



COMUNE DI CASOLA VALSENIIO (PROVINCIA DI RAVENNA)

Piano di coltivazione e di sistemazione finale della cava "Raggi di Sopra"

Progettista Responsabile
STUDIO SETA s.r.l.
Ing. MASSIMO ALBERTI
Viale Risorgimento, 2 - 48018 Faenza (RA)

Consulenza agronomica e forestale
STUDIO VERDE
Dott. Agr. ALBERTO BELOSI
Via Galvani, 4 - 47122 Forlì (FC)

Consulenza geologica
Dott. MASSIMILIANO FLAMIGNI
Via F.lli Rosselli, 31 - 47121 Forlì (FC)

Consulenza d'impatto acustico
Ing. MICAELA MONTESI
C.so D. Baccarini, 7 - 48018 Faenza (RA)

Consulenza topografica
GEOPROGET associati
Geom. CORRADO CATTABRIGA
Via Emilia, 360 - 40026 Imola (BO)

Proprietaria e proponente



Denominazione

RELAZIONE GEOLOGICA

File	Disegnatore	LT-scale	Fatt. Plott.	Pratica	Elaborato
	--			SVI00-A	16
Dott. MASSIMILIANO FLAMIGNI Via F.lli Rosselli, 31 - 47121 Forlì (FC)			DATA		DOCUMENTO
			Ottobre 2021		16
			SCALA		TOT. DOCUMENTI
					30

INDICE

1	PREMESSA.....	3
1.1	PRINCIPALI NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	3
1.2	ALLEGATI.....	4
2	AREA INTERESSATA DAL PROGETTO.....	6
2.1	ZONIZZAZIONE ESTRATTIVA.....	6
2.2	INDIVIDUAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO.....	6
2.3	PRINCIPI VINCOLI DI "CARATTERE GEOLOGICO".....	6
2.4	INFRASTRUTTURE PERTINENZIALI PRESENTI NELL'AREA DI CAVA	8
2.5	PASSATA ATTIVITA' ESTRATTIVA.....	8
2.6	VIABILITA'.....	9
3	SITUAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA.....	10
3.1	STATO ATTUALE DELL'AREA, GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....	10
3.2	INDAGINI ESEGUITE E RILIEVI EFFETTUATI.....	15
3.3	GIACITURE DEGLI STRATI.....	16
3.4	SEZIONI STRATIGRAFICHE.....	16
4	ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE.....	17
5	STIMA DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI TERRENI.....	17
5.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI PRESENTI NEL GIACIMENTO..	19
6	PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA.....	22
6.1	INDAGINI GEOFISICHE.....	24
6.2	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO.....	24
6.3	CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	25
6.4	RISCHIO DI LIQUEFAZIONE CICLICA.....	25
6.5	VALUTAZIONE DEI PARAMENTRI SISMICI.....	26
7	ACCORGIMENTI DA ADOTTARE DURANTE LA COLTIVAZIONE.....	29
7.1	QUANTITATIVI DI MATERIALE DA ESTRARRE.....	29
7.2	SUPERFICI INTERESSATE DALLE LAVORAZIONI DI COLTIVAZIONE	29

7.3 MODALITA' DI COLTIVAZIONE.....	29
7.4 MODALITA' DI ACCUMULO DEI MATERIALI DI SCARTO.....	30
7.5 GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE DURANTE LE FASI DI COLTIVAZIONE.....	31
8 SISTEMAZIONE FINALE.....	32
8.1 ANALISI DI STABILITA' SULLE SCARPATE SIGNIFICATIVE.....	32
8.2 REGIMAZIONE IDRICA.....	42
9 CONCLUSIONI.....	44

1 PREMESSA

Su incarico della R.D.S. S.r.l. (Raggi di Sopra s.r.l.) con sede in via Cipolla n. 48 ad Imola, è stata eseguita un'accurata indagine geologica su un'area catastalmente distinta al foglio 10 mappali 9, 10, 11 p.p., 13, 20, 21 e 151 p.p. del Comune di Casola Valsenio (RA) e su un adeguato intorno, finalizzata alla predisposizione della documentazione geologica necessaria alla prosecuzione della coltivazione della cava di sabbia denominata "Raggi di Sopra", oramai interrotta da oltre un decennio, ed alla sistemazione finale del sito oggetto di attività estrattiva.

Per questo lavoro si è proceduto:

- al reperimento ed organizzazione dei dati disponibili (ricerca di dati geognostici esistenti, delle cartografie di base e tematiche disponibili),
- ad un sopralluogo sull'area con rilievo geologico di superficie per verifica dell'assetto strutturale desumibile dalla carta geologica e rilievo di n° 2 sezioni stratigrafiche,
- all'organizzazione ed all'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche e geofisiche comprendente n° 6 prove penetrometriche dinamiche con penetrometro medio, n° 6 indagini sismiche passive a stazione singola con misura del rumore ambientale con tromografo sismico (TROMINO©) e metodologia HVSR e n° 1 indagine sismica a rifrazione con metodologia MASW,
- al prelievo di n° 5 campioni alcuni dei quali sono stati sottoposti ad analisi granulometrica,
- all'elaborazione ed analisi dei dati ed alla stesura della presente relazione.

1.1 PRINCIPALI NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Decreto 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni",

- R.D.L. 30 dicembre 1923 n. 3267 e successive integrazioni e modificazioni - Vincolo Idrogeologico,
- Piano Stralcio per il bacino del Torrente Senio – Revisione generale,
- L.R. 18 luglio 1991, n. 17 – Disciplina delle attività estrattive.

1.2 ALLEGATI

Costituiscono parte integrante della presente relazione i seguenti allegati:

- Inquadramento corografico dell'area di interesse,
- Inquadramento topografico dell'area di intervento,
- Carta geologica dell'area sviluppata (ridisegnata per adattarla alla morfologia attuale) sulla base di quella pubblicata dalla Regione Emilia-Romagna con individuazione dei punti di esecuzione delle indagini disponibili e traccia delle sezioni geologiche,
- Sezioni geologiche schematiche,
- Estratto di mappa dell'inventario del dissesto della Regione Emilia-Romagna,
- Fotografia aerea dell'area (AGEA, 2008) con individuazione dei punti di esecuzione delle indagini eseguite, dello stendimento MASW, dei punti di rilievo delle sezioni stratigrafiche e dei rilievi effettuati sulle giaciture degli strati,
- Sezioni stratigrafiche,
- Sezione litotecnica ricostruita sulla base degli esiti delle indagini eseguite,
- Esiti delle indagini disponibili – sondaggi effettuati in occasione dell'originario piano di coltivazione.

Sono inoltre allegati alla presente relazione, nell'elaborato "Relazione geologica e sismica - Cava Raggi di Sopra – Allegati":

- Relazione sugli esiti delle prove penetrometriche dinamiche eseguite per

questo studio,

- Relazione sull'esito delle indagini geofisiche (HVSR e MASW) eseguite per questo studio,
- Esiti delle analisi di laboratorio effettuate.

2 AREA INTERESSATA DAL PROGETTO

2.1. ZONIZZAZIONE ESTRATTIVA

L'area in esame è inserita nel Piano Infraregionale delle Attività Estrattive (P.I.A.E.) della Provincia di Ravenna dove è indicata come cava "Raggi di Sopra" ed è individuata come ambito comunale per l'estrazione di sabbia di monte.

A livello di "pianificazione comunale" l'area è inserita nel P.A.E. redatto in forma associata dei Comuni di Brisighella, Casola Valsenio e Riolo Terme.

L'area totale considerata nel P.A.E. è di circa 68000 mq che si riducono, considerando le aree di rispetto e quelle contigue al Parco della Vena del Gesso, a circa 49500 mq. L'area di reale interessata dalle lavorazioni tuttavia, stante i modestissimi volumi di scavo previsti nell'ambito del piano di coltivazione e sistemazione si svilupperà su un'estensione molto più limitata.

2.2. INDIVIDUAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area della cava Raggi di Sopra si trova lungo lo spartiacque fra il Torrente Senio e il Fiume Santerno, a nord dell'abitato di Casola Valsenio, in località "Raggi di Sopra". Sulle cartografie ufficiali della regione Emilia-Romagna (Tavole 1 e 2) l'area di intervento è individuabile:

- sulla Tavoletta, in scala 1:25.000, 238 SE – Casola Valsenio,
- sull'Elemento, in scala 1:5.000, 238164 – Prugno.

Sulle planimetrie catastali del Comune di Casola Valsenio l'area è individuabile sul Foglio 10, mappali 151 p.p. (particella interessata dalle operazioni di coltivazione) e mappali 13 e 20 (interessati solamente dagli interventi di sistemazione).

2.3. PRINCIPALI VINCOLI DI "CARATTERE GEOLOGICO"

L'area di intervento rientra fra quelle sottoposte a vincolo idrogeologico (vedi figura 1) ai sensi del R.D. 3267/1923 pertanto l'intervento dovrà essere preventivamente autorizzato dall'Ente territorialmente competente (Unione della Romagna Faentina).

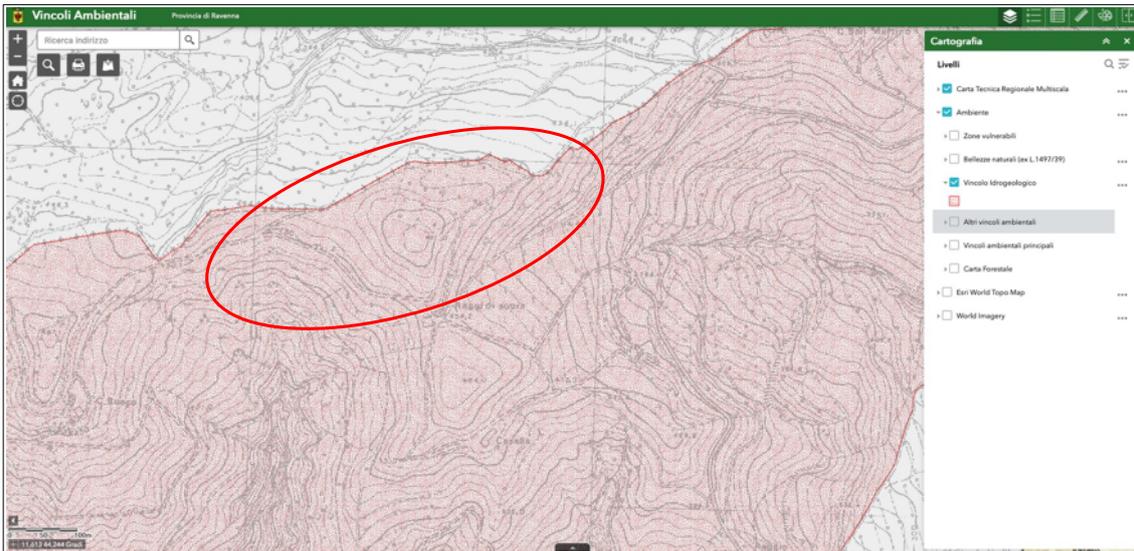


Figura 1: Schermata Webgis della Provincia di Ravenna che individua le aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico (in colore). L'ellisse rossa individua l'area del PAE interessata dall'intervento.

Sulla figura 2 è rappresentato uno stralcio della Tavola 1 del Piano stralcio per il bacino del torrente Senio - Revisione Generale – Carta del rischio nel territorio del bacino montano.

Su tale mappa l'area interessata dalla cava zonizzata sul P.A.E. “tocca” differenti Unità Idromorfologiche Elementari (d’ora innanzi U.I.E.) delle quali una (quella più occidentale) risulta classificata a rischio frana medio (R2).

In realtà le passate operazioni di coltivazione hanno ribassato l’area di cava modificando sostanzialmente lo spartiacque che localmente separa le U.I.E. a differente grado di rischio.

Ad oggi la zona interessata dall’intervento di coltivazione e sistemazione finale (che ha una superficie molto inferiore rispetto all’intera area zonizzata) è in realtà tributaria di una delle U.I.E. non classificata fra quelle a rischio. In area R2 resta l’area forestale esistente ed alcune aree a prato che tuttavia non saranno oggetto di futuri interventi di “interesse geologico”.

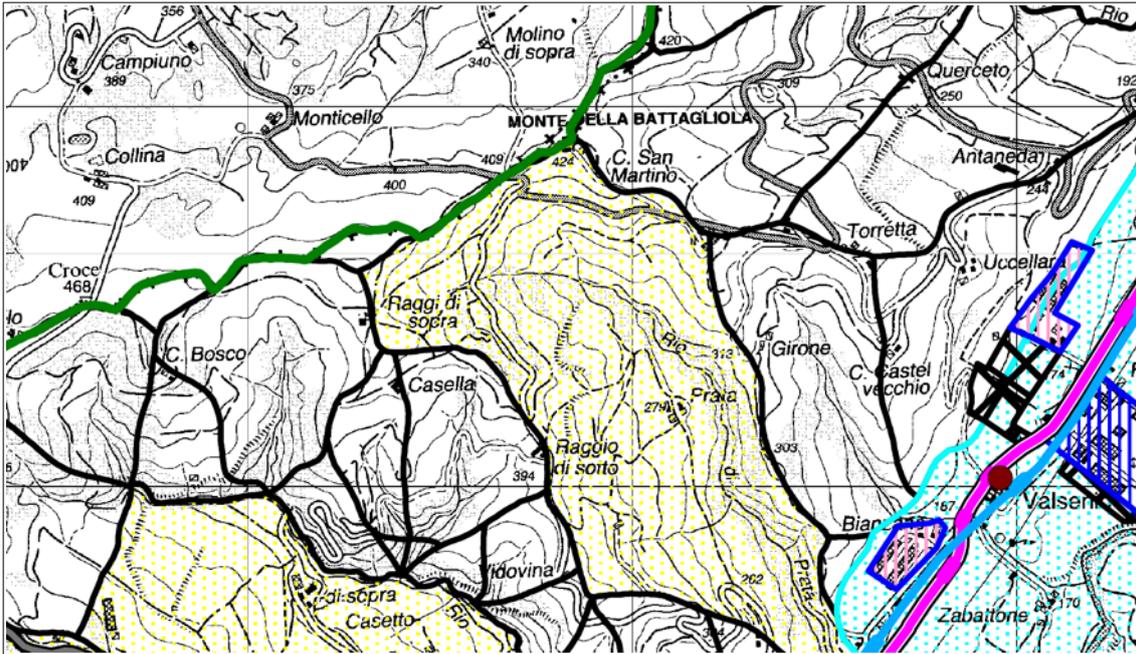


Figura 2: Stralcio della Tavola 1 del Piano stralcio per il bacino del torrente Senio Revisione Generale – Carta del rischio nel territorio del bacino montano

2.4. INFRASTRUTTURE PERTINENZIALI PRESENTI NELL'AREA DI CAVA

Attualmente l'area di cava è inattiva da lungo tempo (ultima proroga concessa al piano di coltivazione è risalente al 2012) e le infrastrutture viarie presenti al suo interno (piste di accesso e di cantiere connesse ai lavori di coltivazione) presentano un fondo irregolare e sconnesso a causa dell'erosione da scorrimento idrico superficiale .

