita con una configurazione Wenner, dipolo-dipolo o Schlumberger ma dovranno essere utilizzati non meno di 48 elettrodi con un passo di misura di 1 m per una profondità di investigazione di circa 10 m. Per l'interpretazione dei risultati dovranno essere utilizzati software tipo Resixip2di e Resixi2di o similari, ad elementi finiti e con inversione del modello. Al fine di consentire un controllo della validità dell'interpretazione, oltre alle resistività sintetiche dovranno essere restituite anche le resistività di campagna; dovrà essere riportato inoltre il fitting proprio dell'inversione del modello.

3.2.3.3. Documentazione

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBEINTALI RELAZIONE E UBICAZIONE	AI 072 PP	
		rev.	data
		00	Giugno 2022
		Pag. 17 di 38 totali	

- cartografia di base in scala adeguata con ubicazione delle prove eseguite e dei centri di misura, con indicazione degli azimut e della quota dei centri di misura;
- tabulazione dei valori di resistività apparente misurati;
- copia di tutti i dati raccolti in campagna;
- elaborazione tomografica a isolinee o a campiture di colore dei valori di resistività;
- relazione riassuntiva con descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate, delle modalità operative e dei metodi di interpretazione.

3.2.4. Profilo di resistività

L'indagine geoelettrica consiste nell'immettere una corrente continua nel terreno tramite due elettrodi A e B (AB = dipolo di corrente o di intensità) e nel misurare la caduta di potenziale, dovuta alla resistenza del terreno al passaggio della corrente elettrica, in corrispondenza di due elettrodi M ed N (MN = dipolo di misura o di potenziale). Attraverso la determinazione della resistività del terreno, l'indagine consente di ricostruire indirettamente il profilo litostratigrafico del terreno.

Nel profilo di resistività gli elettrodi verranno disposti secondo lo schema di un quadripolo AMNB costante, progressivamente spostato lungo un allineamento predefinito per la determinazione delle variazioni laterali delle caratteristiche elettriche dei terreni.

3.2.4.1. Attrezzature

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita dai seguenti componenti:

- georesistivimetro con millivoltmetro (sensibilità massima 0.1 mV), circuito di azzeramento dei potenziali spontanei e milliamperometro con scala 1 mA - 2 A (sensibilità 0.1 mA);
- generatore di potenza sufficiente all'indagine;
- batteria di energizzazione con pile a secco;
- cavi elettrici ad alto isolamento montati su rulli spalleggiabili;
- elettrodi di corrente in acciaio;
- elettrodi di tensione impolarizzabili, in rame o ceramica;
- apparecchi di ricetrasmisione;
- cavi di collegamento ed accessori.

3.2.4.2. Modalità esecutive

L'esatta configurazione del quadripolo sarà funzione della profondità che dovrà essere esplorata e sarà preventivamente concordata con la direzione dei lavori, insieme alla frequenza con cui eseguire le misure.

3.2.4.3. Documentazione

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBEINTALI RELAZIONE E UBICAZIONE	AI 072 PP	
		rev.	data
		00	Giugno 2022
		Pag. 18 di 38 totali	

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- cartografia di base in scala adeguata con ubicazione delle prove eseguite e dei centri di misura, con indicazione degli azimut e della quota dei centri di misura;
- tabulazione dei valori di resistività apparente misurati;
- curve di resistività apparente in grafici bilogaritmici;
- copia di tutti i dati raccolti in campagna;
- relazione riassuntiva con descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate, delle modalità operative, dei metodi di interpretazione e comprensiva della resistività elettrica alle diverse profondità e delle unità elettrostratigrafiche evidenziate.

3.2.5. Caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica HVSR

Generalità metodo Nakamura

Il metodo si basa sulla misura del rumore sismico ambientale, il quale risulta prodotto sia da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) sia dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre

I metodi che si basano sull'acquisizione dei microtremiti si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come avviene invece nel caso della sismica attiva.

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la **tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali) o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio - Metodo di Nakamura)** è finalizzata all'individuazione della frequenza caratteristica di risonanza di sito e delle **discontinuità sismiche che sono correlabili ai cambi litologici** presenti sia **all'interno della copertura** che **al contatto copertura-bedrock**.

Si sottolinea da subito però che l'analisi del rapporto spettrale H/V non è, da sola, sufficiente a caratterizzare la complessità degli effetti di sito e soprattutto non è in grado di determinare, da sola, il valore assoluto dell'amplificazione sismica. Il metodo ha comunque dimostrato di essere idoneo per valutare il periodo fondamentale di depositi sedimentari (in modo particolare quando l'impedenza di questi è in grande contrasto con l'impedenza del bedrock).

La tecnica HVSR consente quindi di valutare la frequenza fondamentale di risonanza di uno strato sovrastante a partire dalle sole registrazioni del rumore in superficie. Risulta così possibile conoscere il valore della frequenza di risonanza del terreno, valore che farà da guida per il progettista per evitare, in caso di sisma, il fenomeno della doppia risonanza terreno-struttura e definire un miglior comportamento sismico della struttura.

Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio (Vs) e per una corretta caratterizzazione dei litotipi investigati si utilizza un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (HVSR) basati sulla simulazione del campo d'onde di superficie (Rayleigh e Love) secondo la teoria descritta in AKI (1964) e Ben-Menahem e Singh (1981); Arai e Tokimatsu, 2004).

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBEINTALI RELAZIONE E UBICAZIONE	AI 072 PP	
		rev.	data
		00	Giugno 2022
		Pag. 19 di 38 totali	

Nel caso in cui quindi siamo in presenza di una discontinuità sismica legata al passaggio tra materiali con parametri (densità e velocità sismiche) diversi che presentano quindi un contrasto d'impedenza (per essere identificabili i picchi H/V richiedono contrasti di impedenza almeno del 25%) è possibile stabilire una relazione tra lo spessore dello strato "più soffice" h, la velocità media delle onde S e la frequenza f del picco attraverso la formula:

$f = \frac{V_s}{4 \times h}$	Nota la frequenza di risonanza (f_0) propria del sito, ricavata dal rapporto spettrale H/V e la stima delle V_s , è possibile determinare lo spessore (h) di una coltre sedimentaria soprastante un bedrock sismico, applicando la relazione $f_0 = V_s / 4 h$.
------------------------------	--

L'elaborazione viene sviluppata effettuando il rapporto tra la componente orizzontale e la componente verticale del moto, nell'ipotesi che la componente verticale non risenta degli effetti di amplificazione; i picchi del rapporto dipendono dalla sismostratigrafia del sottosuolo e sono funzione diretta del periodo fondamentale dei depositi e della frequenza di sito (f_0).

Strumentazione

Per l'acquisizione dei dati per la prova HVSR si deve utilizzare un sismografo finalizzato alla rilevazione di vibrazioni naturali e artificiali, dal rumore di fondo ai forti terremoti. A seguito le caratteristiche tecniche generali minime:

Numero canali ed a/d converter	3 (SD) dinamica di 144dB (24 bit effettivi fra 0.1 e 10Hz, ENOB)
Sensibilità	con velocimetri da 4.5Hz: < 1 nanometro/secondo per count
Campionamento	simultaneo sui tre canali a 10,20,50,100,200,300,400,480,600Hz
Interfaccia dati	RS232 con cavo da 8 metri e adattatore USB in dotazione
Contenitore	Monoblocco in alluminio IP66
Dimensioni e peso	155x140x110 mm 3.1kg con sensori da 4.5Hz
Temperatura operativa	-20/+50°C
Conformità	CE

Nel sito va eseguita 1 registrazione (HVSr1) da 1200 sec (20 min.), esportando parte del terreno superficiale durante una giornata con condizioni meteo ideali (senza precipitazioni e vento).

