



COMUNE DI TORRITA DI SIENA
(Provincia di SIENA)

PROGETTO ESECUTIVO

**Fosso Acornio tratto loc. Ciliano - Opere di mitigazione del rischio idraulico -
Realizzazione di cassa di laminazione/espansione**

CODICE CIG : B2899AE46A

IL RESP. DEL PROCEDIMENTO
Ing. Alessandro Valtriani

PROGETTAZIONE



COOPROGETTI Soc. Coop.
Sede Legale ed Operativa
Via THOMAS ALVA EDISON n.5 - 06024 Gubbio (PG)
tel +39-075.923011 - fax +39-075.9230150
www.cooprogetti.it

DIRETTORE TECNICO

Ing. Lorena Ragnacci
Ordine Ingegneri Prov.
di Perugia n. A2857

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Ing. Remo Chiarini *Dott. Francesco Faralli*
Ing. Alessandro Berni *Dott.ssa Maria Francesca Parretta*
Ing. Andrea Chiarini *Geom. Meri Migliacci*
Ing. Cosimo Convertino *Geom. Mario Sensi*
Ing. Luigi Bigazzi *Geom. Iris Silvero Pena*
Ing. Elisa Lucoli

IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE.

Dott. Ing. Remo Chiarini
Ordine Ingegneri Provincia di Arezzo
n. A532

GEOLOGIA

Geol. Franco Bulgarelli *Geol. Riccardo Ancillotti*
Ordine Geologi Toscana Ordine Geologi Toscana
n. 645 n. 1274

IMPATTO ACUSTICO E POLVERI

Ing. Marco Baglioni
Ordine Ingegneri Provincia di Firenze
n. A5360

ARCHEOLOGIA

Dott.ssa Archeologa Francesca Fabbrini
Archeologo di Fascia 1 - n. di iscrizione 9970

GEOLOGIA
STUDIO GEOLOGICO
Relazione geologica

CODICE PROGETTO		NOME FILE							EL01GEOGE01RE01_A	REVISIONE	SCALA			
FASE		LOTTO			CATEGORIA		SOTT.CAT.	PROG.	TIPO ELAB.	PROG ELAB.				
<div>24166</div>		E	CODICE ELAB.			<div>L01</div>	<div>GEO</div>		<div>GE</div>	<div>01</div>	<div>RE</div>	<div>01</div>	<div>A</div>	
0	Emissione								Nov. 2024		R. Ancillotti	F. Bulgarelli	F. Bulgarelli	
REV.	DESCRIZIONE								DATA		REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

1 - PREMESSA

Il progetto prevede la realizzazione di una cassa di laminazione lungo il T. Acornio con sbarramento in corrispondenza del tracciato stradale di Via Piè agli Orti.

Si fa presente che, in caso di evento di piena con tempi di ritorno inferiori a 30 anni, il livello dell'acqua all'interno del bacino può raggiungere, come da progetto, la quota di m. 272,9 s.l.m.

Con tale evento verranno interessate aree dove, dagli elaborati cartografici di supporto al PAI, non risulta la presenza di movimenti gravitativi in atto.

Per quanto riguarda il rischio di alluvioni dalla cartografia del "PGRA" risulta attribuita, in parte delle zone di valle lungo lo stesso alveo, le pericolosità fluviali "P1" e "P2".

Nello strumento urbanistico vigente sono state attribuite, alla zona interessata dall'intervento, le seguenti classi di pericolosità:

- geologica media;
- idraulica media/elevata/molto elevata;
- sismica locale media/non definita.

In ottemperanza alla vigente normativa è stata condotta un'indagine per determinare le caratteristiche geomorfologiche, litostratigrafiche ed idrogeologiche della zona, quelle fisico-meccaniche del terreno per i primi metri nel sottosuolo e la pericolosità sismica del sito.

2 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

A seguito di rilievo geologico eseguito durante i sopralluoghi e dai dati di supporto agli strumenti urbanistici vigenti, confrontati con i risultati delle indagini eseguite, è stata elaborata l'allegata carta geologica.

Dalla stessa si evince che nell'area dove è prevista la realizzazione dello sbarramento della cassa di laminazione affiorano dei depositi alluvionali recenti, attuali e terrazzati (bna) e, in minor misura ai margini della stessa, dei depositi eluvio-colluviali (b7a).

Più in particolare, dalle indagini eseguite è emerso che affiorano dei sedimenti relativamente recenti, consistenti in depositi di colmata fluvio-palustre del F.so Acornio, riconducibili prevalentemente a granulometrie fini e medio-fini

(quali sabbie fini, limi ed argille), resti vegetali parzialmente decomposti e depositi alluvionali dell'Olocene.

Tali depositi risultano sovrimposti al ciclo sedimentario pliocenico, rappresentato in loco dalle "argille e argille-grigi-azzurre localmente fossilifere (FAA)" le quali si individuano anche con l'indagine geofisica.

In alcuni contesti i depositi sedimentari superficiali sono da ricondurre a dei riporti ivi posizionati a seguito di opere di terrazzamento artificiale, di bonifica, di messa in opera di sottoservizi e di idraulica.

Il rapporto litostratigrafico in corrispondenza dello sbarramento e delle opere in progetto è rappresentato negli allegati profili dove è evidente l'insieme dei sedimenti di origine alluvionale, caratterizzato da un'alternanza eterogenea, sia in senso verticale che areale, di lenti a diversa granulometria, dove si ritrovano depositi di canali abbandonati o di argine artificiale.

L'andamento lenticolare dei diversi livelli è tipico dei depositi alluvionali in quanto condizionato dall'andamento dello stesso corso d'acqua il quale è variato, nel tempo, per effetto dei fenomeni di piena e per la realizzazione di strutture artificiali/antropiche.

Segue che i depositi sedimentari presentano delle marcate eteropie di facies laterali e verticali, legate sia all'ambiente di transizione tra quello di facies marina e quello di facies fluviale, sia alla successione degli interventi antropici succedutisi nel tempo nell'area in esame.

Pertanto le successioni stratigrafiche sopra menzionata e le sezioni ricostruite rivestono un carattere di massima in quanto elaborate con dati ricavati da indagini in sito puntuali e sono spesso presenti delle intercalazioni casuali di lenti o di livelli di sedimenti a diversa granulometria, entro le unità sedimentarie prevalenti.

3 - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista morfologico l'area interessata dall'intervento è stata condizionata da processi geomorfologici direttamente ed indirettamente collegati all'evoluzione complessiva del bacino idrografico locale, all'azione della gravità, al ruscellamento superficiale delle acque meteoriche lungo i versanti, al ruscellamento concentrato lungo il reticolo minore, all'erosione diffusa nonché all'azione antropica dell'uomo.

Per la definizione dei fenomeni geomorfologici presenti nei territori oggetto di intervento ed in quelli ad essi limitrofi, sono stati presi a riferimento i dati relativi ai fenomeni ed alle ulteriori forme del paesaggio ricavati attraverso l'analisi di foto aeree, gli elaborati cartografici del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) del F. Arno e la cartografia di supporto al Piano Strutturale vigente del Comune di Torrita di Siena.

I risultati dello studio hanno consentito di pervenire ad un'analisi della connessione esistente tra l'assetto morfologico dei versanti, la copertura vegetale e la regimazione dei deflussi idrici.

Tra i fenomeni naturali sono state esaminate tanto le forme, i depositi ed i processi legati all'azione della gravità quanto quelle legate all'azione delle acque correnti superficiali.

Nelle aree in cui i corsi d'acqua secondari, che incidono le valli collinari laterali, si immettono nella pianura alluvionale sottostante si possono ritrovare locali depositi di versante o di conoidi i quali contraddistinguono la porzione del territorio collinare, in cui prevale l'azione erosiva delle acque superficiali, da quella di fondovalle, caratterizzata da una morfologia pianeggiante, in cui ha luogo la deposizione dei sedimenti trasportati dalle acque correnti.

Più in particolare l'area dove è prevista la realizzazione dello sbarramento e l'espansione della cassa, in caso di eventi di piena con tempo di ritorno inferiore a 30 anni, ricade nel contesto di una valle interclusa in un ambiente collinare, incisa al centro dal F.sso Acornio.

Trattasi di una valle non particolarmente ampia, delimitata lateralmente da versanti collinari, localmente acclivi, incisa in esterno alle aree di attuale interesse da corsi d'acqua secondari che si raccordano attraverso una fitta rete di canali colatori, naturali ed artificiali, al corso d'acqua principale.

L'area dove è prevista la realizzazione dello sbarramento e l'espansione della cassa, in caso di eventi di piena con tempo di ritorno pari a 30 anni, risulta priva di fenomeni gravitativi in atto o pregressi e non si osservano criticità geomorfologiche in atto.

Si fa presente che a valle del centro storico di Torrita di Siena, dalla carta geomorfologica di supporto al piano strutturale, risulta la presenza di una frana quiescente il cui piede si trova ad una quota altimetrica di oltre 278,5 s.l.m.

Tale area non viene interessata da allagamento dovuti allo sbarramento in quanto, come già affermato, in caso di eventi di piena con tempi di ritorno inferiori a 30 anni, il livello dell'acqua all'interno del bacino raggiunge la quota di 272,9 m. s.l.m.

Di ciò si dovrà comunque tenere conto, con approfondimento delle indagini che ne verifichi l'esistenza, in caso di varianti al progetto che comportino un aumento della quota altimetrica nell'invaso e di conseguenza un suo possibile interessamento.

Andrà inoltre rivolta attenzione alla presenza di morfologie sepolte riconducibili a strutture antropiche (sottoservizi e opere idrauliche preesistenti) ed alla presenza dei paleoalvei interrati del F.sso Acornio, intercettati con i sondaggi e l'indagine geoelettrica, dove in epoca passata si impostava presumibilmente il corso d'acqua.

4 - INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

La presenza e la circolazione idrica nei depositi di origine alluvionale e fluvio-lacustre, a consistenza e grado di addensamento variabili in dipendenza del contenuto naturale d'acqua e della litologia prevalente, è subordinata alle caratteristiche granulometriche dei diversi tipi di materiali (permeabilità primaria per porosità).

Nella carta idrogeologica le formazioni affioranti sono state classificate e quindi cartografate, in relazione alle loro diverse macrocaratteristiche di porosità e permeabilità, facendo riferimento alla composizione granulometrica dei tipi litologici, ma anche al grado di addensamento e di cementazione intergranulare.

