

A90 – SVINCOLO TIBURTINA
Intervento di potenziamento dallo svincolo
“CENTRALE DEL LATTE” allo svincolo A24
2° fase funzionale

PROGETTO DEFINITIVO

Cod. RM 105

PROGETTAZIONE:

R.T.I. PROGIN S.p.A. (capogruppo mandataria)
CREW Cremonesi Workshop S.r.l. – TECNOSISTEM S.p.A.
ART Ambiente Risorse Territorio S.r.l. - ECOPLAME S.r.l.

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Antonio GRIMALDI (Progin S.p.A.)

PROGETTISTA FIRMATARIO

Dott. Ing. Lorenzo INFANTE (Progin S.p.A.)
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Salerno n. 3446

RESPONSABILE STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Dott. Arch. Salvatore SCOPPETTA (Progin S.p.A.)

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giovanni CARRA (ART Ambiente Risorse e Territorio S.r.l.)
 Ordine dei Geologi Regione Emilia Romagna n. 643

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Michele CURIALE (Progin S.p.A.)

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Achille DEVITOFRANCESCHI

CAPOGRUPPO MANDATARIA:



Direttore Tecnico:
 Dott. Ing. Lorenzo INFANTE

MANDANTI:



Direttore Tecnico
 Dott. Arch. Claudio TURRINI



Direttore Tecnico:
 Dott. Ing. Ivo FRESIA



Direttore Tecnico:
 Dott. Arch. Pasquale PISANO



Direttore Tecnico
 Dott. Ing. M. AVETA

PROTOCOLLO

DATA

GEOLOGIA E GEOTECNICA

GEOLOGIA IDROGEOLOGIA E SISMICA

Relazione geologica

CODICE PROGETTO:

NOME FILE:
 T00GE01GEORE01B

REVISIONE

DP RM 105 D20

T 0 0 G E 0 1 G E O R E 0 1

B

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
B	Emissione a seguito istruttoria ANAS	10/2021	M. Galletti	G. Carra	L. Infante
A	Prima emissione	06/2021	M. Galletti	G. Carra	L. Infante

Sommario

1	PREMESSA	1
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	2
3	GEOLOGIA	3
3.1	Inquadramento Geologico Generale.....	3
3.2	Caratterizzazione geolitologica.....	4
3.3	Successione geolitologica	6
4	CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA	11
4.1	Interferenze con il P.A.I.....	13
4.2	Presenza di cavità.....	14
5	IDROGEOLOGIA	17
5.1	Assetto idrogeologico.....	17
5.2	Livelli piezometrici e interferenza PAI	18
6	INDAGINI GEOGNOSTICHE	22
7	SISMICITÀ	24
7.1	Sismicità storica e recente dell’area.....	24
7.2	Sorgenti sismogenetiche.....	25
7.3	Zonazione Sismogenetica	27
7.4	Liquefazione.....	29
8	MODELLO GEOLOGICO	32

1 PREMESSA

La presente relazione è relativa al territorio geologico in cui si inquadrano i lavori di potenziamento dell'Autostrada A90 (GRA) dallo svincolo Centrale del Latte allo svincolo A24 (2° fase funzionale). L'ambito dei lavori è sito nel settore nordorientale rispetto il centro storico di Roma e rientra nella circoscrizione comunale Municipio Roma 5.

In relazione sono illustrati i lineamenti geologici dell'area e viene delineato un modello geologico di riferimento in relazione all'opera in progetto. I risultati geologici rappresentati sono stati desunti sia dai precedenti studi, da informazioni bibliografiche raccolte e da indagini e prospezioni svolte in sito durante diverse campagne.

Lo studio geologico condotto è stato basato su di un rilevamento geologico-geomorfologico di campo integrato dalla consultazione di una serie di lavori di carattere professionale e scientifico, tra i quali:

- Carta Geologica d'Italia - Foglio 150 Roma; scala 1:100.000.
- Carta geologica d'Italia - “Originali d'autore”; 1:25.000.
- Carta Geologica d'Italia del Progetto CARG - Foglio 374 Roma; scala 1:50.000.
- Carta geologica dell'Appennino Meridionale scala 1:250.000;
- Elaborati annessi al Piano Regolatore Generale (PRG) vigente del Comune di Roma (aggiornamento 2006-2007).
- Elaborati annessi al Piano Generale di Emergenza della Protezione Civile - Comune di Roma.
- Elaborati annessi al Progetto di Piano redatto dall'Autorità di Bacino del fiume Tevere.
- Elaborati annessi al Progetto Preliminare “Autostrada Grande Raccordo Anulare – Intervento Di Potenziamento Dello Svincolo Tiburtina”.