Presentazione ed elaborazione dei risultati

Per l'elaborazione dei dati e la definizione della frequenza fondamentale del sito è stato utilizzato il software open source Geopsy risultati riportati delle misurazioni per ogni stazione di misura comprendono:

- Figura della traccia registrata
- Grafico componenti spettrali lisce tramite operatore Konno & Ohmachi (1998)
- Grafico andamento del rapporto H/V in funzione della direzione
- Grafico del rapporto H/V e relativa f_0 calcolata

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli		AI 072 PP	
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		rev.	data
	PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBEINTALI RELAZIONE E UBICAZIONE			
			00	Giugno 2022
			Pag. 20 di 38 totali	

3.2.6. Caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica Masw (Multichannel Analysis of Surface Waves)

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – "R"

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (onde P, onde S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

È possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

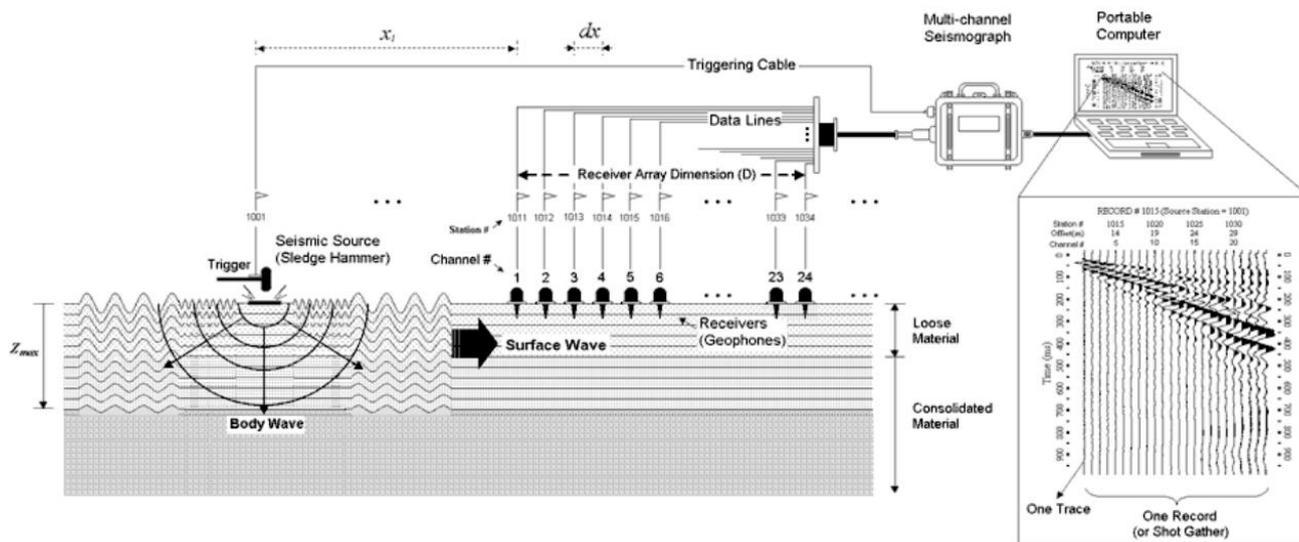
Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidezza.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.



Schema acquisizione dati Masw

Strumentazione utilizzata

Per l'acquisizione dei dati si deve utilizzare un sismografo con le seguenti caratteristiche tecniche minime:

Number of channels	24
Sampler interval	0,296 msec
A/D Conversion	16 bit
Input impedance	1 KOhm
Gain	10 dB - 100 dB, step 1 dB
Saturation tension	+/- 2,3 V

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBEINTALI RELAZIONE E UBICAZIONE	<i>AI 072 PP</i>	
		<i>rev.</i>	<i>data</i>
		00	Giugno 2022
		<i>Pag. 22 di 38 totali</i>	

Saturation level	100 dB
Distorsion	0,01%
Sampler	25 msec (191 points), 50 msec (383 points), 100 msec (756 points), 200 msec (1530 points), 800 msec (6121 points)
Sampling	130 micro/sec
Record lenght	25-50 -10 -20 -400-800 millisec
Filter low pass	from 50 to 950 Hz, step1 Hz
Digital Filter (Fir) low pass	1000-900-800-700-600-500-400-300-200-100-50 Hz
Digital Filter (Fir) high pass	0-25-50-75-100-125-150-175-200-225-250 Hz
Frequency response	7-950 Hz, filter at 950 Hz
Dynamic range	93 dB
Noise	0,66 uV rms, gain = 55 dB
Crosstalk	52 dB, gain = 55 dB
Power	12 V

Sono da utilizzarsi due cavi multicanale (12) per il collegamento con i sensori e 24 geofoni verticali da 4,5 Hz.

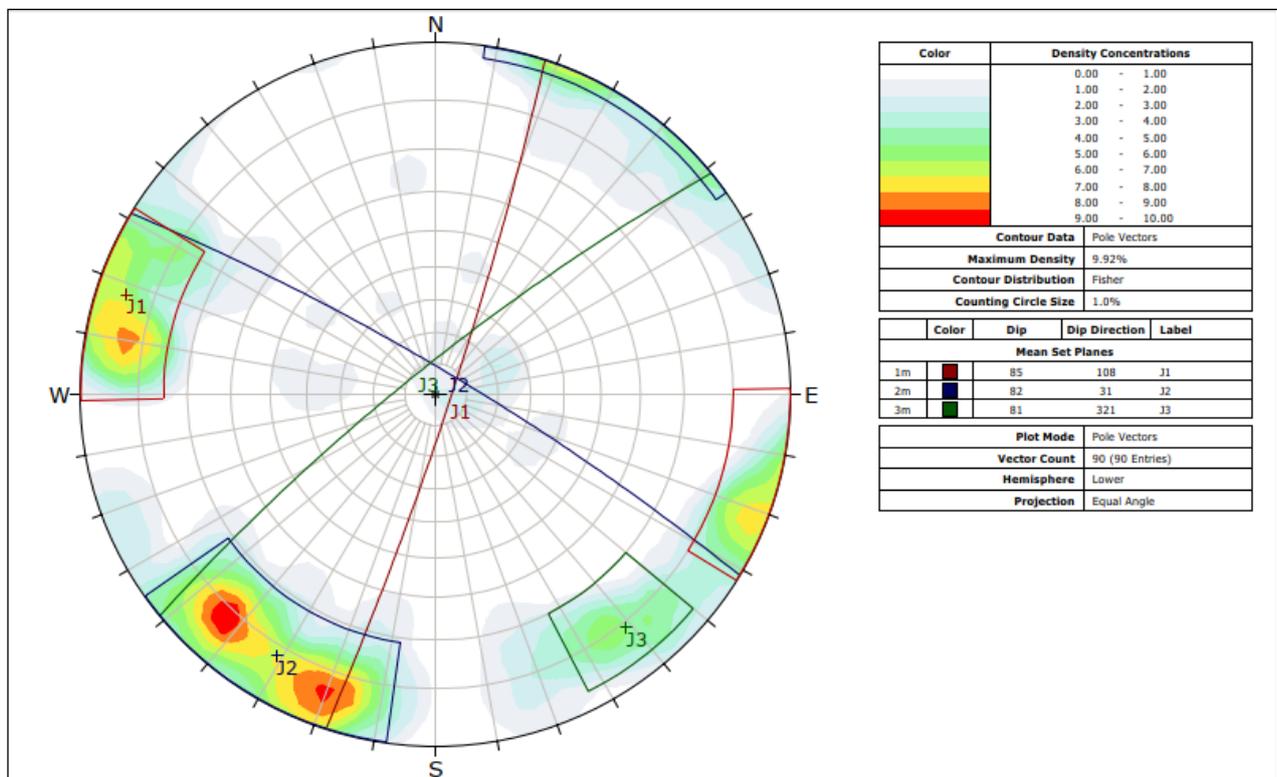
4. INDAGINI GEOMECCANICHE

4.1.1. Rilevamento geomeccanico tradizionale

La completa descrizione dalle caratteristiche litologiche, meccaniche e delle discontinuità che caratterizzano un ammasso roccioso, permette di qualificare lo stesso in termini di stabilità e fattibilità dell'opera.

Il rilevamento geomeccanico, cioè l'analisi strutturale di un ammasso roccioso, è da condurre secondo le raccomandazioni della International Society for Rock Mechanics (1978).

Il primo step passa attraverso la misura dell'orientazione dei piani nello spazio che caratterizzano l'ammasso, definendo due angoli, la direzione di immersione o semplicemente immersione (dip direction in inglese) e l'inclinazione (dip). Nel caso specifico sono stati rilevate numerose giaciture negli affioramenti di trachite ubicati in figura, ai fini di una trattazione statistica dei dati di cui si riporta di seguito la rappresentazione grafica di tali strutture in proiezione stereografica. Le discontinuità rilevate sono state raggruppate in famiglie sulla base della loro giacitura, che per quanto abbiano valori dispersi, costituisce l'intorno di un valore modale caratteristico per ogni singola famiglia.



