

Località:

**REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI ASTI
COMUNE di CASTAGNOLE delle LANZE**

Progetto:

**COLTIVAZIONE DELLA CAVA DI SABBIA E GHIAIA
"CASONE 2"**

Oggetto:

**Elaborato 6
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E
GEOTECNICA**

Data:

marzo 2019

Proponente:

RUELLA GIUSEPPE ESCAVAZIONI
con sede in Fubine (AL), via San Giovanni Bosco n. 18
partita IVA n. 00537520066



Progettista:

Ing. Federico Burzio



**ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI CUNEO**
1384 Dott. Ing. Federico Burzio

Progettista:

Dott. Geol. Claudio Riccabone
Erredb studio – geologi associati



**FEDERICO BURZIO
INGEGNERE**

Via Artuffi, 47 - 12040 Ceresole d'Alba
Tel. e fax. 0172 574612 - Cell. 328 6016363
e-mail: f.burzio@libero.it - P.E.C. : federico.burzio@ingpec.eu
C.F. BRZFR76T04B11Z - p.iva 02987120041

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. UBICAZIONE GEOGRAFICA E VINCOLI PRESENTI	3
3. ASSETTO GEOLOGICO	6
3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO GENERALE.....	6
3.2 ASSETTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO	7
4. RICOSTRUZIONE DELLA TENDENZA EVOLUTIVA DEL FIUME TANARO	9
4.1 L'EVOLUZIONE STORICA DELL'ALVEO DEL TANARO.....	9
4.2 CARATTERISTICHE DELL'ALVEO E TENDENZE EVOLUTIVE LOCALI	11
5. COMPATIBILITA' CON IL QUADRO DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA	13
6. SONDAGGI GEOGNOSTICO - PIEZOMETRICI	15
7. ASSETTO IDROGEOLOGICO	16
7.1 INQUADRAMENTO GENERALE.....	16
7.2 ASSETTO IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO	16
8. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO E MODELLO GEOTECNICO.....	19
8.1 DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO DI DETTAGLIO	19
8.2 DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOTECNICO	20
9. CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	21
9.1 CARATTERIZZAZIONE SISMICA REGIONALE	21
9.2 RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL)	22
9.3 PERICOLOSITÀ DA LIQUEFAZIONE	24
10. VERIFICHE DI STABILITA'.....	25

Allegato 1: Indagini Geognostiche – Report dei Sondaggi

Allegato 2: Verifiche di stabilità

Oggetto: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica	File 01.006.19.R.docx	Pag. 1
Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni	Data: febbraio 2019	Codice: 01.006.19

Il presente elaborato è di proprietà riservata di Erredb Studio e non può essere riprodotto, copiato, né utilizzato per nessuno scopo diverso da quello per il quale è stato specificatamente fornito, senza previa autorizzazione scritta di Erredb Studio.

1. PREMESSA

La presente relazione costituisce il documento finale dell'indagine geologica, geomorfologica ed idrogeologica, condotta su un'area ubicata in sponda sinistra idrografica del Fiume Tanaro, in Comune di Castagnole delle Lanze (AT), oggetto di richiesta di concessione per un'attività di estrazione inerti, da parte della Ditta **Ruella Giuseppe Escavazioni** con sede in Via San Giovanni Bosco 18 a Fubine Monferrato (AL).

Il presente documento fa parte della documentazione relativa al progetto di coltivazione di cava (denominato "**Cava Casone 2**") è redatto secondo i disposti della L.R. 23 del 17/11/2016, relativa alla disciplina delle attività estrattive.

Costituisce inoltre parte della documentazione relativa al progetto di Variante Semplificata del P.R.G.C. vigente, che viene redatto in ottemperanza alla L.R. 23 del 17/11/2016, relativa alla disciplina delle attività estrattive. La nuova normativa impone che, nel caso di nuove autorizzazioni e concessioni di attività estrattive, qualora sussista una non conformità del progetto di coltivazione rispetto alle previsioni dello strumento urbanistico vigente, le autorizzazioni richieste vengano rilasciate con contestuale Variante al P.R.G.C., ai sensi dell'art.8 della citata legge, in accordo con il Comune.

Questa indagine geologica fa quindi parte della documentazione di cui alla Variante Semplificata riferita al progetto di rinnovo dell'attività estrattiva (cava di sabbia e ghiaia "Cava Casone"), che si inserisce nel quadro sopra richiamato ed è redatta ai sensi del comma 4 dell'articolo 17 bis della legge regionale 5 dicembre 1977, n. 56 (Tutela ed uso del suolo), così come previsto dall'art. 8 c. 4 della L.R. 23/2016.

L'indagine, i cui risultati sono illustrati nel presente documento e nella cartografia allegata, ha analizzato in particolare i seguenti aspetti:

- l'assetto geologico-geomorfologico di dettaglio;
- l'analisi dei rapporti fra attività estrattiva e regime fluviale;
- la situazione litostratigrafica del giacimento;
- la valutazione della soggiacenza della falda e la ricostruzione della superficie piezometrica nell'area;
- la caratterizzazione geologico-tecnica dei terreni;
- la valutazione della compatibilità dell'intervento con il quadro della pericolosità geomorfologica ed idraulica, definita dalla documentazione geologica del vigente P.R.G.C..

Oggetto: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica	File 01.006.19.R.docx	Pag. 2
Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni	Data: febbraio 2019	Codice: 01.006.19

Il presente elaborato è di proprietà riservata di Erredb Studio e non può essere riprodotto, copiato, né utilizzato per nessuno scopo diverso da quello per il quale è stato specificatamente fornito, senza previa autorizzazione scritta di Erredb Studio.

2. UBICAZIONE GEOGRAFICA E VINCOLI PRESENTI

L'area in esame (vedi Fig. 1 e Fig. 2 per la corografia generale) appartiene al ripiano di origine alluvionale, costituente la sponda sinistra idrografica del Fiume Tanaro, in Comune di Castagnole Lanze (AT), in prossimità del confine a Ovest con il comune di Govone (CN).

L'area oggetto di nuova attività estrattiva presenta una superficie complessiva pari a ~ 18.000 m². Le aree effettive di scavo sono ovviamente leggermente inferiori. Nella citata Fig. 1 è riportata l'ubicazione dell'area in esame con riferimento alla Cartografia Tecnica Regionale BDTre. In Fig. 2, è invece riportata la delimitazione dell'area con riferimento alle riprese aeree (Fonte Google Earth).

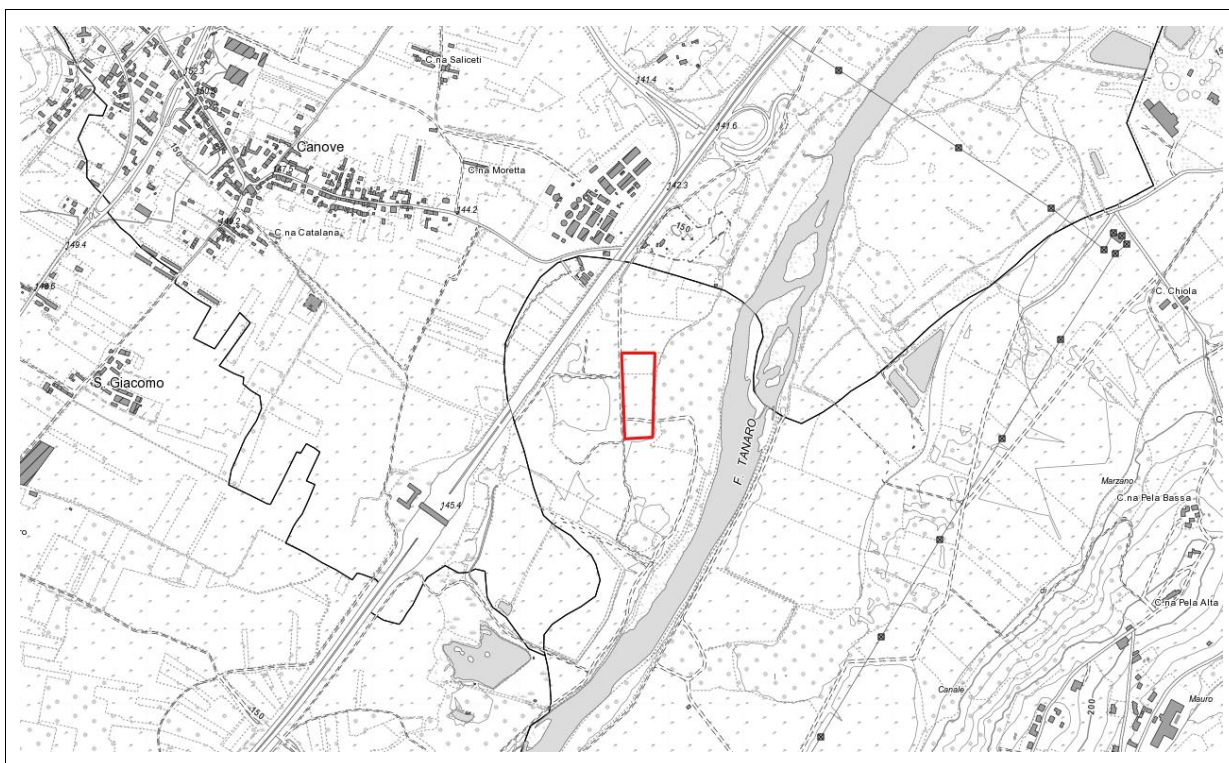


Figura 1: Corografia dell'area, scala 1:10.000 - Base BDTre della Regione Piemonte.

L'area risulta interna alla fascia di 150 m dalla sponda del Tanaro, come definita ai sensi della L. 431/1985 e D.Lgs. 42/2004; inoltre risulta compresa all'interno della Fascia Fluviale B del Fiume Tanaro definita dal Piano Stralcio Fasce Fluviali (adottato con Deliberazione n. 26/97 del 11/12/1997 ed approvato con D.P.C.M. in data 24/7/1998) e recepite nel P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Po).

Inoltre, con riferimento al recente Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA) "Direttiva Alluvioni – aggiornamento 2015" (di cui un estratto alle Fig. 3 e 4), l'area in esame risulta caratterizzata da una Probabilità di alluvioni medie ed elevate e risulta soggetta ad un Rischio medio (R2) e moderato (R1).

Oggetto: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica	File 01.006.19.R.docx	Pag. 3
Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni	Data: febbraio 2019	Codice: 01.006.19

Il presente elaborato è di proprietà riservata di Erredb Studio e non può essere riprodotto, copiato, né utilizzato per nessuno scopo diverso da quello per il quale è stato specificatamente fornito, senza previa autorizzazione scritta di Erredb Studio.



Figura 2: ripresa aerea dell'area in esame (Fonte Google Earth)

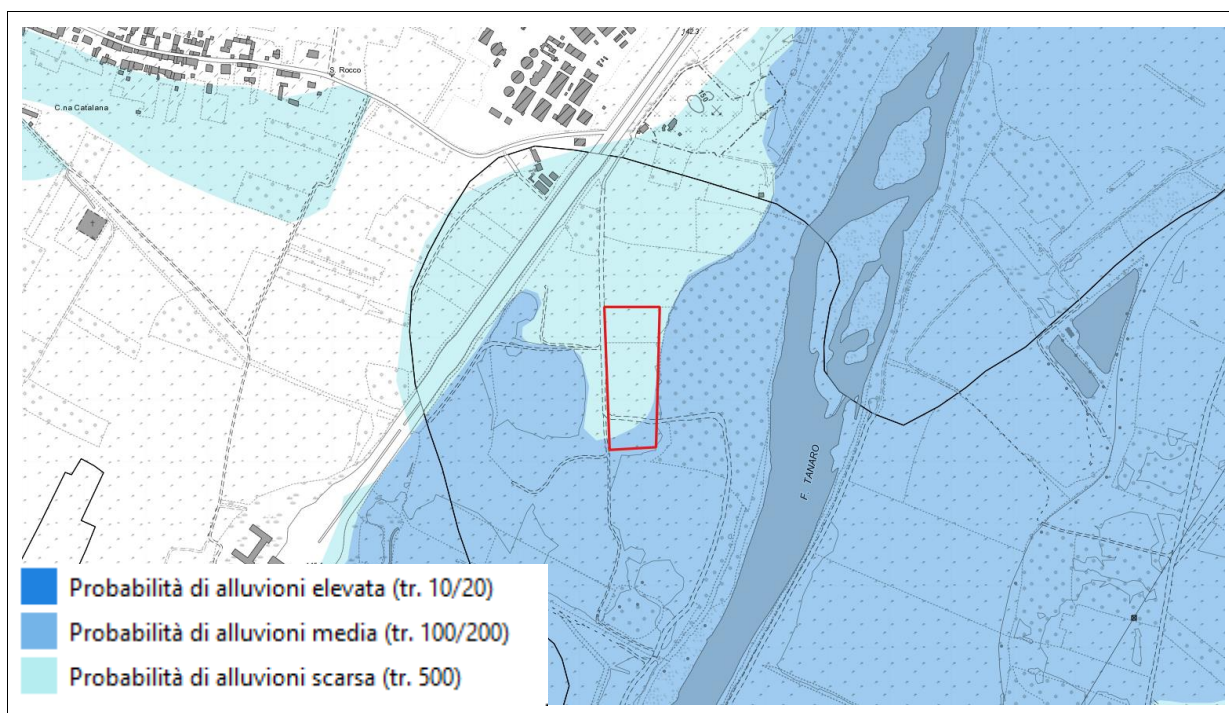


Figura 3: Stralcio del Piano di gestione del rischio alluvioni (PGRA) - Pericolosità

Oggetto: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica	File 01.006.19.R.docx	Pag. 4
Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni	Data: febbraio 2019	Codice: 01.006.19

Il presente elaborato è di proprietà riservata di Erredb Studio e non può essere riprodotto, copiato, né utilizzato per nessuno scopo diverso da quello per il quale è stato specificatamente fornito, senza previa autorizzazione scritta di Erredb Studio.

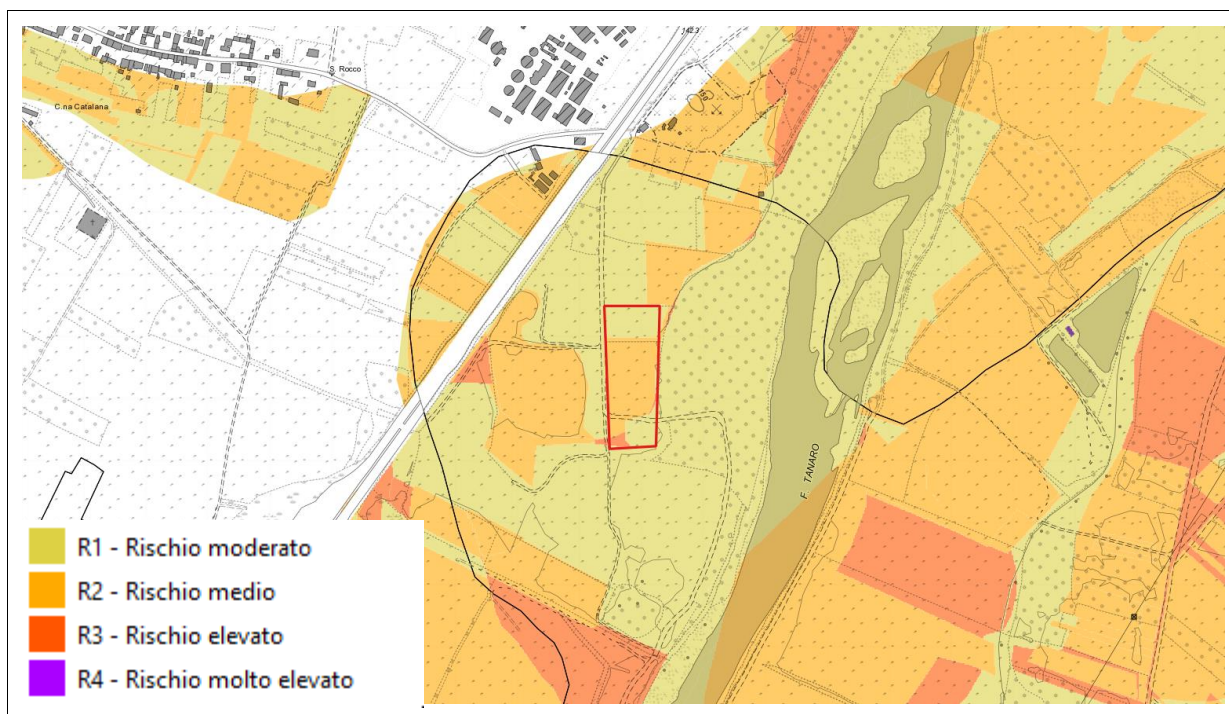


Figura 4: Stralcio del Piano di gestione del rischio alluvioni (PGRA) - Rischio

Oggetto: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica	File 01.006.19.R.docx	Pag. 5
Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni	Data: febbraio 2019	Codice: 01.006.19

Il presente elaborato è di proprietà riservata di Erredb Studio e non può essere riprodotto, copiato, né utilizzato per nessuno scopo diverso da quello per il quale è stato specificatamente fornito, senza previa autorizzazione scritta di Erredb Studio.