Anche la strada di accesso alla cava, in particolare nel tratto di proprietà di R.D.S., necessita di modesti interventi di manutenzione (contenimento della vegetazione laterale, modesti livellamenti del piano viabile) poiché parzialmente ammalorata a causa del lungo periodo di inutilizzo.

2.5 PASSATA ATTIVITA' ESTRATTIVA

L'area è stata, in passato (dal 1993), oggetto di coltivazione da parte della "vecchia proprietà" C.E.S.I. (Cooperativa Edil Strade Imolese) a.r.l.

La coltivazione nell'area si è tuttavia interrotta, nel 2009, per non riprendere più e l'area è stata abbandonata nello stato in cui si trovava senza che fosse

terminata la coltivazione prevista e senza che fossero realizzati particolari interventi di sistemazione.

Al centro dell'area di cava è oggi presente un cumulo di sabbia estratto nel corso delle precedenti operazioni di coltivazione, caratterizzato da scarpate molto acclivi e spesso instabili, che ha un volume di circa 13000 mc.

Nella parte orientale dell'area di cava è presente un esteso cumulo di materiale di scarto (inerte) costituito da massi arenacei duri ("botroidi e cogoli") da blocchi arenacei, siltiti e marne più o meno disgregati dall'azione degli agenti meteorici. Da ultimo si segnala che nel 2012 era stato presentato dalla C.E.S.I. a.r.l. un nuovo Piano di Coltivazione e sistemazione finale della "Cava Raggi di Sopra" che avrebbe comportato l'escavazione di centinaia di migliaia di metri cubi di materiale ma che, sebbene "approvato tecnicamente", non era giunto alla firma di alcuna convenzione.

2.6. VIABILITA'

L'accesso all'area di cava avverrà, come è sempre stato, attraverso la viabilità esistente pubblica, (S.P. 70) e attraverso strade vicinali e private.

3 SITUAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

3.1 STATO ATTUALE DELL'AREA, GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Ad oggi l'area di cava si presenta come un "vasto anfiteatro" subpianeggiante (se si escludono gli accumuli di materiali di scarto e le sabbie già cavate e non alienate dalla precedente gestione) caratterizzato dalla presenza di formazione rocciosa affiorante, o dalla presenza di un sottile stato di regolite (sabbie addensate) al di sopra della formazione stessa, e delimitato da scarpate, in molti casi con formazione affiorante, contraddistinte da rigetti (dislivelli) e pendenze assai variabili (da pochi decimetri ad alcuni metri e da poche decine di gradi fino a subverticali).

Le rocce presenti nell'area, in accordo con quanto rappresentato sulla carta geologica pubblicata dalla Regione Emilia-Romagna (vedi Tavola 3), appartengono alla Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola – Membro di Fontanelice.

Si tratta di una litofacies prevalentemente arenacea con arenarie quarzoso feldspatiche, micacee (muscovite e biotite), poco cementate, e facilmente disgregabili.

Le analisi granulometriche (vedi l'allegato contenete le analisi di laboratorio) effettuate sia su un campione di roccia che su uno di "regolite sabbiosa" (sabbia ocra superficiale derivante dalla disgregazione della roccia stessa) indicano che si tratta di "sabbie con limo" (sabbia 78% – 80% e limo 20% – 22%).

Le analisi calcimetriche effettuate sul campione lapideo indicano un tenore di carbonati totali variabile dal 12% al 15% a testimonianza della più volte citata scarsa cementazione. Proprio la scarsa cementazione rende questo particolare orizzonte della Formazione Marnoso-Arenacea idoneo alla coltivazione e commercializzazione del materiale che viene venduto come "sabbia di monte" o "sabbia tipo tufo".



Figura 3: Accumulo di materiali di scarto zona orientale area di cava.

Lungo la successione si rinvennero orizzonti decimetrici di arenarie grigie, quarzoso feldspatiche, molto dure (fortemente cementate), talora convolute caratterizzate da un tenore di carbonati pari al 42% e da un bassissimo valore di porosità ($\approx 2\%$).

In alternanza con le arenarie si rinvennero anche orizzonti limoso-argillosi, talora convoluti, scarsamente cementati e argille marnose che, non essendo commercializzabili, durante le operazioni di scavo venivano scartati e accumulati in varie zone dell'area di cava dove si trovano ancora oggi (figura 3).



Figura 4: Cogoli e botroidi diffusamente presenti sul piano di cava.

All'interno della successione sono diffusamente presenti (figura 4) "botroidi" e "cogoli" (elementi arenacei di forma "botroidale" [a grappolo] o subsferica caratterizzati da una elevata cementazione e quindi molto più duri e resistenti delle arenarie in cui sono incassati) sia "in posto", e in tal caso sono stati portati a giorno nel periodo di "abbandono della cava" dall'erosione idrica differenziale in ragione del diverso grado di cementazione, che in cumuli, dove sono stati accatastati (assieme agli altri materiali di scarto) nel corso delle passate operazioni di coltivazione.

Al centro dell'area di cava è presente un accumulo di materiale sabbioso (circa 13000 mc) cavato nel corso delle precedenti operazioni di coltivazione e accatastato in attesa di essere venduto.

Le scarpate del cumulo di sabbia hanno pendenze variabili, fino a sub verticali, non sempre consone alle caratteristiche meccaniche dei terreni che le costituiscono e sono interessate da diffusi segnali di erosione idrica incanalata e dissesti.

In tutta l'area le acque meteoriche sono scarsamente regimate e sono libere di ristagnare nelle depressioni o scorrere liberamente in superficie innescando fenomeni di erosione diffusa.

Le scarpate che delimitano l'area di cava, spesso rocciose, non mostrano particolari segnali di instabilità in atto nonostante siano localmente caratterizzate da pendenze particolarmente elevate (vedi figura 5).



Figura 5: Una delle scarpate rocciose (arenarie scarsamente cementate) subverticali che delimitano l'area di coltivazione sul lato orientale.

Dal punto di vista strutturale (vedi carta geologica di Tavola 3 e sezioni geologiche schematiche di Tavola 3 bis) gli strati rocciosi immergono prevalentemente verso nord – nord est con pendenze dell'ordine dei 10-15°.

In tal modo gli strati delle rocce appartenenti alla Formazione si pongono in generale a reggipoggio o a traverpoggio nei confronti dei versanti rivolti (immergenti) verso Casola Valsenio.

Sulla figura 6 è rappresentata una mappa della pendenza dei versanti (slope) ottenuta elaborando in ambiente GIS i dati altimetrici desumibili dalle curve di livello fornite dalla regione Emilia-Romagna integrandoli con quelle del rilievo dello stato attuale dell'area interessata dalla coltivazione.

Il modello di elevazione digitale alla base dell'elaborazione ha una risoluzione di 5 metri (la dimensione delle celle del raster è di 5 x 5 metri) e la pendenza viene calcolata in maniera mediata fra ogni cella e le otto ad essa circostanti (originando una sorta di smoothing ["appiattimento"] che non consente di visualizzare, ad esempio, le scarpate subverticali ad ovest dell'area di cava).

In generale l'area interessata dalla coltivazione è caratterizzata da pendenze modeste (quasi nulle).

Pendenze più elevate (20-25°) caratterizzano le scarpate che delimitano l'area di cava e i versanti circostanti l'area interessata dalla passata coltivazione.

Le pendenze presentano massimi (> 50-55°) in corrispondenza delle incisioni vallive dei corsi d'acqua presenti nei dintorni dell'area.

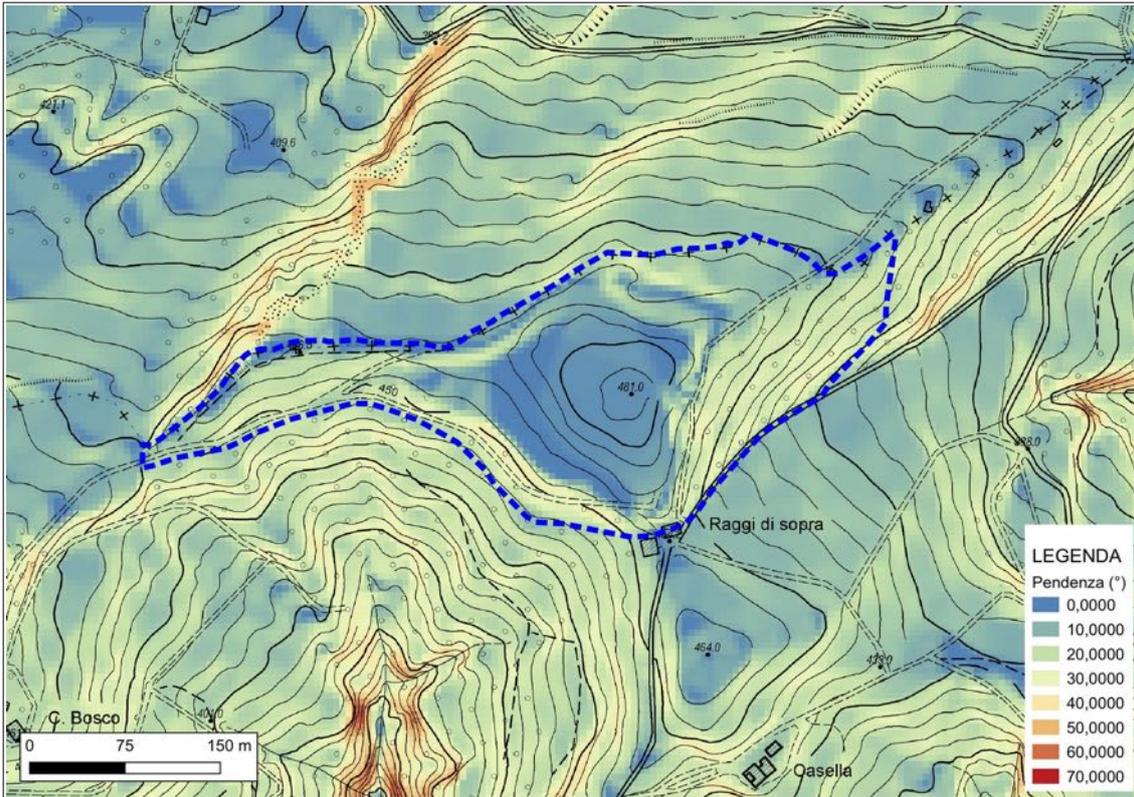


Figura 6: Mappa della pendenza dei versanti.

3.2 INDAGINI ESEGUITE E RILIEVI EFFETTUATI

Sulla tavola 5 sono rappresentati i punti di esecuzione delle indagini geognostiche e geofisiche e dei rilievi di eseguiti sull'area in data 19 maggio 2021.

In particolare sulla mappa sono rappresentati:

- i punti di esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche medie (da PD1 a PD6),
- i punti di esecuzione delle misure di rumore ambientale a stazione singola con tromografo sismico (TROMINO©) e metodologia HVSR (da G12 a G17),
- lo “stendimento geofonico” dell'indagine geofisica con metodologia MASW,
- i punti di rilievo delle giaciture degli strati,
- i “punti di rilievo” delle sezioni stratigrafiche.

Nel corso della giornata si è provveduto alla raccolta di alcuni campioni rappresentativi dei materiali presenti nell'area (arenaria cementata, arenaria scarsamente cementata, regolite arenacea, siltite a frattura concoide) che sono poi stati analizzati in laboratorio.

Gli esiti delle prove DP, delle indagini HVSR, della MASW e delle analisi di laboratorio effettuate sui campioni sono trasmessi nell'allegato: "Relazione geologica e sismica - Cava Raggi di Sopra - Allegati" assieme ad una breve descrizione delle metodologie utilizzate.

3.3 GIACITURE DEGLI STRATI

Il rilievo delle giaciture è stato effettuato su alcuni degli affioramenti presenti nell'area di cava con bussola *Brunton*, dotata di livella torica e inclinometro, con l'ausilio di una tavoletta in alluminio.

Le giaciture confermano sostanzialmente quanto rappresentato sulla mappa geologica pubblicata dalla Regione Emilia-Romagna individuando una generale immersione degli strati verso nord – nord est con pendenze dell'ordine dei 10-13°.

3.4 SEZIONI STRATIGRAFICHE

Servendosi di una cordella metrica si sono rilevate due sezioni stratigrafiche in "punti" che sono rappresentati sulla tavola 6 in allegato.

Come si vede dalle sezioni nell'area sono assolutamente prevalenti le arenarie scarsamente cementate (arenarie che tuttavia si sono rivelate piuttosto resistenti alla penetrazione con raggiungimento del rifiuto entro poche decine di centimetri). Lungo la successione sono inoltre presenti, a più livelli, orizzonti decimetrici di arenarie, talora convolute, cementate ed estremamente dure o livelli di siltiti grigie, talora convolute, e argille marnose.

Sebbene non rilevabili lungo le sezioni investigate entro le arenarie scarsamente cementate sono presenti, come già detto, "cogoli" e "botroidi" estremamente duri.

4 ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE

In occasione delle indagini non è stata riscontrata nel sottosuolo dell'area la presenza di alcuna falda freatica stabile.

L'assetto morfologico irregolare favorisce la formazione di aree di ristagno idrico ma la relativamente alta permeabilità, sia della sabbia superficiale che dell'orizzonte arenaceo scarsamente cementato, favorisce l'infiltrazione idrica e consente comunque un ottimo drenaggio dell'area di cava.

