



PROVINCIA DI PISA

SETTORE VIABILITA' TRASPORTI E PROTEZIONE CIVILE



**Relazione geologica di supporto al progetto di messa in sicurezza della S.P. 27,
tra il km 0+650 e il km 1+100, nel comune di Pomarance (PI)**

(ai sensi D.M. 17/01/2018)

20 agosto 2018

Dott. Geol. Francesco Agnelli

Dott. Geol. Francesco Agnelli – Via Pietro Nenni, Loc. Civettaio n.65, Torrita di Siena (Siena) -
P. IVA 01199830520 - cell. 3478247486 - tel. 0577687734 -
francesco.agnelli@alice.it – francesco.agnelli@epap.sicurezzapostale.it

Indice

1. Premessa

2. Inquadramento geografico e morfologico

3. Inquadramento geologico

3.1 Inquadramento geologico generale

3.2 Modello geologico del sottosuolo di fondazione

MODELLO GEOLOGICO SITO N.1 – SEZIONE 1-1' E SEZIONE 2-2'

MODELLO GEOLOGICO SITO N.2 – SEZIONE 1-1' E SEZIONE 3-3''

MODELLO GEOLOGICO SITO N.3 – SEZIONE 1-1' E SEZIONE 4-4'

MODELLO GEOLOGICO SITO N.3 – SEZIONE 1-1' E SEZIONE 5-5'

4. Aspetti geomorfologici

5. Aspetti litologico-tecnici

6. Aspetti idrogeologici e di vulnerabilità degli acquiferi

7. Aspetti di pericolosità geologica (geomorfologica)

8. Aspetti di pericolosità idraulica

9. Aspetti di pericolosità sismica

9.1 Pericolosità sismica di base

9.2 Sismicità storica del comune di Pomarance e aspetti di microzonazione sismica

9.3 Aspetti di pericolosità sismica locale

10. Fattibilità dell'intervento

11. Conclusioni

Allegati

TAVOLA A – Aspetti di Quadro Conoscitivo

TAVOLA B – Modello geologico del sottosuolo nelle tratte di intervento

1. Premessa

La presente relazione è stata redatta allo scopo di definire il quadro conoscitivo e il modello geologico del sottosuolo di riferimento per gli interventi di messa in sicurezza della S.P. n. 27. Gli interventi riguardano le tratte dissestate per processi gravitativi di versante tra il km 0+650 e il km 1+100. L'area di intervento si trova in vicinanza della località Fattoria Bulera, a sud-est dell'abitato di Pomarance (PI) (vedi ubicazione nell'allegata Tavola A).

Gli interventi consistono nella realizzazione di opere di contenimento del rilevato stradale e ripristino dello stesso rilevato nelle tratte interessate sia da fessurazione che rottura conclamata della pavimentazione esistente (scivolamento verso valle di porzioni del rilevato). Le deformazioni del rilevato stradale interessano generalmente almeno una delle due corsie stradali. Inoltre risultano evidenti segni sulla tendenza a progredire verso monte del dissesto gravitativo (fessurazione pervasiva del rilevato stradale anche sull'altra porzione di carreggiata).

Lo studio compendia le note geologiche, geomorfologiche, litologico-tecniche, idrogeologiche, di pericolosità geologica (di frana da PAI e geologica-geomorfologica da PS-RU), idraulica e sismica (pericolosità di base attesa per l'areale di interesse e sismicità storica). I territori comunali risultano attualmente non dotati di studi di Microzonazione Sismica, perciò a corredo della cartografia di quadro conoscitivo non è stata allegata alcuna cartografia afferente al tematismo della pericolosità sismica locale. Le indicazioni di cui tenere conto nella stima degli effetti stratigrafici e topografici sono stati trattati direttamente nei paragrafi relativi alla stima dell'azione sismica all'interno della relazione geotecnica.

In aggiunta agli aspetti sopra citati, all'interno del presente elaborato è stato definito il modello geologico di sottosuolo dei siti di realizzazione delle opere di consolidamento, necessario per supportare la modellazione geotecnica e il progetto delle opere di messa in sicurezza.

Lo studio geologico e la redazione dei diversi tematismi di quadro conoscitivo dell'areale di interesse è stato effettuato tenendo conto sia delle linee guida VEL della Regione Toscana (così come indicato nelle istruzioni tecniche approvate con delibera d.g.r.t. n. 420/2010), che ai sensi del D.M. 17/01/2018. Gli studi geologici sono stati condotti sia attraverso un approfondimento a scala globale (comprensorio di interesse) che locale di dettaglio sul sito di interesse. A tale scopo per la rappresentazione della geologia, effettuata sulla scorta della cartografia geologica regionale esistente (CARG e Database Geologico regionale), la scala di rappresentazione utilizzata è quella di 1:10.000. Per gli aspetti geomorfologici, litologico-

tecnici e idrogeologici, nonché per le pericolosità sugli aspetti geologici e idraulici, la cartografia è stata riportata in scala 1:2.000 e 1:5.000.

2. Inquadramento geografico e morfologico

Il comune di Pomarance fa parte dell'area delle Colline Metallifere e si trova compreso: a nord tra i comuni di Montecatini Val di Cecina e Volterra; a sud tra i comuni di Monteverdi Marittimo, Monterotondo Marittimo e Castelnuovo Val di Cecina. Nella porzione medio-settentrionale il territorio comunale si sviluppa con forma regolare; nella porzione meridionale, invece, si presenta stretto con forma allungata verso sud.

Il territorio di Pomarance ha una estensione pari a circa 227 km².

Le altimetrie nell'areale di studio presentano valori variabili da circa 200 a circa 300 m s.l.m..

Il sito di studio risulta collocato nella porzione orientale del territorio comunale alla sommità dell'area di stoccaggio dei rifiuti solidi urbani della discarica del Bulera.

L'uso del suolo nella zona di intervento è riconducibile a zone agricole caratterizzate da aree adibite a seminativi semplici non irrigui e pascoli, talora con lembi boschivi a latifoglie.

3. Inquadramento geologico

3.1 Inquadramento geologico generale

Dall'analisi della cartografia CARG aggiornata, redatta in scala 1:10.000, relativamente alla sezione n. 295110, foglio n. 295 "Pomarance" (progetto "Continuum Geologico della Regione Toscana"), nonché dalla consultazione del Data-Base Geologico della Regione Toscana e sulla scorta delle evidenze di campagna riscontrate in corrispondenza del sito di studio e di un più ampio intorno (rilevamento geologico realizzato a supporto del presente studio) si evince che nel comprensorio di studio affiorano le seguenti unità geologiche (vedi Tavola A):

DEPOSITI QUATERNARI

DEPOSITI OLOCENICI

Forme e depositi

- *Corpo di frana (a1)*

Frana con stato di attività e tipo di movimento indeterminato. Si tratta di depositi caotici di litotipi eterogenei, costituiti da elementi litoidi più o meno eterometrici, immersi in una matrice di natura variabile da limoso-sabbiosa a limoso-argillosa a seconda del litotipo di origine. Lo spessore è di qualche metro.

- *Discariche per inerti e rifiuti solidi urbani (h1)*

Sono costituiti da rifiuti solidi urbani accumulati all'interno dell'impianto della discarica di Bulera, a valle del versante attraversato dalla SP 27. Si tratta di materiali eterogenei sciolti o poco addensati e/o poco consistenti.

- *Depositi di versante (aa)*

Si tratta di accumuli lungo i versanti di frammenti litoidi, eterometrici, angolosi, talora stratificati con matrice sabbiosa o sabbioso-limosa (vedi fig. 1) prevalentemente al piede dei versanti o comunque delle scarpate di erosione con elevato dislivello. Nell'area interessano prevalentemente unità di natura sabbioso-limosa e conglomeratica.

- *Depositi alluvionali recenti terrazzati e non terrazzati (bna)*

Si tratta di depositi alluvionali terrazzati costituiti da ghiaie talora con ciottoli immerse in una matrice sabbiosa debolmente limosa. Sono costituiti essenzialmente da sabbie limose e ghiaie sabbioso-limose talora con rari ciottoli decimetrici. Perciò i clasti risultano dispersi nella matrice sabbioso-limosa (struttura matrice-sostenuta). Le tre diverse frazioni granulometriche tendono a variare sia verticalmente che orizzontalmente. Si presentano scarsamente stratificati e la loro permeabilità varia in relazione alla granulometria.

DEPOSITI MARINI PLIOCENICI

- *Sabbie e arenarie gialle (PLIs)*

Si tratta di sabbie limose ed arenarie bruno-giallastre, a grana medio-fine. Le sabbie presentano un colore variabile dal giallo ocra al marrone e una granulometria da media a fine; spesso mostrano una percentuale importante di limo e argilla. Risultano localmente fossilifere e in alcuni casi si presentano mediamente cementate e generalmente non stratificate. Talora sono presenti localmente orizzonti conglomeratici di spessore decimetrico, nonché lenti

decimetriche limoso-sabbiose addensate/molto addensate. Inoltre sono presenti alla sommità della formazione orizzonti metrici pseudocementati o cementati. Presentano spessori decametrici (talora oltre i 100 m a scala generale). Nel sito di studio presentano spessori fino a circa 40 – 50 m alla sommità dei versanti.

(Zancaleano-Piacenziano)

- Argille e argille siltose grigio-azzurre localmente fossilifere (FAA)

Si presentano di colore variabile da bruno a grigio fino a grigio-azzurro, spesso limose e con limo, talora con orizzonti di limoso-sabbiosi o debolmente sabbiosi. Presentano inoltre al loro interno orizzonti fossiliferi.

Risultano avere spessori variabili prevalentemente decametrici. In corrispondenza del sito di studio gli spessori risultano di alcune decine di metri e talora anche superiore a 100 m.

Possono risultare presenti all'interno della formazione rari livelli confinati limoso-sabbioso-argillosi sedi di acquiferi locali confinati e poco produttivi.

(Zancaleano-Piacenziano)

- Conglomerati marini poligenici (PLIb)

Si tratta di conglomerati costituiti da clasti arrotondati originatisi da rocce appartenenti alle Unità Liguri e/o della Falda Toscana, con varia pezzatura, immersi in una matrice limoso-sabbiosa da sub-cementata a cementata. Presentano spessori variabili da metrici a decametrici.

(Zancaleano-Piacenziano)

All'interno della carta geologica generale sono state riportate le tracce di potenziali faglie dirette, certe ed incerte, sviluppatesi all'interno del dominio dei depositi pliocenici.

3.2 Modello geologico del sottosuolo di fondazione

Lo studio geologico del sottosuolo fa riferimento sia alle note geologiche di cartografia regionale, che ai rilievi eseguiti in sito e alle risultanze della campagna di indagini geognostiche e geofisiche eseguite a corredo del presente studio. Perciò il modello geologico del sottosuolo è stato discriminato (vedi allegata Tavola B) sulla scorta delle risultanze dei sondaggi geognostici, nonché dei rifrattori sismici individuati con la sismica a rifrazione.

L'assetto geologico-stratigrafico del sottosuolo ricostruito per la tratta stradale della SP n. 27, relativamente al sito n. 1 in prossimità del sondaggio geognostico S1 (circa km 0+700, vedi sezioni 1-1' e 2-2' in Tavola B) è il seguente:

MODELLO GEOLOGICO SITO N.1 - SEZIONE 1-1' E SEZIONE 2-2'

DEPOSITI QUATERNARI

DEPOSITI OLOCENICI

Forme e depositi

- Terreni di riporto (**h5**) – da 0,0 a 2,4 m da p.c.

Si tratta di terreni costituiti da breccia eterometrica in matrice limoso-sabbiosa, addensati. Non risultano cartografati nella carta geologica di dettaglio (vedi Tavola A) perché non è noto con precisione il loro sviluppo sia longitudinale che trasversale rispetto all'asse stradale della SP 27. Perciò sulla scorta delle evidenze ottenute dai sondaggi geognostici, tenendo conto del limitato sviluppo degli stessi riporti, sono stati cartografati a scala di dettaglio nella carta geologica riportata in scala 1:2.000 sulla Tavola B. E' da ricondurre anche ai terreni di riporto l'eventuale presenza localmente nei primi decimetri di pezzame lapideo più grossolano o di laterizi.

- Corpo di frana (**a1**) – da 2,4 a 6 m da p.c.

Frana con stato di attività e tipo di movimento indeterminato. Si tratta di depositi caotici di litotipi eterogenei, costituiti da materiali limoso-argillosi con prevalenza della frazione limosa e stato di consistenza frequentemente variabile in verticale da poco/mod. consistente a consistente. Lo spessore è di qualche metro, variabile generalmente tra circa 3 e 5 m, con una profondità compresa tra 4,5 e 7 m circa. In corrispondenza del sito n. 1, la coltre presenta uno spessore massimo presunto di circa 3,6 m al di sotto dei terreni di riporto.

La coltre di frana è stata associata nella modellazione geologica alla coltre rinvenuta nelle carote di sondaggio con colorazione bruna, tipica degli strati caratterizzati da elevata circolazione idrica sotterranea.

DEPOSITI MARINI PLIOCENICI

- Argille e argille siltose grigio-azzurre localmente fossilifere (FAA) – da 6 a 20 m da p.c.

Si presentano di colore variabile da grigio fino a grigio-azzurro, prevalentemente limose, talora con orizzonti decimetrici limoso-sabbiosi o sabbiosi. Presentano inoltre al loro interno rari orizzonti fossiliferi.

Risultano avere spessori variabili prevalentemente decametrici. In corrispondenza del sito di studio gli spessori risultano di alcune decine di metri.

Talora si possono incontrare, all'interno della formazione, rari livelli confinati limoso-sabbioso-argillosi sedi di acquiferi locali confinati e poco produttivi.

(Zancleano-Piacenziano)

L'assetto geologico-stratigrafico del sottosuolo ricostruito per la tratta stradale della SP n. 27, relativamente al sito n. 2 in prossimità del sondaggio geognostico S2 (circa km 0+800, vedi sezioni 1-1' e 3-3' in Tavola B) è il seguente:

MODELLO GEOLOGICO SITO N.2 - SEZIONE 1-1' E SEZIONE 3-3'

DEPOSITI QUATERNARI

DEPOSITI OLOCENICI

Forme e depositi

- Terreni di riporto (h5) – da 0,0 a 1,2 m da p.c.

Si tratta di terreni costituiti da breccia eterometrica in matrice limoso-sabbiosa, addensati. Non risultano cartografati nella carta geologica di dettaglio (vedi Tavola A) perché non è noto con precisione il loro sviluppo sia longitudinale che trasversale rispetto all'asse stradale della SP 27. Perciò sulla scorta delle evidenze ottenute dai sondaggi geognostici, tenendo conto del limitato sviluppo degli stessi riporti, sono stati cartografati a scala di dettaglio nella carta geologica riportata in scala 1:2.000 sulla Tavola B. E' da ricondurre anche ai terreni di riporto l'eventuale presenza localmente nei primi decimetri di pezzame lapideo più grossolano o di laterizi.

- Corpo di frana (a1) – da 1,2 a 4,3 m da p.c.

Frana con stato di attività e tipo di movimento indeterminato. Si tratta di depositi caotici di litotipi eterogenei, costituiti da materiali limoso-argillosi con prevalenza della frazione limosa e stato di consistenza frequentemente variabile in verticale da poco/mod. consistente a consistente. Lo spessore è di qualche metro, variabile generalmente, attorno al valore di circa 3 m, con una profondità massima in loco di circa 4,5 m.

La coltre di frana è stata associata nella modellazione geologica alla coltre rinvenuta nelle carote di sondaggio con colorazione bruna, tipica degli strati caratterizzati da elevata circolazione idrica sotterranea.

DEPOSITI MARINI PLIOCENICI

- Argille e argille siltose grigio-azzurre localmente fossilifere (FAA) – da 4,3 a 20 m da p.c.

Si presentano di colore variabile da grigio fino a grigio-azzurro, prevalentemente limose, talora con orizzonti decimetrici limoso-sabbiosi o sabbiosi. Presentano inoltre al loro interno rari orizzonti fossiliferi.

Risultano avere spessori variabili prevalentemente decametrici. In corrispondenza del sito di studio gli spessori risultano di alcune decine di metri.

