



## **PROVINCIA DI PISA**

### **SETTORE VIABILITA' TRASPORTI E PROTEZIONE CIVILE**

---



---

**Relazione geologica di supporto al progetto di messa in sicurezza  
della S.P. 32, al km 2+200, nel comune di Montecatini Val di Cecina (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](mailto:francesco.agnelli@alice.it) – [francesco.agnelli@epap.sicurezzapostale.it](mailto: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 AL KM 2+400 - SEZIONE 1-1' E SEZIONE 3-3'

MODELLO GEOLOGICO AL KM 2+200 - SEZIONE 2-2' E SEZIONE 3-3'

## 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 Montecatini Val di Cecina

### 9.3 Aspetti di microzonazione sismica

### 9.4 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. 32. Gli interventi riguardano la tratta dissestata per processi gravitativi di versante al km 2+200 (circa), con estensione degli studi tra il km 2+200 e il km 2+400. In particolare è presente una frana al km 2+200, la quale tende ad evolvere verso la sommità del versante e tale da interessare buona parte della sede stradale, con ampie fessurazioni beanti che nonostante la periodica copertura con bitume, tendono a riformarsi rapidamente con ampiezza significativa. L'area di intervento si trova in vicinanza della località Fontemigliari, nel comune di Montecatini Val di Cecina (PI), a nord dello stesso capoluogo.

Gli interventi consistono nella realizzazione di opere di contenimento del rilevato stradale e ripristino dello stesso rilevato nelle tratte interessate da fessurazione e rottura conclamata della pavimentazione esistente (vedi allegata Tavola A).

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 stesse 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 1:5.000 e 1:2.000.

## **2. Inquadramento geografico e morfologico**

L'area di studio fa parte del territorio comunale di Montecatini Val di Cecina (PI). Tale comune si colloca tra i territori di Volterra e Pomarance (ad est), di Laiatico (a nord), di Riparbella, Montescudaio, Guardistallo, Casale Marittimo e Bibbona (ad ovest), Monteverdi Marittimo (a sud).

In particolare la tratta stradale oggetto di messa in sicurezza si colloca nella porzione nord-occidentale del territorio comunale, a nord dell'abitato di Montecatini.

Il territorio comunale di Montecatini Val di Cecina ha una estensione pari a circa 155 km<sup>2</sup> e comprende al suo interno una parte del settore occidentale della Val di Cecina. Il territorio varia tra diffuse zone collinari e porzioni di aree vallive afferenti al Fiume Cecina.

Le altimetrie presenti nell'areale di studio variano tra valori massimi di circa 430 m (in corrispondenza della fascia collinare di sud-ovest, localmente fino a 600 m s.l.m.m.) e valori di circa 150 m s.l.m. (nelle aree poste ad oriente del sito di intervento, in prossimità del Botro della Bacchettona). Il sito di studio risulta collocato nella porzione centrale del territorio comunale. In particolare il tracciato della pista pedonale si sviluppa tra le quote di 224 e 228 m s.l.m..

L'uso del suolo nella zona di intervento è riconducibile a territorio rurale con terreni adibiti a seminativi semplici non irrigui. Talora sono presenti lembi boschivi a latifoglie e zone arbustive.

## **3. Inquadramento geologico**

### **3.1 Inquadramento geologico generale**

Dall'analisi della cartografia CARG aggiornata, redatta in scala 1:10.000, relativamente alle sezioni n. 285130 e 285140, foglio n. 285 "Volterra" (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 interesse 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 generici. 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.

##### **- Depositi di versante (aa)**

Si tratta di accumuli lungo i versanti di frammenti litoidi, eterometrici, angolosi, talora stratificati con matrice sabbiosa o sabbioso-limosa prevalentemente al piede dei versanti dove affiorano le formazioni litoidi.

##### **- 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, talora con blocchi decimetrici. 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 clasto-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 DEL PLEISTOCENE MEDIO-SUPERIORE**

##### **- Depositi alluvionali terrazzati (bnb)**

Ghiaie, sabbie e limi dei terrazzi fluviali. In loco si presentano prevalentemente sabbioso-limosi talora con rari orizzonti più grossolani ghiaioso-sabbiosi. La matrice si presenta di colorazione bruno-giallastra talora bruna. Si presentano con buono stato di addensamento e si sviluppano su spessori variabili da qualche metro ad oltre la decina di metri.

## **DEPOSITI MARINI PLIOCENICI**

### **- 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.

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

***(Zancleano-Piacenziano)***

## **DEPOSITI LACUSTRI E LAGUNARI POST-EVAPORITICI MESSINIANI**

### **- Membro dell'unità "MES" – Conglomerati poligenici (MESb)**

Si tratta di lenti di conglomerati generalmente a struttura casto-sostenuta.

***(Turoliano sup.)***

### **- Argille e argille marnoso-sabbiose con livelli e lenti di gessi (EMO)**

Si tratta di depositi argilloso-sabbiosi, con all'interno livelli marnosi e talora ciottolosi. Sono presenti frequenti sottili livelli gessarentici. All'interno dei sedimenti sono presenti resti di gasteropodi limnici, ostracodi, serpulidi, resti di pesci, foraminiferi bentonici, nonché resti di vegetali carbonizzati e concrezioni algali del Messiniano superiore. Lo spessore della formazione raggiunge il centinaio di metri.

***(Messiniano sup.)***

### **- Membro dell'unità "EMO" – Lenti di gesso (EMOg)**

Si tratta di lenti di gesso con spessore metrico, individuabili all'interno del complesso dell'unità EMO.

***(Messiniano sup.)***

## **DEPOSITI MARINI PRE-EVAPORITICI MESSINIANI**

### **- Calcari e calciruditi (*ROS<sub>b</sub>*)**

Calcari biocostruiti a coralli e alghe rosse, associati a calciruditi e conglomerati indicativi di un ambiente marino di scogliera. La formazione originaria è costituita da tre membri, di cui in successione dal basso verso l'alto, ROS<sub>b</sub> rappresenta quello intermedio.

In affioramento presenta spessori di pochi metri.

***(Messiniano inf.)***

## **DEPOSITI LACUSTRI DEL TURONIANO INFERIORE**

### **- Argille con intercalazioni di arenarie e conglomerati (*FOS*)**

Si tratta di Argille e argilliti con intercalazioni di livelli cementati calcarei e arenacei. Presenta in loco spessore di alcuni metri.

***(Turoniano inf.)***

### **- Membro della formazione SLE - Marne sabbioso-siltose (*SLE<sub>m</sub>*)**

***(Tortoniano sup. – Messiniano inf.)***

## **DOMINIO LIGURE INTERNO**

### **Unità di Monte Gottero**

#### **- Argille a Palombini (*APA*)**

E' costituita da calcilutiti silicee grigio-ferro (i palombini) e dalle alternanze di strati e banchi di argilliti laminitiche grigio-marrone molto scure. Sono presenti anche strati di calcilutiti marnose grigio-scure e strati di calcareniti arenacee e di quarzareniti e siltiti gradate.

L'ambiente di sedimentazione è di piana abissale.

Presentano spessori di qualche decina di metri.

***(Cretacico sup )***

#### **- Basalti con strutture pillow-lava (*BRG*)**

***(Giurassico sup.)***



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

### **3.2 Modello geologico del sottosuolo**

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.

La modellazione è stata effettuata oltre che lungo il versante, anche per le due tratte indagate tramite i sondaggi geognostici.

L'assetto geologico-stratigrafico del sottosuolo ricostruito per la frana al km 2+400 della SP n. 32, relativamente al sito di monte (facete riferimento al sondaggio S1) è il seguente:

#### **MODELLO GEOLOGICO AL KM 2+400 - SEZIONE 1-1' E SEZIONE 3-3'**

#### **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 6,0 a 20,0 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 frana al km 2+200 della SP n. 32, relativamente al sito di valle attualmente interessato da rottura della sede stradale su entrambe le carreggiate (facete riferimento al sondaggio S2) è il seguente:

## **MODELLO GEOLOGICO AL KM 2+200 - SEZIONE 2-2' E SEZIONE 3-3**

## **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 11,1 m circa 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 considerato comprende sia la frana più superficiale attiva attualmente che eventuali zone di debolezza più profonde legate a potenziali frane quiescenti più grandi e più antiche, con ipotetico sviluppo fino a circa 11 m da p.c..

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 11,1 a 25,0 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.

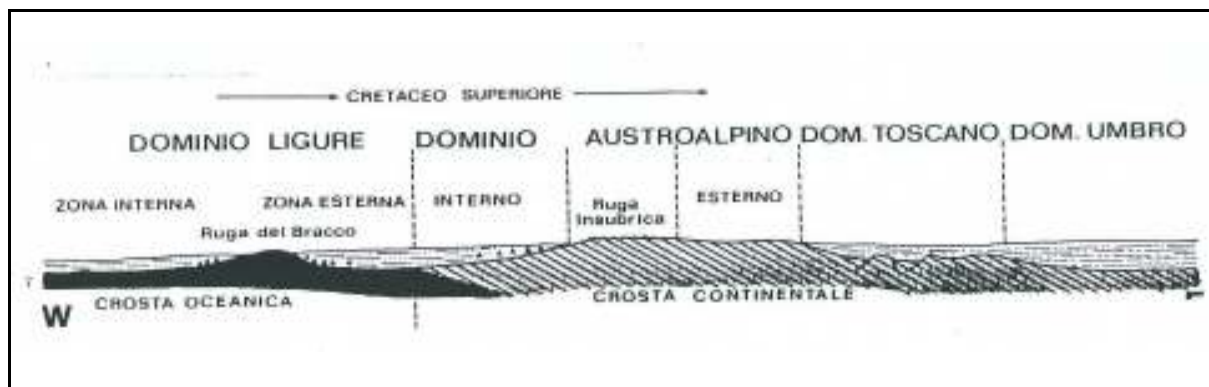
Talora si possono incontrare, all'interno della formazione, rari livelli confinati limoso-sabbioso-argillosi sedi di acquiferi locali confinati e poco produttivi.

**(Zancleano-Piacenziano)**

Il contesto geologico dell'areale di studio è caratterizzato dalla presenza di depositi marini pliocenici e del Messiniano. 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 sono legati 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. 5).

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.