La relazione è mirata ad evidenziare le problematiche di tipo geologico ed idrogeologico nell'ambito del progetto di ampliamento del GRA, mentre per tutti gli aspetti geotecnici sono esclusi dalla presente relazione e per la loro analisi si rimanda ad altro apposito elaborato di progetto.

Ad integrazione dei dati preesistenti è stata recentemente condotta una ulteriore indagine geognostica, mirata ad un approfondimento in alcuni punti specifici scelti. L'indagine è stata svolta eseguendo nuove verticali di indagini e prove di laboratorio mirate a definire e le proprietà meccaniche dei terreni in esame.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Lo studio è stato condotto in osservanza alla normativa vigente in materia ed in particolare:

- O.P.C.M. 28 aprile 2006 n. 3519 – “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”;
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018– Testa Unitario – Norme tecniche per le costruzioni (G.U. del 20.02.2018) e Circolare 21 gennaio 2019 n. 7” Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”;
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7, Ministero delle Infrastrutture e Trasporti. Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018;
- DGR n. 571 del 2 agosto 2019 che modifica la DGR n. 387 del 22 maggio 2009 “Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 e della DGR Lazio n. 766/03”;
- Regolamento Regionale del 26 ottobre 2020 n. 26 “Regolamento regionale per la semplificazione e l'aggiornamento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico. Abrogazione del regolamento regionale 13 luglio 2016, n.14 e successive modifiche”
- Regolamento Regionale del 16 aprile 2021 n. 7 “Modifiche al regolamento regionale 26 ottobre 2020, n. 26”
- Delibera Giunta Regione Lazio 5 novembre 2020, n. 793 “Modifica della Deliberazione di Giunta regionale 23 luglio 2019, n. 493. Sostituzione dell'allegato A rubricato “Elenco delle strutture in Classe d'Uso IV (Strategiche) e in Classe d'uso III (Rilevanti)”.

3 GEOLOGIA

3.1 Inquadramento Geologico Generale

L'area in esame è ubicata a Nord-Est della città di Roma, nel settore centrale della Regione Lazio, caratterizzato da una complessa storia geologica legata all'evoluzione geodinamica del margine tirrenico della Catena Appenninica.

Tale settore della Penisola, a partire dal Pliocene è stato interessato da un progressivo processo di rifting, che ha portato ad uno sprofondamento e ad un assottigliamento crostale. A causa di tale processo, l'intera area è stata sommersa da un mare piuttosto profondo dal quale emergevano alcuni alti strutturali rappresentati dalle isole del Monte Soratte e dei Monti Cornicolani (rispettivamente a Nord ed a Nord-Est di Roma).

Il bacino, in tal modo formatosi, fu sede d'accumulo di una potente serie di terreni prevalentemente argilloso-marnosi dello spessore di diverse centinaia di metri, le cosiddette “Marne Vaticane” o “Argille azzurre” (“Unità del Monte vaticano”; Pliocene superiore).

Durante il Pleistocene inferiore, si verificò un mutamento delle condizioni paleogeografiche del bacino di sedimentazione dovute sia a movimenti tettonici, che portano ad un generale sollevamento del margine tirrenico laziale, sia al ripetersi di periodi glaciali e interglaciali che provocarono oscillazioni del livello marino. Tali mutamenti portarono ad una diversificazione dei prodotti di sedimentazione che da depositi prevalentemente argillosi di mare profondo, passarono progressivamente verso l'alto a depositi prevalentemente sabbiosi, tipici di un ambiente marino litorale e, successivamente, a depositi di ambiente da deltizio a continentale.

Nel Pleistocene medio proseguì l'evoluzione ambientale dell'area con il passaggio da fondale marino a regione collinare, dominata dal corso dell'antico Fiume Tevere (Paleotevere) e caratterizzata da estese zone paludose e piccoli laghi, in cui si formarono depositi fluviali, lacustri e palustri (travertini, ghiaie, sabbie, argille). A tale sequenza sedimentaria continentale di colmamento è stato dato il nome di Unità del Paleotevere 1 e 2 o Formazione di Ponte Galeria. In questa unità sono state inserite anche altre formazioni conosciute in letteratura con i termini Unità di Santa Cecilia, Monte Ciocci e Fosso della Crescenza.

Nel Pleistocene medio, si ebbe la formazione di due distinti distretti vulcanici della città di Roma, i Colli Albani a Sud-Est ed i Sabatini a Nord-Ovest, che manifestarono la loro attività quasi contemporaneamente. Tali complessi vulcanici si svilupparono prevalentemente in corrispondenza delle zone di intersezione delle grandi fratture connesse allo sprofondamento del margine tirrenico ed attraverso le quali si ebbe la risalita dei magmi.