Talora si possono incontrare, all'interno della formazione, rari livelli confinati limoso-sabbioso-argillosi sedi di acquiferi locali confinati e poco produttivi.

(Zancleano-Piacenziano)

L'assetto geologico-stratigrafico del sottosuolo ricostruito per la tratta stradale della SP n. 27, relativamente al sito n. 3 in prossimità del sondaggio geognostico S3 (circa km 1+000, vedi sezioni 1-1' e 4-4' in Tavola B) è il seguente:

MODELLO GEOLOGICO SITO N.3 - SEZIONE 1-1' E SEZIONE 4-4'

DEPOSITI QUATERNARI

DEPOSITI OLOCENICI

Forme e depositi

- Terreni di riporto (**h5**) – da 0,0 a 1,0 m da p.c.

Si tratta di terreni costituiti da breccia eterometrica in matrice limoso-sabbiosa, addensati. Non risultano cartografati nella carta geologica di dettaglio (vedi Tavola A) perché non è noto con precisione il loro sviluppo sia longitudinale che trasversale rispetto all'asse stradale della SP 27. Perciò sulla scorta delle evidenze ottenute dai sondaggi geognostici, tenendo conto del limitato sviluppo degli stessi riporti, sono stati cartografati a scala di dettaglio nella carta geologica riportata in scala 1:2.000 sulla Tavola B. E' da ricondurre anche ai terreni di riporto l'eventuale presenza localmente nei primi decimetri di pezzame lapideo più grossolano o di laterizi.

- Corpo di frana (**a1**) – da 1,0 a 5,5 m da p.c.

Frana con stato di attività e tipo di movimento indeterminato. Si tratta di depositi caotici di litotipi eterogenei, costituiti da materiali limoso-argillosi con prevalenza della frazione limosa e stato di consistenza frequentemente variabile in verticale da poco/mod. consistente a consistente. Lo spessore localmente è di qualche metro, variabile generalmente attorno al valore massimo di 4,5-5 m, con una profondità da p.c. di circa 5,5 – 6 m.

La coltre di frana è associata alla coltre rinvenuta nelle carote di sondaggio con colorazione bruna, tipica degli strati caratterizzati da elevata circolazione idrica sotterranea.

DEPOSITI MARINI PLIOCENICI

- Argille e argille siltose grigio-azzurre localmente fossilifere (FAA) – da 5,5 a 20 m da p.c.

Si presentano di colore variabile da grigio fino a grigio-azzurro, prevalentemente limose, talora con orizzonti decimetrici limoso-sabbiosi o sabbiosi. Presentano inoltre al loro interno rari orizzonti fossiliferi.

Risultano avere spessori variabili prevalentemente decametrici. In corrispondenza del sito di studio gli spessori risultano di alcune decine di metri.

Talora si possono incontrare, all'interno della formazione, rari livelli confinati limoso-sabbioso-argillosi sedi di acquiferi locali confinati e poco produttivi.

(Zancleano-Piacenziano)

L'assetto geologico-stratigrafico del sottosuolo ricostruito per la tratta stradale della SP n. 27, relativamente al sito n. 4 in prossimità del sondaggio geognostico S4 (circa km 1+100, vedi sezioni 1-1' e 5-5' in Tavola B) è il seguente:

MODELLO GEOLOGICO SITO N.3 - SEZIONE 1-1' E SEZIONE 5-5'

DEPOSITI QUATERNARI

DEPOSITI OLOCENICI

Forme e depositi

- Terreni di riporto (h5) – da 0,0 a 1,5 m da p.c.

Si tratta di terreni costituiti da breccia eterometrica in matrice limoso-sabbiosa, addensati. Non risultano cartografati nella carta geologica di dettaglio (vedi Tavola A) perché non è noto con precisione il loro sviluppo sia longitudinale che trasversale rispetto all'asse stradale della SP 27. Perciò sulla scorta delle evidenze ottenute dai sondaggi geognostici, tenendo conto del limitato sviluppo degli stessi riporti, sono stati cartografati a scala di dettaglio nella carta geologica riportata in scala 1:2.000 sulla Tavola B. E' da ricondurre anche ai terreni di riporto l'eventuale presenza localmente nei primi decimetri di pezzame lapideo più grossolano o di laterizi.

- Corpo di frana (a1) – da 1,5 a 6,5 m da p.c.

Frana con stato di attività e tipo di movimento indeterminato. Si tratta di depositi caotici di litotipi eterogenei, costituiti da materiali limoso-argillosi con prevalenza della frazione limosa e stato di consistenza frequentemente variabile in verticale da poco/mod. consistente a consistente. Lo spessore localmente è di qualche metro, variabile generalmente attorno al valore massimo di 4,5-5 m, con una profondità ipotizzata fino a circa 6,5 – 7 m da p.c..

La coltre di frana è associata alla coltre rinvenuta nelle carote di sondaggio con colorazione bruna, tipica degli strati caratterizzati da elevata circolazione idrica sotterranea.

DEPOSITI MARINI PLIOCENICI

- Argille e argille siltose grigio-azzurre localmente fossilifere (FAA) – da 4,3 a 20 m da p.c.

Si presentano di colore variabile da grigio fino a grigio-azzurro, prevalentemente limose, talora con orizzonti decimetrici limoso-sabbiosi o sabbiosi. Presentano inoltre al loro interno rari orizzonti fossiliferi.

Risultano avere spessori variabili prevalentemente decametrici. In corrispondenza del sito di studio gli spessori risultano di alcune decine di metri.

Talora si possono incontrare, all'interno della formazione, rari livelli confinati limoso-sabbioso-argillosi sedi di acquiferi locali confinati e poco produttivi.

(Zancleano-Piacenziano)

A monte dei diversi siti di intervento, al di fuori comunque del volume significativo di terreno interessato da eventuali opere di consolidamento, si ritrovano materiali afferenti all'unità delle Sabbie plioceniche descritta di seguito:

- Sabbie e arenarie gialle (PLIs)

Si tratta di sabbie limose ed arenarie bruno-giallastre, a grana medio-fine. Le sabbie presentano un colore variabile dal giallo ocra al marrone e una granulometria da media a fine; spesso mostrano una percentuale importante di limo e argilla. Risultano localmente fossilifere e in alcuni casi si presentano mediamente cementate e generalmente non stratificate. Talora sono presenti localmente orizzonti conglomeratici di spessore decimetrico, nonché lenti decimetriche limoso-sabbiose addensate/molto addensate. Inoltre sono presenti alla sommità della formazione orizzonti metrici pseudocementati o cementati. Presentano spessori decametrici (talora oltre i 100 m a scala generale). Nel sito di studio presentano spessori superiori intorno ai 15 m circa.

(Zancleano-Piacenziano)

Il contesto geologico dell'areale di studio è caratterizzato dalla presenza di depositi marini pliocenici. I depositi presenti in loco, con spessori decametrici e talora superiori al centinaio di metri, sono riconducibili al Complesso Neoautoctono Toscano.

I depositi del Neoautoctono alla genesi della catena appenninica, a seguito della quale per effetto della formazione di sovrascorrimenti e spostamento progressivo delle forze

compressive verso NE, le unità tettoniche denominate Liguridi (derivanti dall'ambiente deposizionale del Dominio Ligure) si sono accavallate su unità del Dominio Toscano (vedi fig. 1).

L'assetto tettono-stratigrafico delle liguridi (unità alloctone) è il risultato del processo di deformazione crustale iniziato a partire dal Cretacico superiore e che si è protratto fino all'Eocene medio attraverso il quale è avvenuta la formazione della catena appenninica. Infatti con movimento compressivo verso NE, è avvenuto l'accavallamento di vari lembi crustali costituiti sia da rocce del basamento che da rocce sedimentarie. I contatti geologici tra le varie unità, molto spesso sono da ritenersi dei contatti tettonici.

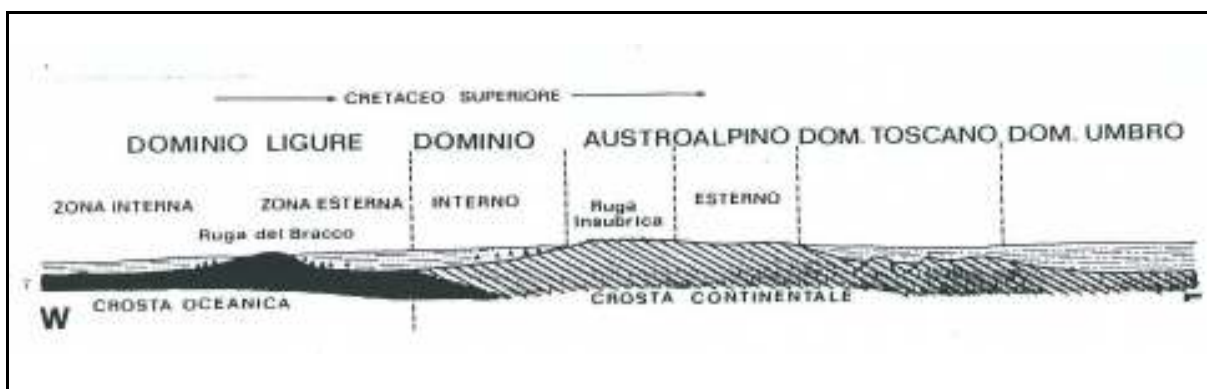


Fig. 1: Domini paleogeografici dell'Appennino settentrionale

Nell'Eocene medio-superiore ha inizio la fase intracontinentale dell'orogenesi appenninica. In questa fase, come già accennato, si ha lo sviluppo di una tettonica a thrust e falde con sottoscorrimento verso ovest delle Unità Toscane (prima) e di quelle Umbro-Marchigiane (dopo) sotto le unità precedentemente impilate. Fenomeni gravitativi e di retroscorrimento, anche importanti, accompagnano in superficie questa strutturazione crostale.

Con la fine della fase compressiva appenninica, ha avuto inizio la fase distensiva che ha portato all'apertura del mar Tirreno e alla formazione dei sistemi ad horst e graben con il quale si sono formati i diversi bacini deposizionali neogenici e quaternari della Toscana (vedi fig. 2).

Questa nuova fase è stata caratterizzata da una tettonica distensiva che ha determinato un assottigliamento della crosta terrestre con conseguente sprofondamento della stessa lungo linee di rottura (*faglie*) adiacenti tra di loro. Le faglie sviluppatesi in questa fase presentano ovviamente tutte direzione appenninica, in quanto legate ai movimenti tettonici che hanno originato la stessa catena montuosa.

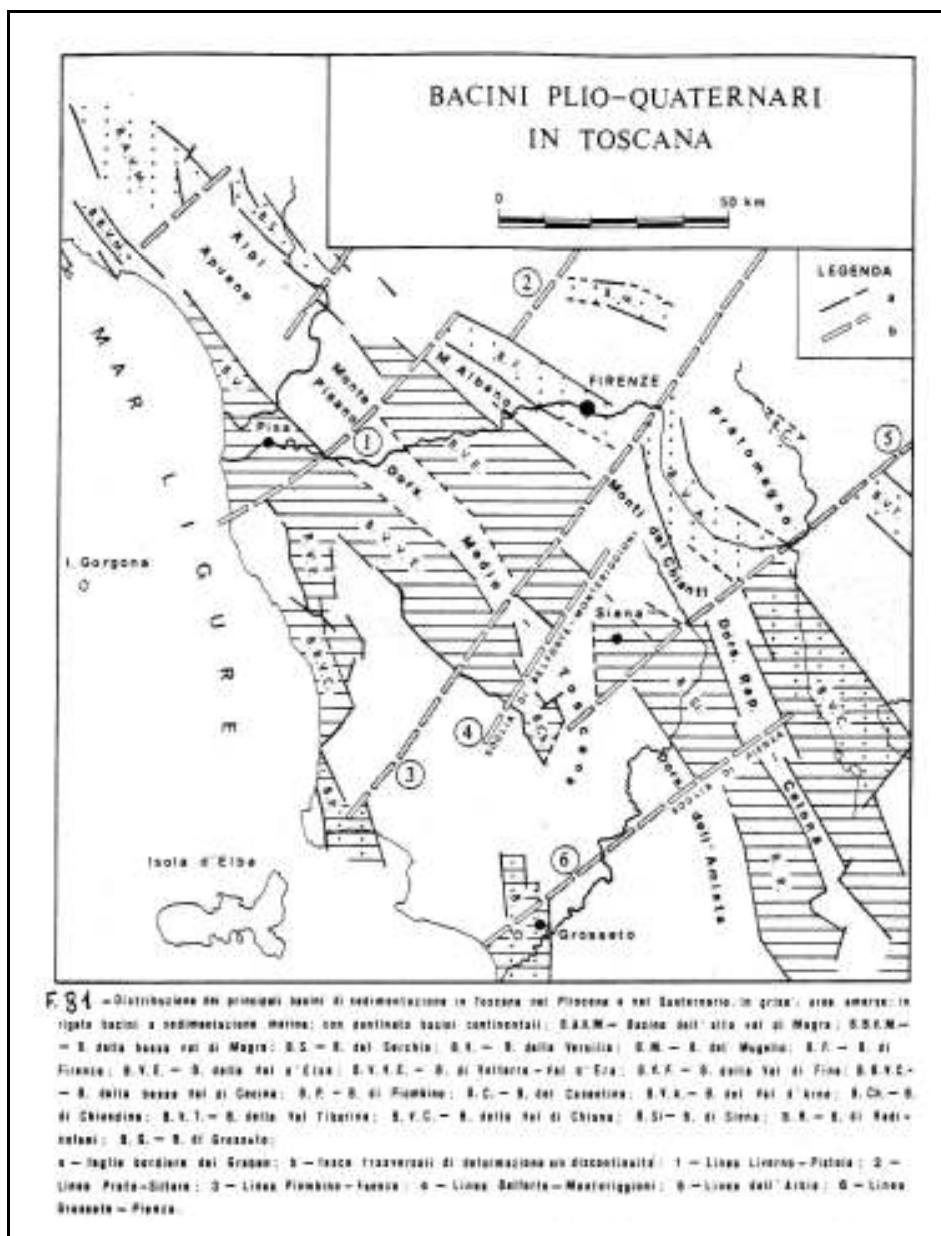


Fig. 2: Bacini deposizionali neogenici e quaternari della Toscana.

La deposizione dei sedimenti “marini” plio-pleistocenici è stata caratterizzata più volte dall’alternarsi di fasi trasgressive e fasi regressive. Le variazioni granulometriche presenti nei sedimenti marini sono la testimonianza che nel passato si sono alternati ambienti deposizionali di mare profondo o poco profondo con ambienti di spiaggia o addirittura di tipo continentale-lacustre.

Successivamente nel Pliocene medio superiore, l’innescarsi di un generale fenomeno di sollevamento tettonico (isostatico) ha portato al verificarsi di una regressione del mare con il conseguente instaurarsi di un ambiente continentale (deposizione di sedimenti fluvio-lacustri).

I movimenti crustali più importanti sono riconducibili cronologicamente al Miocene superiore.

I depositi di origine marina affioranti nel comprensorio della Bulera sono riconducibili al Bacino di Volterra e della Val d'Era. Tale Bacino è individuato ad ovest della dorsale Medio-Toscana e compreso tra le soglie individuabili tra Livorno e Pistoia (a nord) e tra Piombino e Faenza (a sud). In particolare i depositi suddetti sono associabili ad un ulteriore sottobacino di Pomarance – Anqua – Chiusino, distinto attualmente da quello di Volterra – Val d'Era per l'esistenza di una serie di affioramenti miocenici lungo il fiume Cecina.

4. Aspetti geomorfologici

Nell'allegata Tavola A è mostrata in scala 1:5.000 la carta geomorfologica redatta per il presente studio relativamente alla tratta oggetto di messa in sicurezza e di un intorno significativo.

Tenendo conto dei diversi corpi di frana esistenti, nonché delle diverse tipologie di cinematismi e dei diversi stati di attività, sono state tracciate varie aree riconducibili a processi gravitativi di versante. In particolare laddove sono presenti movimenti tuttora attivi o comunque recenti, con evidenze di rottura del rilevato stradale, sono stati tracciati corpi di frana per scivolamento attivi.

