



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

Progetto

PNRR - M2C2 I 4.1.1 - Ciclovie turistiche

"CICLOVIA TURISTICA NAZIONALE DEL SOLE" VERONA-FIRENZE

TRONCO 2: PISTOIA - CAMPI BISENZIO

GE - ELABORATI GENERALI ANALITICO DESCRITTIVI

CUP: C31B22001650004

Oggetto

Relazione geologica, geotecnica e sismica

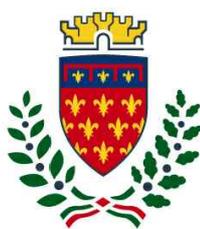
Fase

Progetto Definitivo linea tecnica

Servizio **Servizio Mobilità e Infrastrutture**

Dirigente del servizio **Arch. Riccardo Pallini**

Responsabile Unico del Procedimento **Geom. Gerarda Del Reno**



Elaborato: SOLE2_21-35_D_GE_1.4_C

Scala: ---

Spazio riservato agli uffici:



COMUNE DI PRATO

TRONCO 2: PISTOIA - CAMPI BISENZIO (FI)

CIG 87000135D8 - CUP C31B21000190009
Responsabile Unico del Procedimento : Geom Gerarda Del Reno



Ciclovia del Sole

Verona • Bologna • Firenze

ELABORATI GENERALI ANALITICO DESCRITTIVI ANALITICO DESCRITTIVI

OGGETTO:

Relazione geologica, geotecnica e sismica



MATE Soc. Coop.va
C.F./p.IVA 03419611201
pec mateng@legalmail.it
mateng@mateng.it

Via S.Felice 21
40122 Bologna (BO)
T +39 051 29 12 911



Parcianello & Partners
Engineering s.r.l.
C.F./p.IVA 01041760255
studio@pec.studioparcianello.com
tecnico@studioparcianello.com

Via G. Matteotti,30/d
32016 Alpago-Farra (BL)
T +39 0437 46100



Coopprogetti Soc. Coop.
C.F./p.IVA 00424850543
pec coopprogetti@pec.it
staff@coopprogetti.it

Via della Piaggiola 152
06024 Gubbio (PG)
T +39 075 92 3011



NetMobility s.r.l.
C.F./p.IVA 03184140238
pec: netmobility@pec.it
netmobility@netmobility.it

Via G. Morgagni 24
37135 Verona (VR)
T +39 045 82 50 176



D.R.E.A.M. Società Coop.
C.F./p.IVA 00295260517
certar@pec.dream-italia.it
segreteria-pt@dream-italia.it

Via Garibaldi, 3
52012 Pratovecchio-Stia (AR)
T +39 0575 529514
T +39 0573 365967

Responsabile dell'integrazione prestazioni
specialistiche

Ing. Lino Pollastri

Progettisti:

Arch. Lio Parcianello
Arch. Renato Da Re
Arch. Gianluca Parcianello
Arch. Giulia Della Giustina
Geom.Enzo Parcianello
P.Ind. Simone Cesa
Arch. Federico Segat
Arch. Cristina Baratto
Dis. Romano Sommacal
Arch. Gianvito Alba
Arch. Irene Poggi
Arch. Enrico Costa
Ing. Francesco Seneci
Ing. Chiara Chiostrini
Dott. For. Lorenzo Mini
Ing. Alessandro Sanna

Progettista strutturale:

Ing. Simone Galardini

Geologo:

Dott. Geol. Andrea Bizzarri

SOLE 21-0035 D GE 1.4

cod. commessa

num. elaborato

DATA:

Febbraio 2023

SCALA:

REVISIONE:

C

REDATTO: D.R.E.Am. Italia Soc. Coop.

APPROVATO: Geol. Andrea Bizzarri

VERIFICATO: Ing. Lino Pollastri

PROGETTO DEFINITIVO
RELAZIONE GEOLOGICA

1. PREMESSA	2
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
3. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO A SCALA PROVINCIALE	3
3.1. Provincia di Pistoia	3
3.2. Provincia di Prato	3
3.3. Provincia di Firenze	4
4. CENNI DI GEOLOGIA A SCALA VASTA	4
5. PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA	5
5.1. Zona cimiteri passerella Torrente Brana (Pistoia)	6
5.2. Pontenuovo passerella Torrente Bure (Pistoia)	9
5.3. Ampliamento sede stradale Pontenuovo (Pistoia)	12
5.4. Sostituzione passerella sul Torrente Settola in Comune di Montale (Pistoia)	15
5.5. Ampliamento sede stradale sul Fosso Ficarello in località Bagnolo - Comune di Montemurlo (Prato)	18
5.6. Realizzazione di sottopasso stradale comuni di Campi Bisenzio e Signa (Firenze)	21
5.7. Stabilità dei suoli da remote sensing	23
6. CLASSIFICAZIONE SISMICA E CATEGORIE RELATIVE ALLE NTC 2018	24
6.1. Categoria di sottosuolo e topografica	25
7. PROVE PENETROMETRICHE – CENNI TEORICI	27
7.1. PROVE PENETROMETRICHE Dinamiche CONTINUE - DPSH	27
7.2. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CONE PENETRATION TEST) CPT	32
8. ATLANTE CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA	38

1. PREMESSA

La presente relazione geologica ha per oggetto l'illustrazione del definitivo che è l'attuazione del più ampio progetto di realizzazione della Ciclovia Sole.

La ciclovia Sole si sviluppa per una lunghezza complessiva di 392 km partendo da Firenze, attraversando Bologna ed arrivando a Verona. Il tracciato attraversa 4 regioni (Toscana, Emilia-Romagna, Lombardia e Veneto), 7 Province (Firenze, Prato, Pistoia, Bologna, Modena, Mantova, Verona) e oltre 60 Comuni.

Il presente progetto approfondisce a livello di Progetto Definitivo il tracciato previsto all'interno del confine della Regione Toscana interessando le Province di Prato, Firenze e Pistoia e i Comuni di Pistoia, Montale, Montemurlo, Prato, Campi Bisenzio e Signa.

Gli interventi previsti sono prevalentemente interventi di "riqualificazione" della sede mentre in maniera molto ridotta si tratta di interventi di nuova realizzazione.

Il progetto si suddivide in 4 lotti: **Lotto 1** Comune di Pistoia, **Lotto 2** Comune di Montale – Montemurlo, **Lotto 3** Comune di Prato, **Lotto 4** Comune di Campi Bisenzio – Signa.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

In Italia la legge di riferimento per la realizzazione di percorsi ciclabili urbani è la legge del 28 giugno 1991 n. 208 "Interventi per la realizzazione di itinerari ciclabili e pedonali nelle aree urbane. (GU n.165 del 16-7-1991)" e dalle norme CNR, nonché il D.M. 557/1999 "Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili".

Nel 2018 si definiscono le disposizioni in materia di sviluppo della mobilità ciclistica mediante la Legge 11 gennaio 2018, n. 2 recante disposizioni per lo sviluppo della mobilità in bicicletta e la realizzazione della rete nazionale di percorribilità' ciclistica. (18G00013) (GU Serie Generale n.25 del 31-01-2018) - Entrata in vigore del provvedimento: 15/02/2018.

Occorre, inoltre, fare riferimento alla seguente normativa tecnica:

- DECRETO 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»;
- DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 13 giugno 2017, n. 120. Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164;
- Eurocodice 8 (1998) Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- Eurocodice 7.1 (2002) Progettazione tecnica parte1.
- Eurocodice 7.2 (2002) Progettazione geotecnica – Parte 2: progettazione assistita da prove geotecniche.
- Eurocodice 7.3 (2002) Progettazione geotecnica – Parte 2.
- Decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285 - "Nuovo Codice della Strada" e s.m.i.;
- Decreto del Presidente della Repubblica 16 dicembre 1992, n. 495 - "Regolamento di esecuzione ed attuazione del Nuovo Codice della Strada";
- Direttive Ministeriali per "Redazione, adozione ed attuazione dei Piani Urbani del Traffico", (G.U. n. 146 del 24 giugno 1995) per l'applicazione, in ambito urbano, delle disposizioni contenute nell'art. 36 del Codice della Strada;
- Decreto Ministeriale 30 novembre 1999, n. 557 – "Regolamento per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili";
- Decreto ministeriale 5 novembre 2001 - "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili";
- Decreto ministeriale 5 novembre 2001 - "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade";
- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 8 giugno 2001, n. 3699 - "Linee Guida per le Analisi di Sicurezza delle Strade";

- Decreto ministeriale 19 aprile 2006 - “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”;
- Decreto legislativo 15 marzo 2011, n. 35 - “Gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali”;
- Decreto ministeriale 2 maggio 2012, n. 137 - “Linee guida per la gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali”;
- Decreto Ministeriale 4 agosto 2017, n.397 “Individuazione delle linee guida per i piani urbani di mobilità sostenibile, ai sensi dell’articolo 3, comma 7, del decreto legislativo 16 dicembre 2016, n. 257”;
- Decreto Ministeriale del 28 agosto 2019 n. 396 “Modifica delle linee guida per la redazione dei piani urbani della mobilità sostenibile (PUMS)”, di cui al decreto ministeriale 397/2017;
- Decreto Ministeriale del 04 giugno 2019 n° 229 “Sperimentazione della circolazione su strada di dispositivi per la micromobilità elettrica”;
- Legge 11 gennaio 2018, n.2 – “Disposizioni per lo sviluppo della mobilità in bicicletta e la realizzazione della rete nazionale di percorribilità ciclistica”

3. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO A SCALA PROVINCIALE

Il tracciato della ciclovia percorre in Provincia di Pistoia i Comuni di Pistoia Montale; in provincia di Prato i Comuni di Montemurlo e Prato; in Provincia di Firenze i Comuni di Campi Bisanzio e Signa.

In calce al documento si riporta, all’interno dell’atlante geologico e geomorfologico, lo sviluppo dell’intero tracciato qui in oggetto.

3.1. PROVINCIA DI PISTOIA

La ciclovia Sole inizia, nel tratto pistoiese, dalla Stazione ferroviaria, percorre vie cittadine fino a raggiungere la parte finale del Viale Arcadia dove, con una passerella di nuova costruzione, si andrà ad attraversare il torrente Brana, in direzione del Cimitero Comunale, in prossimità ad un ponte stradale esistente.

Da qui si prosegue per aree campestri e viabilità posta all’interno di nuclei residenziali.

In località Pontenuovo si andrà a realizzare un nuovo ponte per l’attraversamento del Torrente Bure anche questo in affiancamento al ponte, carrabile, esistente. Sempre in prossimità dell’abitato di Pontenuovo si ha la necessità di percorrere un tratto di ciclovia in sede alla strada provinciale per Montale e si ha, pertanto, la necessità di allargare il sedime viario mediante lo spostamento, verso monte, di alcune opere di sostegno.

Da qui senza problematiche di particolare interesse si raggiunge il Torrente Settola, in Comune di Montale, dove si prevede di Sostituire la passerella ciclo pedonale esistente.

All’interno del Comune di montale la ciclovia giunge fino al Torrente Agna.

Nel tratto montalese, infine, la ciclovia compie una diramazione determinata dalla necessità di connettere la stazione ferroviaria di Montale-Agliana.

Dal punto di vista geomorfologico il tratto pistoiese, pianeggiante, non presenta criticità di particolare rilievo legate alla stabilità dei terreni. I litotipi interessanti l’opera sono di natura alluvionale con presenza di tratti, prevalentemente ciottolosi, come sul viale Arcadia e Pontenuovo posto in asse al conoide del Torrente Bure; e tratti, in cui prevalgono terreni limo sabbiosi e limo argillosi.

In corrispondenza delle opere d’arte di nuova realizzazione si sono eseguite indagini geognostiche al fine di caratterizzare i terreni di fondazione dal punto di vista geotecnico.

3.2. PROVINCIA DI PRATO

All’interno del Comune di Montemurlo non si rilevano particolari criticità di tracciato con la sola eccezione, in corrispondenza del Fosso Ficarello, in località casa Dogali, dove si dovrà procedere alla realizzazione di un tratto in fregio alla “Montalese”. Per tale opera si è realizzata una campagna geognostica costituita da prove penetrometriche.

Il Fosso Ficarello segna il confine con il Comune di Prato e qui la ciclovia raggiunge, rapidamente, la ciclabile esistente posta al piede dell’argine sinistro del Torrente Bardena che percorre fino a Galceti. E sempre per viabilità dedicate si raggiunge il Viale Galilei a Prato, e da qui ci si innesta nel tratto ciclabile posto all’interno del Fiume Bisenzio. Al ponte XX Settembre si passa in sponda sinistra per connettere la stazione di Prato e si prosegue, su

ciclabili esistenti lungo Bisenzio, aggirando l'abitato di Confienti e Villa Niccolini si entra nel comprensorio comunale di Campi Bisenzio.

Dal punto di vista geologico anche per il tratto pratese, pianeggiante, non presenta criticità di particolare rilievo legate alla stabilità dei terreni. I litotipi interessanti l'opera sono di natura alluvionale

Si ha tuttavia la necessità di indagare le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione in corrispondenza delle opere d'arte di nuova realizzazione. A tal fine si sono predisposte campagne d'indagine geognostiche appositamente dedicate (spostamento del Fosso Ficarello).

3.3. PROVINCIA DI FIRENZE

Nel tratto fiorentino la ciclovia abbandona il Fiume Bisenzio, prima del sottopasso dell'autostrada A11 Firenze Mare, percorre la via Fratelli Cervi, lambisce i parcheggi di alcune importanti attività commerciali di zona, sottopassa l'autostrada e, passato l'abitato di Capalle, entra nella periferia di Campi Bisenzio. Proseguendo per tratti residenziali e campestri si giunge il Fosso Collettore.

Per entrare all'interno del comprensorio del Comune di Signa, si dovrà, in località San Piero a Ponti, un attraversamento, a livello (con presidio semaforico), della via Pistoiese.

La ciclovia continua in Comune di Campi Bisenzio fino a raggiungere la stazione ferroviaria di San Donnino

Dal punto di vista geomorfologico anche per il tratto fiorentino, pianeggiante, non presenta criticità di particolare rilievo legate alla stabilità dei terreni.

Si ha tuttavia la necessità di indagare le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione in corrispondenza delle opere d'arte di nuova realizzazione. A tal fine si sono predisposte campagne d'indagine geognostiche appositamente dedicate. Alcune di queste indagini, sottopasso della via Pistoiese a San Piero a Ponti, risultano a supporto di un'opera che, al momento, viene esclusa da una variante di percorso.

4. CENNI DI GEOLOGIA A SCALA VASTA

L'Appennino Settentrionale è costituito, come le altre catene del sistema alpino-himalaiano, da falde tettoniche di notevole spessore ed estensione orizzontale, che durante l'orogenesi alpina si sono spostate di centinaia di chilometri accavallandosi le une sulle altre.

L'Appennino tosco-emiliano può essere diviso in vari domini: dominio delle Liguridi interne ed esterne, Dominio Toscano, Umbro-Romagnolo e Marchigiano e Dominio Sub-Ligure, che si formavano in vari bacini posti da ovest verso est e che hanno portato alla sedimentazione prima ed alla trasposizione poi, delle formazioni che si ritrovano attualmente nell'area in studio.

Le unità torbiditiche del Dominio Toscano si sono depositate circa dieci milioni di anni fa (tra l'Oligocene ed il Miocene) e rappresentano le rocce più diffuse del Dominio costituendo l'ossatura della catena montuosa e molti dei suoi rilievi più alti (M.te Cimone). Si estendono dall'Appennino parmense fino al lago Trasimeno con spessori che raggiungono i 3000 metri.

Le torbiditi presentano caratteristiche litologiche, sedimentologiche e petrografiche poco variabili: sono infatti costituite da banchi che vanno da pochi centimetri a qualche metro di arenarie grossolane che sfumano verso l'alto ad arenaria fine, silt, argilliti e marne. Gli strati arenacei mostrano diverse forme dovute a controimpronte scavate dalle correnti altre dovute ad organismi marini. È inoltre possibile notare in ogni spessore fino a cinque intervalli caratterizzati ognuno da proprie strutture. Questa sequenza (sequenza di Bouma) inizia dal basso con arenaria per passare ad arenaria e silt fino a pelite.

Per quanto riguarda i rapporti stratigrafici tra le varie formazioni, si deve considerare per prima cosa due grandi allineamenti strutturali che si estendono, parallelamente alla catena appenninica, in corrispondenza dei quali le formazioni torbiditiche sono coinvolte in sovrascorrimenti e parti rovesciate.

La parte torbiditica della Falda Toscana ha spessori variabili dai 1500 ai 3000 metri e poggia sugli Scisti Policromi o Scaglia Toscana con la formazione arenacea del Macigno e termina con la formazione arenaceo-marnosa delle Arenarie di M.te Modino e con le Marne di Pievepelago. All'interno si ritrovano lembi di terreni del Dominio Ligure, costituiti da olistostromi all'interno del macigno e delle arenarie di M.te Modino e M.te Cervarola.

L'Appennino Settentrionale è una catena orogenica strutturalmente complessa, formatasi a partire dal Cretaceo superiore in seguito alla chiusura dell'oceano Ligure Piemontese e alla successiva collisione della placca europea con quella adriatica. Durante ciò si possono distinguere una fase oceanica ed una fase intracontinentale:

La fase oceanica inizia al limite tra il Cretaceo inf. e il Cretaceo Sup., e termina nell'Eocene medio con la completa chiusura dell'Oceano Ligure Piemontese. Durante questa fase si forma un prisma di accrezione costruito dall'impilamento per sottoscorrimento verso Ovest delle coperture oceaniche e di parte del loro basamento (Unità Liguri).

Segue, nell'Eocene medio-Sup. la collisione tra il margine continentale europeo e quello adriatico che dà inizio alla fase intracontinentale. In questa fase si ha lo sviluppo di una tettonica a thrust e falde con sottoscorrimento verso ovest delle Unità Toscane, prima, e di quelle Umbro Marchigiane, poi, sotto le unità precedentemente impilate.

L'Appennino Toscano è caratterizzato dall'accavallamento della Falda Toscana (Successione Toscana non metamorfica) sull'Unità Cervarola Falterona. In alcuni casi il sovrascorrimento non si realizza direttamente ma con l'interposizione dell'Unità di Canetolo.

Dopo le ultime fasi compressive responsabili degli impilamenti delle principali unità tettoniche (dall'Oligocene superiore al Pliocene superiore) inizia nel Quaternario un regime distensivo che porta al parziale smembramento dell'edificio strutturale precedentemente costituito con l'origine di una serie di depressioni tettoniche.

Nelle parti più depresse si impiantano dei bacini chiusi che diventano in seguito sede di deposizione lacustre, come il bacino di Firenze – Prato – Pistoia che inizia ad essere attivo dal Pleistocene inferiore.

L'assetto strutturale attuale dell'Appennino settentrionale è inserito all'interno di un dominio geodinamico distensivo responsabile dei rilievi morfostrutturali e delle pronunciate depressioni tettoniche (graben) della Toscana. Il sistema di bacini distensivi si propaga dalla fascia tirrenica verso la catena appenninica, essenzialmente durante il Messiniano-Pliocene Inferiore, durante il Pliocene e il Pleistocene (Bacino di Firenze-Pistoia).

Per quanto riguarda la fase compressiva dell'Appennino settentrionale, avvenuta con il sovrascorrimento delle formazioni liguri verso est, una riattivazione di tale fase si è avuta con la duplicazione delle successioni sinorogeniche (Macigno e Arenarie di M.te Cervarola) sulle Unità Liguri delle zone degli alti rilievi del crinale tosco emiliano (fronte della Falda Toscana) e sulla successione Umbra (Marnoso-Arenacea) del settore Tosco-Emiliano.

5. PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

Il tracciato della ciclovia nel tratto tra la stazione ferroviaria di Pistoia e quella di Signa si sviluppa all'interno di terreni di origine alluvionale.

Non si hanno, pertanto, criticità legate a movimenti di tipo gravitativo e neppure di tipo erosivo dovuti allo scorrere delle acque meteoriche.

Per ulteriori specifiche e chiarimenti si rimanda alle tavole contenute all'interno dell'atlante geologico e geomorfologico allegato in calce al documento.

Criticità, tuttavia, possono essere, invece, legate a locali condizioni in cui si possono avere terreni di fondazione dotati di parametri geotecnici medi o medio scadenti.

A tal fine, in corrispondenza delle opere d'arte di maggiore impegno, si sono eseguite indagini geognostiche per ottenere la parametrizzazione geotecnica dei terreni.

In particolare le aree indagate sono le seguenti

Ubicazione	Sondaggio a catotaggio continuo	Prove penetrometriche DPSH/CPT	Stesa sismica
Torrente Brana - zona cimiteri (Pistoia)	2	2	1
Torrente Bure - Pontenuovo (Pistoia)	2	2	1
Muro di sostegno - Pontenuovo (Pistoia)	1	3	1
Torrente Settola (Montale - PT)	1	2	1
Fosso Ficarello (Montemurlo - FI)		2	
EX - Ponte Baccellina (Signa - Campi Bisenzio - FI)	2	2	1

La ditta incaricata ad eseguire la campagna geognostica e la BIERREGI di Lucca (vedi reparto relativo in allegato).

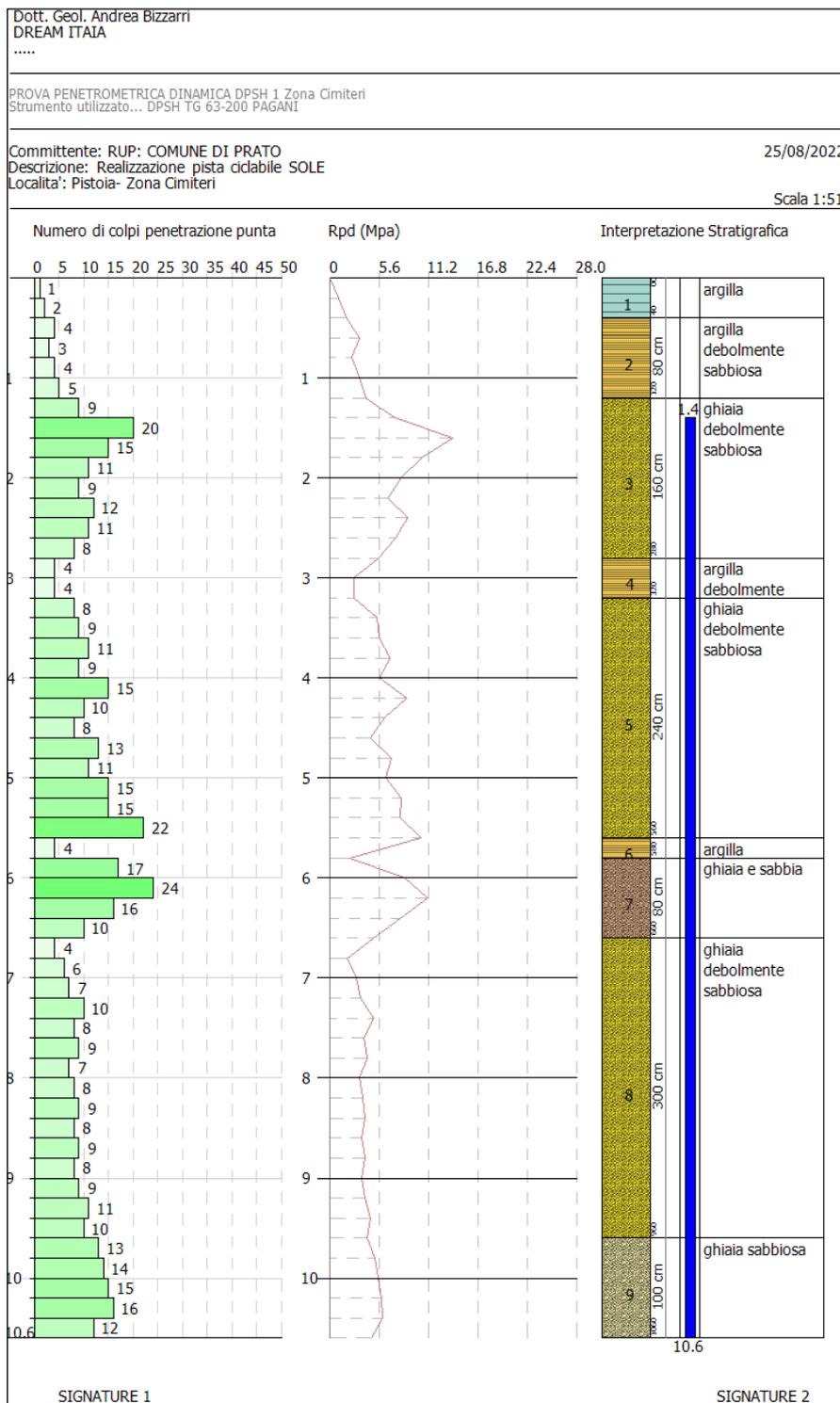
5.1. ZONA CIMITERI PASSERELLA TORRENTE BRANA (PISTOIA)

Il progetto della ciclovia prevede la realizzazione di una passerella da realizzarsi in prossimità del ponte esistente. La passerella unirà il Viale Arcadia con la via dei Campi Santi.

La campagna geognostica prevista per quest'opera si compone di due sondaggi a carotaggio continuo, due prove penetrometriche Dinamiche superpesanti e uno stendimento sismico (MASW).

In prossimità del Camposanto Comunale, in via dei Campi Santi, abbiamo eseguito una prova penetrometrica dinamica superpesante (DPSH). La prova si è spinta fino alla profondità di 10,60 m da piano campagna.

La prova indaga i terreni di fondazione, al momento della stesura della presente relazione, per la sola spalla posta in prossimità della sponda del Torrente Brana.



I valori dei colpi presentano un andamento, in genere, crescente con la profondità e con andamento, all'interno del medesimo strato, discontinuo; ciò ad evidenziare la presenza di ghiaie.

Nel complesso in terreni presentano un grado di addensamento medio elevato.

La fondazione della spalla potrà essere, nei limiti dei parametri geotecnici indicati a seguire, essere realizzata mediante fondazioni superficiali e/o profonde.

Nel primo caso si dovrà scendere ad una quota, d'alveo del Torrente, non inferiore a 1,00 - 1,50 m.

Nel caso di fondazioni profonde la profondità varia, sostanzialmente, al variare del diametro del palo in progetto; si ritiene, tuttavia, che possano essere infissi a profondità < ai 10 m dal pc.

Inserendo i dati di campagna all'interno del software Probing (Geostru) si è elaborata la seguente stima dei parametri geotecnici relativi alla DPSH 1 - Cimitero Comunale di Pistoia

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volum e (KN/	Peso unita' di volum e saturo	Angol o di resiste nza al taglio (°)	Coesio ne non drenat a (KPa)	Modul o Edome trico (Mpa)	Modul o Elastic o (Mpa)	Modul o Poisso n	Modul o di taglio G (Mpa)	Velocit a' onde di taglio (m/s)	Densit a relativ a (%)
Strato (1) argilla	0.00-0. 40	2.00	Coesiv o Incoer ente	15.30	18.14	27.57	12.26	2.18	1.96	0.35	12.23	56.53	34.73
Strato (2) argilla debol mente sabbio sa	0.40-1. 20	5.00	Coesiv o Incoer ente	17.26	18.44	28.43	30.60	5.18	4.90	0.34	28.94	86.56	51.46
Strato (3) ghiaia debol mente sabbio sa	1.20-2. 80	17.00	Coesiv o Incoer ente	20.40	22.46	31.86	112.58	17.18	16.67	0.32	91.42	127.67	85.64
Strato (4) argilla debol mente sabbio sa	2.80-3. 20	6.00	Coesiv o Incoer ente	17.75	18.53	28.71	36.77	6.18	5.88	0.34	34.35	115.3	48.11
Strato (5) ghiaia debol mente sabbio sa	3.20-5. 60	18.00	Coesiv o Incoer ente	20.50	22.56	31.71	119.15	18.18	17.65	0.32	88.89	147.89	74.33
Strato (6) argilla debol mente sabbio sa	5.60-5. 80	6.00	Coesiv o Incoer ente	17.75	18.53	28.71	36.77	6.18	5.88	0.34	34.35	130.5	42.25
Strato (7) ghiaia e	5.80-6. 60	25.00	Coesiv o Incoer ente	20.79	21.77	32.71	165.54	25.18	24.52	0.31	106.51	163.35	75.69

Strato (8)	6.60-9.60	12.00	Coesivo Incoerente	19.81	21.77	30.43	79.43	12.18	11.77	0.33	65.90	157.46	54.66
Strato (9)	9.60-10.60	21.00	Coesivo Incoerente	20.59	20.79	32.14	139.06	21.18	20.59	0.32	96.47	176.25	62.84

Pistoia - Ponte Torrente Brana (zona cimiteri)



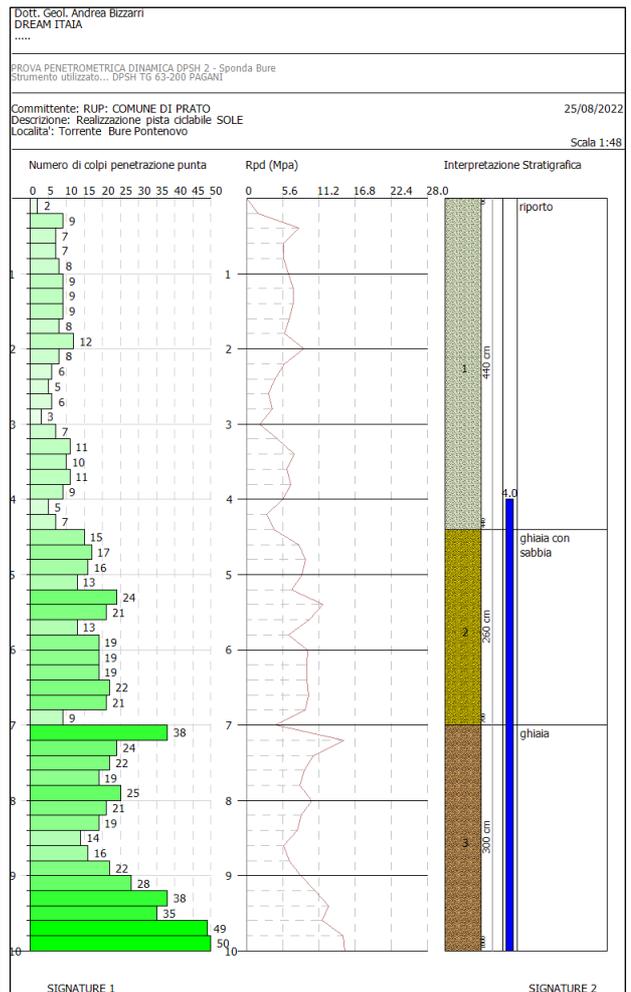
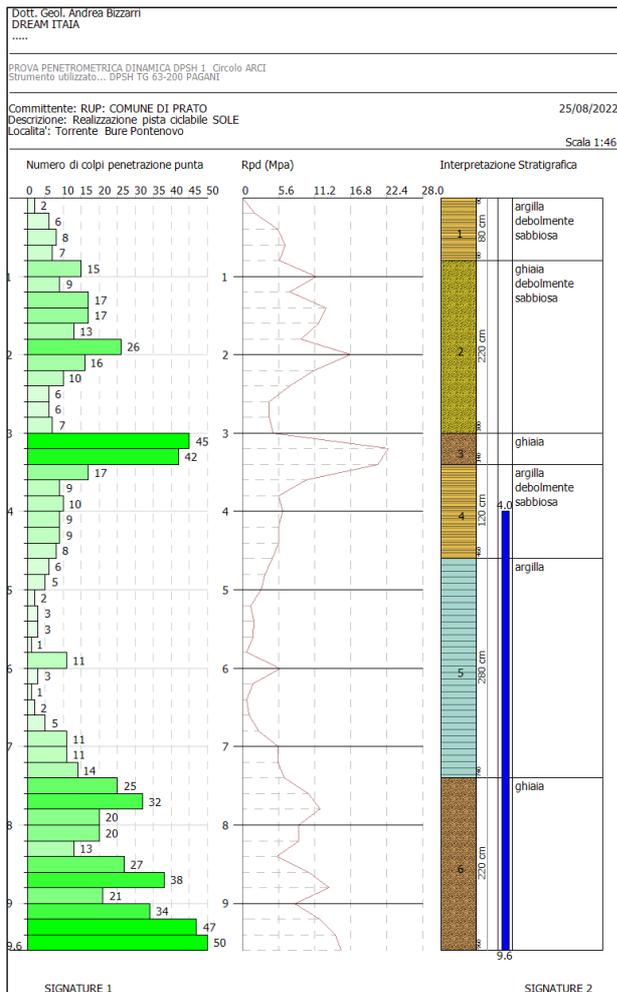
Ubicazione indagini geognostiche

5.2. PONTENUOVO PASSERELLA TORRENTE BURE (PISTOIA)

In prossimità del Circolo ARCI di Pontenuovo a Pistoia è in progetto la realizzazione di una passerella posta in adiacenza al ponte esistente. Il terreno è stato indagato mediante l'esecuzione di due prove penetrometriche superpesanti (DPSH), una per spalla (DPSH 1 Sponda SX e DPSH 2 sponda DX), ed uno stendimento sismico (MASW), in sponda dx. A seguire saranno realizzati due sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 15 da piano campagna. Le prove penetrometriche hanno attraversato terreni d'origine alluvionale depositi in ambiente dotato di elevata energia (conoide alluvionale del Torrente Bure). La DPSH 1 (realizzata nelle pertinenze del Circolo ARCI di Pontenuovo, mostrano la presenza di un livello di terreno, tra 3,40 e e 7,60 m da pc, prevalentemente argilloso dotato di caratteristiche geotecniche medio scadenti.

La DPSH 2, fino a circa 4,2 m da piano campagna attraversa terreni di riporto, posti a tergo del muro di sponda esistente. A quote maggiori le due penetrometrie presentano una buona correlabilità laterale e verticale.

Le opere di fondazione, per la nuova opera, saranno di tipo profondo con un piano d'imposta posto a profondità non inferiore a 7,00 - 8,00 m da pc su livelli ghiaiosi.



Inserendo i dati di campagna all'interno del software Dynamic Probing (Geostru) si è elaborata la seguente stima dei parametri geotecnici relativi alla DPSH - Circolo ARCI

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	P e s o unita' di volume (K N / m³)	P e s o unita' di volume saturo (K N / m³)	Angolo d i resisten z a a l taglio (°)	Coesion e n o n drenata (KPa)	Modulo Edomet rico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo d i taglio G (Mpa)	Velocita' ' o n d e d i taglio (m/s)	Densita' relativa (%)
Strato (1) argilla debol mente sabbio sa	0,00-0, 80	8,00	Coesiv o Incoer ente	18,63	18,73	29	52,96	8,18	7,85	0,34	45,01	82,14	67,43
Strato (2) ghiaia debol mente sabbio sa	0,80-3, 00	19,00	Coesiv o Incoer ente	20,59	22,65	32	125,82	19,18	18,63	0,32	101,50	128,87	87,96
Strato (3) ghiaia	3,00-3, 40	66,00	Coesiv o Incoer	24,52	24,52	46	436,89	66,19	64,72	0,22	327,19	176,77	100
Strato (4) argilla debol mente sabbio sa	3,40-4, 60	15,00	Coesiv o Incoer ente	20,30	22,36	31	99,34	15,18	14,71	0,32	81,28	142,82	65,58
Strato (5) argilla	4,60-7, 40	8,00	Coesiv o Incoer	18,63	18,73	29	52,96	8,18	7,85	0,34	45,01	138,53	45
Strato (6) ghiaia	7,40-9, 60	46,00	Coesiv o Incoer	24,52	24,52	36	304,50	46,19	45,11	0,29	158,37	186,76	81,3

DPSH 2 - Sponda DX Bure

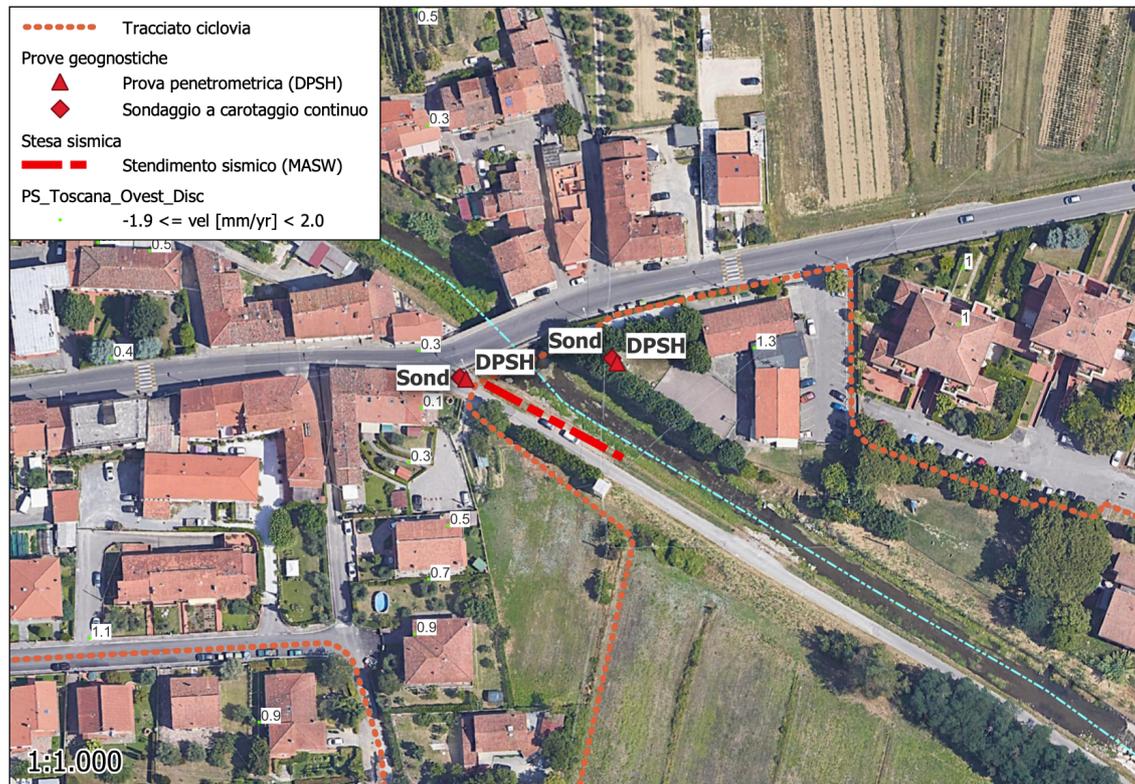
Strato	Prof, (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volume (KN/m ³)	Peso unita' di volume saturo (KN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Velocita' onde di taglio (m/s)	Densita' relativa (%)
Strato (1) riporto	0,00-4,40	11,00	Coesivo Incoerente	19,52	21,48	30	72,86	11,18	10,79	0,33	60,72	120,61	65,29
Strato (2) ghiaia con sabbia	4,40-7,00	26,00	Coesivo Incoerente	20,79	22,06	33	172,11	26,18	25,50	0,31	109,01	161,41	72,79
Strato (3) ghiaia	7,00-10,00	43,00	Coesivo Incoerente	24,52	24,52	35	284,59	43,19	42,17	0,3	151,04	185,14	78,16