3. ASSETTO GEOLOGICO

3.1 Inquadramento geologico-geomorfologico generale

Da un punto di vista geologico generale, lungo il fondovalle del Fiume Tanaro possono essere distinti un substrato terziario, costituito da rocce sedimentarie di età miocenica ed una copertura quaternaria, costituita da depositi alluvionali. I depositi marini miocenici, oltre a costituire i versanti della vallata del Tanaro, affiorano localmente anche in lunghi tratti dell'alveo del Tanaro, a causa delle recenti fasi erosive del corso d'acqua. Nei dintorni dell'area esaminata, tali depositi sono costituiti in affioramento dalla Formazione delle Marne di Sant'Agata Fossili.

La Formazione delle Marne di Sant'Agata Fossili (denominata M⁴ nel Foglio 69, "ASTI", della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 di cui in Fig. 5 se ne riporta uno stralcio), di età tortoniana (Miocene) rappresenta una successione sedimentaria di ambiente marino relativamente poco profondo, costituita essenzialmente da *"marne più o meno sabbiose, di colore grigio-azzurro, con locali intercalazioni sabbioso-conglomeratiche"*.

Sul substrato appena descritto, si è deposto il materasso alluvionale quaternario, organizzato in superfici terrazzate separate da deboli scarpate, costituito da materiali ghiaioso-sabbiosi, omogenei a grande scala, mentre a piccola scala sono riscontrabili evidenti variazioni litologiche, a motivo della presenza di lenti od intercalazioni a granulometria fine, limose, limoso-sabbiose e limoso-argillose, caratteristiche di ambienti deposizionali fluviali.

Lo spessore dei depositi alluvionali grossolani può raggiungere, al massimo, la decina di metri.

I depositi grossolani che costituiscono il materasso alluvionale, sono uniformemente ricoperti da un intervallo superficiale a granulometria fine, limoso, talora debolmente sabbioso, il cui spessore è variabile, comunque compreso fra 0,80 ed 1,0 metri.

Dal punto di vista geomorfologico, va osservato che l'originario assetto a terrazzi, connesso ai fenomeni alluvionali fluviali, risulta pressoché interamente obliterato dall'attività agricola e dall'attività estrattiva attuale e pregressa.

L'esame delle varie coperture aerofotografiche esistenti sull'area, in particolare quella relativa all'evento alluvionale del 1994, ha permesso di tracciare, sulla Carta geomorfologica riportata in Fig. 6, gli elementi caratteristici dell'area, tutti riconducibili a fenomeni di dinamica fluviale.

In carta sono stati riportati i vari canali secondari, abbandonati dal corso d'acqua, gli argini ed i solchi di erosione facilmente riconoscibili dalle foto aeree, l'estensione dell'area coinvolta dall'esondazione, le direzioni delle correnti di esondazione, ricavate dal senso di coricamento della vegetazione, le forme ed i fenomeni di riattivazione di vecchi elementi riconducibili all'attività fluviale passata.

Oggetto: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica	File 01.006.19.R.docx	Pag. 6
Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni	Data: febbraio 2019	Codice: 01.006.19

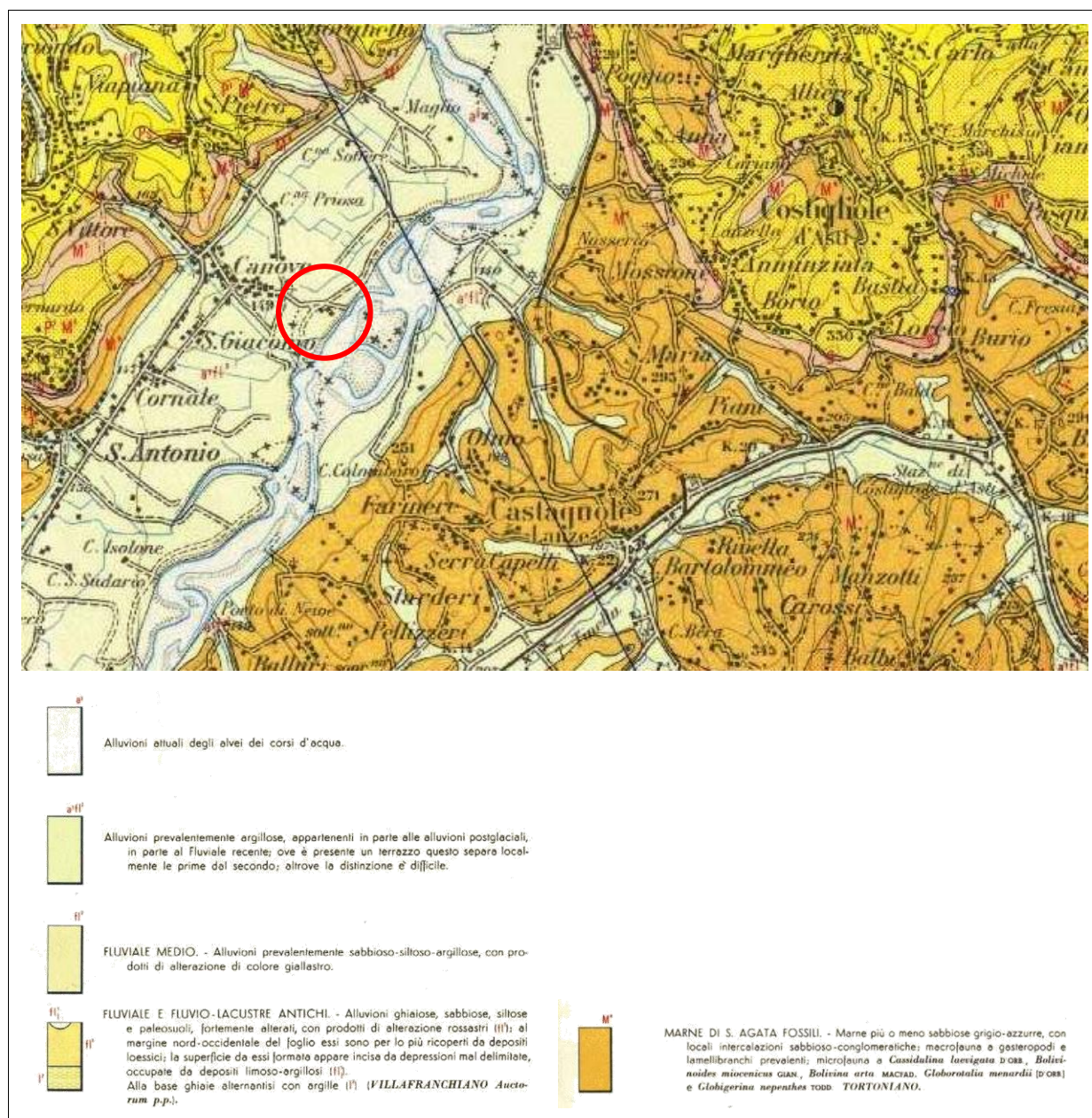


Figura 5: stralcio della carta geologica d'Italia – Foglio 69 - ASTI

3.2 Assetto geologico-geomorfologico di dettaglio

L'area destinata alla nuova attività estrattiva risulta compresa in un lembo di pianura alluvionale la cui conformazione morfologica è legata essenzialmente alla dinamica del corso del Fiume Tanaro, che defluisce con andamento sostanzialmente rettilineo da SO a NE e che costituisce l'elemento morfologico predominante. Esso presenta andamento unicursale, meandriforme, a sezione indicativamente trapezia, inciso nei propri depositi e nei materiali del substrato terziario, con scarpate di altezza variabile tra i 3 e i 5 m circa. Tale scarpata costituisce anche il limite fisico che separa le alluvioni attuali del Fiume Tanaro (definite a¹

Oggetto: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica	File 01.006.19.R.docx	Pag. 7
Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni	Data: febbraio 2019	Codice: 01.006.19

Il presente elaborato è di proprietà riservata di Erredb Studio e non può essere riprodotto, copiato, né utilizzato per nessuno scopo diverso da quello per il quale è stato specificatamente fornito, senza previa autorizzazione scritta di Erredb Studio.

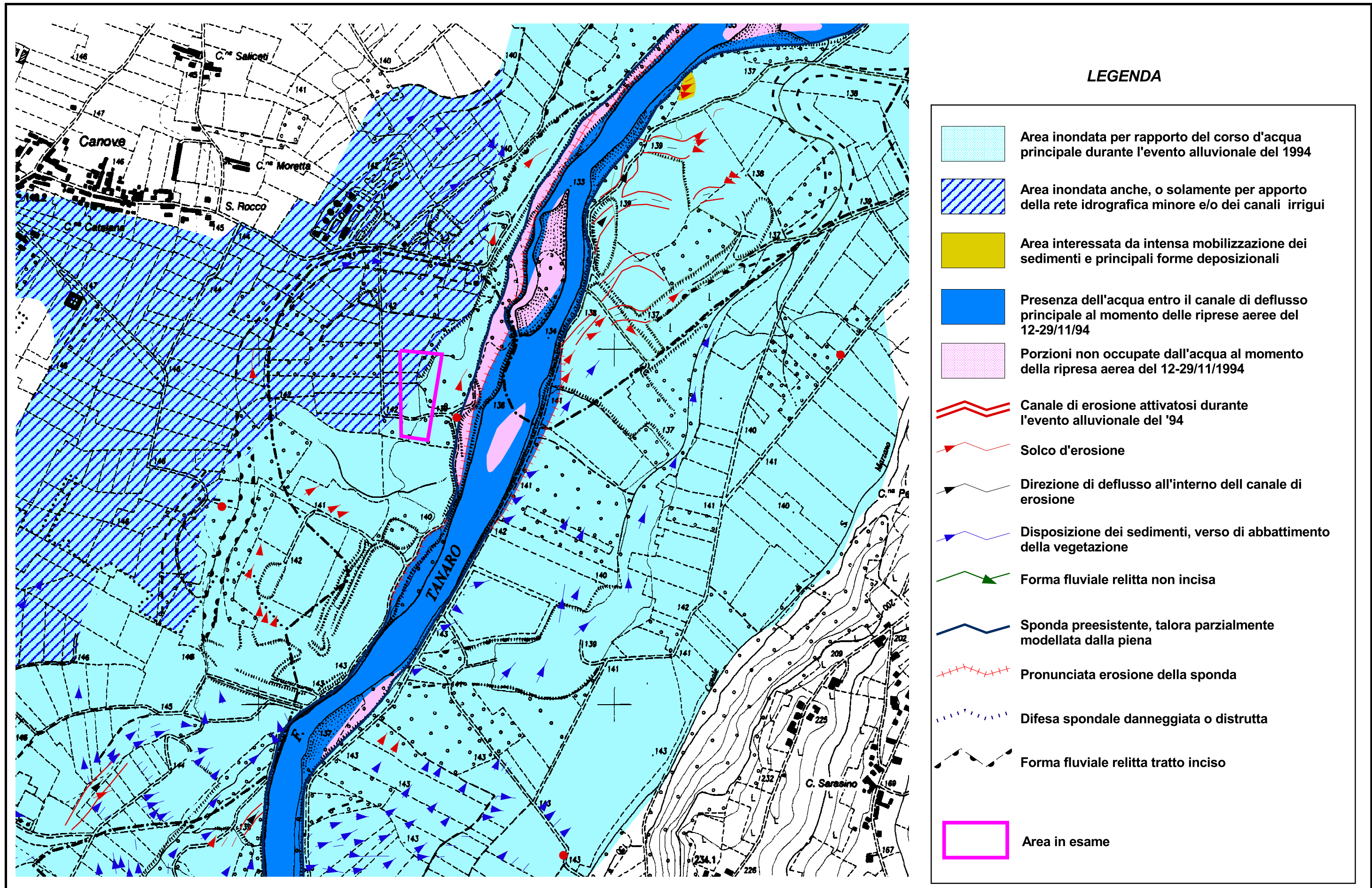


Figura 6: carta geomorfologica - Scala 1:10.000

nel Foglio 69, ASTI, della C.G.I. alla scala 1:100.000), dalle alluvioni post-glaciali (definite a¹fl³ nel Foglio 69, ASTI, della C.G.I. alla scala 1:100.000), generalmente costituite da materiali a granulometria fine, limoso-argillosa, misti a ghiaie, ciottoli e sabbie.

L'area in esame risulta posta al limite esterno di un orlo di terrazzo, parzialmente oblitterato dall'attività agricola, che presenta un dislivello di circa 2,00 m e che è presumibilmente riconducibile ad un'antica ansa fluviale, abbandonata e completamente stabilizzata.

Oggetto: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica	File 01.006.19.R.docx	Pag. 8
Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni	Data: febbraio 2019	Codice: 01.006.19

Il presente elaborato è di proprietà riservata di Erredb Studio e non può essere riprodotto, copiato, né utilizzato per nessuno scopo diverso da quello per il quale è stato specificatamente fornito, senza previa autorizzazione scritta di Erredb Studio.

4. RICOSTRUZIONE DELLA TENDENZA EVOLUTIVA DEL FIUME TANARO

4.1 L'evoluzione storica dell'alveo del Tanaro

Sulla base di materiali bibliografici e dall'esame di cartografie distribuite all'incirca nell'arco di un secolo, possono essere sinteticamente descritte le variazioni morfologiche connesse alla dinamica fluviale, in tale intervallo temporale, per il tratto del fiume Tanaro compreso all'incirca tra Alba ed Asti.

Nell'area in esame, il Fiume Tanaro risulta caratterizzato da un alveo-tipo unicursale, ad andamento debolmente meandriforme, con una tendenza alla progressiva diminuzione della sinuosità, come evidenziato anche dalla sovrapposizione dei vari tracciati del fiume, ricavati dalle Tavole IGM, dal volo aereo Ministero Ambiente 2006 e dalla cartografia tecnica regionale (BDTre), (cf. Fig. 7).

In generale, come riportato dalla Relazione Generale del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), l'alveo tipo unicursale, da sinuoso a meandriforme, caratterizza i tratti di bassa pianura degli affluenti principali del Fiume Po. Inoltre, un'evoluzione morfologica attuale meno significativa rispetto a quella pregressa, per alcuni corsi d'acqua, fra i quali il Tanaro, è connessa alla stabilizzazione dell'andamento planimetrico, imposto dalla progressiva artificializzazione dell'alveo.