Lungo tutto il versante sottostante la strada provinciale n. 27 è stata riportata un'unica area interessata da deformazioni superficiali. Tale scelta è stata effettuata sulla scorta delle evidenze di campagna. In particolare tutto il versante è soggetto a lavorazioni periodiche che comportano una cancellazione di eventuali deformazioni lente e progressive che si sviluppino con continuità lungo il pendio. Comunque, tenendo conto delle rotture per scorrimento verificatesi localmente sul rilevato, si ipotizza che non tutto il versante presente tra circa il km 0+650 e il km 1+100 sia soggetto a deformazioni attive ma piuttosto quiescenti.

Nella tavola di quadro conoscitivo è stato riportato uno stralcio della cartografia del progetto IFFI all'interno del quale si nota che i corpi di frana attivi sono associati a cinematismo di scorrimento, mentre le zone franose lungo tutto il versante sottostante alla SP 27 sono ricondotti a colamenti attivi. Non avendo allo stato attuale evidenze chiare di tali fenomeni, si è ritenuto opportuno tracciare superfici cartografate come deformazioni superficiali.

Lungo la sede stradale sono individuabili depositi antropici riconducibili ai materiali affioranti in loco. Lungo la stessa arteria stradale sono state tracciate scarpate antropiche con dislivello poco significativo (generalmente 1-3 m circa).

Lungo il ciglio di valle della SP 27 è stato tracciato un orlo di scarpata di erosione quiescente, in quanto la scarpata morfologica esistente risulta parzialmente ricoperta di vegetazione arbustiva.

Lungo le linee di drenaggio principali, generalmente rappresentate da solchi con presenza di vegetazione arbustiva a contenere l'erosione, sono stati tracciati alvei con tendenza all'approfondimento. In particolare il fosso che lambisce il piede dei versanti sottostanti alla SP 27, presenta processi di approfondimento per il quale però si è ritenuto di non abbinare a quello dei solchi di erosione concentrata.

All'interno delle superfici con deformazione superficiale, laddove sono evidenti escavazioni superficiali per concentrazione delle acque di ruscellamento, sono stati identificati punti di erosione concentrata.

A monte della sede stradale si individua un arco principale quiescente riconducibile all'attività franosa di tutto il versante, sul quale sono distinguibili ulteriori archi legati ai corpi di frana minori attivi o comunque recenti.

Talora, sempre a monte della SP 27, sono individuabili scarpate di erosione quiescenti caratterizzate da dislivelli comprese tra 1 metro e qualche metro.

L'inclinazione del versante è compresa mediamente tra 14 e 17° circa. Localmente, in corrispondenza del ciglio di valle della sede stradale e al piede del versante lungo il fosso esistente, l'inclinazione risulta sicuramente superiore a 20°.

Il corpo di frana presente in corrispondenza del km 1+100, già oggetto di consolidamento con interventi di ingegneria naturalistica, è stato riproposto nel presente studio come corpo di frana quiescente, in quanto i fattori morfologici del pendio non fanno escludere che si possa riattivare in futuro.

In corrispondenza della Discarica della Bulera è stata cartografata un'area antropizzata adibita appunto a discarica.

Le quote delle aree oggetto di messa in sicurezza si collocano a quote variabili tra circa 300 m e 240 m s.l.m..

La franosità diffusa esistente nella tratta oggetto di intervento è legata sicuramente alla presenza dei depositi marini pliocenici, con particolare contrasto tra quelli di natura maggiormente argillosi (poco competenti e facilmente cedevoli) e le sovrastanti sabbie plioceniche.

Dalle risultanze delle indagini geognostiche si è potuto osservare che il corpo di frana presente sulla porzione di monte della SP 27 (affidente ai siti n. 1 e 2) presenta una profondità di circa 6 m. Più a valle l'altro corpo attivo potrebbe presentare una profondità di sviluppo

anche superiore ai 6 m. Inoltre si suppone l'esistenza, per la tratta sul sito n. 3, di una superficie di frana ancora più profonda e più grande riconducibile ad una frana quiescente antica, il cui coronamento è stato tracciato a monte della SP 27. Il piano di scivolamento delle frane attive più superficiali si potrebbero ricollegare più a valle del versante con quello pre-esistente della frana antica.

5. Aspetti litologico-tecnici

Nella tavola di quadro conoscitivo (Tavola A) è mostrata la carta litologico-tecnica e dei dati di base dell'area di interesse. Tale tematismo è stato redatto in scala 1:2.000.

Le unità litologico-tecniche discriminate sono descritte di seguito.

Unità E

Unità litologico-tecnica E3.a1/2.t1/3: materiali granulari non cementati o poco cementati costituiti da sabbie, da moderatamente addensate ad addensate, talora sub-cementate, con presenza talora di rari frammenti di dimensioni maggiori e con presenza di frazione interstiziale coesiva, ma non sufficiente ad alterare il carattere granulare globale del terreno. Comprende i depositi sabbioso-limosi e limoso-sabbiosi di origine marina delle sabbie gialle plioceniche (unità PLIs).

Unità F

Unità litologico-tecnica F1.s5/6.t1/2: materiali coesivi con consistenza limitata o nulla costituiti da limi argillosi, da privi di consistenza a poco consistenti, con presenza talora di frammenti lapidei di dimensioni maggiori e frazione sabbiosa. Sono compresi i depositi delle coltri di frana che si originano dalle unità plioceniche affioranti in loco lungo la tratta stradale oggetto di intervento.

Unità litologico-tecnica F2.s3/4: materiali coesivi con consistenza limitata o nulla costituiti da prevalente limo con argilla, da consistente ad estremamente consistenti. Sono riconducibili i depositi marini pliocenici delle argille grigio-azzurre.

Unità litologico-tecnica F2.s6.t4: materiali coesivi con consistenza limitata o nulla costituiti da materiali eterogenei e da argilla con limo e limo con argilla, generalmente inconsistenti o poco consistenti, riconducibili ai materiali di discarica e alla copertura di messa in sicurezza della Discarica della Bulera.

Sulla carta litologico-tecnica sono stati riportati i dati di base riferiti alle indagini geognostiche e sismiche realizzate per il presente studio.

6. Aspetti idrogeologici e di vulnerabilità degli acquiferi

Dallo studio delle caratteristiche medie di permeabilità delle unità geologiche cartografate al 5.000 per l'area di studio, è stata prodotta la carta idrogeologica di dettaglio per il sito di intervento (vedi tavola A di quadro conoscitivo).

L'analisi ha evidenziato la presenza di litotipi per cui sono discriminabili classi di permeabilità variabili tra bassa e medio-elevata.

L'unità idrogeologica a **permeabilità bassa (B)**, discriminata all'interno della cartografia di dettaglio, è riconducibile all'unità geologica FAA (Argille e argille siltose grigio-azzurre) e ai materiali afferenti alla discarica di RSU. Tale unità, infatti è costituita prevalentemente dalle frazioni delle argille e dei limi e solo localmente presenta orizzonti poco sviluppati con permeabilità modesta sede di acquiferi semiconfinati poco produttivi. A tale unità è associabile una permeabilità $<10^{-7}$ m/s.

L'unità idrogeologica a **permeabilità medio-bassa (MB)** comprende le coltri di frana costituite da materiali limoso-argillosi talora sabbiosi. Per tale unità è ipotizzabile una permeabilità dell'ordine di circa $10^{-6} - 10^{-7}$ m/s.

Nell'unità idrogeologica a **permeabilità media (M)** sono compresi i depositi sabbioso-limosi pliocenici dell'unità PLIs. A tale unità è associabile una permeabilità dell'ordine di circa $10^{-5} - 10^{-6}$ m/s.

Infine all'interno dell'unità idrogeologica a **permeabilità medio-elevata (ME)** sono compresi i conglomeratici marini poligenici dell'unità PLIb. A tale unità idrogeologica è associabile una permeabilità dell'ordine di circa $10^{-5} - 10^{-4}$ m/s.

Sulla scorta della discretizzazione delle unità idrogeologiche con le diverse classi di permeabilità, è possibile definire per l'area di studio le seguenti classi di vulnerabilità degli acquiferi:

- **vulnerabilità degli acquiferi bassa**, riconducibile all'unità delle argille plioceniche grigio-azzurre (FAA) e ai materiali afferenti alla discarica di RSU,
- **vulnerabilità degli acquiferi medio-bassa**, riconducibile alle coltri di frana limoso-argilloso-sabbiosi,
- **vulnerabilità degli acquiferi media**, riconducibile ai depositi pliocenici dell'unità PLIs,

- **vulnerabilità degli acquiferi medio-elevata**, associata conglomeratici marini poligenici dell'unità PLIb.

Per quanto concerne la quota della superficie piezometrica all'interno del versante, si evidenzia che dalle letture effettuate in data 20 agosto 2018 sui due piezometri a tubo aperto installati in loco (S2pz e S3pz), si ritiene che la superficie piezometrica reale si trovi a circa 19-20 m da p.c.. Le due letture effettuate nei rispettivi piezometri hanno restituito le seguenti risultanze:

- S2 \Longrightarrow 1,84 m da p.c.

- S3 \Longrightarrow 19,32 m da p.c.

Si ritiene che il valore misurato all'interno del foro S2 sia legato a probabile rimanenza di acqua di perforazione senza che sia avvenuta stabilizzazione del flusso idrogeologico nel sottosuolo. Il valore, invece, osservato su S3 potrebbe risultare plausibile vista la conformazione del versante (acclività $\geq 15^\circ$).

Gli interventi di realizzazione dei consolidamenti saranno da realizzare su materiali caratterizzati da un grado di vulnerabilità variabile da bassa a medio-bassa.

7. Aspetti di pericolosità geologica (geomorfologica)

Ai sensi del regolamento della regione Toscana n. 53/R del 2011 sono distinte le seguenti classi di pericolosità geologica:

Pericolosità geologica molto elevata (G.4): aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza, aree interessate da soliflussi.

Pericolosità geologica elevata (G.3): aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%.

Pericolosità geologica media (G.2): aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giacaturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%.

Pericolosità geologica bassa (G.1): aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfologici.

Nella tavola di quadro conoscitivo (Tavola A) è stata riportata la cartografia di pericolosità geologica esistente a corredo dello strumento urbanistico comunale (PS), in scala 1:5.000, rappresentativa della tratta di intervento e di un congruo intorno.

Dalla cartografia di Piano Strutturale comunale si evince che all'area di intervento risulta assegnata **pericolosità geologica molto elevata (G.4)**, in quanto riferita al perimetro delle coltri di frana attive per scivolamento, mentre lungo la parte restante del versante si individua **pericolosità geologica elevata (G.3)**. Solo a monte, al di sopra degli orli di frana si riscontra pericolosità geologica media (G.2).

Le aree a pericolosità elevata e molto elevata individuate nella cartografia di PS comunale corrispondono alla perimetrazione effettuata su cartografia di PAI dell'AdB Toscana Costa, di cui si riporta in allegato uno stralcio della cartografia esistente a corredo dello stesso PAI, in scala 1:5.000. Perciò in corrispondenza delle aree a pericolosità elevata G.3 si riscontra la presenza della perimetrazione delle aree a **P.F.E.** (pericolosità da frana elevata). Allo stesso modo in corrispondenza delle zone a pericolosità geologica molto elevata G.4, si ritrova il limite di PAI delle zone a **P.F.M.E.** (pericolosità da frana molto elevata).

Al punto 1 delle Norme Tecniche di Piano in merito alle aree P.F.M.E. è normato così:

- Nelle aree P.F.M.E. sono consentiti gli interventi di consolidamento, bonifica, protezione, sistemazione dei fenomeni franosi, nonché quelli atti a controllare e mitigare i processi geomorfologici che determinano le condizioni di pericolosità molto elevata, approvati dall'Ente competente, tenuto conto del presente Piano di Assetto Idrogeologico. Gli interventi dovranno essere tali da non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti, da non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione dei fenomeni franosi, da consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza.

8. Aspetti di pericolosità idraulica

Ai sensi del regolamento della regione Toscana n. 53/R del 2011 sono distinte le seguenti classi di pericolosità geologica:

Pericolosità idraulica molto elevata (I.4): aree interessate da allagamenti per eventi con $Tr < 30$ anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e

infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità molto elevata le aree di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrano contestualmente le seguenti condizioni: a)vi sono notizie storiche di inondazioni; b)sono morfologicamente in situazione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

Pericolosità idraulica elevata (I.3): *aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $30 < TR < 200$ anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni: a)vi sono notizie storiche di inondazioni; b)sono morfologicamente in condizione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.*

Pericolosità idraulica media (I.2): *aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < TR < 500$ anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrano le seguenti condizioni: a)non vi sono notizie storiche di inondazioni; b)sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.*

Pericolosità idraulica bassa (I.1): *aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni: a)non vi sono notizie storiche di inondazioni; b)sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.*

Nella tavola di quadro conoscitivo è stata riportata uno stralcio della cartografia di PS comunale, relativa alla pericolosità idraulica espressa ai sensi della 53/R per il sito di studio.

Dalla stessa cartografia si evince che il sito di intervento presenta pericolosità idraulica irrilevante. Solo a valle in corrispondenza del fossatone esistente al piede dei versanti è stata attribuita (sulla scorta di criteri morfologici) pericolosità elevata. Tale pericolosità, comunque,

non influisce direttamente sulle opere di sistemazione del rilevato stradale.

9. Aspetti di pericolosità sismica

9.1 Pericolosità sismica di base

Con Deliberazione GRT n° 431 del 19 giugno 2006 la Giunta Regionale della Toscana approvava la riclassificazione sismica del territorio regionale, applicando i criteri nazionali riportati nell'O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006, di cui la Mappa di Pericolosità Sismica in figura 6 ne rappresenta l'Allegato 1.

Tale classificazione teneva conto della individuazione della pericolosità sismica locale e della relativa azione sismica di progetto sulla base di un approccio “zona-dipendente”, metodo legato anche alla normativa nazionale vigente nel 2006 in materia di costruzioni (DM 1996 e NTC 2005). Secondo la GRT n°431/2006 il comune di Pomarance risultava classificato in **zona 3**.

Ai sensi delle nuove Norme Tecniche (D.M. 14/01/2008) la pericolosità sismica di base deve essere individuata sulla mappa di pericolosità prodotta a livello nazionale dall'I.N.G.V (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) nella quale tale pericolosità è espressa in termini di accelerazione massima orizzontale delle onde sismiche su suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s) e con superficie topografica orizzontale (condizione topografica T1).

La stima della pericolosità sismica risulta basata su un approccio di tipo sito-dipendente, dove la pericolosità non è più assegnata per territorio comunale ma sui nodi di una griglia di punti a maglia quadrata presenti su tutto il territorio nazionale.

La pericolosità sismica di base da utilizzare per il calcolo di quella progettuale è determinata all'interno del territorio compreso tra quattro vertici della maglia. Tali vertici sono identificati da un codice univoco (ID), da coordinate geografiche espresse in gradi decimali (latitudine e longitudine) e da parametri spettrali (a_g/g , F_0 , T_c^*) riferiti a diversi tempi di ritorno T_r .

In fig. 7 è mostrato un estratto della mappa dell'INGV, relativo al territorio comunale di Pomarance, con riportati i nodi e la relativa scala di valori associati di accelerazione sismica su suolo rigido, riferiti ad un tempo di ritorno di 475 anni e una probabilità di superamento in 50 anni del 10%.

Considerando la necessità di adattare la classificazione sismica del territorio regionale alla nuova mappa di pericolosità sismica (sito-dipendente), sulla scorta dei valori di a_g riferiti ai diversi punti della maglia e tenendo conto di una serie di aspetti valutativi legati alla presenza, all'interno dei territori comunali, di nodi con valori di $a_g > 0,15g$, è stata prodotta la nuova mappa di classificazione sismica regionale approvata con Del. GRT n. 421/2014.