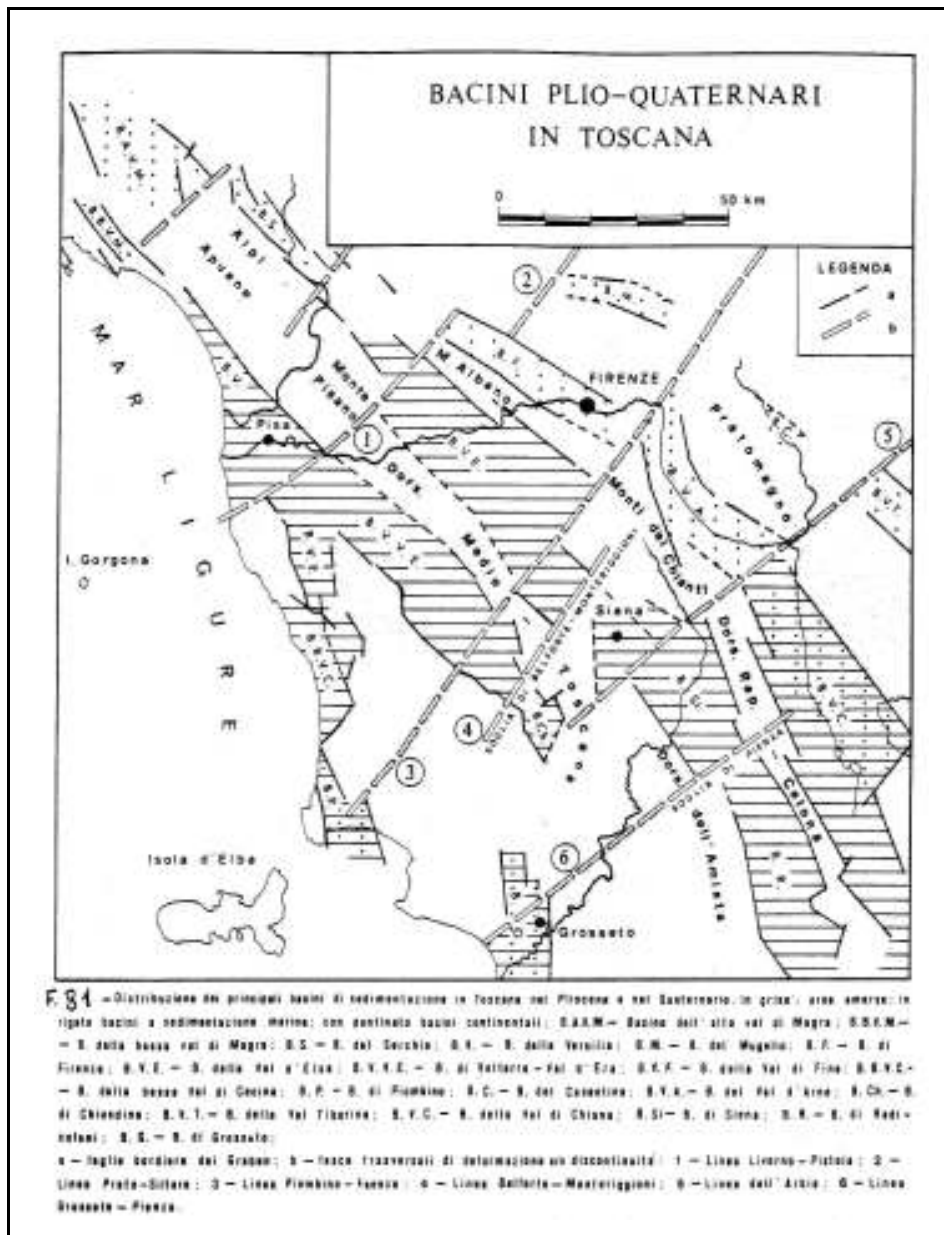


Fig. 2: Bacini deposizionali neogenici e quaternari della Toscana.

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.

Le unità del Messiniano si sono sviluppate a cavallo della fase di chiusura e prosciugamento del Mar Mediterraneo (verificatasi per chiusura dello stretto di Gibilterra) e la quale ha portato alla formazione di livelli evaporatici intermedi tra le unità dei depositi pre e post evaporatici.

I depositi di origine marina affioranti nel comprensorio di studio 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).

#### **4. Aspetti geomorfologici**

Relativamente agli aspetti geomorfologici, la tratta oggetto di fenomeni franosi ed oggetto di studio risulta intersecare più corpi franosi quiescenti, riconducibili a cinematismi prevalentemente di scivolamento (superficie circa circolare), i quali localmente si sono riattivati portando alla rottura del rilevato stradale (vedi fig. 3).

In particolare la tratta stradale oggetto di messa in sicurezza si sviluppa su una porzione disposta a gomito in prossimità della loc. Fontemigliari, andando perciò ad intercettare un movimento franoso attivo sia nel tratto di valle che di monte (vedi carta geomorfologica in Tavola A).

Più a valle e a NE del sito di interesse si ipotizza la presenza di corpi di frana con cinematismo complesso e coltri detritiche di versante (potenzialmente antichi coltri di frana stabilizzate).

A monte della coltre detritica è tracciabile un orlo di scarpata di erosione quiescente presente all’interno di un’area boschiva. Più a valle invece, all’interno delle superfici coltivate si

osservano zone soggette ad erosione superficiale.

Nel tratto stradale soggetto a franosità diffusa è presente talora una scarpata stradale (antropica) di altezza poco significativa (1-2 m circa).

L'inclinazione del versante in corrispondenza del sito di intervento non risulta elevata ed è pari a circa 14-15° (25-27% circa pendenze). Più a valle, invece, l'inclinazione tende a divenire molto più bassa aggirandosi intorno a 7-8° (12-13% di pendenza).



**Fig. 3:** Rottura del manto stradale fino ad interessare tutta la sede stradale, per effetto della frana attiva al km 2+200. In arancione le lesioni recenti, in rosso il cerchio ipotetico attuale di distacco.

Lungo fossatelli delimitanti gli appezzamenti di terreno si riscontrano vie preferenziali di deflusso superficiale delle acque piovane con approfondimento progressivo per effetto della bassa resistenza offerta dai depositi del Messiniano e del Pliocene.

Il corpo di frana attivo in corrispondenza della tratta oggetto di intervento si sviluppa tra la quota di circa 270 m e 220 m s.l.m..

Nella Tavola A è riportato uno stralcio della cartografia IFFI relativamente all'area di studio, a comprova della esistenza delle coltri di frana e di versante già mappate in precedenza all'interno delle diverse cartografie esistenti (es. CARG).

La franosità diffusa esistente nella tratta oggetto di intervento è legata sicuramente alla presenza dei depositi marini pliocenici, in particolar modo delle argille plioceniche caratterizzate talora da forte alterazione superficiale e bassa resistenza meccanica.

Dalle risultanze delle indagini geognostiche si è potuto osservare che il corpo di frana attivo

attualmente ha probabilmente uno sviluppo superficiale al contatto tra l'orizzonte sabbioso saturo e la porzione sottostante iniziale dell'unità delle argille (circa 4,5 m da p.c.). Un secondo ed un terzo ipotetico corpo di frana hanno potenziale superficie di scorrimento collocata rispettivamente a circa -9 e -11 m da p.c..

## **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 al fine di evidenziare le condizioni litologico-tecniche di dettaglio del sito oggetto di intervento, riportandovi anche le indagini geognostiche e sismiche realizzate per il presente studio.

Le unità litologico-tecniche associate ai materiali maggiormente competenti sono:

### **Unità B**

Unità litologico-tecnica **B4**: descrivibile come materiale lapideo stratificato costituito da alternanze ordinate di livelli lapidei (L) e livelli pelitici (P), con prevalenza dei pelitici sui lapidei ( $25\% < L/P < 75\%$ ). In realtà non sempre si ha prevalenza lungo la serie dei livelli pelitici su quelli arenitici ma solo localmente all'interno della formazione. E' riconducibile alla formazione EMOC (calcari).

Per quanto concerne le coperture, queste sono classificabili sia all'interno dell'unità E (materiali granulari non cementati o poco cementati) che dell'unità F (materiali con consistenza limitata o nulla).

Unità litologico-tecnica **B5**: materiale lapideo stratificato costituito da alternanze ordinate di livelli lapidei e livelli pelitici, con percentuale di livelli pelitici  $> 75\%$  e talora discontinuità laterale e verticale dei livelli lapidei presenti nella serie stratigrafica. La parte politica risulta preponderante nella serie stratigrafica e riconducibile materiali argillosi piuttosto che argillitici. E' riconducibile alla formazione EMOG (lenti di gesso).

### **Unità C**

Unità litologico-tecnica **C2r7**: descrivibile come materiali granulari cementati costituiti da conglomerati e brecce matrice-sostenuti talora clasto-sostenuti, riconducibile alla formazione dei depositi messiniani MESb.



Per quanto concerne le coperture, queste sono classificabili sia all'interno dell'unità E (materiali granulari non cementati o poco cementati) che dell'unità F (materiali con consistenza limitata o nulla).

### **Unità E**

Unità litologico-tecnica E3.a3/4.t3: materiali granulari non cementati o poco cementati costituiti da sabbie, da moderatamente addensate ad addensate talora sub-cementate, con presenza di frazione interstiziale coesiva, non sufficiente ad alterare il carattere granulare globale del terreno. Comprende i depositi terrazzati di età pleistocenica dell'unità *bnb*.

### **Unità F**

Unità litologico-tecnica F1.s5/6.t1: materiali coesivi con consistenza limitata o nulla costituiti da limi, da privi di consistenza a poco consistenti, con presenza di frammenti lapidei di dimensioni maggiori. Sono compresi i depositi delle coltri di frana che si originano anche dalle unità geologiche affioranti a monte dell'areale di intervento, caratterizzate dalla presenza talora anche di pezzame lapideo.

Unità litologico-tecnica F1.s5/6: materiali coesivi con consistenza limitata o nulla costituiti da argille, da prive di consistenza a poco consistenti. Sono compresi i depositi delle coltri di frana che si originano dai depositi marini argillosi pliocenici e da depositi terrazzati pleistocenici.

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

## **6. Aspetti idrogeologici e di vulnerabilità degli acquiferi**

Dallo studio delle caratteristiche medie di permeabilità delle unità geologiche cartografate in scala 1:5.000 per l'area di studio, è stata prodotta la carta idrogeologica di dettaglio per il sito di intervento (vedi tavola di quadro conoscitivo).

L'analisi ha evidenziato la presenza di litotipi per cui sono discriminabili classi di permeabilità variabili nell'intervallo bassa/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).

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)** rappresenta gli affioramenti dell'unità geologica dei depositi messiniani (EMOg) costituita da materiali limoso-argillosi con talora lenti di gesso (arricchite in materiale limoso-sabbioso) a spezzare la continuità dei materiali poco permeabili delle frazioni limoso-argillose. 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 terrazzati pleistocenici dell'unità bnb e l'unità geologica EMOc (calcari). A tale unità è associabile una permeabilità dell'ordine di circa  $10^{-5} - 10^{-6}$  m/s.

All'interno dell'unità idrogeologica a **permeabilità medio-alta (MA)** sono compresi i depositi conglomeratici marini dell'unità MESb e i calcari messiniani a calciruditi dell'unità ROSb, nonché le coltri di frana e i depositi di versante. 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),
- **vulnerabilità degli acquiferi medio-bassa**, riconducibile ai corpi di frana originatisi dagli affioramenti dell'unità delle argille grigio-azzurre, nonché all'unità EMOg;
- **vulnerabilità degli acquiferi media**, riconducibile ai depositi terrazzati pleistocenici (bnb) e ai calcari del Messiniano (EMOc),
- **vulnerabilità degli acquiferi medio-elevata**, riconducibile alle coltri detritiche di versante quali coltri di frana e depositi del Turoliano-messiniano (unità MESb e ROSb)

Dai rilievi eseguiti in loco, si osserva che a monte del sito di studio in prossimità del sondaggio S1, sussistono alcune sorgive naturali captate dai proprietari del terreno su cui insistono (vedi fig. 6), dalle quali si evince che la piezometrica risulta superficiale, collocata a circa 1 m da p.c.. La falda freatica è legata alla coltre superficiale probabilmente di natura eluvio-colluviale di natura limoso-sabbioso-argillosa. Da notizie emerse dal proprietario, la portata di attingimento risulta bassa, ma le sorgive risultano perenni anche se sfruttate in tutto il periodo annuale.

Le letture freatimetriche eseguite sui due piezometri installati all'interno dei fori di sondaggio S1 e S2 hanno restituito una profondità della piezometrica rispettivamente pari a 3,92 m e 3,39 m da p.c..



**Fig. 4:** Foto relativa ad una delle sorgive presenti in prossimità di loc. Fontemigliari, a monte Dell'area di frana.

Gli interventi di consolidamento saranno da realizzare su materiali caratterizzati in superficie da un grado di vulnerabilità variabile da medio a medio-elevato. Si fa presente che anche nella porzione di versante collocato ad ovest, in corrispondenza della linea di drenaggio naturale (reticolo idrografico) sono presenti numerosi canneti ad indicare la forte presenza di umidità e di acqua nell'area della frana.