Con riferimento invece all'abbassamento del fondo alveo, i dati riportati nella Relazione Generale del P.A.I., indicano come gran parte dei corsi d'acqua sia interessata da fenomeni medi e significativi di abbassamento: in sintesi risulta che l'erosione di fondo è la tendenza prevalente in atto lungo le aste del reticolo idrografico padano; tale carattere è particolarmente marcato su alcuni corsi d'acqua, fra i quali il Tanaro.

Sulla base di materiali bibliografici, possono essere sinteticamente descritte le variazioni morfologiche connesse alla dinamica fluviale, afferenti al periodo 1900-2000, per il tratto del fiume Tanaro compreso all'incirca tra Alba ed Asti.

A partire dal 1880 (prima edizione della cartografia IGM alla scala 1:25.000), l'alveo del Tanaro è caratterizzato da una discreta sinuosità e dalla presenza di numerosi canali secondari, separati fra loro da isole, larghe anche più di 200-300 m. La sinuosità sembra crescere nel tempo, come si osserva dal successivo aggiornamento della cartografia IGM del 1923, che mette anche in evidenza la crescita delle dimensioni delle isole e l'allargamento dei canali secondari.

Il nuovo aggiornamento dell'IGM, basato su una ripresa aereofotografica del 1954, mostra un comportamento parzialmente meandriforme, con isole fluviali che sembrano ridurre le loro dimensioni; è anche evidente un graduale processo di abbandono dei rami secondari.

Il periodo immediatamente seguente vede l'espandersi delle attività di estrazione inerti lungo il corso d'acqua; contestualmente, si estendono le opere di difesa spondali. La situazione del corso d'acqua negli anni '80, desunta dall'osservazione delle foto aeree del volo Regione Piemonte del 1987, risulta caratterizzata dalla totale estinzione dei rami secondari: nel tratto

Oggetto: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica	File 01.006.19.R.docx	Pag. 9
Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni	Data: febbraio 2019	Codice: 01.006.19

Il presente elaborato è di proprietà riservata di Erredb Studio e non può essere riprodotto, copiato, né utilizzato per nessuno scopo diverso da quello per il quale è stato specificatamente fornito, senza previa autorizzazione scritta di Erredb Studio.

compreso tra Alba ed Asti, il Tanaro presenta un unico canale attivo, che procede per tratti rettilinei, separati da anse spesso accentuate.

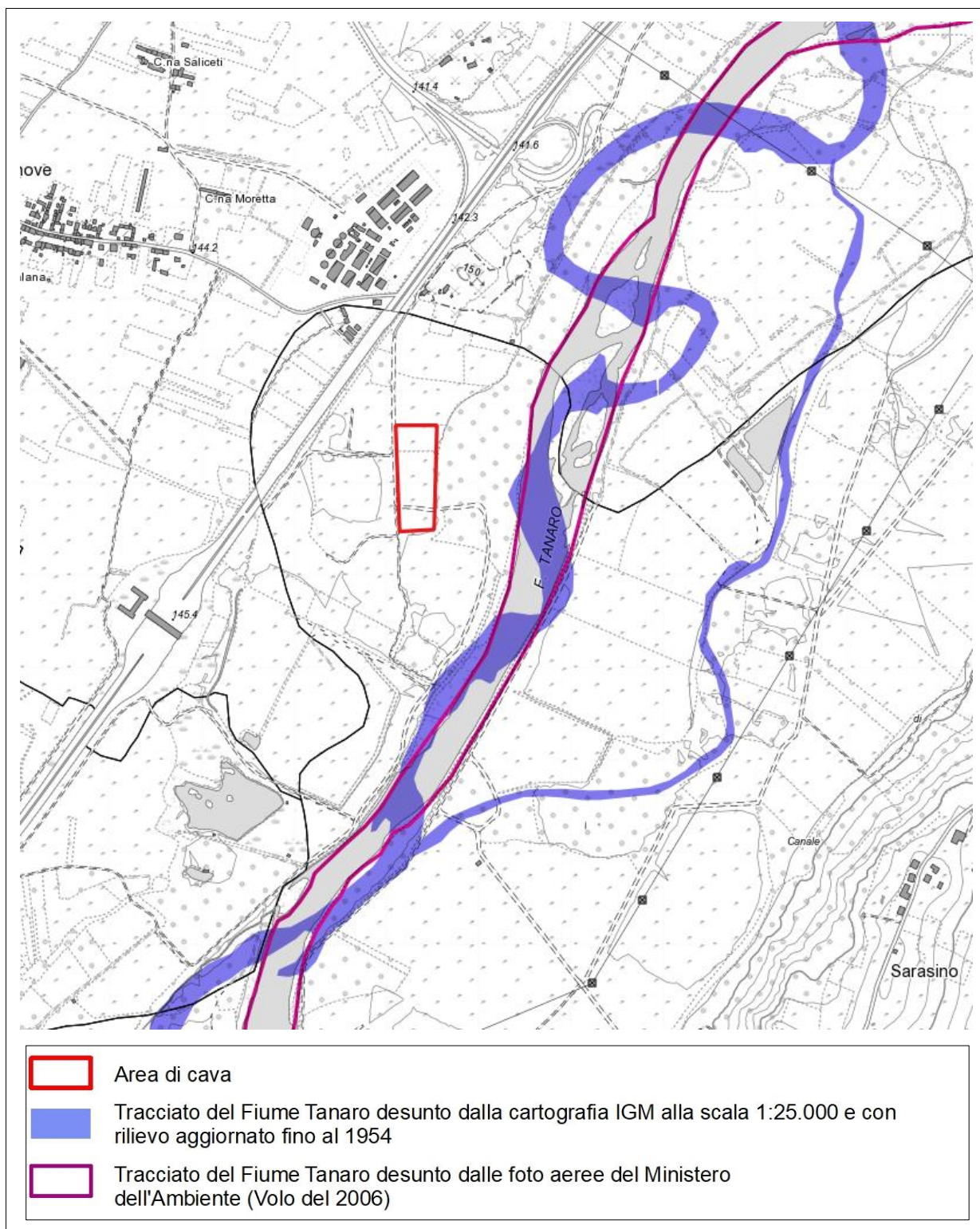


Figura 7: Sovrapposizione dei vari tracciati storici del fiume Tanaro.

Oggetto: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica	File 01.006.19.R.docx	Pag. 10
Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni	Data: febbraio 2019	Codice: 01.006.19

Il presente elaborato è di proprietà riservata di Erredb Studio e non può essere riprodotto, copiato, né utilizzato per nessuno scopo diverso da quello per il quale è stato specificatamente fornito, senza previa autorizzazione scritta di Erredb Studio.

In sintesi è possibile affermare che, dopo un periodo in cui il corso d'acqua tendeva progressivamente ad accrescere la sua lunghezza e quindi, la sinuosità (che, sulla base dei documenti esaminati, sembra raggiungere il suo massimo negli anni '50), si ha una brusca inversione di tendenza nel periodo successivo, con un progressivo accorciamento dell'alveo e conseguente riduzione della sinuosità, per arrivare, come si osserva tuttora, ad una notevole rettilinearizzazione dell'alveo. A tale evoluzione planimetrica si sono associati processi erosivi intensi, che hanno portato l'alveo ad approfondirsi incidendo, pressoché ovunque, il substrato marnoso terziario.

La contemporanea presenza di una fase di rettilinearizzazione dell'alveo e di un suo progressivo approfondirsi, fino ad incidere il substrato marnoso terziario, costituiscono la caratteristica evolutiva attuale del Fiume Tanaro fino ad Asti, testimoniando pertanto a favore di una sostanziale stabilità dell'attuale tracciato fluviale.

4.2 Caratteristiche dell'alveo e tendenze evolutive locali

Nel presente paragrafo, viene descritto l'assetto geomorfologico di dettaglio, relativamente ai processi di dinamica fluviale, come risulta dall'analisi effettuata (in base al rilievo aerofotografico, alla consultazione dei dati bibliografici ed alle indagini in situ) e sintetizzata nelle già citate carte di Fig. 6 e 7. L'analisi ha preso in considerazione il tratto di fiume compreso tra i Comuni di Govone (CN) e di Castagnole Lanze (AT).

Nel tratto in esame, il fiume descrive un percorso sub-rettilineo a canale singolo, con un'unica isola fluviale posta all'incirca in corrispondenza dell'area in esame, accennando una debole ansa e percorre la valle mantenendosi in posizione all'incirca simmetrica rispetto ai versanti limitrofi.

La pendenza media si aggira sul 1.5-2 per mille. La sezione di deflusso, ampia all'incirca fra 60 e 80 m, presenta un profilo grossomodo trapezoidale, con sponde incise per un'altezza variabile, da 3 a 5 m nei depositi alluvionali circostanti; quasi ovunque, in questo tratto, il fondo dell'alveo è inoltre inciso direttamente sul substrato marnoso, che è osservabile in affioramento alla base delle scarpate delle sponde.

Nell'area, come già osservato, gli orli e le scarpate di terrazzo di origine alluvionale sono stati totalmente oblitterati dall'attività antropica; sono ancora parzialmente osservabili (essenzialmente da foto aerea) alcune evidenze di forme fluviali relitte, scarsamente incise.

Nel corso dell'evento alluvionale del novembre '94, l'area è stata interessata dalle acque di esondazione del Fiume Tanaro, ma non è risultata interessata da fenomeni di erosione canalizzata o da fenomeni erosivi superficiali, che in questa zona hanno asportato la coltre di copertura fine, limoso-sabbiosa nelle porzioni maggiormente depresse del fondovalle.

Si fa comunque osservare che le forme fluviali riattivate durante la piena (che risultano tutte esterne alle aree di cava in progetto), come pure i fenomeni di erosione, superficiale e

Oggetto: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica	File 01.006.19.R.docx	Pag. 11
Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni	Data: febbraio 2019	Codice: 01.006.19

Il presente elaborato è di proprietà riservata di Erredb Studio e non può essere riprodotto, copiato, né utilizzato per nessuno scopo diverso da quello per il quale è stato specificatamente fornito, senza previa autorizzazione scritta di Erredb Studio.

canalizzata, non hanno prodotto effetti morfologici irreversibili, confermando la sostanziale tendenza alla stabilità del corso del Tanaro, in questo tratto.

Per quel che riguarda la tendenza evolutiva del corso d'acqua, quanto osservato a grande scala (cf. par. 4.1) è riscontrabile in dettaglio, lungo il tratto di fiume corrispondente all'area in studio.

Il confronto tra le varie cartografie disponibili lungo lo sviluppo dell'asse vallivo, permette di evidenziare fenomeni di taglio di meandro e di abbandono di canali secondari, che sono confermate dalle foto aeree consultate (volo 1976 e 1994), dove sono osservabili le tracce degli alvei abbandonati che caratterizzano l'area, testimoni di un processo evolutivo dominato dal progressivo attenuarsi della sinuosità. La nuova cartografia tecnica regionale (base BDTre), conferma questo andamento, fotografando una situazione da cui quella attuale non sembra essersi più discostata di molto (vedasi ancora la citata Fig. 7).

Quanto descritto finora, sulla base dell'evoluzione del tracciato fluviale, testimonia comunque a favore di un processo di sostanziale stabilizzazione del corso d'acqua, con progressiva rettilinearizzazione e sostanziale riduzione della sinuosità. Si è anche riscontrata una diminuzione, in termini di frequenza, dei fenomeni di esondazione, nel caso di piene ordinarie.

L'assetto del Fiume Tanaro, lungo il tratto Alba - Asti, risulta inoltre ulteriormente stabilizzato dalla realizzazione dei nuovi tratti arginati previsti dal Piano Stralcio delle Fasce Fluviali dell'Autorità di Bacino e dai nuovi rilevati realizzati per l'autostrada Asti-Cuneo.

Infine, si segnala come la presenza di numerose cavità, residuo di originarie attività di estrazione inerti, costituisce una possibilità di espansione per le piene del Tanaro, riducendone in parte l'energia e la conseguente attività erosiva.

Si precisa che il rinnovo dell'intervento estrattivo non presenta interazioni negative con le opere idrauliche di difesa e con il regime delle falde freatiche presenti. Inoltre, l'attività di cava non ha influenze negative sulla possibile dinamica delle acque del fiume, in quanto non porta a modificazioni indotte direttamente o indirettamente sulla morfologia dell'alveo attivo, come evidenziato anche nell'analisi geomorfologica: nella prevista area estrattiva e nei suoi immediati dintorni, sono infatti assenti elementi morfodinamici attivi (o riattivati in seguito agli ultimi eventi alluvionali significativi), connessi all'attività fluviale.

Oggetto: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica	File 01.006.19.R.docx	Pag. 12
Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni	Data: febbraio 2019	Codice: 01.006.19

Il presente elaborato è di proprietà riservata di Erredb Studio e non può essere riprodotto, copiato, né utilizzato per nessuno scopo diverso da quello per il quale è stato specificatamente fornito, senza previa autorizzazione scritta di Erredb Studio.

5. COMPATIBILITA' CON IL QUADRO DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA

Nel presente paragrafo viene descritto il quadro delle condizioni di pericolosità idraulica e geomorfologica, come definito dalla documentazione geologica di P.R.G. In particolare, viene presentata l'attuale delimitazione delle Fasce Fluviali e la classificazione di pericolosità riportata sulla Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica del P.R.G.C..

Nella Fig. 8 sono riportate le Fasce Fluviali dell'Autorità di Bacino, così come riportate nel vigente P.R.G.C. del Comune di Castagnole Lanze. Sulla base di tale perimetrazione, il sito di cava risulta posto all'interno del limite della Fascia B (cf. Fig. 8).

Il comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino del Po, con Delibera n. 10/2002, all'Allegato 1, punto 8, prescrive che *"i progetti per l'apertura di nuove cave e/o ampliamenti di quelle esistenti nelle Fasce Fluviali A e B e nelle aree in dissesto dovranno essere corredati dallo studio di compatibilità ... e sottoposti al parere vincolante dell'Autorità di Bacino, espresso nell'ambito delle procedure di VIA regionale"*. Si rimanda pertanto a tali procedure, non oggetto della presente indagine, l'approfondimento del caso.