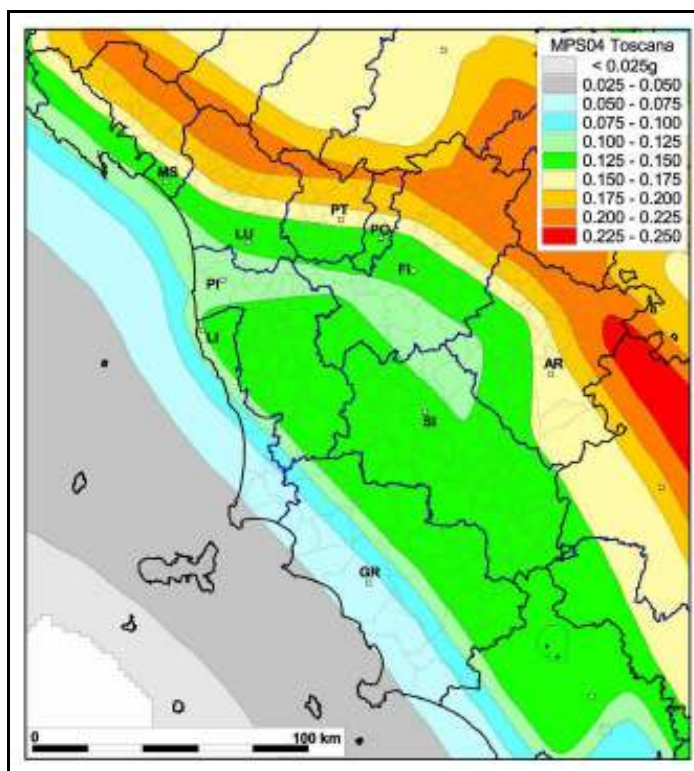


Fig. 6: Mappa di pericolosità sismica (MPS) della Toscana (mappa mediana al 50° percentile). I valori di accelerazione sono riferiti ad un tempo di ritorno pari a 475 anni (INGV, 2004)

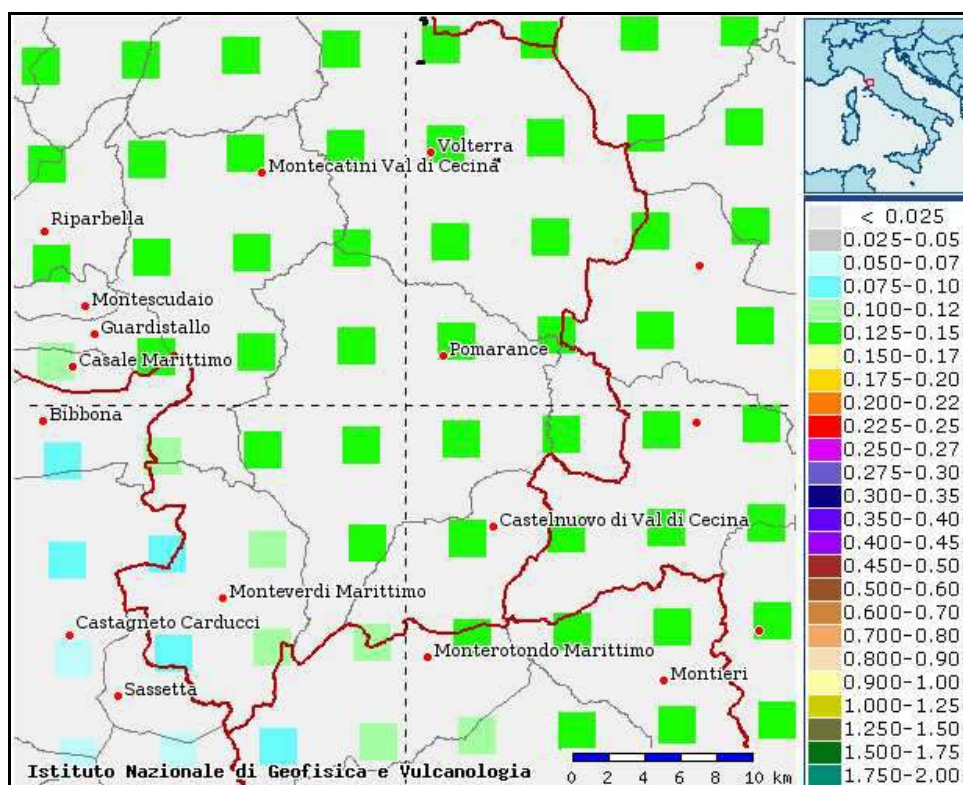


Fig.7: Mappa di pericolosità sismica (INGV) relativa al territorio comunale di Pomarance (mappa mediana al 50° percentile). I valori di accelerazione associati a ciascun nodo sono riferiti ad un tempo di ritorno pari a 475 anni (INGV, 2004)

Di seguito si riportano i parametri sismici sito-specifici estrapolati per la zona di studio lungo la SP 27.

Sito in esame.

latitudine: 43,270271
longitudine: 10,902782
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 22273	Lat: 43,2556	Lon: 10,8811	Distanza: 2393,303
Sito 2	ID: 22274	Lat: 43,2571	Lon: 10,9498	Distanza: 4077,210
Sito 3	ID: 22052	Lat: 43,3071	Lon: 10,9477	Distanza: 5479,165
Sito 4	ID: 22051	Lat: 43,3056	Lon: 10,8791	Distanza: 4371,891

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T2
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,045 g
Fo: 2,472
Tc*: 0,227 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,057 g
Fo: 2,501
Tc*: 0,244 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,140 g
Fo: 2,481
Tc*: 0,273 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,175 g
Fo: 2,515
Tc*: 0,280 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,710
St: 1,200
Kh: 0,016
Kv: 0,008
Amax: 0,800
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,670
St: 1,200
Kh: 0,021
Kv: 0,010
Amax: 1,014
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,490
Cc: 1,610
St: 1,200
Kh: 0,060
Kv: 0,030
Amax: 2,454
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,440
Cc: 1,600
St: 1,200
Kh: 0,073
Kv: 0,036
Amax: 2,967
Beta: 0,240

Secondo la nuova classificazione sismica dei comuni della Regione Toscana, il comune di Pomarance è stato riconfermato in **zona 3**.

Di seguito è mostrata l'ubicazione del comune di Pomarance sulla nuova mappa di classificazione sismica (vedi fig. 8).

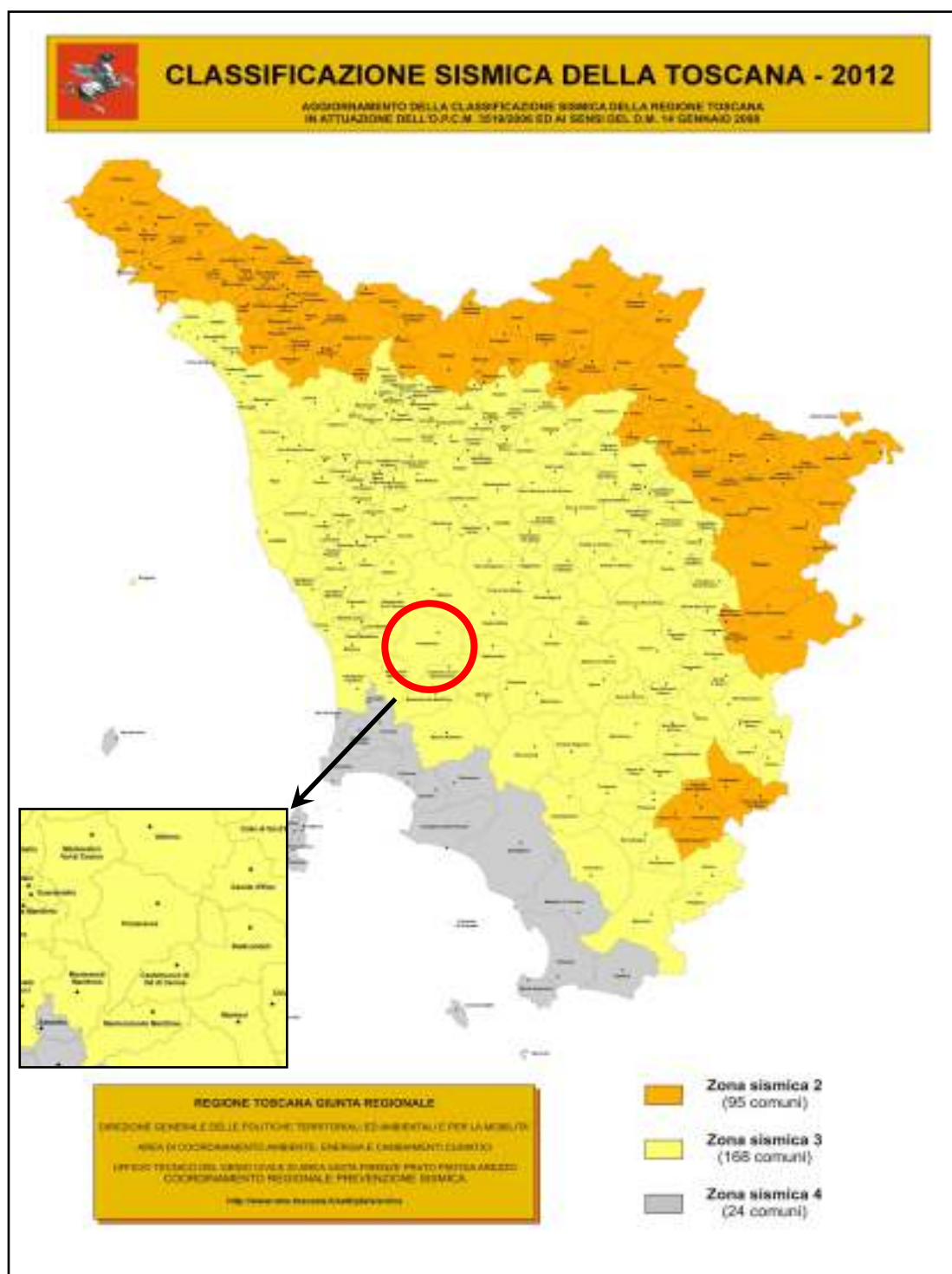


Fig.8: Mappa di pericolosità sismica della Regione Toscana

9.2 Sismicità storica del comune di Pomarance

Di seguito si riporta la lista dei terremoti storici censiti dall'INGV per l'area di Pomarance (fig.9 e fig. 10).

Storia sismica di Pomarance **[43.299, 10.874]**

Numero di eventi: 24

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw	
6-7	1846 08 14 12:00	Toscana settentrionale	122	9	5.91 ±0.13
5-6	1853 08 02	VOLTERRANO	6	5-6	4.62 ±0.45
5	1871 07 29 20:45	GUARDISTALLO	14	7-8	5.16 ±0.44
2-3	1873 03 12 20:04	Marche meridionali	196	8	5.95 ±0.10
3	1895 05 18 19:55	Fiorentino	401	8	5.43 ±0.08
NF	1897 12 18 07:24	Appennino umbro-marchigiano	132	7	5.13 ±0.14
NF	1899 06 26 23:17	Valle del Bisenzio	138	7	5.06 ±0.15
NF	1904 06 10 11:15	Frignano	102	6	5.03 ±0.18
3	1904 11 17 05:02	Pistoiese	204	7	5.15 ±0.14
NF	1905 02 12 08:28	SANTA FIORA	61	6	4.66 ±0.29
NF	1907 12 20 10:29	Radda in Chianti	35	6	4.63 ±0.54
4	1909 08 25 00:22	MURLO	283	7-8	5.37 ±0.10
4	1911 09 13 22:29	Chianti	115	7	5.19 ±0.14
NF	1915 01 13 06:52	Avezzano	1041	11	7.00 ±0.09
NF	1919 06 29 15:06	Mugello	566	10	6.29 ±0.09
4-5	1920 09 07 05:55	Garfagnana	756	10	6.48 ±0.09
NF	1940 01 31 11:00	SIENA	30	5-6	4.50 ±0.22
6	1970 08 19 12:19	Colline metallifere	26	6	4.87 ±0.18
NF	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7	5.06 ±0.09
NF	1984 04 29 05:02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.65 ±0.09
NF	1984 05 07 17:49	Appennino abruzzese	912	8	5.89 ±0.09
NF	1984 05 11 10:41	Appennino abruzzese	342		5.50 ±0.09
NF	1987 01 22 05:10	LIVORNO	157	5-6	4.40 ±0.16
3-4	1998 05 20 11:07	Colline metallifere	31	4-5	4.20 ±0.17

Fig.9: Sismicità storica di Pomarance (da INGV)

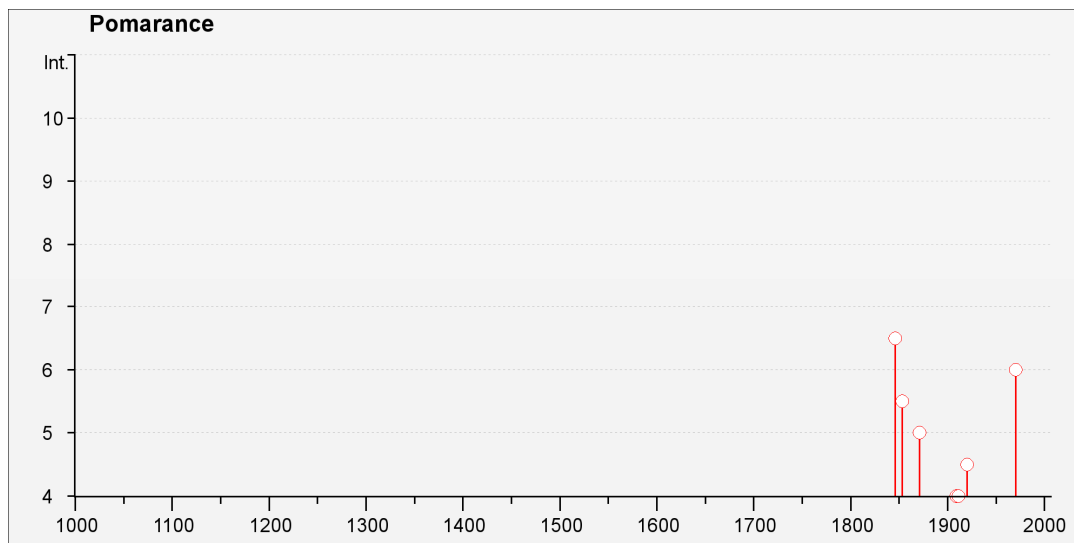


Fig.10: Grafico della sismicità storica di Pomarance (da INGV, intervallo annualità 1000-2006)

9.3 Aspetti di microzonazione sismica

Allo stato attuale il quadro conoscitivo del territorio comunale di Pomarance risulta mancare degli studi di Microzonazione Sismica. Perciò per il presente studio non si riporta alcuna cartografia attinente alla individuazione delle MOPS sul territorio di studio.

Relativamente alla presenza nel territorio di studio di strutture tettoniche potenzialmente attive e capaci, si evidenzia che non si è a conoscenza della presenza di faglie attive o potenzialmente attive in grado di generare deformazioni in superficie fino a piano campagna.

Tale dato è stato confermato nel corso della consultazione di banche dati nazionali di riferimento per la catalogazione delle faglie attive e capaci (banca dati DISS-INGV e ITHACA-ISPRA).

9.4 Aspetti di pericolosità sismica locale

Ai sensi del regolamento della regione Toscana n. 53/R del 2011 sono distinte le seguenti classi di pericolosità sismica locale:

Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4): zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; terreni suscettibili di liquefazione dinamica in comuni classificati in zona sismica 2;

Pericolosità sismica locale elevata (S.3): zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione

particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri;

Pericolosità sismica locale media (S.2): zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3);

Pericolosità sismica locale bassa (S.1): zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata e dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica.

Le misure di sismica attiva effettuate per il presente studio fanno ipotizzare una pericolosità sismica locale per il sito media (S.2). Tuttavia essendo in corrispondenza della frana, trattandosi di frana attiva, è da considerare una **pericolosità sismica locale molto elevata (S.4)**. Per tale tematismo, comunque, mancando la cartografia da strumento urbanistico comunale, nonché di Microzonazione Sismica, non è stata riportata alcuna cartografia nell'allegata tavola di quadro conoscitivo e le indicazioni di pericolosità precedentemente esposte sono solamente un contributo indicativo che si vuole dare per il presente studio e che non vuole sostituire i dati ufficiali dello strumento urbanistico comunale.

Si ricorda che le risultanze delle prove MASW hanno evidenziato per entrambi i corpi di frana che la categoria di sottosuolo a cui riferirsi per la stima dell'azione sismica di progetto è la C. A sensi delle NTC 2018 alla categoria C appartengono “*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*”.