Dalle misure effettuate nei sondaggi attrezzati a piezometro eseguiti nell'area interessata dall'intervento risulta la presenza di una falda freatica superficiale i cui livelli piezometri variano, in funzione delle diverse stagioni e agli eventi di piena dello stesso F. Acornio, tra le profondità di m. 1,0 e m. 7,5 dall'attuale p.c. **con substrato costituito dalle sottostanti argille (vedi livello "L2")**.

5 - INDAGINI SVOLTE

Per determinarne la situazione litostratigrafica, idrogeologica e le caratteristiche geomeccaniche dei sedimenti per i primi metri nel sottosuolo ci si è

avvalsi dei dati acquisiti mediante n° 4 sondaggi geognostici con prove SPT in foro, n° 4 prove Lefranc, n° 10 prove penetrometriche statiche e analisi di laboratorio su n° 7 campioni indisturbati.

Si è inoltre tenuto conto di quanto rilevato con n° 1 sondaggio geognostico (S2-2014) con prove SPT in foro, n° 6 prove penetrometriche statiche e analisi di laboratorio eseguite sull'area in esame dalla Dott. Geol. Mencacci Stefania.

Per definire la pericolosità sismica del sito e la situazione sismostratigrafica in corrispondenza dello sbarramento e dello sfioratore, si è fatto riferimento all'indagine geofisica eseguita dalla "Georisorse Italia" di Sinalunga (Si).

Sono stati inoltre prelevati, tra le profondità di m. 0,3 – 1,0 dall'attuale p.c., n° 8 campioni di terreno per effettuare prove proctor.

L'ubicazione dei diversi punti d'indagine è evidenziata nell'allegata cartografia.

-3b) Prove penetrometriche statiche;

Il penetrometro utilizzato, da 20 ton. di spinta, è dotato di punta meccanica tipo Begemann.

Ad intervalli di 20 cm, all'avanzamento della colonna delle aste, vengono registrati i valori della resistenza alla punta (qc) e dell'attrito laterale locale (fs), entrambi espressi in Kg/cm².

Dai diversi valori del rapporto "qc/fs" ed "qc-fs/qc" è stata fatta una valutazione stratigrafica dei terreni attraversati rispettivamente secondo i metodi di Begemann (1965) e Schmertmann (1978).

Dagli allegati penetrogrammi risulta evidente la presenza, fino alla profondità variabile tra m. 5,5 – 8,0 dall'attuale p.c. in corrispondenza delle diverse postazioni penetrometriche, eccetto che la coltre di terreno superficiale/riporto dello spessore di 1,0/2,0 metri, di un banco di sedimenti di origine alluvionale costituito da un'alternanza di livelli, a granulometria eterogenea e ad andamento lenticolare, dove i valori medi della resistenza alla punta (qc) variano tra 8 ÷ 26 Kg/cm² e 30 ÷ 117 Kg/cm² secondo la natura del terreno e/o la presenza della falda.

Successivamente, fino alla profondità massima indagata pari a m. 10,5 metri, in presenza di sedimenti più consistenti prevalentemente argillosi con lenti di sabbie-argillose, i valori medi di "qc" variano tra 31 ÷ 111 Kg/cm².

-3b) Sondaggi geognostici;

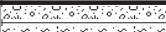
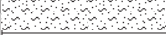

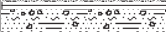
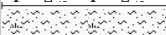

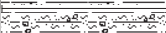

























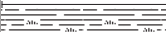

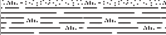

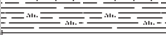



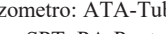
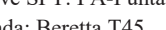

Con le perforazioni, eseguite con sistema ad aste e carotiere da 101 mm, sono state raggiunte rispettivamente le profondità di m 10 (S1), m. 30 (S2), m. 10 (S3) e m. 15 (S4).

La protezione dei fori è stata ottenuta a mezzo di tubo di rivestimento da 127 mm, infisso a rotazione.

Le carote sono state collocate in cassette catalogatrici di cui si allegano le relative fotografie.

Dall'esame delle carote sistemate nelle cassette catalogatrici sono state ricostruite le seguenti stratigrafie:

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Sonda: Beretta T45

CERTIFICATO N° 2220 del 10/09/2024 Pag 1 di 1				Verb. di accettazione n° 38/24 del 23/07/2024								
Committente: Comune di Torrita di Siena			SONDAGGIO N° S2		Data Inizio 06/08/2024 Data fine: 09/08/2024							
Cantiere: Cassa espansione			Loc. Torrita di Siena	Prof.m.: 30	Coord. X Y:							
Tipo Sonda: Beretta T45			Operatore: Mariotti Stefano		Diam. perf.mm.: 101		Tipo perf. carotaggio					
Scala (mt)	Litologia	Descrizione			Quota	S.P.T. n° colpi	Pocket Pen. Kg/cm ²	Lefranc	Campioni	Cass. Catalog.	Falda	Downhole 889 ml.
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30		Terreno vegetale			0.40	4-5-7 4.50 PA						
		Limo sabbioso nocciola			1.40							
		Limo sabbioso argilloso nocciola con ghiaia			2.30							
		Sabbia e ghiaia			2.50							
		Argilla limosa sabbiosa con ghiaia e trovaniti calcarei (da -3 a -3,10) passante a sabbia argilloso limosa con ghiaia miuta			3.30							
		Sabbia limosa nocciola con livelletti torbosi color grigio nerastro, (da -2,7 a -4,0 ml e da -4,2 a -4,3 ml)			4.30							
		Argilla sabbiosa con livelletti di ghiaia a -4,40 ml			5.00							
		Sabbia argillosa avana con ghiaia			5.80							
		Argilla grigio chiara										
												
												
												
					10.00							
		Argilla grigia con variazioni di colore dal grigio scuro al grigio chiaro/marroncino e sporadici livelletti sabbiosi (a quota -16.0; -19.7; -21.0 ml)										
												
												
												
												
												
												
												
												
												
												
												
												
												
												
												
												
												
												
												
												
												
												
												
												
												
												
												
												
												

CERTIFICATO N° 2221 del 10/09/2024 Pag 1 di 1				Verb. di accettazione n° 38/24 del 23/07/2024								
Committente: Comune di Torrita di Siena			SONDAGGIO N° S3		Data Inizio 12/08/2024 Data fine: 14/08/2024							
Cantiere: Cassa espansione			Loc. Torrita di Siena	Prof.m.: 10	Coord. X Y:							
Tipo Sonda: Beretta T45			Operatore: Mariotti Stefano		Diam. perf.mm.: 101		Tipo perf. carotaggio					
Scala (mt)	Litologia	Descrizione			Quota	S.P.T. n° colpi	Pocket Pen. Kg/cm ^q	Le franc	Campioni	Cass. Catalog.	Falda	Piezometro 40 (ml)
		Terreno vegetale e di riporto			0.60	18-21-24 3.50 PA			1.00 1.40			
1		Argilla marrone con screziature grigiastre			2.10							
2		Argilla debolmente limosa marrone scura			3.00							
3		Argilla sabbiosa marrone			4.00							
4		Argilla marrone con screziature nere e grigie con livelletti sabbiosi (a -4,4; -4,7; -4,9 ml)			5.50	15-17-19 7.50 PA			5.00 5.50	1		6.50
5		Argilla color nocciola			6.80							
7		Ghiaia in matrice sabbiosa										
8		Argilla grigia plastica passante al grigio chiaro con la profondità										
9					10.00							
10										2		
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa Sonda: Beretta T45												

CERTIFICATO N° 2222 del 10/09/2024 Pag 1 di 1				Verb. di accettazione n° 38/24 del 23/07/2024								
Committente: Comune di Torrita di Siena			SONDAGGIO N° S4		Data Inizio 02/08/2024 Data fine: 05/08/2024							
Cantiere: Cassa espansione			Loc. Torrita di Siena	Prof.m.: 15	Coord. X Y:							
Tipo Sonda: Beretta T45			Operatore: Mariotti Stefano		Diam. perf.mm.: 101		Tipo perf. carotaggio					
Scala (mt)	Litologia	Descrizione			Quota	S.P.T. n° colpi	Pocket Pen. Kg/cm ²	Le franc	Campioni	Cass. Catalog.	Falda	Piezometro 40ml
		Terreno vegetale			0.60							
1		Limo sabbioso argilloso con sporadica ghiaia						-2.0	2.00			
2					3.90			-2.5	2.50			
3		Trovanti calcarei			3.20	8-10-13						
4		Limo sabbioso argilloso con sporadica ghiaia				3.50 PA						
5		Sabbia argillosa marrone con ghiaia			4.70							
6		Sabbia con torba			5.35			-5.0		1		
7		Sabbia argillosa grigio/nocciola						-5.5				
8		Lignite			6.40	2-2-4						7.00
9		Sabbia argillosa grigia nocciola con ghiaia minuta			6.90	6.50 PA						
10		Ghiaia in matrice sabbioso argillosa			7.10							
11		Sabbia argillosa nocciola grigiastra con rara ghiaia			7.35							
12					8.00							
13		Argilla dal grigio chiaro al grigio scuro con livelletti sabbiosi				12-16-19				2		
14						10.00 PA						
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25						14-18-21						
26						14.00 PA						
27					15.00					3		
28												
29												
30												
Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa Sonda: Beretta T45												

Sette campioni, con tubazione Shelby a pareti sottili in acciaio inox, sono stati prelevati tra la profondità di m 1,6-2,0 (C1/S1), m. 8,0-8,5 (C2/S1), 2,6-3,0 (C1/S2), 9,0-9,5 (C2/S2), 1,0-1,5 (C1/S3), 5,0-5,5 (C2/S3) e 2,0-2,4 (C1/S4).

Dalle analisi eseguite, presso il laboratorio geotecnico “Terra s.n.c.” di Marsciano (PG), sui 7 campioni prelevati sono stati ottenuti i seguenti risultati:

SONDAGGIO (S) CAMPIONE (C) LIVELLO (L)	PARAMETRI GEOTECNICI						
	metri da p.c.	Peso di volume (kN/mc)	Peso di volume secco (kN/mc)	Coesione drenata C* (kPa / kg/cmq) TAGLIO DIRETTO	Angolo di attrito efficace (Ø') TAGLIO DIRETTO	Coesione drenata C* (kPa - kg/cmq) TRIASSALE	Angolo di attrito efficace (Ø') TRIASSALE
S1/C1 - L1	1.60 - 2.00	19,3	17,8	3,50 / 0,035	29,1°	---	---
S1/C2 - L2	8.00 - 8.50	19,5	15,7	6,50 / 0,066	24,5°	10 / 0,10	24,2°
S2/C1 - L1	2.60 - 3.00	19,6	15,6	8,70 / 0,088	29,4°	---	---
S2/C2 - L2	9.00 - 9.50	19,1	15,1	11,50 / 0,117	20,7°	2,90 / 0,029	19,4°
S3/C1 - R	---	---	---	---	---	---	---
S3/C2 - L1	5.00 - 5.50	20,3	17	18,8 / 0,191	26,7°	---	---
S4/C1 - L1	2.00 - 2.40	17,8	16,9	4,50 / 0,045	35,6°	---	---

Per la determinazione la pericolosità sismica del sito il sondaggio “S2” è stato attrezzato con tubazione filettata in p.v.c. atossico Ø = 80 mm, cementata esternamente, per eseguire la prova “Down Hole”.