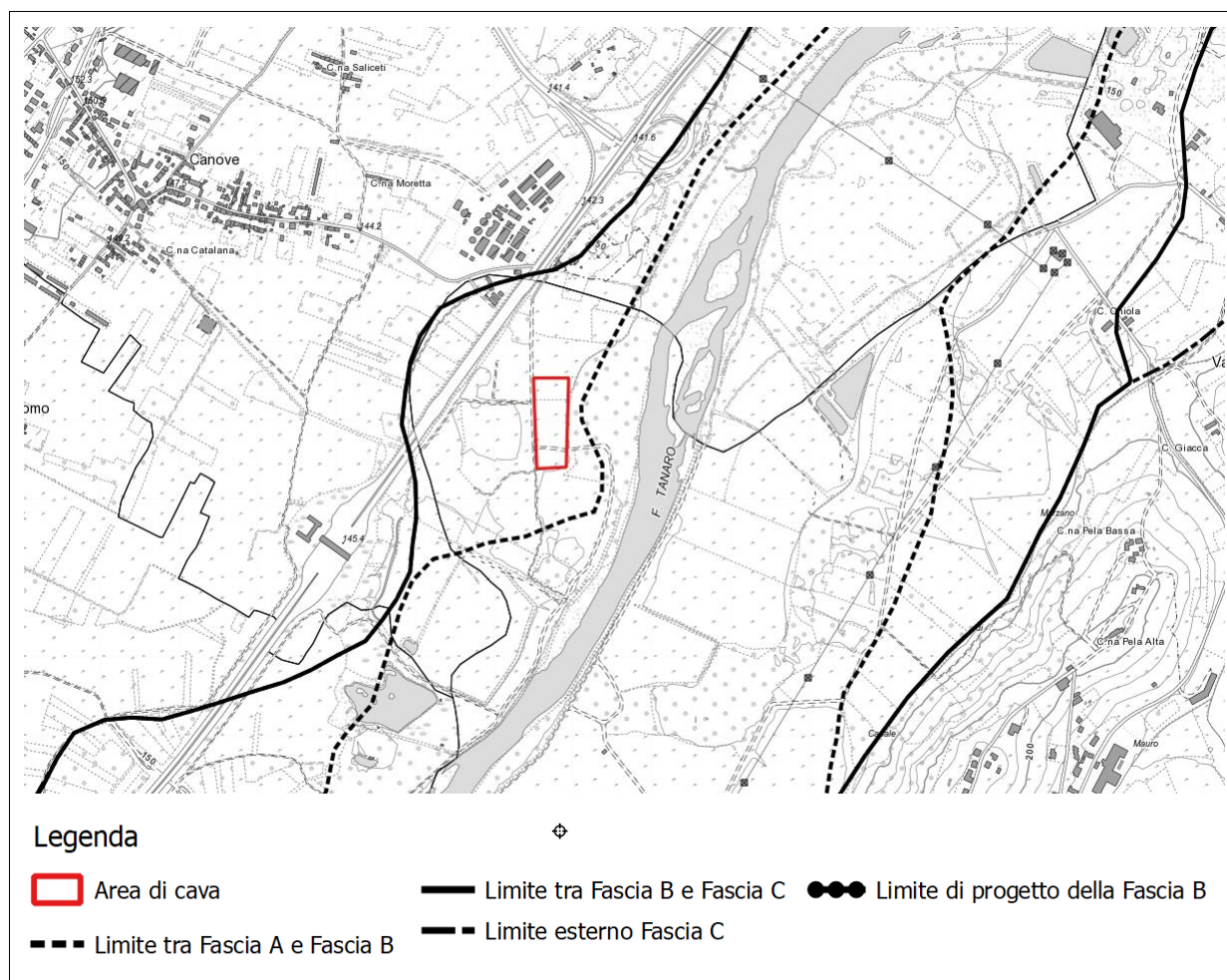


Figura 8: Attuale delimitazione delle Fasce Fluviali

Oggetto: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica	File 01.006.19.R.docx	Pag. 13
Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni	Data: febbraio 2019	Codice: 01.006.19

Il presente elaborato è di proprietà riservata di Erredb Studio e non può essere riprodotto, copiato, né utilizzato per nessuno scopo diverso da quello per il quale è stato specificatamente fornito, senza previa autorizzazione scritta di Erredb Studio.

Con riferimento al Piano Regolatore Comunale, nella Fig. 9 seguente, è riportato uno stralcio della Carta di Sintesi della Pericolosità geomorfologica, da cui si rileva come il sito di cava risulti compreso totalmente nella Classe III.

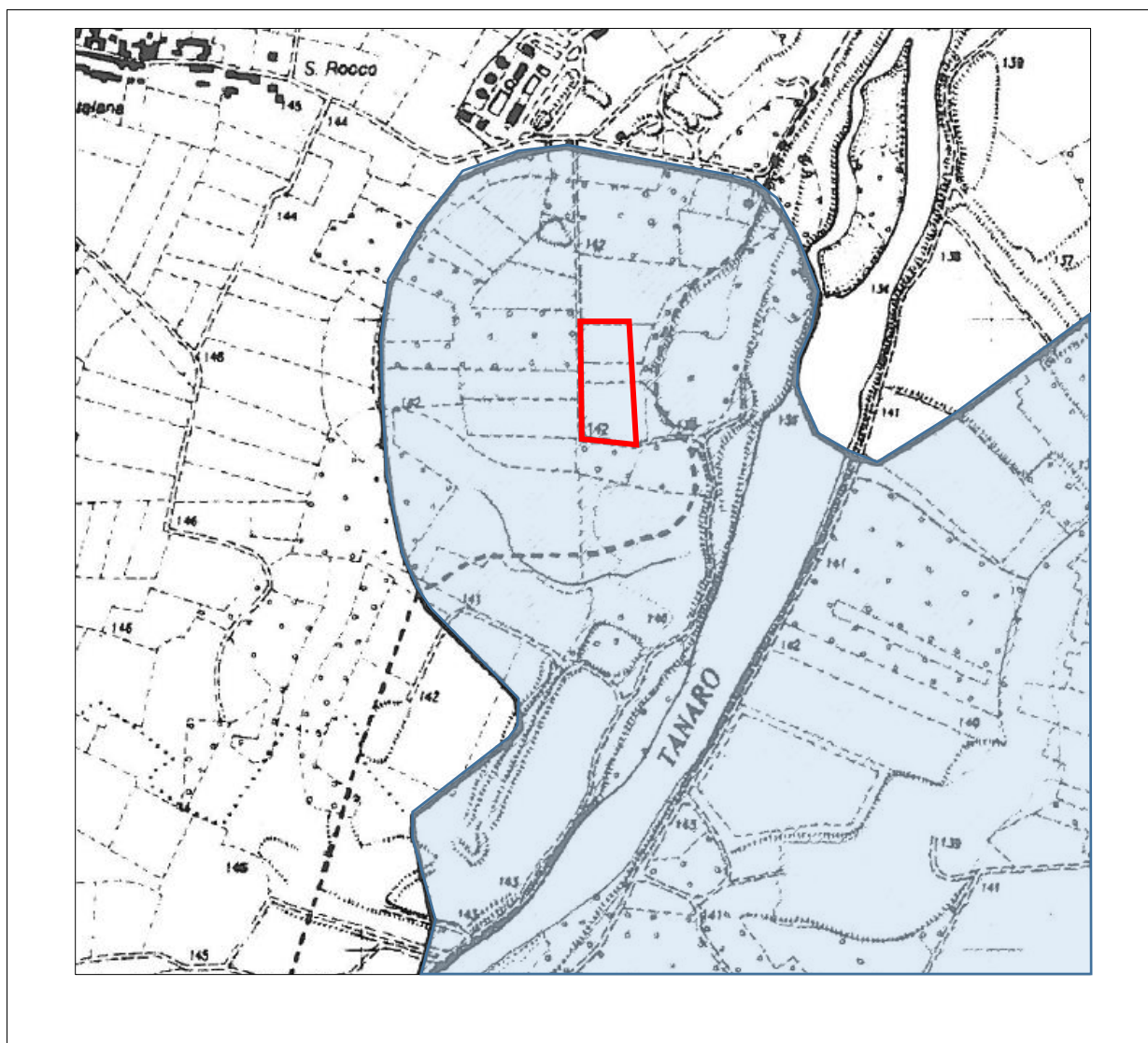


Figura 9: stralcio degli elaborati geologici allegati al P.R.G.C. vigente. Carta di sintesi.
In azzurro l'area classificata in Classe IIIa.

Oggetto: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica	File 01.006.19.R.docx	Pag. 14
Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni	Data: febbraio 2019	Codice: 01.006.19

Il presente elaborato è di proprietà riservata di Erredb Studio e non può essere riprodotto, copiato, né utilizzato per nessuno scopo diverso da quello per il quale è stato specificatamente fornito, senza previa autorizzazione scritta di Erredb Studio.

6. SONDAGGI GEOGNOSTICO - PIEZOMETRICI

Nel corso del presente studio, sono stati appositamente realizzati n. 3 sondaggi geognostico-piezometrici, finalizzati all'acquisizione dei dati stratigrafici del banco oggetto di sfruttamento e per la messa in opera di piezometri per il monitoraggio della falda. I sondaggi sono stati eseguiti con metodologia a rotazione, nell'inverno 2018, attrezzati a piezometro (con canna piezometrica in PVC diam. 2") e spinti sino a profondità di 6,0 m dal p.c..

L'ubicazione dei sondaggi geognostici (denominati da **PZ1**, **PZ2** e **PZ3**) è riportata in Fig. 10, mentre nell'Allegato 1 sono riportate le relative colonne litostratigrafiche.

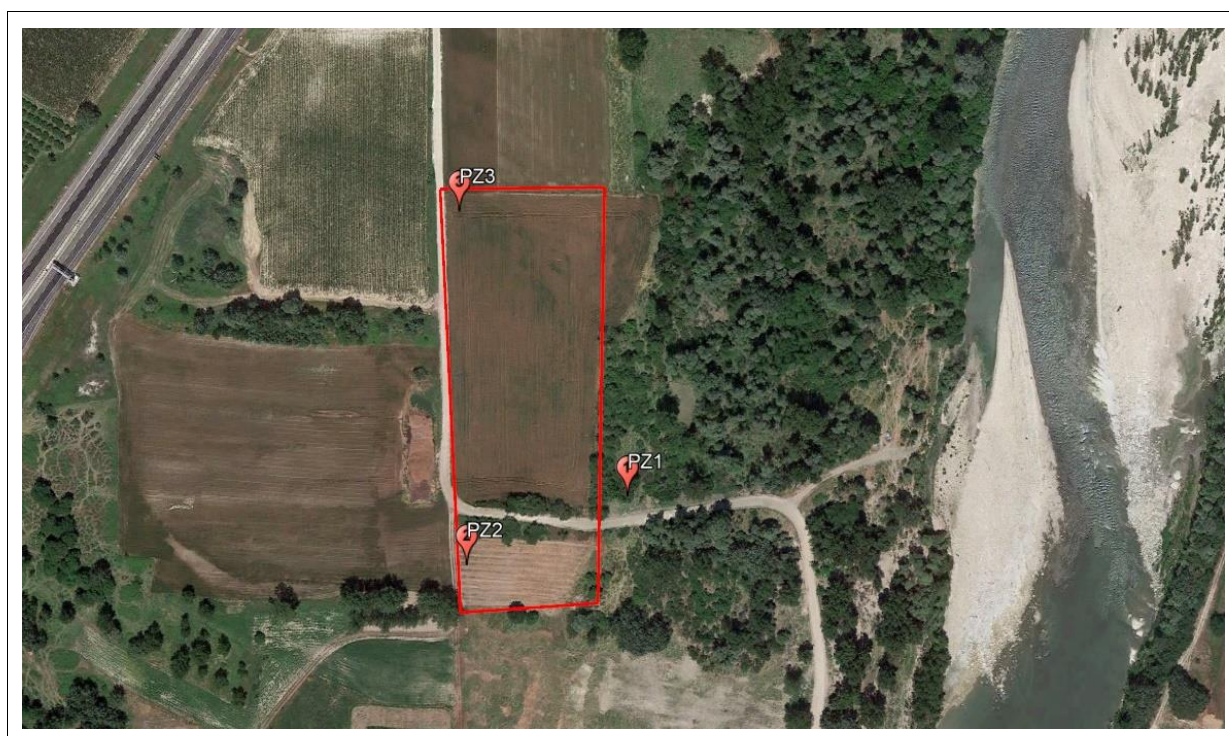


Figura 10: ubicazione dei sondaggi eseguiti

I tre (3) sondaggi sono stati realizzati nel mese di settembre 2018. I sondaggi sono stati attrezzati con piezometro in PVC microfessurato, a tubo aperto diam. di 2", per consentire l'effettuazione del monitoraggio nel tempo delle oscillazioni della falda e per l'eventuale campionamento dinamico delle acque di falda.

L'esame delle litostratigrafie individuate dai sondaggi permette di ricostruire l'andamento della successione deposizionale oggetto di coltivazione, fino alla profondità indagata di 6 m circa. In tutti i sondaggi, al di sotto della coltre di terreno vegetale superficiale, inizia la sequenza alluvionale, tipicamente caratterizzata dagli orizzonti ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi. Il substrato terziario marnoso viene raggiunto solamente nella perforazione **PZ1**, ad una profondità di 4,50 m dal p.c..

Oggetto: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica	File 01.006.19.R.docx	Pag. 15
Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni	Data: febbraio 2019	Codice: 01.006.19

Il presente elaborato è di proprietà riservata di Erredb Studio e non può essere riprodotto, copiato, né utilizzato per nessuno scopo diverso da quello per il quale è stato specificatamente fornito, senza previa autorizzazione scritta di Erredb Studio.

7. ASSETTO IDROGEOLOGICO

7.1 Inquadramento generale

Nell'area esaminata è presente esclusivamente una falda idrica a superficie libera, idraulicamente connessa con il reticolato idrografico di superficie, che è qui costituito essenzialmente dal corso del Fiume Tanaro. Tale falda ha sede nei depositi alluvionali sciolti, grossolani e molto grossolani, che costituiscono il fondovalle e che poggiano, a profondità media di 5,0-6,0 m, sul sottostante substrato terziario. Essa risulta di buona potenzialità ed è sfruttata, localmente, da pozzi ad uso irriguo. Risultano assenti altri complessi acquiferi significativi, ubicati nei sottostanti depositi miocenici, essenzialmente impermeabili.

Per quel che riguarda i rapporti con il corso d'acqua, si osserva che il Tanaro, che presenta il fondo dell'alveo sovrainciso (come testimoniato dal substrato marnoso terziario, affiorante in più tratti del corso del fiume, fra Alba ed Asti), in condizioni normali funge da asse drenante della falda, che è alimentata essenzialmente dagli apporti delle precipitazioni, provenienti dai vari bacini collinari minori, presenti sui versanti. Tale condizione può mutare, in occasione di piene particolarmente intense, quando la portata del fiume aumenta, provocando innalzamento del pelo libero e, conseguentemente, instaurando un rapporto di alimentazione della falda.

7.2 Assetto idrogeologico di dettaglio

L'assetto idrogeologico locale può essere ricostruito sulla base dei dati piezometrici, relativi alla falda superficiale, rilevati nei 3 piezometri appositamente realizzati. Nella tabella seguente sono riportate le quote assolute dei sondaggi, i valori di soggiacenza ed i rispettivi valori piezometrici assoluti, relativi al rilevamento piezometrico effettuato il giorno 12/02/2019.

Punto di misura	Quota di riferimento	Soggiacenza	Piezometria assoluta
	m s.l.m.	m	m s.l.m.
PZ1	140,42	-4,40	136,02
PZ2	141,98	-5,35	136,63
PZ3	141,94	-5,33	136,61

Le misure piezometriche effettuate, unitamente al confronto con dati disponibili su altre aree contermini, hanno consentito di ricostruire l'andamento e le caratteristiche idrodinamiche della falda freatica presente nei depositi alluvionali di questo tratto del fondovalle del Tanaro.

L'andamento della superficie piezometrica della falda è schematizzato in Fig. 11 alla scala 1:2.500.

Risulta immediatamente evidente l'effetto drenante esercitato dal corso del Tanaro: infatti, la superficie freatica presenta una direzione di scorrimento da Ovest verso Est, convergente

Oggetto: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica	File 01.006.19.R.docx	Pag. 16
Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni	Data: febbraio 2019	Codice: 01.006.19

verso l'asse drenante costituito dal fiume. Il gradiente idraulico risulta pari a 0,61 %. La soggiacenza media nell'area si aggira intorno ai **4,0 m** circa.

Per quel che riguarda infine la valutazione della massima escursione della falda, risulta dalle conoscenze pregresse sull'area, che i massimi livelli vengono raggiunti nel periodo tardo-primaverile. In effetti, tale periodo corrisponde alla fase di scioglimento delle nevi invernali e quindi, a fasi di elevato livello idrico nel Tanaro.

Pertanto, dal momento che, come già affermato in precedenza, la falda che caratterizza il materasso alluvionale del Fiume Tanaro risulta in diretta dipendenza con esso, anche i massimi livelli freatici (con oscillazioni massime dell'ordine del metro), verranno raggiunti nello stesso periodo, con un ritardo che, a motivo delle caratteristiche del materasso alluvionale e del contesto idrogeologico, risulta minimo.