5 STIMA DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI TERRENI

Sulla Tavola 5 sono rappresentati i punti di esecuzione delle indagini geognostiche, geofisiche e dei rilievi effettuati in occasione del presente studio assieme alla traccia di una sezione litotecnica nell'area che sarà interessata dalla coltivazione (tavola 6).

La sezione di tavola 6 è stata disegnata con una esagerazione verticale 5x e mostra l'assetto stratigrafico dei terreni presenti all'interno dell'area di cava.

Lungo la sezione è chiaramente individuabile il cumulo di materiale cavato nel corso delle precedenti lavorazioni e lasciato accatastato al centro dell'area.

Si tratta di sabbie, con limo, che, nel tempo, si sono almeno in parte compattate originando orizzonti caratterizzati da resistenze alquanto differenti.

In questo livello di origine antropica dello spessore complessivo massimo di circa tre metri abbiamo: un orizzonte superficiale di sabbie e limi mediamente addensati, un secondo orizzonte sabbioso molto addensato ed un orizzonte basale poco addensato.

Al di sotto del cumulo di inerti e sul piano di coltivazione della cava, è infine presente un sottile orizzonte (20-60 cm) di sabbie addensate al di sopra delle arenarie scarsamente cementate del membro di Fontanelice.

Le seguenti tabelle riassumono (per i terreni di origine antropica e per quelli "naturali") i valori nominali dei principali parametri meccanici che è possibile attribuire ai livelli di terreno attraversati (cu – coesione non drenata espressa in kg/cmq, c' – coesione drenata espressa in kg/cmq, phi' – angolo di attrito

espresso in gradi ($^{\circ}$), y – peso di volume naturale espresso in kg/mc, EEd – modulo edometrico è espresso in kg/cmq) sulla base dell'interpretazione delle prove penetrometriche effettuate.

Accumulo antropico

Descrizione	cu	c'	phi'	y
Sabbie e limi mediamente addensati	-	-	30 - 33	1700
Sabbie molto addensate	-	-	37 - 38	2000
Sabbie e limi scarsamente addensati	-	-	28 - 31	1600

Terreno naturale

Descrizione	cu	c'	phi'	y	EEd
Sabbie molto addensate	-	0,05	35 - 37	1850	80-100
Formazione alterata	3 - 5	2	42	2200	> 100

Per quanto riguarda i parametri meccanici attribuibili ai terreni sabbiosi riutilizzati per la costruzione dei rilevati circostanti l'area dell'impianto o comunque sistemati nell'area di cava questi ovviamente dipenderanno dalla "bontà" delle lavorazioni effettuate (cioè da come saranno posati e compattati i materiali).

Nell'ipotesi che i materiali siano ben compattati, per piccoli strati successivi (max 20-25 cm) servendosi di idonei mezzi d'opera (es. rulli vibranti) e correttamente ammorsati nel terreno in posto (previo scotico dell'orizzonte superficiale e preparazione di piano di imposta in contropendenza) sulla seguente tabella (da Alberto Bruschi, Prove geotecniche in sito) sono riassunti i valori tipici che è possibile attribuire ai vari tipi di terreno.

Come si vede, nel caso di terreni incoerenti, non plastici (pressoché privi di argille) con sabbie ben gradate o miscele di sabbie e limi si possono considerare valori di angolo di attrito di 34 – 37°.

Tabella 5.15. Valori tipici dell'angolo d'attrito per terreni compattati artificialmente

Classificazione uscs	Descrizione	ϕ' (°)
GW	Ghiaie pulite gradate, miscela ghiaia e sabbia	> 38
GP	Ghiaie pulite non gradate, miscela ghiaia e sabbia	> 37
GM	Ghiaie limose, miscela non gradate ghiaia sabbia e argilla	> 34
GC	Ghiaie argillose, miscela non gradate ghiaia sabbia e argilla	> 31
SW	Sabbie pulite gradate, sabbie ghiaiose	38 ± 1
SP	Sabbie pulite non gradate, miscela sabbie ghiaie	37 ± 1
SM	Sabbie limose, miscela non gradate sabbie e limo	34 ± 1
SM-SC	Miscela sabbie limo argille leggermente plastiche	33 ± 3
SC	Sabbie argillose, miscela non gradate sabbie e limo	31 ± 3
ML	Limi inorganici e limi argillosi	32 ± 2
ML-CL	Miscela limi inorganici e argille	32 ± 2
CL	Argille inorganiche di plasticità medio bassa	28 ± 2
OL	Limi organici e argille limose di bassa plasticità	(¹)
MH	Limi argillosi inorganici, limi	25 ± 3
CH	Argille inorganiche di alta plasticità	19 ± 5
OH	Argille organiche e argille limose	(¹)

(¹) Dati insufficienti

Si segnala inoltre che, in occasione di un precedente piano di coltivazione, erano state effettuate prove di taglio diretto in scatola di Casagrande su campioni di sabbia ricostruiti e compattati in condizioni di *optimum* che avevano condotto ai seguenti parametri meccanici:

- Coesione c' campione ricostruito 0,15 – 0,30 kg/cmq
- Angolo di attrito interno campione ricostruito 33° - 38° 30'.

5.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI PRESENTI NEL GIACIMENTO

Il materiale oggetto di estrazione è costituito dalle arenarie torbiditiche scarsamente cementate della Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Fontanelice - che si presentano in spessi banchi e che sono alternati a livelli arenacei decimetrici duri o a livelli di spessore variabile di argille marnose e siltiti argillose (materiali di scarto).

Localmente, entro gli strati arenacei oggetto di coltivazione, si rinvengono “cogoli” arenitici ben cementati di diametro anche superiore al metro.

La formazione oggetto di coltivazione è praticamente affiorante in tutta l'area oggetto della lavorazione dato che la cava è stata già attiva in passato mentre il "cappellaccio" sull'area già interessata dalle lavorazioni, è praticamente assente. Le analisi effettuate sui campioni arenacei (arenaria scarsamente cementata e sabbia quarzoso feldspatica superficiale) indicano che il materiale oggetto di coltivazione è costituito per la stragrande maggioranza di sabbia (78-80%) con limo (22-20%) ed è praticamente privo di frazione fine.

I campioni di "sabbia di monte" presentano una discreta porosità primaria (23-24%) anche quando sono (scarsamente) cementati.

Si tratta di arenarie quarzoso feldspatiche, micacee, a cemento carbonatico.

Nel cemento il carbonato di calcio varia dal 8% al 11% mentre i carbonati totali variano dal 12% al 15%, pertanto è possibile supporre che il 4% del cemento totale sia dovuto a clasti dolomitici, peraltro visibili al microscopio, e questo sembra indicare che i sedimenti di queste torbiditi siano di origine alpina.

Ulteriori informazioni sul materiale sabbioso derivano dalle analisi effettuate in occasione dell'apertura della cava quando erano state effettuate prove di compattazione A.A.S:H.T.O. e prove di taglio su campioni ricostruiti e compattati coi valori di umidità ottimale.

Da tali analisi risultava:

- Densità secca massima gr/cmc 1,57 – 1,65
- Densità umida massima gr/cmc 1,79 – 1,92
- Umidità ottimale % 14,33 – 16,40.
- Coesione campione ricostruito 0,15 – 0,30 kg/cmq
- Angolo di attrito interno campione ricostruito 33° - 38° 30'.

Anche per quanto riguarda i "materiali di scarto", escludendo i "cogoli" e i livelli arenacei estremamente cementati, erano stati analizzati dei campioni medi ottenuti miscelando marne, siltiti e arenarie. Il materiale che ne risultava era caratterizzato da:

- Limite liquido 50% – 60%
- Limite plastico 20% – 30%
- Indice plastico 20% – 40%
- Peso per unità di volume 1,82 – 1,98 g/cm³
- Umidità naturale 12% – 16 %
- Angolo di attrito interno 17° - 23°
- Coesione non drenata 0,40 – 0,80 kg/cm².

6 PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Il territorio del Comune di Casola Valsenio è riconosciuto sismico di II categoria fino dal 1983 ed è stato poi classificato in Zona (sismica) 2 dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003 (OPCM 3274/2003 e s.m.i.).

All'interno della Zona 2 era definito un picco di accelerazione al suolo (Peak Ground Acceleration o PGA) su suolo rigido (un suolo di tipo A caratterizzato da velocità delle onde di taglio superiore agli 800 m/s) pari a 0,25g.

L'azione sismica di base "zona-dipendente" (dipendente cioè dalla "zona amministrativa" [comune di appartenenza] del sito di intervento) caratteristica della OPCM è poi divenuta "sito-dipendente" (differenziata in funzione alla posizione geografica del sito) con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008.

Oggi, con le NTC 2018, per la definizione delle azioni sismiche di sito ci si dovrebbe in generale riferire a specifiche analisi di Risposta Sismica Locale (RSL) definendo, sulla base dei dati accelerometrici di terremoti reali adeguatamente selezionati, dapprima l'azione sismica al *bedrock* (suolo rigido di tipo A) e modificando poi il segnale in ragione delle condizioni geologiche e topografiche del sito per determinare l'entità dell'azione sismica in superficie.

Questo è possibile utilizzando opportuni *software* di modellazione (in genere 1D o 2D) del segnale sismico una volta ricostruito un "modello sismico locale" del sottosuolo.

Qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni presenti in un dato sito siano tuttavia chiaramente riconducibili a specifiche categorie (definite nella Tab. 3.2.II delle NTC 2018 sotto riportate) si potrà fare riferimento a un approccio semplificato che, partendo da un azione sismica di base definita su tutto il territorio nazionale da studi del INGV, comunque considera sia l'amplificazione stratigrafica che quella topografica del sito.

L'amplificazione stratigrafica si ricava in base alla classificazione del terreno di fondazione in funzione della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ($V_s, eq.$) all'interno dell'orizzonte di terreno sovrastante al *bedrock* sismico

(orizzonte rigido caratterizzato da una velocità di propagazione delle onde di taglio superiore agli 800 m/s) calcolabile mediante la formula:

$$V_{s,eq} = H / \sum_{i=1,N} (h_i / V_{s,i}) \quad (1)$$

dove:

- h_i = spessore dello strato i -esimo in metri
- $V_{s,i}$ = velocità dell'onda di taglio i -esima
- N = numero di strati
- H = profondità del substrato "sismico", cioè quella formazione o terreno, molto rigido, caratterizzato da $V_s > 800$ m/sec.

Se il substrato (*bedrock sismico*) risulta più profondo di 30 metri per la classificazione sismica del terreno si utilizza la "vecchia" V_{s30} (ponendo $H = 30$ m).

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Le condizioni topografiche possono essere tenute in conto sulla base di quanto riportato sulla Tabella 3.2.III.

La norma impone inoltre di valutare gli eventuali effetti cosismici che possono avere influenza sul progetto.

Tabella 3.2.III – Categorie topografiche

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

6.1 INDAGINI GEOFISICHE

Per la caratterizzazione sismica del sito si fa riferimento agli esiti delle indagini geofisiche eseguite appositamente per questo studio.

Sulla tavola 5 sono rappresentati i punti di esecuzione di:

- n° 6 misure di rumore ambientale a stazione singola con tromografo sismico (TROMINO©) e metodologia HVSR,
- n° 1 stendimento MASW.

Gli esiti delle indagini unitamente ad una breve relazione esplicativa delle metodologie utilizzate sono trasmessi in allegato.

6.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Elaborando i dati relativi alla velocità delle onde di taglio mediante l'equazione (1) è stato possibile calcolare il valore di velocità equivalente al p.c. relativo ad ognuna delle prove effettuate.

I valori di $V_{s,eq}$ calcolati (da p.c. a 30 m dal p.c.) sono riassunti nella seguente tabella dove, per mezzo della Tabella 3.2.II delle NTC 2018, si è provveduto anche ad individuare le relative categorie di suolo.

Prova	Vs,eq (m/sec)	Categoria di suolo
MASW	379	B
G12	384	B
G13	391	B
G14	546	B
G15	570	B
G16	549	B
G17	468	B

Per le profondità di interesse ingegneristico in generale il terreno di fondazione potrà essere classificato come di tipo B: *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.”*

Per qualunque altro intervallo il valore della Vs,eq può essere valutato implementando l'equazione (1) ai profili di velocità riportati all'interno dell'allegato contenente gli elaborati di prova.

6.3 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Le condizioni topografiche del sito possono essere tenute in considerazione facendo riferimento a quanto riportato sulla Tab. 3.2.III delle NTC 2018.

Nel caso specifico, tolta la zona pianeggiante interessata dal piano di coltivazione, l'area è delimitata da versanti con inclinazioni mediamente superiori ai 15° (vedi figura 6) pertanto si ritiene che la categoria topografica possa essere assunta pari a T2.

6.4 RISCHIO DI LIQUEFAZIONE CICLICA

Viste le caratteristiche del terreno di fondazione in cui sono presenti terreni estremamente coesivi (formazione alterata) e la generale assenza di falda si escludono fenomeni di liquefazione ciclica in fase di sollecitazione sismica.

6.5 VALUTAZIONE DEI PARAMETRI SISMICI

La valutazione dei parametri sismici, da utilizzare in particolare per le analisi di stabilità dei pendii, è stata effettuata con il software *Geostru* disponibile on line al sito <https://geoapp.eu/parametrisismici2018/> utilizzando i parametri di sito precedentemente valutati.

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 44,245496

longitudine: 11,621035

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 17844 Lat: 44,2699 Lon: 11,6055 Distanza: 2979,935

Sito 2 ID: 17845 Lat: 44,2710 Lon: 11,6752 Distanza: 5159,929

Sito 3 ID: 18067 Lat: 44,2210 Lon: 11,6768 Distanza: 5211,004

Sito 4 ID: 18066 Lat: 44,2199 Lon: 11,6071 Distanza: 3059,580

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T2

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

ag: 0,070 g

Fo: 2,398

Tc*: 0,259 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]

ag: 0,089 g

Fo: 2,391
Tc*: 0,267 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,209 g
Fo: 2,475
Tc*: 0,302 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,261 g
Fo: 2,532
Tc*: 0,313 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,200
Cc: 1,440
St: 1,200
Kh: 0,020
Kv: 0,010
Amax: 0,993
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200
Cc: 1,430
St: 1,200
Kh: 0,026
Kv: 0,013
Amax: 1,262
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,190
Cc: 1,400
St: 1,200
Kh: 0,084
Kv: 0,042
Amax: 2,928

Beta: 0,280
SLC:
Ss: 1,140
Cc: 1,390
St: 1,200
Kh: 0,100
Kv: 0,050
Amax: 3,500
Beta: 0,280

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 44.244553

longitudine: 11.620053

7 ACCORGIMENTI DA ADOTTARE DURANTE LA COLTIVAZIONE

7.1 QUANTITATIVI DI MATERIALE DA ESTRARRE

Dal documento preliminare della Variante generale del Piano Infraregionale delle Attività Estrattive della Provincia di Ravenna (P.I.A.E.) dell'Agosto del 2020 risulta che per il sito in esame, al 2018, era disponibile un residuo di 277.353 mc di materiale estraibile.