All’interno dei fori dei diversi sondaggi sono state eseguite n° 5 prove di permeabilità del terreno “Lefranc” a carico variabile.

Nella tabella si riportano, per le diverse profondità, i valori di permeabilità del primo livello, di origini alluvione, indagato:

Profondità (m.)	Permeabilità (cm/sec)
1,5 ÷ 2,5 (S1)	7,36E-05
3,0 ÷ 3,5 (S2)	1,30E-04
1,5 ÷ 2,0 (S3)	3,99E-05
2,0 ÷ 2,5 (S4)	1,96E-04
5,0 ÷ 5,5 (S4)	3,16E-05

I valori ottenuti confermano la natura prevalentemente sabbiosa e sabbioso-limosa del livello più superficiale costituito dai depositi dalla coltre alluvionale.

Nel corso delle tredici prove “SPT” eseguite nei diversi fori dei sondaggi, con il sistema a punta chiusa su tratti di 45 cm, sono stati contati i colpi di maglio, da 63,5 Kg e con altezza di caduta pari a 76,2 cm, necessari all’infissione degli ultimi 30 cm (Nspt).

Da correlazioni fra “Nspt” e angolo di attrito interno/coesione non drenata sono stati ottenuti i seguenti valori:

SONDAGGIO (S) SPT LIVELLO (L)	metri da p.c.	N colpi (15cm)	Angolo di attrito ϕ	Coesione non drenata C (kPa / kg/cmq)
S1/SPT1 - L1	3,00 - 3.45	18 / 20 / 24	39°	---
S1/SPT2 - L2	6.00 - 6.45	21 / 25 / 27	41°	---
S2/SPT1 - L1	4,50 - 4.95	04/05/07	30,5°	
S2/SPT2 - L2	7.00 - 7.45	10 / 12 / 13	---	1,12 / 0,011
S2/SPT3 - L2	11.50 - 11.95	11 / 15 / 18	---	1,48 / 0,015
S2/SPT4 - L2	14.00 - 14.45	14 / 19 / 23	---	1,88 / 0,019
S2/SPT5 - L2	22.00 - 22.45	19 / 21 / 25	---	2,06 / 0,021
S3/SPT1 - L1	3,50 - 3.95	18 / 21 / 24	39,8°	
S3/SPT2 - L2	7.50 - 7.95	15 / 19 / 19	---	1,70 / 0,017
S4/SPT1 - L1	3,50 - 3.95	08/10/13	33,5°	---
S4/SPT2 - L1	6.50 - 6.95	02/02/04	29°	---
S4/SPT3 - L2	10.00 - 10.45	12 / 16 / 19	---	1,57 / 0,016
S4/SPT4 - L2	14.00 - 14.45	14 / 18 / 21	---	1,75 / 0,017

-3c) Indagine geofisica;

Per determinare la situazione sismostratigrafica e la pericolosità sismica del sito, tenendo conto della stratigrafia del sondaggio geognostico è stata effettuata, dalla “Georisorse Italia” di Sinalunga, un’indagine geofisica multimetologica mediante:

- N° 1 stendimento geoelettrico della lunghezza di 235 m;
- N° 1 profilo di sismica a rifrazione in onde “P” ed “SH”;
- N° 1 prova sismica in foro del sondaggio “S2” (Down Hole).

L'attrezzatura utilizzata, le modalità esecutive ed interpretative sono illustrate nell'allegato rapporto tecnico dal Dott. Censini Gianfranco titolare della "Georisorse Italia".

L'ubicazione degli stendimenti e del sondaggio "S2" sono evidenziati nell'allegata cartografia.

Dall'elaborazione dei dati è stata ricostruita una sezione interpretativa dove si evince la presenza di un'alternanza di livelli, di origine alluvionale-colluviale, il cui spessore varia sia in senso areale che verticale.

Più in particolare sono stati ritrovati depositi prevalentemente sabbioso-ghiaiosi (più superficiali) e successivamente argillosi, argilloso-sabbiosi e infine limo-argillosi.

Si fa presente che lungo lo sviluppo dello sbarramento, oltre la profondità di 10 metri dall'attuale p.c., è probabile l'esistenza di un paleoalveo evidenziato dai valori di resistività dell'indagine geoelettrica; In particolare tale zona è compresa tra il sondaggio "S1-2024" e il sondaggio "S2-2014" come rappresentato nella sezione "B-B" allegata.

Lo strato più profondo, che si ritrova tra le quote altimetriche di m. 240-245 s.l.m., viene associato ai depositi argilloso-sabbiosi Pleistocenici/Pliocenici.

Dalle velocità sismiche del Down Hole si ha conferma dei risultati della tomografia elettrica con distinzione netta tra i terreni più superficiali molto allentati ("Vs" = 180 m/sec) da quelli sottostanti ("Vs" tra 180 - 360 m/sec).

La velocità "Vs" determinata con il "Down Hole" è pari a 247 m/sec.

6 - CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

Dalle indagini eseguite sono state ricostruite, in corrispondenza dello sbarramento e dello sfioratore in progetto, le seguenti sezioni litostratigrafiche:

dalle indagini geognostiche eseguite.

Il valore del parametro caratteristico viene ottenuto infatti applicando le seguenti formule:

$$\begin{aligned}\varphi_k &= \varphi' (1 - 1.645V_\varphi) \\ Cu_k &= Cu (1 - 1.645V_{Cu}) \\ C'_k &= C' (1 - 1.645V_{C'}) \\ Mo_k &= Mo \text{ (mediana)}\end{aligned}$$

con “V” definito come il rapporto tra scarto quadratico medio e la media dei valori dei vari parametri geotecnici analizzati.

$$V = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{medio})^2}{N} \right]^{0,5} \bigg/ x_{medio}$$

LIVELLO	PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO							
	Profondità (m)	Peso di volume (kN/mc / t/mc)	Peso di volume in falda (kN/mc / t/mc)	Coesione non drenata Cu (kPa / kg/cmq)	Angolo di attrito (°)	Coesione drenata C' (kPa - kg/cmq)	Angolo di attrito efficace (°)	Modulo Edometrico medio (kg/cmq')
R	0 – 1,0/2,8	16,67 / 1,7	---	---	---	---	---	---
L1	1,0/2,8 – 6,5/8,0	18,63 / 1,9	10,78 / 1,1	49 / 0,50	27°	7,84 / 0,08	27°	45
L2	6,5/8,0 - 18	19,12 / 1,95	---	117 / 1,20	24°	9,80 / 0,10	24°	100

Per la presenza di un acquifero confinato compreso tra il livello “L2”, prevalentemente argilloso, e a circa m. 1,5 da piano campagna in presenza di falda si deve considerare un peso di volume pari a 1,1 t/mc.

Il livello “L3”, corrispondente alle argille plioceniche più consistenti, non è stato indagato direttamente in quanto non interessato dalle opere fondali ma rilevato indirettamente mediante l’incremento di velocità dalle indagini sismiche.

Si ricorda che lungo lo sviluppo dello sbarramento, oltre la profondità di 10 metri dall’attuale p.c., è probabile l’esistenza di un paleoalveo evidenziato dai valori di resistività dell’indagine geoelettrica.

7 - VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

In base alla vigente normativa relativa alla classificazione sismica del territorio nazionale (NTC 2018), l'intervento rientra fra quelli ordinari per i quali è prevista una **Vita nominale $V_n = 50$ anni**.

La vita nominale di un'opera strutturale definisce il periodo di tempo nel quale potrà essere utilizzata in sicurezza, purché soggetta a normali manutenzioni.

Per l'intervento in progetto si ritiene adeguata una **Classe d'uso III** da cui deriva un **Coefficiente d'uso, $C_u = 1,5$** .

Le azioni sismiche dovranno essere pertanto valutate in relazione ad un **Periodo di riferimento (V_r)** che si ricava, per ciascun tipo di costruzione con:

$$V_r = V_n \times C_u = 50 \times 1,5 = 75 \text{ anni}$$

8 - CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

I risultati acquisiti mediante l'indagine geofisica fanno attribuire la **categoria di sottosuolo "C"**.

Per l'area si ritiene idoneo un coefficiente d'Amplificazione **Topografica $ST = 1,0$** .

9 - SISMICITÀ

La stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido, viene definita mediante un approccio "sito dipendente".

Dalle coordinate d'ogni luogo, compreso tra quattro punti della geogriglia d'accelerazione, sono stati ottenuti i seguenti parametri spettrali:

a_g = accelerazione massima del sito;

F_o = valore massimo del fattore d'amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_{c^*} = periodo di inizio tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per l'area in esame i valori dei parametri caratteristici per il calcolo delle azioni sismiche sono:

Sito in esame	
Latitudine:	43,16700
Longitudine:	11,777069
Classe:	3
Vita nominale:	50

Siti di riferimento		
Sito 1 ID: 22730	Lat: 43,1722 Lon: 11,7761	Distanza 599,747
Sito 2 ID: 22731	Lat: 43,1732 Lon: 11,8447	Distanza 5526,602
Sito 3 ID: 22953	Lat: 43,1232 Lon: 11,8460	Distanza 7405,548
Sito 4 ID: 22952	Lat: 43,1222 Lon: 11,7775	Distanza 4963,870

Parametri sismici

Categoria suolo:	C
Categoria topografica:	T1
Periodi di riferimento:	75 anni
Coefficiente Cu:	1,5

10 – CONSIDERAZIONI DI CARATTERE TECNICO

Data la successione stratigrafica dei terreni presenti per i primi metri nel sottosuolo sia i fronti di scavo che i piani di fondazione interesseranno terreni con caratteristiche geotecniche diverse e saturi laddove intercettino l'acquifero.

Più in particolare i terreni dove verrà realizzata lo sbarramento e lo sfioratore sono risultati superficialmente costituiti, in prevalenza, di materiali allentati suscettibili di una medio-alta comprimibilità.

In funzione dei risultati del presente studio si ritiene necessario, una volta determinato il piano d'imposta delle diverse strutture, verificare, nel tempo, anche in seguito all'innalzamento dell'acqua nel canale, la consolidazione indotta dalla variazione di stato tensionale effettivo nel sottosuolo, correlata agli effetti dei cambiamenti del livello idrico esterno.