10. Fattibilità dell'intervento

Ai sensi della D.P.G.R. n. 53/R del 2011, sono previste le seguenti condizioni di fattibilità:

- **Fattibilità senza particolari limitazioni (F1):** si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali non sono necessarie prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.
- **Fattibilità con normali vincoli (F2):** si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.
- **Fattibilità condizionata (F3):** si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi.
- **Fattibilità limitata (F4):** si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali la cui attuazione è subordinata alla realizzazione di interventi di messa in sicurezza che vanno individuati e definiti in sede di redazione del medesimo regolamento urbanistico, sulla base di studi, dati da attività di monitoraggio e verifiche atte a determinare gli elementi di base utili per la predisposizione della relativa progettazione.

Al fine di realizzare l'intervento, trattandosi di intervento diretto, non è necessario esprimere una fattibilità dello stesso intervento. Si evidenzia, inoltre, come per gli aspetti di pericolosità geologica (geomorfologica), idraulica e sismica locale, che a livello di strumento urbanistico comunale vigente non sussistono cartografie rappresentative per il sito di intervento esplicative di tali note.

Al fine comunque di definire completamente gli aspetti legati alle note di pericolosità e fattibilità attese per l'intervento, si presume che la fattibilità dell'intervento possa risultare similmente alle seguenti condizioni:

- **fattibilità limitata (F4)** per gli aspetti di pericolosità geologica (geomorfologica)
- **fattibilità senza particolari limitazioni (F1)** per gli aspetti idraulici
- **fattibilità limitata (F4)** per gli aspetti sismici,

Gli interventi oggetto di progettazione sono tesi a diminuire la pericolosità attesa e perciò la campagna geognostica e geofisica realizzata a supporto della progettazione e del presente studio, soddisfa le richieste di approfondimento previste dalla 53/R per situazioni di

pericolosità geologica e sismica elevata o molto elevata e delle relative condizioni di fattibilità sopra ipotizzate.

11. Conclusioni

Lo studio di modellazione geologica del sottosuolo ha evidenziato la presenza lungo il tracciato stradale di materiali di riporto per spessori compresi mediamente tra 1 e 2 m da p.c., sovrapposti a depositi marini limoso-argillosi riconducibili all'unità geologica delle argille e argille siltose grigio-azzurre (FAA). Mediamente, tra 5 e 10 m da p.c., tali depositi risultano localmente modificati nella consistenza per i processi di deformazione gravitativa di versante che hanno interessato sia il rilevato stradale che i materiali presenti alla base dello stesso. Perciò sussistono coltri di frana all'interno dei depositi marini individuate nel modello geologico appunto come frane (unità a1).

A supporto dell'analisi geologico-geotecnica sono state realizzati sondaggi geognostici con prelievo in foro di campioni indisturbati e profili sismici con sismica a rifrazione in onde P, a cui sono state associate prove MASW per la determinazione del parametro $V_{s,30}$. L'analisi geomorfologica coadiuvata dallo studio geologico di dettaglio del sottosuolo (analisi stratigrafica con indagini geognostiche) ha permesso di supporre l'esistenza di più superfici di scivolamento a diverse profondità. Inoltre su cartografia di dettaglio sono state discriminati corpi di frana più superficiali attualmente attivi sovrapposti a potenziali corpi quiescenti con sviluppo areale più ampio e che tenderebbero a coinvolgere anche i terreni presenti a monte della SP 27. Il sistema di frane ipotizzato coinvolge una massa di terreno compresa mediamente entro i primi 12-13 m da p.c.. Al di sotto di tale profondità mediamente si trovano materiali con caratteristiche geotecniche buone, non interessati da locali riduzioni di consistenza per presunta esistenza di superfici di scorrimento, ma bensì caratterizzati da elevata compattezza risultando già a circa 15 m estremamente consistenti o duri. Tuttavia sussiste l'evidenza dello stato di idratazione dei materiali campionati all'interno dei sondaggi S2 e S4 rispettivamente a -15 m e a -13 m da p.c., per il quale, come evidenziato dalle risultanze dei Limiti di Atterberg i materiali si troverebbero in uno stato di consistenza di plasticità (contenuto d'acqua superiore al limite plastico). Tale aspetto dovrà essere verificato e ne dovrà eventualmente essere tenuto conto in fase di progettazione ai fini della scelta del volume significativo delle opere di consolidamento e perciò della relativa tipologia e profondità delle stesse. Per gli altri campioni, pur essendo stati prelevati (teoricamente) all'interno del franco interessato da deformazione del versante, non si evidenzia condizioni di

raggiungimento del Limite Plastico. Al più si osserva una vicinanza del contenuto d'acqua allo stesso limite plastico nel campione CI2 del sondaggio S4.

L'analisi idrogeologica ha evidenziato che i materiali presenti in loco presentano grado di permeabilità variabile da medio a molto basso. L'eventuale presenza di circolazione idrica all'interno dei depositi limoso-argillosi è legata a processi di fessurazione e deformazione progressiva per effetto dei fenomeni gravitativi di versante, nonché di rilascio tensionale dei materiali sovra consolidati.

L'analisi delle pericolosità hanno evidenziato pericolosità molto elevata per gli aspetti geologici (geomorfologici) e sismici, mentre risulta irrilevante per gli aspetti idraulici.

La caratterizzazione geotecnica è stata basata sostanzialmente su valutazioni oggettive della natura litologica delle unità presenti in loco, desunte dai sondaggi geognostici, nonché dalle prove di laboratorio realizzate a supporto del presente studio geotecnico..

La modellazione sismica del sottosuolo ha evidenziato in tutti i siti di misurazione che la categoria a cui riferirsi per la determinazione dell'azione sismica di progetto è la categoria C. A sensi delle NTC 2018 alla categoria C appartengono *“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”*.

lì, 20 agosto 2018

Dott. Geol. Francesco Agnelli

ALLEGATI

COMMITTENTE

PROVINCIA DI PISA
SETTORE VIABILITA', TRASPORTI E PROTEZIONE CIVILE
Via Pietro Nenni, 30 - 56124 - Pisa

PROGETTO

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELLA STRADA
PROVINCIALE 27, NEL TRATTO TRA IL KM 0+650 E IL KM
1+100, IN PROSSIMITA' DI FATTORIA BULERA, NEL
COMUNE DI POMARANCE (PI)

TITOLO ELABORATO

TAVOLA A - ASPETTI DI QUADRO CONOSCITIVO

CONSULENTE INCARICATO

DOTT. GEOL. FRANCESCO AGNELLI

Via Pietro Nenni, loc. Civettaio n. 65 - 53049 Torrita di Siena (SI)
tel. 3478247486/0577687734 - francesco.agnelli@alice.it - P.IVA 01199830520

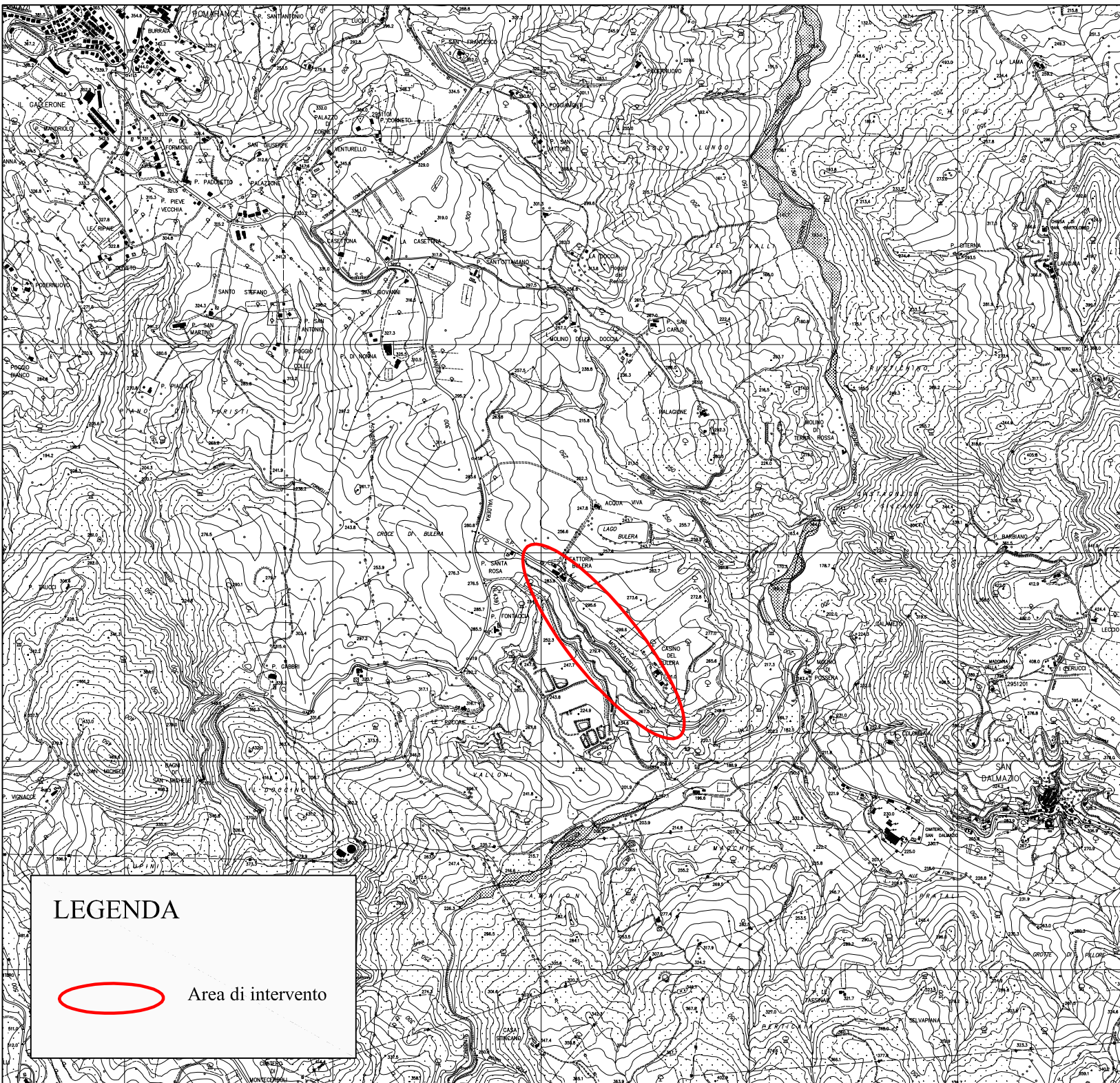
DATA

20 agosto 2018

PROFESSIONISTA

Dott. Geol. Francesco Agnelli

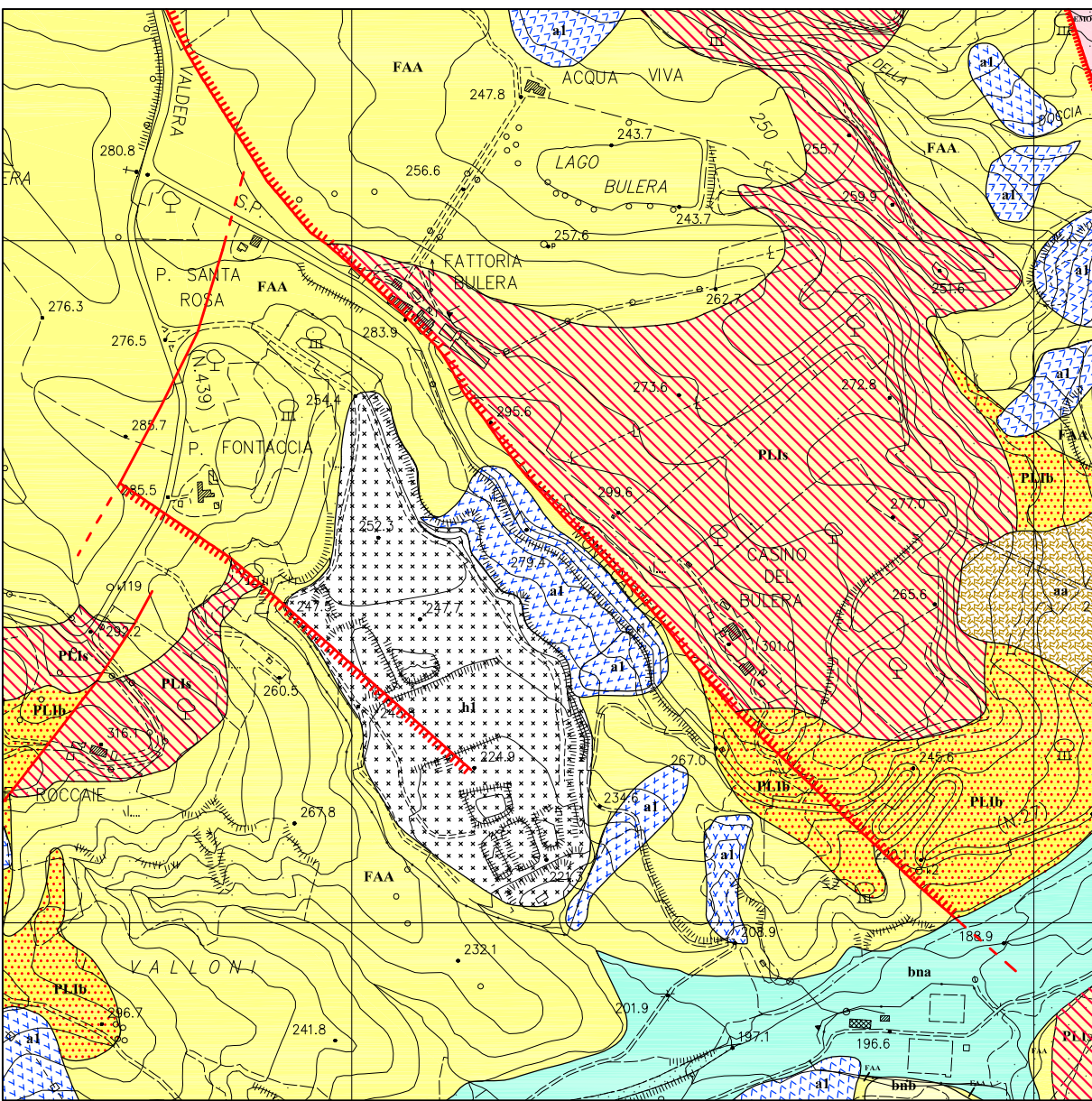
Ubicazione interventi su CRT - scala 1:10.000



LEGENDA

Area di intervento

Carta geologica generale - scala 1:10.000



LEGENDA

DEPOSITI OLOCENICI

Forme e depositi

a1 Frana con movimento e stato di attività indeterminati

b1 Discariche per inert e rifiuti solidi urbani

bna Depositi alluvionali recenti terrazzati e non terrazzati

aa Depositi di versante

Depositi Marini Pliocenici

PL1s Sabbie e arenarie gialle (Zancleano - Piacenziano)

FAA Argille e argille siliose grigio-azzurre localmente fossilifere (Zancleano - Piacenziano)

PL1b Conglomerati marini poligenici (Zancleano - Piacenziano)