## **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, giacaturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.*

Nella tavola di quadro conoscitivo (Tavola A) è stata riportata la cartografia di pericolosità esistente a corredo del PS comunale, in scala 1:2.000, nella quale si nota che la zona di intervento lungo la SP 32 è soggetta a pericolosità elevata molto elevata (G.4), a circoscrivere l'area di frana attiva. In adiacenza sono riportate zone a pericolosità elevata per la presenza delle coltri circostanti quiescenti.

Le stesse aree a pericolosità elevata e molto elevata corrispondono alla perimetrazione effettuata su cartografia di PAI dell'AdB Toscana Nord riportata sul medesimo stralcio cartografico di PS comunale materializzato nella tavola allegata di Quadro Conoscitivo.

Infatti 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 bassa o irrilevante. Ciò è confermato dall'assenza a ridosso della tratta stradale di corsi d'acqua.

## **9. Aspetti di pericolosità sismica**

### **9.1 Pericolosità sismica di base**

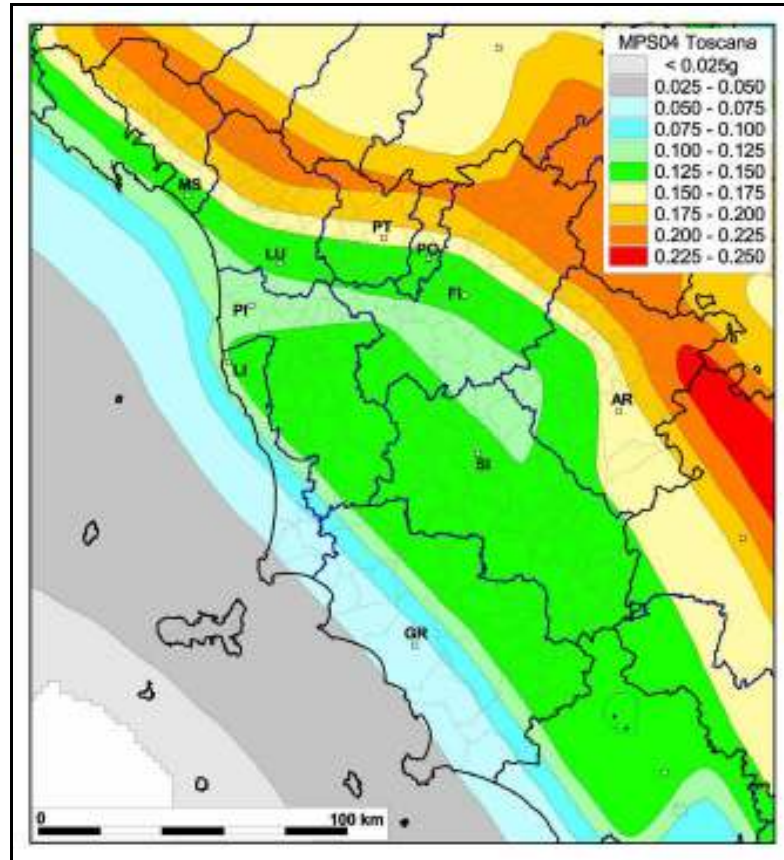
Con Deliberazione GRT n° 431 del 19 giugno 2006 la Giunta Regionale della Toscana approvava la riclassificazione sismica del territorio regionale, applicando i criteri nazionali riportati nell'O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006, di cui la Mappa di Pericolosità Sismica in figura 5 ne rappresenta l'Allegato 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 Montecatini Val di Cecina 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).

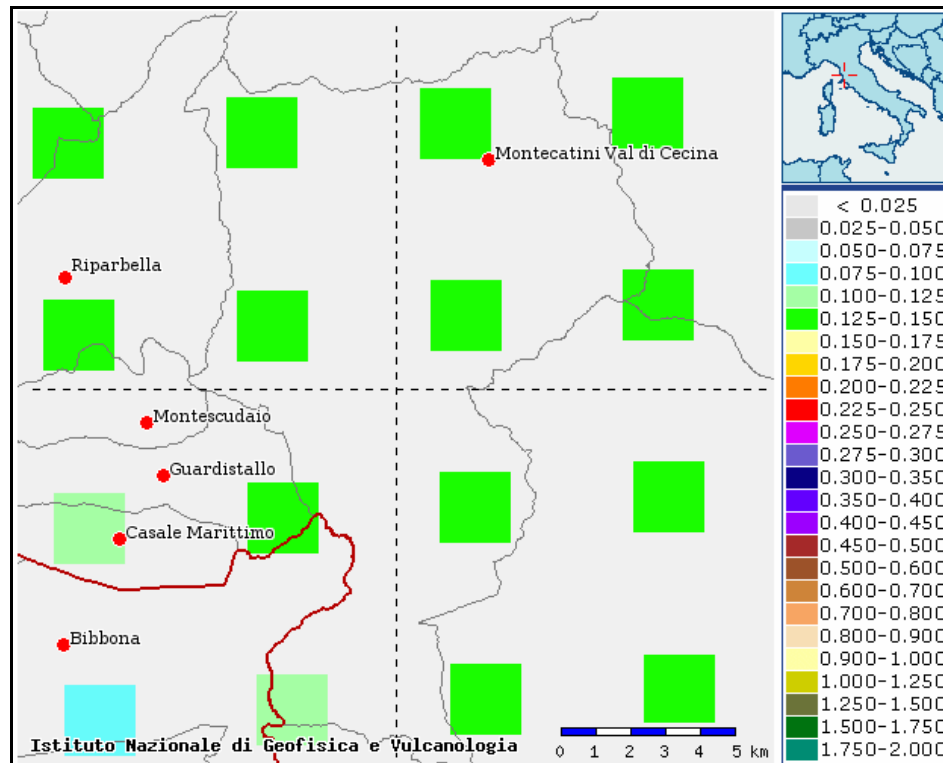
La stima della pericolosità sismica risulta basata su un approccio di tipo sito-dipendente, dove la pericolosità non è più assegnata per territorio comunale ma sui nodi di una griglia di punti a maglia quadrata presenti su tutto il territorio nazionale.

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  $T_r$ .



**Fig. 5:** 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)

In fig. 6 è mostrato un estratto della mappa dell'INGV, relativo al territorio comunale di Montecatini Val di Cecina, 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%.



**Fig.6:** Mappa di pericolosità sismica (INGV) relativa al territorio comunale di Montecatini Val di Cecina (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)

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.

Secondo la nuova classificazione, il comune di Montecatini Val di Cecina è stato riconfermato in **zona 3**.

Di seguito è mostrata l'ubicazione del comune di Montecatini Val di Cecina sulla nuova mappa di classificazione sismica dei comuni toscani (vedi fig. 7).



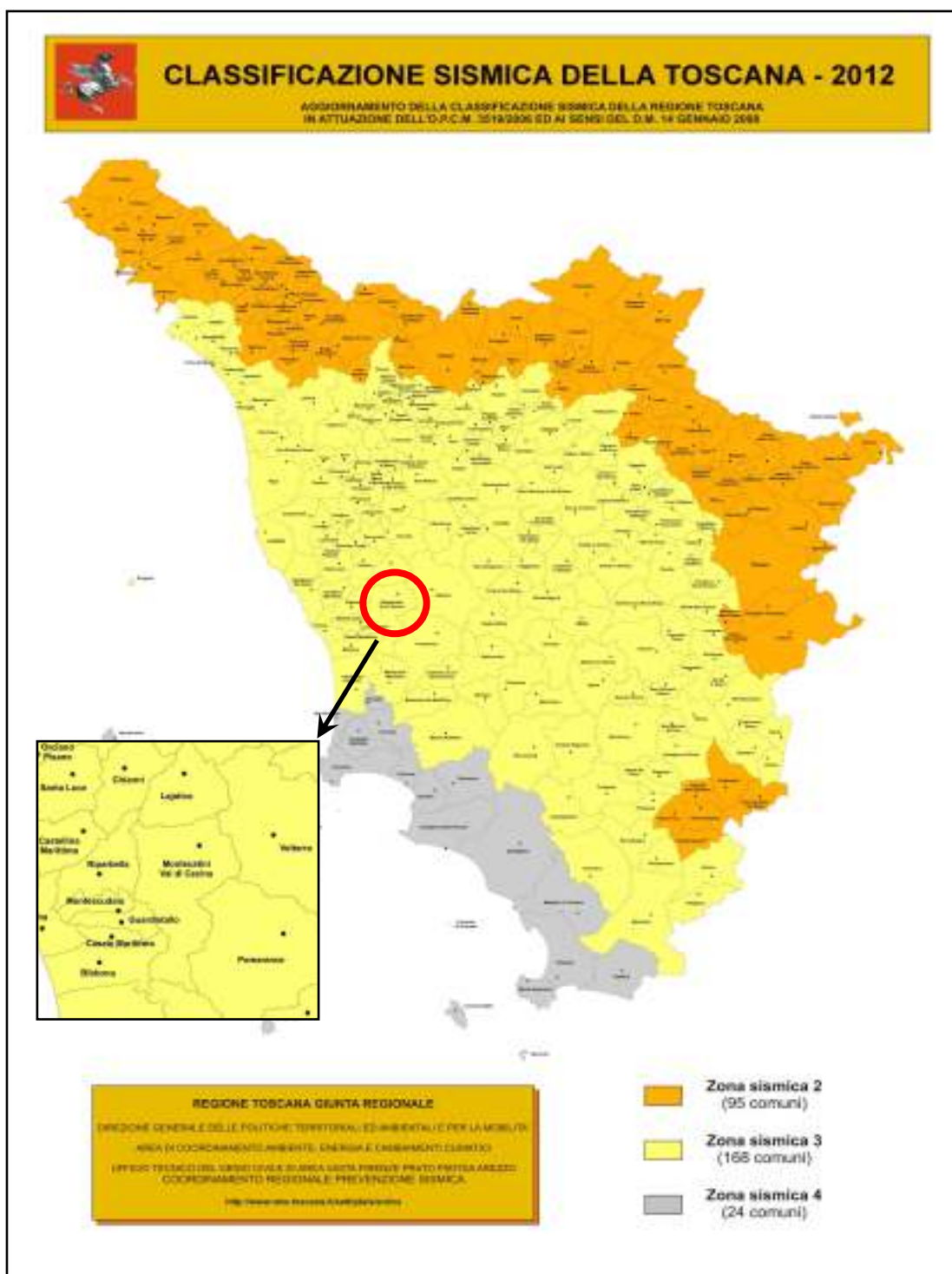


Fig. 7: Mappa di pericolosità sismica della Regione Toscana

I parametri sismici sito-specifici relativi al sito della frana lungo la SP 32, al km 2+200, sono:

**Sito in esame.**

latitudine: 43,407082  
longitudine: 10,75662  
Classe: 2  
Vita nominale: 50

**Siti di riferimento**

Sito 1	ID: 21605	Lat: 43,4024	Lon: 10,7372	Distanza: 1652,142
Sito 2	ID: 21606	Lat: 43,4040	Lon: 10,8060	Distanza: 4006,415
Sito 3	ID: 21384	Lat: 43,4540	Lon: 10,8039	Distanza: 6459,376
Sito 4	ID: 21383	Lat: 43,4524	Lon: 10,7350	Distanza: 5326,686

**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: 0,046 g  
Fo: 2,464  
Tc\*: 0,230 [s]

**Danno (SLD):**

Probabilità di superamento: 63 %  
Tr: 50 [anni]  
ag: 0,058 g  
Fo: 2,492  
Tc\*: 0,244 [s]

**Salvaguardia della vita (SLV):**

Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 475 [anni]  
ag: 0,140 g  
Fo: 2,485  
Tc\*: 0,273 [s]