Stereonet con l'insieme dei piani rilevati in campagna e valori medi di giacitura..

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBEINTALI RELAZIONE E UBICAZIONE		AI 072 PP	
			rev.	data
			00	Giugno 2022
			Pag. 24 di 38 totali	



Esempio di Ubicazione in foto aerea delle aree di rilevamento geomeccanico

La valutazione della resistenza a compressione monoassiale dell'ammasso roccioso v'è condotta in sito adoperando il martello di Schmidt, noto anche come sclerometro per roccia tipo L con energia d'impatto normalmente di 0,075 kgm. Il meccanismo di prova è molto semplice e consiste nel valutare l'indice di rimbalzo definito "R" letto sullo strumento. Questo deve essere impiegato su superfici pulite e lisce, come suggerito dall'ISRM, applicato dove possibile in direzione perpendicolare alla superficie e per gruppi di 10 misure di cui, in fase di elaborazione, vengono scartate le 5 letture più basse e viene stimato il valor medio "r". Inoltre, il valore letto deve essere corretto in funzione dell'angolo formato dallo strumento con l'orizzontale al momento della prova seguendo le indicazioni della figura sotto riportata.



Impulso r	Verso il basso		Verso l'alto		Orizzontale x=0°
	x=-90°	x=-45°	x=+90°	x=+45°	
10	0	- 0.8	-	-	- 3.2
20	0	- 0,9	- 8.8	- 6.9	- 3.4
30	0	- 0.8	- 7.8	- 6.2	- 3.1
40	0	- 0.7	- 6.6	- 5.3	- 2.7
50	0	- 0.6	- 5.3	- 4.3	- 2.2
60	0	- 0.4	- 4.0	- 3.3	- 1.7

Impiego del martello di Schmidt nella foto di sinistra e valori correttivi del rimbalzo R misurato quando questo è usato in posizioni diverse.

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBIENTALI RELAZIONE E UBICAZIONE	AI 072 PP	
		rev.	data
		00	Giugno 2022
		Pag. 25 di 38 totali	

Tra le tante relazioni empiriche per la stima della resistenza a compressione, quella di Miller tende a sovrastimare anche di molto il valore di σ_c come riportato da *Tiriaki et al*, per cui si è scelto di utilizzare la relazione di *Irfan e Dearman (1978)* perché risulta l'equazione che più si adatta a correlare il valore medio del rimbalzo r , con la resistenza a compressione della roccia.

$$\sigma_c = 0.775 \cdot R + 21.3 \quad (\text{Irfan e Dearman, 1978})$$

Il valore calcolato è pari a 50 MPa, indice di una roccia resistente.

R0	Roccia estremamente debole	Intaccata con l'unghia del pollice.	0,25-1,0
R1	Roccia molto debole	Si frammenta con un colpo deciso dato con la punta del martello da geologo; può essere scalfita con il coltello.	1,0-5,0
R2	Roccia debole	Può essere scalfita con difficoltà; un colpo deciso con la punta del martello lascia un'impronta profonda.	5,0-25
R3	Roccia mediamente resistente	Non può essere graffiata o scalfita con il coltello; un campione può essere rotto con un unico colpo deciso del martello.	25-50
R4	Roccia resistente	È necessario più di un colpo di martello per rompere un campione.	50-100
R5	Roccia molto resistente	Sono necessari molti colpi di martello per rompere un campione.	100-250
R6	Roccia estremamente resistente	Il campione può essere solo scheggiato con il martello.	> 250

Valori indice di resistenza a compressione uniassiale in MPa, estrapolati dalle Raccomandazioni dell'ISRM.

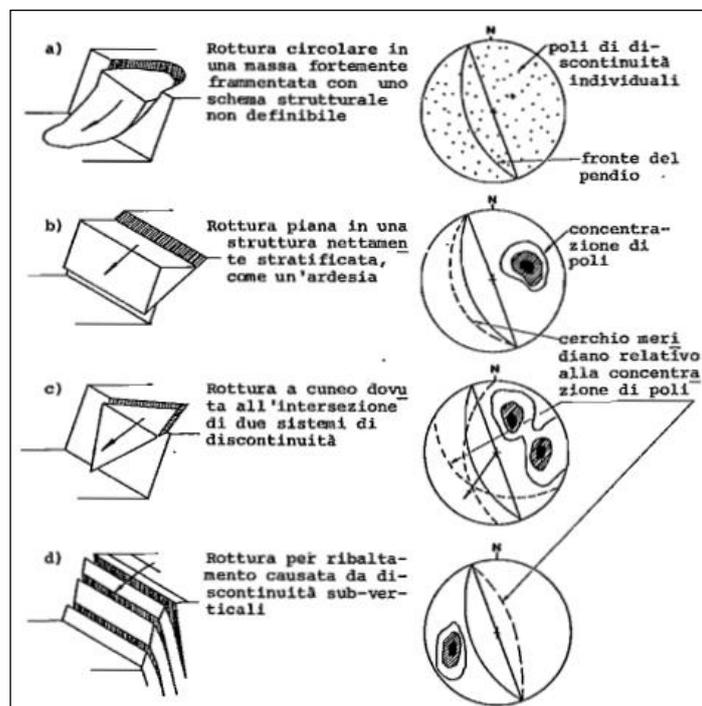
4.1.2. Rilievo aerofotogrammetrico

La fotogrammetria consente di definire la posizione, la forma e le dimensioni di elementi e oggetti utilizzando le informazioni contenute in semplici immagini fotografiche degli stessi elementi, riprese da punti diversi. Le modalità operative per affrontare un rilievo finalizzato alla ricostruzione tridimensionale dell'area di indagine ed alla determinazione delle caratteristiche topografiche dei luoghi studiati sono strettamente legate alle specificità del singolo caso. Inoltre, il risultato che si vuole raggiungere, detta le scelte di campo e l'elaborazione dei dati acquisiti. Si è scelto di operare un rilievo di questo tipo perché permette di acquisire dati ed informazioni in aree difficilmente accessibili, o del tutto precluse a strumentazione terrestre. Il rilievo mediante drone (e la successiva elaborazione delle immagini riprese) permette di acquisire la topografia dei luoghi con un'alta densità di informazioni ed in tempi sensibilmente inferiori rispetto all'uso di strumentazione terrestre impiegata per i medesimi scopi, inoltre, l'impiego di un mezzo aereo permette di acquisire informazioni di aree che potrebbero essere precluse alla "vista" da terra. I moderni software di elaborazione di immagini per la ricostruzione fotogrammetrica sfruttano le informazioni delle immagini per ricostruire la forma 3D degli oggetti seguendo gli algoritmi della tecnica "Structure from Motion". Questa si basa sui principi della fotogrammetria classica integrandoli con le moderne tecnologie di imaging e machine learning su immagini digitali sempre più definite. Il risultato dell'elaborazione è visibile nella figura seguente con cui è stato possibile affinare il rilevamento geomeccanico eseguito alla base della parete rocciosa, estenderlo sull'intero ammasso, analizzando così una quantità di dati maggiore e statisticamente più affidabili.

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBIENTALI RELAZIONE E UBICAZIONE	AI 072 PP	
		rev.	data
		00	Giugno 2022
		Pag. 26 di 38 totali	

4.1.3. Analisi criticità da rilevare

Problemi di stabilità in roccia sono legati in primis all'orientazione dei singoli sistemi di discontinuità. I cedimenti di blocchi lungo un pendio possono avvenire, come illustrato nella Figura seguente, per scivolamento su un piano (fig. b), per scivolamento di uno o più cunei (fig. c), per ribaltamento (fig. d). Lo scivolamento di un piano sotto l'azione della gravità è possibile solo quando il blocco poggia su un piano di discontinuità a franapoggio con inclinazione minore del versante; le condizioni di cedimento possono restare latenti finché, per motivi antropici o naturali, non viene rimosso il vincolo alla traslazione, quindi la resistenza al movimento viene superata non solo lungo la superficie basale ma anche lungo i margini laterali del blocco, il che significa che avviene per rottura della roccia stessa. I cunei di scivolamento si individuano nel caso in cui diversi sistemi di discontinuità si intersecano tra loro delimitando un blocco tetraedrico. Lo scivolamento in tal caso avviene senza altri vincoli topografici o strutturali qualora la linea d'intersezione delle discontinuità affiori lungo il pendio.