Si fa infine notare che i livelli eccezionalmente elevati delle quote di falda, che possono venire riscontrati in seguito a eventi di piena straordinaria, con tempi di ritorno pluridecennali, sono fenomeni transitori, legati appunto ad una condizione anomala di alimentazione della falda da parte del fiume.

Poiché tali condizioni sussistono solo per periodi non superiori a qualche giorno, in breve i livelli di falda riprendono il loro assetto normale.

Si ricorda infine che durante la realizzazione dei piezometri, nel settembre 2018, fu rilevata la presenza della falda alle quote riportate nella tabella sottostante; le misure risultano coerenti con quanto misurato nel febbraio 2019.

	Pz1	Pz2	Pz3
Soggiacenza (m)	- 3,60	- 4,60	- 4,55

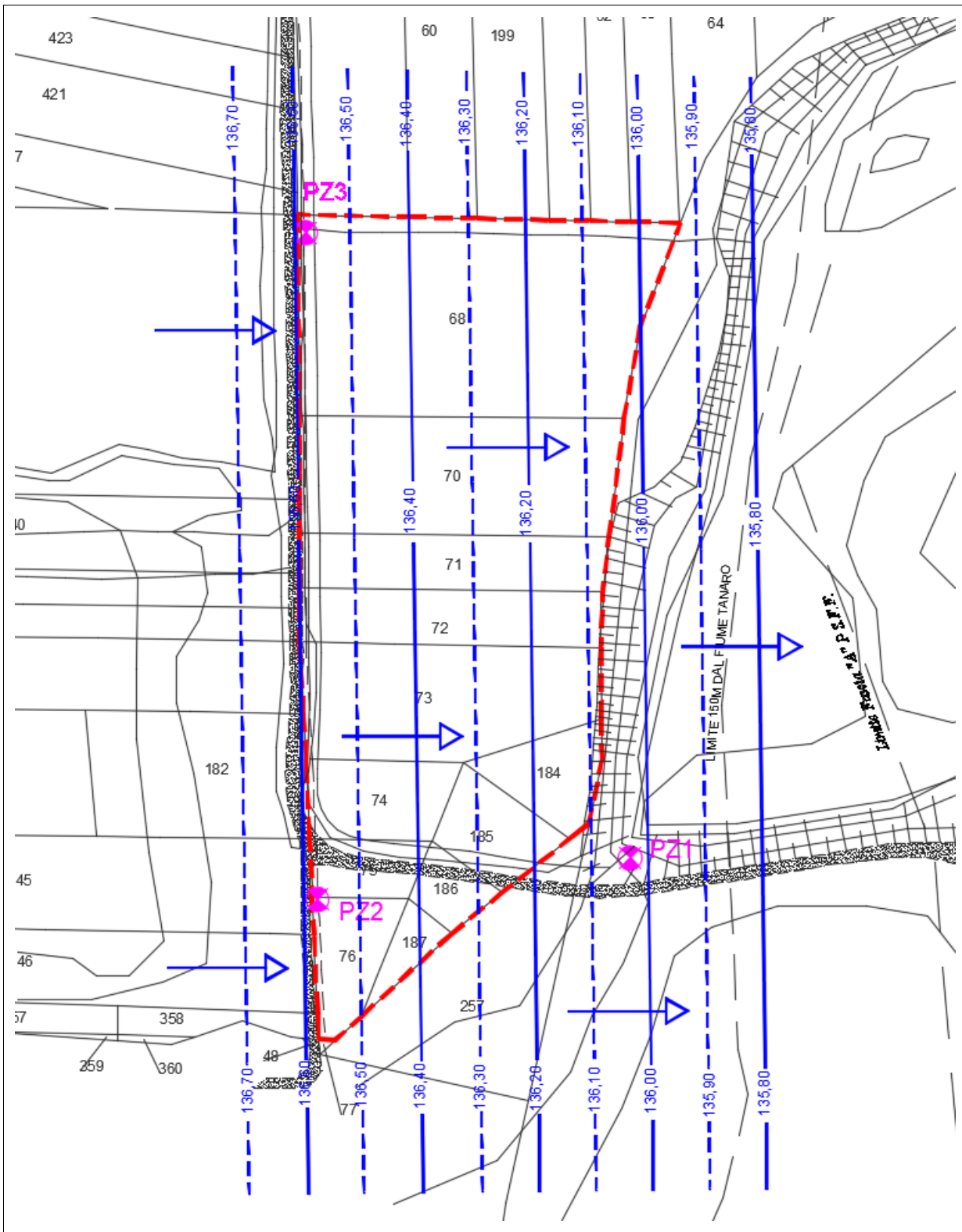


Figura 11: Ubicazione dei piezometri realizzati e ricostruzione del deflusso piezometrico presso il sito di cava.

<p> Argomento: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica </p>	<p> File: 01.006.19.R.docx </p>	<p> Pagina: 18 </p>
<p> Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni </p>	<p> Data: febbraio 2019 </p>	<p> Codice: 01.006.19 </p>

Il presente elaborato è di proprietà riservata di Erredb Studio e non può essere riprodotto, copiato, né utilizzato per nessuno scopo diverso da quello per il quale è stato specificatamente fornito, senza previa autorizzazione scritta di Erredb Studio.

8. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO E MODELLO GEOTECNICO

8.1 Definizione del modello geologico di dettaglio

L'interpretazione dei dati stratigrafici ricavati dai sondaggi geognostici, ha permesso la ricostruzione litostratigrafica di dettaglio dell'area in esame. L'assetto litologico e stratigrafico locale risulta così schematizzabile:

- il primo livello litotecnico è costituito da una coltre superficiale di limo sabbioso, di colore bruno-marroncino (coltre vegetale superficiale); gli spessori di questo materiale risultano molto variabili ma comunque modesti; variano da 0,50 cm in corrispondenza del **PZ1** per arrivare a circa 1,0 m nel **PZ3**.
- al di sotto di tali materiali, fino a circa 4,5 m nel **PZ1**, fino a 5,7 m nel **PZ2** e fino a 5,5 m nel **PZ3**, si trova il secondo livello litotecnico, costituito dal materasso alluvionale, che costituisce il materiale oggetto di sfruttamento, il quale presenta spessori medi valutabili intorno a 4,0 - 5,0 metri. Litologicamente i depositi alluvionali sono costituiti da ghiaia eterometrica di natura poligenica, da angolare a subarrotondata, costituita da ciottoli con diametro anche superiore a 10 centimetri, immersi in una matrice sabbiosa moderatamente addensata; localmente sono presenti corpi lenticolari sabbiosi al passaggio tra il primo ed il secondo livello litotecnico.
- in posizione sottostante al materasso alluvionale, si trova il substrato terziario rappresentato da marne sabbiose consistenti di colore grigio cenerete, la cui superficie di contatto con il materasso alluvionale è stata ricostruita in base agli affioramenti in corrispondenza delle sponde del Fiume Tanaro. Il substrato terziario risulta raggiunto solamente nella perforazione **PZ1**, ad una profondità di 4,50 m dal p.c..

Unità Litologica	Profondità media <i>m da p.c.</i>	Spessore medio dello strato <i>m</i>	Litologia presunta
I	~ 0,80	~ 0,80	Limi sabbiosi e limi argillosi, superficiali, comprendenti circa 0,30 m in media, di coltre di terreno vegetale
II	5,0 – 6,0	4,0 – 5,0	Serie ciottoloso-ghiaioso-sabbiosa, a granulometria variabile, prevalentemente ghiaioso-sabbiosa, con locale presenza di livelli iniziali sabbiosi
III	> 5,0 – 6,0	-	Marne e marne sabbiose compatte, attribuibili al substrato in posto

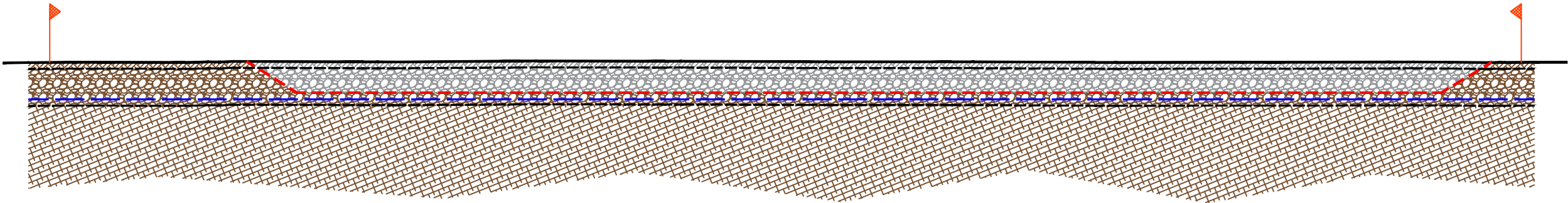
Nella successiva Fig. 12, con riferimento alle fasi realizzative della coltivazione di cava in oggetto, è riportata una sezione litostratigrafica schematica.

Oggetto: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica	File 01.006.19.R.docx	Pag. 19
Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni	Data: febbraio 2019	Codice: 01.006.19

Il presente elaborato è di proprietà riservata di Erredb Studio e non può essere riprodotto, copiato, né utilizzato per nessuno scopo diverso da quello per il quale è stato specificatamente fornito, senza previa autorizzazione scritta di Erredb Studio.

Sez. D - D

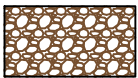
Scala H 1/1000
Scala V 1/1000



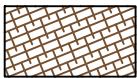
Quota rif. = 130 m s.l.m.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Progressiva		70.26																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										



Unità litologica I: Limi sabbiosi e limi argillosi, superficiali, comprendenti circa 0,30 m in media, di coltre di terreno vegetale



Unità litologica II: Serie ciottoloso-ghiaioso-sabbiosa, a granulometria variabile, prevalentemente ghiaioso-sabbiosa, con locale presenza di livelli iniziali sabbiosi



Unità litologica III: marne e marne sabbiose compatte, attribuibili al substrato in posto



Limite area in disponibilità.



Profilo terreno attuale.



Profilo sezione di scavo.



Falda.

Figura 12: sezione litotecnica schematica dell'area in esame

8.2 Definizione del modello geotecnico

Nel presente paragrafo, viene presentata la modellazione geotecnica dell'area, finalizzata alla valutazione delle problematiche geotecniche poste in essere dal progetto di attività estrattiva, che sono essenzialmente riferibili alla valutazione della stabilità delle scarpate di scavo.

La coltivazione interessa i materiali ghiaioso-ciottolosi e ghiaioso-sabbiosi, diffusi nell'intera area, al di sotto dei livelli di copertura, limoso-sabbiosi, superficiali.

I materiali in esame, oggetto di attività estrattiva, risultano costituiti essenzialmente da ghiaie grossolane e molto grossolane, talora con abbondanti ciottoli, con frazione sabbiosa, privi di coesione e talvolta addensati.

Di tali materiali, prelevati in aree contigue, è stata più volte effettuata la caratterizzazione granulometrica di laboratorio, che consente di definirli come ghiaie eterometriche con sabbia e qualche ciottolo, di diametro max. 10-15 cm, e frazione sabbiosa pari a circa il 30 %.

Sulla base di quanto noto in letteratura e dalle conoscenze dirette dello Scrivente in contesti analoghi, i depositi di questo tipo possono essere caratterizzati dai seguenti parametri geotecnici caratteristici:

Unità litologica I – Limi sabbiosi e limi argillosi, sciolti e superficiali				
Densità relativa (%)	Peso di volume (kN/m ³)	Resistenza al taglio (°)	Coesione drenata (kPa)	Modulo edometrico (kPa)
30 - 40	18	24-25	0,00	5.000

Unità litologica II – ghiaie e sabbie grossolane in matrice sabbiosa, sciolte				
Densità relativa (%)	Peso di volume (kN/m ³)	Resistenza al taglio (°)	Coesione drenata (kPa)	Modulo edometrico (kPa)
30 - 40	21	38 - 40	0,00	45.000

Oggetto: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica	File 01.006.19.R.docx	Pag. 20
Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni	Data: febbraio 2019	Codice: 01.006.19

9. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

9.1 Caratterizzazione sismica regionale

Il quadro sismotettonico locale e le analisi eseguite dall'INGV individuano per il territorio di Castagnole Lanze un grado basso di rischio sismico, risentendo la zona, in modo più o meno intenso, degli effetti di propagazione e attenuazione di sismi con epicentro nelle Langhe e nel Monferrato, nelle Alpi Occidentali e nell'Appennino Settentrionale. Nella carta probabilistica di pericolosità sismica, redatta dall'INGV (2006) adottata nell'O.P.C.M. 3519 del 28/4/06, nel territorio di Castagnole Lanze sono attese accelerazioni al bedrock comprese fra 0,025 e 0,050 g. Tali accelerazioni sismiche sono calcolate con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (corrispondenti ad un tempo di ritorno di 475 anni), riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s, ovvero categoria A, punto 3.2.2 del D.M. 17/01/2018).

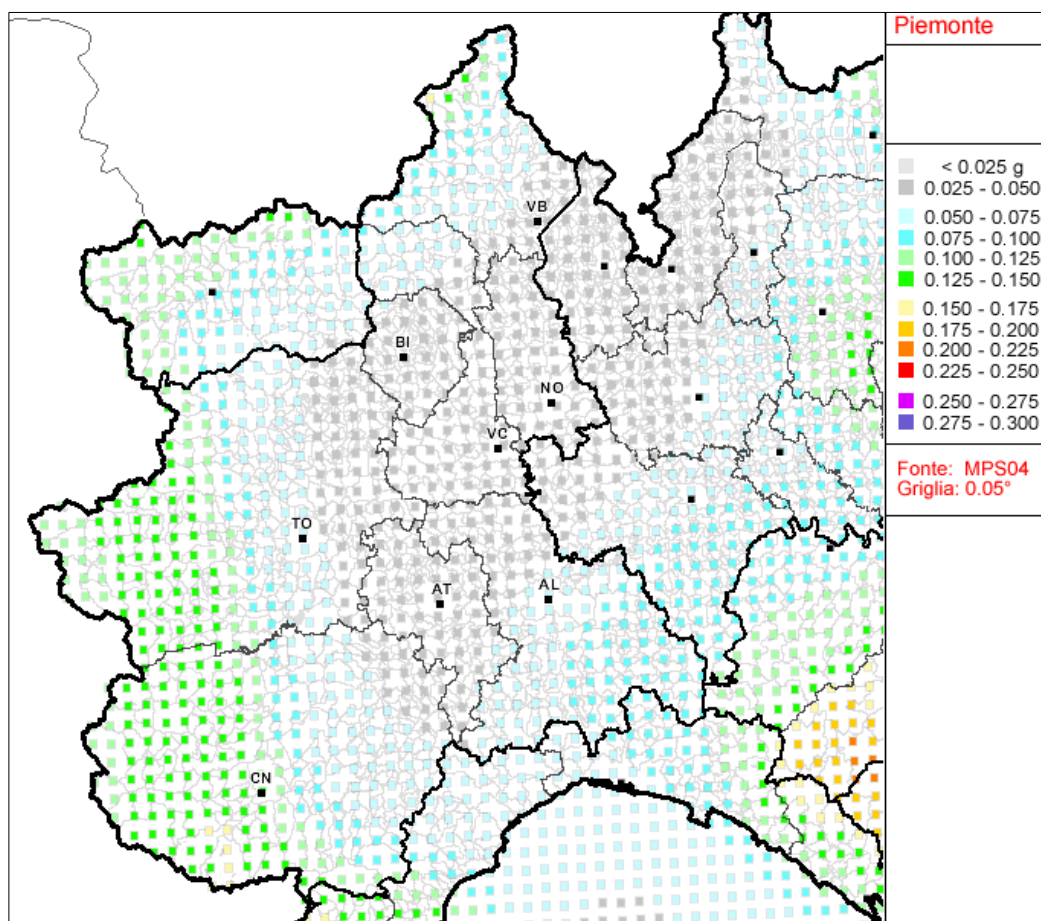


Figura 13: Valori dell'accelerazione sismica con probabilità di superamento di 1 volta ogni 50 anni, riferita a suoli rigidi (categoria A, punto 3.2.2 del D.M. 17/01/2018). Fonte INGV.