Parametri geotecnici per il calcolo della portata di punta palo

Media ragionata strato (6) DPHS 1 e strato (3) DPSH 2

Strato	Prof, (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volume (KN/m ³)	Peso unita' di volume saturo (KN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Densita' relativa (%)
Strato ghiaia	> 7,40	> 43	Coesivo Incoerente	22,00	22,00	35	280	43	42	0,3	150	81

Pistoia - Ponte Torrente Bure (Pontenuovo)



Ubicazione indagini geognostiche

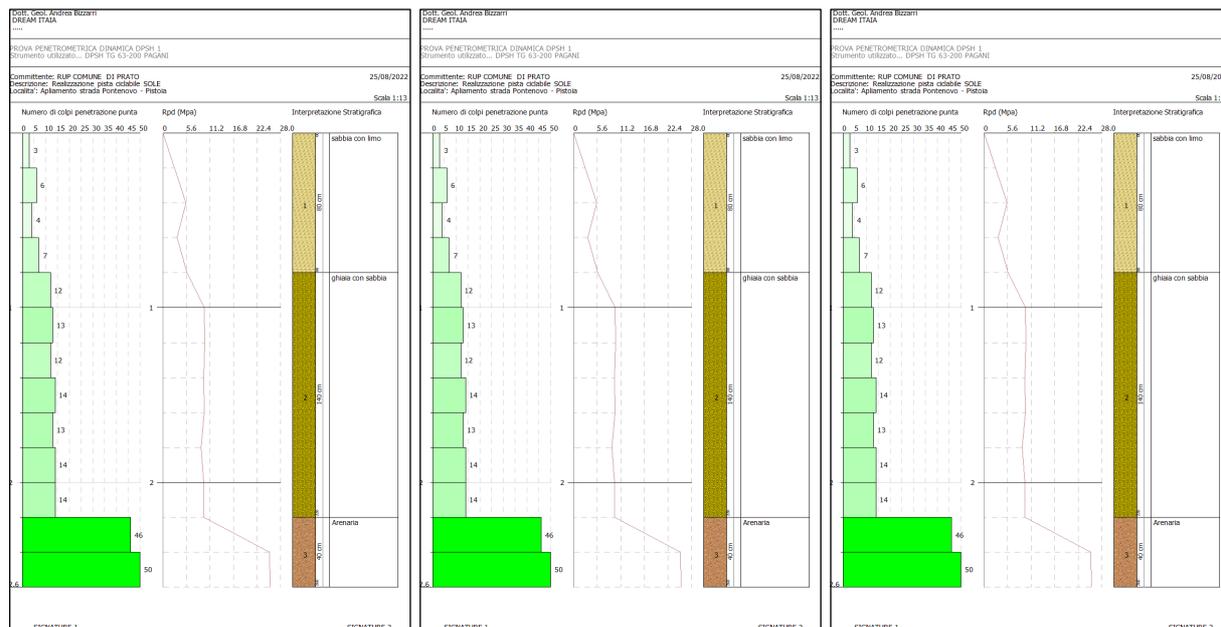
5.3. AMPLIAMENTO SEDE STRADALE PONTENUOVO (PISTOIA)

La ciclovia, dopo aver aggirato il Circolo Arci, raggiunge per un breve tratto la Strada Provinciale. La larghezza e l'importanza dell'asse viario non consente la realizzazione della ciclabile senza procedere ad un allargamento della strada principale che sarà ottenuto andando ad arretrare un'opera muraria esistente.

Le indagini geognostiche si sono composte da un sondaggio a carotaggio continuo (da eseguire), tre prove penetrometriche Dinamiche superpesanti (DPSH) e uno stendimento sismico (MASW).

Le prove hanno raggiunto il substrato arenaceo posto a debole profondità confermato anche dall'interpretazione della stesa sismica.

Le opere di fondazione dell'opera di sostegno da spostare verso monte sono pertanto costituite da un substrato lapideo fratturato. L'opera può, per quanto di nostra competenza, essere realizzata con fondazioni di tipo superficiale.



Inserendo i dati di campagna all'interno del software Dynamic Probing (Geostru) si è elaborata la seguente stima dei parametri geotecnici relativi alla DPSH 1

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volume (KN / m³)	Peso unita' di volume saturo (KN / m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Velocità onde di taglio (m/s)	Densità relativa (%)
Strato (1) sabbia con limo	0.00-0.80	7.35	Coesivo Incoerente	18.34	18.63	29.1	45.01	7.53	7.21	0.34	41.57	80.94	64.68
Strato (2) ghiaia con sabbia	0.80-2.20	19.32	Coesivo Incoerente	20.59	22.65	32.52	127.88	19.50	18.95	0.32	103.11	123.48	92.46
Strato (3) Arenaria	2.20-2.60	70.56	Coesivo Incoerente	24.52	24.52	47.16	467.09	70.75	69.20	0.21	348.40	169.16	100

PROVA DPSH 2

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volume (KN/m ³)	Peso unita' di volume saturo (KN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Velocita' onde di taglio (m/s)	Densita' relativa (%)
Strato (1) sabbia con limo	0.00-1.00	10.00	Coesivo Incoerente	19.32	21.28	29.86	66.19	10.18	9.81	0.33	55.52	89.13	74.32
Strato (2) ghiaia con sabbia	1.00-1.40	24.26	Coesivo Incoerente	20.69	21.57	33.93	160.63	24.44	23.79	0.31	127.71	123.02	100
Strato (3) Arenaria	1.40-2.00	72.52	Coesivo Incoerente	24.52	24.52	47.72	480.04	72.71	71.12	0.21	357.49	159.02	100

DPSH 3

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volume (KN/m ³)	Peso unita' di volume saturo (KN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Velocita' onde di taglio (m/s)	Densita' relativa (%)
Strato (1) sabbia con limo	0.00-1.00	7.06	Coesivo Incoerente	18.24	18.63	29.02	43.25	7.24	6.92	0.34	40.02	83.92	62.66
Strato (2) ghiaia con sabbia	1.00-1.20	41.16	Coesivo Incoerente	24.52	24.52	38.76	272.43	41.34	40.36	0.27	209.91	132.56	100
Strato (3) Arenaria	1.20-1.40	73.50	Coesivo Incoerente	24.52	24.52	48	486.51	73.69	72.08	0.2	362.03	151.35	100

La Prova sismica (MASW) da conferma di quanto indicato dalle indagini penetrometriche attribuendo, per l'area, una categoria di sottosuolo A.

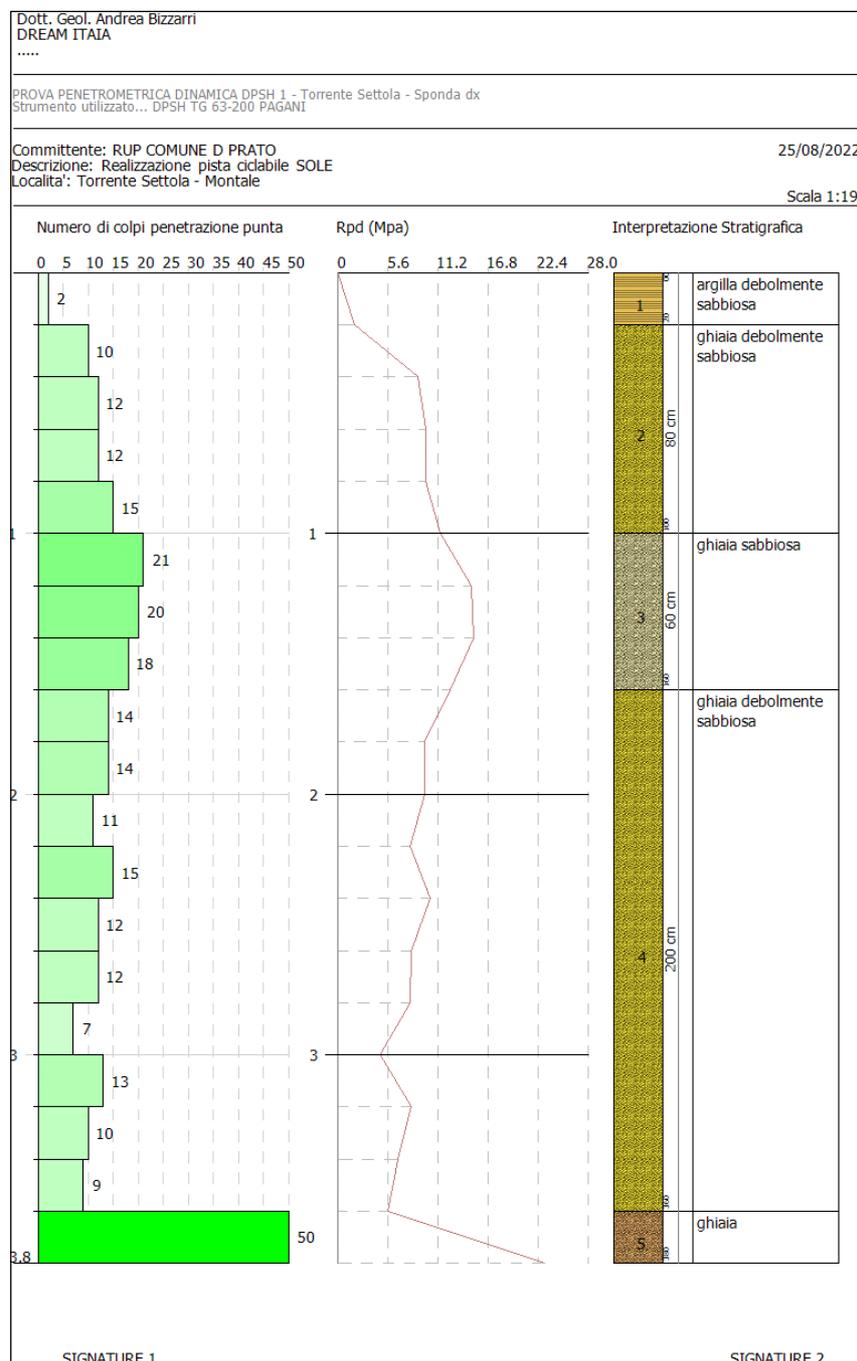
Pistoia - Ampliamento sede stradale (Pontenuovo)



Ubicazione indagini geognostiche

5.4. SOSTITUZIONE PASSERELLA SUL TORRENTE SETTOLA IN COMUNE DI MONTALE (PISTOIA)

In prossimità dell'impianto natatorio in gestione alla COGIS di Pistoia si ha la presenza di un percorso ciclabile e di una passerella sul Torrente Settola. Le caratteristiche della "Sole" impongono di adeguare la passerella esistente mediante una sua sostituzione.



La zona è stata indagata mediante la realizzazione di una prova penetrometrica superpesante (DPSH) e di uno stendimento sismico (MASW). La campagna geognostica si completerà mediante la realizzazione di un sondaggio a carotaggio continuo e un'altra DPSH in sponda sx.

La prova penetrometrica ha fornito valori di resistenza medio elevati andando a rifiuto 3,60 m da pc.

Le strutture di fondazione della nuova opera possono essere, per quanto di nostra competenza, di tipo superficiale previa effettuazione del sondaggio a carotaggio continuo di prossima esecuzione.

Inserendo i dati di campagna all'interno del software Dynamic Probing (Geostru) si è elaborata la seguente stima dei parametri geotecnici relativi alla DPSH 1 - Torrente Settola - Sponda dx

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volum e (KN/	Peso unita' di volum e saturo	Angol o di resiste nza al taglio (°)	Coesio ne non drenat a (KPa)	Modul o Edome trico (Mpa)	Modul o Elastic o (Mpa)	Modul o Poisso n	Modul o di taglio G (Mpa)	Velocit a' onde di taglio (m/s)	Densit a ' relativ a (%)
Strato (1) argilla debol mente sabbio sa	0.00-0. 20	2.98	Coesiv o Incoer ente	15.98	18.24	27.85	18.24	3.16	2.92	0.35	17.79	52.99	42.83
Strato (2) ghiaia debol mente sabbio sa	0.20-1. 00	18.26	Coesiv o Incoer ente	20.50	22.56	32.22	120.92	18.44	17.91	0.32	97.78	102.46	99.33
Strato (3) ghiaia sabbio sa	1.00-1. 60	29.56	Coesiv o Incoer ente	21.18	23.14	35.45	195.64	29.74	28.99	0.3	153.78	129.28	100
Strato (4) ghiaia debol mente sabbio sa	1.60-3. 60	17.70	Coesiv o Incoer ente	20.50	22.56	32.06	117.19	17.88	17.36	0.32	94.96	135.24	79.39
Strato (5) ghiaia	3.60-3. 80	76.10	Coesiv o Incoer	24.52	24.52	48.74	503.77	76.29	74.63	0.2	374.06	186.32	100



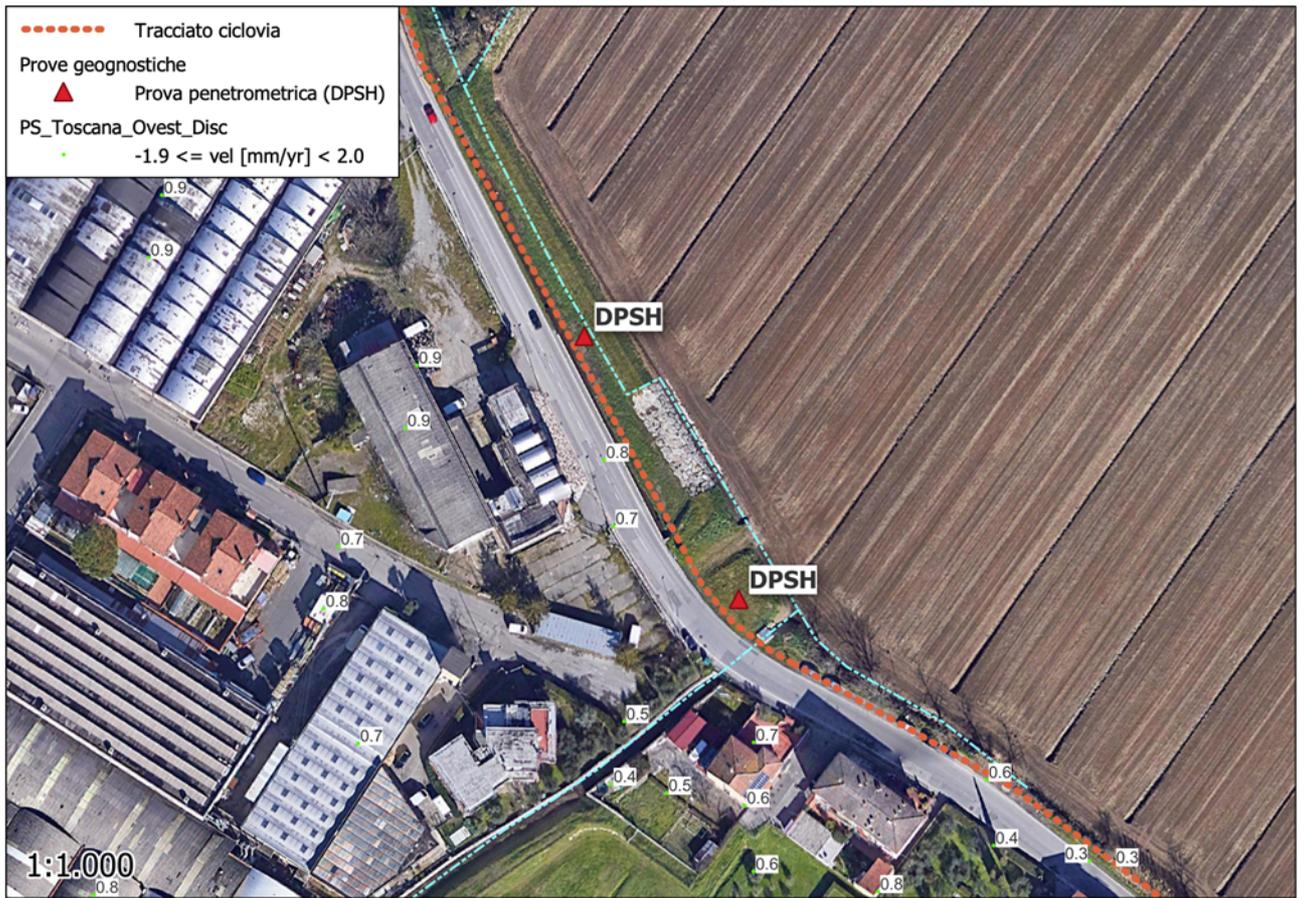
Ubicazione indagini geognostiche

Strato (6) argilla con sabbia	8.20-9.00	25.73	Coesivo Incoerente	20.79	21.97	34.35	170.34	25.91	25.23	0.3	134.97	181.75	71.63
Strato (7) argilla e limo	9.00-10.00	24.40	Coesivo Incoerente	20.69	21.67	33.97	161.52	24.58	23.93	0.31	128.40	183.59	66.93

DPSH 2

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volume (KN/m ³)	Peso unita' di volume saturo (KN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Velocita' onde di taglio (m/s)	Densita' relativa (%)
Strato (1) riporto	0.00-0.20	2.94	Coesivo Incoerente	15.98	18.24	27.84	18.04	3.12	2.88	0.35	17.57	52.86	42.54
Strato (2) argilla e limo	0.20-1.20	10.88	Coesivo Incoerente	19.52	21.48	30.11	71.98	11.06	10.67	0.33	60.10	96.51	75.94
Strato (3) argilla	1.20-3.80	2.38	Coesivo Incoerente	15.59	18.24	27.68	14.61	2.56	2.33	0.35	14.40	94.86	30.37
Strato (4) argilla e limo	3.80-5.40	5.51	Coesivo Incoerente	17.55	18.44	28.57	33.73	5.69	5.40	0.34	31.70	123.38	40.41
Strato (5) argilla con sabbia	5.40-6.20	12.49	Coesivo Incoerente	19.91	21.87	30.57	82.67	12.67	12.25	0.33	68.42	148.65	56.71
Strato (6) argilla e limo	6.20-8.60	7.47	Coesivo Incoerente	18.44	18.63	29.13	45.80	7.65	7.33	0.34	42.20	142.55	40.39
Strato (7) argilla con sabbia	8.60-10.00	22.48	Coesivo Incoerente	20.69	21.18	33.42	148.77	22.66	22.05	0.31	118.88	180.26	64.37

Montemurlo (PO) - Ampliamento sede stradale - Fosso Ficarello (Bagnolo)



Ubicazione indagini geognostiche

5.6. REALIZZAZIONE DI SOTTOPASSO STRADALE COMUNI DI CAMPI BIENZIO E SIGNA (FIRENZE)

In ordine al sopralluogo del 15/02/2023 con i tecnici:

Comune di Signa: Paolo Pasquali

Comune di Prato: Gerarda del Reno, Barbara Giovacchini

Comune di Campi: Ennio Passaniti, Letizia Nieri

Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno: Iacopo Manetti, Francesco Confalone, Neri Tarchiani