**Prevenzione dal collasso (SLC):**

Probabilità di superamento: 5 %  
Tr: 975 [anni]  
ag: 0,175 g  
Fo: 2,519  
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: 0,808  
Beta: 0,200

### SLD:

Ss: 1,500  
Cc: 1,670  
St: 1,200  
Kh: 0,021  
Kv: 0,010  
Amax: 1,024  
Beta: 0,200

### SLV:

Ss: 1,490  
Cc: 1,610  
St: 1,200  
Kh: 0,060  
Kv: 0,030  
Amax: 2,458  
Beta: 0,240

### SLC:

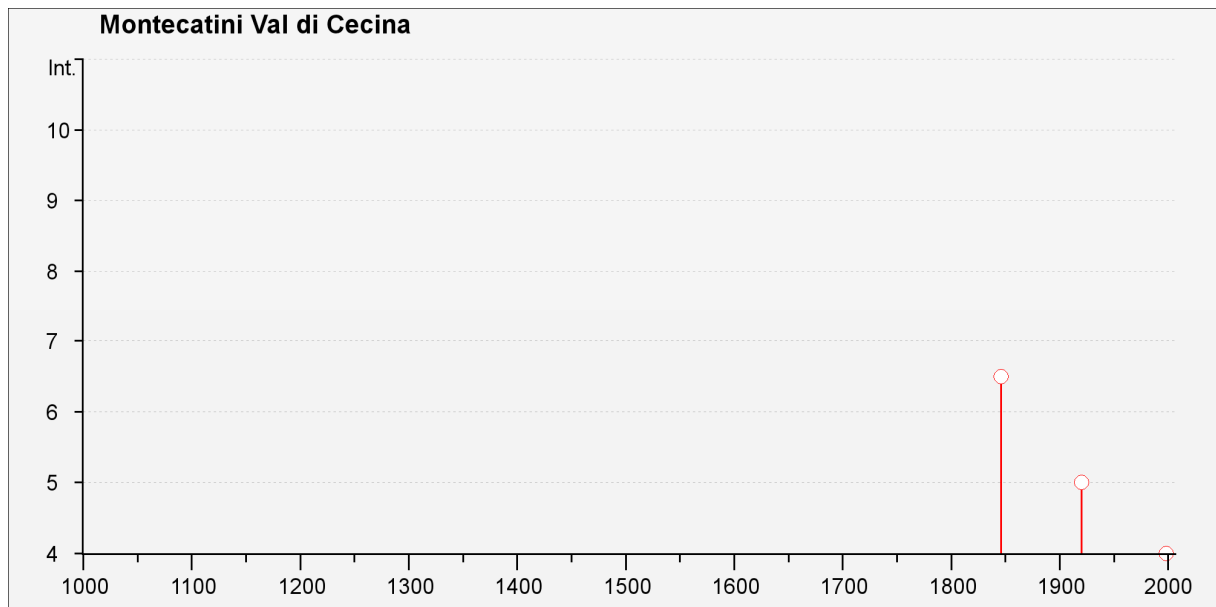
Ss: 1,440  
Cc: 1,600  
St: 1,200  
Kh: 0,073  
Kv: 0,036  
Amax: 2,968  
Beta: 0,240

## 9.2 Sismicità storica del comune di Montecatini Val di Cecina

Di seguito si riporta la lista dei terremoti storici censiti dall'INGV per l'area di Montecatini Val di Cecina (fig.8 e fig. 9).

Storia sismica di Montecatini Val di Cecina [43.392, 10.750]						
Numero di eventi: 5						
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	
3	1895 05 18 19:55	Fiorentino	401	8	5.43 ±0.08	
5	1920 09 07 05:55	Garfagnana	756	10	6.48 ±0.09	
NF	1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	341	7	4.85 ±0.09	
4	1998 05 20 11:07	Colline metallifere	31	4-5	4.20 ±0.17	

**Fig.8:** Sismicità storica di Montecatini Val di Cecina (da INGV)



**Fig.9:** Grafico della sismicità storica di Montecatini Val di Cecina (da INGV, intervallo annualità 1000-2006)

### 9.3 Aspetti di microzonazione sismica

Allo stato attuale il quadro conoscitivo del territorio comunale di Montecatini Val di Cecina 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).

Le risultanze delle indagini sismiche in loco non hanno denotato contrasti di impedenza sismica tali da far ipotizzare amplificazioni significative per effetti stratigrafici. Tuttavia permangono gli aspetti morfologici del pendio considerati nella parte relativa agli aspetti geotecnici.

#### **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 risultanze delle indagini sismiche in loco non hanno denotato contrasti di impedenza sismica tali da far ipotizzare amplificazioni significative per effetti stratigrafici. Tuttavia permangono gli aspetti morfologici del pendio considerati nella parte relativa agli aspetti geotecnici. Trovandoci in corrispondenza di una frana attiva, la pericolosità di sito è da ricondurre ad 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. Le indicazioni di pericolosità precedentemente riportate 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.

Il profilo delle onde S estrapolato dalle prove MASW (MW1 e MW2) mostrano generalmente un aumento progressivo in profondità delle onde S e riconducono ad una categoria di sottosuolo **C**. Ai 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, in quanto richieste sulla scheda di deposito al genio civile per le indagini geologiche, si presume che la fattibilità dell'intervento risulti:

- **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.

## **11. Conclusioni**

Lo studio di modellazione geologica del sottosuolo ha evidenziato la presenza lungo il tracciato stradale al km 2+200 di materiali di riporto con spessori fino a 2,4 m da p.c.. Al di sotto di tali materiali e sui terreni circostanti a costuire le coltri di copertura sono presenti corpi di frana attivi e quiescenti cartografati come unità geologica a1, con spessori presunti fino a circa 10-11 m. Alla base delle coltri franose di versante sono presenti le argille siltose grigio-azzurre dell'unità geologica FAA, le quali si presentano già a partire da circa 15 m da p.c. sovra consolidate (destramente dure). Le coltri di frana hanno origine generalmente dai materiali limoso-argillosi dei depositi marini pliocenici.

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 (circa 3 sistemi) 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 ad arretrare la nicchia di distacco verso monte.

Il sistema di frane ipotizzato coinvolge una massa di terreno compresa mediamente entro i primi 11 m da p.c.. Al di sotto di tale profondità mediamente si trovano materiali con consistenza molto elevata, ipoteticamente non interessati da deformazioni per esistenza di superfici di scorrimento, ma bensì caratterizzati da elevata compattezza risultando già a circa 15 m estremamente consistenti o duri.

L'analisi idrogeologica ha evidenziato che i materiali presenti in loco presentano grado di permeabilità variabile da medio-elevato 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 sovraconsolidati. La misura della superficie piezometrica all'interno dei due piezometri S1 e S2 hanno restituito valori rispettivamente della profondità di -3,39 m e -3,92 m da p.c..

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

La modellazione sismica del sottosuolo ha evidenziato in entrambi i siti di misurazione che la categoria a cui riferirsi per la determinazione dell'azione sismica di progetto è la categoria **C**. Ai 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 32, NEL TRATTO TRA IL KM 2+200 E IL KM**  
**2+400, IN PROSSIMITA' DI POD. FONTEMIGLIARI, NEL**  
**COMUNE DI MONTECATINI VAL DI CECINA (PI)**