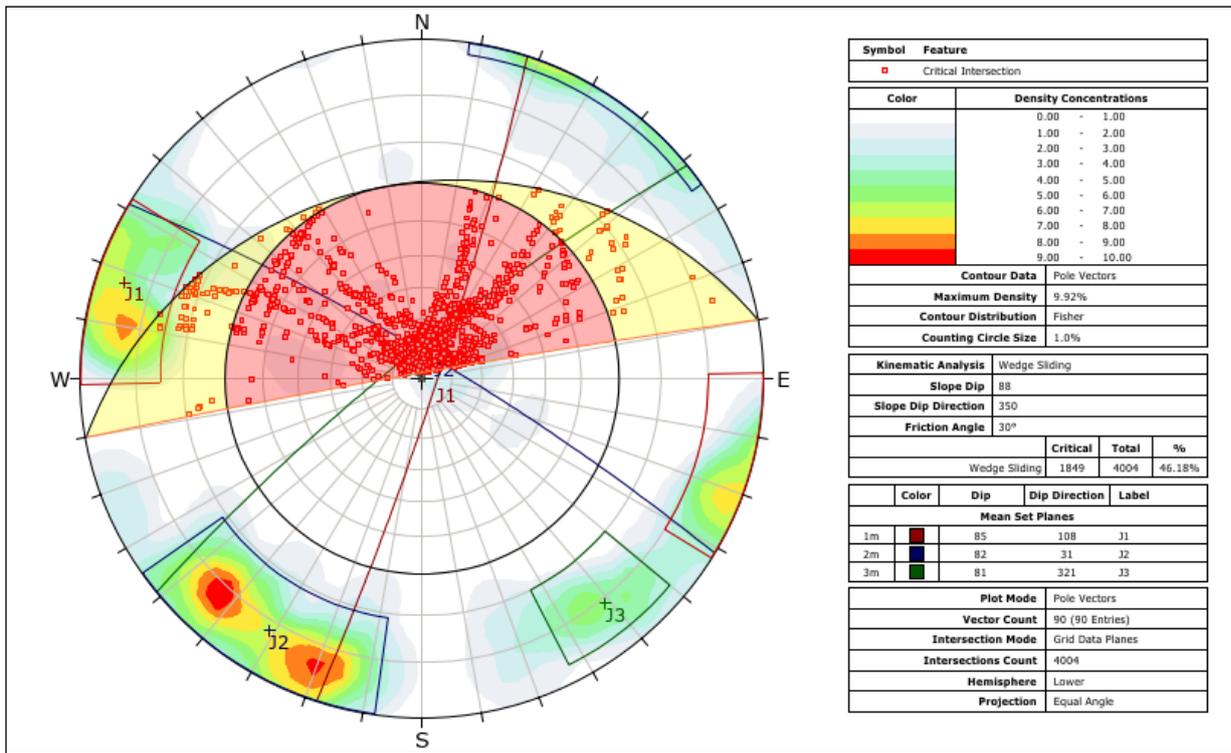


Esempio di possibili modalità di cedimento di un pendio con i relativi dati strutturali riportati su stereoplot.

In primo tentativo è possibile stimare la possibilità che si verifichi un fenomeno di rottura definendone il cinematismo di distacco con il test di Matheson; tale metodo si basa sull'uso delle proiezioni stereografiche di cui sono necessari i seguenti dati:

- Rappresentazione dei piani di discontinuità e stratificazione;
- Giacitura del pendio;
- Vettore normale al piano di discontinuità, rappresentato dal polo del piano;
- Linee d'intersezione tra piani di discontinuità rappresentati in proiezione stereografica da punti.

Il cuneo può scivolare lungo la linea d'intersezione delle due o più discontinuità (ovvero mantenendo il contatto tra facce del cuneo e quelle dei giunti), oppure su una sola discontinuità lungo la direzione di massima pendenza; per stabilire la modalità di scivolamento è possibile, in via preliminare, far ricorso al metodo grafico suggerito da Ocal & Ozgenoglu (1997). Di seguito vengono riportate le elaborazioni eseguite con le proiezioni stereografiche. L'analisi è stata eseguita nelle seguenti ipotesi: ubiquarietà delle discontinuità, planarità e persistenza delle discontinuità, tetraedri rocciosi isolati dai due o tre sistemi di discontinuità sottoposti alla sola azione della gravità. L'angolo di attrito adoperato per la verifica è stato valutato, in assenza di prove di laboratorio, sulla base della classificazione proposta da Barton e riportata nella tabella seguente prendendo come riferimento l'angolo di attrito residuo per un basalto alterato pari cautelativamente a 30°. L'analisi risulta valida per l'area rilevata e ragionevolmente estendibile per la porzione basale dell'ammasso roccioso caratterizzato da rocce trachitiche nelle medesime condizioni.



Esempio Analisi dei possibili cinematismi per scivolamento di cunei rocciosi lungo il versante

Wedge Sliding

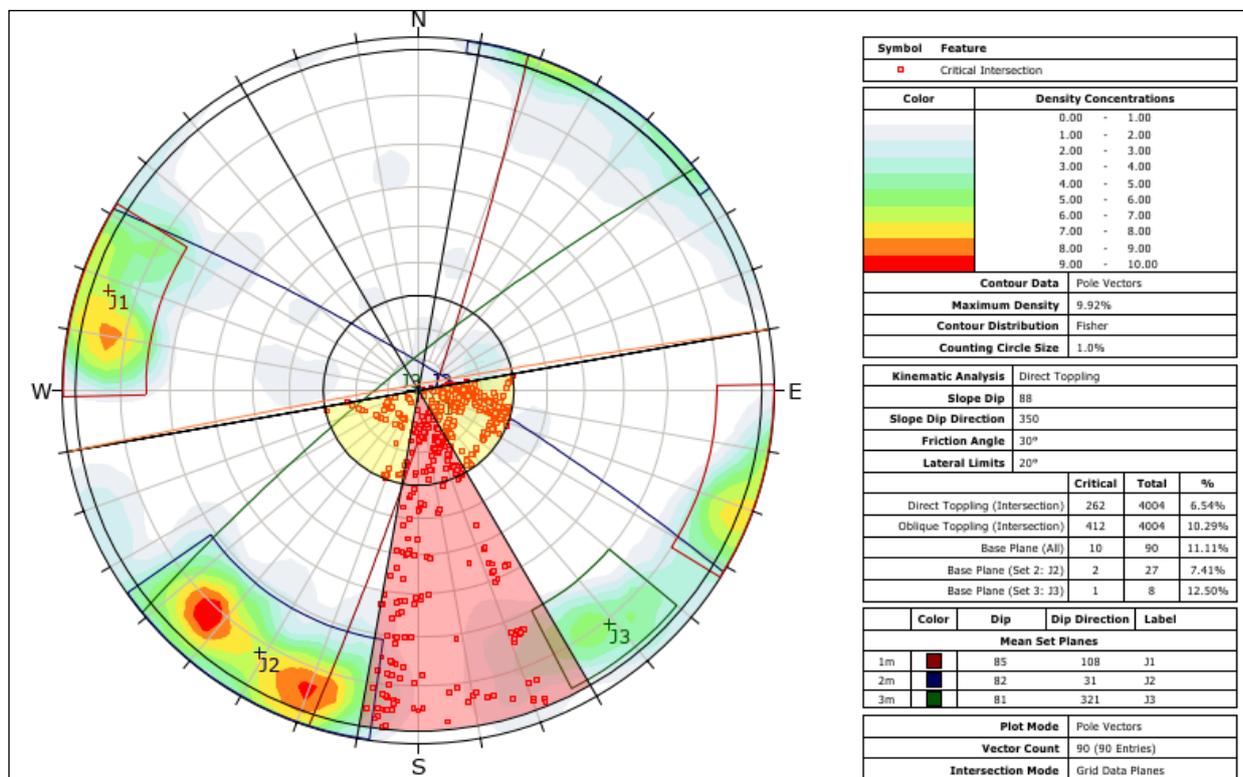
Critical 1 = Wedge Sliding (Both Planes)

Critical 2 = Wedge Sliding (One Plane)

Intersection Type	Critical 1	%	Critical 2	%	Total
Grid Data Plane Intersections	1312	32.77%	537	13.41%	4004
All Set Planes	527	57.53%	180	19.65%	916
Set 1: J1 vs Set 2: J2 Planes	215	39.81%	120	22.22%	540
Set 1: J1 vs Set 3: J3 Planes	155	96.88%	1	0.63%	160
Set 2: J2 vs Set 3: J3 Planes	157	72.69%	59	27.31%	216

Esempio Risultati analisi crollo di cunei di roccia.