Progettisti: Chiara Chiostrini, Simone Galardini

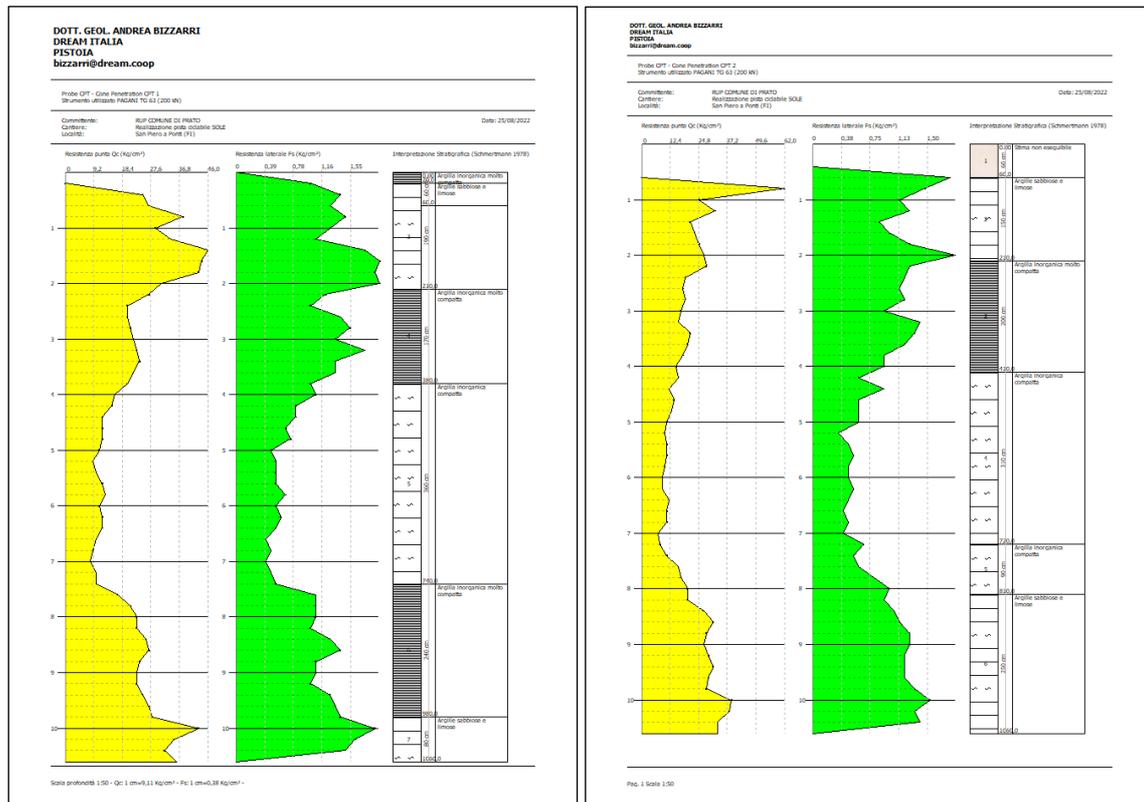
Regione Toscana Genio Civile: Andrea Salvadori

Regione Toscana TPL: Riccardo Buffoni, Mariano Mirannalti, Alessandro Romei

Si è proceduto alla valutazione di un percorso, in variante al PFTE, con il fine di evitare la realizzazione del sottopasso della Via Fiorentina, trasformato in un attraversamento a livello (con presidio semaforico) e un'ottimizzazione del percorso ciclabile con le esigenze degli organi preposti alla manutenzione delle vie d'acqua.

Il presente documento, tuttavia, conserva il quadro conoscitivo geologico e geotecnico ottenuto mediante la realizzazione di una campagna geognostica composta da due sondaggi a carotaggio continuo, da due prove penetrometriche statiche (CPT) e da uno stendimento sismico (MASW).

Le prove penetrometriche hanno permesso di indagare uno spessore di terreno di 10,60 m indicando la presenza di terreni, prevalentemente argillosi, di consistenza medio elevata.



Inserendo i dati di campagna all'interno del software Static Probing (Geostru) si è elaborata la seguente stima dei parametri geotecnici relativi alle CPT

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

- Nr: Numero progressivo strato
- Prof: Profondità strato (m)
- Tipo: C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
- Cu: Coesione non drenata (Kg/cm²)
- Eu: Modulo di defomazione non drenato (Kg/cm²)
- Mo: Modulo Edometrico (Kg/cm²)
- G: Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm²)

OCR: Grado di sovraconsolidazione
Puv: Peso unità di volume (t/m³)
PuvS: Peso unità di volume saturo (t/m³)
Dr: Densità relativa (%)
Fi: Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey: Modulo di Young (Kg/cm²)
Vs: Vs (m/s)

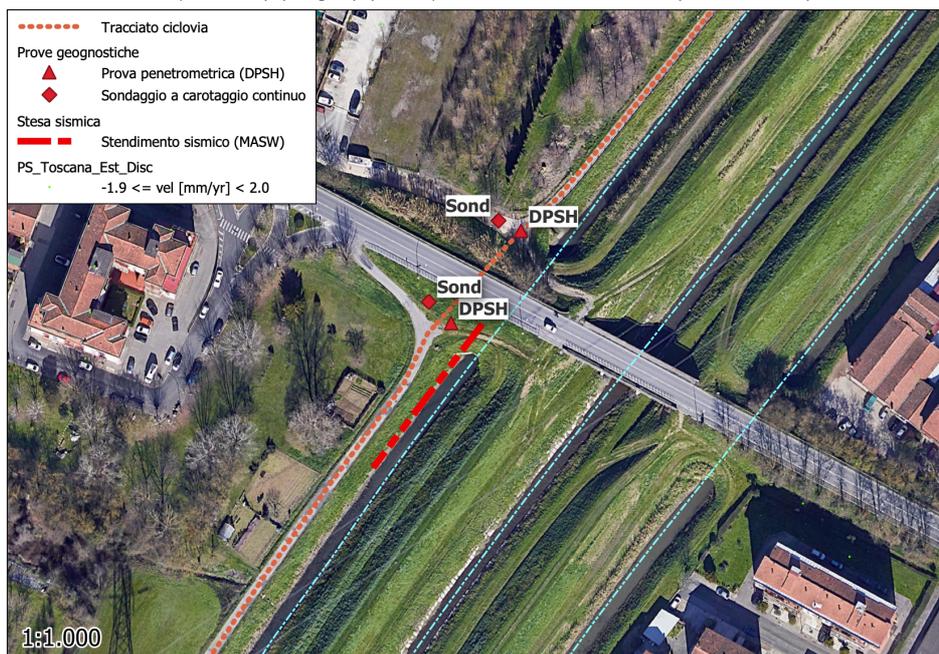
CPT 1

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	0,60	CI	0,9	648,4	86,7	160,0	>9	1,9	2,0	<5	34,6	43,3	168,77
2	0,20	CI	2,0	1460,4	97,5	262,6	>9	2,1	2,2	<5	37,1	97,5	214,41
3	2,10	CI	1,8	1313,6	88,1	246,8	>9	2,1	2,1	<5	30,7	88,1	243,96
4	3,80	CI	1,1	808,4	55,3	185,7	>9	2,0	2,1	<5	23,5	55,3	247,35
5	7,40	CI	0,6	385,0	56,7	123,4	4,3	1,9	1,9	<5	17,2	28,3	226,90
6	9,80	CI	1,2	835,1	59,8	194,8	5,4	2,0	2,1	<5	18,6	59,8	288,94
7	10,60	CI	1,8	1295,0	91,3	252,2	5,3	2,1	2,1	<5	19,8	91,3	328,46

CPT 2

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	0,60	C	0,0	-1,5	0,0	0,0	<0.5	0,0	0,0	--	--	--	0,00
2	2,10	CI	1,5	1143,2	76,8	226,9	>9	2,0	2,1	<5	29,2	76,8	240,51
3	4,10	CI	1,0	694,6	95,5	169,8	>9	2,0	2,0	<5	22,6	47,8	239,68
4	7,20	CI	0,6	370,5	54,7	120,8	3,9	1,9	1,9	<5	17,0	27,3	224,65
5	8,10	CI	0,8	546,7	80,0	152,4	4,1	1,9	2,0	<5	17,4	40,0	256,44
6	10,60	CI	1,5	1067,8	75,6	224,8	5,4	2,0	2,1	<5	19,4	75,6	308,89

Campi Bisenzio (FI) - Signa (FI) - Sottopasso stradale - Ponte Baccellina (San Piero a Ponti)



Ubicazione indagini geognostiche

5.7. STABILITÀ DEI SUOLI DA REMOTE SENSING

Dal Geoportale Lamma si sono scaricati i dati interferometrici al fine di valutare gli spostamenti del suolo misurati dalla strumentazione satellitare per le aree d'interesse.

I satelliti hanno una linea di vista verso destra rispetto alla traiettoria dell'orbita che passa per i poli, per cui non riescono ad apprezzare gli spostamenti orizzontali con andamento N-S.

La ciclovia Sole, nel tratto tra Pistoia e Signa si sviluppa prevalentemente in direzione Est-Ovest può, quindi, risultare significativo un approfondimento specifico del contesto geomorfologico utilizzando gli elementi dell'interferometria radar differenziale tratti dal portale nazionale del Ministero dell'Ambiente, dove sono attivabili dei layers dei progetti SAR contenenti i PS (Permanent Scatterers - PS) dei satelliti ERS, ENVISAT, COSMO SKY-MED e SENTINEL_1 e 2.

Questi sono i nomi dei satelliti che hanno orbitato ed orbitanti non geostazionari inviati nello spazio dall'Agenzia Spaziale Europea E.S.A. per monitorare la superficie della terra e controllarne i movimenti. Tale monitoraggio risulta possibile in quanto i satelliti riescono ad identificare dei punti - PS - (in genere manufatti), dotati di superficie rigida e piana, che riflettono il fascio radar emesso dal satellite ed a calcolarne la distanza ad ogni orbita a partire dalla misura del tempo di ritardo tra l'emissione e la ricezione dell'impulso di ritorno.

Il metodo dei PS è utilizzabile per il monitoraggio del suolo e delle strutture ad esso solidali, nonché per il rilevamento dell'attività di movimenti franosi e deformativi.

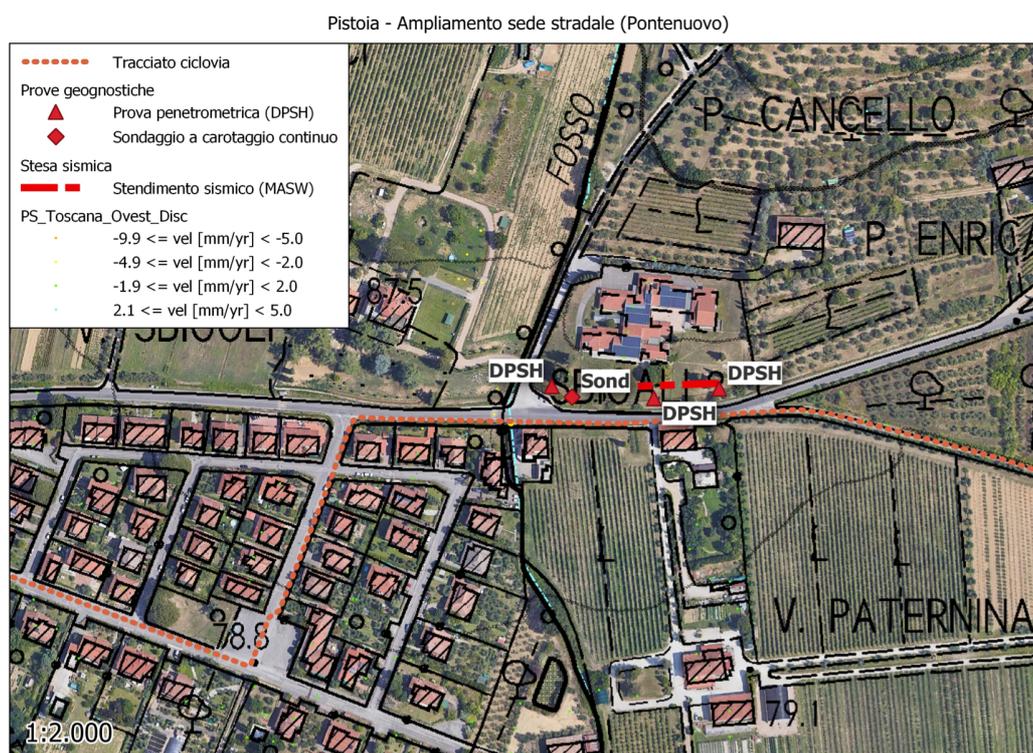
Ciascun satellite è, infatti, in grado di riconoscere, ad ogni orbita, lo stesso PS, anche tramite confronto con la posizione reciproca di tutti gli altri punti al contorno, ricostruendo, orbita dopo orbita, la storia della sua posizione, elaborando anche le relative velocità medie mensili o medie annue (mm/mese o mm/anno) sulla base delle quali costruire una scala di stabilità del PS.

Recentemente sono diventati pubblici i risultati dei monitoraggi eseguiti con i satelliti più moderni oggi in orbita (SENTINEL 1-2) che hanno un tempo di rivisitazione settimanale e non più mensile.

Dal 2014 al 2022 tutti i punti identificati da SENTINEL nella zona interessata dal sedime della ciclovia in oggetto hanno manifestato una buona stabilità.

La sola eccezione viene rappresentata da alcuni ps in giallo (con velocità comprese tra -2,3 e - 3,3 mm/yr) in corrispondenza dell'area in cui si prevede l'ampliamento della sede stradale dalla via Provinciale in località Pontenuovo (Pistoia). Tali spostamenti sono dovuti ad assestamenti del piano viario e dei terreni a monte del muro da traslare.

Le misure indicate da satellite stanno, comunque, ad indicare movimenti di modesta entità.



Ubicazione dei PS da satellite



Il fotogramma estratto dal Geoportale Lamma indica, per il PS marcato, il valore dello spostamento cumulato, dal 5/01/18 al 19/05/21, pari a 14,4 mm

6. CLASSIFICAZIONE SISMICA E CATEGORIE RELATIVE ALLE NTC 2018

La normativa in tema di zonazione sismica, antecedente l'OPCM 3274 e il Decreto Ministeriale 14/01/2008, prevedeva che alle zone di 1a, 2a e 3a categoria venissero associati valori del "coefficiente di sismicità" S (accelerazione massima orizzontale in superficie che si sviluppa durante un evento sismico) attraverso la seguente relazione: $C = S - 2/100$ dove S rappresenta il grado di sismicità della zona rispettivamente di 12, 9 e 6.

L'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 (Pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale in data 8 Maggio 2003) proponeva l'adozione di un sistema normativo coerente con il codice europeo in materia antisismica (EC8).

La Regione Toscana, in applicazione dell'O.P.C. Min. n. 3274 del 20 marzo 2003 con la Delibera n° 604 del 16/06/2003 (Allegati 1 e 2) ha provveduto a una nuova classificazione delle zone sismiche secondo la seguente tabella:

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)	Accelerazione orizzontale max convenzionale (di ancoraggio) dello spettro di risposta elastica (a_g)
1	0.25 g < a_g < 0.35 g	0.35 g
2	0.15 g < a_g < 0.25 g	0.25 g
3	0.05 g < a_g < 0.15 g	0.15 g
4	< 0.05 g	0.05 g

La successiva classificazione (Deliberazione di G.R.T. N.431 del 19 giugno 2006) prevede per alcuni comuni del territorio regionale una declassazione da zona a media sismicità a zona a bassa sismicità (da zona 2 a zona 3), pertanto è stato ritenuto opportuno mantenere lo stesso livello di protezione assicurato dalle azioni sismiche della zona 2, prevedendo di conseguenza l'individuazione di una zona 3s.

In base, infine, alla Delibera N 421 del 26/05/2014 di Giunta della Regione Toscana con oggetto: Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M.

3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Revoca della DGRT 431/2006.



Classificazione sismica Regione Toscana

Per cui il territorio comunale di Pistoia Montale e Montemurlo ricadono in classe 2 e i Comuni di Prato, Campi Bisenzio e Signa in classe 3

6.1. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E TOPOGRAFICA

Dalle NTC 2018:

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità VS per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

hi spessore dell'*i*-esimo strato;

VS,i velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio

VS_{eq} è definita dal parametro VS_{30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Riguardo le opere d'arte in progetto si può affermare, in attesa dei report relativi alle MASW che il bedrock sismico si sia raggiunto solo per l'intervento 2 relativo all'ampliamento della sede stradale in località Pontenuovo a Pistoia a profondità inferiori a 3 m dal piano campagna. Per gli altri siti indagati il bedrock sismico non viene raggiunto e occorre, pertanto, calcolare la VS_{30} .

La normativa prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura che dello spessore della stessa e a tale proposito vengono identificate 5 classi, A, B, C, D e E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

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

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

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici, come nel caso in oggetto, si può adottare la seguente classificazione:

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

In via preliminare si assumono le seguenti categorie da verificare previa esecuzione delle indagini MASW :

Intervento	Categoria di sottosuolo	Categoria topografica
Zona cimiteri passerella Torrente Brana (Pistoia)	B	T1
Pontenuovo passerella Torrente Bure (Pistoia)	B	T1
Ampliamento sede stradale Pontenuovo - Pistoia	A	T1
Ampliamento passerella sul Torrente Settola in Comune di Montale (Pistoia)	B	T1
Ampliamento sede stradale sul Fosso Ficarello in località Bagnolo - Comune di Montemurlo (Prato)	C	T1
Realizzazione di sottopasso stradale comuni di Campi Bisenzio e Signa (Firenze)	C	T1

Pistoia, marzo 2023

Per DREAM Italia
Dott. Geol. andrea Bizzarri
Iscr. Albo geologi Toscana n°644

7. PROVE PENETROMETRICHE – CENNI TEORICI

7.1. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE - DPSH

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri Dinamici

La prova penetrometrica Dinamica consiste nell'infingere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri Dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri Dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri Dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DPM-NO (DL-30) (MEDIO)	DPM (NO (DL-30)	$10 < M < 140$	20-25
- Pesante (massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm ² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 80$	25
- Super pesante (Super Heavy) (DPSH)	DPSH	$M \geq 60$	25
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)			
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica			

($\alpha = 60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H=0.75 m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica

($\alpha = 60^\circ$), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{sp}t

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di riportare il numero di colpi di una prova Dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:
$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

in cui

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

- M peso massa battente.
- M' peso aste.
- H altezza di caduta.
- A area base punta conica.
- δ passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

- R_{pd} resistenza dinamica punta (area A).
- e infissione media per colpo (δ/N).
- M peso massa battente (altezza caduta H).
- P peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{v0})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (\text{Liao e Whitman 1986})$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

- ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
- C_s parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
- C_d funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
- C_r parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della GeoStru Software.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,

- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (+ s)

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (- s)

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione $d = 1$ m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi). Attraverso la relazione di SHI-MING (1982), applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di SHI-MING.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

Nspt è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)

Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).

Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.

De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .

Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).

Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.

Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.

Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.

Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.

Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.

Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Meyerhof (1957).

Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (Ey)

Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.

Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .

Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.

D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.

Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

Buisman-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.

Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).

Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/s)

Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.

Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_o)

Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

Robertson (1983) - Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).

Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.

Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).

Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.

Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche

< 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.

(U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).

Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per argille e limi argillosi con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.

Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .

Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.

Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.

Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.

Begemann.

De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.

Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .

Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).

Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cm^2)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).

Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt} = 6-12$).