Il piano di coltivazione prevede di asportare, dall'area di cava, un esiguo volume di materiale commerciabile, peraltro già cavato e accumulato nel piazzale della cava, che è stato valutato in circa 8000 mc. La rimanente parte di materiale sarà riutilizzata per la sistemazione finale.

7.2 SUPERFICI INTERESSATE DALLE LAVORAZIONI DI COLTIVAZIONE

L'area inserita nel P.A.E. redatto in forma associata dei Comuni di Brisighella, Casola Valsenio e Riolo Terme è di circa 68000 mq che si riducono, considerando le aree di rispetto e quelle contigue al Parco della Vena del Gesso, a circa 49500 mq.

L'area realmente interessata dalle operazioni di coltivazione sarà tuttavia di circa 2 ha.

7.3 MODALITA' DI COLTIVAZIONE

Il materiale da asportare dall'area di cava proverrà dal cumulo di sabbia già cavata nel corso delle precedenti operazioni di coltivazione e stoccata nell'area centrale del sito.

Quindi per la prosecuzione della coltivazione si procederà mediante le seguenti operazioni:

1. scarificazione (quando necessaria)
2. estrazione/sfruttamento del giacimento
3. ricollocazione del materiale di scarto in attesa della sistemazione morfologica definitiva.

Per quanto riguarda la scarificazione si evidenzia che il cappellaccio in genere non è presente in quanto è già stato quasi completamente rimosso nel corso delle lavorazioni precedenti (pre 2008).

La seconda operazione avverrà a cielo aperto, su gradone unico, con asporto graduale della porzione di volta in volta più superficiale del materiale.

Il materiale estratto potrà essere accumulato sul piazzale, per poi essere caricato sugli autocarri, o potrà essere caricato direttamente sugli autocarri stessi.

Operando sul cumulo di sabbie sciolte si raccomanda di limitare le altezze degli sbancamenti (max 2 metri) e di mantenere pendenze delle scarpate di sicurezza (max 1 su 2 pari a circa 26°) durante tutte le fasi della lavorazione.

I bordi esterni dell'area di cava sono ad oggi rialzati rispetto al piano che sarà interessato dalla coltivazione e questo sicuramente favorirà il contenimento delle emissioni sonore delle macchine operatrici.

Per quanto riguarda la modalità di ricollocazione temporanea del materiale di scarto si rimanda al paragrafo seguente.

7.4 MODALITA' DI ACCUMULO DEI MATERIALI DI SCARTO

Il materiale di scarto potrà essere accumulato, avendo cura di mantenere attivo l'eventuale orizzonte vegetale, all'interno dell'area di cava, ivi comprese le fasce di rispetto ai bordi dell'area, in attesa di poter essere utilizzato per le operazioni di ripristino.

Il materiale temporaneamente accumulato dovrà essere sistemato in modo da evitare rotolamenti e fenomeni di instabilità. I cumuli temporanei dovranno avere altezze modeste (max. 2 metri) ed essere delimitati da scarpate la cui pendenza non ecceda i 26° (1 su 2).

7.5 GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE DURANTE LE FASI DI COLTIVAZIONE

Ad oggi l'area di cava ha la forma di un catino perimetrato da scarpate più o meno acclivi e tutte le acque precipitate nell'area, che non si infiltrino nel terreno sabbioso permeabile, scorrono in superficie in maniera diffusa fino a raggiungere il recettore esistente ad ovest del sito.

Vista la conformazione del sito e il ridotto quantitativo di materiale previsto dal piano di coltivazione non si ritengono necessari particolari accorgimenti nella gestione delle acque meteoriche durante la coltivazione salvo l'opportunità di sospendere le lavorazioni nel caso di eventi meteorici intensi o prolungati.

Prima dell'immissione delle acque nel recettore è tuttavia opportuno prevedere un piccolo bacino di decantazione che consenta la deposizione della sabbia eventualmente trasportata dall'acqua corrente e che sia facilmente pulibile con i mezzi di cantiere.

8 SISTEMAZIONE FINALE

La cava di Raggi di Sopra si configura attualmente come cava “abbandonata e non sistemata” e anche come cava “non esaurita”.

La proprietà attuale della quasi totalità dell’area di cava delimitata dal PAE è la Raggi di Sopra s.r.l. con sede in Via Cipolla 48 a Imola (BO).

La proprietà intende riattivare la cava, estraendo una ridotta quantità di materiale, per poi dichiararla esaurita e procedere alla sua sistemazione finale.

Il piano di coltivazione prevede nella sostanza l’asportazione dalla cava di parte del materiale già estratto e accumulato nell’area (depurato da quello che nel tempo a perso le caratteristiche idonee alla “commercializzazione”) per un totale di circa 6.000 mc di inerte.

Il piano di recupero finale, associato al nuovo piano di coltivazione, prevede una sistemazione agro-tecnologico-naturalistica predisponendo la conca, già adibita a cava vera e propria, alla produzione di energia rinnovabile (fotovoltaico), mentre la parte restante dell’ambito avrà una riqualificazione prevalentemente naturalistica.

I principali riferimenti utilizzati per la redazione del piano di recupero finale sono le indicazioni riportate nel manuale tecnico-pratico “*Il recupero e la riqualificazione delle cave in Emilia-Romagna*” edito dalla Regione Emilia-Romagna e recepito sia dal PIAE sia dal PAE vigenti e le prescrizioni della Delibera Regionale n. 28 del 6/12/2010.

8.1 ANALISI DI STABILITA’ SULLE SCARPATE SIGNIFICATIVE

Le valutazioni sulle condizioni di stabilità delle scarpate previste dal progetto di sistemazione sono state effettuate con il software SSAP (Slope Stability Analysis Program) programma sviluppato dal Dott. Geol. Lorenzo Borselli che consente di effettuare, in modo approfondito, verifiche di stabilità dei versanti utilizzando metodi di calcolo rigorosi basati sull’Equilibrio Limite ricercando fra

un grande numero di “superfici casuali” (o meglio fra un grande numero di superfici costruite secondo precise regole definite all'interno del programma stesso) quelle superfici che lungo il pendio sono caratterizzate da minore fattore di sicurezza (F_s minimo).

Per una descrizione esaustiva delle caratteristiche e dal funzionamento del codice di calcolo utilizzato si rimanda alla documentazione presente sul sito dello sviluppatore (www.ssap.eu).

Il modello del pendio, di volta in volta analizzato, è quello rappresentato sugli elaborati grafici delle analisi di stabilità su cui sono riportati fino a 3 differenti strati: uno corrispondente alla “coltre detritica” superficiale (sabbie addensate) uno al terreno di riporto (sabbie compattate artificialmente per la realizzazione dei rilevati) ed uno alla formazione marnoso arenacea scarsamente cementata che costituisce il substrato geologico della zona (arenarie scarsamente cementate).

In ottemperanza alle NTC le verifiche di stabilità globale sono state effettuate con l'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2 + M2 + R2) con $R2 = 1,1$.

I valori di progetto dei parametri geotecnici sono stati ottenuti utilizzando i coefficienti parziali M2 sotto riportati:

- Tangente ϕ 1,25
- Coesione efficace 1,25
- Coesione non drenata 1,40
- Resistenza compressione 1,00
- Peso unità volume 1,00

Per quanto riguarda i parametri meccanici che caratterizzano i terreni presenti (valori caratteristici) da utilizzare nella verifica si sono utilizzati quelli definiti nei paragrafi precedenti nell'ipotesi che la superficie di scivolamento interessi un grande volume di terreno.

Tali valori sono poi stati “ridotti” secondo i coefficienti di cui sopra.

Poiché il software SSAP accetta come *input* solo unità di misura del Sistema Internazionale (SI) sulla seguente tabella sono riassunti, per i vari livelli di terreno rappresentati sul modello, i valori di progetto dei parametri utilizzati nei calcoli di stabilità e ricondotti a tale sistema.

N° strato	Descrizione	Phi' (°)	C' (kPa)	Gamma (kN/mc)	Gamma sat. (kN/mc)
1	FORMAZIONE MARNOSO ARENACEA MEMBRO DI FONTANELICE	36	157	19,67	22,55
2 e 3	SABBIE ADDENSATE	31	3,9	18,63	21,57
4	RIPORTO COMPATTATO	31	1	18,3	21

La falda freatica non è stata considerata in ragione del fatto che la stessa non era presente in nessuna delle verticali di prova e non era stata ritrovata in occasione della esecuzione dei sondaggi effettuati per l'originale piano di coltivazione nonché in considerazione della estrema permeabilità dei terreni presenti in tutta l'area che favoriscono un rapido drenaggio dell'acqua.

Le analisi di stabilità sono state svolte in condizioni sismiche tenendo in considerazione le azioni del sisma in maniera pseudostatica ("analisi pseudostatica").

Il software SSAP consente di tenere conto dell'azione sismica in maniera "pseudostatica" utilizzando i coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v (= $0,5 \times k_h$).

Il valore di k_h per il sito, a fronte di un terreno di fondazione di categoria B e di un fattore di amplificazione topografica T2 è risultato pari a 0,084 (vedi paragrafo valutazione dei parametri sismici).

Si sono analizzate alcune sezioni considerate le più critiche nei confronti della stabilità ed in particolare:

- la sezione interessata dai maggiori riporti di terreno
- la sezione in scavo in riccia caratterizzata dai rigetti maggiori.

Per tutte le sezioni l'analisi è stata svolta sia con il metodo di Morgenstern e Price (1965) che con il metodo di Jambu rigoroso (1973).

Per ogni analisi il software ha generato ed analizzato 10.000 superfici di potenziale scivolamento lungo il versante restituendo, in uscita, le 10 superfici che, fra queste, presentavano il Fattore di Sicurezza (FS) più basso.

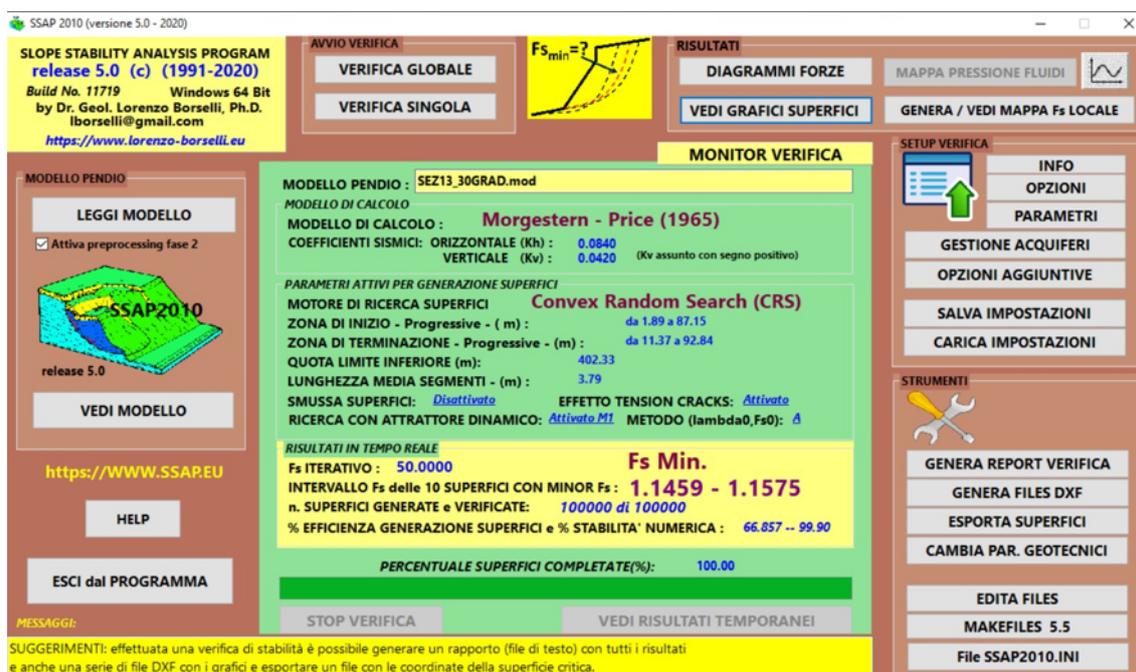


Figura 7: Schermata del Monitor di SSAP nell'esecuzione di un'analisi di stabilità.

Le figure riportate sulle pagine in fondo al presente paragrafo rappresentano il risultato delle analisi di stabilità in condizioni sismiche “pseudo statiche” con le 10 potenziali superfici di scivolamento che presentano i valori di FS più bassi che, anche nelle condizioni più gravose, sono sempre risultati superiori a 1,1 come verificabile sulla seguente tabella sulla quale sono riassunti i valori di FS minimo ricavati.

Sezione	Metodo di analisi	FS minimo ricavato (arrotondato per difetto al 2° decimale)
SEZ. 13	Morgerstern & Price (1965)	1,14 > 1,1 → VERIFICATO
	Jambu (1973)	1,16 > 1,1 → VERIFICATO
SEZ. 22	Morgerstern & Price (1965)	8,92 > 1,1 → VERIFICATO
	Jambu (1973)	5,20 > 1,1 → VERIFICATO

Per le sezioni “in riporto” sul lato sud dell’area di cava la sezione 13 (delle quali negli elaborati SSAP è rappresentata una porzione) è da considerarsi la più critica nei confronti della stabilità in quanto presenta, assieme alle pendenze maggiori, anche i maggiori accumuli di terreno di riporto.

Per le sezioni in scavo sul lato est dell’area di cava, con formazione affiorante (a seguito delle lavorazioni) e andamento degli strati a reggipoggio si è invece considerata una porzione della sezione 21.