## TITOLO ELABORATO

**TAVOLA A - ASPETTI DI QUADRO CONOSCITIVO**

## CONSULENTE INCARICATO

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

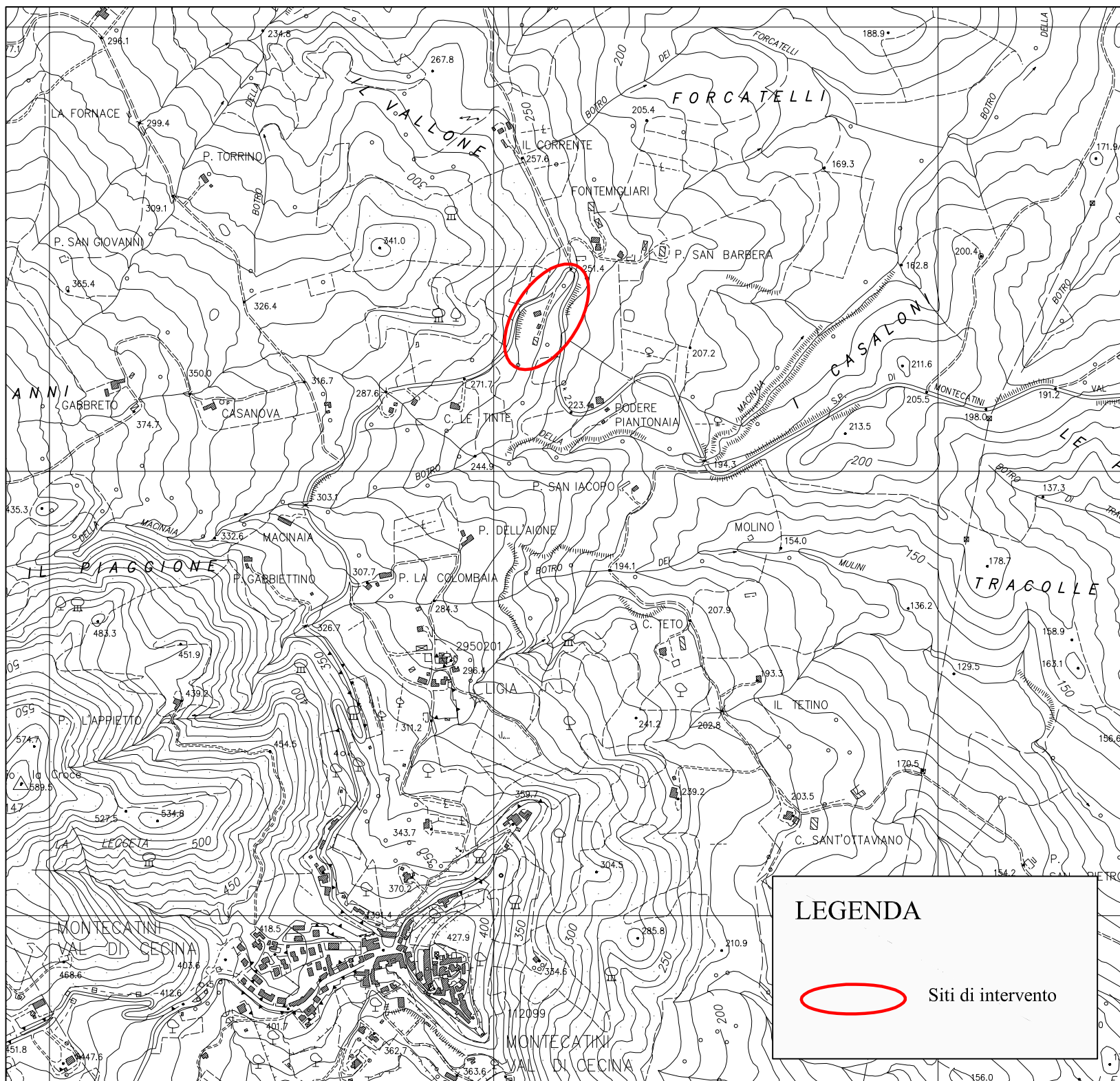
## DATA

**20 agosto 2018**

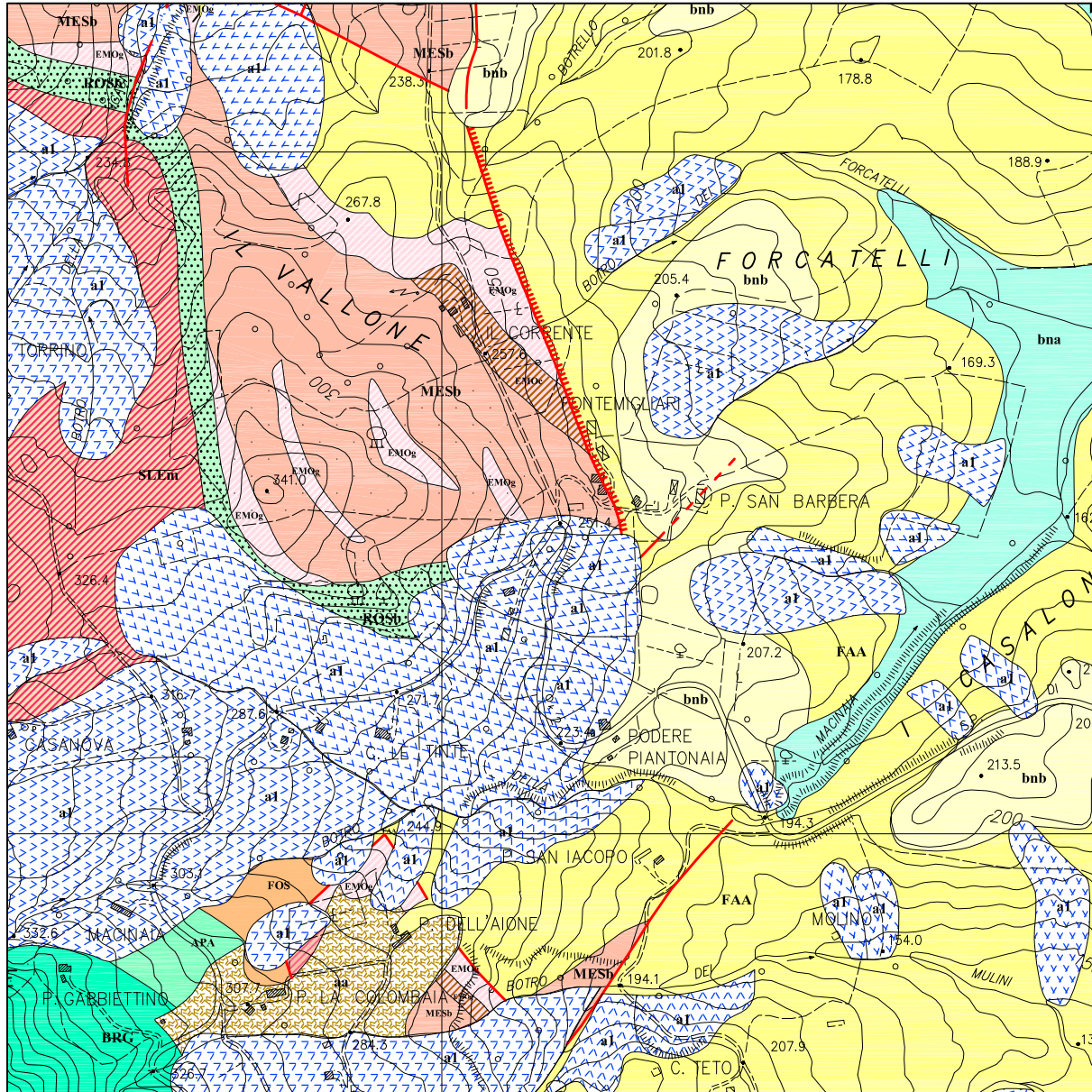
## PROFESSIONISTA

**Dott. Geol. Francesco Agnelli**

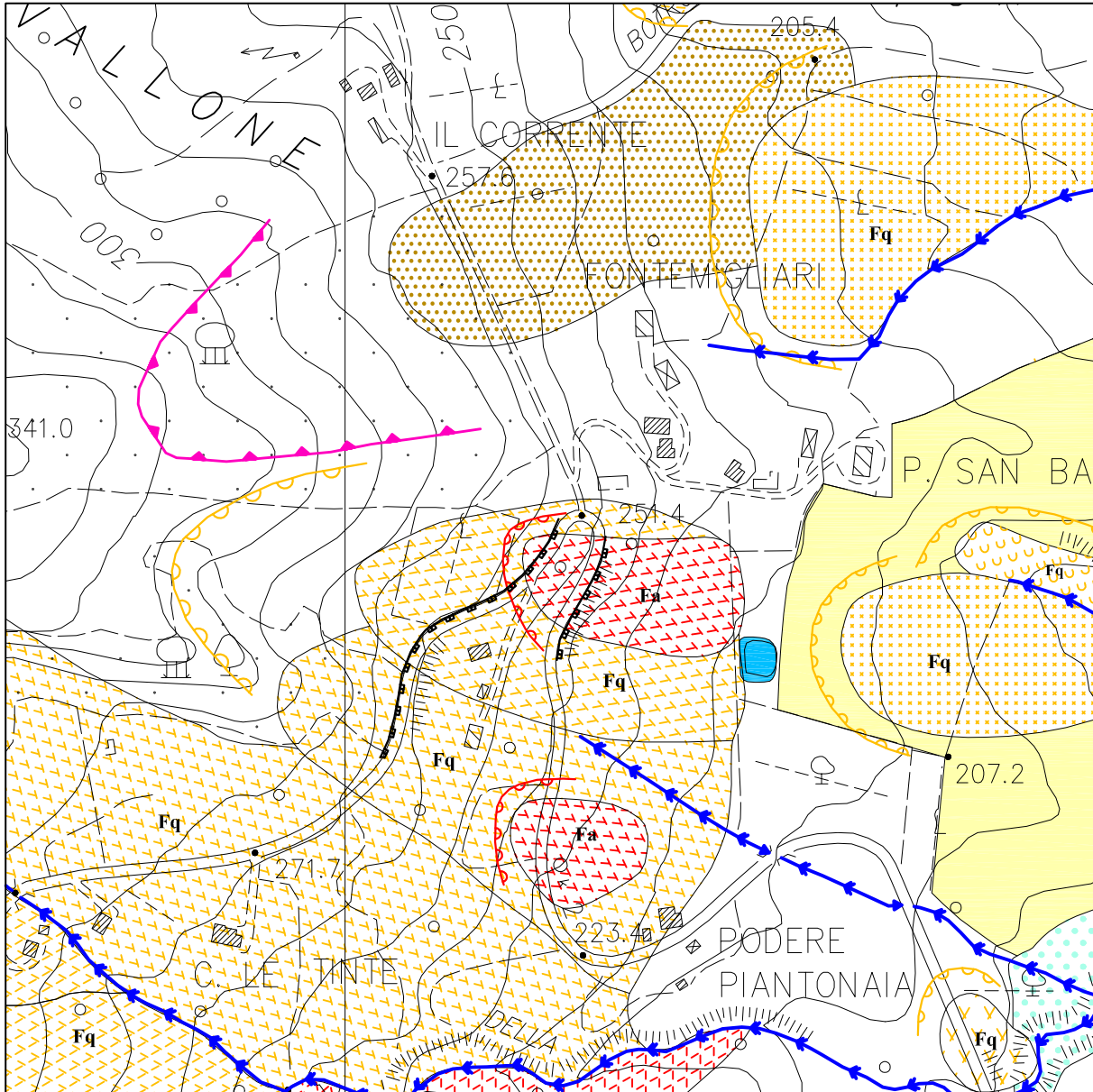
Ubicazione interventi su CRT - scala 1:25.000



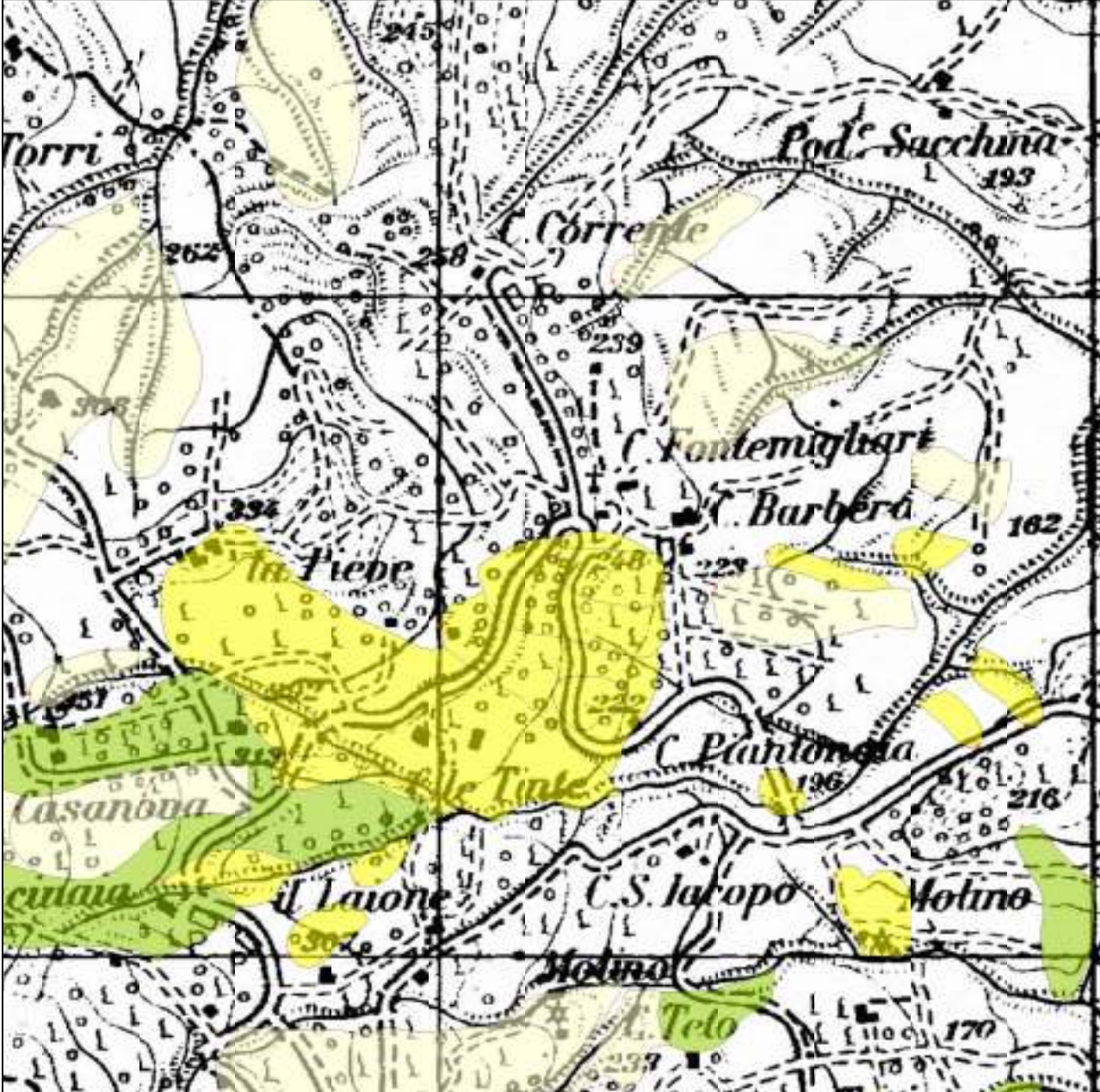
Carta geologica generale - scala 1:10.000