Modulo Di Young (EY)

Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15 .

D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

Meyerhof ed altri.

7.2. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CONE PENETRATION TEST) CPT

PROVE CPT : METODOLOGIA DELL' INDAGINE

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm / s} \pm 0,5 \text{ cm / s}$).

La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica.

La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale : punta / manicotto tipo "**Begemann**".

Le dimensioni della punta / manicotto sono standardizzate, e precisamente :

- diametro Punta Conica meccanica $\varnothing = 35,7 \text{ mm}$

- area di punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$

- angolo di apertura del cono $\alpha = 60^\circ$

- superficie laterale del manicotto $A_m = 150 \text{ cm}^2$

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'infissione.

REGISTRAZIONE DATI.

Una cella di carico, che rileva gli sforzi di infissione, è montata all'interno di un'unità rimovibile, chiamata "selettore", che preme alternativamente sull'asta interna e su quella esterna.

Durante la fase di spinta le aste sono azionate automaticamente da un comando idraulico. L'operatore deve solamente controllare i movimenti di spinta per l'infissione delle aste.

I valori acquisiti dalla cella di carico sono visualizzati sul display di una Sistema Acquisizione Automatico (qualora presente) o sui manometri.

Per mezzo di un software (in alcuni strumenti) è possibile sia durante l'acquisizione, che in un secondo momento a prove ultimate trasferire i dati ad un PC.

Le letture di campagna (che possono essere rilevate dal sistema di acquisizione sia in Kg che in Kg/cm^2) durante l'infissione sono le seguenti:

Lettura alla punta **LP** = prima lettura di campagna durante l'infissione relativa all'infissione della sola punta

Lettura laterale **LT** = seconda lettura di campagna relativa all'infissione della punta+manicotto

Lettura totale **LLTT** = terza lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (tale lettura non sempre viene rilevata in quanto non è influente metodologicamente ai fini interpretativi)

METODOLOGIA DI ELABORAZIONE

I dati rilevati della prova sono quindi una coppia di valori per ogni intervallo di lettura costituiti da LP (Lettura alla punta) e LT (Lettura della punta + manicotto), le relative resistenze vengono quindi desunte per differenza, inoltre la resistenza laterale viene conteggiata 20 cm sotto (alla quota della prima lettura della punta).

Trasferiti i dati ad un PC vengono elaborati da un programma di calcolo "**STATIC PROBING**" della GeoStru

La resistenze specifiche **Qc** (Resistenza alla punta **RP**) e **Ql** Resistenza Laterale **RL** o **fs** attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) vengono desunte tramite opportune costanti e sulla base dei valori specifici dell'area di base della punta e dell'area del manicotto di frizione laterale tenendo in debito conto che:

$$A_p = \text{l'area punta (base del cono punta tipo "Begemann")} = 10 \text{ cm}^2$$

$$A_m = \text{area del manicotto di frizione} = 150 \text{ cm}^2$$

$$C_t = \text{costante di trasformazione} = 10$$

Il programma Static Probing permette inoltre l'archiviazione, la gestione e l'elaborazione delle Prove Penetrometriche Statiche.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno. L'utilizzo dei dati dovrà comunque essere trattato con spirito critico e possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

I dati di uscita principali sono RP (Resistenza alla punta) e RL (Resistenza laterale o fs, attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) che il programma calcola automaticamente; inoltre viene calcolato il Rapporto RP/RL (Rapporto Begemann 1965) e il Rapporto RL/RP (Rapporto Schmetmann 1978 – FR %).

I valori sono calcolati con queste formule:

$$Q_c \text{ (RP)} = (LP \times C_t) / 10 \text{ cm}^2. \quad \text{Resistenza alla punta}$$

$$Q_l \text{ (RL) (fs)} = [(LT - LP) \times C_t] / 150 \text{ cm}^2. \quad \text{Resistenza laterale}$$

$$Q_c \text{ (RP)} = \text{Lettura alla punta LP} \times \text{Costante di Trasformazione } C_t / \text{Superficie Punta } A_p$$

$$Q_l \text{ (RL) (fs)} = \text{Lettura laterale LT} - \text{Lettura alla punta LP} \times \text{Costante di Trasformazione } C_t / A_m \text{ area del manicotto di frizione}$$

N.B.

$$- A_p = 10 \text{ cm}^2 \quad \text{e} \quad A_m = 150 \text{ cm}^2$$

- la resistenza laterale viene conteggiata **20 cm sotto** (alla quota della prima lettura della punta)

VALUTAZIONI STATISTICHE

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Static Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Medio

Media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Media (+) s

Media (+) scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Media (-) s

Media (-) scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

CORRELAZIONI

Scegliendo il tipo di interpretazione litologica (consigliata o meno a seconda del tipo di penetrometro utilizzato) si ha in automatico la stratigrafia con il passo dello strumento ed interpolazione automatica degli strati. Il programma esegue inoltre il grafico (per i vari autori) Profondità/Valutazioni litologiche, per visualizzare in maniera diretta l'andamento delle litologie presenti lungo la verticale indagata.

INTERPRETAZIONI LITOLOGICHE (Autori di riferimento)

Searle 1979

Douglas Olsen 1981 (consigliato per CPTE)

A.G.I. 1977 (consigliato per CPT)

Schmertmann 1978 (consigliato per CPT)

Robertson 1983-1986 (consigliato per CPTE)

Begemann 1965 (consigliato per CPT)

Suddivisione delle metodologie di indagine con i Penetrometri statici

CPT (Cone Penetration Test – punta Meccanica tipo Begemann)

CPTE (Cone Penetration Test Electric – punta elettrica)

CPTU (Piezocono)

Per quanto riguarda la PUNTA ELETTRICA generalmente tale strumento permette di ottenere dati in continuo con un passo molto ravvicinato (anche 2 cm.) rispetto al PUNTA MECCANICA (20 cm.).

Per il PIEZOCONO i dati di inserimento oltre a quelli di LP e LT sono invece la pressione neutrale misurata ed il tempo di dissipazione (tempo intercorrente misurato tra la misura della sovrappressione neutrale e la pressione neutrale o pressione della colonna d'acqua). Tale misurazione si effettua generalmente misurando la sovrappressione ottenuta in fase di spinta e la pressione neutrale (dissipazione nel tempo) misurata in fase di alleggerimento di spinta (arresto penetrazione). Il programma usato per le elaborazioni permette di immettere $U1 - U2 - U3$ cioè la sovrappressione neutrale misurata rispettivamente con filtro poroso posizionato nel cono, attorno al cono, o attorno al manicotto a seconda del tipo di piezocono utilizzato. Tale sovrappressione (che è data dalla somma della pressione idrostatica preesistente la penetrazione e dalle pressioni dei pori prodotte dalla compressione) può essere positiva o negativa e generalmente varia da (-1 a max. + 10-20 kg/cmq) ed è prodotta dalla compressione o dilatazione del terreno a seguito della penetrazione. Per il calcolo oltre ai dati strumentali generali si deve immettere per una correzione dei valori immessi :

Area punta del cono (area esterna punta)

Area interna punta del cono (area del restringimento in prossimità del setto poroso – interna cono-manicotto). Generalmente il rapporto tra le aree varia da (0,70 – 1,00).

Il Passo del penetrometro (l'intervallo entro cui effettua la lettura, generalmente per penetrometri normali è 20 cm., per le punte elettriche-piezoconi può essere di 2 cm).

Il programma elabora quindi i dati di resistenza alla punta e laterale f_s con le opportune correzioni dovute alla normalizzazione (con la tensione litostatica e con la pressione dei pori). Robertson definisce infine il valore caratteristico del I_c (Indice di tipo dello strato) e Contenuto in materiale fine FC % (cioè la percentuale di contenuto argilloso < 2 micron).

CORRELAZIONI GEOTECNICHE

Scegliendo il tipo di interpretazione litologica si ha in automatico la stratigrafia con il passo dello strumento ed interpolazione automatica degli strati.

Ad ogni strato mediato il programma calcola la Q_c media, la f_s media, il peso di volume naturale medio, il comportamento geotecnico (coesivo, incoerente o coesivo-incoerente), ed applica una texture.

L'utilizzo dei dati dovrà comunque essere trattato con spirito critico e possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

TERRENI INCOERENTI

Angolo di Attrito

Angolo di Attrito (Durgunouglu-Mitchell 1973-1975) – per sabbie N.C. e S.C. non cementate

Angolo di Attrito (Meyerhof 1951) – per sabbie N.C. e S.C.

Angolo di Attrito Herminier

Angolo di Attrito (Caquot) - per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi

Angolo di Attrito (Koppejan) - per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi

Angolo di Attrito (De Beer 1965-1967) - per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi

Angolo di Attrito (Robertson & Campanella 1983) - per sabbie non cementare quarzose

Angolo di Attrito (Schmertmann 1977-1982) – per varie litologie (correlazione che generalmente sovrastima il valore)

Densità relativa (%)

Densità Relativa (Baldi ed altri 1978-1983 - Schmertmann 1976) - per sabbie NC non cementate

Densità Relativa (Schmertmann)

Densità Relativa (Harman 1976)

Densità Relativa (Lancellotta 1983)

Densità Relativa (Jamiolkowski 1985)

Densità Relativa (Larsson 1995) - per sabbie omogenee non gradate

Modulo di Young

Modulo di Young (Schmertmann 1970-1978) $E_y(25) - E_y(50)$ - modulo secante riferito rispettivamente al 25 % e 50 % del valore di rottura – prima fase della curva carico/deformazione

Modulo di Young secante drenato (Robertson & Campanella 1983) $E_y(25) - E_y(50)$ - per sabbie NC Quarzose.

Modulo di Young (ISOPT-1 1988) $E_y(50)$ - per sabbie OC sovraconsolidate e SC

Modulo Edometrico

Modulo Edometrico (Robertson & Campanella) da Schmertmann

Modulo Edometrico (Lunne-Christoffersen 1983 - Robertson and Powell 1997) - valido per sabbie NC

Modulo Edometrico (Kulhawy-Mayne 1990)

Modulo Edometrico (Mitchell & Gardner 1975) – valido per sabbie

Modulo Edometrico (Buisman - Sanglerat) – valido per sabbie argillose

Peso di Volume

Peso di Volume (Meyerhof) -

Peso di Volume saturo (Meyerhof) -

Modulo di deformazione di taglio

Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per **sabbie** e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Potenziale di Liquefazione

Verifica alla liquefazione dei suoli incoerenti (Metodo di Robertson e Wride 1997 – C.N.R. – GNDT) – coefficiente di sicurezza relativo alle varie zone sismiche I-I-III-IV cat. – N.B. la liquefazione è assente per $F_s \geq 1,25$, possibile per $F_s = 1,0-1,25$ e molto probabile per $F_s < 1$

Fattori di compressibilità

Ramo di carico C (autori vari)

Ramo di carico medio Crm (autori vari)

OCR - Grado di Sovraconsolidazione

Grado di Sovraconsolidazione OCR - (metodo Stress-History)

Grado di Sovraconsolidazione OCR (Larsson 1991 S.G.I.)

Grado di Sovraconsolidazione OCR (Piacentini-Righi Inacos 1978)

Grado di Sovraconsolidazione OCR - (Ladd e Foot - Ladd ed altri 1977)

Modulo Di Reazione Ko

(Kulhawy Maine, 1990).

Correlazione NSPT

Meardi – Meigh 1972

Meyerhof

TERRENI COESIVI

Coesione Non Drenata

Coesione non drenata (Lunne & Eide)

Coesione non drenata (Rolf Larsson SGI 1995) - suoli fini granulari

Coesione non drenata (Baligh ed altri 1976-1980) in tale elaborazione occorre inserire il valore di N_k (generalmente variabile da 11 a 25)

Coesione non drenata (Marsland 1974-Marsland e Powell 1979)

Coesione non drenata Sunda (relazione sperimentale)

Coesione non drenata (Lunne T.-Kleven A. 1981)

Coesione non drenata (Kjekstad. 1978)

Coesione non drenata (Lunne, Robertson and Powell 1977)

Coesione non drenata (Terzaghi - valore minimo)

Coesione non drenata (Begemann)

Coesione non drenata (De Beer) - valida per debole coesione.

Indice Di Compressione C

Indice di Compressione Vergine C_c (Schmertmann)

Indice di Compressione Vergine C_c (Schmertmann 1978)

Fattore di compressibilità ramo di carico C (Piacentini-Righi Inacos 1978)

Fattore di compressibilità medio ramo di carico C_{rm} (Piacentini-Righi Inacos 1978).

Modulo Edometrico-Confinato

Mitchell - Gardnerr (1975) M_o (Eed) (Kg/cmq) per limi e argille.

Metodo generale del modulo edometrico.

Buisman correlazione valida per limi e argille di media plasticità – Alluvioni attuali argille plastiche – suoli organici (W 90-130)

Buisman e Sanglerat valida per litotipi argille copatte

Valore medio degli autori su suoli coesivi

Modulo di deformazione non drenato

Modulo di deformazione non drenato E_u (Cancelli ed altri 1980)

Modulo di deformazione non drenato E_u (Ladd ed altri 1977) – (Inserire valore n $30 < n < 1500$ sulla base di esperienze acquisite e del tipo

litologico)

Peso di Volume

Peso di Volume terreni coesivi (t/mq) (Meyerhof)

Peso di Volume saturo terreni coesivi (t/mq) (Meyerhof)

Modulo di deformazione di taglio)

Imai & Tonouchi (1982)

OCR

Grado di Sovraconsolidazione OCR - (metodo Stress-History)

Grado di Sovraconsolidazione OCR (P.W. Mayne 1991) - per argille ed argille sovraconsolidate

Grado di Sovraconsolidazione OCR (Larsson 1991 S.G.I.)

Grado di Sovraconsolidazione OCR (Piacentini-Righi Inacos 1978)

Grado di Sovraconsolidazione Jamiolkowski et altri 1979 – valida per argilla di Taranto

Grado di Sovraconsolidazione Schmertmann 1978

Coefficiente Di Consolidazione Verticale

Coefficiente di Consolidazione C_v (Piacentini-Righi, 1988)

Permeabilità

Coefficiente di Permeabilità K (Piacentini-Righi, 1988)

8. ATLANTE CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Ciclovia del SOLE

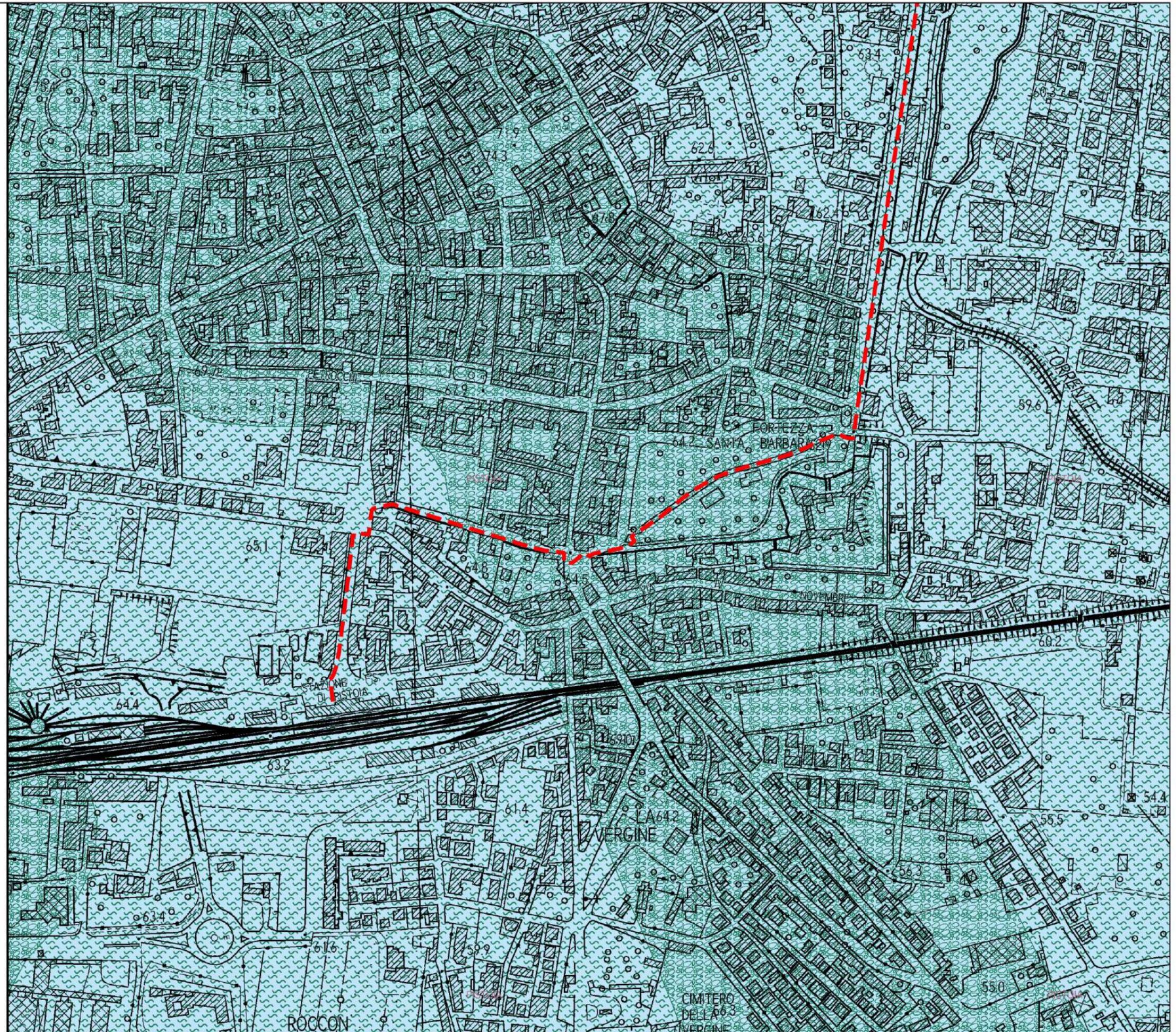
— Tracciato Ciclovia

Depositi superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Inattivo Ghiaie

Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici



Ciclovia del SOLE

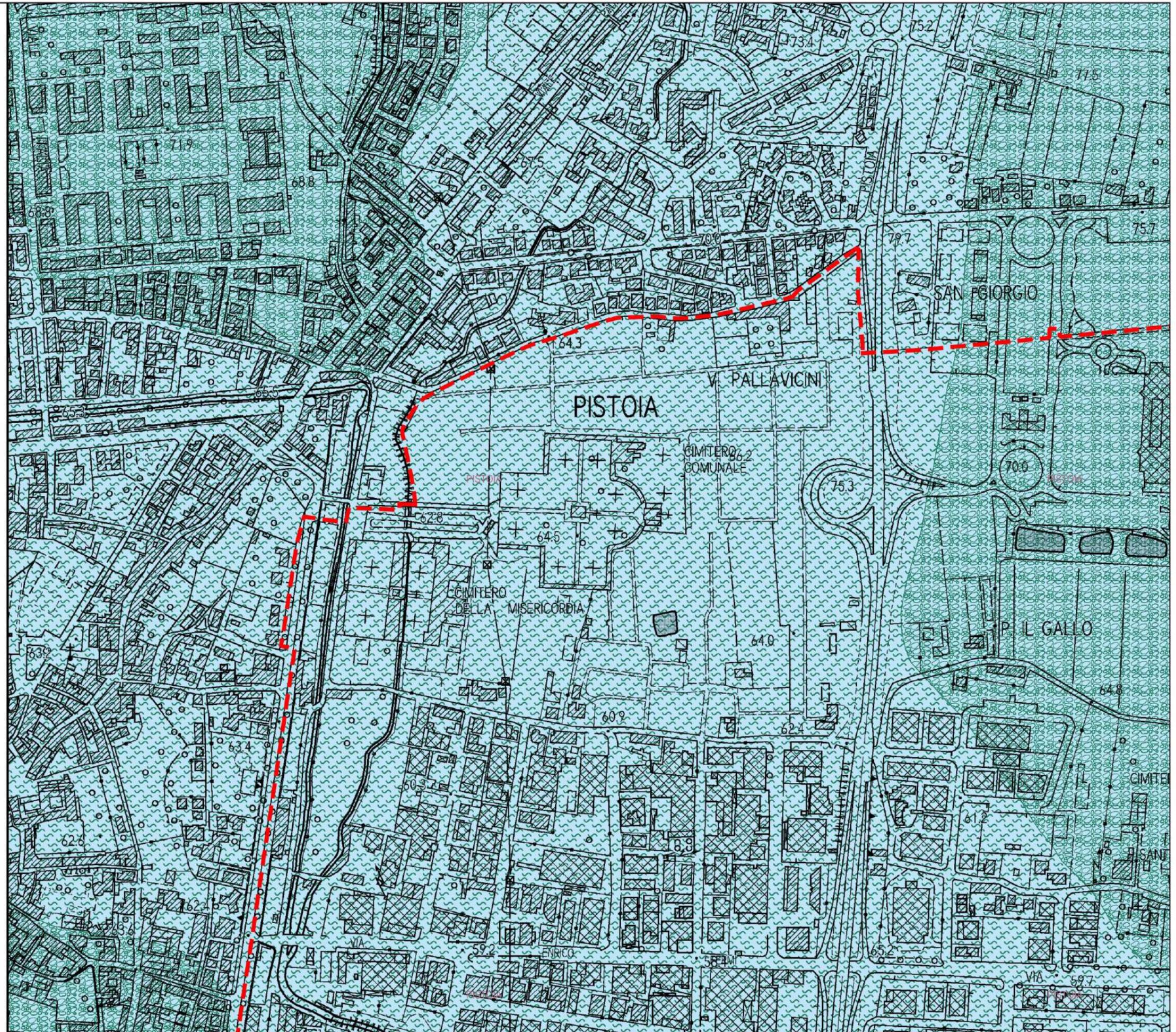
Tracciato Ciclovia

Depositi superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Inattivo Ghiaie

Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici



Ciclovia del SOLE

— Tracciato Ciclovia

Depositi superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Inattivo Ghiaie

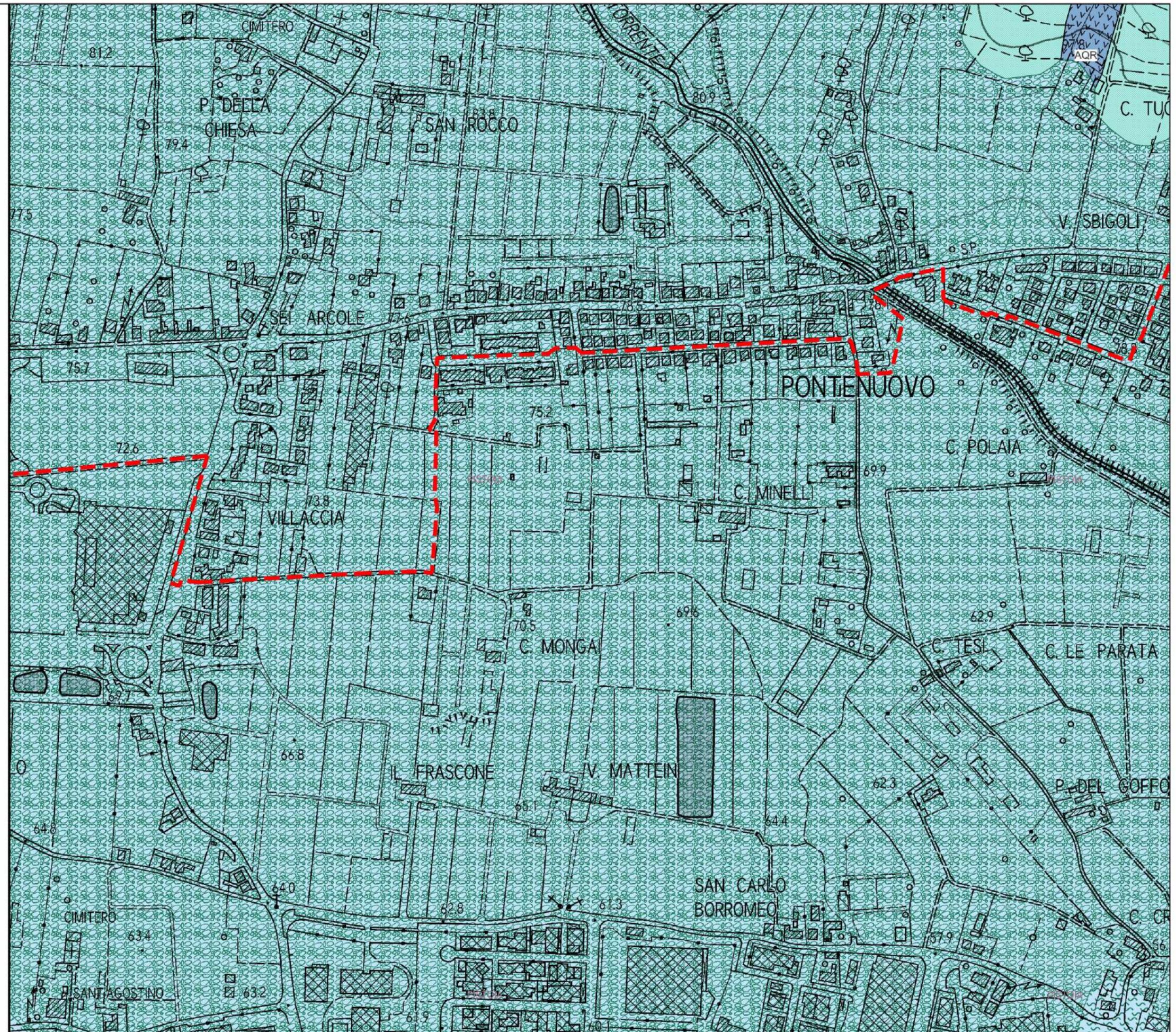
Fenomeni franosi

Forme, processi e depositi di versante dovuti alla gravita'

Quiescente - Movimento indeterminato

Litologia

AQR- Arenarie e siltiti silicoclastiche torbiditiche
CHATTIANO - BURDIGALIANO



Ciclovia del SOLE

— Tracciato Ciclovia

Depositi superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Inattivo Ghiaie

Fenomeni franosi

Forme, processi e depositi di versante dovuti alla gravita'

Quiescente - Movimento indeterminato

Litologia

AQR- Arenarie e siltiti silicoclastiche torbiditiche
CHATTIANO - BURDIGALIANO



Ciclovía del SOLE

— Tracciato Ciclovía

Depositi superficiali

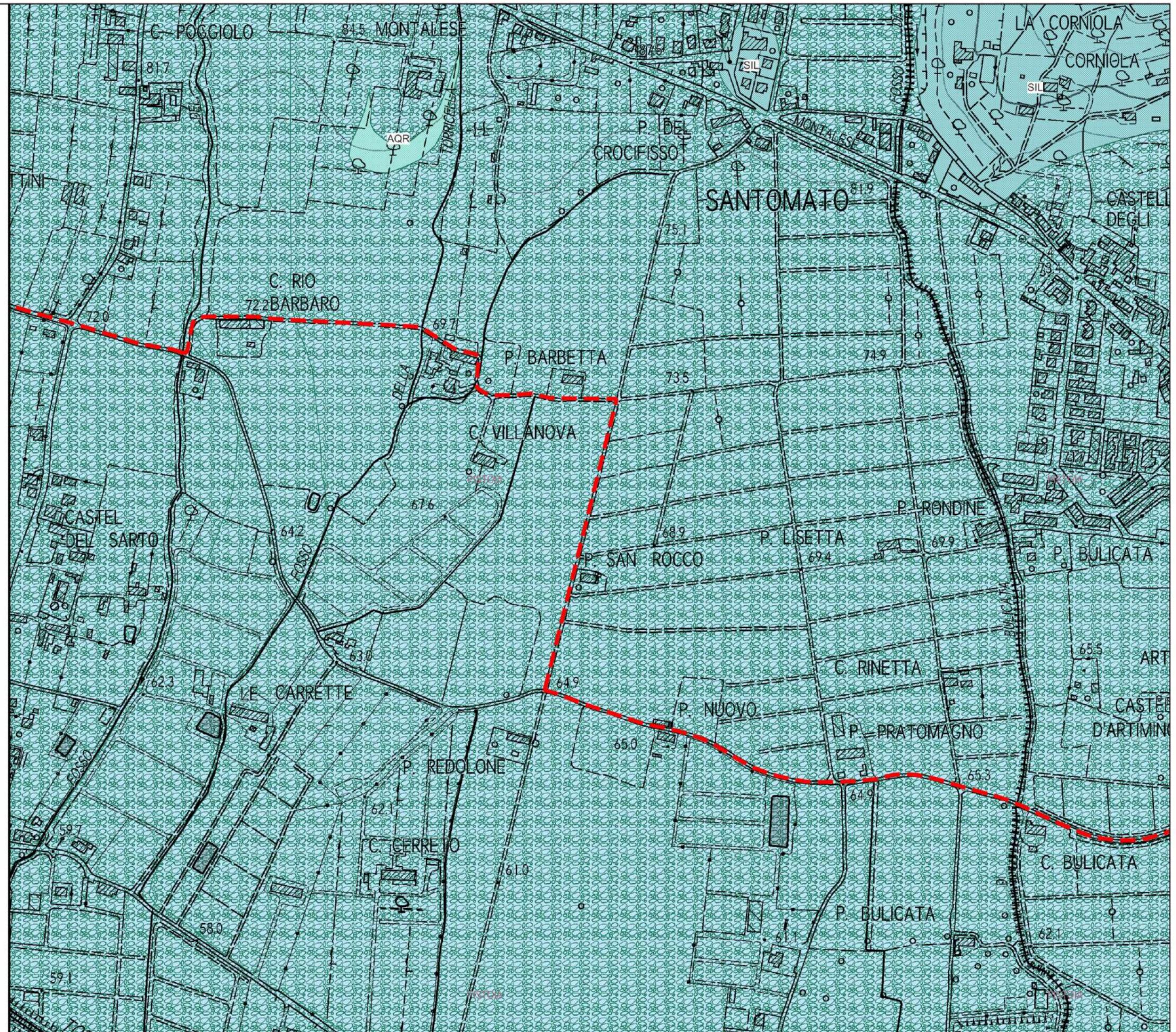
Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Inattivo Ghiaie

Litologia

AQR- Arenarie e siltiti silicoclastiche torbiditiche
CHATTIANO - BURDIGALIANO

SIL- Argilliti grigio-brune e calcilutiti
CRETACICO SUPERIORE - PALEOCENE



Ciclovia del SOLE

— Tracciato Ciclovia

Depositi superficiali

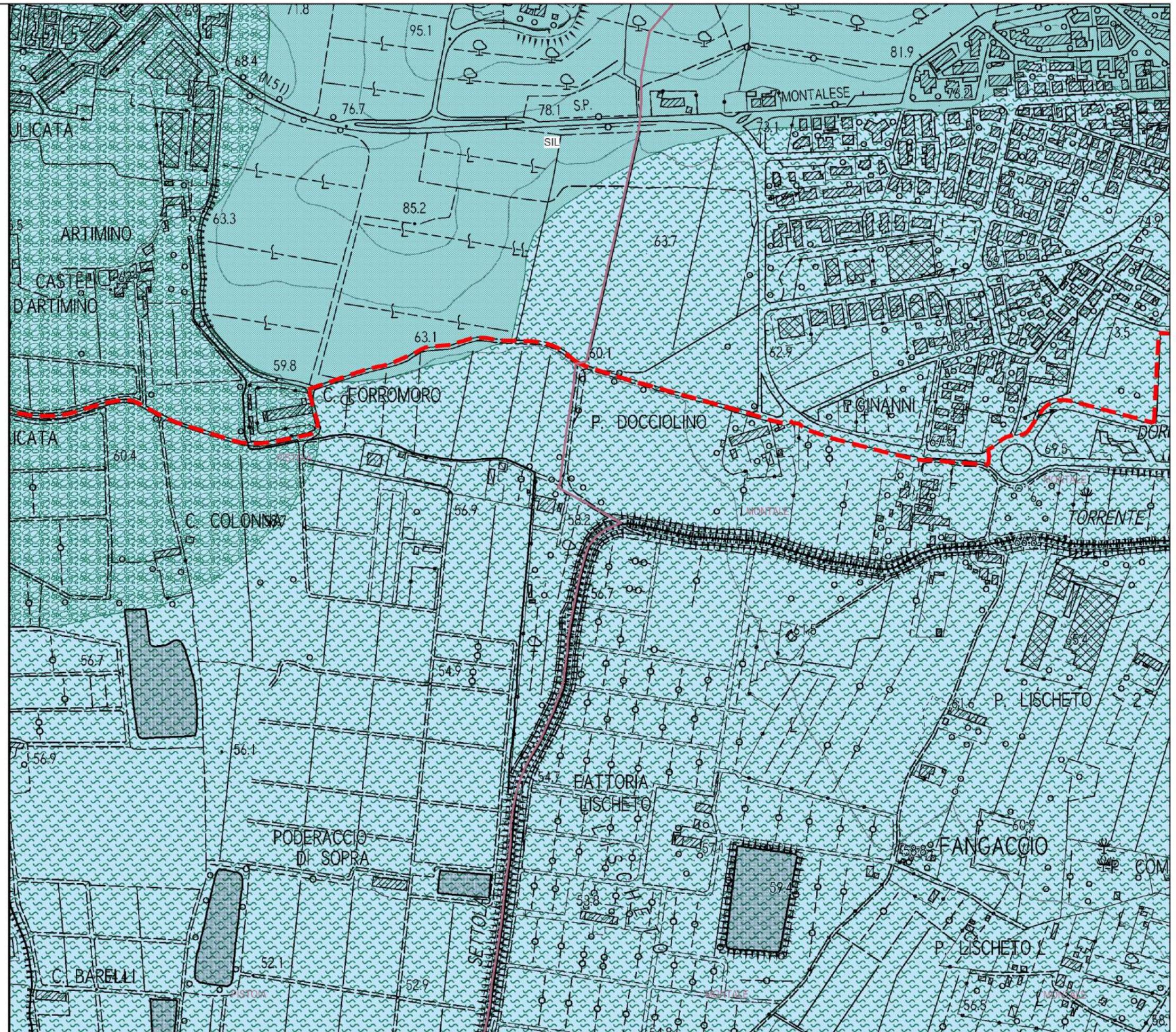
Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Inattivo Ghiaie

Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici

Litologia

SIL- Argilliti grigio-brune e calcilutiti
CRETACICO SUPERIORE - PALEOCENE



Ciclovía del SOLE

— Tracciato Ciclovía

Depositi superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Attivo Ghiaie

Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici

Fenomeni franosi

Forme, processi e depositi di versante dovuti alla gravita'

Quiescente - Scorrimento (velocita' indeterminata)

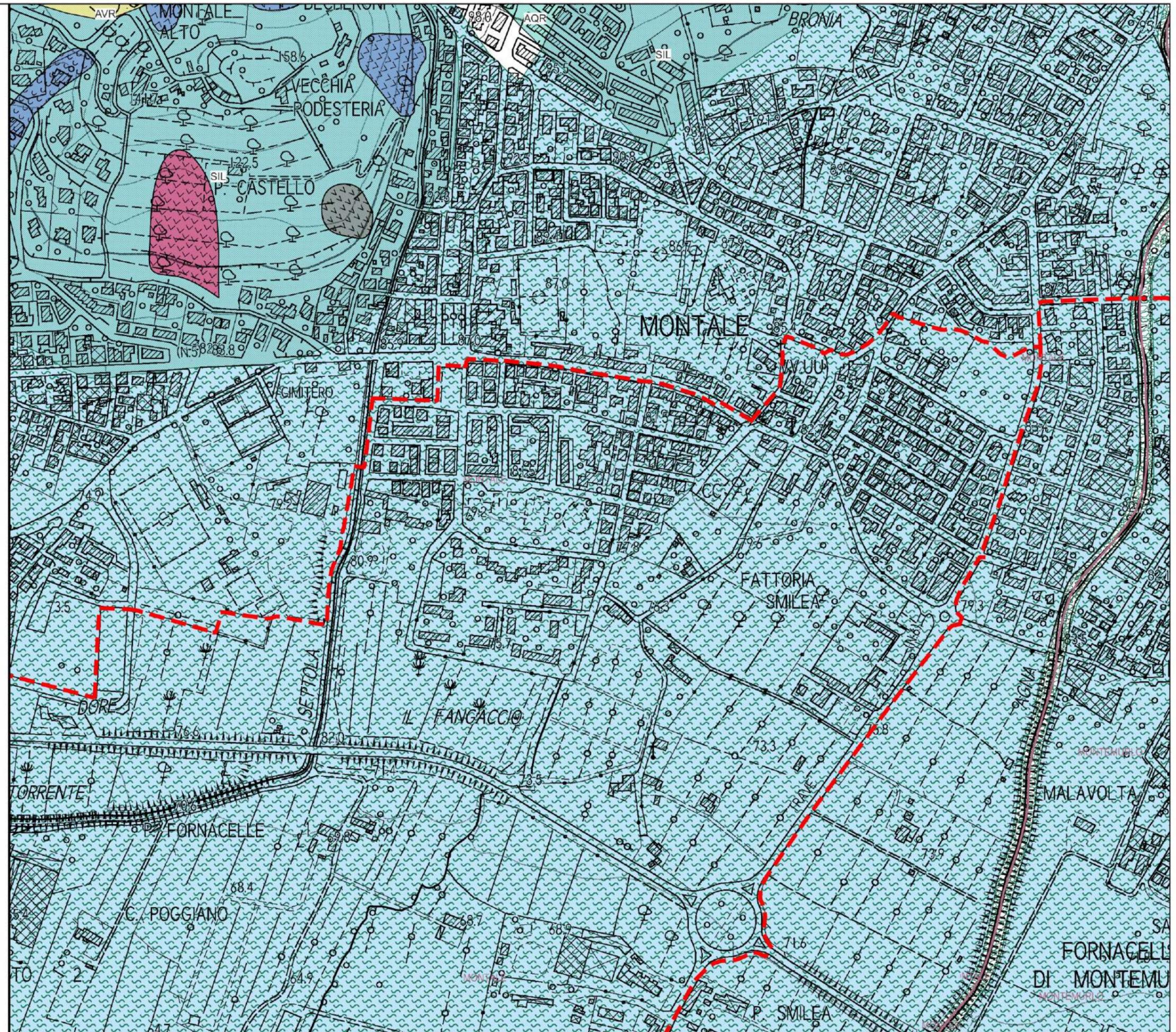
Quiescente - Colamento (velocita' indeterminata)

Stabilizzata, artificialmente o naturalmente
frana relitta - Scorrimento (velocita' indeterminata)