L'attività vulcanica determinò la messa in posto di vari tipi di depositi (piroclastiti di caduta, colate piroclastiche, colate di tipo idromagmatico e colate laviche).

Il complesso vulcanico dei Colli Albani, i cui prodotti risultano prevalenti nell'area in esame, si sono sviluppati da un edificio centrale ad attività mista in diverse fasi per ognuna delle quali si registra la messa in posto di prodotti distinti (De Rita et alii, 1989):

- Fase dell'Edificio Tuscolano-Artemisio: caratterizzata da quattro cicli di colate piroclastiche e spesse coltri di piroclastiti con limitate colate laviche. Alla prima si osserva un'attività fortemente esplosiva; la seconda, più abbondante, è a carattere esclusivamente magmatico ed è responsabile del primo collasso calderico. Appartengono a tale fase le “pozzolane rosse” o “inferiori”, mentre il “conglomerato giallo” è da intendersi come epivolcanite. Al terzo appartengono le formazioni delle “pozzolane nere” ed il “Tufo Lionato” mentre alla quarta il “Tufo di Villa Senni” o “pozzolanelle”;

- Fase dell’Edificio dei Campi di Annibale: successiva al collasso calderico, si registra una fase iniziale con messa in posto di lave e piroclastiti seguita da una grossa colata piroclastica con lapilli, scorie e pomici;
- Unità idromagmatiche dell’attività finale: fase conclusiva dell’attività dei Colli Albani caratterizzata dallo sviluppo di centri di emissione marginali che evolvono in attività fortemente esplosive freatomagmatiche.

Questi prodotti vulcanici, provenienti prevalentemente da Sud e da Est di Roma, andarono a congiungersi con quelli provenienti dai numerosi centri eruttivi dei Sabatini (Baccano, Bracciano, Sacrofano, Trevignano e molti altri centri minori) provenienti da Nord, ricoprendo quasi interamente i terreni precedenti e provocando uno sbarramento del corso del Paleotevere. Si formò così, subito ad Est della città attuale, una vasta zona paludosa.

Tali materiali vennero in seguito interessati da una intensa attività erosiva da parte dei principali corsi d’acqua (Tevere, Aniene, Galeria, Magliana ecc.), che portò all’incisione sia i materiali vulcanici che dei sottostanti terreni di origine sedimentaria.

Le variazioni glacio-eustatiche del livello del mare e l’alternarsi di fasi erosive e fasi di deposito contribuì, infine, in modo sostanziale alla formazione dell’attuale pianura alluvionale del Tevere e dei suoi affluenti, con l’accumulo di enormi spessori di materiale alluvionale.