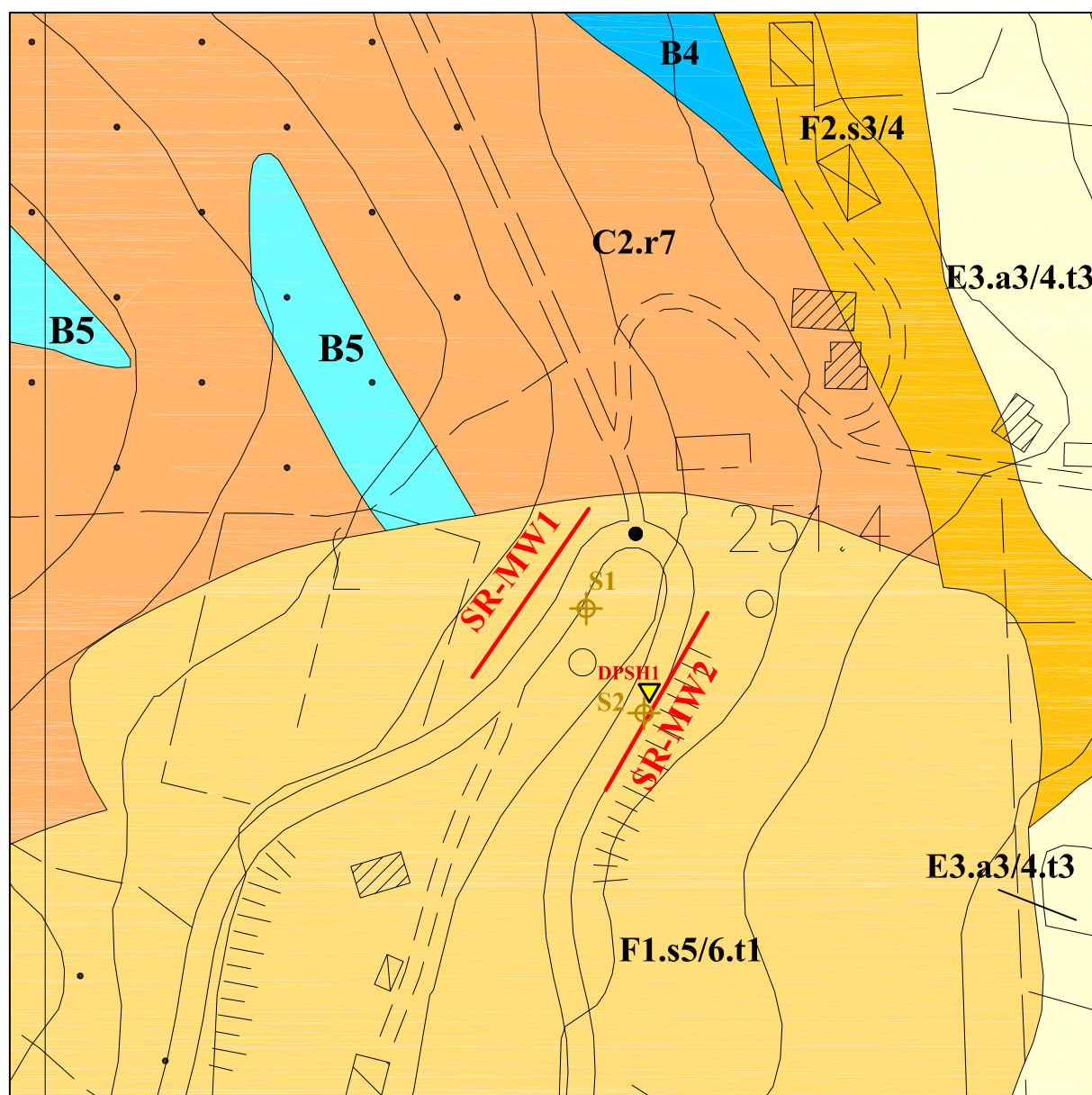
Carta geomorfologica - scala 1:5.000



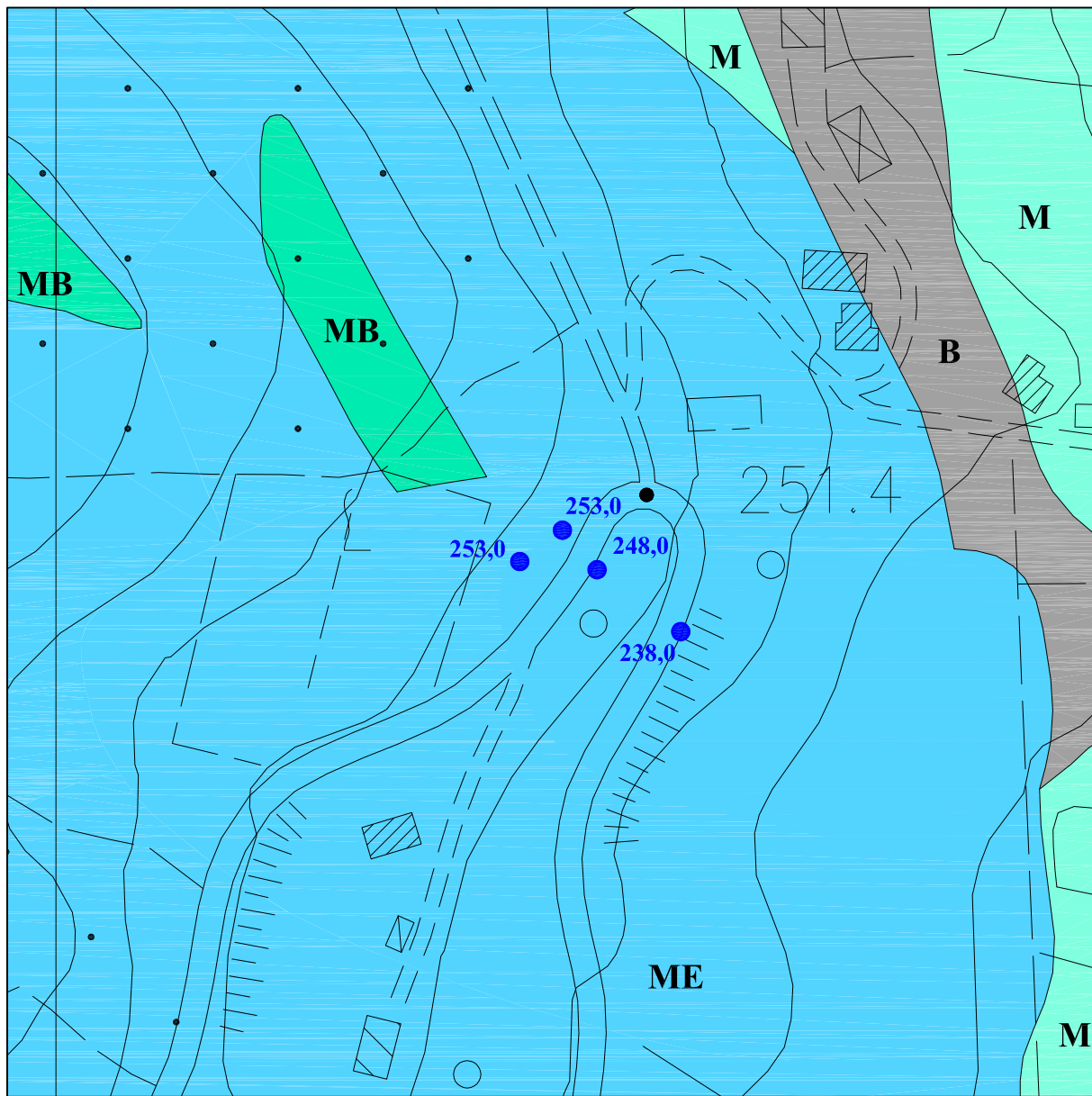
Carta della franosità (da Progetto IFFI) - scala 1:10.000



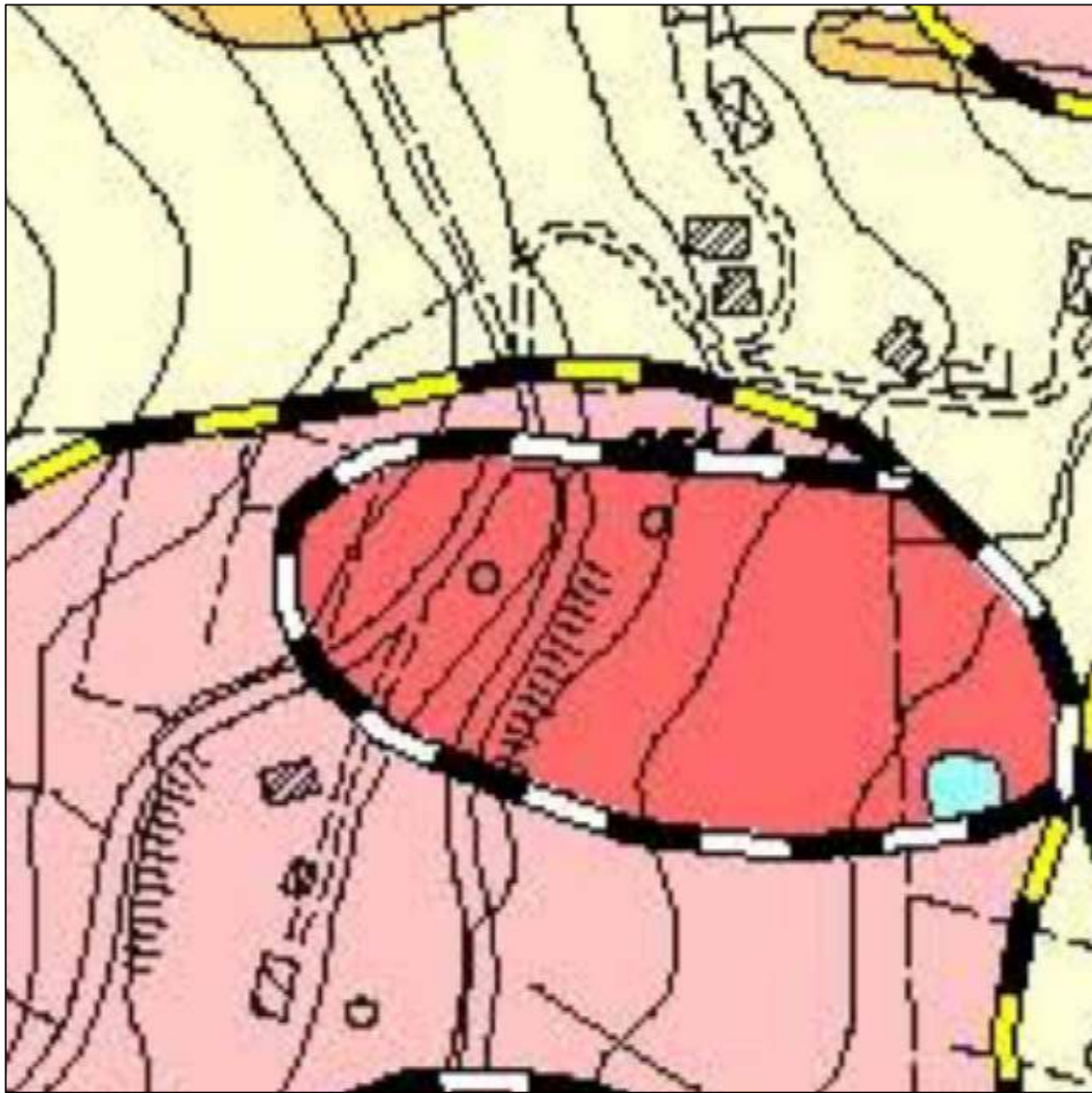
Carta litologico-tecnica e dei dati di base - scala 1:2.000