Nella nuova classificazione sismica del territorio nazionale, introdotta dall'O.P.C.M. n. 3274 e successivamente rivista con le correzioni regionali, il Comune di Castagnole Lanze è stato

Oggetto: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica	File 01.006.19.R.docx	Pag. 21
Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni	Data: febbraio 2019	Codice: 01.006.19

Il presente elaborato è di proprietà riservata di Erredb Studio e non può essere riprodotto, copiato, né utilizzato per nessuno scopo diverso da quello per il quale è stato specificatamente fornito, senza previa autorizzazione scritta di Erredb Studio.

riconfermato in zona 4, alla quale è associata una accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g/g), pari a 0,05 (cf. Fig. 13).

9.2 Risposta Sismica Locale (RSL)

Le azioni sismiche di progetto vengono definite a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di analisi che, per il caso in esame, è stata descritta al paragrafo precedente. Oltre a questa classificazione, l'effetto della risposta sismica locale (RSL) può essere valutata mediante specifiche analisi e metodologie di indagine sperimentale ovvero, in assenza di ciò, mediante una procedura semplificata, basata sull'attribuzione dei terreni di fondazione alle categorie di sottosuolo di riferimento, così come determinati a partire dall'OPCM 3274/2003 e successivamente al punto 3.2.2 del D.M. 17/01/2018 (nuove NTC).

Ai fini della normativa vigente, riferiti al sito in esame (**Latitudine 44,770828** e **Longitudine 8,107429¹**), le forme spettrali sono definite a partire dai valori dei parametri riportati nella tabella sottostante:

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0,018	2,628	0,161
Danno (SLD)	50	0,022	2,607	0,187
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,044	2,699	0,291
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,052	2,796	0,307

Dove:

a_g = accelerazione orizzontale massima

Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T*c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Data l'assenza di analisi specifiche, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. In particolare, sulla base dell'assetto geologico locale e della ricostruzione litostratigrafica effettuata, il terreno di fondazione dell'opera può essere classificato adottando una delle categorie di suolo di cui al punto 3.2.2. del D.M. 17/01/2018, tabella 3.2.II e, in particolare, il terreno di categoria **C**.

¹ Le coordinate sono espresse nel sistema WGS84

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto 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.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina 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.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, 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.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>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.</i>

Per cui, data la tipologia di intervento in esame (Classe **II**), nel caso della categoria di suolo **B** (§ 3.2.2 del D.M. 17/01/2018, tabella 3.2.II) con riferimento alla velocità delle onde sismiche e data la categoria topografica **T1** (§ 3.2.2, tabella 3.2.III), i parametri correttivi risultano essere riassunti nella tabella sottostante:

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss (Amplificazione stratigrafica)	1,50	1,50	1,50	1,50
Cc (Coeff. Funz. categoria)	1,92	1,83	1,58	1,55
St (Amplificazione topografica)	1,00	1,00	1,00	1,00

I valori dei rispettivi coefficienti k_h , k_v , A_{max} (m/s^2) e β sono pertanto:

	Stabilità dei pendii e fondazioni			
	SLO	SLD	SLV	SLC
K_h	0,005	0,006	0,012	0,014
K_v	0,002	0,003	0,006	0,007
A_{max}	0,265	0,327	0,650	0,770
Beta	0,180	0,180	0,180	0,180

9.3 Pericolosità da liquefazione

Le indagini eseguite hanno consentito di effettuare alcune considerazioni in ordine al possibile verificarsi di fenomeni di liquefazione. In particolare, con riferimento a quanto riportato al punto 7.11.3.4.2 delle NTC., il sito in esame presenta le seguenti caratteristiche:

1. le accelerazioni massime attese al piano di campagna, in assenza di manufatti, sono inferiori a 0,1 g in quanto il Comune di Castagnole Lanze presenta un valore massimo di ag (accelerazione al suolo) di riferimento pari a 0,05 g;
2. materiali a granulometria eterogenea, evidentemente esterni ai fusi granulometrici di cui alla Fig. 7.11.1. delle NTC 2018;

Sulla base di quanto riportato in N.T.C. al punto 7.11.3.4.2, le condizioni elencate soddisfano i requisiti per omettere la verifica alla liquefazione.

Oggetto: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica	File 01.006.19.R.docx	Pag. 24
Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni	Data: febbraio 2019	Codice: 01.006.19

Il presente elaborato è di proprietà riservata di Erredb Studio e non può essere riprodotto, copiato, né utilizzato per nessuno scopo diverso da quello per il quale è stato specificatamente fornito, senza previa autorizzazione scritta di Erredb Studio.

10. VERIFICHE DI STABILITA'

Nel presente paragrafo vengono presentati i risultati della procedura di verifica di stabilità effettuata per valutare le condizioni di stabilità delle scarpate, durante le fasi di scavo. Non sono previste le verifiche in condizioni finali in quanto l'area di cava verrà totalmente ritombata. La procedura di verifica fa riferimento a quanto previsto dalle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, di cui al D.M. 17/01/2018, per le opere in materiali sciolti e fronti di scavo (cf. N.T.C., punto 6.8).

La verifica è stata effettuata con l'introduzione delle azioni sismiche, come ricavate in base alla caratterizzazione sismica del territorio di Castagnole Lanze (cf. par. 8), pertanto con l'introduzione dei parametri sismici di riferimento (a_g , F_0 , T^*_c) determinati per lo Stato limite Ultimo (SLU) e lo stato limite di esercizio (SLE), previsti dalla norma. L'analisi è stata effettuata in condizioni drenate, in considerazione della tipologia di materiali presenti, che risultano totalmente privi di coesione.

Data la situazione idrogeologica descritta, le verifiche sono state effettuate impostando la presenza di falda alla profondità di un metro dalla quota di fondo scavo, ipotizzando cautelativamente la situazione di massimo innalzamento della falda. Infine, per quanto riguarda la progettazione geotecnica, si specifica che la verifica di stabilità delle scarpate deve essere effettuata secondo l'Approccio 1, combinazione 2 (A2+M2+R2) tenendo conto dei seguenti coefficienti parziali.

Coefficienti parziali relativi alle azioni di progetto (A2)

Carichi	Effetto	Coefficiente parziale	A2
Permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	1,0
	Sfavorevole		1,0
Permanenti G_2	Favorevole	γ_{G2}	0,8
	Sfavorevole		1,3
Variabili Q	Favorevole	γ_{Q1}	0,0
	Sfavorevole		1,3

Coefficienti parziali relativi ai parametri geotecnici (M2)

Parametro	Coefficiente parziale	M2
Tangente angolo resistenza al taglio ϕ'	$\gamma_{\phi'}$	1,25
Coesione efficace c'_k	$\gamma_{c'}$	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,4
Peso di volume	γ_γ	1,0

Coefficiente parziale relativo alla resistenza

Coefficiente	R2
γ_R	1,1

La valutazione delle condizioni di stabilità delle scarpate in esame è stata condotta analizzando le condizioni di equilibrio limite, applicando il metodo rigoroso di Morgenstern-Price (1965), con apposite funzioni per la valutazione delle forze laterali fra i conci. Sono state effettuate verifiche in condizioni drenate (regime di tensioni efficaci), che risultano le più cautelative, in particolare per la verifica della condizione di ripristino finale. Le procedure di verifica sono state eseguite utilizzando il Software SSAP 2010 (versione 4.9.8 del 2018).

Come condizione di servizio (verifica allo S.L.O.), relativa alla scarpata in fase di coltivazione, si assume la possibilità che un mezzo di carico, per errore, possa raggiungere il ciglio della scarpata: in tale caso, si ritiene che il cedimento minimo del ciglio superiore della scarpata debba risultare pari a 0, in quanto qualsiasi piccola deformazione potrebbe evolvere nell'innescio di un fenomeno dissestivo, pregiudizievole per le condizioni di sicurezza della scarpata finale.

La parametrizzazione geotecnica dei materiali è riportata al precedente par. 8.2; con riferimento ai coefficienti parziali per le azioni di progetto, viene adottato il coefficiente γ_{Q1} pari a 1,3 (per carichi variabili sfavorevoli), che verrà applicato al carico concentrato attribuito alla presenza dell'autocarro sul ciglio della scarpata. Infatti, è stato assunto un carico concentrato, posto ad 1,5 m di distanza dal ciglio della scarpata, corrispondente ad un autocarro, cui corrisponde un carico concentrato di 60 kPa. A tale valore è stato applicato il coefficiente parziale γ_{Q1} di 1,3 per cui il valore del carico adottato nella procedura di calcolo è risultato pari a 80 kPa. Come sezione critica da sottoporre al procedimento di verifica di stabilità, è stata individuata la sezione-tipo riportata nella Tavola 5 degli elaborati progettuali.

E' stata pertanto verificata una sezione di scavo con fronte inclinato di **28°**, impostata per 0,8 m nei materiali sabbioso limosi superficiali e per 3,3 m nei materiali ghiaioso-sabbiosi sottostanti, per un dislivello massimo di scavo pari a 4,1 m; la falda è stata imposta a 5,2 m dal piano campagna, simulando pertanto il periodo di massima risalita ma rispettando comunque 1,0 m di franco rispetto al fondo scavo.

L'analisi effettuata evidenzia un valore minimo di F.S. pari a **1,05** che si ritiene comunque accettabile, in quanto costituisce una ristrettissima porzione, estremamente corticale, prossima al ciglio della scarpata; inoltre, il carattere di temporaneità dello scavo costituisce un elemento a favore della sicurezza. Il range delle 10 superfici a minor F.S. (su 1000 esaminate) si estende da 1,0491 a 1,2768, come illustrato nella Fig. 14, che riporta l'andamento della "fascia critica" che comprende le 10 superfici a minor F.S.. Nella Fig. 15 è riportata la mappatura della distribuzione locale dei F.S.. In Allegato 2 è riportato il listato semplificato di output del programma di calcolo.

Oggetto: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica	File 01.006.19.R.docx	Pag. 26
Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni	Data: febbraio 2019	Codice: 01.006.19

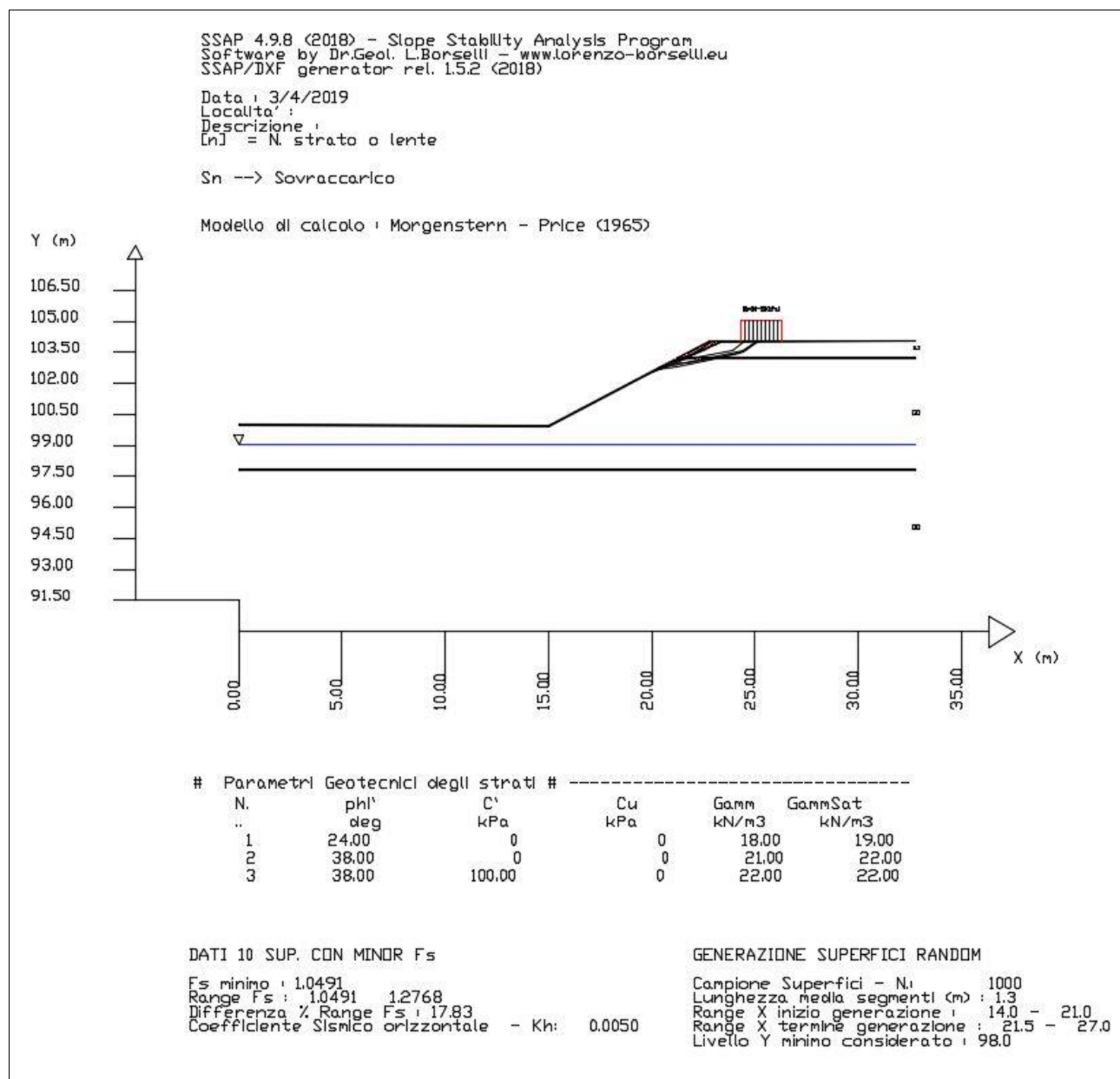


Figura 14: Verifica di stabilità della scarpata in esame: andamento della "fascia critica".