Il progettista dovrà pertanto valutare l'entità delle deformazioni e degli spostamenti che si andranno a generare nel terreno di fondazione, durante ed in fase di esercizio della costruzione del rilevato stesso e delle opere di attraversamento.

Ciò in quanto cedimenti non adeguatamente previsti possono essere causa di variazioni della livelletta di progetto e/o produrre fessurazioni ed instabilità nel corpo arginale e danneggiamenti alle strutture interagenti con il rilevato.

Si fa presente che, nel caso di fondazioni impostate nel livello “L1”, per effetto del coefficiente di consolidazione intrinseco basso (C_v) dei terreni che in parte lo costituiscono, il processo di consolidazione naturale, è lungo e sono da attendersi dei fenomeni di assestamento del terreno che richiedono continue manutenzioni alle opere ivi presenti.

Per quanto riguarda la realizzazione dello sbarramento vengono riportati in allegato, insieme all’ubicazione, i certificati delle prove proctor eseguite su n° 8 campioni di terreno prelevati nel primo metro di terreno.

I materiali naturali devono da un lato garantire una bassa permeabilità (limi prevalenti) e dall’altro essere poco suscettibili a fenomeni di rigonfiamento e di ritiro (basse e medie plasticità), visto che sono soggetti a forti variazioni del grado di umidità, come ad esempio quelli di tipo A-6 con una percentuale di sabbia non inferiore al 15% o A-4 con una percentuale di sabbia non superiore al 50% (Classificazione CNR UNI 10006).

Il materiale per la realizzazione del rilevato dovrà essere messo in opera a strati, opportunamente compattati, con spessori non superiori ai 30 cm.

Per creare un corpo omogeneo dovrà essere posta una particolare attenzione nella stesa del materiale al contatto tra uno strato e quello successivo, provvedendo ad effettuare l’erpicatura, prima della stesa del successivo strato e l’impiego di rulli compattatori lisci.

La densità di riferimento ottimale per la compattazione è di norma pari ad almeno il 95% di quella ottenuta al maximum, in laboratorio, con la prova Proctor Standard, mentre l’umidità naturale dovrebbe oscillare tra un $\pm 2\%$ di quella ottimale ottenuta in laboratorio.

Al termine della costruzione si consiglia, al fine di ridurre l’azione erosiva dell’acqua superficiale e facilitare lo sviluppo della vegetazione, l’uso di biotessili antierosione che si degradano completamente nel breve tempo.

A supporto della progettazione degli interventi di costruzione del rilevato arginale è necessario programmare il controllo, nel tempo, delle pressioni dell’acqua negli strati permeabili e semipermeabili del primo livello della coltre alluvionale, a mezzo di piezometri, con misure eseguite specialmente durante le piene del T. Acornio e se necessario prevedere interventi finalizzati all’intercettazione della filtrazione o provvedimenti volti al controllo della filtrazione ed alla diminuzione della pressione dell’acqua.

Il progettista dovrà effettuare tutte le verifiche previste dalla vigente normativa, comprensive di quelle a ribaltamento, scorrimento, carico limite in fondazione, a sifonamento, nonché il calcolo dei cedimenti del rilevato arginale e dell'opera di attraversamento, con particolare attenzione all'analisi delle opere limitrofe preesistenti ed alla distribuzione dei carichi e dei cedimenti nel sottosuolo.

Dal momento che gli interventi si collocano su aree sede per lo più di terreni soffici e sciolti, generalmente saturi sin da profondità prossima al piano di campagna e quindi non in grado di autosostenersi, durante l'esecuzione degli scavi andranno realizzate delle opere di contenimento dei terreni sia di tipo provvisorio che definitivo, al fine di garantire le opportune condizioni di sicurezza, come previsto dalla normativa.

Particolare attenzione andrà rivolta nel cercare di mantenere costante il livello freatico della falda superficiale, in prossimità delle aree in cui ricadono delle costruzioni fondate superficialmente; ciò al fine di non indurre degli assestamenti del terreno di imposta fondale, che potrebbero indurre lesionamenti alle strutture esistenti e di non variare il regime idrico dei pozzi presenti.

In accordo al cap. 7.11.3.4.2 delle NTC2018 è possibile omettere la verifica a liquefazione in quanto è verificato il punto "4" ovvero dai campioni di terreno prelevati nel livello 1 è stata rilevata una maggior componente percentuale argilloso-limosa rispetto a quella sabbioso-ghiaiosa e una distribuzione granulometrica esterna alle zone di possibile liquefazione.

Si considera non liquefacibile il livello "L2" in quanto prevalentemente argilloso e senza presenza di falda.

II - NOTAZIONI CONCLUSIVE

Dalle sezioni litostratigrafiche è evidente che le opere in costruzione interesseranno terreni fortemente eteropici sia per granulometria che per disposizione spaziale. Per tale motivo si ritiene idoneo che le fondazioni delle stesse vadano attestate entro dei terreni litotecnicalemente omogenei e compatti, che non risultano suscettibili a fenomeni di cedimento e/o di ritiro.

Anche nella realizzazione dei riporti di terreno e degli scavi andranno seguite procedure operative adeguate a prevenire cedimenti non ammissibili sia nel breve che nel lungo termine e collassi delle pareti di scavo. Queste ultime richiederanno

pertanto la realizzazione di opere di contenimento sia in via preliminare che definitiva alle operazioni di sbancamento.

In conformità a quanto richiesto dal Testo Unico sulle costruzioni, dovranno essere controllati gli effetti delle opere sull'ambiente installando strumenti (tra i quali: piezometri, eventuali assestamenti ed inclinometri) che costituiranno il sistema di monitoraggio del comportamento dell'impianto.

Analogamente essendo un'opera i cui effetti sul terreno avranno una grande rilevanza, occorre approntare un programma di monitoraggio che preveda un congruo periodo di osservazione anche dopo la fine della costruzione della stessa.

A tal fine, in conformità a quanto dettato dalla normativa vigente in materia di costruzioni dovrà essere improntato un programma di monitoraggio inclinometrico e piezometrico nel tempo dell'area al fine di valutarne la sussistenza, l'eventuale dinamicità, cinematica e tipologia e di poter progettare eventuali interventi di messa in sicurezza tali da garantire l'attuazione e la funzionalità nel tempo delle opere in previsione.

Dott. Geol. Franco Bulgarelli

Dott. Geol. Riccardo Ancillotti

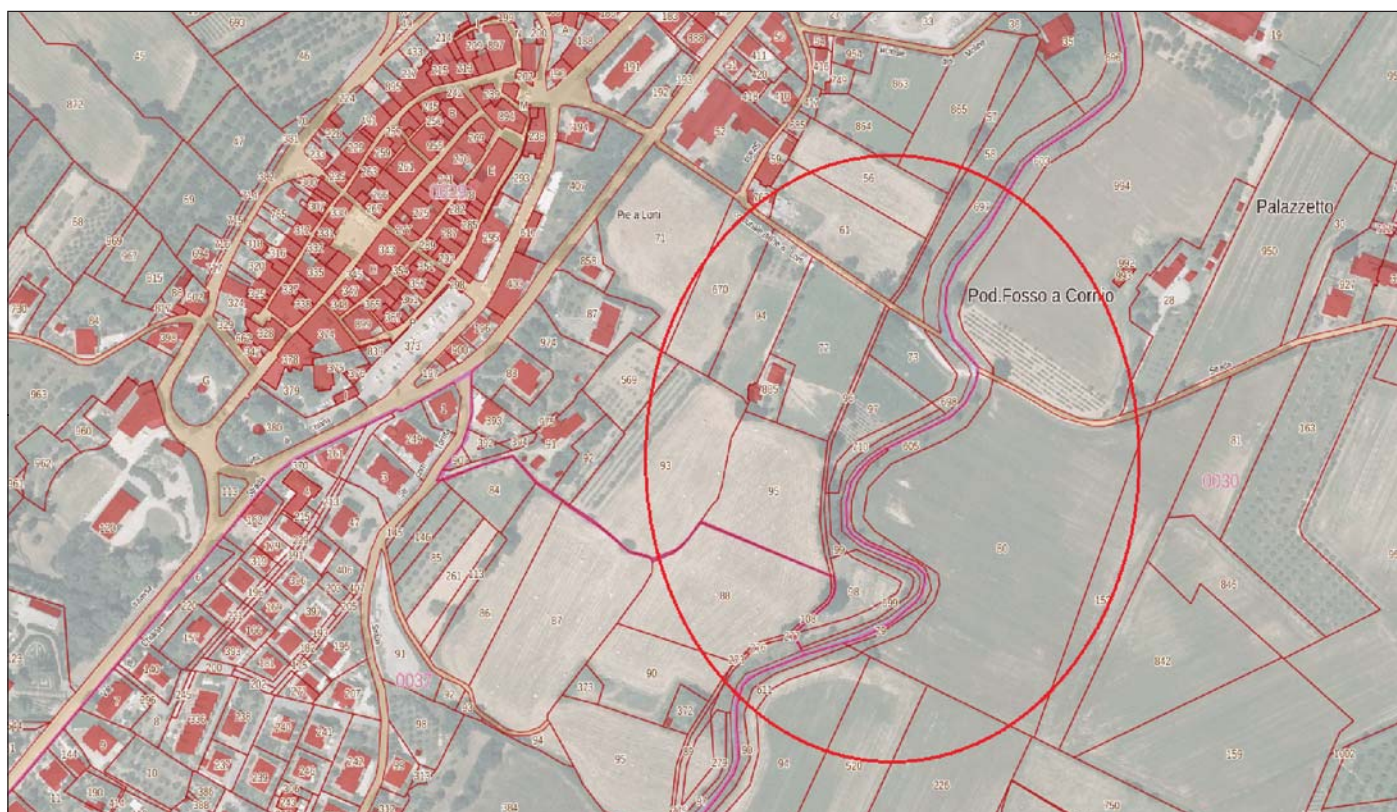
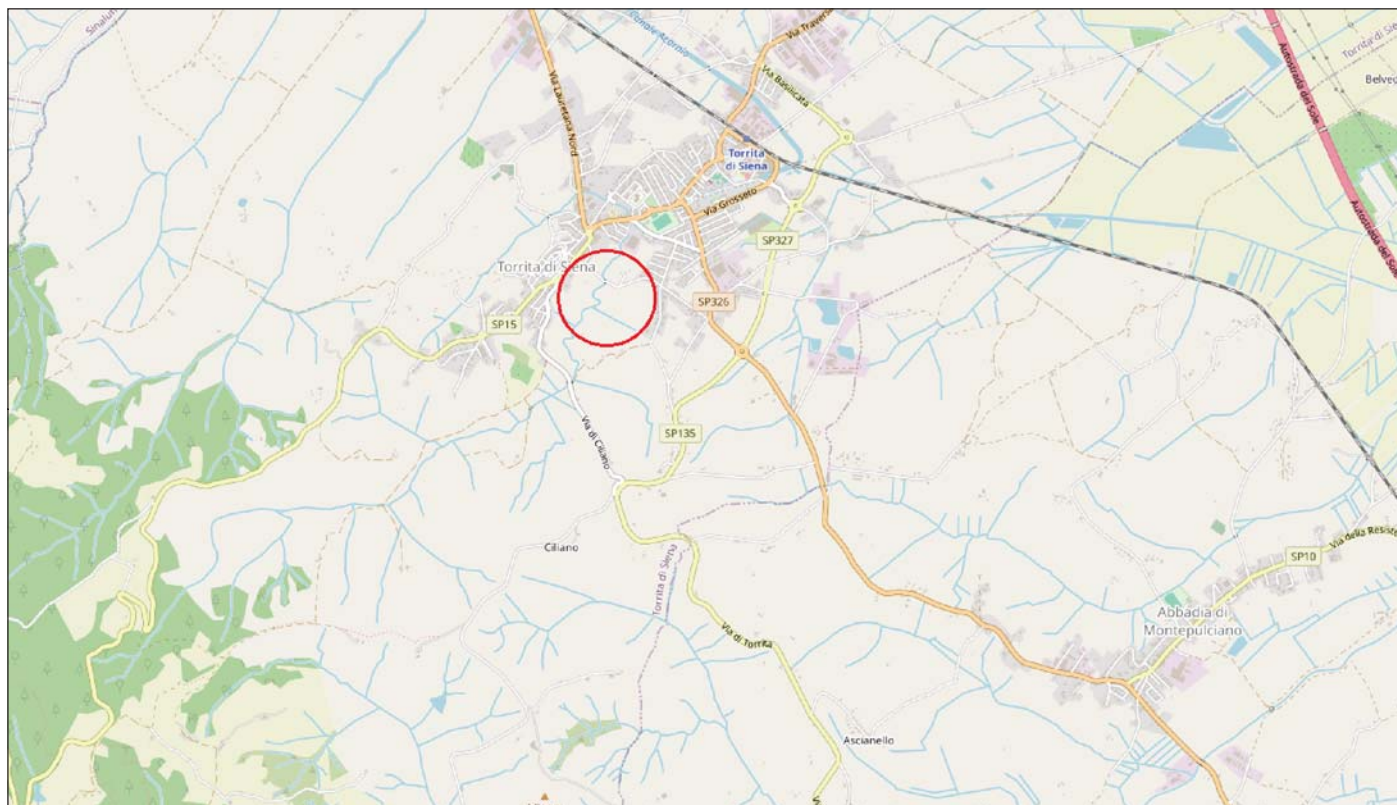
Arezzo, 25 settembre 2024