Indeterminato - Movimento indeterminato

Litologia

SIL- Argilliti grigio-brune e calciliti
CRETACICO SUPERIORE - PALEOCENE



Ciclovia del SOLE

— Tracciato Ciclovia

Depositi superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Attivo Ghiaie

Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici



Ciclovia del SOLE

Tracciato Ciclovia

Depositi superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Attivo Ghiaie

Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici



Ciclovía del SOLE

— Tracciato Ciclovía

Depositi superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Attivo Ghiaie

Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici

Fenomeni franosi

Forme, processi e depositi di versante dovuti alla gravita'

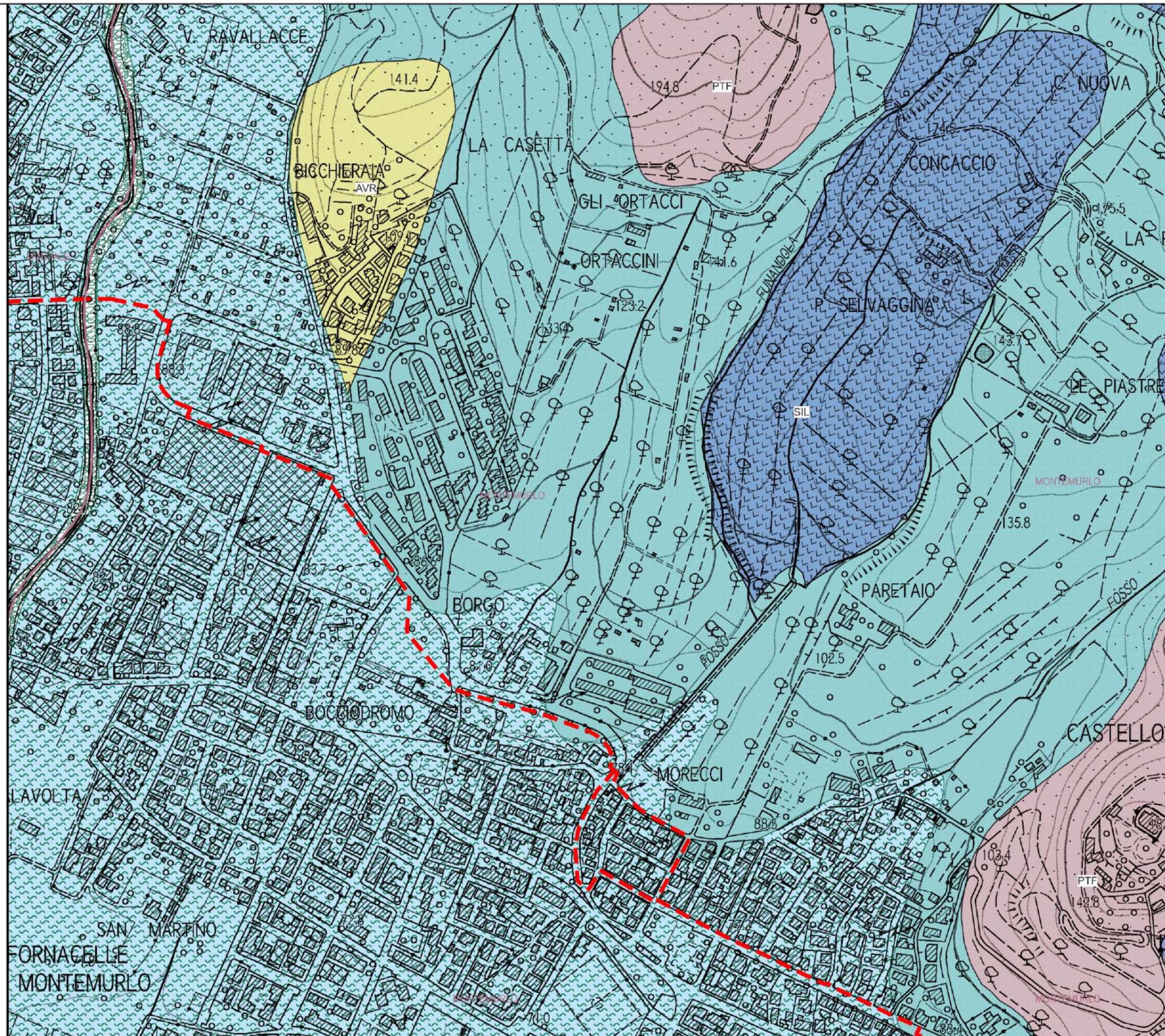
Quiescente - Scorrimento (velocita' indeterminata)

Litologia

AVR- Argille varicolori con calcari
CRETACICO

PTF- Arenarie e silti quarzoso-feldspatiche e carbonatiche
CRETACICO SUPERIORE

SIL- Argilliti grigio-brune e calciliti
CRETACICO SUPERIORE - PALEOCENE



Ciclovía del SOLE

— Tracciato Ciclovía

Depositi superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici

Fenomeni franosi

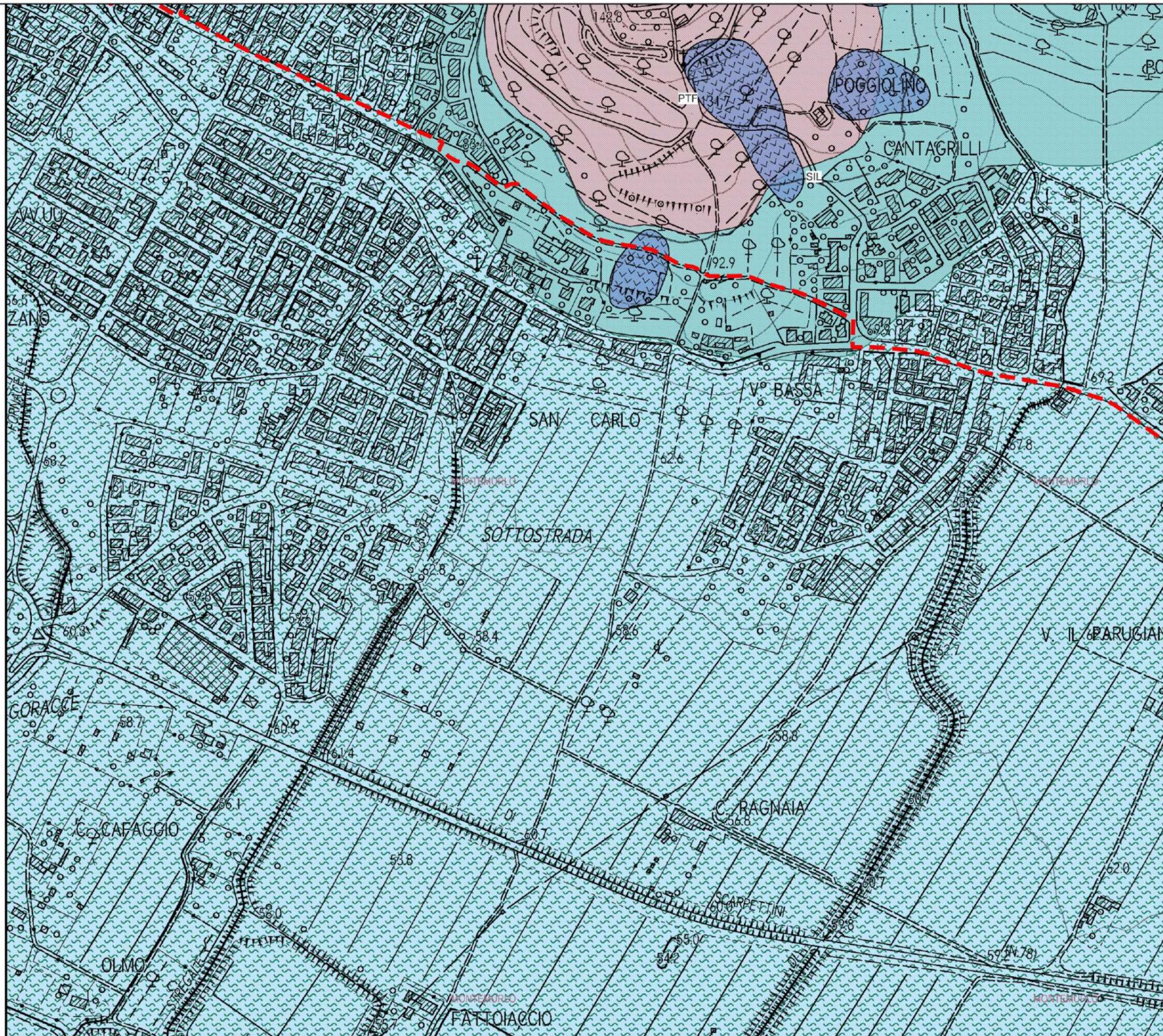
Forme processi e depositi di versante dovuti alla gravita'

Quiescente - Scorrimento (velocita' indeterminata)

Litologia

PTF- Arenarie e siltiti quarzoso-feldspatiche e carbonatiche
CRETACICO SUPERIORE

SIL- Argilliti grigio-brune e calciliti
CRETACICO SUPERIORE - PALEOCENE



Ciclovía del SOLE

— Tracciato Ciclovía

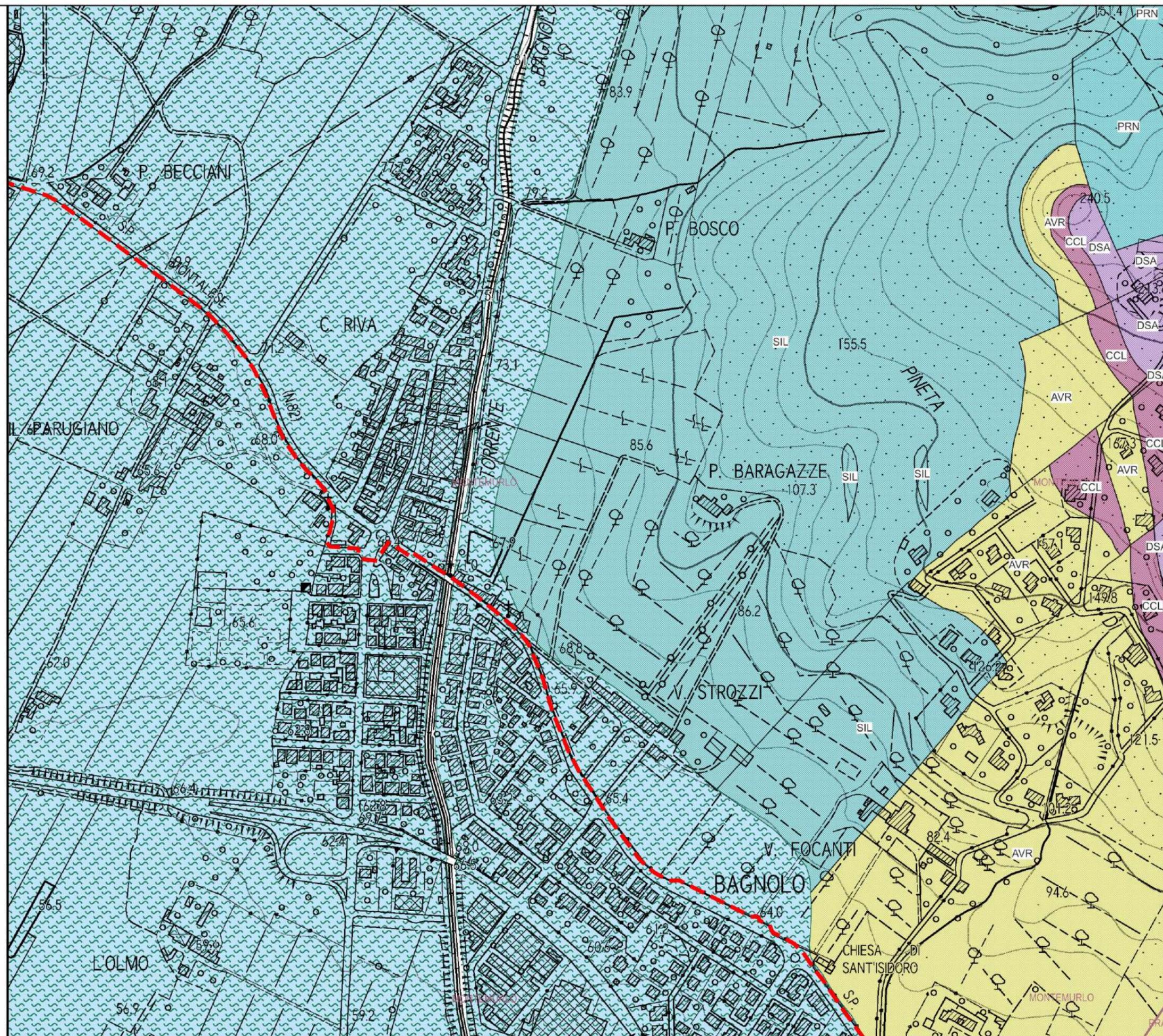
Depositi superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici

Litologia

- AVR- Argille varicolori con calcari
CRETACICO
- CCL- Calcilutiti grigio chiare con intercalazioni di argilliti e marne
CRETACICO INFERIORE
- DSA- Radiolariti con interstrati argillitici
MALM
- PRN- Peridotiti serpentizzate con filoni gabbrici e basaltici
GIURASSICO
- SIL- Argilliti grigio-brune e calcilutiti
CRETACICO SUPERIORE - PALEOCENE



Ciclovia del SOLE

—+— Tracciato Ciclovia

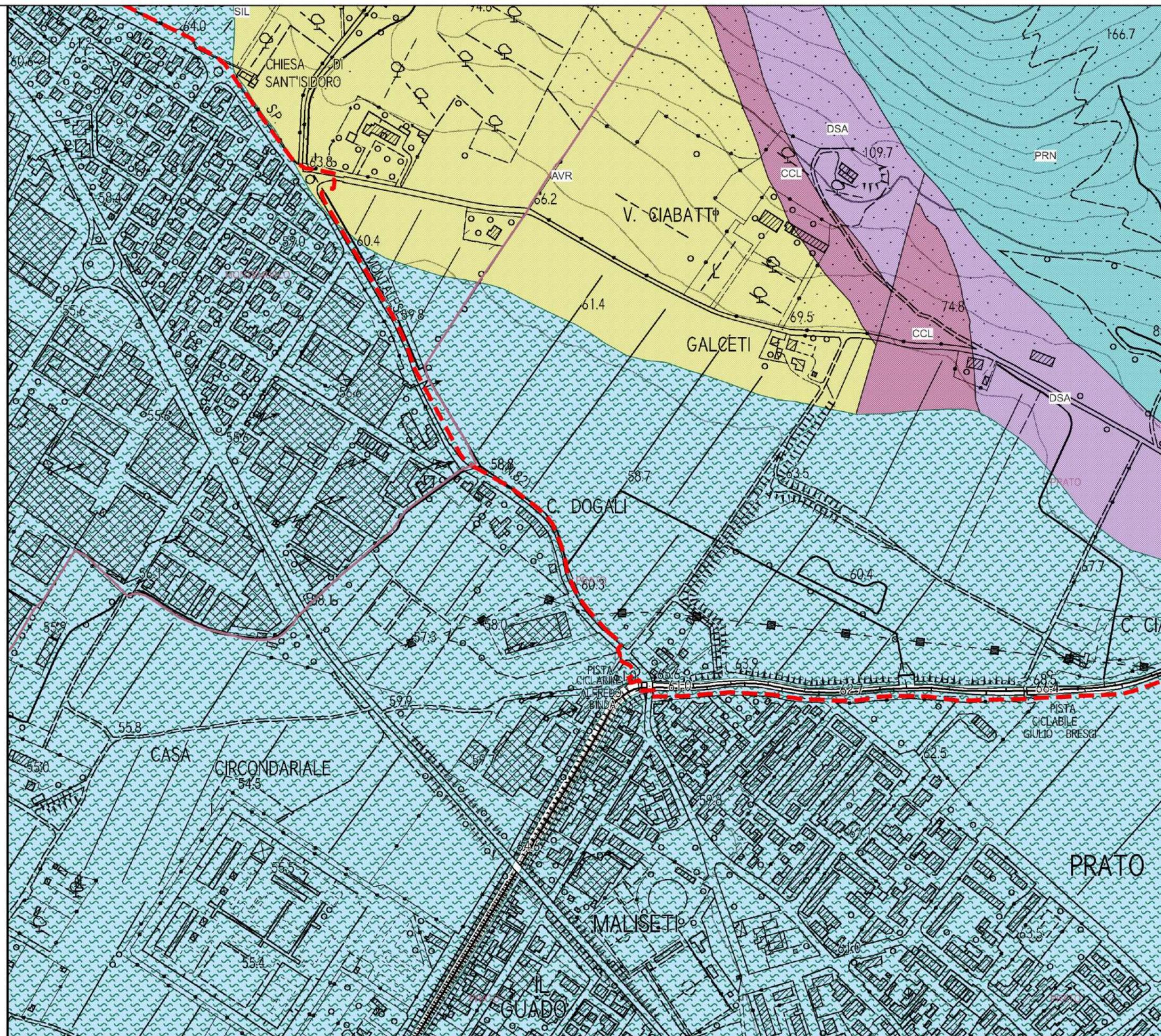
Depositi superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici

Litologia

- AVR- Argille varicolori con calcari
CRETACICO
- CCL- Calcilutiti grigio chiare con intercalazioni di argilliti e marne
CRETACICO INFERIORE
- DSA- Radiolariti con interstrati argillitici
MALM
- PRN- Peridotiti serpentizzate con filoni gabbrici e basaltici
GIURASSICO



Ciclovia del SOLE

Tracciato Ciclovia

Depositi superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Attivo Ghiaie

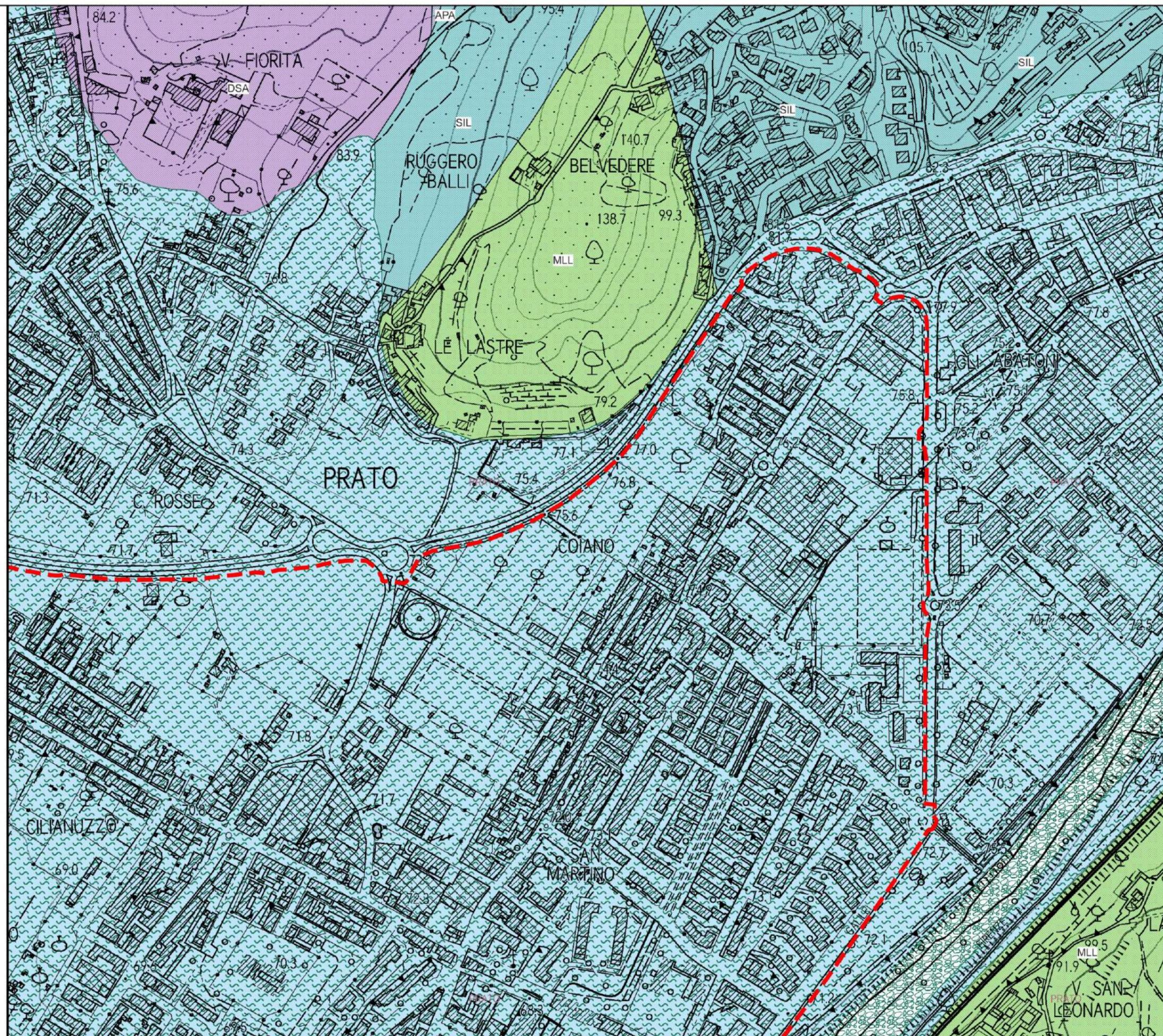
Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici

Litologia

DSA- Radiolariti con interstrati argillitici
MALM

MLL- Flysch carbonatici, calcari marnosi e marne
PALEOCENE SUPERIORE - EOCENE MEDIO

SIL- Argilliti grigio-brune e calciliti
CRETACICO SUPERIORE - PALEOCENE



Ciclovia del SOLE

— Tracciato Ciclovia

Depositi superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Attivo Ghiaie

Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici

Fenomeni franosi

Forme, processi e depositi di versante dovuti alla gravità

Stabilizzata, artificialmente o naturalmente
frana relitta - Scorrimento (velocità indeterminata)

Litologia

MLL- Flysch carbonatici, calcari marnosi e marne
PALEOCENE SUPERIORE - EOCENE MEDIO



Ciclovia del SOLE

— Tracciato Ciclovia

Depositi superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Attivo Ghiaie

Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici

Litologia

MLL- Flysch carbonatici, calcari marnosi e marne
PALEOCENE SUPERIORE - EOCENE MEDIO



Ciclovia del SOLE

— Tracciato Ciclovia

Depositi superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Attivo Ghiaie

Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici

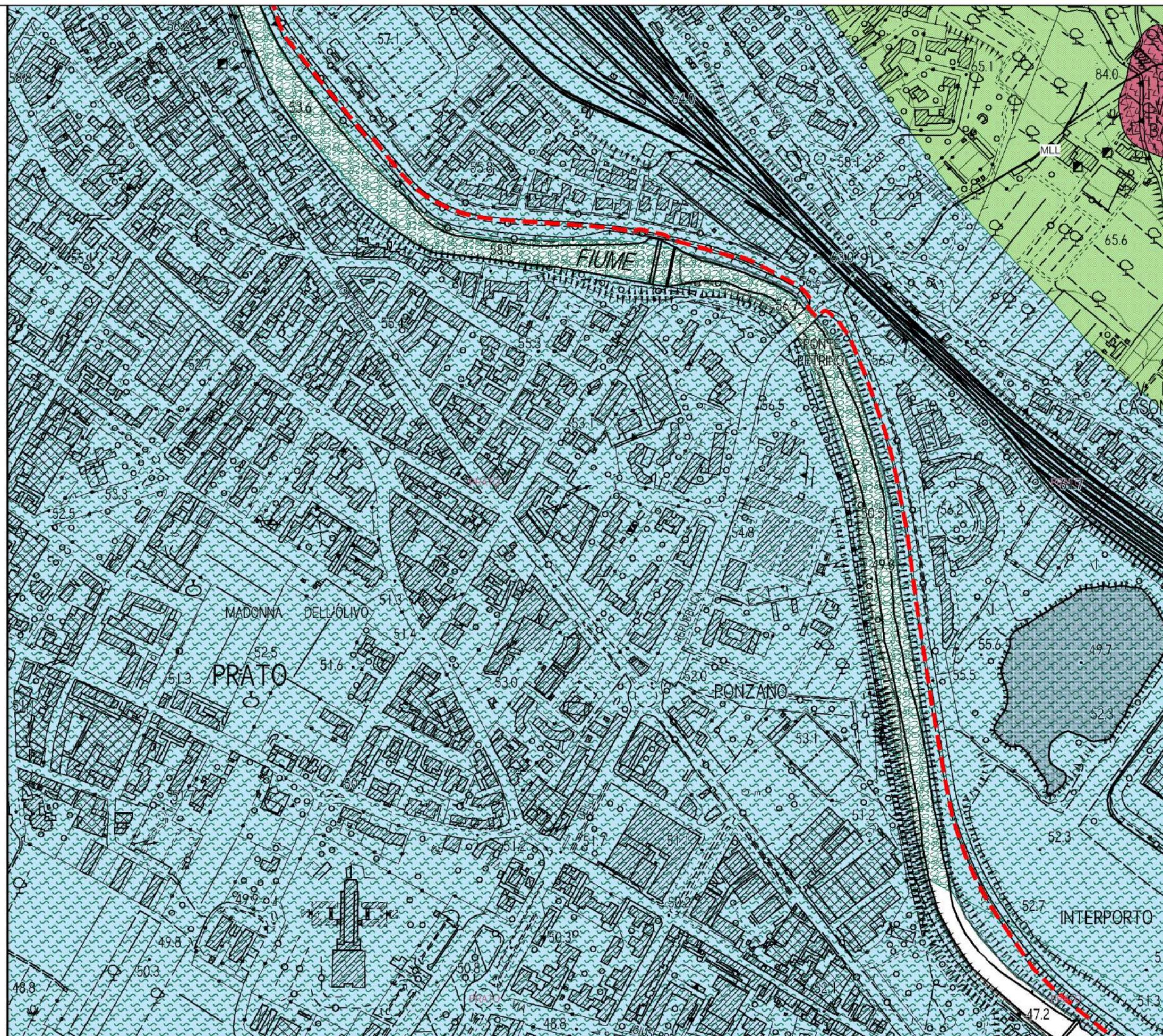
Fenomeni franosi

Forme, processi e depositi di versante dovuti alla gravita'

Stabilizzata, artificialmente o naturalmente
frana relitta - Scorrimento (velocita' indeterminata)

Litologia

MLL- Flysch carbonatici, calcari marnosi e marne
PALEOCENE SUPERIORE - EOCENE MEDIO



Ciclovia del SOLE

Tracciato Ciclovia

Depositi superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici



Ciclovia del SOLE

— Tracciato Ciclovia

Depositi superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici



Ciclovia del SOLE

Tracciato Ciclovia

Depositi superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici



Ciclovia del SOLE

— Tracciato Ciclovia

Depositi superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici



Ciclovia del SOLE

— Tracciato Ciclovia

Depositi superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Attivo Ghiaie

Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici



Ciclovia del SOLE

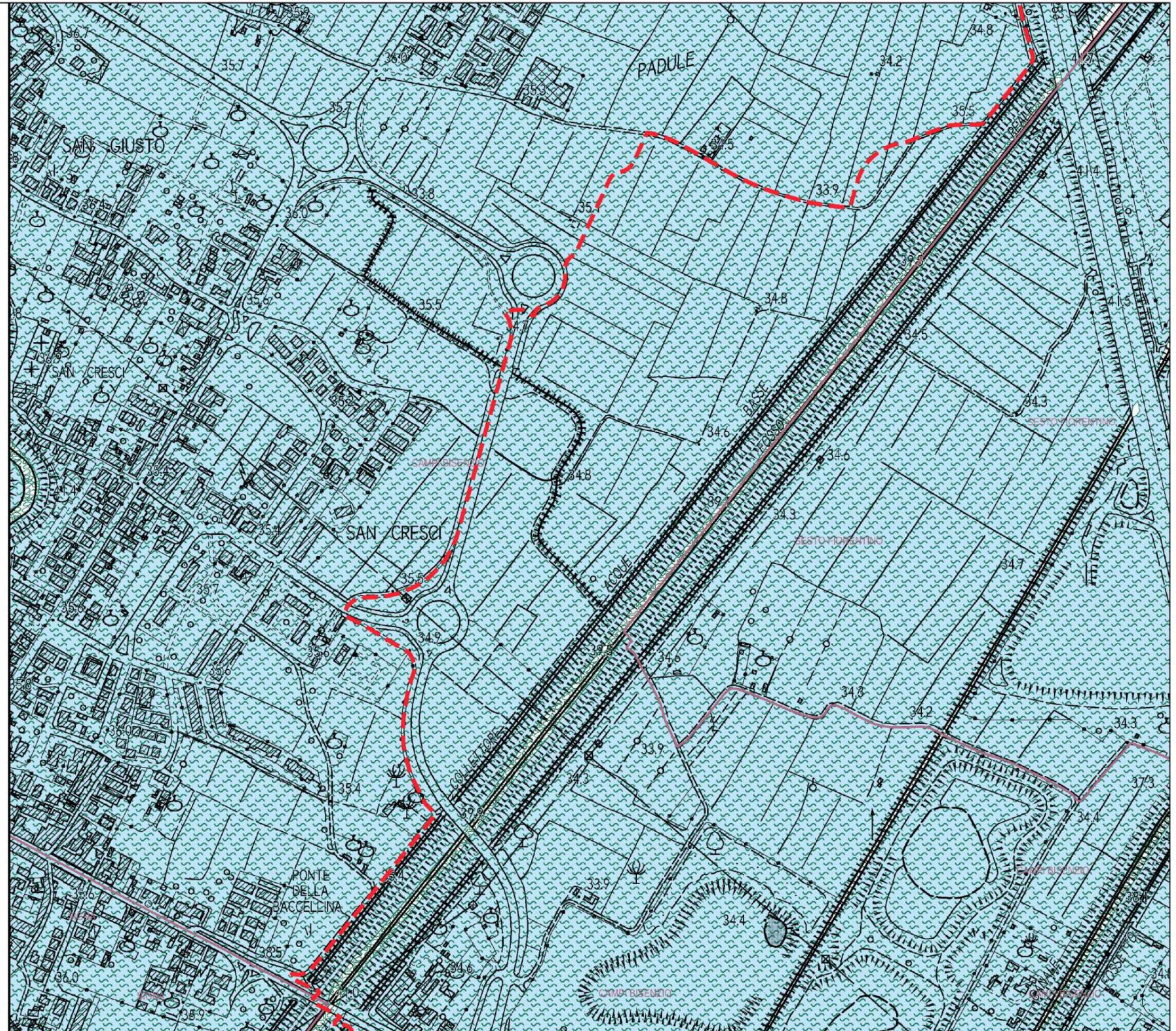
— Tracciato Ciclovia

Depositi superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Attivo Ghiaie

Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici



Ciclovia del SOLE

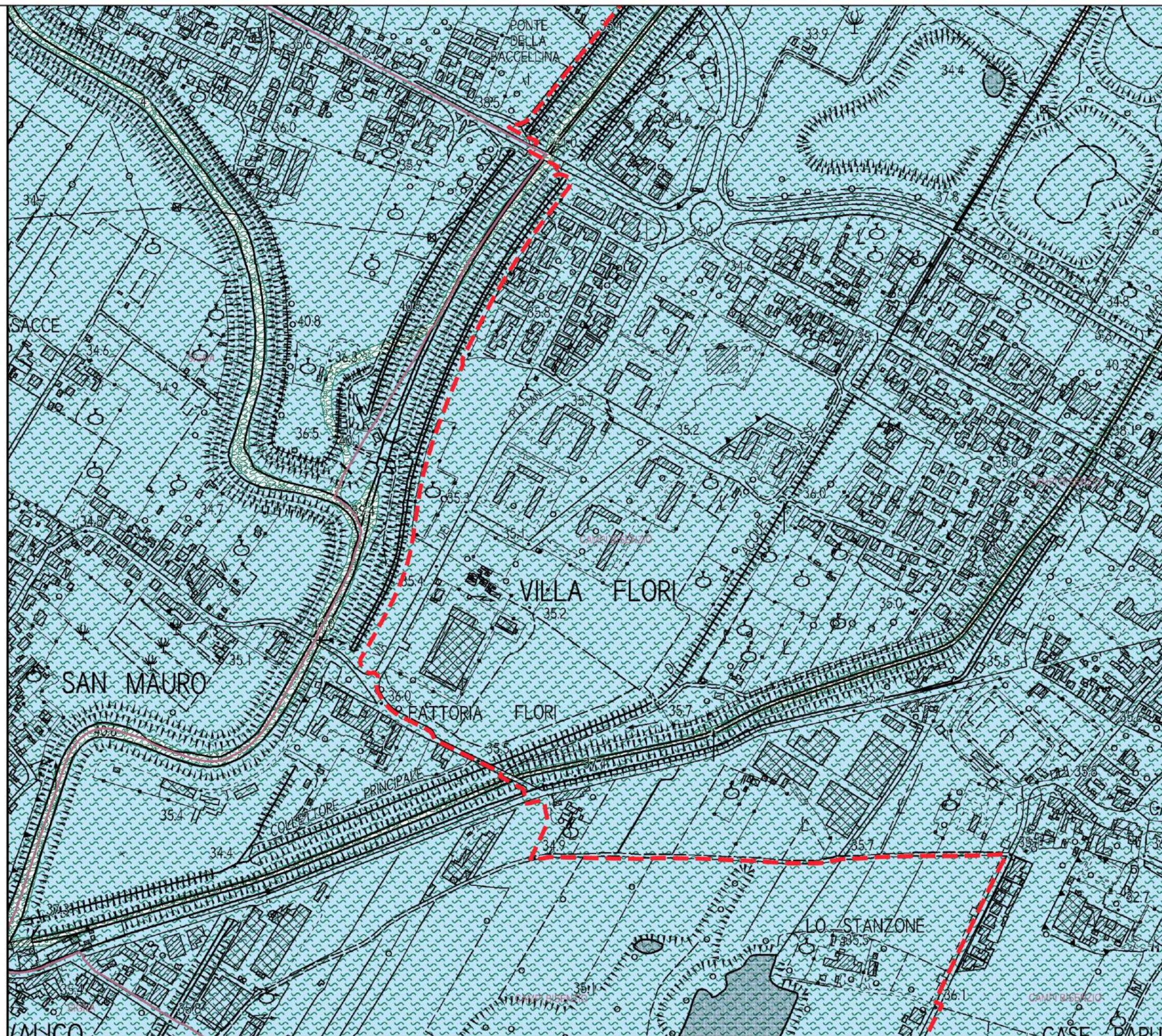
— Tracciato Ciclovia

Depositi superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Attivo Ghiaie

Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici



Ciclovia del SOLE

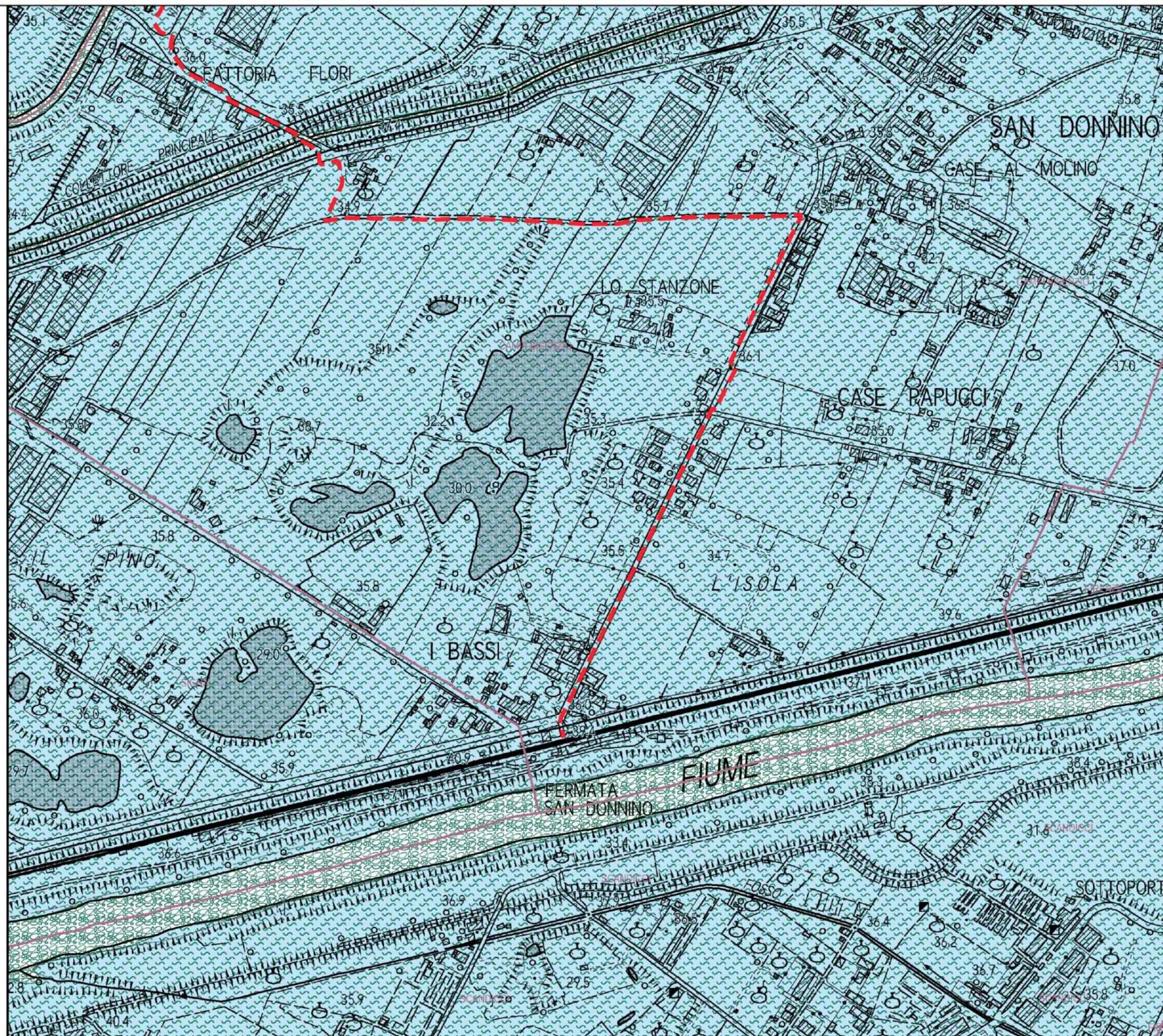
— Tracciato Ciclovia

Depositi superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Deposito alluvionale Attivo Ghiaie

Deposito alluvionale Inattivo Limi inorganici



Firmato da:

Gerarda Del Reno

codice fiscale DLRGRD59D41A509G

num.serie: 613960303214562621

emesso da: ArubaPEC EU Qualified Certificates CA G1

valido dal 06/12/2022 al 06/12/2025