Altri simboli

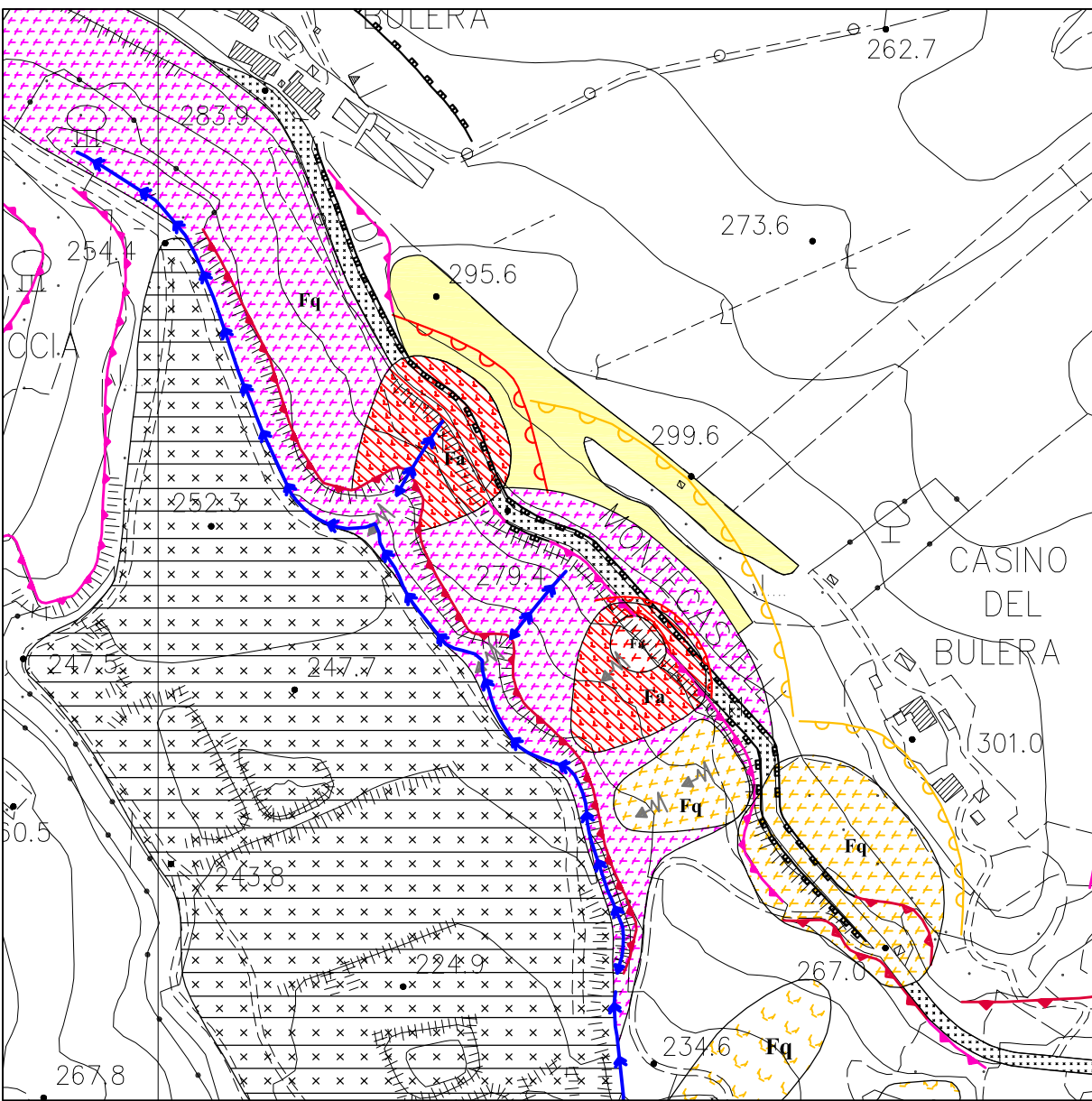
Contatto stratigrafico

Faglia generica certa

Faglia diretta presunta

Faglia generica presunta

Carta geomorfologica - scala 1:5.000



LEGENDA

Forme, processi e depositi gravitativi di versante

Orlo di scarpata di frana attivo

Orlo di scarpata di frana quiescente

Orlo di scarpata di erosione quiescente

Fa Corpo di frana per scorrimento attivo

Fa Corpo di frana per scorrimento attivo lento

Fq Corpo di frana per scorrimento quiescente

Fq Corpo di frana per colamento quiescente

Area interessata da deformazioni superficiali

Forme, processi e depositi per acque correnti superficiali

Alveo con tendenza all'approfondimento

Erosione superficiale localizzata

Area soggetta ad erosione superficiale

Detriti di versante

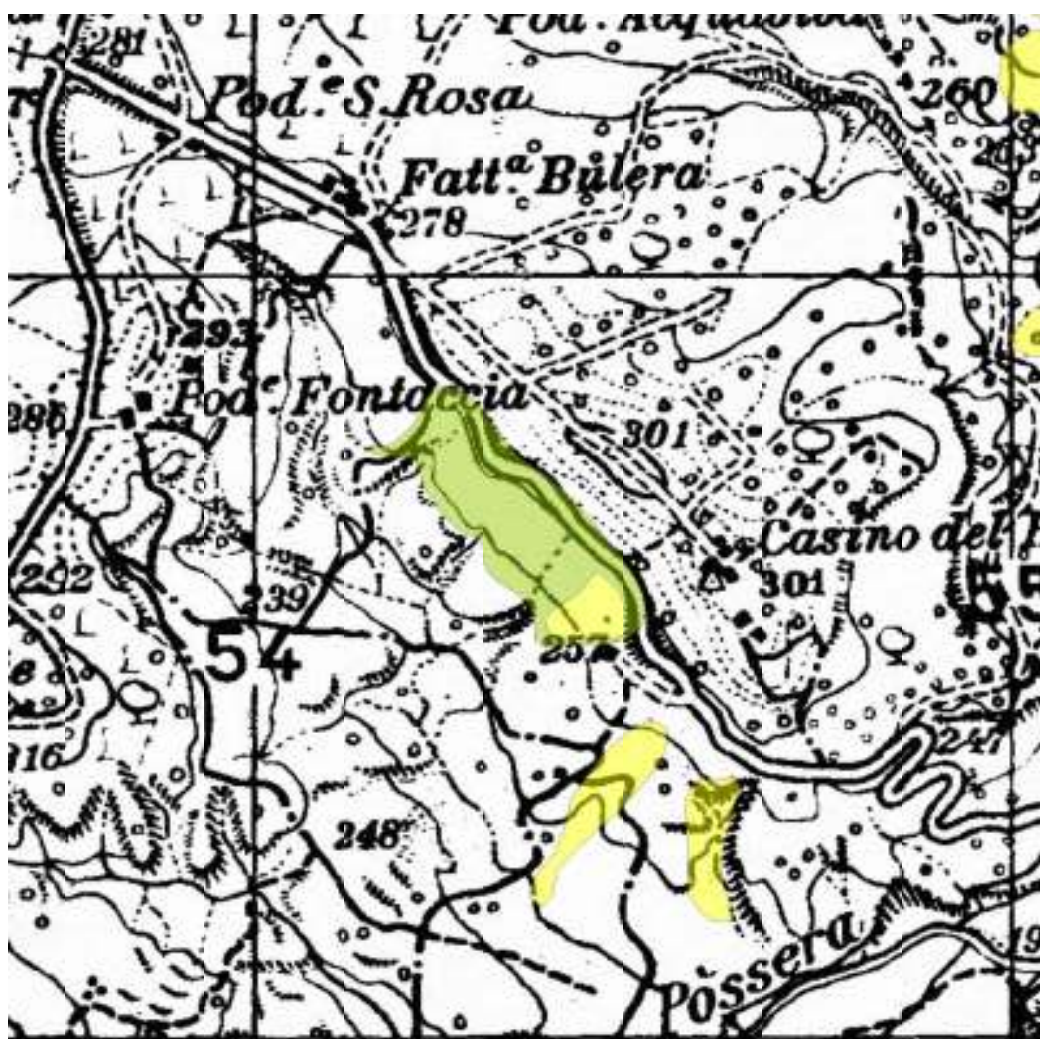
Forme, Processi e depositi antropici

Orlo di scarpata antropica

Discarica

Tereni di riporto

Carta della franosità (da Progetto IFFI) - scala 1:10.000



Layer IFFI

Punto Identificativo del Fenomeno Francoso

Schiena frana di 1° Livello

Schiena frana di 2° Livello

Schiena frana di 3° Livello

Tipologia di frana

Cricchiballamento

Sviluppo rotazionale/traslazionale

Espansione

Colamento lento

Colamento rapido

Sprondamento

Complesso

N.D.

DGPV

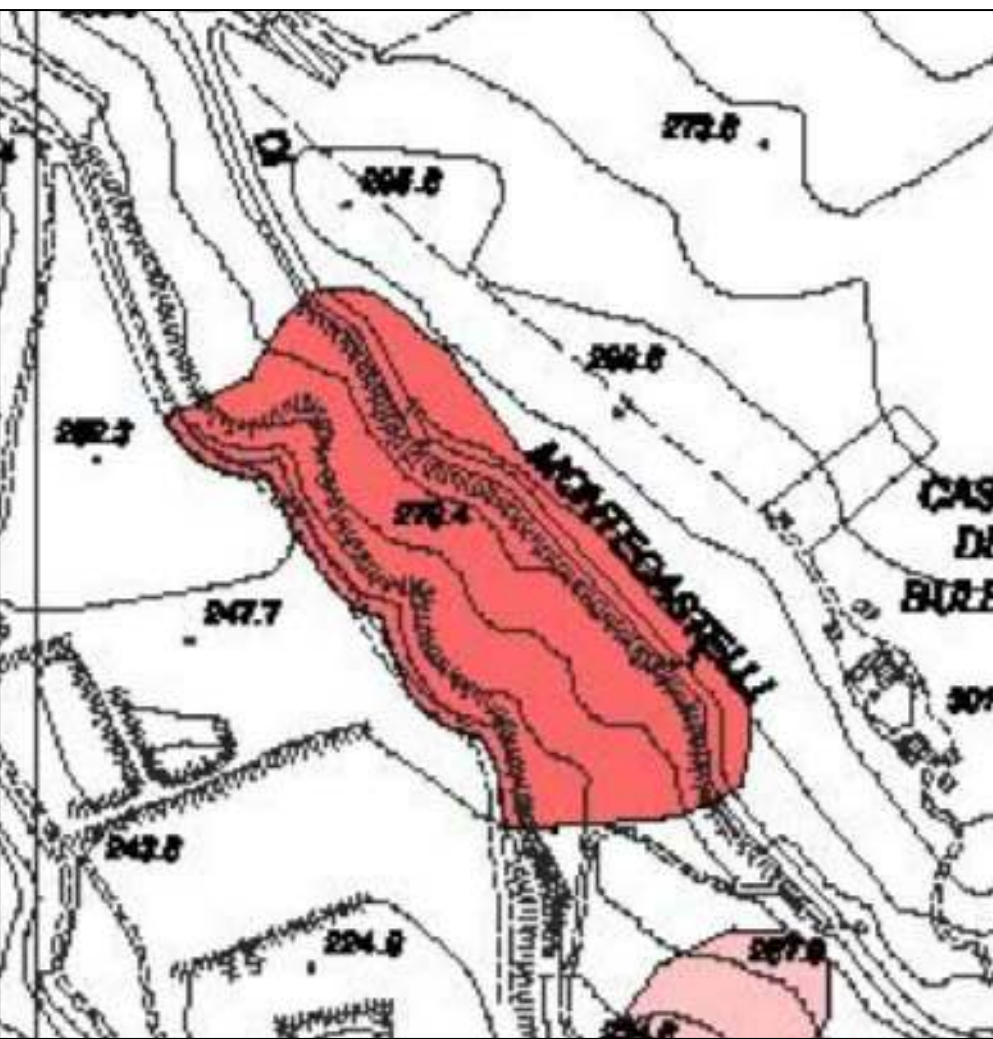
Area soggetta a cricchiballamenti diffusi

Area soggetta a sprondamenti diffusi

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Frane lineari

Carta della pericolosità da frana (da PAI AdB Toscana Costa) scala 1:5.000



LEGENDA

P.F.F. - Pericolosità Geomorfologica Elevata

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

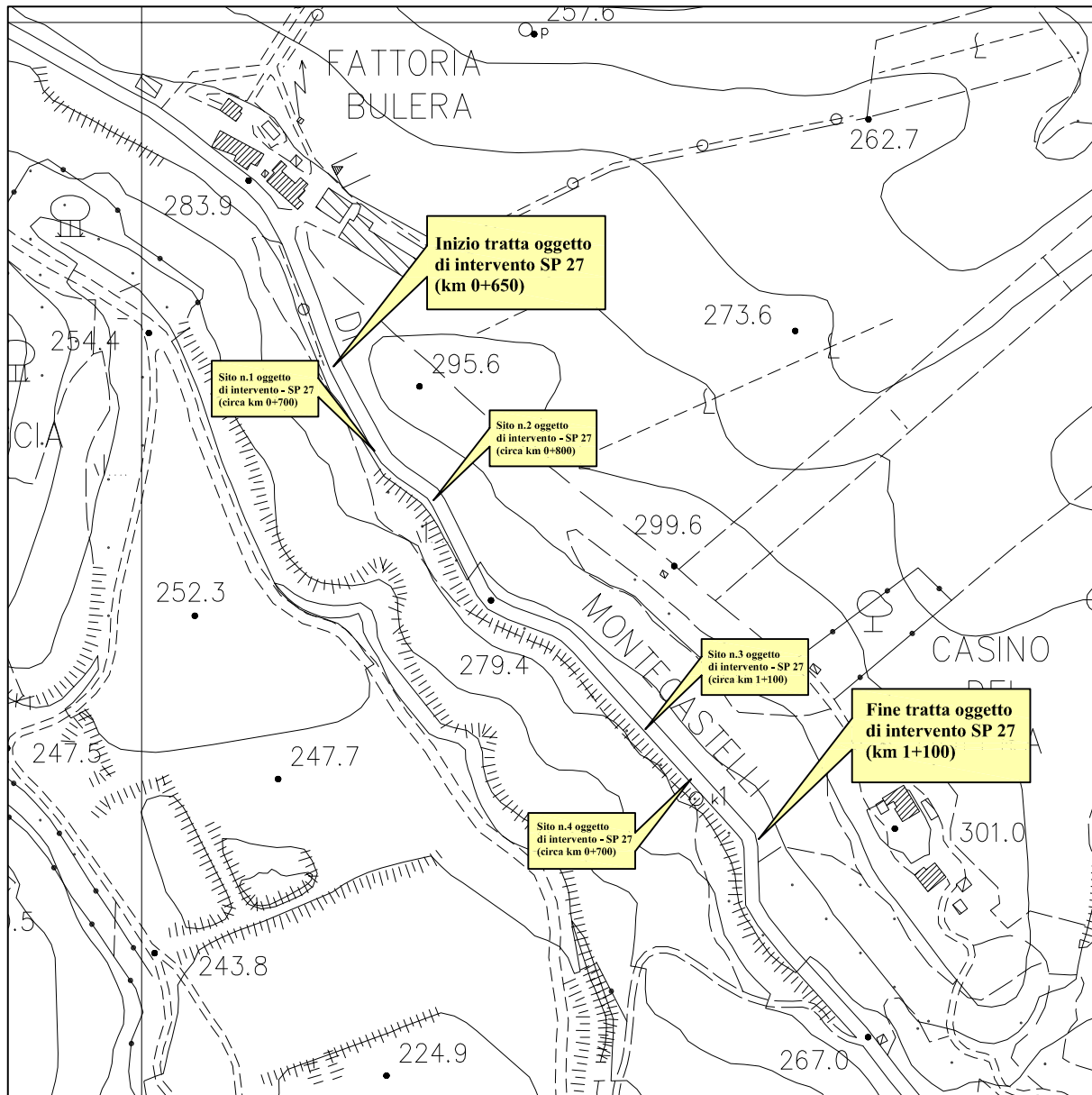
Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