Segue esempio di analisi per fenomeni di ribaltamento diretto o crollo puro che si verificano nel caso in cui siano presenti due sistemi di giunti ad alto angolo che si intersecano intercettando il pendio, e un terzo, nel nostro caso il piano di strato, che funge da piano di scorrimento. Per il calcolo sono stati adoperati gli stessi parametri del caso precedente e limite laterale con valore pari a 20° come riportato nelle considerazioni riportate da Goodman, 1980 che stima un range di valori di tali limiti tra i 20 ed i 30°.



Esempio Analisi dei possibili cinematismi per ribaltamento diretto di cunei rocciosi lungo il versante.

L'analisi mostra, come nel caso precedente, due aree critiche evidenziate in colore diverso, la primaria in rosso in cui si possono sviluppare ribaltamenti diretti e la secondaria in giallo (la cui ampiezza è funzione dell'angolo di attrito imposto) che

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli		AI 072 PP	
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		rev.	data
	PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBEINTALI RELAZIONE E UBICAZIONE			
			00	Giugno 2022
			Pag. 29 di 38 totali	

considera il ribaltamento obliquo ovvero il crollo del blocco al di fuori dei limiti laterali definiti. Tutte le intersezioni che ricadono all'interno delle due aree sono considerate ad alto rischio di crollo. Si evince in la maggiore probabilità che il fenomeno di ribaltamento diretto si verifichi nelle condizioni descritte rispetto al caso precedente (scivolamento di cunei di roccia).

Direct Toppling

Base Plane	Critical	%	Total
All Vectors	10	11.11%	90
Set 2: J2	2	7.41%	27
Set 3: J3	1	12.50%	8

Critical 1 = Direct Toppling (Intersection)
 Critical 2 = Oblique Toppling (Intersection)

Intersection Type	Critical 1	%	Critical 2	%	Total
Grid Data Plane Intersections	262	6.54%	412	10.29%	4004
All Set Planes	0	0.00%	155	16.92%	916
Set 1: J1 vs Set 2: J2 Planes	0	0.00%	152	28.15%	540
Set 1: J1 vs Set 3: J3 Planes	0	0.00%	3	1.88%	160
Set 2: J2 vs Set 3: J3 Planes	0	0.00%	0	0.00%	216

Risultati analisi ribaltamento di cunei di roccia.

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBEINTALI RELAZIONE E UBICAZIONE	AI 072 PP	
		rev.	data
		00	Giugno 2022
		Pag. 30 di 38 totali	

5. INDAGINI AMBIENTALI

I sondaggi di tipo ambientale per il prelievo di campioni di suolo, sottosuolo, materiale di riporto inquinato o rifiuti dovranno garantire il campionamento in continuo di tutto il terreno interessato dalla perforazione, garantendo il minimo disturbo del terreno stesso. Oltre alle raccomandazioni già descritte nella procedura sondaggi geognostici, le operazioni di perforazione dovranno essere condotte a velocità ridotta per evitare il surriscaldamento del terreno e la volatilizzazione delle sostanze leggere e rigorosamente a secco, mantenendo le "battute" di dimensioni omogenee e non superiori a 50 cm.

Al fine di evitare l'immissione di contaminanti di superficie in profondità, si dovranno sostenere le pareti del foro con tubazione di rivestimento provvisoria. Per l'inserimento di tale tubazione è possibile utilizzare acqua non contaminata o dalle caratteristiche chimiche determinate attraverso accertamenti analitici.

In caso di perforazioni profonde si dovrà eseguire il sondaggio garantendo l'innesto del substrato impermeabile non alterato per almeno 50 cm.

In caso di perforazioni superficiali si dovrà spingere l'avanzamento almeno 100 cm al di sotto degli strati inquinati.

E' necessario segnalare ogni venuta d'acqua durante il corso della perforazione, registrando la quota di rinvenimento e la quota di stabilizzazione del livello statico.

5.1. **Decontaminazione delle attrezzature per il prelievo**

Gli strumenti e le attrezzature impiegate nelle operazioni devono garantire l'integrità delle caratteristiche delle matrici ambientali, dei materiali di riporto e la concentrazione delle sostanze contaminanti. Le operazioni di prelievo dei campioni devono essere compiute evitando la diffusione della contaminazione nell'ambiente circostante e nella matrice ambientale campionata.

Si deve controllare l'assenza di perdite di olii, di lubrificanti e di altre sostanze dai macchinari, impianti e da tutte le attrezzature utilizzate. Nel caso di perdite, bisogna verificare che queste non provochino contaminazione del terreno. Bisogna comunque riportare ogni evento nel rapporto di cantiere giornaliero.

Si dovrà predisporre un'area delimitata per la decontaminazione delle attrezzature di lavoro: tale area dovrà essere impermeabilizzata utilizzando teli e sarà ubicata ad una distanza dal foro tale da evitare la diffusione dell'inquinamento alle matrici campionate.

Gli utensili utilizzati dovranno essere decontaminati alla fine di ciascuna verticale, tramite vapore o acqua calda in pressione (idropulitrice).

In caso di pioggia è necessario garantire che il campione non sia modificato dal contatto con le acque meteoriche.

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBEINTALI RELAZIONE E UBICAZIONE	<i>AI 072 PP</i>	
		<i>rev.</i>	<i>data</i>
		00	Giugno 2022
		<i>Pag. 31 di 38 totali</i>	

5.2. Operazioni di prelievo e trattamento del materiale prelevato

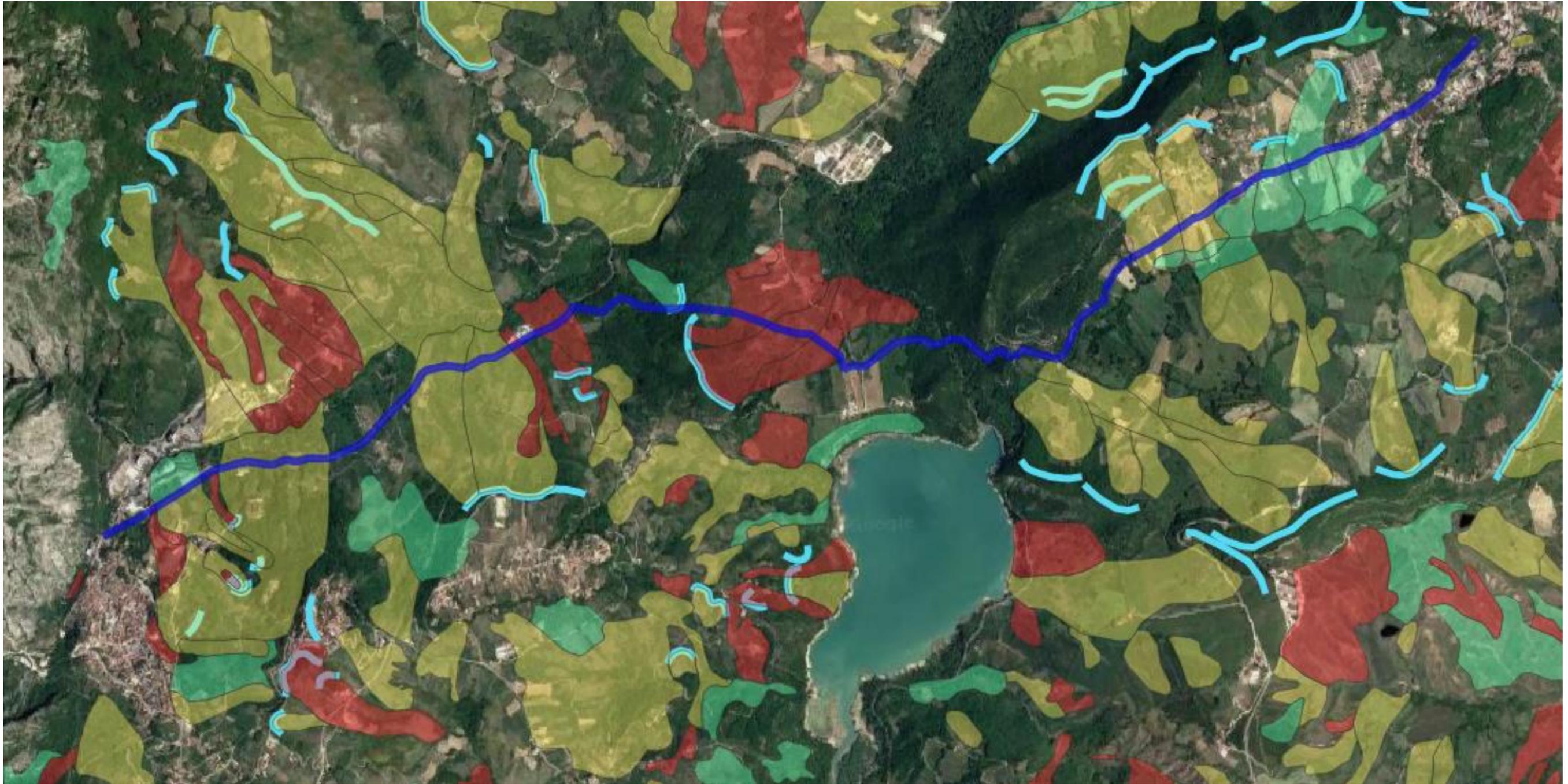
Per il prelievo di campioni, nel caso di sondaggi ambientali, i criteri da adottare devono assolutamente garantire la determinazione della concentrazione delle sostanze inquinanti in ogni strato omogeneo di materiale solido e la separazione dei materiali che si distinguono per evidenze di inquinamento o per caratteristiche organolettiche, chimico-fisiche e litologico-stratigrafiche.