Per i tratti in riporto le analisi indicano condizioni di stabilità in condizioni sismiche per angoli di scarpa pari o inferiori ai 30° mentre per quelli in sterro, sul lato est della cava, dove venga portata giorno la formazione rocciosa con giacitura a reggipoggio le scarpate risultano stabili anche con pendenze limite di 70°.

Quindi per la realizzazione dell’intervento proposto non ci sono problemi dal punto di vista della stabilità globale delle scarpate purché:

1. non vengano superati i 30° per le scarpate in riporto con sabbie addensate artificialmente,
2. non vengano superati i 70° per le scarpate in sterro con arenarie cementate a reggipoggio.

Si segnala tuttavia che i terreni sabbiosi (sabbie addensate artificialmente) e le rocce arenacee scarsamente cementate naturalmente presenti nell’area, per

loro stessa natura, saranno facilmente aggredibili dagli agenti esogeni (acque meteoriche e di dilavamento, cicli di gelo-disgelo, vento,...) pertanto, lungo le scarpate, potranno facilmente instaurarsi fenomeni di erosione idrica diffusa (a rigagnoli) che peggiorerà con il passare del tempo.

I materiali asportati dall'erosione e non allontanati in sospensione dalla acque dilavanti, tenderanno a formare, al piede delle scarpate, accumuli detritici (o meglio accumuli di materiali prevalentemente sabbiosi) eluvio-colluviali che si disporranno secondo il natural declivio dei terreni sciolti accumulati (plausibilmente $\approx 26^\circ-28^\circ$).

Al fine di limitare l'erosione sarebbe pertanto auspicabile provvedere all'inerbimento delle scarpate e/o al rivestimento, con geotessuti, geostuoie o altre soluzioni, delle superfici esposte.

In ogni caso si raccomanda di verificare le condizioni delle scarpate dopo gli eventi meteorici importanti e, all'occorrenza, di procedere ai necessari interventi di manutenzione.

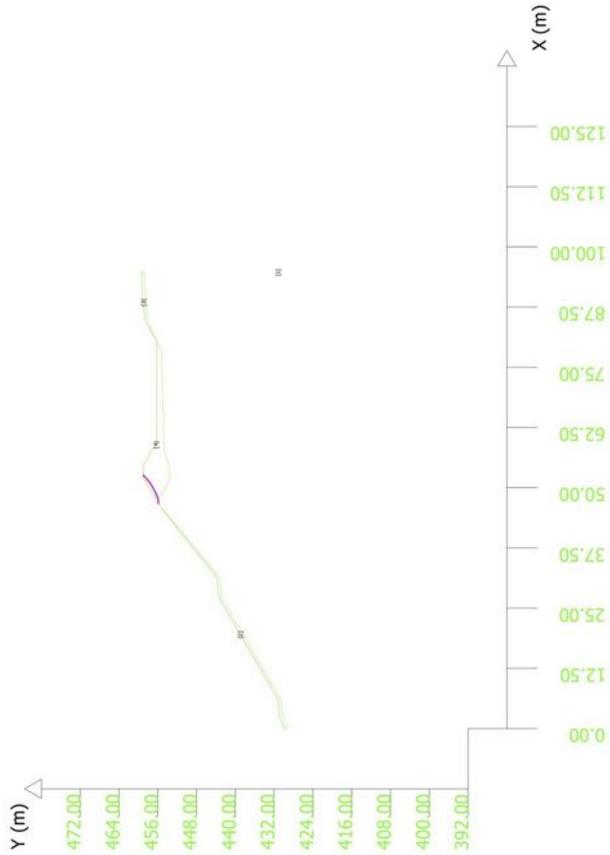
Nelle pagine seguenti si riportano gli esiti delle analisi di stabilità per le due sezioni considerate, in condizioni sismiche "pseudostatiche", effettuate con i metodi dell'equilibrio limite di Morgenstern & Price e Jambu (rigoroso).

SSAP 5.0 (2020) - Slope Stability Analysis Program
 Software by Dr. Geol. L. Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
 SSAP/DXF generator rel. 2.0 (2020)

Data : 8/6/2021
 Località : CASOLA RDS SEZ 13
 Descrizione :
 [n] = N. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi' deg	C' kPa	Cu kPa	Gamm kN/m ³	GammSat kN/m ³	sgdi MPa	GSI	mi	D
1	36.00	157.00	0	19.67	22.55	0	0	0	0
2	31.00	3.90	0	18.63	21.57	0	0	0	0
3	31.00	3.90	0	18.63	21.57	0	0	0	0
4	31.00	1.00	0	18.30	21.00	0	0	0	0



Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.1459
 Range Fs : 1.1459 - 1.1575
 Differenza % Range Fs : 1.00
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0840
 Coefficiente Sismico verticale - Kv: 0.0420

GENERAZIONE SUPERFICCI RANDOM

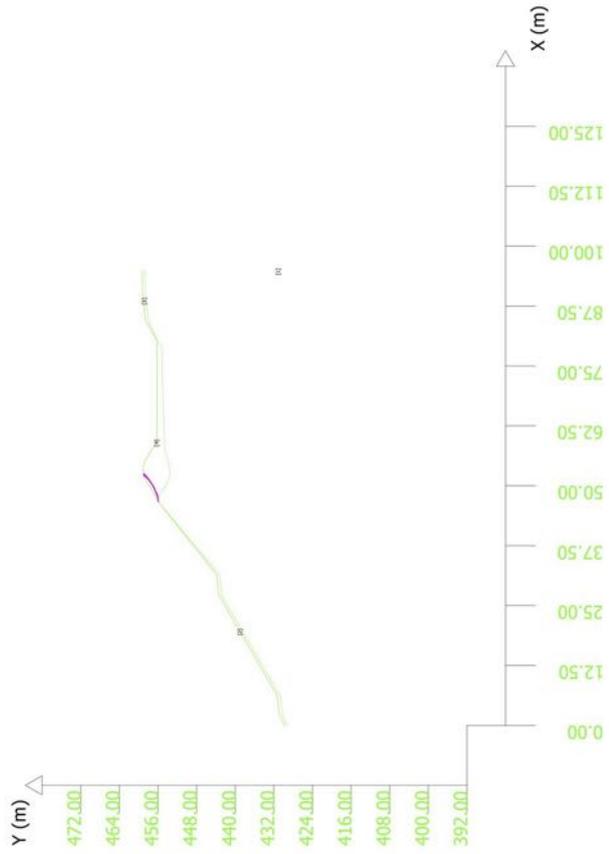
Campione Superfici - N: 100000
 Lunghezza media segmenti (m) : 3.8
 Range X inizio generazione : 1.9 - 87.2
 Range X termine generazione : 11.4 - 92.8
 Livello Y minimo considerato : 402.3

SSAP 5.0 (2020) - Slope Stability Analysis Program
 Software by Dr Geol. L. Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
 SSAP/DXF generator rel. 2.0 (2020)

Data : 8/6/2021
 Localita' : CASOLA RDS - SEZ. 13
 Descrizione :
 [n] = N. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi' deg	C' kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D
1	36.00	157.00	0	19.67	22.55	0	0	0	0
2	31.00	3.90	0	18.63	21.57	0	0	0	0
3	31.00	3.90	0	18.63	21.57	0	0	0	0
4	31.00	1.00	0	18.30	21.00	0	0	0	0



Modello di calcolo : Janbu Rigoroso (1973)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.1604
 Range Fs : 1.1604 1.1767
 Differenza % Range Fs : 1.38
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0840
 Coefficiente Sismico verticale - Kv: 0.0420

GENERAZIONE SUPERFICCI RANDOM

Campione Superfici - N.: 10000
 Lunghezza media segmenti (m) : 3.8
 Range X inizio generazione : 1.9 - 87.2
 Range X termine generazione : 11.4 - 92.8
 Livello Y minimo considerato : 402.3

SSAP 5.0 (2020) - Slope Stability Analysis Program
 Software by Dr. Geol. L. Borselli - www.orenzo-borselli.eu
 SSAP/DXF generator rel. 2.0 (2020)

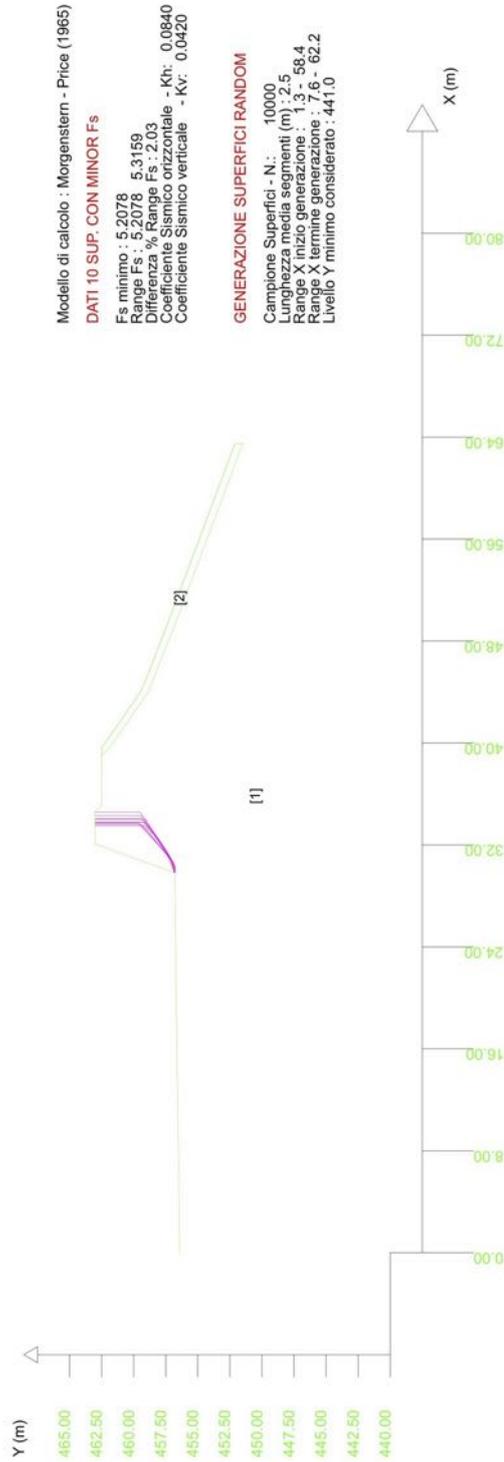
Data : 21/6/2021

Localita' : CA'OLA - SCARPATE EST AREA CAVA

Descrizione : Scarpare con roccia affiorante e giacitura strati a reggioppio
 [1] = N. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi deg	C' kPa	Cu kPa	Gamm MN/m3	GammSat MN/m3	spci MPa	GSI	mi	D
1	36.00	157.00	0	19.67	22.55	0	0	0	0
2	31.00	3.90	0	18.63	21.57	0	0	0	0



SSAP 5.0 (2020) - Slope Stability Analysis Program
 Software by Dr. Geol. L. Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
 SSAP/DXF generator rel. 2.0 (2020)

Data : 21/6/2021

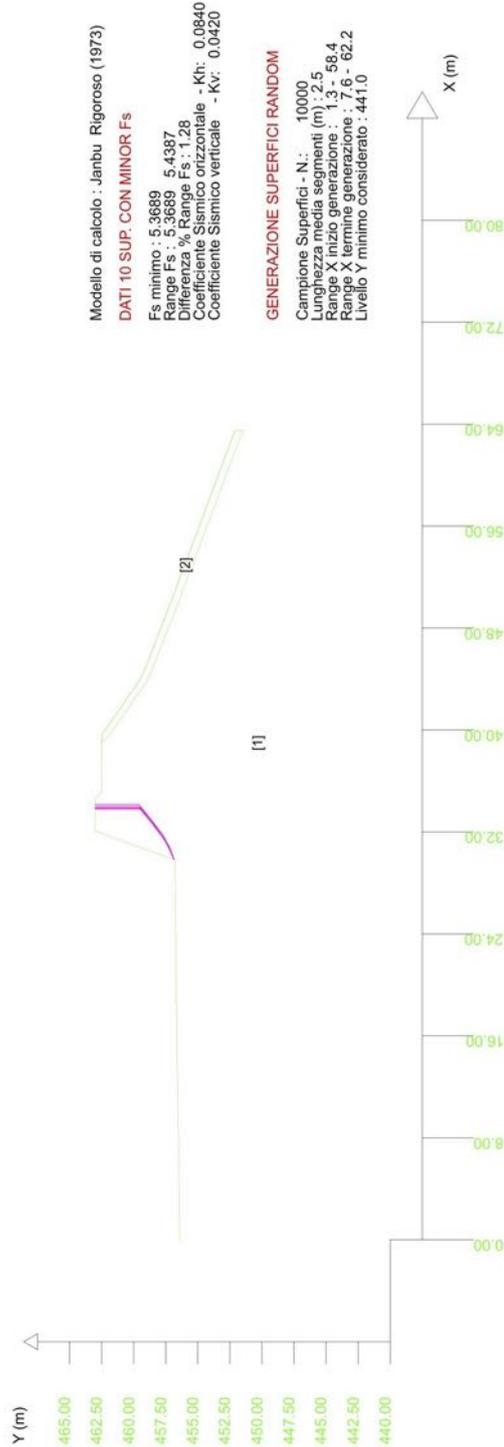
Localita' : CA'OLA - SCARPATE EST AREA CAVA

Descrizione : Scarpare con roccia affiorante e giacitura strati a reggioppio

[0] = N. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi deg	C' kPa	Cu kPa	Gamm MN/m3	GammSat MN/m3	spci MPa	GSI	mi	D
1	36.00	157.00	0	19.67	22.55	0	0	0	0
2	31.00	3.90	0	18.63	21.57	0	0	0	0



8.2 REGIMAZIONE IDRICA

L'area sistemata avrà una forma "a catino" (superficie complessiva di circa 2,7 ha) con una pendenza del fondo regolare (circa 2%) verso sud – sud ovest. Le acque meteoriche precipitate all'interno dell'area dovranno essere scaricate, come già oggi avviene, nel recettore presente ad ovest dell'area di cava.

Per la raccolta e allontanamento delle acque meteoriche sarà necessario realizzare una adeguata rete di drenaggio superficiale che, allo stato attuale della progettazione comprenderà (vedi figura 12 sulla pagina seguente) due distinti assi di drenaggio (strade fosso eventualmente accoppiate ad un fosso laterale "tradizionale") che saranno adeguatamente dimensionati all'atto della progettazione esecutiva.