3.2 Caratterizzazione geolitologica

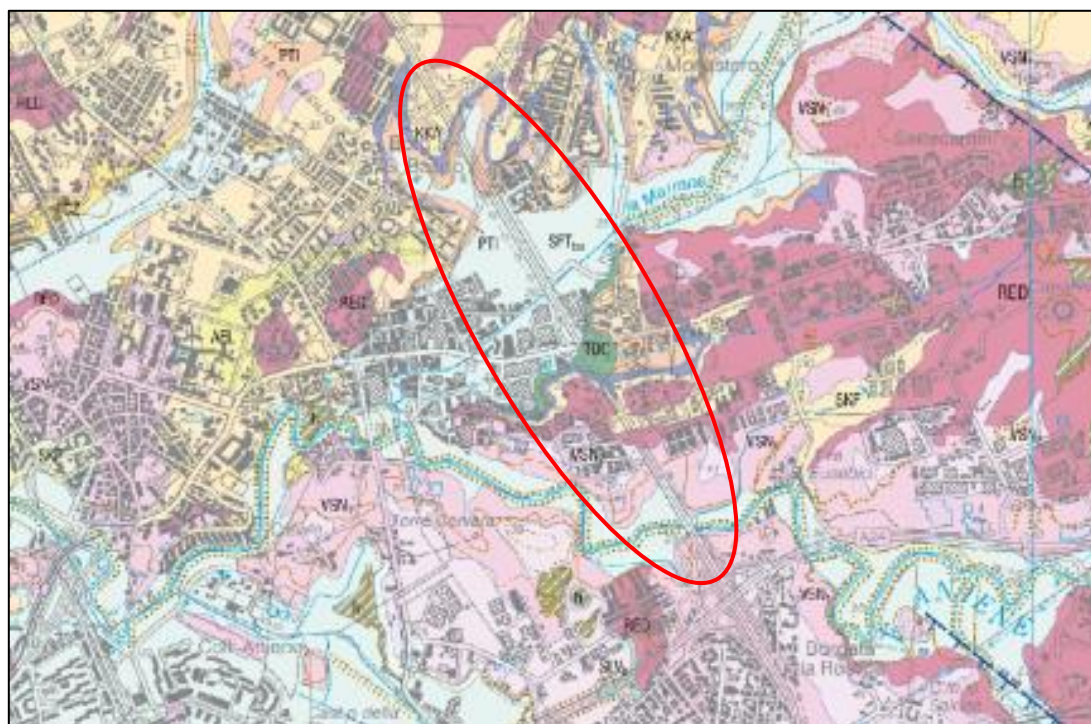


Figura 1: Stralcio della Carta Geologica D’Italia – Foglio 374 Roma; scala 1:50000. In evidenza l’area in esame

Più nello specifico, con riferimento alla Carta Geologica D’Italia – Foglio 374 Roma (scala 1:50000), le unità affioranti e sub-affioranti presenti nell’area di interesse sono, dall’alto verso il basso (Figura 1):

- **SFTba.** Depositi alluvionali dei Fiumi Tevere ed Aniene, costituiti da una alternanza di depositi fini siltoso-argillosi alternati a livelli sabbiosi e a livelli di torbe a diversa profondità. Olocene.

-
- **Formazione di Villa Senni (VSN-Unità Vulcaniche Dei Colli Albani).** Depositi piroclastici messi in posto a seguito dell'ultima eruzione di grande volume del litosoma Vulcano Laziale, cui è legata la forma attuale della caldera del vulcano dei Colli Albani, con meccanismi di colata piroclastica (VSN1, VSN2) e lahar (VSNa). Pleistocene Medio. Di questo litosoma nell'area in esame affiorano le seguenti formazioni:
 - **"Tufo di Villa Senni" e "Pozzolanelle" (VSN2).** Termine superiore della Formazione in esame, è costituito da un deposito piroclastico massivo, di colore da marrone a viola a nero, a matrice cineritico grossolana-lapillosa, povero in fini e ricco in di cristalli di leucite, biotite e clinopirosseno, contenente grosse scorie nere, generalmente incoerente. Ignimbrite pozzolanacea da tefri-fonolitica a fono-tefritica. "Tufo di Villa Senni" e "Pozzolanelle" Auctt. Pleistocene Medio p.p.
 - **"Tufo Lionato" (VSN1).** Termine inferiore della Formazione di Villa Senni, è caratterizzato da un deposito piroclastico massivo, litoide, a matrice cineritico-lapillosa con abbondanti pomici gialle, scorie grigie, litici lavici e olocristallini a gradazione inversa, di colore da giallo a rosso a marron in gradazione verticale. Localmente, nella parte alta del deposito, sono presenti fiamme. Composizione da K-foiditica a tefri-fonolitica. "Tufo Lionato litoide" Auctt. Pleistocene Medio p.p.
 - **Pozzolane Rosse (RED-Unità Vulcaniche Dei Colli Albani).** Imbrite pozzolanacea da tefritica a tefritico-foiditica. L'unità è riferibile ad una eruzione ignimbritica di grande volume del litosoma Vulcano Laziale. La matrice è cineritica grossolana e povera della frazione fine, costituita da vetro juvenile vescicolato e subordinatamente da cristalli di leucite, anche alterata in analcime, clinopirosseno e biotite. "Pozzolane inferiori"; "Pozzolane di S. Paolo" Auctt. Pleistocene Medio p.p.
 - **Tufi Stratificati Varicolori Di Sacrofano (SKF-Unità Vulcaniche del Distretto Sabatino).** Successione di depositi piroclastici lapillosi e cineritici da ricaduta in strati contenenti scorie e litici lavici di dimensioni centimetriche da ricaduta, intercalati a livelli vulcanioclastici rimaneggiati e livelli pedogenizzati. La provenienza prevalente dei depositi di questa successione è dai vulcani sabatini. Pleistocene Medio p.p.
 - **Unità Di Casale Del Cavaliere (KKA-Unità Vulcaniche Dei Colli Albani).** Alternanze di livelli cineritici e lapillosi, con lapilli accrezionari. In sommità si presenta alterata in suolo marrone evoluto, molto friabile, che raggiunge il metro di spessore, mentre alla base è presente un livello lapilloso ben classato costituito da scorie grigio-nere e subordinatamente da analcime. L'unità è interpretabile come un deposito da flusso piroclastico relativo ad una eruzione freatomagmatica di grande volume del litosoma Vulcano Laziale. "Tufi Antichi" e "Tufi pisolitici" Auctt. p.p. Pleistocene Medio p.p.
 - **Unità Del Palatino (PTI-Unità Vulcaniche Dei Colli Albani).** Ignimbrite fono-tefritica. È caratterizzata in genere da un deposito incoerente, ben classato, composto prevalentemente da lapilli scoriacei e in minor parte da frammenti di cristalli di leucite. Verso il tetto dell'Unità è presente intercalato un livello giallo-grigiastro, sottilmente stratificato, cineritico ricco di lapilli accrezionari occasionalmente sormontato da un deposito di colore da bruno a grigio scuro, semicoerente, a matrice cineritica fine a struttura massiva composta di ceneri vulcaniche cristalli di leucite analcimizzata, biotite e clinopirosseno. L'unità è riferibile ad una eruzione ignimbritica a componente freatomagmatica del litosoma Vulcano Laziale. "Tufi Antichi" e "Tufi pisolitici" Auctt. p.p. Pleistocene Medio p.p.
 - **Unità Di Tor De' Cenci (TDC-Unità Vulcaniche Dei Colli Albani).** Si tratta di una ignimbrite K-foiditica grigio-giallastra, con abbondanti lapilli accrezionari. Lo scheletro è composto da litici lavici e scorie di diametro <3 cm e cristalli di leucite analcimizzata, clinopirosseno e biotite. Il deposito è riferibile ad una eruzione freatomagmatica di grande