Provincia di SIENA

COMUNE DI TORRITA DI SIENA

CASSA DI LAMINAZIONE TORRENTE ACORNIO

COROGRAFIA / PLANIMETRIA CATASTALE

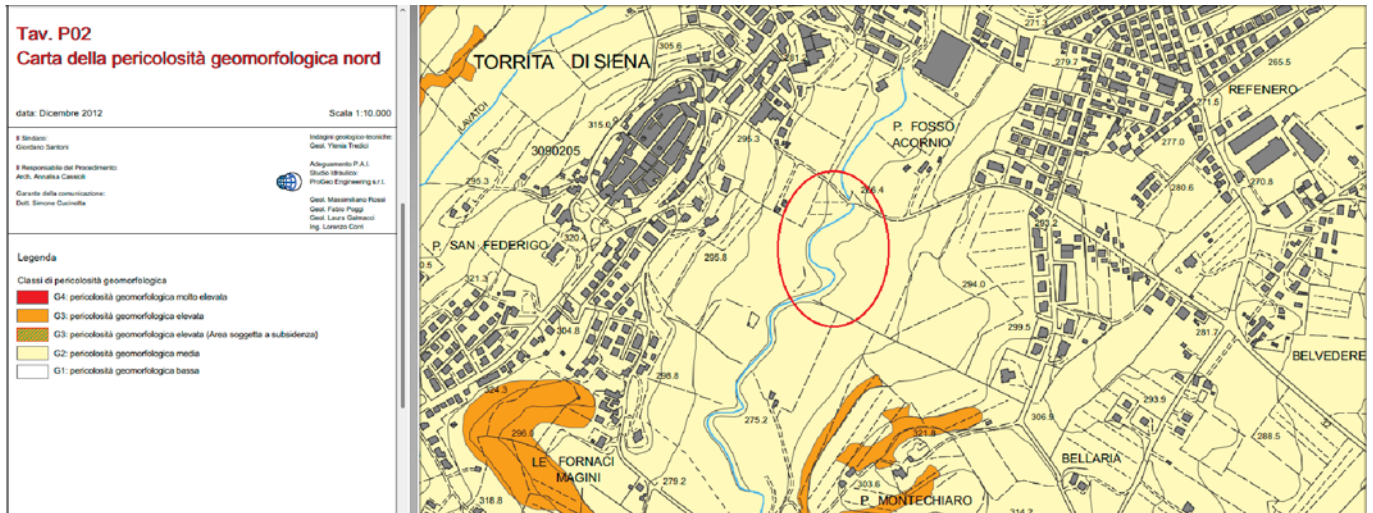


Provincia di SIENA

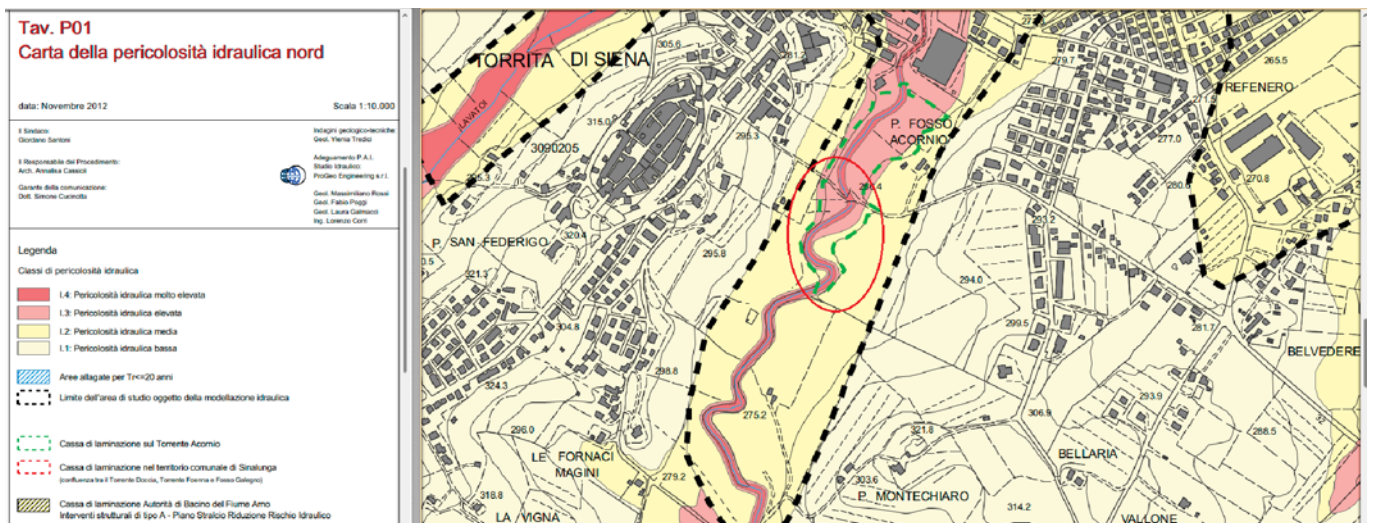
COMUNE DI TORRITA DI SIENA

CASSA DI LAMINAZIONE TORRENTE ACORNIO

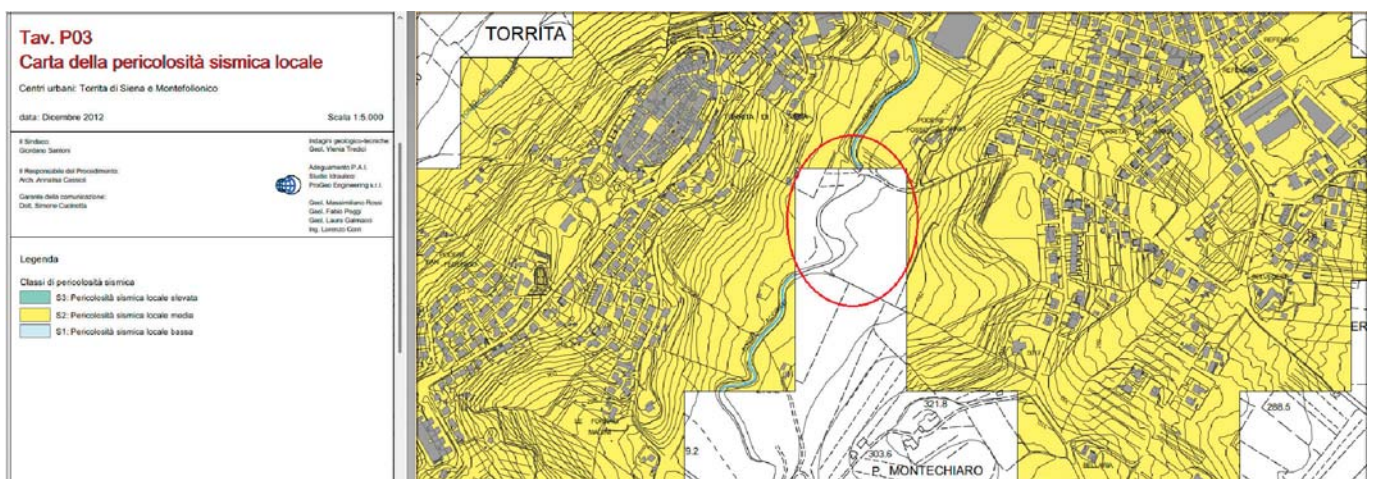
ESTRATTO STRUMENTO URBANISTICO VIGENTE - PERICOLOSITA'



PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA MEDIA



PERICOLOSITA' IDRAULICA ELEVATA / MOLTO ELEVATA



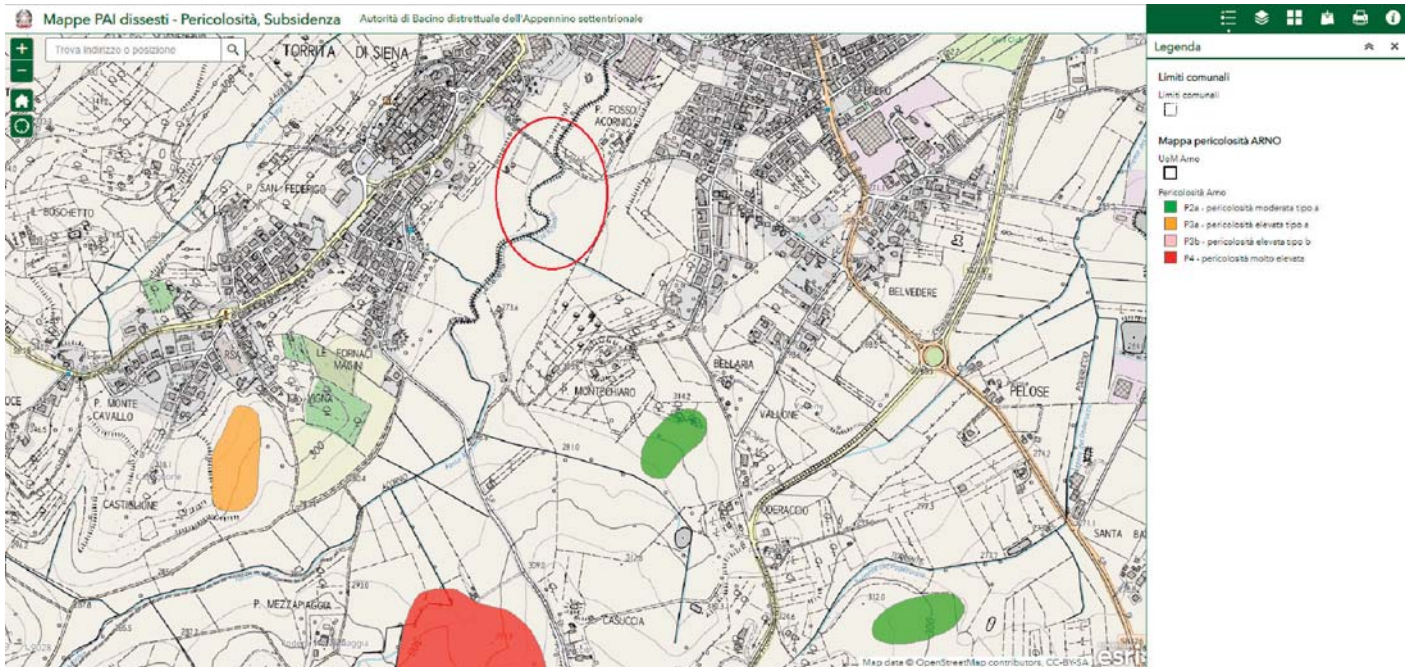
PERICOLOSITA' SISMICA MEDIA / NON DEFINITA

Provincia di SIENA

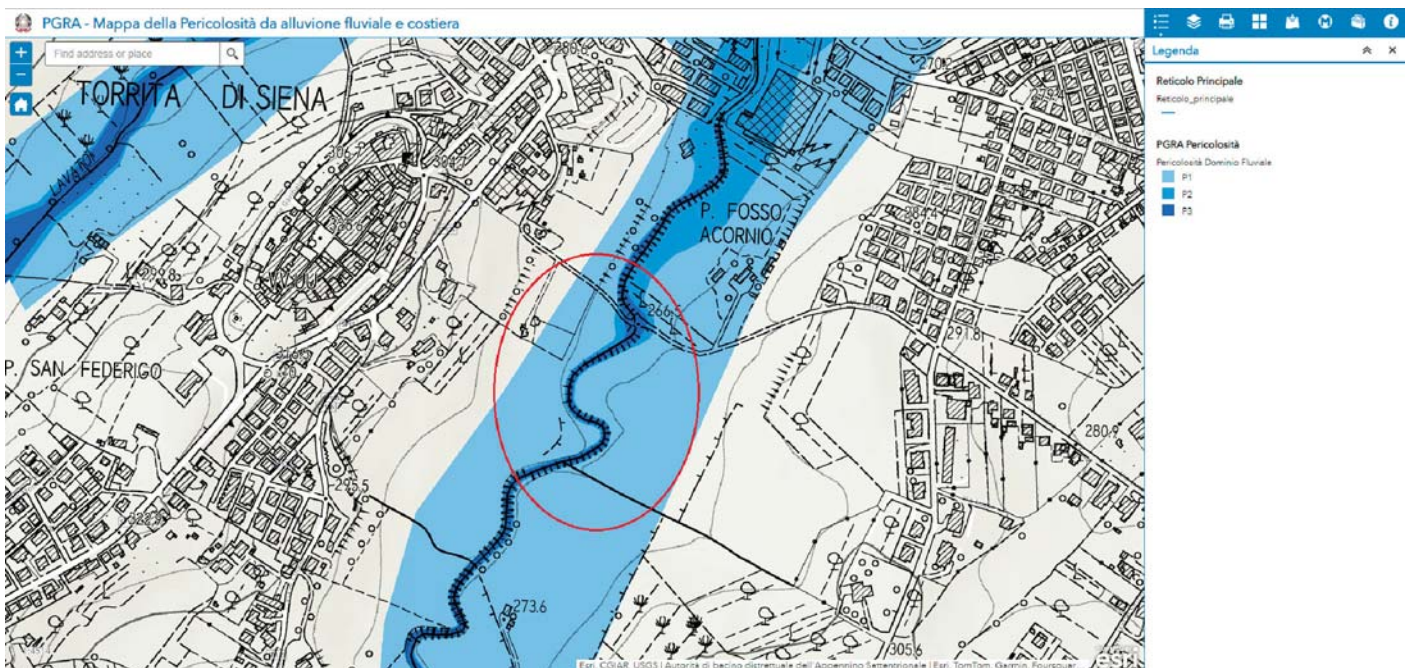
COMUNE DI TORRITA DI SIENA

CASSA DI LAMINAZIONE TORRENTE ACORNIO

ESTRATTO STRUMENTO URBANISTICO VIGENTE - PERICOLOSITA'



Pericolosità Geomorfologica Bacino Appennino Settentrionale Progetto di Piano - PAI "dissesti geomorfologici"



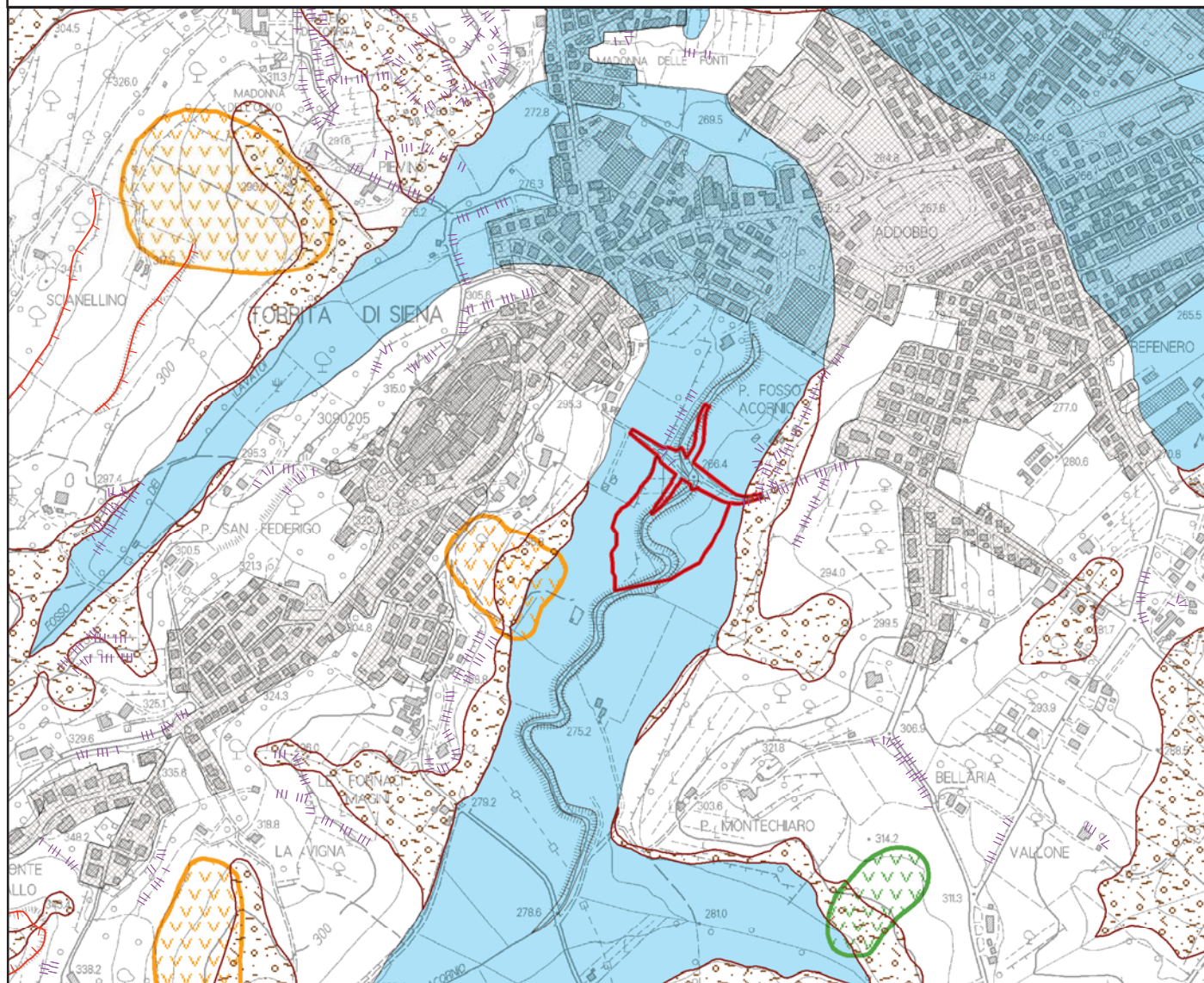
Piano Gestione Rischio Alluvione (PGRA) Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale

Provincia di SIENA

COMUNE DI TORRITA DI SIENA

CASSA DI LAMINAZIONE TORRENTE ACORNIO

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO



SCALA 1:10000

LEGENDA



area oggetto di intervento



frana quiescente



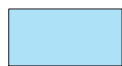
frana inattiva/stabilizzata



depositi eluvio-colluviali



depositi antropici



depositi fluvio - lacustri



orlo di scarpata inattiva

Reticolo Idrografico L.R.79/2012



tratto del reticolo vincolato



tratto del reticolo non vincolato



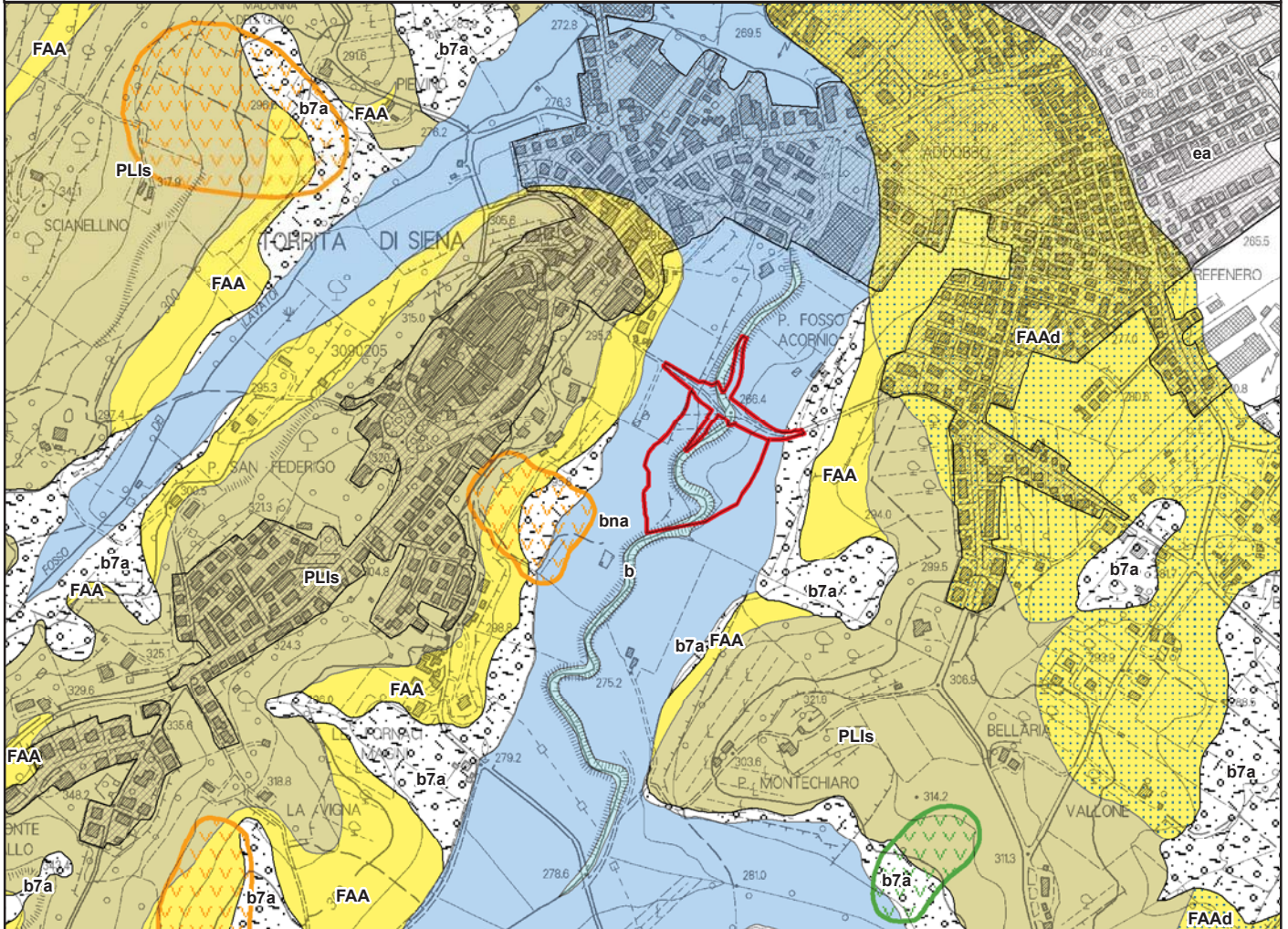
tratto tombato

Provincia di SIENA

COMUNE DI TORRITA DI SIENA

CASSA DI LAMINAZIONE TORRENTE ACORNIO

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

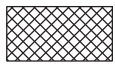


SCALA 1:10000

LEGENDA



area oggetto di intervento



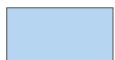
depositi antropici



depositi eluvio-colluviali (b7a)



depositi alluvionali attuali (b)



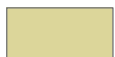
depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati (bna)



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



Argille azzurre con alternanze decimetriche e metriche di argille e sabbie risedimentate (FAAd)



Sabbie e arenarie gialle (PLIs)