Tutte le acque meteoriche precipitate sul piazzale raggiungeranno, per scorrimento superficiale, tali assi di drenaggio e, scorrendo verso ovest, il punto di scarico.

A monte del punto di scarico sarà realizzata una depressione, relativamente poco profonda, che svolgerà funzione di laminazione e, contestualmente, di area di calma per consentire la decantazione degli eventuali solidi sospesi (sedimenti) trascinati dalle acque meteoriche.

Lo scarico al recettore esistente avverrà per mezzo di tubo adeguatamente dimensionato.

Nonostante le scarse pendenze la velocità dell'acqua all'interno degli assi di drenaggio potrebbe risultare piuttosto elevata (anche se non in termini assoluti è assai facile avere velocità superiori agli 0,8-1,0 m/s) e questo potrà innescare, complice la natura arenacea dei terreni/rocce in cui si sviluppa la rete, fenomeni di erosione idrica usata e incanalata.

Per ovviare a tale problema si potrà prevedere il rivestimento del fondo degli assi di drenaggio o l'inerbimento delle aree (se possibile) oppure potranno essere realizzate brigliette e sogliette (in massi, legno o legno e massi) alternate a bacini di dissipazione (sempre rivestiti in massi) che consentano di rallentare la velocità della corrente limitandone il potere erosivo.



Figura 12: Bacinizzazione e schema di smaltimento delle acque meteoriche

In ogni caso, dopo gli eventi meteorici intensi e/o prolungati, sarà necessario verificare lo stato di conservazione delle rete e provvedere, qualora necessario, alla sua tempestiva manutenzione.

Fino a che tutta l'area interessata dalle lavorazioni non sarà inerbata inoltre la superficie potrà essere soggetta a fenomeni di erosione diffusa e le acque che raggiungono i fossi potranno avere un certo carico di sedimenti.

Per questo, prima dello scarico, è stato previsto il bacino di decantazione/laminazione che, all'occorrenza, possa facilmente essere svuotato con un piccolo escavatore.

Si raccomanda di verificare periodicamente lo stato del tratto tombinato e, all'occorrenza, adoperarsi celermente per ripristinarne l'efficienza.

9 CONCLUSIONI

Il presente studio ha investigato le condizioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche di un'area, lungo lo spartiacque fra il Torrente Senio e il Fiume Santerno, a nord dell'abitato di Casola Valsenio, in località "Raggi di Sopra" nella quale sono previsti:

- la riattivazione delle attività di coltivazione di una cava di sabbia di monte, inattiva da oltre un decennio e abbandonata nello stato geomorfologico in cui si trovava al tempo dell'interruzione,
- la sistemazione finale dell'area per renderla nuovamente produttiva e per meglio inserirla nell'ambiente circostante.

L'intervento previsto, pur con le indicazioni riportate nel presente documento in merito agli accorgimenti da prevedere in fase di coltivazione e in fase di sistemazione finale, è compatibile con la realtà geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica rilevata.

Quanto sopra esposto deriva da una serie di analisi di superficie e di indagini puntuali pertanto, qualora all'atto di realizzazione delle opere emergessero situazioni particolari che non è stato possibile prevedere nell'ambito di questo studio, prego di essere contattato per concordare, anche in seguito a sopralluogo, gli eventuali interventi necessari per il prosieguo dei lavori.

TAVOLA 1: INQUADRAMENTO COROGRAFICO IN SCALA
1:25.000 - TAVOLETTA 238 SE - CASOLA VALSENIÒ



TAVOLA 2: INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO IN SCALA
1:5.000: ELEMENTO 238164 - PRUGNO

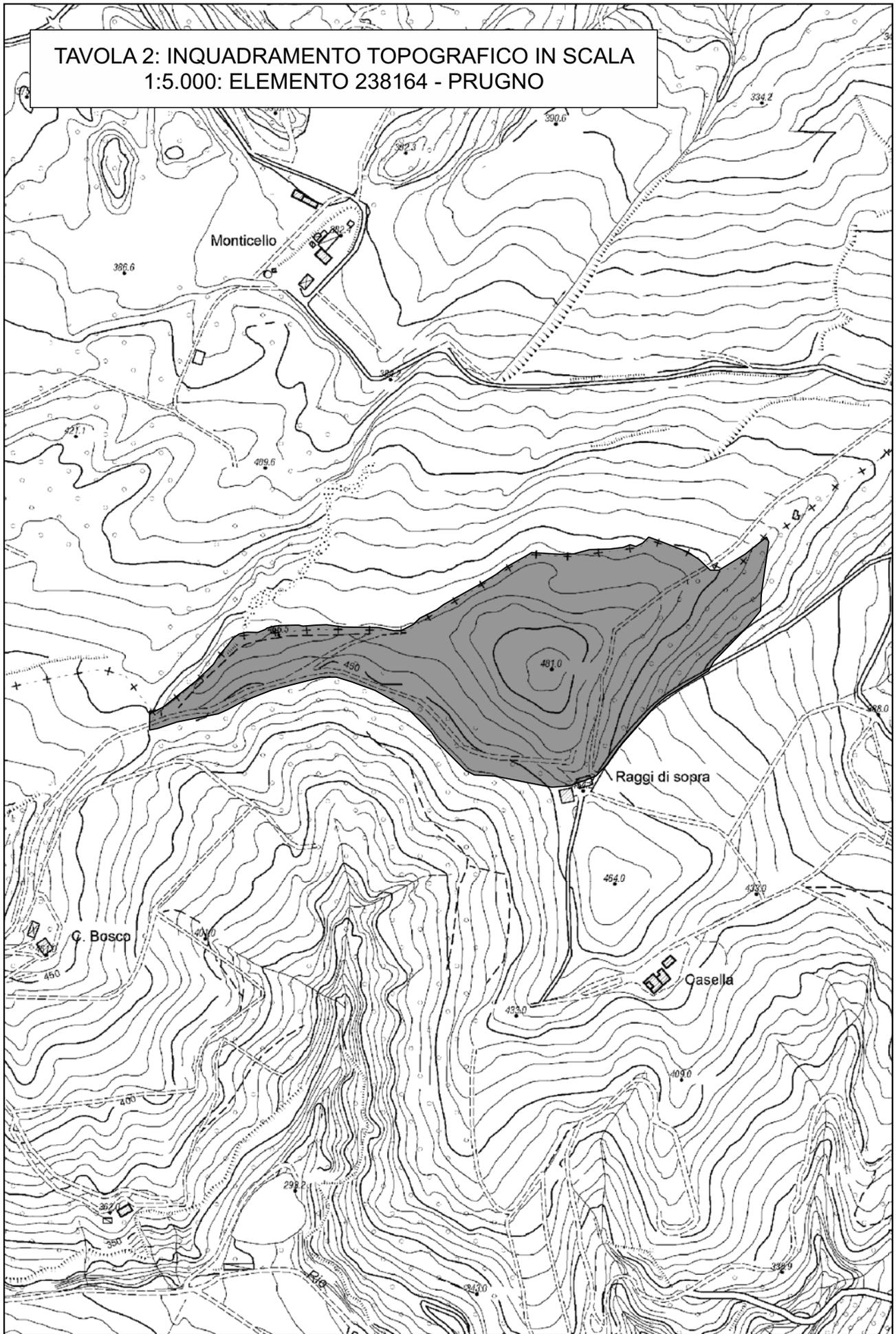
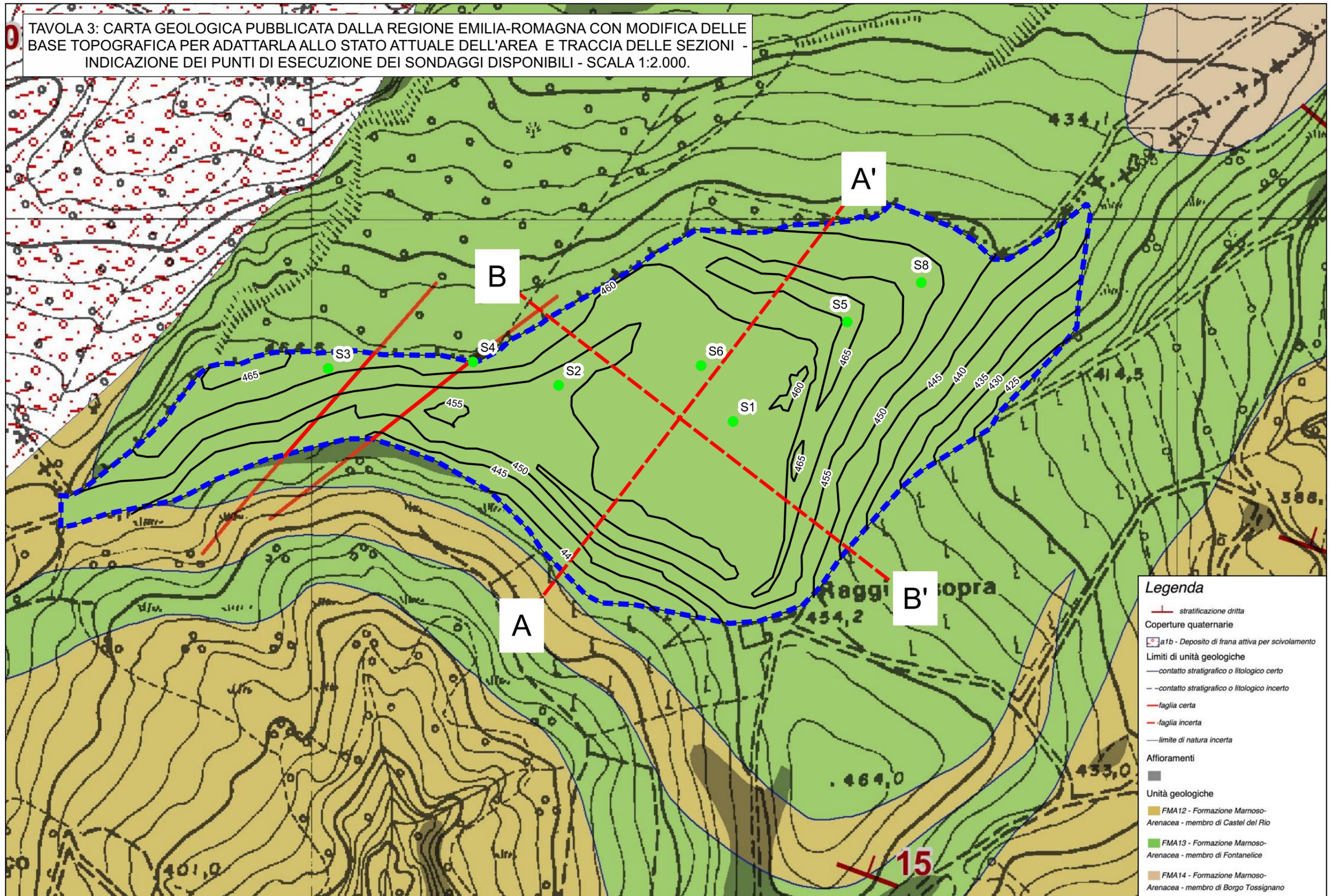


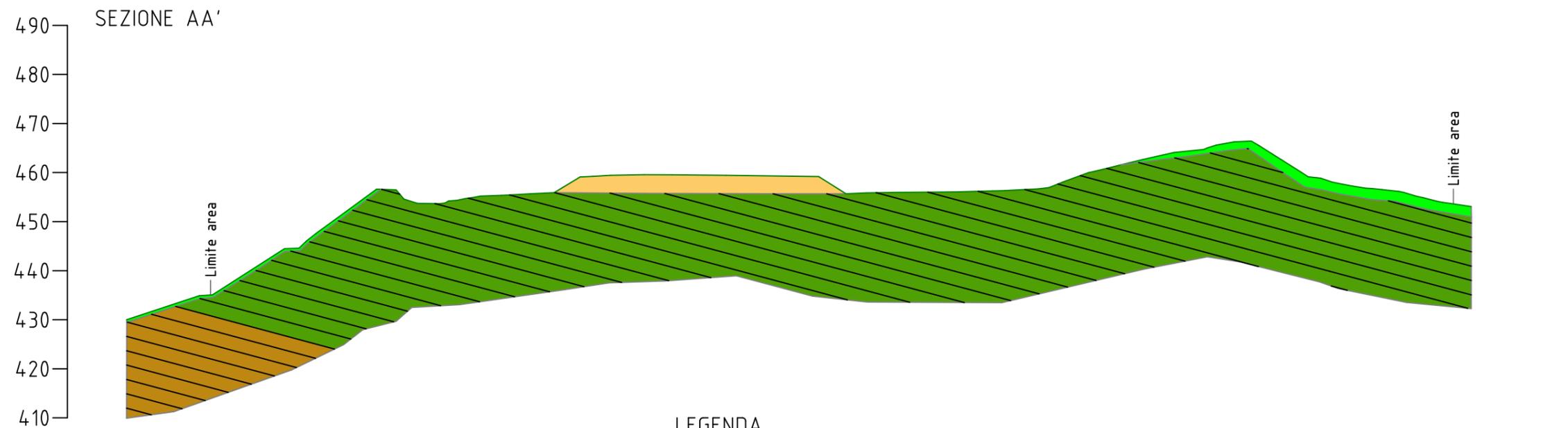
TAVOLA 3: CARTA GEOLOGICA PUBBLICATA DALLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA CON MODIFICA DELLE BASE TOPOGRAFICA PER ADATTARLA ALLO STATO ATTUALE DELL'AREA E TRACCIA DELLE SEZIONI - INDICAZIONE DEI PUNTI DI ESECUZIONE DEI SONDAGGI DISPONIBILI - SCALA 1:2.000.