Sarà dunque necessario:

- estrarre il materiale raccolto per mezzo del carotiere senza ricorrere a liquidi e disporlo in una canaletta di PE, mantenendone inalterate le caratteristiche stratigrafiche. Date le caratteristiche degli inquinanti, al fine di non produrre perdite dei prodotti più volatili, sarà conveniente prelevare il campione immediatamente dopo l'estrazione dal carotiere dal cuore della carota;
- descrivere, oltre alla stratigrafia, eventuali evidenze visive e/o olfattive di inquinamento e prelevare il campione alloggiandolo in apposito contenitore.

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli		<i>AI 072 PP</i>	
	<i>rev.</i>	<i>data</i>		
	00	Giugno 2022		
	PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBEINTALI RELAZIONE E UBICAZIONE		<i>Pag. 32 di 38 totali</i>	

6. UBICAZIONE PLANIMETRICA DELLE INDAGINI GEOTECNICHE



Planimetria generale con sovrapposte le aree PAI; in blu il percorso; seguono dettagli con posizionamento indagini

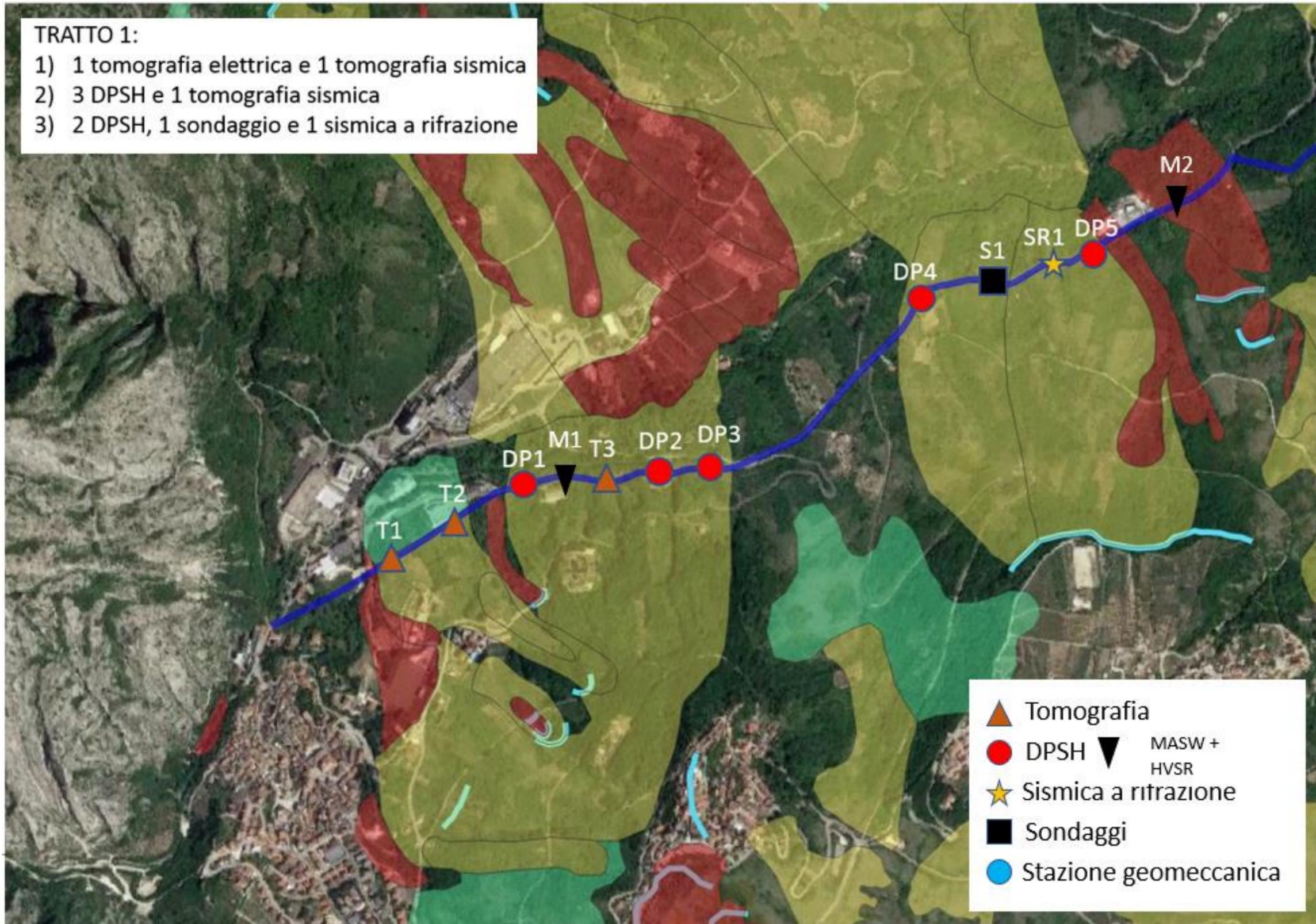


AI 072 PP	
rev.	data
00	Giugno 2022

Pag. 33 di 38 totali

TRATTO 1:

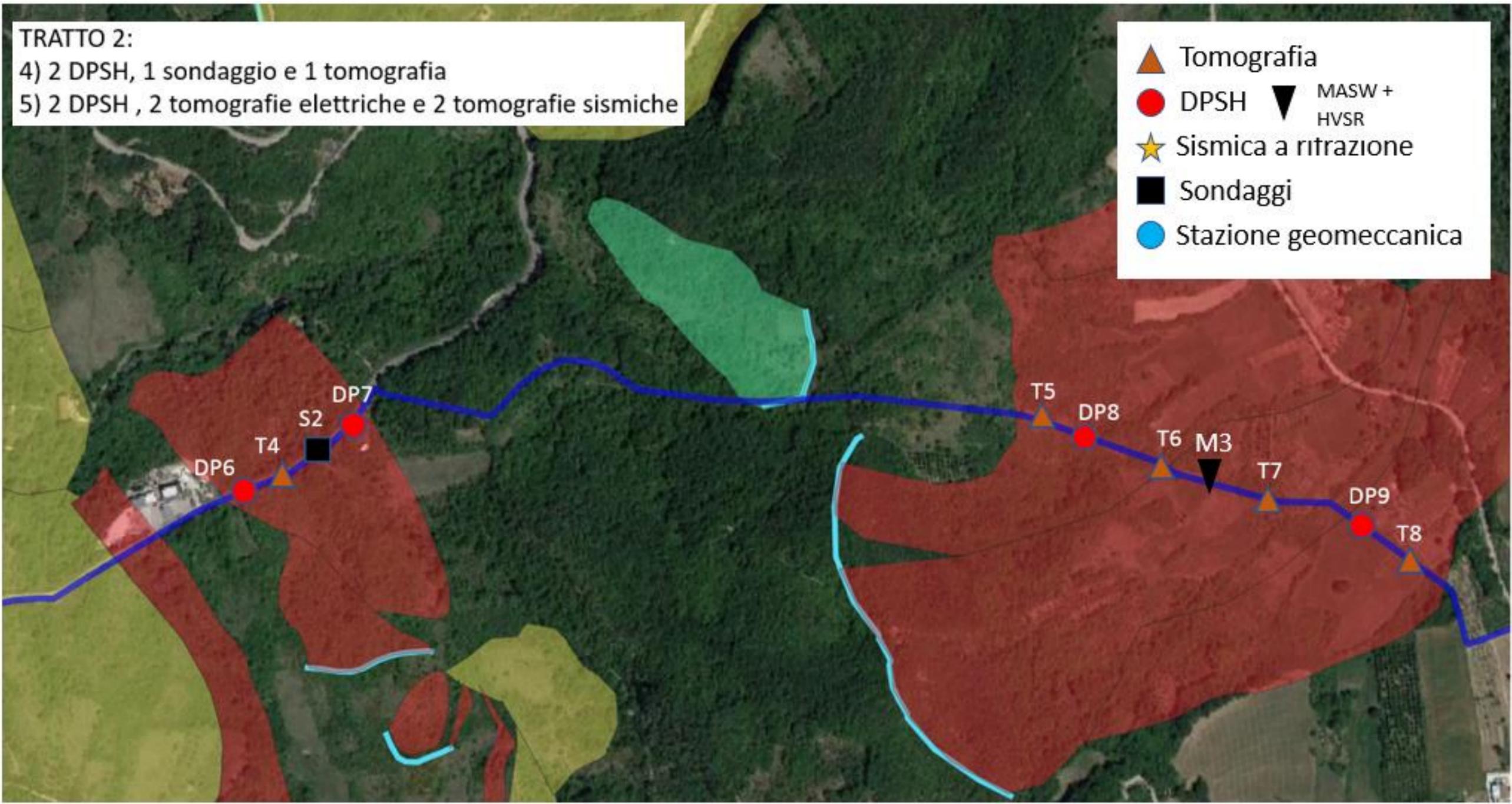
- 1) 1 tomografia elettrica e 1 tomografia sismica
- 2) 3 DPSH e 1 tomografia sismica
- 3) 2 DPSH, 1 sondaggio e 1 sismica a rifrazione



TRATTO 2:

- 4) 2 DPSH, 1 sondaggio e 1 tomografia
- 5) 2 DPSH , 2 tomografie elettriche e 2 tomografie sismiche

	Tomografia
	DPSH
	MASW + HVSR
	Sismica a ritrazione
	Sondaggi
	Stazione geomeccanica