volume con meccanismi di deposizione da colata piroclastica del litosoma Vulcano Laziale. “Tufi Antichi” e “Tufi Pisolitici” Auctt. p.p.. Pleistocene Medio p.p.

- **Formazione di Santa Cecilia (CIL).** Alternanze e interstratificazioni di conglomerati, sabbie e limi di ambiente fluviale e palustre ad elementi vulcanici, con paleosuoli. Sono presenti orizzonti vulcanoclastici a matrice cineritica avana-giallastri. Questi depositi rappresentano i sedimenti di alluvionamento della valle del Tevere successiva alla fase erosiva. Pleistocene Medio p.p. (non affiorante)

- **Formazione Del Fosso Della Crescenza (FCZ).** Ghiaie calcaree e silicee, sabbie fini-limose ed argille grigio-verdastre di ambiente fluviale e fluvio-lacustre. I clasti sono attribuibili alla successione sabina meso-cenozoica, sono sub arrotondati con un diametro massimo di 15 cm, soprattutto nella parte basale. Al di sopra sono presenti sabbie fini quarzose, debolmente limose, da stratificate a massive, giallo cora, interstratificate con argille e limi grigio-verdastri con frustoli vegetali e dunque a marne e sabbie di ambiente palustre. In sommità sono presenti lenti sabbiose poligeniche con scorie vulcaniche, selce e pomici. Pleistocene Medio p.p.

- **Formazione Di Monte Vaticano (MVA).** Argille marnose grigie stratificate, da consolidate a molto consolidate, alternate a sabbie fini quarzoso-micacee da massive a gradate, in strati da sottili a banchi. “Argille Azzurre” Auctt. Pliocene Superiore p.p (Gelasiano p.p.) - Inferiore p.p.(Zancleano p.p.)

Dall’analisi e l’interpretazione delle stratigrafie individuate dai sondaggi pregressi e quelli realizzati ex-novo sono state riconosciute solo alcune delle unità presenti nella Carta Geologica D’Italia, che hanno permesso di definire un dettagliato ed omogeneo modello geologico di riferimento.

3.3 Successione geolitologica

Attraverso l’analisi e l’interpretazione di sequenze stratigrafiche relative a perforazioni realizzate nel febbraio 2021 e ad indagini pregresse, confrontando tali indagini con i rilievi di campo, è stata ricostruita la successione geolitologica delle aree in esame.

Da tale analisi risulta che la successione stratigrafica del sito di intervento può essere sintetizzata distinguendo, a maggiore profondità, sabbie, argille e ghiaie di origine fluvio-lacustre con spessori estremamente variabili; al di sopra di questa successione si stende una coltre di materiali vulcanici che, a causa dell’erosione, sono attualmente rinvenibili sulla sommità dei rilievi; il fondo delle valli dei corsi d’acqua è colmato da depositi alluvionali attuali.

Di seguito vengono descritti, dall’alto verso il basso, i litotipi identificati mediante lo studio condotto e riportati negli elaborati Carta geologica, Profilo geologico e Sezioni geologiche.

Materiale di riporto: depositi costituiti da materiali di diversa origine (sbancamenti, scavi, riporti, ecc.) necessari per la realizzazione di edifici civili e/o industriali ed infrastrutture pubbliche, derivanti da processi di rimaneggiamento dei terreni in posto. Essi presentano natura prevalentemente vulcanica, in cui si rinvencono frammenti di laterizi (S02-Pz, S03-DH, S08, S09-DH). Tali materiali risultano a struttura caotica, con granulometria variabile da sabbia limoso-argillosa a limo sabbioso con sparsi frammenti della dimensione della ghiaia. Tale unità si rinviene diffusamente in tutta l’area in virtù della intensa antropizzazione che la caratterizza, con spessori estremamente variabili. (Figura 2).