Legenda

- stratificazione dritta
- Coperture quaternarie
- a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
- Limiti di unità geologiche
- contatto stratigrafico o litologico certo
- contatto stratigrafico o litologico incerto
- faglia certa
- faglia incerta
- limite di natura incerta
- Affioramenti
-
- Unità geologiche
- FMA12 - Formazione Mamoso-Arenacea - membro di Castel del Rio
- FMA13 - Formazione Mamoso-Arenacea - membro di Fontanelice
- FMA14 - Formazione Mamoso-Arenacea - membro di Borgo Tossignano

TAVOLA 3 BIS: SEZIONI GEOLOGICHE SCHEMATICHE - SCALA GRAFICA



LEGENDA

-  Sabbia (accumulo di materiale cavato e non alienato dalla precedente proprietà)
-  Suolo - materiale eluvio-colluviale
-  FMA12 - Formazione marnoso-arenacea - Membro di Castel del Rio
-  FMA13 - Formazione marnoso-arenacea - Membro di Fontanelice

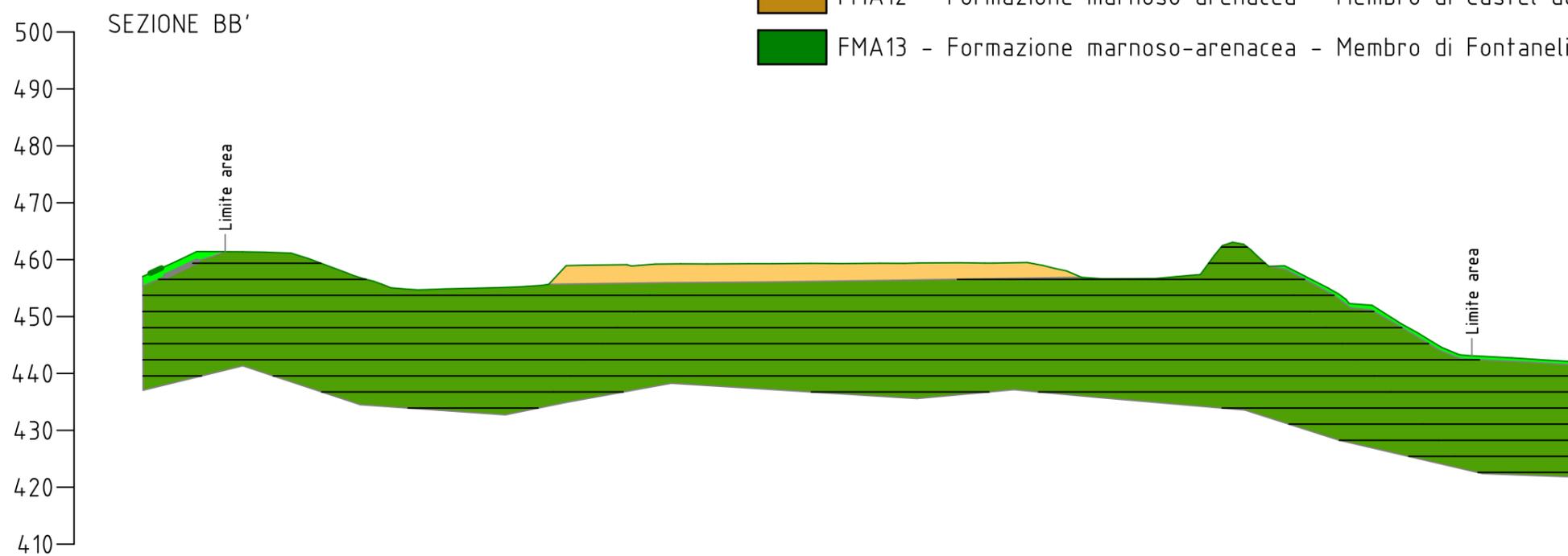


TAVOLA 4: CARTA DELL'INVENTARIO DEL DISSESTO DELLE REGIONE EMILIA-ROMAGNA - SCALA 1:5.000.

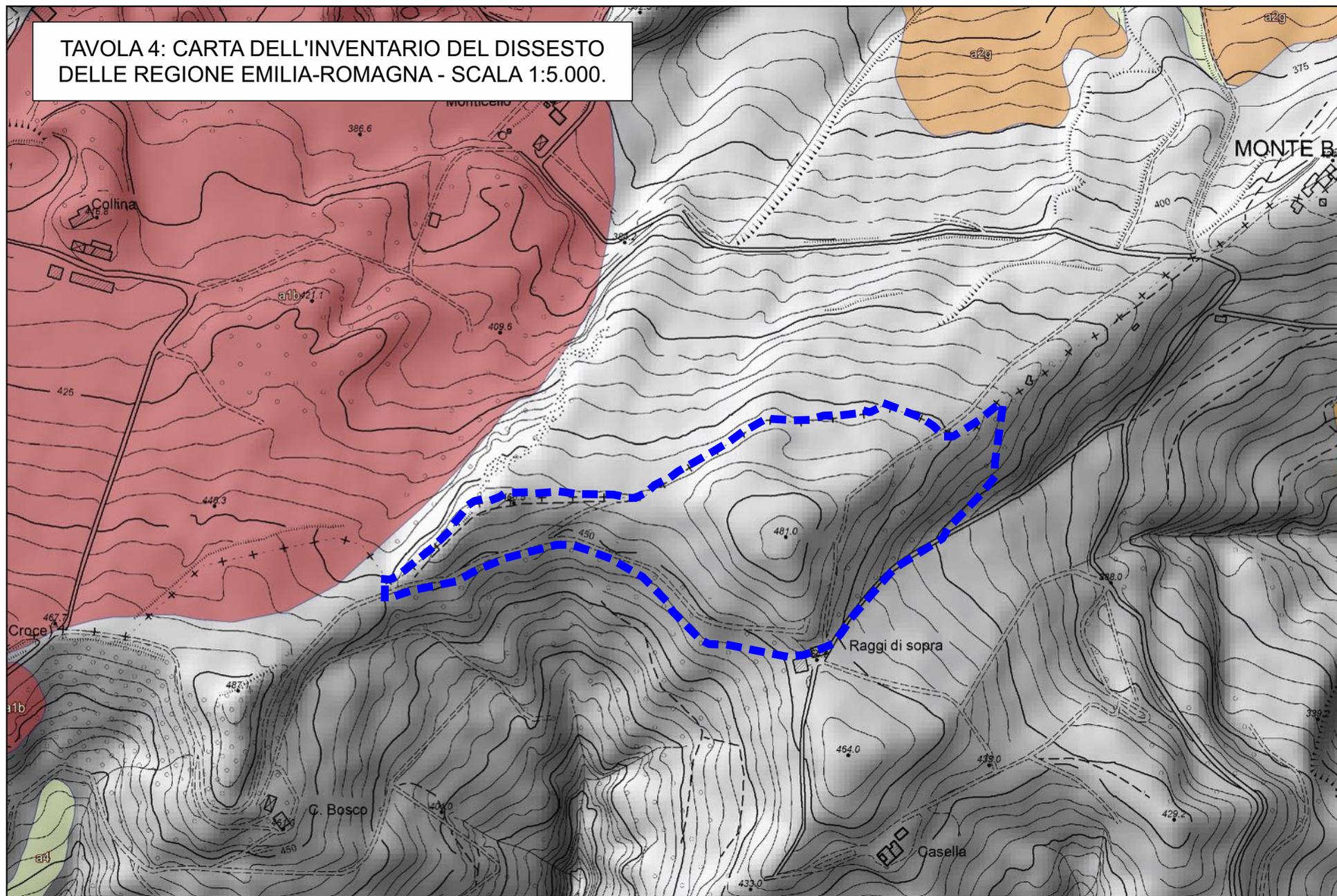
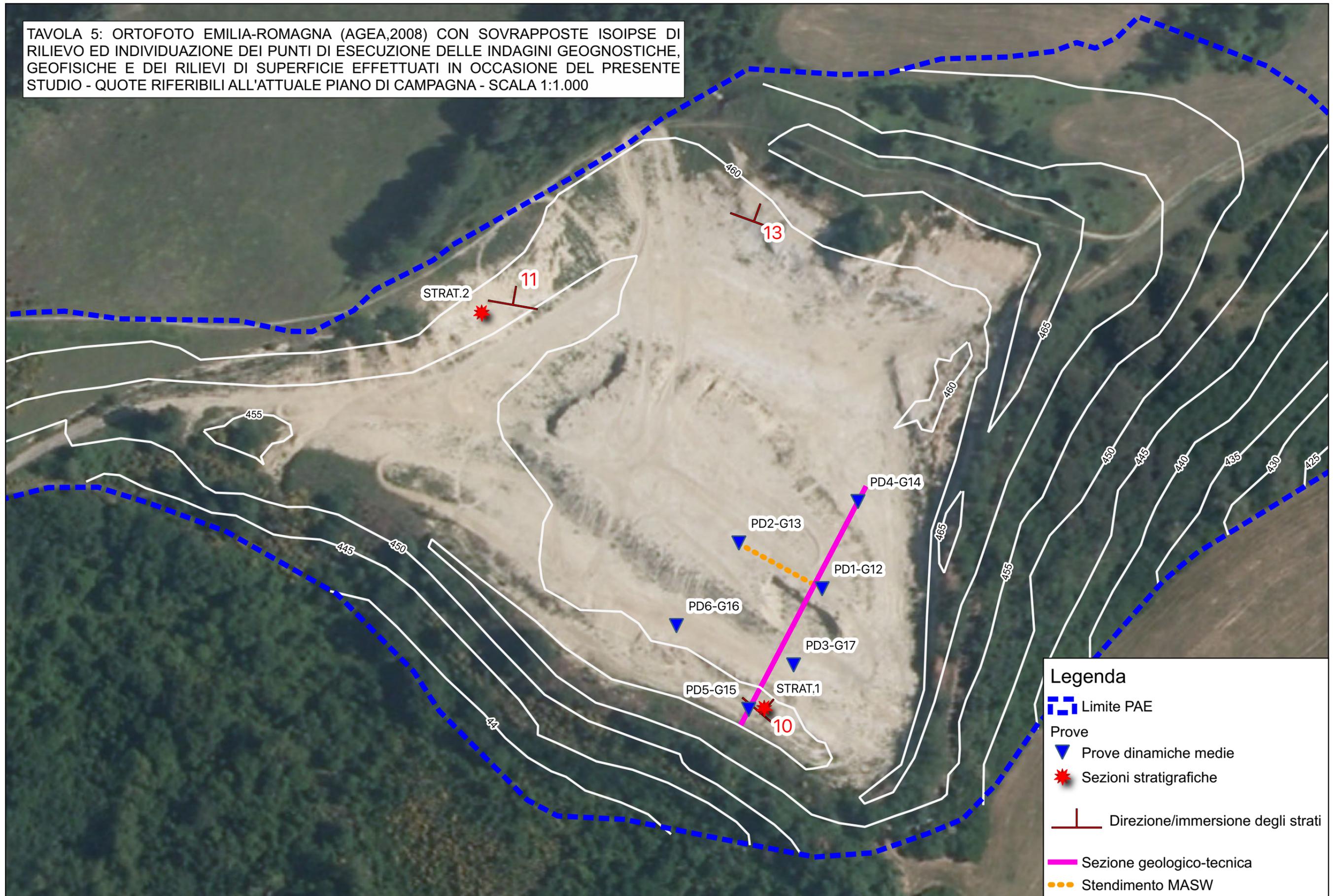


TAVOLA 5: ORTOFOTO EMILIA-ROMAGNA (AGEA,2008) CON SOVRAPPOSTE ISOIPSE DI RILIEVO ED INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DI ESECUZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E DEI RILIEVI DI SUPERFICIE EFFETTUATI IN OCCASIONE DEL PRESENTE STUDIO - QUOTE RIFERIBILI ALL'ATTUALE PIANO DI CAMPAGNA - SCALA 1:1.000



Legenda

- Limite PAE
- Prove
 - Prove dinamiche medie
 - Sezioni stratigrafiche
- Direzione/immersione degli strati
- Sezione geologico-tecnica
- Stendimento MASW