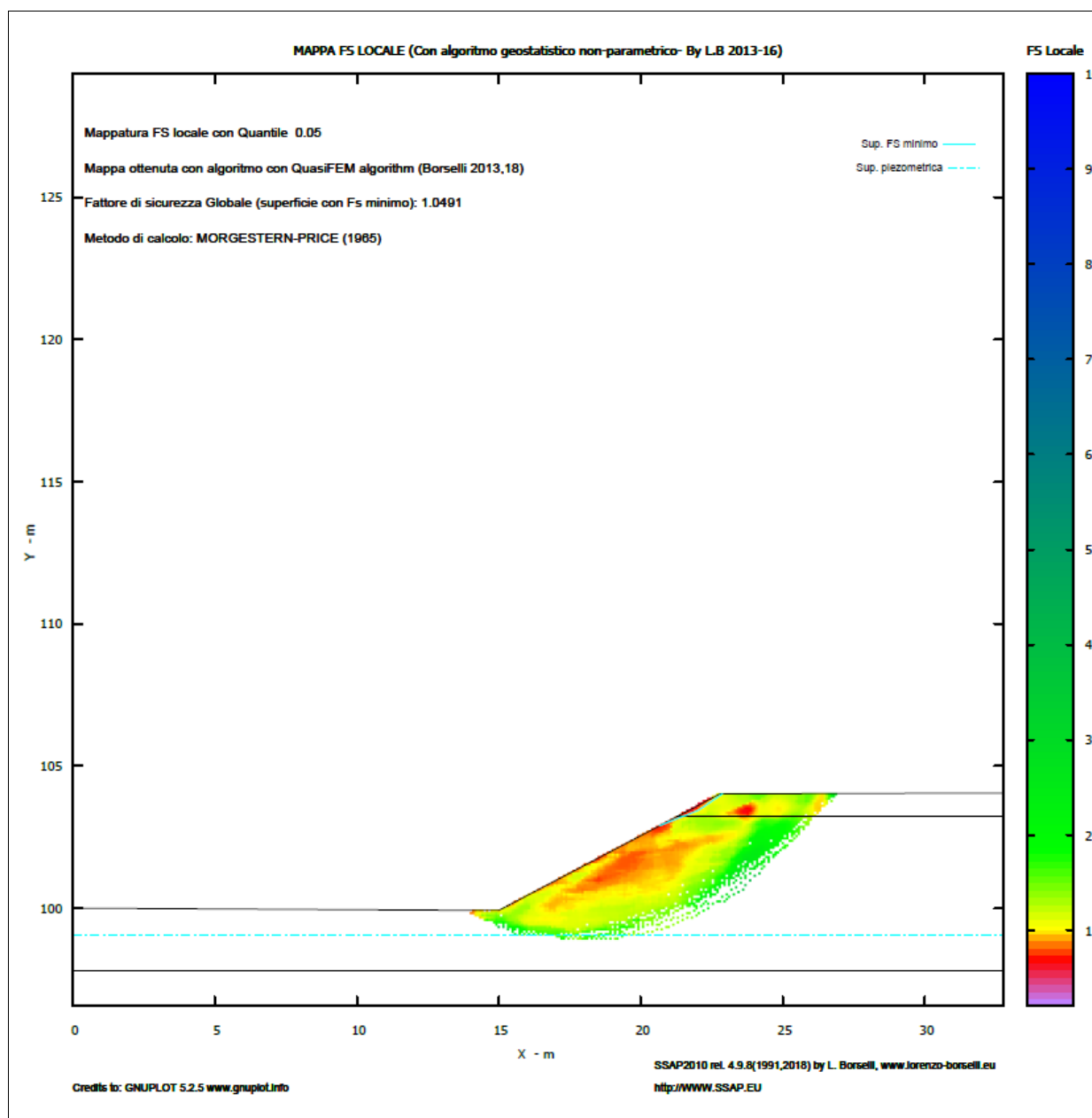


Figura 15: Mappa di distribuzione dei fattori di sicurezza individuati

Oggetto: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica	File 01.006.19.R.docx	Pag. 28
Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni	Data: febbraio 2019	Codice: 01.006.19

Il presente elaborato è di proprietà riservata di Erredb Studio e non può essere riprodotto, copiato, né utilizzato per nessuno scopo diverso da quello per il quale è stato specificatamente fornito, senza previa autorizzazione scritta di Erredb Studio.

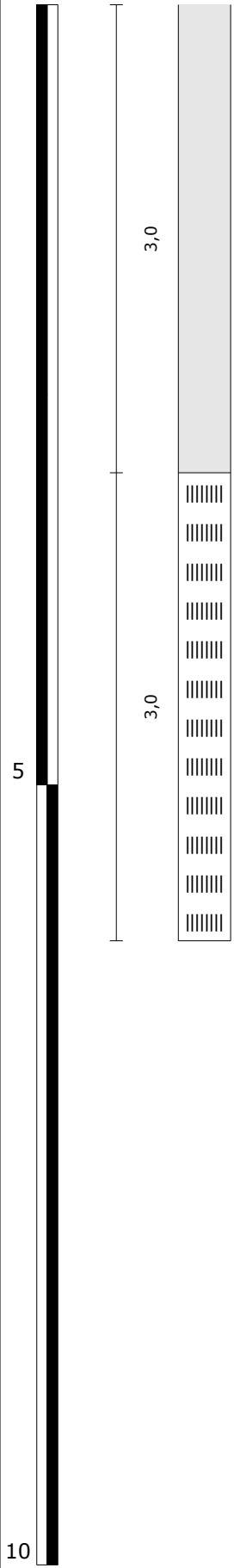
ALLEGATO 1

COLONNE LITOSTRATIGRAFICHE DEI SONDAGGI GEOGNOSTICO-PIEZOMETRICI

Oggetto: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica	File 01.006.19.R.docx	Pag. 29
Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni	Data: febbraio 2019	Codice: 01.006.19

Il presente elaborato è di proprietà riservata di Erredb Studio e non può essere riprodotto, copiato, né utilizzato per nessuno scopo diverso da quello per il quale è stato specificatamente fornito, senza previa autorizzazione scritta di Erredb Studio.

NOTE	COLONNA FILTRANTE	STRATIGRAFIA TERRENO
<p>PROPRIETA': Ruella Giuseppe escavazioni</p> <p>PIEZOMETRO ESEGUITO NEL COMUNE DI: Castagnole Lanze (AT)</p> <p>COLONNA: PVC Ø 2"</p> <p>LIVELLO STATICO: -m 3,60</p>	<p>5</p> <p>3,0</p> <p>3,0</p> <p>10</p>	<p>0,5 terreno vegetale</p> <p>sabbia e ghiaia a piccoli strati con aliquote diverse di sabbia</p> <p>4,5</p> <p>argilla limosa bluastra</p> <p>6,0</p>

NOTE	COLONNA FILTRANTE	STRATIGRAFIA TERRENO
<p>PROPRIETA': Ruella Giuseppe escavazioni</p> <p>PIEZOMETRO ESEGUITO NEL COMUNE DI: Castagnole Lanze (AT)</p> <p>COLONNA: PVC Ø 2"</p> <p>LIVELLO STATICO: -m 4,60</p>	 <p>3,0</p> <p>3,0</p> <p>5</p> <p>10</p>	<p>0,8</p> <p>terreno vegetale</p>
		<p>sabbia e ghiaia a piccoli strati con aliquote diverse di sabbia</p>
		<p>5,7</p>
		<p>6,0</p> <p>sabbia fine bluastra con poca ghiaia</p>

NOTE	COLONNA FILTRANTE	STRATIGRAFIA TERRENO	
PROPRIETA': Ruella Giuseppe escavazioni <			

ALLEGATO 2

OUTPUT PROCEDURA VERIFICA DI STABILITA' DELLA SCARPATA DI SCAVO

Oggetto: Progetto Cava Casone 2 – Relazione geologica	File 01.006.19.R.docx	Pag. 30
Committente: Ruella Giuseppe Escavazioni	Data: febbraio 2019	Codice: 01.006.19

Il presente elaborato è di proprietà riservata di Erredb Studio e non può essere riprodotto, copiato, né utilizzato per nessuno scopo diverso da quello per il quale è stato specificatamente fornito, senza previa autorizzazione scritta di Erredb Studio.

Report elaborazioni

SSAP 4.9.8 - Slope Stability Analysis Program (1991,2018)

WWW.SSAP.EU

Build No. 10713

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI *,**

*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

** Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 15 novembre 2018

File report: L:\01.006.19\verifiche\report3.txt

Data: 3/4/2019

Localita' :

Descrizione:

Modello pendio: verifica3.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

___ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) ___

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0.00	100.00	21.27	103.22	0.00	97.80	-	-
15.00	99.92	32.79	103.22	32.79	97.80	-	-
21.27	103.22	-	-	-	-	-	-
22.79	104.02	-	-	-	-	-	-
32.79	104.05	-	-	-	-	-	-

----- SUP FALDA -----

X Y (in m)

0.00 99.06

32.79 99.06

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero:

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA

Peso unitario fluido (kN/m^3): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0
Coefficiente K 0.000800
Pressione minima fluidi Uo_Min (kPa) 0.01
Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00
Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA
STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----									
mi	D	fi`	C`	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX	sgci	GSI
0.00	STRATO 1	24.00	0.00	0.00	18.00	19.00	1.316	0.00	0.00
0.00	STRATO 2	38.00	0.00	0.00	21.00	22.00	2.781	0.00	0.00
0.00	STRATO 3	38.00	100.00	0.00	22.00	22.00	21.867	0.00	0.00

LEGENDA: fi` Angolo di attrito interno efficace(in gradi)
C` Coesione efficace (in Kpa)
Cu Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)
Gamm Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)
Gamm_sat Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)
STR_IDX Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH) (adimensionale)
----- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002) -
sigci Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)
GSI Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)
mi Indice litologico ammasso(adimensionale)
D Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)
Fattore di riduzione NTC2018 gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - DISATTIVATO (solo per ROCCE)
Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato secondo Lei et al.(2016)

----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----

SOVRACCARICO N.1

Fattore di sicurezza (FS)	1.1482	- N.2 --	X	20.66 22.04 22.86 22.88	102.90 103.45 104.01 104.02	Lambda= 1.1411
			Y	20.76 21.72 23.56 24.24 25.11	102.95 103.03 103.33 103.47 104.03	
Fattore di sicurezza (FS)	1.1552	- N.3 --	X	20.29 21.23 22.69 23.05	102.70 103.09 103.69 104.02	Lambda= 1.2500
			Y	20.81 21.55 23.17 23.30	102.98 103.27 103.91 104.02	Lambda= 1.2500
Fattore di sicurezza (FS)	1.1613	- N.5 --	X	20.54 22.27 23.16 23.34	102.84 103.55 103.94 104.02	Lambda= 1.2500
			Y	20.93 22.17 23.92 24.54	103.04 103.27 103.60 104.03	Lambda= 0.4827
Fattore di sicurezza (FS)	1.2055	- N.7 --	X	20.95 21.76 22.50 22.95	103.05 103.23 103.72 104.02	Lambda= 1.2500

Fattore di sicurezza (FS) 1.2225 - N.8 -- X Y Lambda= 1.1883

20.22 102.67
21.22 102.80
22.81 103.14
24.42 103.49
25.16 104.03

Fattore di sicurezza (FS) 1.2423 - N.9 -- X Y Lambda= 1.2500

20.35 102.74
21.96 103.08
22.62 103.23
24.41 103.62
25.15 104.03

Fattore di sicurezza (FS) 1.2768 - N.10 -- X Y Lambda= 1.2500

20.00 102.55
21.34 103.08
22.52 103.64
23.33 104.02
23.34 104.02

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs *

Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.049	1.9	1.8	-0.3	Deficit
2	1.148	50.0	43.6	-2.3	Deficit
3	1.155	3.6	3.1	-0.1	Deficit
4	1.158	2.7	2.3	-0.1	Deficit
5	1.161	3.0	2.6	-0.1	Deficit
6	1.166	19.2	16.4	-0.6	Deficit
7	1.205	2.8	2.3	0.0	Surplus
8	1.222	59.2	48.4	1.1	Surplus
9	1.242	49.3	39.7	1.7	Surplus
10	1.277	5.0	3.9	0.3	Surplus

Esito analisi: DEFICIT di RESISTENZA!

Valore massimo di DEFICIT di RESISTENZA (kN/m) : -2.3

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie
di scivolamento
FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie
di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN per metro di LARGHEZZA rispetto al
fronte della scarpata

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

W	ru (m)	U (m)	phi' (°)	(c',Cu) (kN/m)	(-)	(kPa)	X (°)	dx (kPa)	alpha
	20.662	0.037	21.65	0.00	0.00	0.00	38.00	0.00	
	20.698	0.037	21.65	0.01	0.00	0.00	38.00	0.00	
	20.735	0.037	21.65	0.01	0.00	0.00	38.00	0.00	
	20.772	0.037	21.65	0.01	0.00	0.00	38.00	0.00	
	20.808	0.037	21.65	0.02	0.00	0.00	38.00	0.00	
	20.845	0.037	21.65	0.02	0.00	0.00	38.00	0.00	
	20.882	0.037	21.65	0.02	0.00	0.00	38.00	0.00	
	20.918	0.037	21.65	0.03	0.00	0.00	38.00	0.00	
	20.955	0.037	21.65	0.03	0.00	0.00	38.00	0.00	
	20.991	0.037	21.65	0.03	0.00	0.00	38.00	0.00	
	21.028	0.037	21.65	0.04	0.00	0.00	38.00	0.00	
	21.065	0.037	21.65	0.04	0.00	0.00	38.00	0.00	
	21.101	0.037	21.65	0.05	0.00	0.00	38.00	0.00	
	21.138	0.037	21.65	0.05	0.00	0.00	38.00	0.00	
	21.175	0.037	21.65	0.05	0.00	0.00	38.00	0.00	
	21.211	0.037	21.65	0.06	0.00	0.00	38.00	0.00	
	21.248	0.022	21.65	0.04	0.00	0.00	38.00	0.00	
	21.270	0.037	21.65	0.06	0.00	0.00	38.00	0.00	
	21.307	0.037	21.65	0.06	0.00	0.00	38.00	0.00	
	21.343	0.037	21.65	0.06	0.00	0.00	38.00	0.00	
	21.380	0.037	21.65	0.07	0.00	0.00	38.00	0.00	
	21.417	0.037	21.65	0.07	0.00	0.00	38.00	0.00	
	21.453	0.015	21.65	0.03	0.00	0.00	38.00	0.00	
	21.468	0.037	21.65	0.07	0.00	0.00	24.00	0.00	
	21.505	0.037	21.65	0.07	0.00	0.00	24.00	0.00	
	21.542	0.037	21.65	0.08	0.00	0.00	24.00	0.00	
	21.578	0.037	21.65	0.08	0.00	0.00	24.00	0.00	

21.615	0.037	21.65	0.08	0.00	0.00	24.00	0.00
21.651	0.037	21.65	0.09	0.00	0.00	24.00	0.00
21.688	0.037	21.65	0.09	0.00	0.00	24.00	0.00
21.725	0.037	21.65	0.09	0.00	0.00	24.00	0.00
21.761	0.037	21.65	0.10	0.00	0.00	24.00	0.00
21.798	0.037	21.65	0.10	0.00	0.00	24.00	0.00
21.835	0.037	21.65	0.10	0.00	0.00	24.00	0.00
21.871	0.037	21.65	0.10	0.00	0.00	24.00	0.00
21.908	0.037	21.65	0.11	0.00	0.00	24.00	0.00
21.944	0.037	21.65	0.11	0.00	0.00	24.00	0.00
21.981	0.037	21.65	0.11	0.00	0.00	24.00	0.00
22.018	0.022	21.65	0.07	0.00	0.00	24.00	0.00
22.040	0.037	34.32	0.12	0.00	0.00	24.00	0.00
22.077	0.037	34.32	0.11	0.00	0.00	24.00	0.00
22.113	0.037	34.32	0.11	0.00	0.00	24.00	0.00
22.150	0.037	34.32	0.10	0.00	0.00	24.00	0.00
22.186	0.037	34.32	0.10	0.00	0.00	24.00	0.00
22.223	0.037	34.32	0.10	0.00	0.00	24.00	0.00
22.260	0.037	34.32	0.09	0.00	0.00	24.00	0.00
22.296	0.037	34.32	0.09	0.00	0.00	24.00	0.00
22.333	0.037	34.32	0.09	0.00	0.00	24.00	0.00
22.370	0.037	34.32	0.08	0.00	0.00	24.00	0.00
22.406	0.037	34.32	0.08	0.00	0.00	24.00	0.00
22.443	0.037	34.32	0.07	0.00	0.00	24.00	0.00
22.479	0.037	34.32	0.07	0.00	0.00	24.00	0.00
22.516	0.037	34.32	0.07	0.00	0.00	24.00	0.00
22.553	0.037	34.32	0.06	0.00	0.00	24.00	0.00
22.589	0.037	34.32	0.06	0.00	0.00	24.00	0.00
22.626	0.037	34.32	0.06	0.00	0.00	24.00	0.00
22.663	0.037	34.32	0.05	0.00	0.00	24.00	0.00
22.699	0.037	34.32	0.05	0.00	0.00	24.00	0.00
22.736	0.037	34.32	0.04	0.00	0.00	24.00	0.00
22.772	0.018	34.32	0.02	0.00	0.00	24.00	0.00
22.790	0.037	34.32	0.03	0.00	0.00	24.00	0.00
22.827	0.037	34.32	0.02	0.00	0.00	24.00	0.00
22.863	0.012	42.98	0.00	0.00	0.00	24.00	0.00