Figura 2: Rilevato del GRA in corrispondenza del sottovia esistente

Depositi alluvionali di alveo attuale, antichi e terrazzati: i depositi attuali sono caratterizzati da un’alternanza di depositi limoso-sabbiosi e sabbioso-limosi, con intercalazioni argillose e orizzonti ghiaiosi, costituiti da materiali per lo più di natura vulcanica rimaneggiato in ambiente fluviale. La messa in posto di tali materiali è da riferire ai processi di deposizione delle acque incanalate, in particolare dell’Aniene (Figura 3) e dei suoi affluenti minori (Figura 4), pertanto si rinvengono in corrispondenza delle principali aste torrentizie e subiscono una stagionale rimobilizzazione ad opera delle acque fluviali.



Figura 3: Tratto dell’alveo del Fiume Aniene



Figura 4: Tratto dell'alveo del Fosso di Pratolungo

I depositi terrazzati invece sono costituiti da depositi fini limoso-argillosi e limoso-sabbiosi, con intercalazioni, a varie altezze stratigrafiche, più francamente sabbiose. La natura di tali materiali è strettamente connessa ai litotipi affioranti e sub-affioranti nell'area, pertanto essi sono caratterizzati dalla presenza di abbondante materiale vulcanico rimaneggiato in ambiente fluviale e fluvio-palustre (depositi epivulcanici).

I depositi alluvionali più antichi sono stati individuati in corrispondenza del Fosso di Pratolungo nei sondaggi A1, A2 e A3 e in alcuni pregressi in cui si riscontrava la presenza di argille ed argille sabbiose da grigio a grigio scuro con intercalati orizzonti ghiaiosi e sabbiosi e orizzonti di materiale organico nerastro (A3 - A1)

Depositi piroclastici dei centri eruttivi Laziali: prodotti piroclastici connessi all'attività vulcanica, prevalentemente dei Colli Albani, costituiti da una alternanza di depositi piroclastici incoerenti e tufacei, da riferire al complesso dei cosiddetti “tufi antichi”, al complesso delle “pozzolane inferiori”, al “tufo lionato” ed al complesso delle “pozzolane superiori”.

I Tufi Antichi comprendono tutte le piroclastiti del vulcano dei Colli Albani più antiche del complesso delle pozzolane inferiori.

Ai tufi antichi segue una unità denominata Pozzolana Rossa o di San Paolo. Tale unità è costituita essenzialmente da scorie rosso brune, violacee o nere, cui segue, dopo un esiguo spessore di lapilli (conglomerato giallo) e di tufi terrosi, la pozzolana nera o media o delle Tre Fontane. La pozzolana rossa, il conglomerato giallo, la pozzolana nera ed i tufi terrosi ad essi intercalati sono stati riuniti insieme e costituiscono il complesso delle Pozzolane Inferiori. Tale formazione, dovuta ad una violentissima esplosione, ha coperto estesamente le zone circostanti l'apparato laziale. I prodotti di questa esplosione, in quasi tutte le zone più lontane dal centro di emissione, assumono l'aspetto e le proprietà tipiche delle pozzolane e presentano un colore rosso violaceo, in virtù del quale sono spesso indicati genericamente come pozzolana rossa.

La parte superiore della successione piroclastica è costituita da prodotti da flusso piroclastico noti in letteratura per il loro utilizzo a scopi pratici e denominati tufo litoide lionato dell'ultimo ciclo del vulcanismo dei colli albani. Il termine lionato

indica un caratteristico colore fulvo che contraddistingue tale deposito in molte zone del territorio di Roma, che a seguito dei processi di alterazione assume una colorazione giallastra o rossastra.

Il tufo lionato è costituito da una piroclastite scoriacea in matrice cineritica, in cui si rinvencono occasionalmente sparsi nella massa o contenuti nelle scorie, macrocristalli di pirosseno verde o incolore, biotite e talora leucite, attualmente completamente analcimizzata.

Tali depositi sono attraversati da sistemi di fratturazione sub-perpendicolari (fratturazione prismatico-colonnare) dovuti a processi di contrazione termica generatesi durante il raffreddamento (Figura 5). Dal punto di vista granulometricamente è assimilabile ad un limo argilloso- sabbioso e ad una sabbia limosa. I litotipi incontrati sono attribuibili tutti alla Formazione di Villa Senni, e sono stati individuati nelle perforazioni con spessori variabili tra 4-15 m circa (S03-DH, S04-Pz, S06-Pz, S07, S08 ed S09-DH).