Area soggetta a frane superficiali diffuse

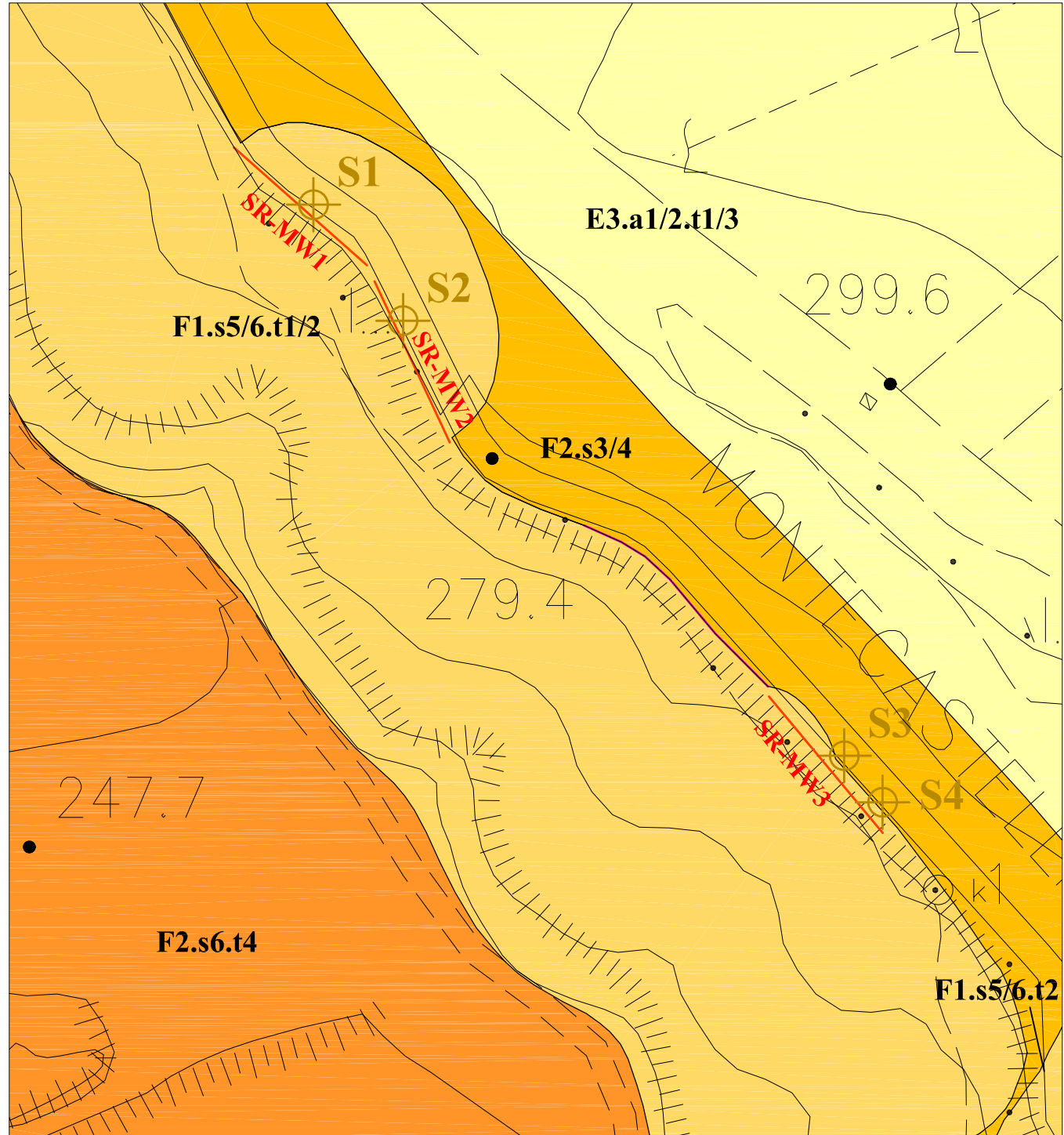
Ubicazione interventi su CTR - scala 1:5.000



LEGENDA

Ubicazione chilometrica della tratta di intervento e dei siti di consolidamento

Carta litologico-tecnica e dei dati di base - scala 1:2.000



LEGENDA

Unità litologico-tecnica E

E3.a1/2.t1/3

Materiali granulari non cementati o poco cementati, costituiti da sabbie moderatamente addensate adensate, talora sub-cementate, con presenza talora di rari frammenti di dimensioni maggiori e con presenza di frazione interstiziale coesiva non sufficiente ad alterare il carattere granulare globale del terreno

Unità litologico-tecnica F

F1.s/6.t/2

Materiali con consistenza limitata o nulla, costituiti da limi argillosi talora deboli sabbiosi, da poco consistenti o inconsistenti

F2.s/3/4

Materiali con consistenza limitata o nulla, costituiti da argilla con limo a tutti i livelli di limo sabbioso-argilloso, da consistenti a estremamente consistenti

F2.s/6.t/4

Materiali con consistenza limitata o nulla di origine antropica, costituiti da argilla con limo e limo con argilla, generalmente inconsistenti o poco consistenti

ALTRI SIMBOLI

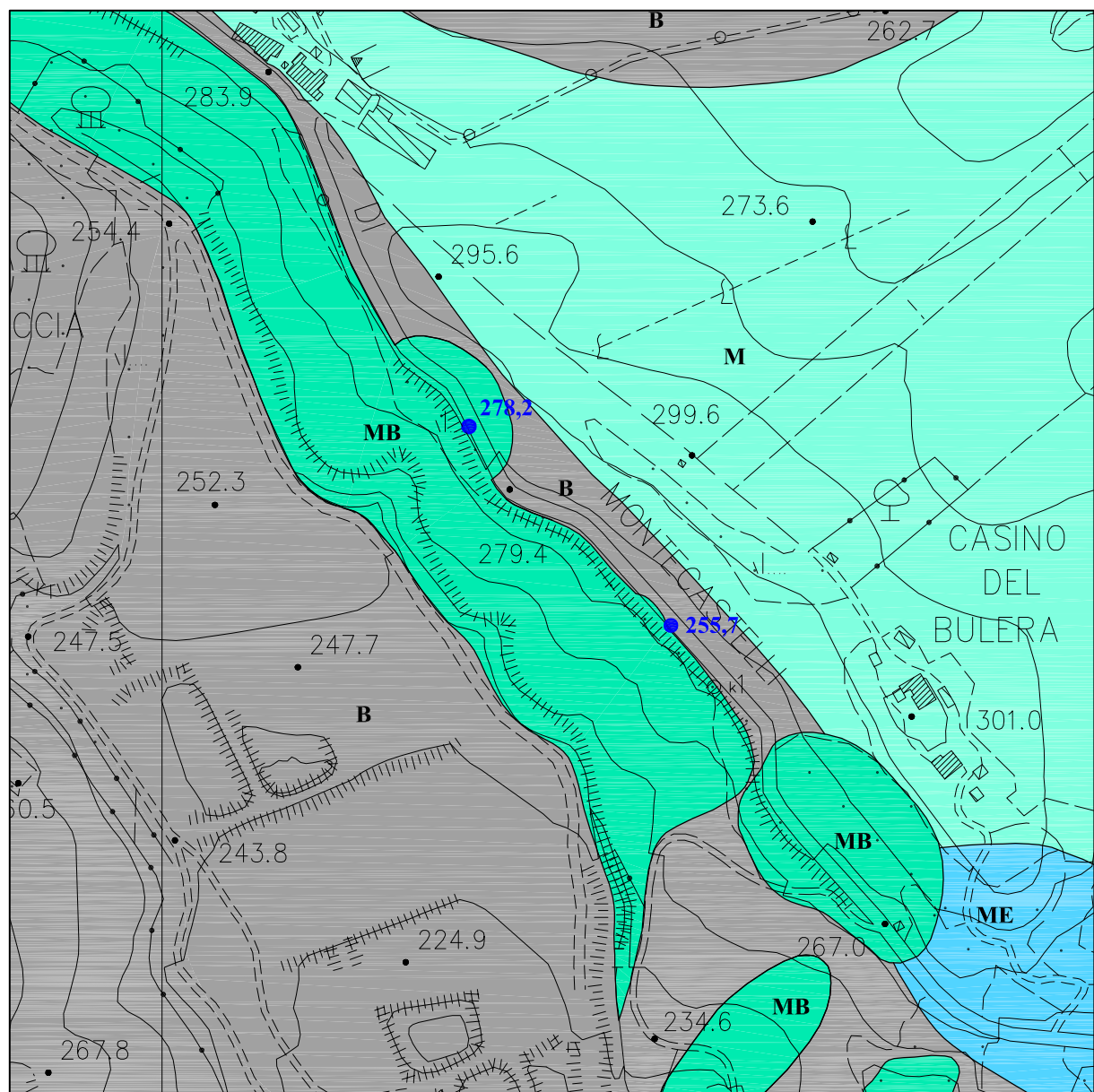
Indagini geognostiche

S1 Sondaggio geognostico a carotaggio continuo

Indagini sismiche

SR-A1W1 Traccia profilo sismico a rifrazione in onde P con prova MASW associata (L=60 m)

Carta idrogeologica - scala 1:5.000



LEGENDA

Classi di permeabilità

ME Permeabilità medio-elevata (unità idrogeologica a permeabilità medio-elevata, circa 10-5 > k > 10-3 m/s)

M Permeabilità media (unità idrogeologica a permeabilità media, circa 10-6 > k > 10-5 m/s)

MB Permeabilità medio-bassa (unità idrogeologica a permeabilità medio-bassa, circa 10-7 > k > 10-6 m/s)

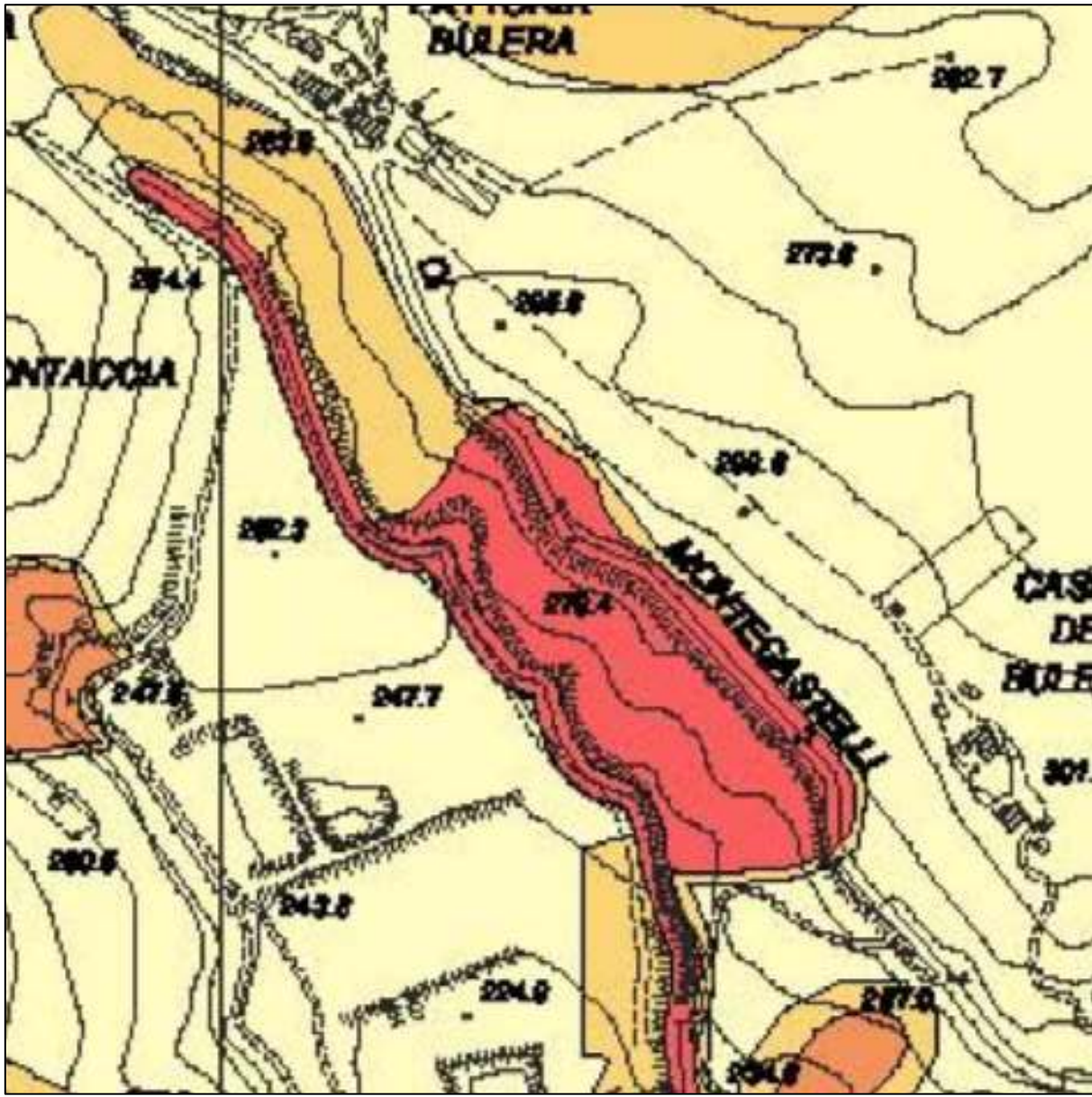
B Permeabilità bassa (unità idrogeologica a permeabilità bassa, k < 10-7)

Altri simboli

270.0

Piezometri a tubo aperto con indicazione della quota della superficie piezometrica in s.l.m.m.

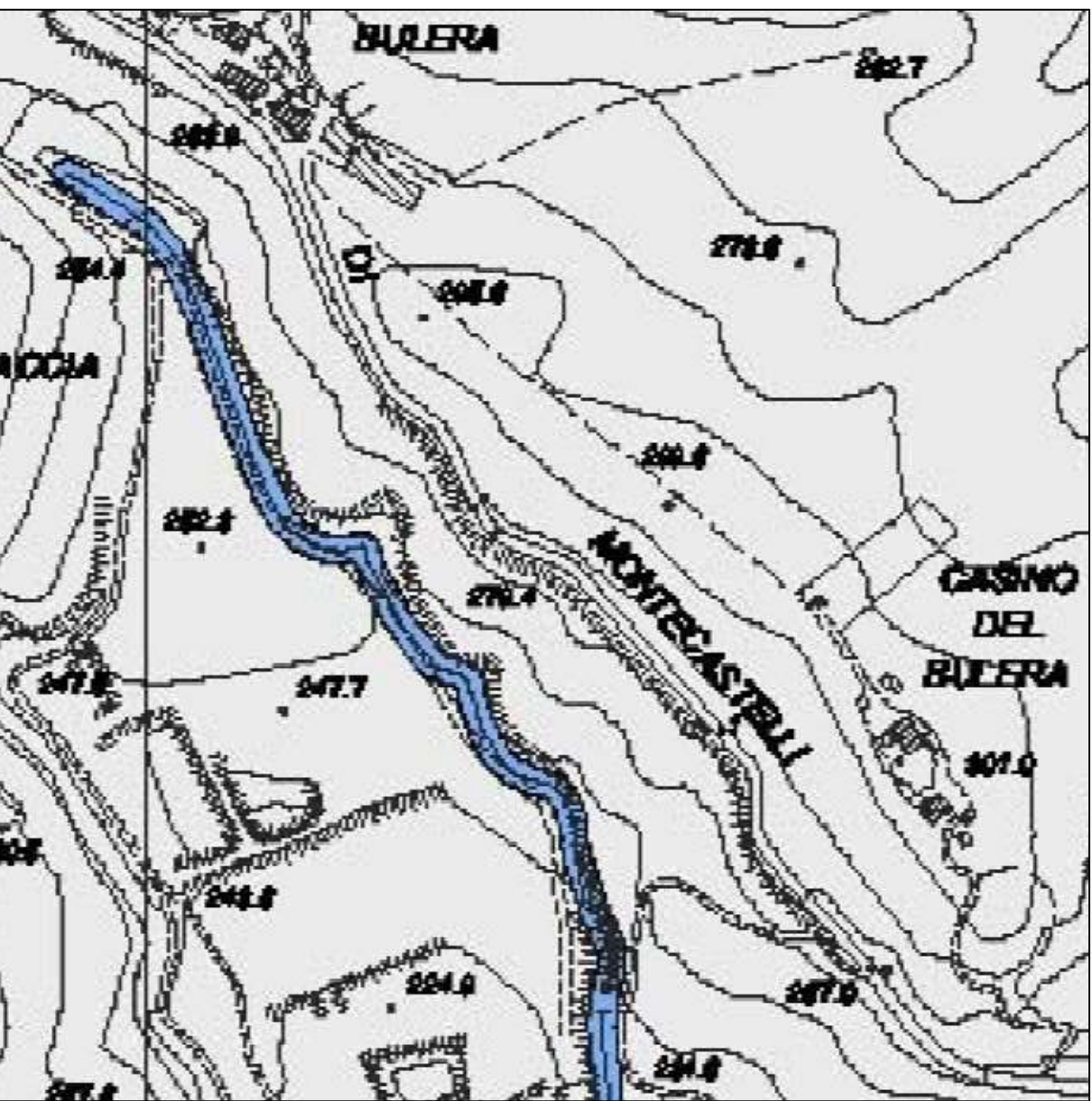
Carta della pericolosità geologica (da PS comunale) - scala 1:5.000