TAVOLA 6: SEZIONI STRATIGRAFICHE - SCALA 1:50

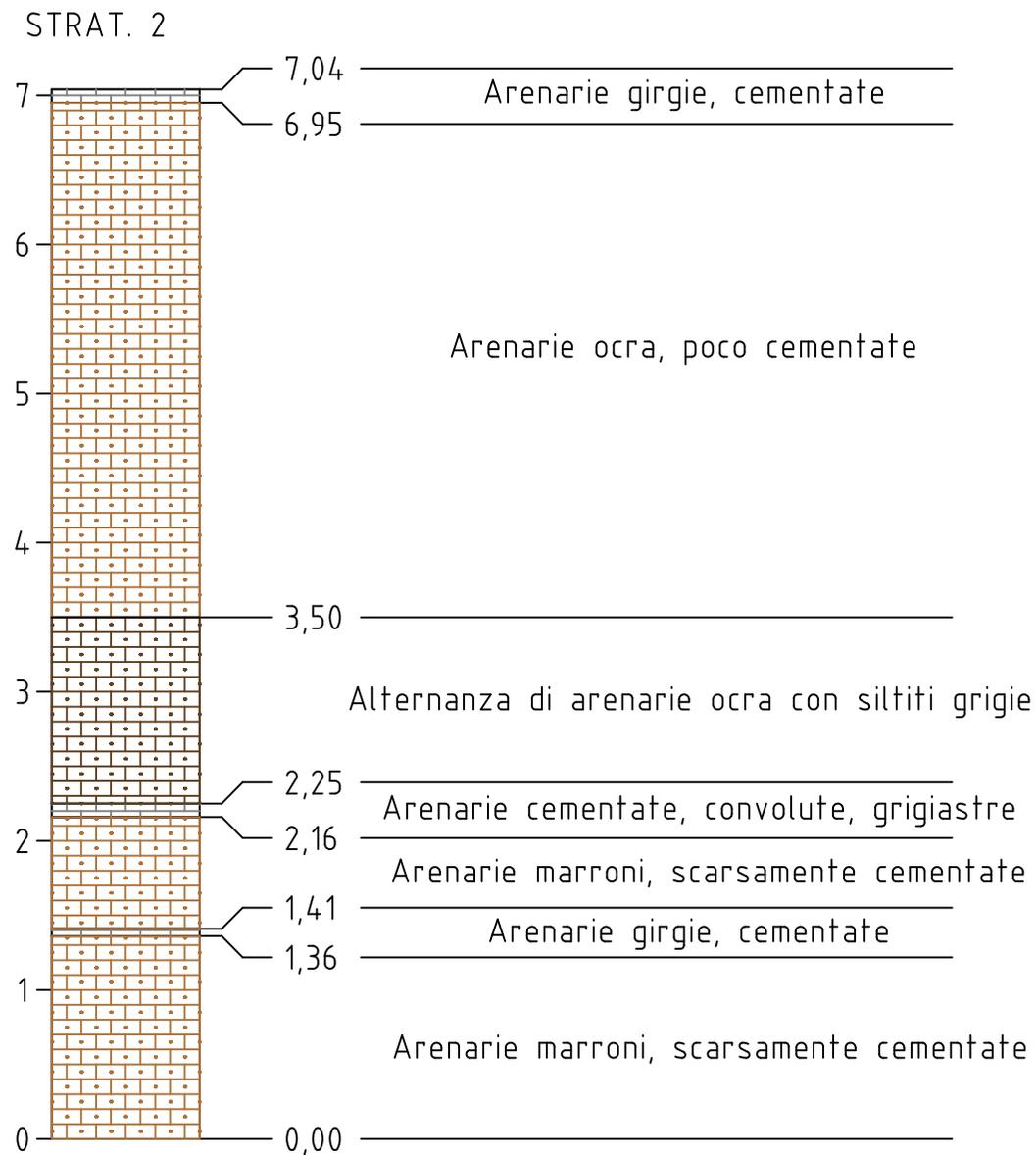
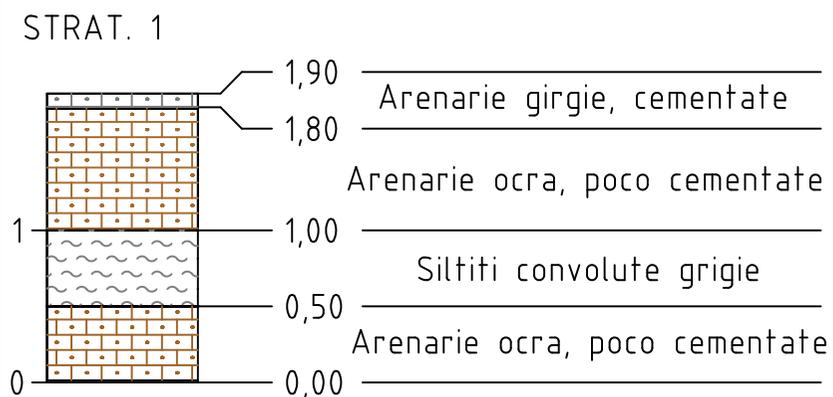
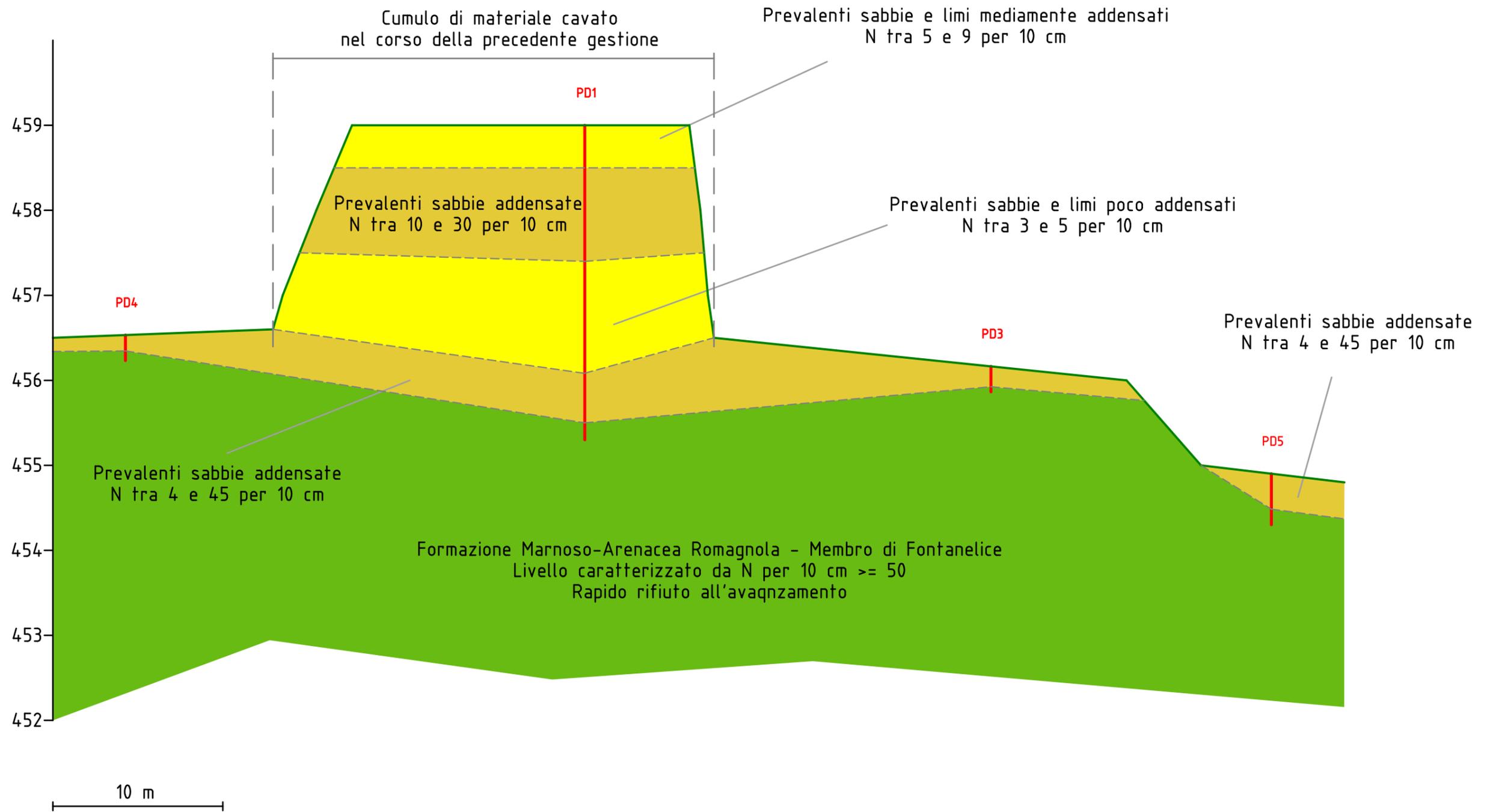
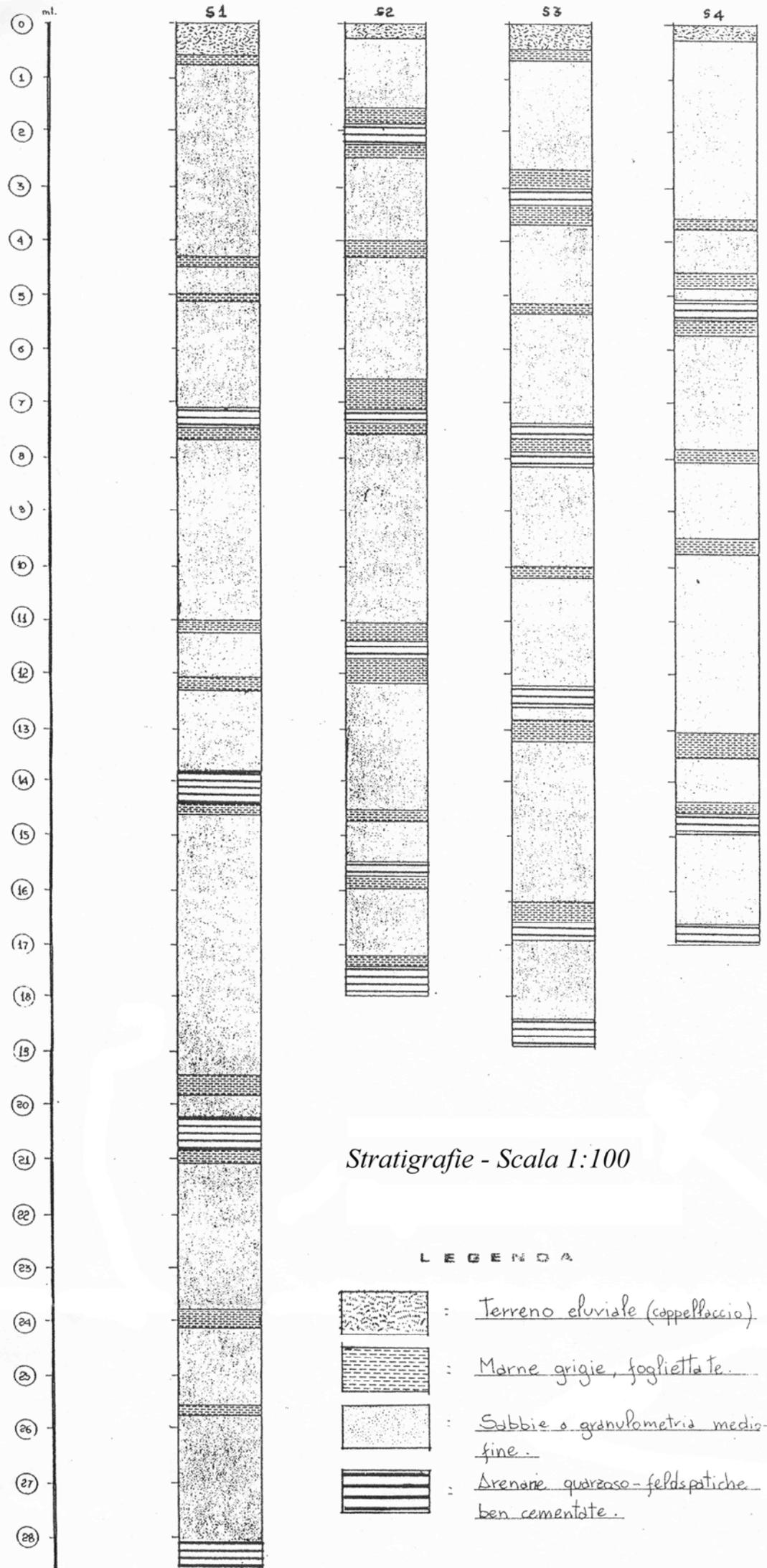


TAVOLA 7: SEZIONE LITOTECNICA - SCALA GRAFICA - ESAGERAZIONE VERTICALE 5X



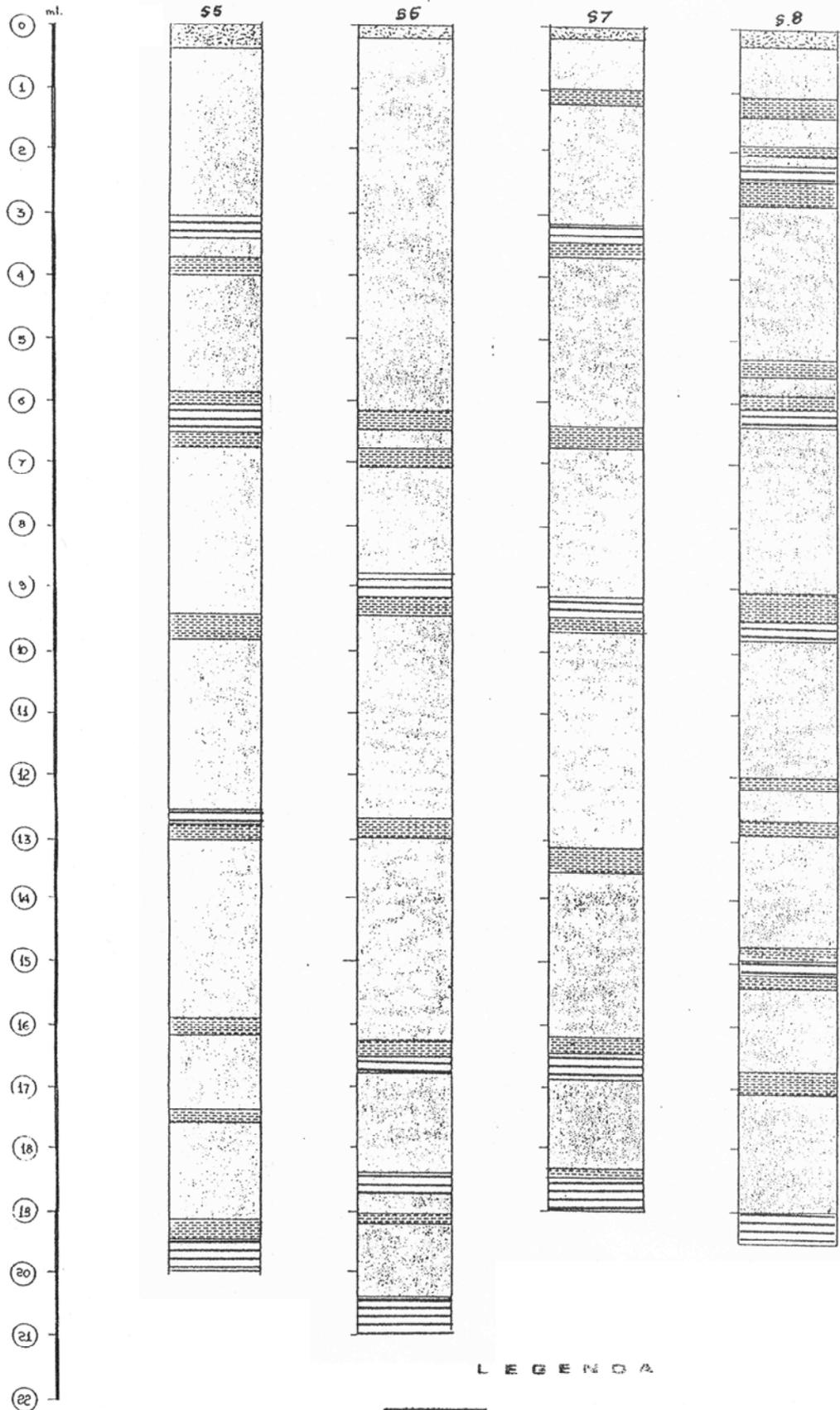


Stratigrafie - Scala 1:100

LEGENDA

-  : Terreno eluviale (cappellaccio)
-  : Marne grigie, fogliettate.
-  : Sabbie a granulometria medio-fine.
-  : Arenarie quarzose-feldspatiche ben cementate.

Stratigrafie - Scala 1:100



LEGENDA

-  : Terreno eluviale (coppellaccio).
-  : Marne grigie, fogliettate.
-  : Sabbie a granulometria medio-fine.
-  : Arenarie quarzoso-feldspatiche ben cementate.