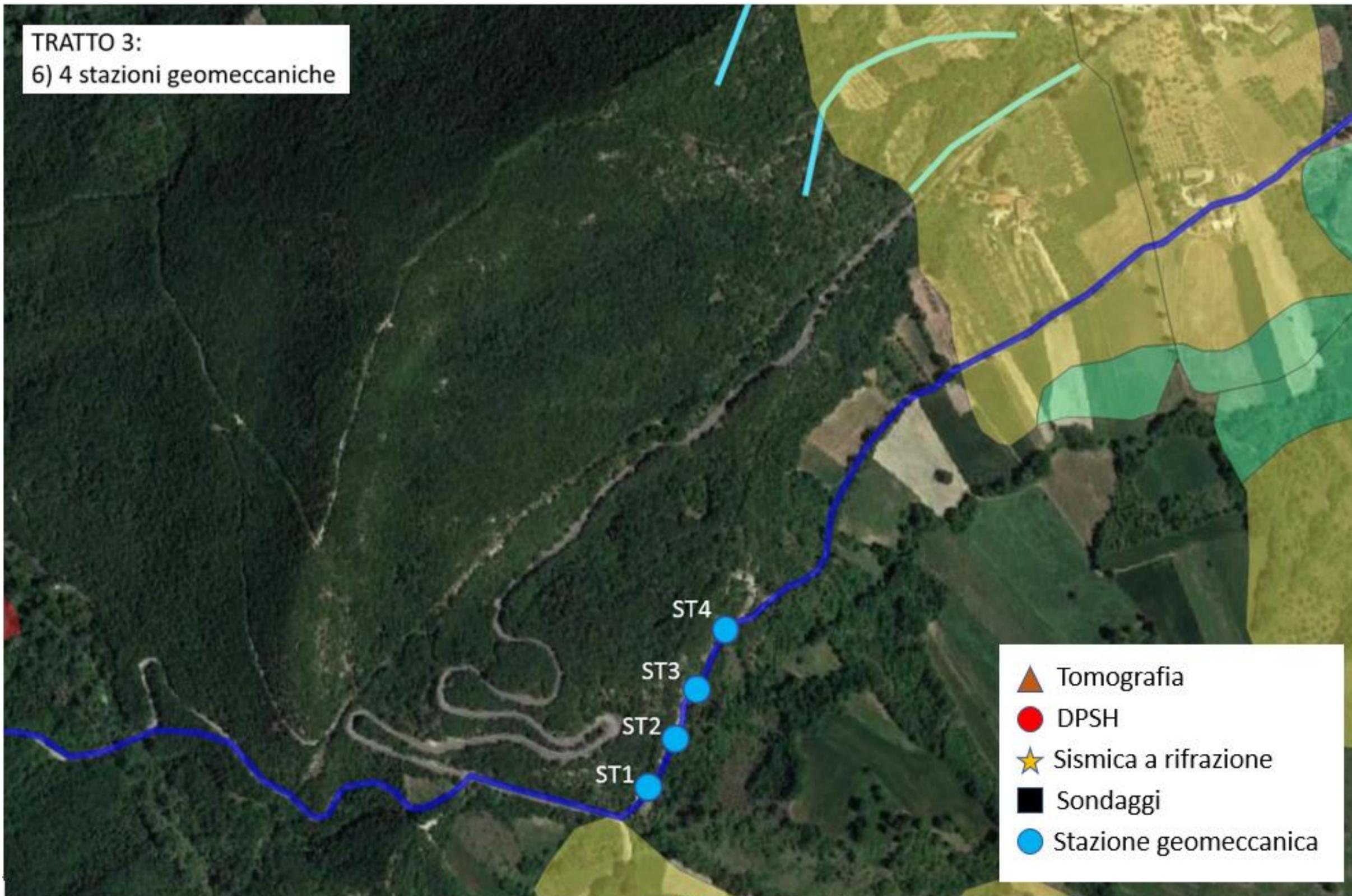




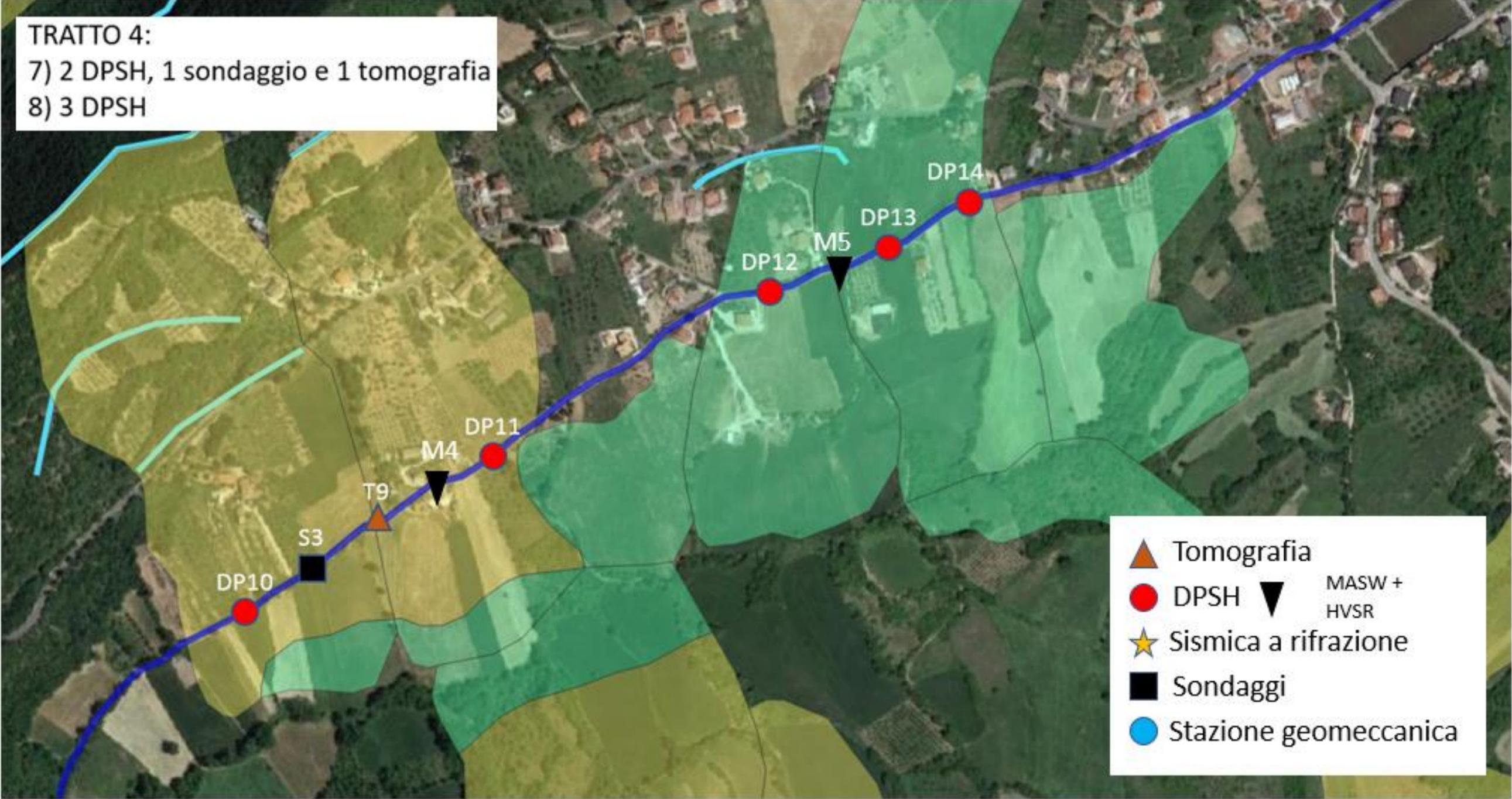
AI 072 PP	
rev.	data
00	Giugno 2022

Pag. 35 di 38 totali

TRATTO 3:
6) 4 stazioni geomeccaniche



TRATTO 4:
 7) 2 DPSH, 1 sondaggio e 1 tomografia
 8) 3 DPSH



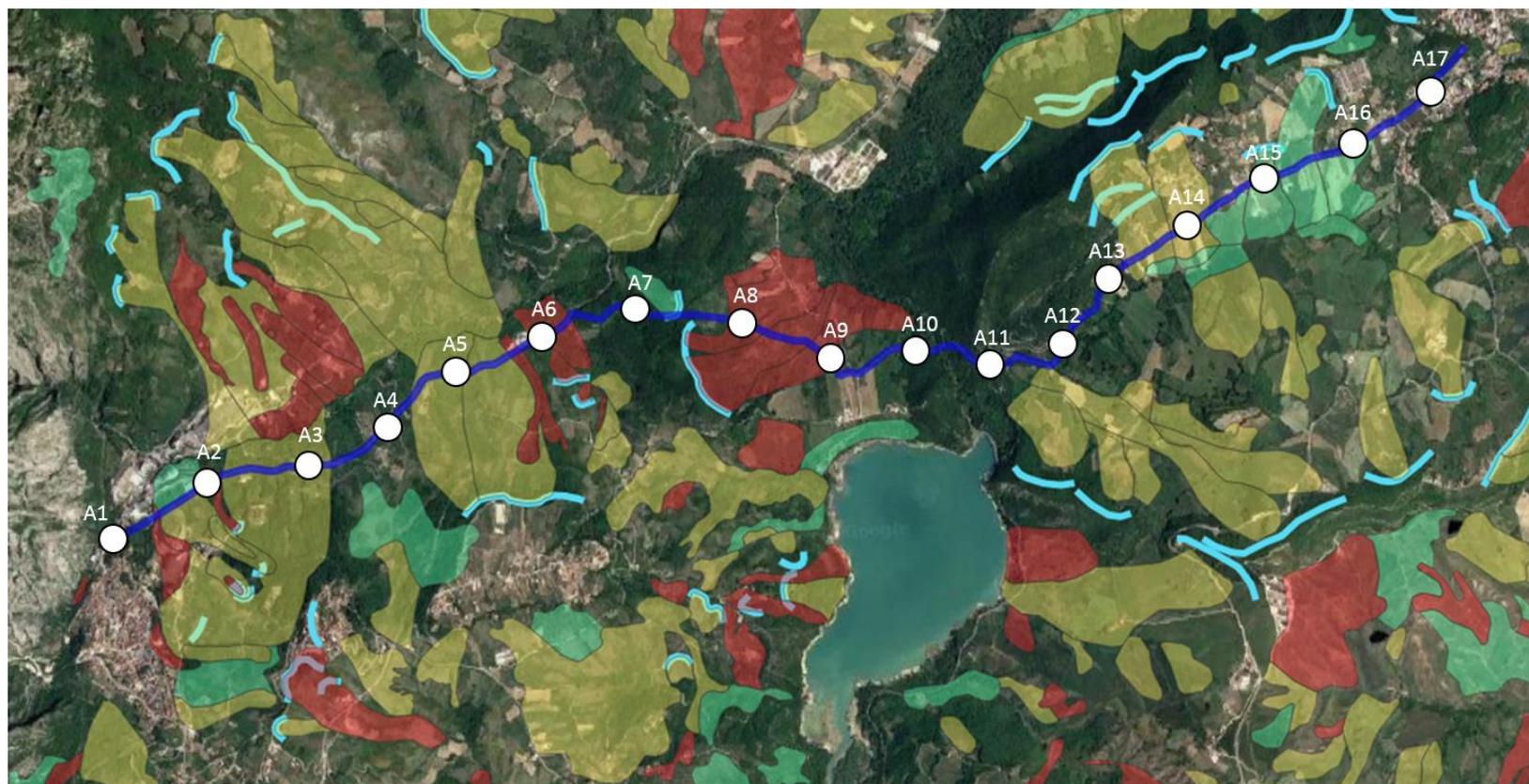
	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBEINTALI RELAZIONE E UBICAZIONE	<i>AI 072 PP</i>	
		<i>rev.</i>	<i>data</i>
		00	Giugno 2022
		<i>Pag. 37 di 38 totali</i>	

7. RIEPILOGO METODOLOGIE D'INDAGINE GEOTECNICHE

	Tipo di indagine	Profondità minima
TRATTO 1	3 Tomografie	15/20 m
	5 DPSH	15 m o a rifiuto
	1 Sondaggio	20 m
	1 Sismica a rifrazione	15/20 m
	2 MASW + HVSR	30/50 m
TRATTO 2	5 Tomografie	15/20 m
	4 DPSH	15 m o a rifiuto
	1 Sondaggio	20 m
	1 MASW + HVSR	30/50 m
TRATTO 3	4 Stazioni geomeccaniche	
TRATTO 4	1 Tomografia	15/20 m
	5 DPSH	15 m o a rifiuto
	1 Sondaggio	20 m
	2 MASW + HVSR	30/50 m

	Riefficientamento dell'opera di presa "Sorgente Verde" e potenziamento della capacità di trasporto della risorsa idrica I stralcio funzionale Fara San Martino – Casoli PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBIENTALI RELAZIONE E UBICAZIONE	AI 072 PP	
		rev.	data
		00	Giugno 2022
		Pag. 38 di 38 totali	

8. UBICAZIONE PLANIMETRICA DELLE INDAGINI AMBIENTALI



Tipo di indagine	Profondità minima	Campioni ambientali
17 Sondaggi ambientali	2 m	0.0-1.0 & 1.0-2.0