Carta idrogeologica - scala 1:2.000



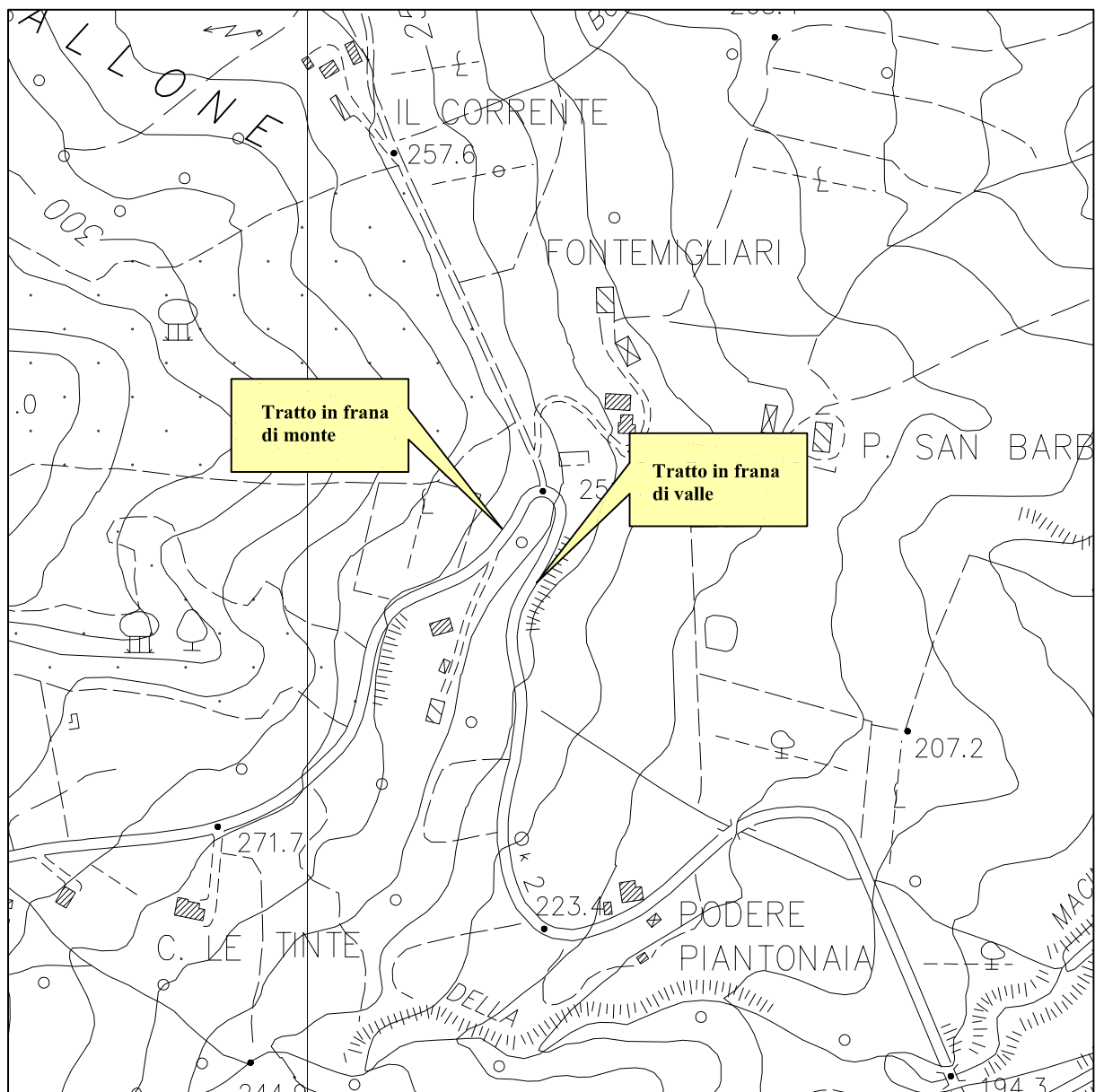
Carta della pericolosità geologica da PS comunale e di frana da PAI  
scala 1:2.000



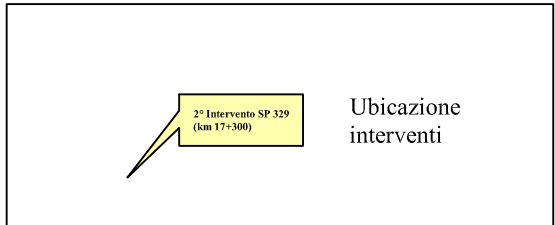
Carta della pericolosità idraulica da PS comunale e da PAI  
scala 1:2.000



Ubicazione interventi su CTR - scala 1:5.000



## LEGENDA



### Unità litologico-tecnica B

- B4
- B5

Materiale lapideo stratificato costituito da alternanze ordinate di livelli lapidei e livelli pellici, con spessore variabile tra i livelli lapidei e i livelli pellici (25 % - 75 %).

### Unità litologico-tecnica C

- C2.r7

Materiale granulari cementati costituiti prevalentemente da conglomerati e breccie matricio-sostanti

### Unità litologico-tecnica E

- E3.a3/4.i3

Materiale granulari non cementati o poco cementati costituiti da sabbie, da sciolte a poco addensate, con presenza di frazione interstiziale coesa, ma non sufficiente ad alterare il carattere granulare globale del terreno

### Unità litologico-tecnica F

- F1.s5/6.t1
- F2.s3/4

Materiale coesivi con consistenza limitata o nulla costituiti da limi, da privi di consistenza a poco consistenti, con presenza di frammenti lapidei di dimensioni maggiori

Materiale coesivi con consistenza limitata o nulla costituiti da prevalenti argille, da moderatamente consistente a consistenti

### ALTRI SIMBOLI

#### Indagini geostatiche

- S1 Sondaggio geostatico a carotaggio continuo
- CPT1 Prova penetrometrica statica

#### Indagini sismiche

- SR-MW1 Profilo sismico a rifrazione in onde P con associata MASSW (L = 60 m)

### Classi di permeabilità

- ME
- M
- MB
- B

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

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

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

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

### ALTRI SIMBOLI

- 252.0 Punti d'acqua rilevati su piezometri o su pozzi ad opere di capatazione delle falde sotterranee nell'area di studio, con indicazione della quota sul livello del mare del tetto della superficie piezometrica



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 32, AL KM 2+200, IN PROSSIMITA' DI POD.  
FONTEMIGLIARI, NEL COMUNE DI MONTECATINI VAL DI  
CECINA (PI)

TITOLO ELABORATO

TAVOLA B - SEZIONI MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

Scala

1:400

CONSULENTE INCARICATO

**DOTT. GEOL. FRANCESCO AGNELLI**  
Via Pietro Nenni, loc. Civezzolo 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 attività indeterminati  
**h5** Terreni di riporto, bonifica per colmata

DEPOSITI MARINI PLOECENICI

- FAA** Depositi alluvionali recenti terrazzati e non terrazzati

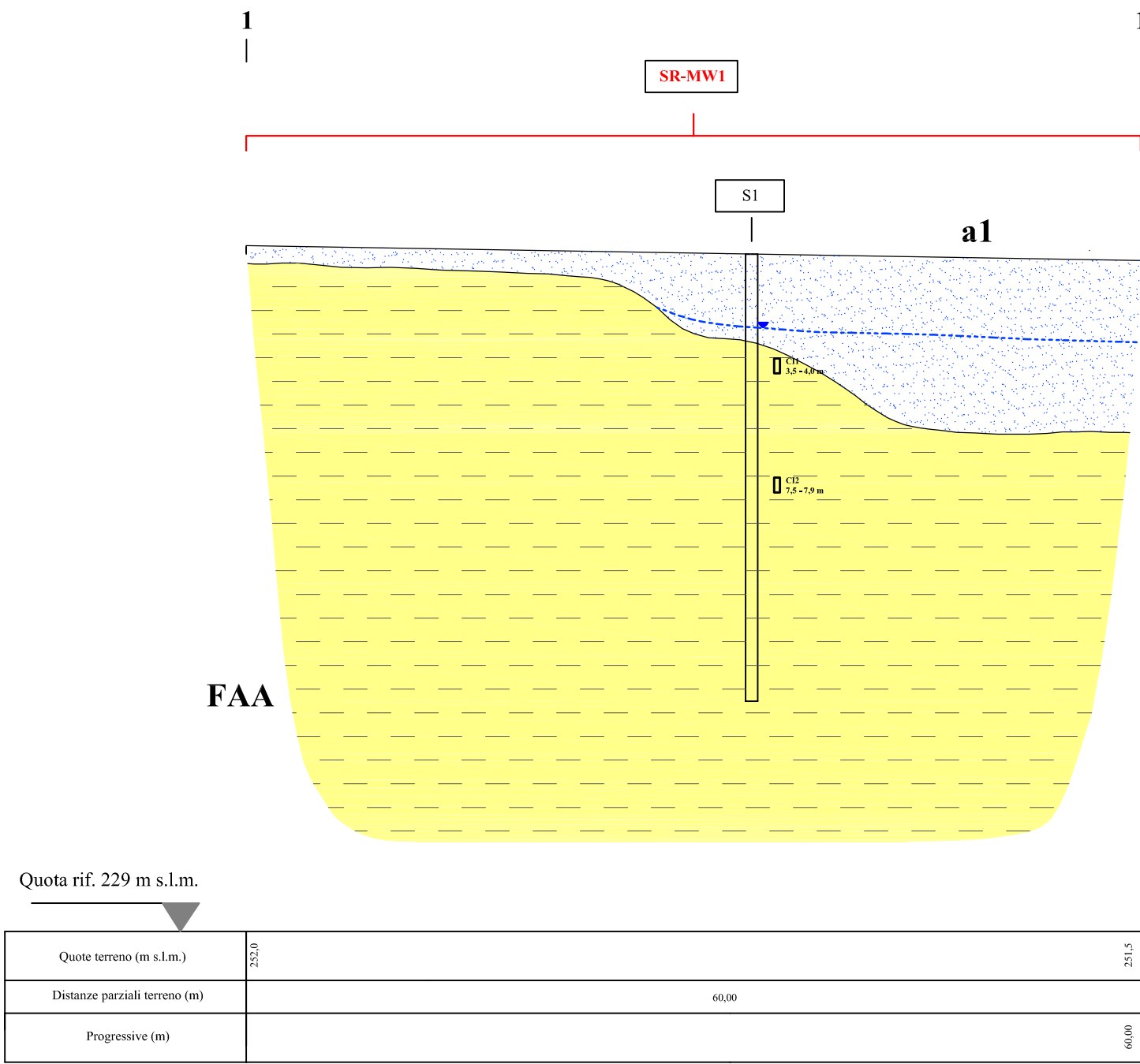
Altri simboli

- Limite tra unità geologiche certo  
- - - Limite tra unità geologiche presunto  
- - - Traccia della superficie piezometrica ipotetica