LEGENDA



Carta della pericolosità idraulica (da RU comunale) - scala 1:5.000



LEGENDA

CLASSI DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA

CLASSI DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA

CLASSI DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA

CLASSI DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA

CLASSI DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA

CLASSI DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA

CLASSI DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA

CLASSI DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA

CLASSI DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA

CLASSI DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA

CLASSI DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA

CLASSI DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA

CLASSI DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA

COMMITTENTE

PROVINCIA DI PISA
SETTORE VIABILITA', TRASPORTI E PROTEZIONE CIVILE
Via Pietro Nenni, 30 - 56124 - Pisa

PROGETTO

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELLA STRADA
PROVINCIALE 27, NEL TRATTO TRA IL KM 0+650 E IL KM
1+100, IN PROSSIMITA' DI FATTORIA BULERA, NEL
COMUNE DI POMARANZE (PI)

TITOLO ELABORATO

TAVOLA B - SEZIONI MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

Scala

1:400

CONSULENTE INCARICATO

DOTT. GEOL. FRANCESCO AGNELLI
Via Pietro Nenni, loc. Civettolo n. 65 - 53049 Torrita di Siena (SI)
tel. 3478247486/0577687734 - francesco.agnelli@alice.it - P.IVA 01199830520

DATA

20 agosto 2018

PROFESSIONISTA

Dott. Geol. Francesco Agnelli

LEGENDA

UNITA' GEOLOGICHE

DEPOSITI OLOCENICI

- Forme e depositi
- a1 Frana con movimento e stato di attivita' indeterminati
 - h5 Terreni di riparo, bonifica per coltura

DEPOSITI MARINI PLEISTOCENICI

- PLIs Depositi alluvionali attuali
- FAA Depositi alluvionali recenti terrazzati e non terrazzati

Altri simboli

- Contatto geologico
- Traccia della superficie piezometrica ipotetica

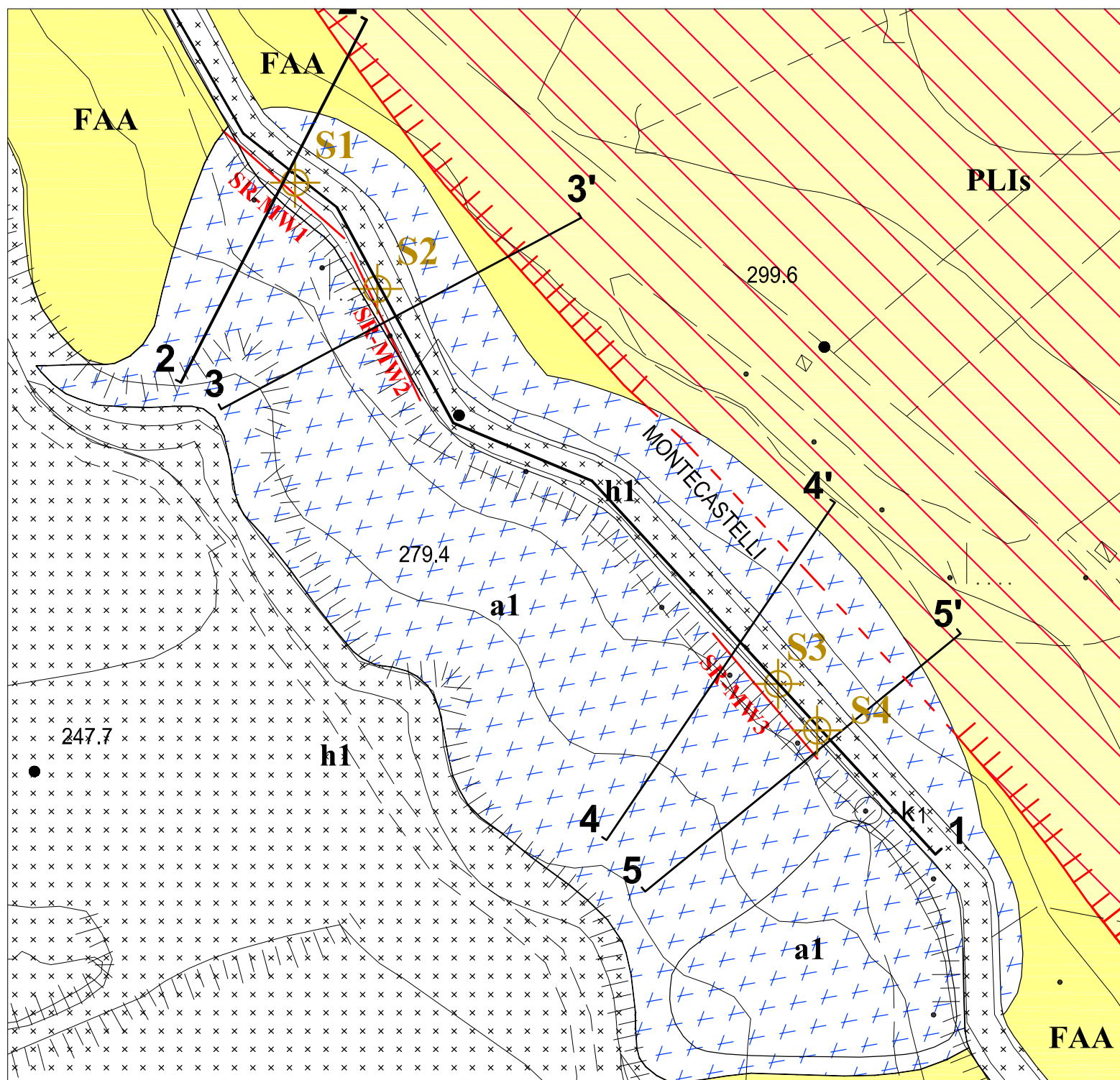
Simboli indagini

- MW-SRL Traccia indagine sismica a rifrazione in onde P con prova MASW associata

- Verticale di sondaggio geognostico con indicazione delle prove SPT e dei campioni prelevati alle diverse quote

Carta geologica di dettaglio con tracce delle sezioni e indagini attuali

scala 1:2.000



LEGENDA GEOLOGIA

DEPOSITI OLOCENICI

Forme e depositi

- a1 Frana con movimento e stato di attivita' indeterminati
- h5 Discariche per inert e rifiuti solidi urbani

Depositi Marini Pleistocenici

- PLIs Sabbie e arenarie gialle (Zanconato - Piacentini)
- FAA Argille e argille silice grigio-azzurre localmente fossilifere (Zanconato - Piacentini)

Altri simboli

- Contatto geologico
- Faglia diretta presunta
- Faglia generica presunta

LEGENDA SIMBOLI

Indagini geognostiche

- S1 Sondaggio a carotaggio continuo (campagna 2018)

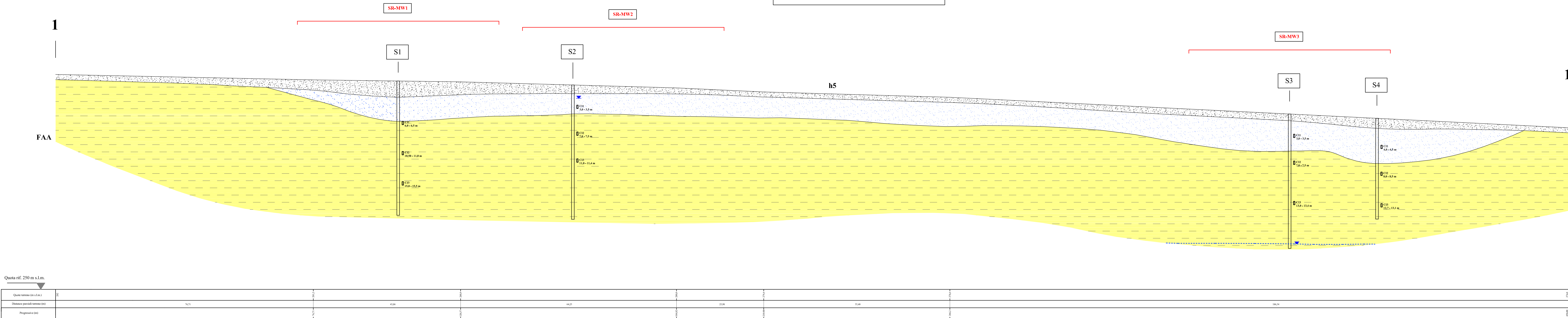
Indagini sismiche

- SR-MW1 Traccia profilo sismico a rifrazione in onde P con prova MASW associata (L = 60 m)

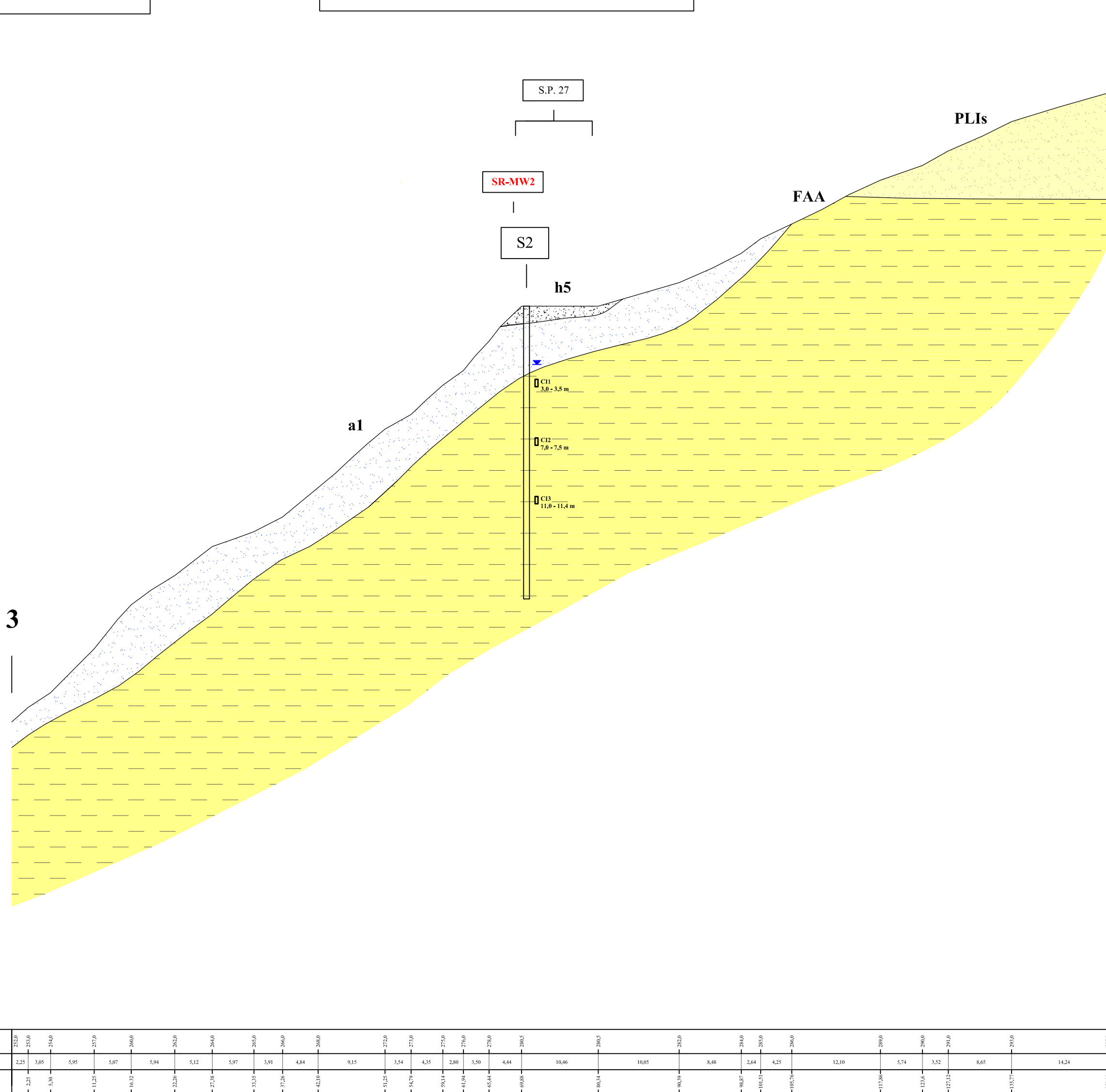
Altri simboli

- Traccia sezione geologica

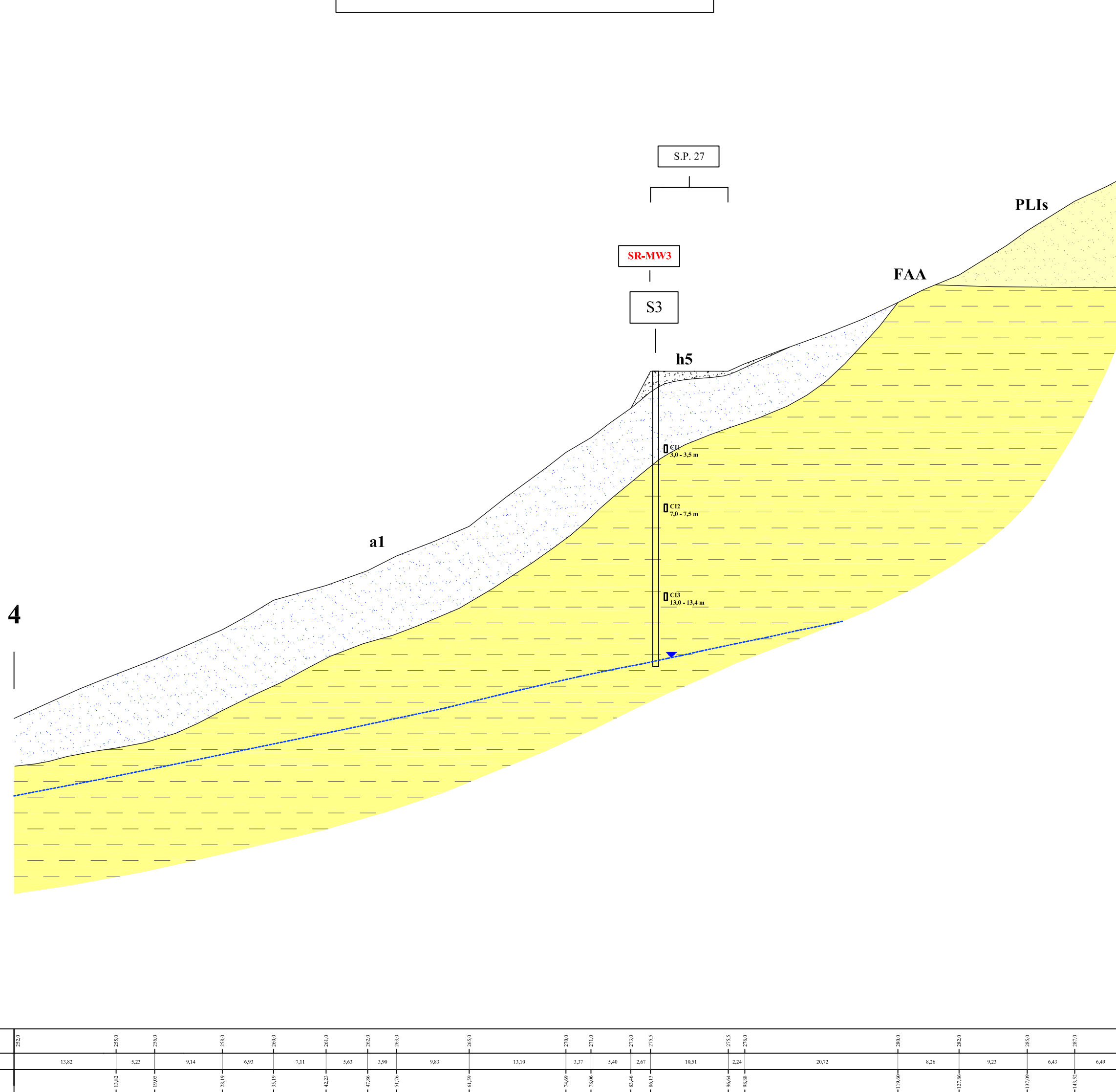
SEZIONE GEOLOGICA 1-1'



SEZIONE GEOLOGICA 3-3'



SEZIONE GEOLOGICA 4-4'



SEZIONE GEOLOGICA 5-5'