Al termine dell'esplosione violentissima sopracitata si determina la fine dell'attività dell'edificio Tuscolano-Artemisio, la cui parte sommitale subì un collasso secondo fratture controllate dalla tettonica regionale. Il collasso è stato accompagnato da un ingente espulsione di scorie e di lapilli con effusioni laviche subordinate. La pozzolana superiore rappresenta il prodotto di quest'ultima grande eruzione esplosiva del Vulcano Laziale.



Figura 5: Affioramento di tufo, litoide, interessato da sistemi di fratturazione sub-verticali (in rosso) (non presente nell'area in esame)

Depositi pre-vulcanici continentali pleistocenici. Tale unità include depositi della Formazione di Santa Cecilia costituita da alternanze di conglomerati, sabbie e limi di ambiente fluviale con orizzonti vulcanoclastici.

Si rinvencono talora intercalazioni travertinose, date da materiali concrezionari granulometricamente costituiti da sabbia ghiaiosa con intercalati livelli più grossolani (ghiaia), intercettati nelle perforazioni pregresse (A1 e A4), occasionalmente rinvenuti in livelli litoidi centimetrici (160L).

Tali depositi si caratterizzano, inoltre, per la presenza di sparsa sostanza organica di natura torbosa (S02-Pz), talora rinvenuta in laminazioni, di colore nerastro, originatisi per progressiva decomposizione di resti vegetali e materiali organici in formazioni depositate in ambienti continentali o di transizione (ambiente palustre).

Depositi pre-vulcanici marini pliocenici. Questa unità è stata individuata tra i 15 e oltre i 30 metri di profondità in tutti i sondaggi di nuova realizzazione e nei sondaggi pregressi A1, A2 e A3 ed è costituita da prevalente argilla e argilla limosa di colore azzurro grigiastro ed è attribuibile alla Formazione di Monte Vaticano ($V_s = 670-680$ m/s S05-DH). Questa unità, nella porzione sommitale, è alternata a orizzonti sabbiosi di colore da grigio a giallo a ocra in strati sottili a banchi con rari orizzonti di natura torbosa (S02-Pz).

4 CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA

L’area in esame è ubicata a Nord-Est della città di Roma, in località Borgata San Basilio (Figura 9).

I connotati morfologici caratteristici del territorio sono strettamente connessi alla sua genesi; infatti, la morfologia attuale è il risultato dell’attività eruttiva dei distretti vulcanici laziali, dell’azione erosiva e deposizionale delle acque incanalate e delle modificazioni antropiche.