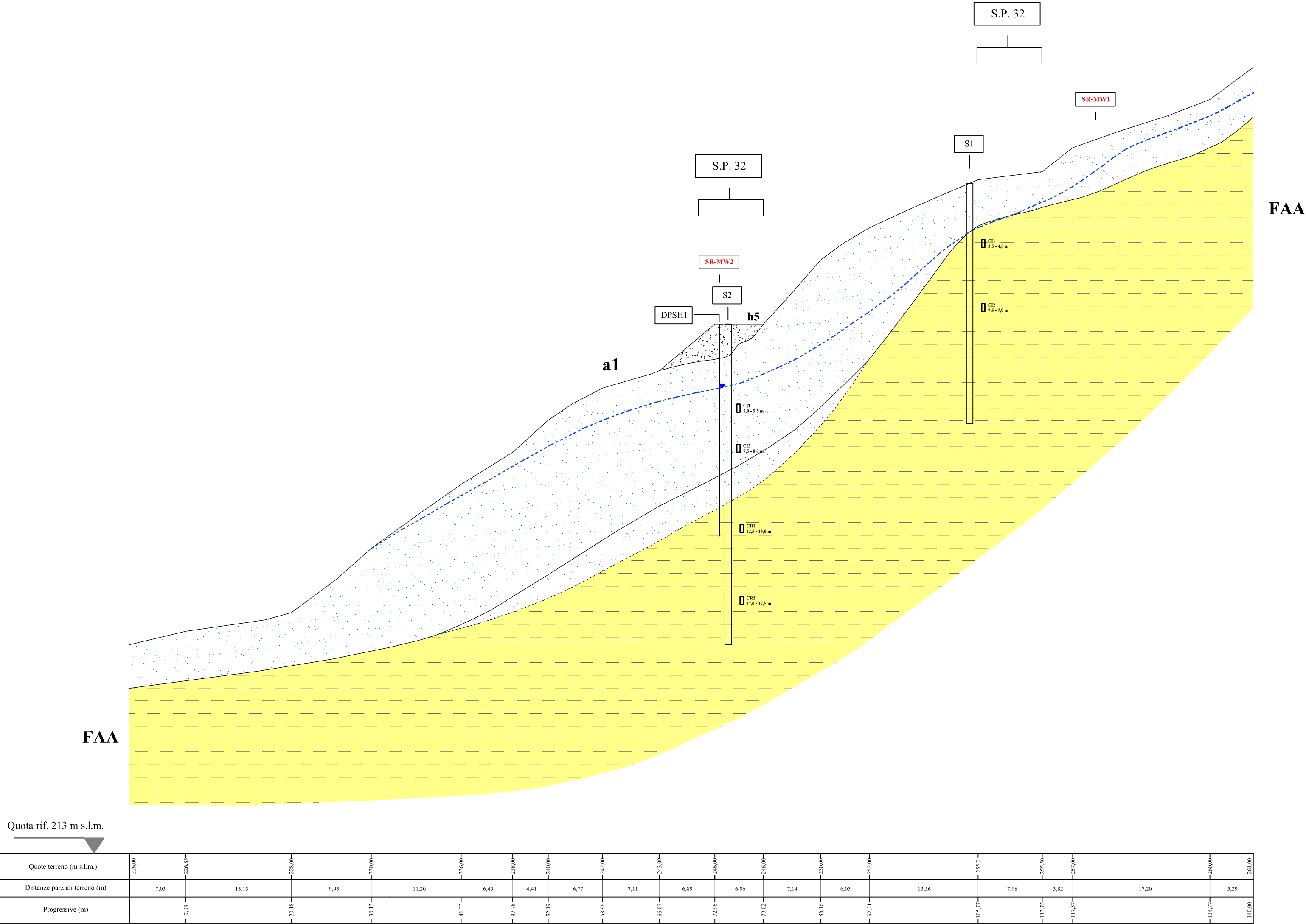
Simboli indagini

- MW-SRI** Traccia indagine sismica a rifrazione in onde P con prova MASW associata  
**DPSH** Prova penetrometrica dinamica con penetrometro superpesante (DPSH)  
**SPT** Verticalità di sondaggio geognostico con indicazione delle prove SPT e dei campioni prelevati alle diverse quote

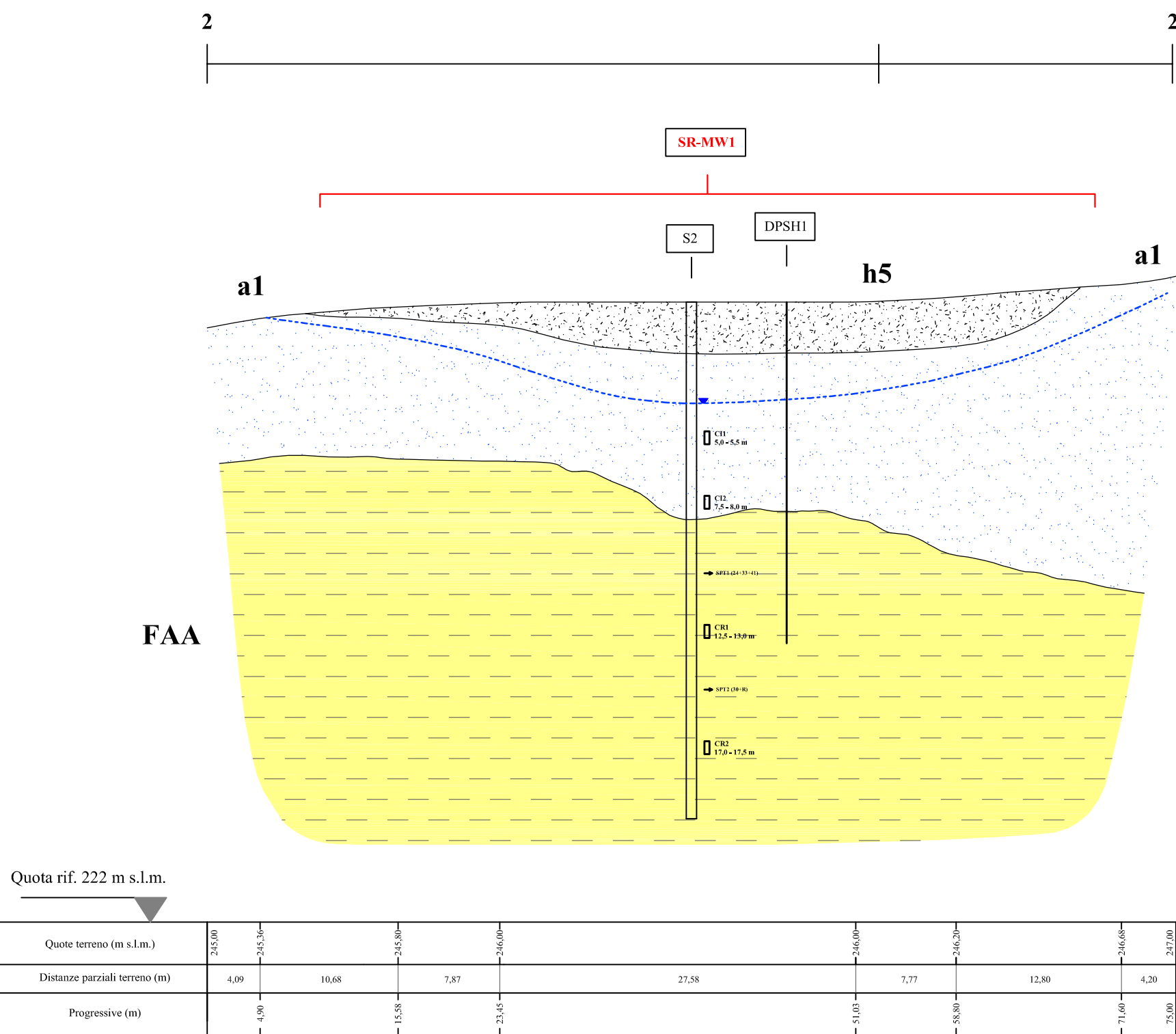
SEZIONE GEOLOGICA 1-1'



SEZIONE GEOLOGICA 3-3'

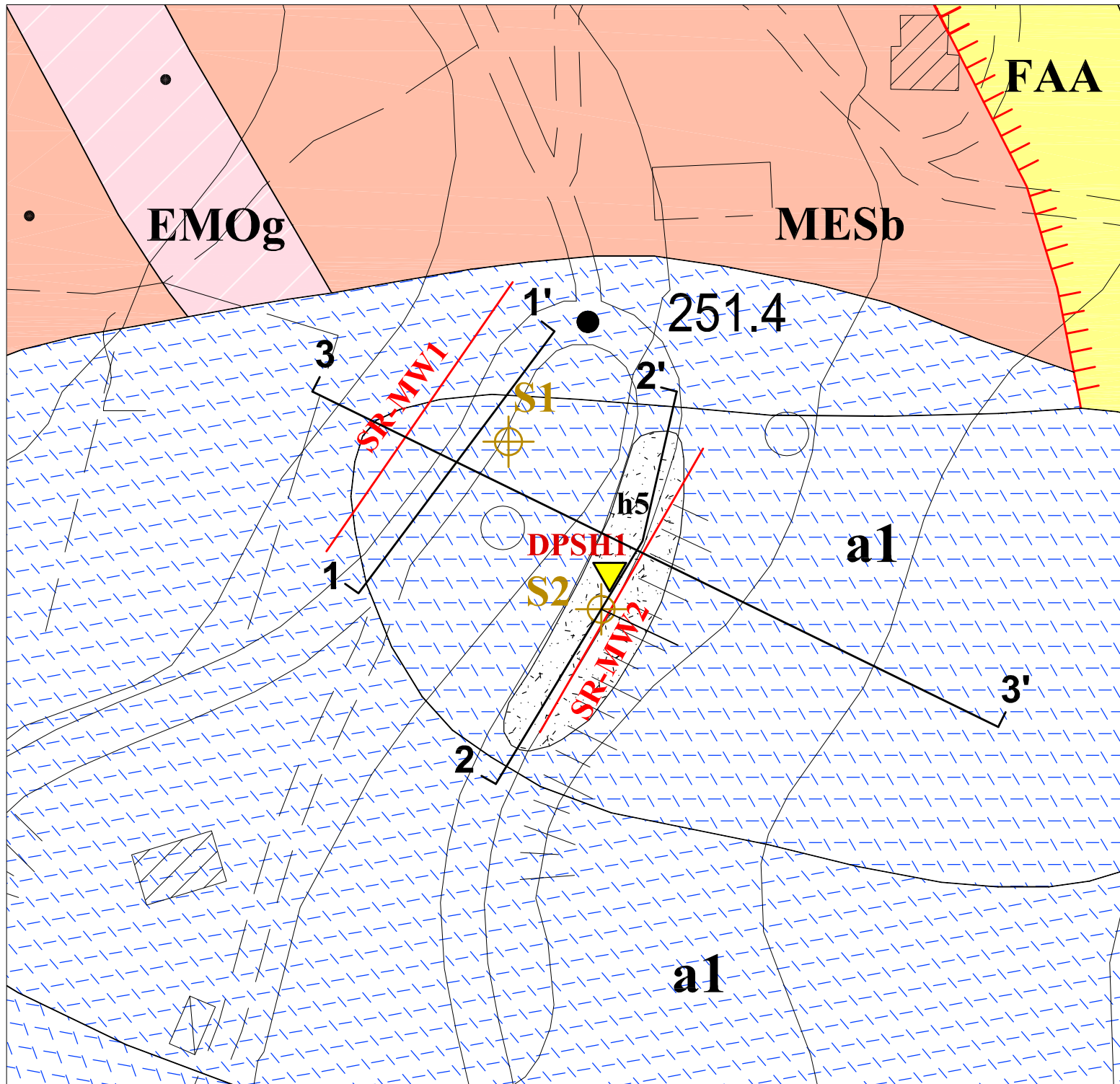


SEZIONE GEOLOGICA 2-2'



Carta geologica di dettaglio con ubicazione sezioni e indagini attuali

scala 1:1.000



LEGENDA GEOLOGIA

DEPOSITI OLOCENICI

Forme e depositi

- a1** Frana con movimento e stato di attività indeterminati  
**h5** Terreni di riporto

DEPOSITI MARINI PLOECENICI

- FAA** Argille e argille silose grigio-azzurre localmente fossilifere

DEPOSITI MARINI PRE-EVAPORITICI MESSINIANI

- MESb** Conglomerati poligenici (Turoliano sup.)  
**EMOg** Lenti di gesso (Messiniano sup.)

Altri simboli

- Contatto stratigrafico  
- - - Faglia diretta certa

LEGENDA SIMBOLI INDAGINI

Indagini geognostiche

- S1** Sondaggio a carotaggio continuo (campagna 2018)  
**DPSH** Prova penetrometrica dinamica (DPSH) (campagna 2018)

Indagini sismiche

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

Altri simboli

- 1 1' Traccia sezione geologica