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio

dx (m) : Larghezza concio

alpha(°)	: Angolo pendenza base concio
W(kN/m)	: Forza peso concio
ru(-)	: Coefficiente locale pressione interstiziale
U(kPa)	: Pressione totale dei pori base concio
phi' (°)	: Angolo di attrito efficace base concio
c'/Cu (kPa)	: Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

yt'		E (x)		T (x)		E'		rho (x)		X		ht		yt
(--)	(m)	(--)	(m)	(--)	(m)	(--)	(kN/m)	(x)	FS_FEM (kN/m)	FS_p-qFEM (kN)				
0.035	20.662	0.840	0.000	102.900	0.430	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000			1.3991271775E+000				
0.035	20.698	0.840	0.001	102.916	0.430	3.4799405530E-002	2.4824111248E-004			5.0100356503E-001				
0.035	20.735	0.843	0.002	102.931	0.431	3.6701950748E-002	8.3884853511E-004			7.1924241598E-002				
0.078	20.772	0.855	0.004	102.947	0.433	4.0068350019E-002	2.3220263586E-003			1.1293227072E-001				
0.153	20.808	0.882	0.005	102.963	0.435	4.4975014908E-002	5.1094379356E-003			1.5538607056E-001				
0.243	20.845	0.955	0.006	102.979	0.436	5.1451446481E-002	9.2939782968E-003			1.9758919269E-001				
0.337	20.882	1.129	0.008	102.995	0.437	5.9449779809E-002	1.4938695354E-002			2.3750432077E-001				
0.430	20.918	1.379	0.009	103.011	0.439	6.8850268549E-002	2.2029203720E-002			2.7438547493E-001				
0.516	20.955	1.287	0.011	103.027	0.440	7.9550399624E-002	3.0548809665E-002			3.2224900097E-001				
0.599	20.991	0.750	0.013	103.043	0.442	9.2457220250E-002	4.1267021364E-002			3.3654025340E-001				
0.654	21.028	0.417	0.014	103.060	0.443	1.0420428368E-001	5.0754039121E-002			3.3118141067E-001				
0.698	21.065	0.269	0.016	103.076	0.444	1.1671853229E-001	6.0653649590E-002			3.5242636894E-001				
0.731	21.101	0.220	0.018	103.092	0.458	1.3002193477E-001	7.0743242883E-002			3.7382968311E-001				
0.752	21.138	0.220	0.020	103.109	0.462	1.4410412308E-001	8.0682883372E-002			4.0314446766E-001				

21.175	0.022	103.126	0.446	1.5955503479E-001	9.0249730044E-002	4.2287168111E-001
0.760	0.222	0.891				
21.211	0.024	103.142	0.430	1.7508237692E-001	9.8914553109E-002	4.2110809857E-001
0.759	0.261	0.900				
21.248	0.025	103.157	0.429	1.9040409410E-001	1.0644732013E-001	4.1156298457E-001
0.751	0.313	0.912				
21.270	0.026	103.167	0.436	1.9941276455E-001	1.1021639685E-001	4.0479821132E-001
0.742	0.345	0.922				
21.307	0.027	103.183	0.454	2.1407616135E-001	1.1539131869E-001	3.9181415792E-001
0.804	0.423	0.943				
21.343	0.030	103.200	0.470	2.2811584159E-001	1.1904269139E-001	3.7142697985E-001
0.863	0.522	0.967				
21.380	0.033	103.217	0.463	2.4128573764E-001	1.2142443852E-001	3.4447379089E-001
0.923	0.640	0.994				
21.417	0.035	103.234	0.436	2.5335091174E-001	1.2281362233E-001	3.1126002882E-001
0.986	0.704	1.025				
21.453	0.035	103.249	0.417	2.6408767168E-001	1.2351129109E-001	2.7472055083E-001
1.055	0.722	1.060				
21.468	0.036	103.256	0.419	2.6814118505E-001	1.2374839182E-001	2.5563973905E-001
1.087	0.707	0.711				
21.505	0.037	103.271	0.427	2.7649223255E-001	1.2411778522E-001	2.1054280571E-001
1.058	0.705	0.737				
21.542	0.038	103.287	0.451	2.8356489104E-001	1.2434164658E-001	1.7748917547E-001
1.033	0.734	0.767				
21.578	0.041	103.304	0.478	2.8949453320E-001	1.2451807935E-001	1.4282445114E-001
1.014	0.804	0.802				
21.615	0.044	103.322	0.481	2.9402776263E-001	1.2478729016E-001	1.1099107704E-001
1.000	0.878	0.842				
21.651	0.047	103.339	0.464	2.9762539159E-001	1.2522723896E-001	8.8653699337E-002
0.991	0.943	0.888				
21.688	0.049	103.356	0.460	3.0052225476E-001	1.2585121732E-001	7.3063216150E-002
0.987	0.998	0.941				
21.725	0.051	103.373	0.461	3.0297777379E-001	1.2650557847E-001	6.0377538603E-002
0.984	1.044	0.994				
21.761	0.054	103.390	0.462	3.0494532398E-001	1.2705835423E-001	4.5669037042E-002
0.982	1.080	1.049				
21.798	0.056	103.407	0.463	3.0632334429E-001	1.2734539298E-001	2.6355264126E-002
0.980	1.108	1.107				
21.835	0.059	103.424	0.463	3.0687602802E-001	1.2711756211E-001	2.1867842188E-003
0.976	1.129	1.166				

21.871	0.061	103.441	0.476	3.0648354125E-001	1.2640930140E-001	-2.7039411710E-002
0.972	1.144	1.221				
21.908	0.064	103.459	0.471	3.0489520547E-001	1.2518801451E-001	-6.2914832446E-002
0.968	1.155	1.271				
21.944	0.066	103.475	0.451	3.0187459783E-001	1.2342371049E-001	-1.0505693680E-001
0.963	1.178	1.314				
21.981	0.068	103.492	0.449	2.9719906359E-001	1.2109177289E-001	-1.5309659452E-001
0.960	1.236	1.349				
22.018	0.070	103.508	0.449	2.9065922121E-001	1.1817867389E-001	-2.0408307337E-001
0.958	1.337	1.374				
22.040	0.071	103.518	0.555	2.8579077594E-001	1.1618879636E-001	-2.4325910544E-001
0.958	1.433	1.385				
22.077	0.069	103.541	0.596	2.7544576039E-001	1.1226008923E-001	-3.0972948547E-001
0.960	1.573	1.398				
22.113	0.065	103.562	0.587	2.6310096470E-001	1.0772276045E-001	-3.5966119884E-001
0.965	1.669	1.405				
22.150	0.062	103.584	0.619	2.4909810834E-001	1.0262632578E-001	-4.0032705638E-001
0.971	1.684	1.407				
22.186	0.060	103.607	0.620	2.3377425940E-001	9.7035430520E-002	-4.3186487131E-001
0.978	1.673	1.405				
22.223	0.057	103.629	0.604	2.1746104157E-001	9.1029455748E-002	-4.5441914300E-001
0.986	1.669	1.400				
22.260	0.055	103.651	0.604	2.0048493739E-001	8.4697513412E-002	-4.6811735677E-001
0.995	1.670	1.394				
22.296	0.052	103.674	0.605	1.8316823136E-001	7.8131200942E-002	-4.7307663294E-001
1.005	1.674	1.387				
22.333	0.049	103.696	0.606	1.6582882615E-001	7.1422734708E-002	-4.6940956712E-001
1.015	1.678	1.383				
22.370	0.046	103.718	0.608	1.4878075787E-001	6.4643633529E-002	-4.4503863255E-001
1.024	1.678	1.381				
22.406	0.043	103.740	0.608	1.3322669093E-001	5.8155435747E-002	-4.1409725582E-001
1.029	1.672	1.384				
22.443	0.041	103.763	0.608	1.1844529092E-001	5.1757742260E-002	-4.0123964816E-001
1.030	1.661	1.392				
22.479	0.038	103.785	0.608	1.0383313201E-001	4.5229043648E-002	-3.8625398141E-001
1.026	1.647	1.406				
22.516	0.035	103.807	0.607	9.0149534977E-002	3.9001900446E-002	-3.6317405819E-001
1.019	1.631	1.428				
22.553	0.032	103.829	0.607	7.7228138901E-002	3.3074416881E-002	-3.5137303124E-001
1.009	1.612	1.458				

0.993	22.589	0.030	103.852	0.610	6.4409048108E-002	2.7144142728E-002	-3.3800161442E-001
	1.589	1.497					
0.963	22.626	0.027	103.874	0.633	5.2467200116E-002	2.1446672690E-002	-3.1395781223E-001
	1.564	1.543					
0.905	22.663	0.026	103.898	0.636	4.1409482905E-002	1.5905235292E-002	-2.8950905918E-001
	1.539	1.601					
0.793	22.699	0.024	103.921	0.615	3.1258673924E-002	1.0514261439E-002	-2.6377068111E-001
	1.526	1.679					
0.594	22.736	0.021	103.943	0.590	2.2086469612E-002	5.5685382137E-003	-2.3395620761E-001
	1.538	1.766					
0.318	22.772	0.017	103.964	0.548	1.4119775504E-002	1.9038461110E-003	-1.9329083296E-001
	1.573	1.829					
0.212	22.790	0.014	103.973	0.541	1.0937715376E-002	9.8281104949E-004	-1.8263138010E-001
	1.605	1.844					
0.105	22.827	0.009	103.993	0.533	4.1781529276E-003	1.8642310446E-004	-1.4310155957E-001
	1.992	2.135					
0.037	22.863	0.003	104.012	0.533	4.5845697609E-004	7.2686163247E-006	-5.3604231130E-002
	1.446	1.651					

-----LEGENDA SIMBOLI

- X(m) : Ascissa sinistra concio
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio
 yt(m) : coordinata Y linea di trust
 yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust
 E(x) (kN/m) : Forza Normale interconcio
 T(x) (kN/m) : Forza Tangenziale interconcio
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio
 Rho(x) (-) : fattore mobilitazione resistenza al taglio verticale interconcio Zhu et al.(2003)
 FS_FEM(x) (-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM
 FS_SRM(x) (-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM Procedure

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	dl (m)	alpha (°)	TauStress (kPa)	TauF (kN/m)	TauStrength (kPa)	TauS (kN/m)
20.662	0.037	0.039	21.648	0.017	0.001	0.036	0.001
20.698	0.037	0.039	21.648	0.052	0.002	0.106	0.004
20.735	0.037	0.039	21.648	0.087	0.003	0.181	0.007
20.772	0.037	0.039	21.648	0.121	0.005	0.259	0.010
20.808	0.037	0.039	21.648	0.156	0.006	0.338	0.013

20.845	0.037	0.039	21.648	0.190	0.008	0.418	0.016
20.882	0.037	0.039	21.648	0.225	0.009	0.498	0.020
20.918	0.037	0.039	21.648	0.260	0.010	0.577	0.023
20.955	0.037	0.039	21.648	0.294	0.012	0.663	0.026
20.991	0.037	0.039	21.648	0.329	0.013	0.720	0.028
21.028	0.037	0.039	21.648	0.364	0.014	0.791	0.031
21.065	0.037	0.039	21.648	0.398	0.016	0.860	0.034
21.101	0.037	0.039	21.648	0.433	0.017	0.925	0.036
21.138	0.037	0.039	21.648	0.468	0.018	0.989	0.039
21.175	0.037	0.039	21.648	0.502	0.020	1.049	0.041
21.211	0.037	0.039	21.648	0.537	0.021	1.106	0.044
21.248	0.022	0.024	21.648	0.565	0.013	1.149	0.027
21.270	0.037	0.039	21.648	0.582	0.023	1.174	0.046
21.307	0.037	0.039	21.648	0.597	0.024	1.189	0.047
21.343	0.037	0.039	21.648	0.611	0.024	1.207	0.048
21.380	0.037	0.039	21.648	0.626	0.025	1.226	0.048
21.417	0.037	0.039	21.648	0.640	0.025	1.248	0.049
21.453	0.015	0.016	21.648	0.651	0.011	1.267	0.021
21.468	0.037	0.039	21.648	0.668	0.026	0.739	0.029
21.505	0.037	0.039	21.648	0.698	0.028	0.772	0.030
21.542	0.037	0.039	21.648	0.728	0.029	0.805	0.032
21.578	0.037	0.039	21.648	0.758	0.030	0.838	0.033
21.615	0.037	0.039	21.648	0.787	0.031	0.871	0.034
21.651	0.037	0.039	21.648	0.817	0.032	0.904	0.036
21.688	0.037	0.039	21.648	0.847	0.033	0.936	0.037
21.725	0.037	0.039	21.648	0.876	0.035	0.969	0.038
21.761	0.037	0.039	21.648	0.906	0.036	1.002	0.039
21.798	0.037	0.039	21.648	0.936	0.037	1.034	0.041
21.835	0.037	0.039	21.648	0.965	0.038	1.067	0.042
21.871	0.037	0.039	21.648	0.995	0.039	1.099	0.043
21.908	0.037	0.039	21.648	1.025	0.040	1.132	0.045
21.944	0.037	0.039	21.648	1.054	0.042	1.164	0.046
21.981	0.037	0.039	21.648	1.084	0.043	1.197	0.047
22.018	0.022	0.024	21.648	1.108	0.026	1.223	0.029
22.040	0.037	0.044	34.319	1.485	0.066	0.978	0.043
22.077	0.037	0.044	34.319	1.436	0.064	0.950	0.042
22.113	0.037	0.044	34.319	1.388	0.062	0.921	0.041
22.150	0.037	0.044	34.319	1.339	0.059	0.892	0.040
22.186	0.037	0.044	34.319	1.291	0.057	0.863	0.038
22.223	0.037	0.044	34.319	1.242	0.055	0.834	0.037
22.260	0.037	0.044	34.319	1.194	0.053	0.804	0.036

22.296	0.037	0.044	34.319	1.146	0.051	0.773	0.034
22.333	0.037	0.044	34.319	1.097	0.049	0.742	0.033
22.370	0.037	0.044	34.319	1.049	0.047	0.709	0.031
22.406	0.037	0.044	34.319	1.000	0.044	0.678	0.030
22.443	0.037	0.044	34.319	0.952	0.042	0.647	0.029
22.479	0.037	0.044	34.319	0.903	0.040	0.614	0.027
22.516	0.037	0.044	34.319	0.855	0.038	0.582	0.026
22.553	0.037	0.044	34.319	0.806	0.036	0.550	0.024
22.589	0.037	0.044	34.319	0.758	0.034	0.518	0.023
22.626	0.037	0.044	34.319	0.710	0.031	0.486	0.022
22.663	0.037	0.044	34.319	0.661	0.029	0.454	0.020
22.699	0.037	0.044	34.319	0.613	0.027	0.420	0.019
22.736	0.037	0.044	34.319	0.564	0.025	0.383	0.017
22.772	0.018	0.021	34.319	0.528	0.011	0.351	0.007
22.790	0.037	0.044	34.319	0.412	0.018	0.270	0.012
22.827	0.037	0.044	34.319	0.201	0.009	0.131	0.006
22.863	0.012	0.017	42.982	0.051	0.001	0.024	0.000

 LEGENDA SIMBOLI

X(m)	: Ascissa sinistra concio
dx(m)	: Larghezza concio
dl(m)	: lunghezza base concio
alpha(°)	: Angolo pendenza base concio
TauStress(kPa)	: Sforzo di taglio su base concio
TauF (kN/m)	: Forza di taglio su base concio
TauStrength(kPa)	: Resistenza al taglio su base concio
TauS (kN/m)	: Forza resistente al taglio su base concio