frana quiescente



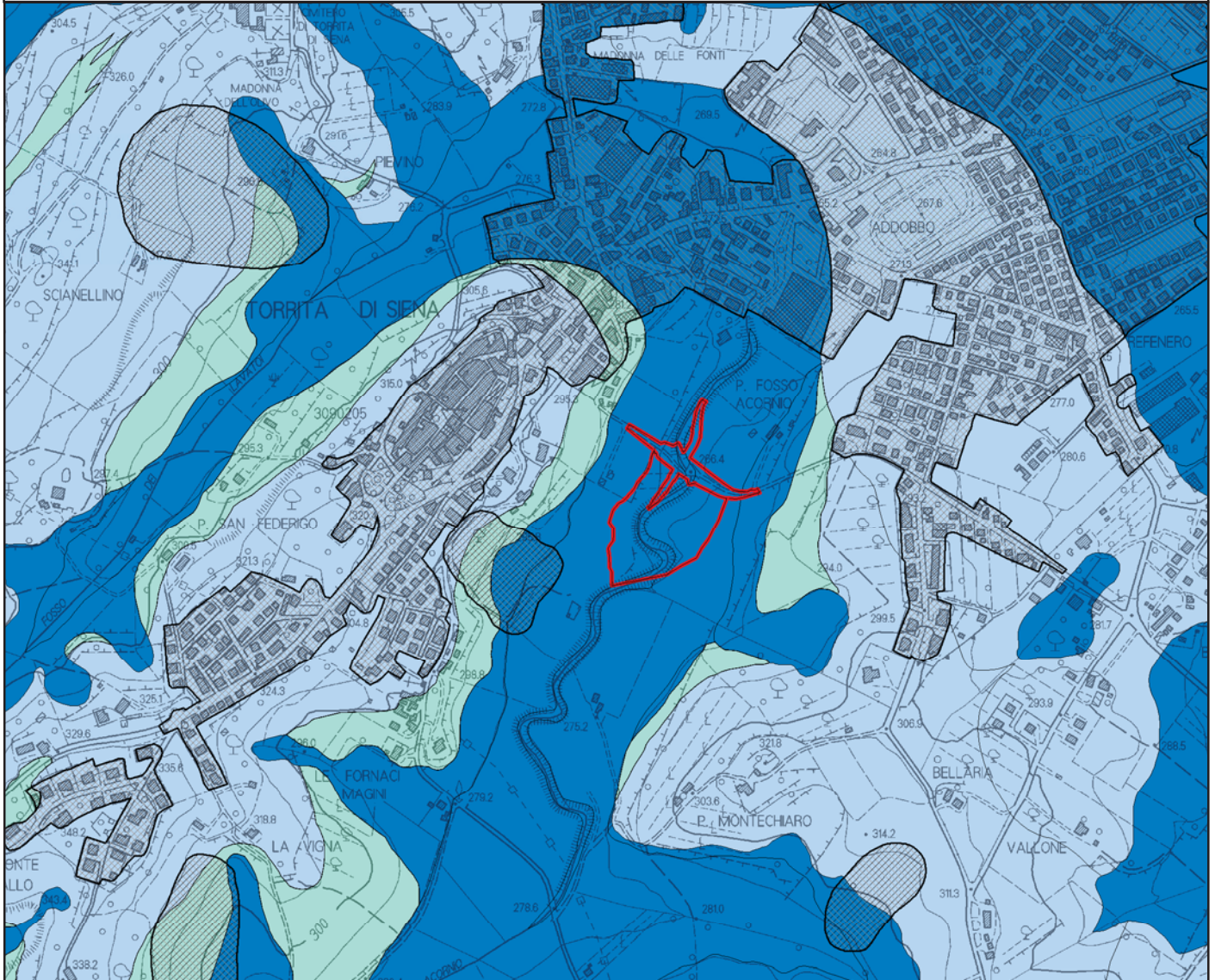
frana inattiva/stabilizzata

Provincia di SIENA

COMUNE DI TORRITA DI SIENA

CASSA DI LAMINAZIONE TORRENTE ACORNIO

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO



SCALA 1:10000

LEGENDA



area oggetto di intervento



permeabilità PRIMARIA grado VARIABILE



permeabilità PRIMARIA grado ELEVATO



permeabilità PRIMARIA grado MEDIO



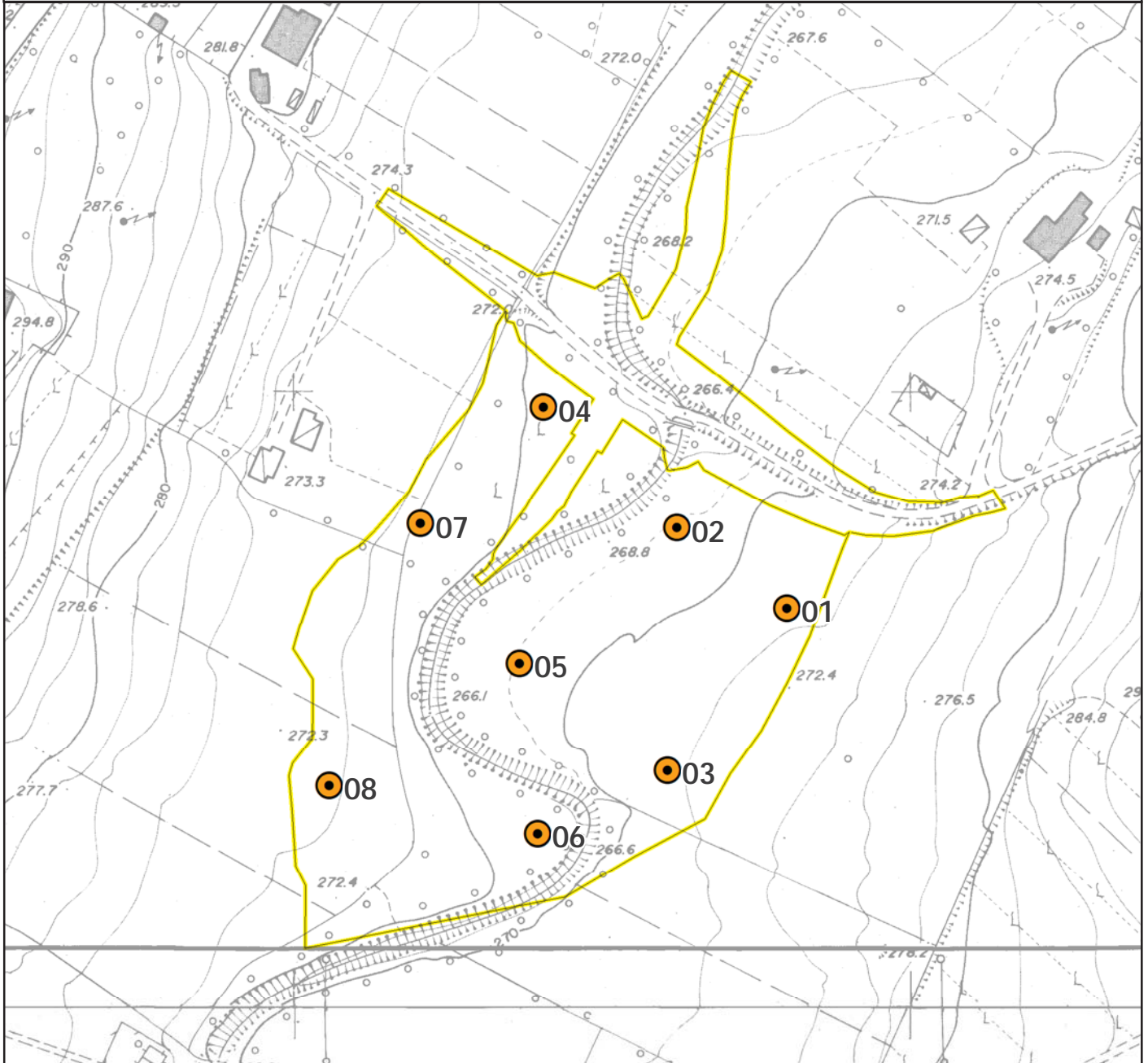
permeabilità PRIMARIA grado MOLTO BASSO

Provincia di SIENA

COMUNE DI TORRITA DI SIENA

CASSA DI LAMINAZIONE TORRENTE ACORNIO

UBICAZIONE PROVE PROCTOR



SCALA 1:2000

LEGENDA



area oggetto di intervento



punto di prelievo per prove proctor (numero campione)

Provincia di Siena

CAMPAGNA GEOGNOSTICA

(ANNO 2014 / ANNO 2024)

COMUNE DI TORRITA DI SIENA

CASSA DI LAMINAZIONE
TORRENTE ACORNIO

CPT



PROVA PENETROMETRICA
STATICA (CPT)

S

SONDAGGIO
A CAROTTAGGIO
CONTINUO (S)

EL

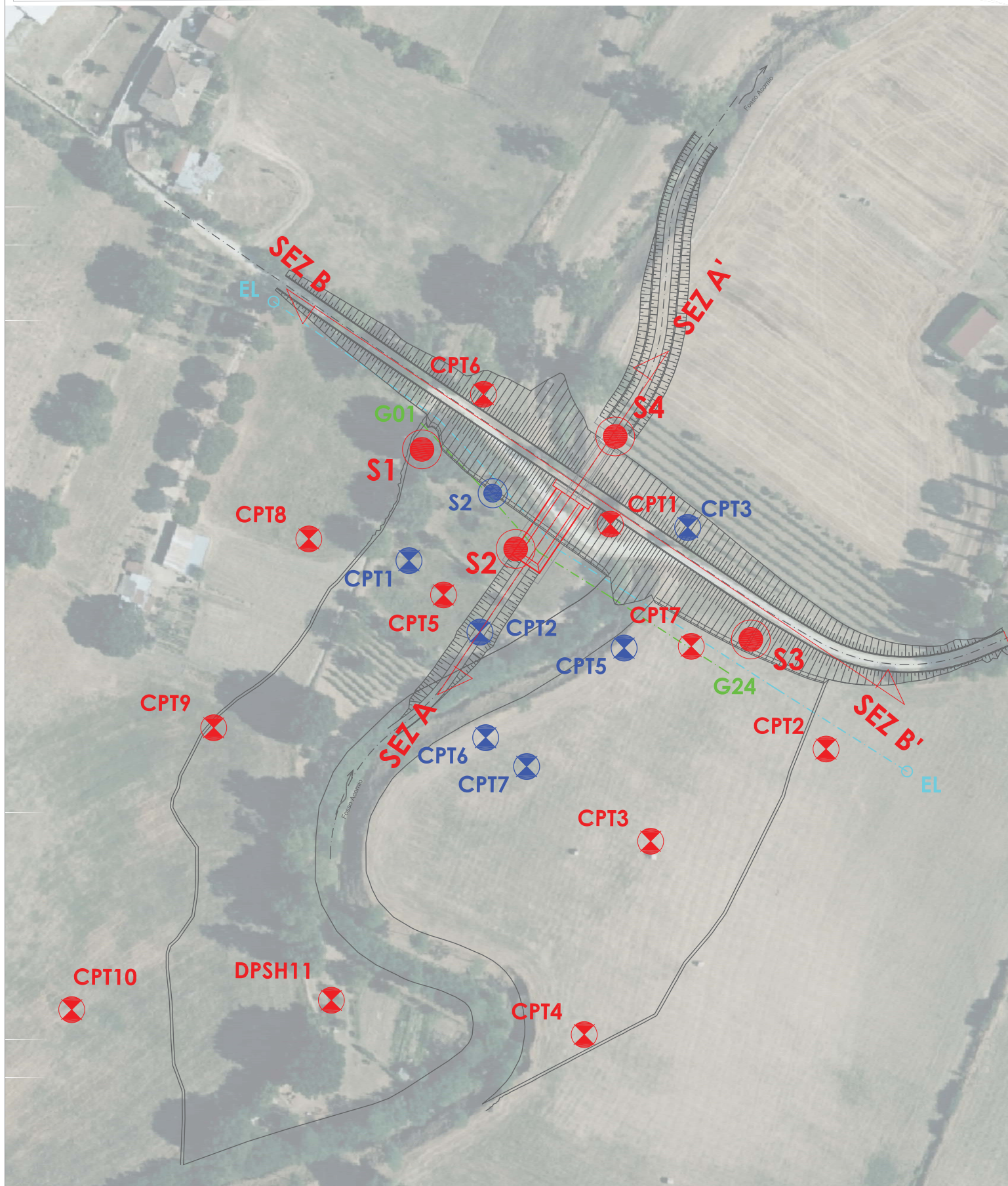


INDAGINE
GEOELETTRICA

G01-24



INDAGINE SISMICA



SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA

CAMPAGNA GEOGNOSTICA
(ANNO 2014 / ANNO 2024)

- CPT

PROVA PENETROMETRICA
STATICA (CPT)
- S

SONDAGGIO
A CAROTAGGIO CONTINUO (S)
- DH

INDAGINE SISMICA IN FORO
DOWN - HOLE

SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA

- LIVELLO R

TERRENO DI RIPIRTO EROGENEO
9/0 MATERIALE PEDOGENETICO RIMANEGLIATO
- LIVELLO L1

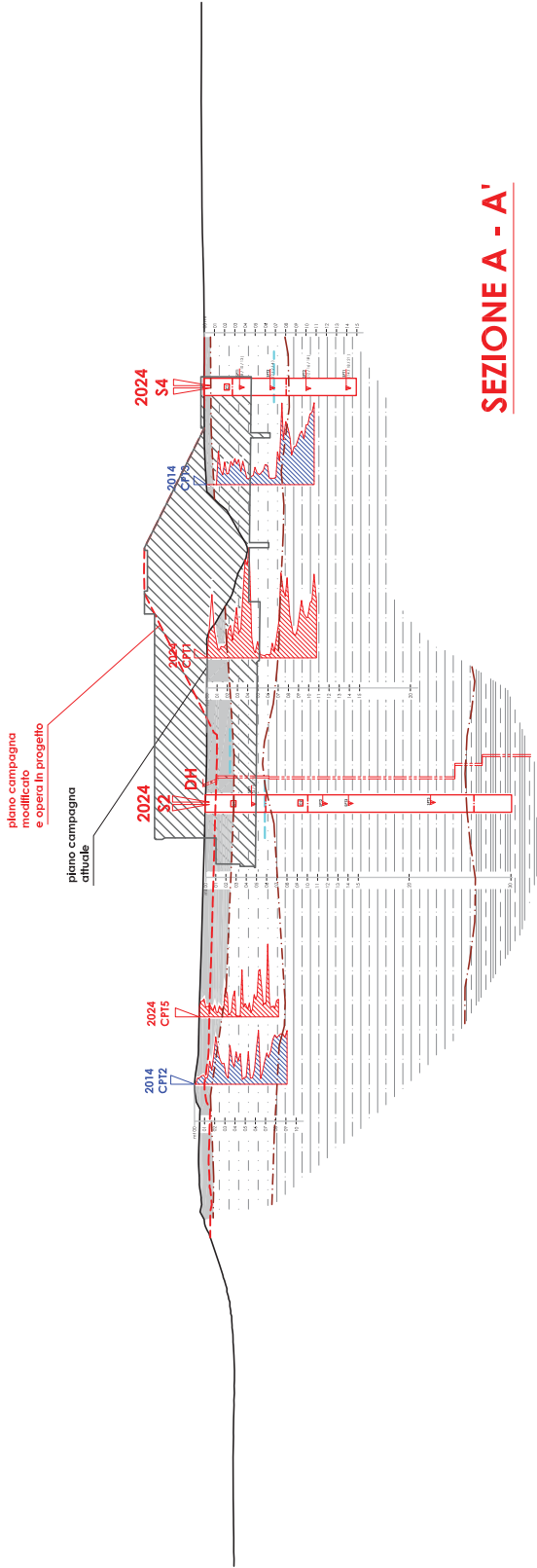
LIMO SABBICO, SABBIA LIMOSA
CON POCAUCI LIVELLI SABBICI
CHIAIA SABBICIA E ARGILLA SABBICIA
- LIVELLO L2

ARGILLA GRECIA
CON POCAUCI LIVELLI SABBICI
- LIVELLO L3

ARGILLA PLUVIENICA

LIVELLO STATICO FALDA ACQUIFERA
misura Gennaio-Maggio 2014
misura Agosto-Settembre 2024

SEZIONE A - A'



SEZIONE B - B'