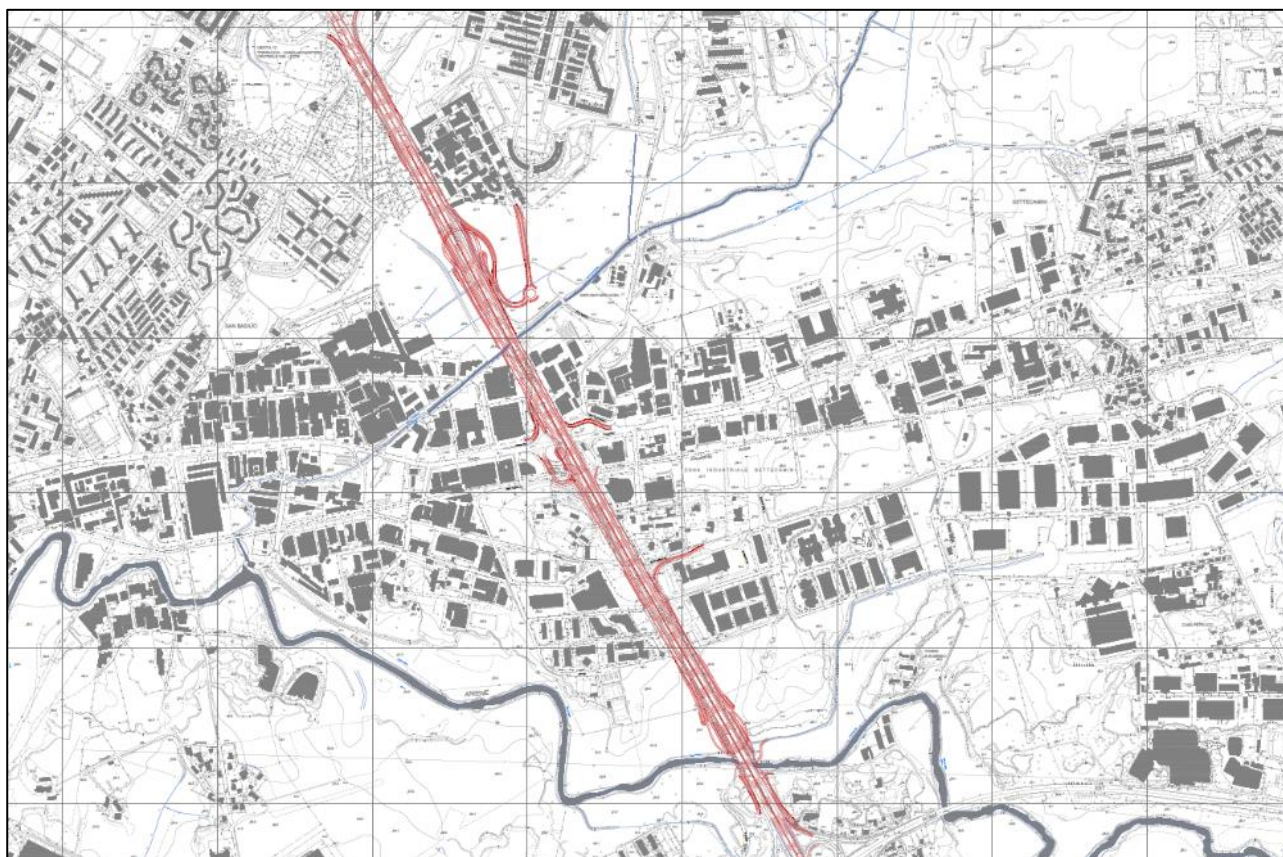


Figura 6: Stralcio della base topografica in scala 1:5000; in evidenza l’opera in progetto

Nel complesso il territorio si presenta con modesti rilievi, con quote massime prossime ai 40-45 m s.l.m., con pendii scarsamente acclivi, relativi ai depositi piroclastici messi in posto a seguito dell’attività eruttiva del distretto vulcanico dei Colli Albani.

Le imponenti deposizioni di sedimenti piroclastici sono state successivamente interessate da processi di modellamento ad opera delle acque incanalate e degli agenti esogeni che hanno portato all’attuale assetto morfologico del territorio.

In particolare, il sito di intervento è posto in corrispondenza dei depositi alluvionali attribuibili al Fosso di Pratolungo e del Fiume Aniene, che costituisce il corso d’acqua principale dell’area in esame. Esso scorre con andamento meandriforme e direzione principale ESE-WNW, intercettando in prossimità di Casale dei Cavallari, Fosso di Pratolungo, suo affluente in destra idrografica.

Il Fosso di Pratolungo scorre con direzione NE-SW ad andamento pressoché rettilineo; in prossimità del punto di confluenza nel corso d’acqua principale, ovvero nel suo tratto terminale, si ritrova ad essere canalizzato e/o confinato a seguito di interventi antropici (Figura 7).



Figura 7: Fosso Pratolungo in prossimità del punto di confluenza nell’Aniene. Il corso d’acqua si trova ad essere confinato a seguito della realizzazione di interventi antropici

Tali corsi d’acqua individuano, alla base dei modesti rilievi, ampie aree pianeggianti poste a quote variabili tra 20-24 m s.l.m. caratterizzate dall’affioramento di depositi alluvionali recenti prevalentemente limoso-argillosi debolmente sabbiosi. Tali superfici costituiscono dei terrazzi di origine alluvionale (Figura 8) originatisi a seguito di processi deposizionali e/o erosivi e risultano delimitate generalmente da scarpate di erosione fluviale (Figura 9).



Figura 8: Ampia zona sub pianeggiante (superficie di terrazzo alluvionale) posta a Nord dell’area rilevata



Figura 9: Tratto del Fiume Aniene; le superficie di terrazzo alluvionale, sub pianeggianti sono delimitate da scarpate di erosione fluviale talora alte fino a 4-5 m

Gli elementi geomorfologici di maggior rilievo rinvenibili nell'area di interesse sono legati, tuttavia, alla attività antropica. Come ben evidente dalla Carta geomorfologica, infatti, il territorio presenta ampie aree edificate, connesse alla realizzazione di edifici ed infrastrutture pubbliche, che hanno completamente obliterato i connotati morfologici originari dell'area.

4.1 Interferenze con il P.A.I.

In merito alla possibile concomitanza di fenomeni franosi lungo il tracciato è utile richiamare l'elaborato con le perimetrazioni dei corpi di frana all'interno del bacino del fiume Tevere. In Figura 10 è presente uno stralcio dei fenomeni franosi e del rischio di frana del P.A.I., in cui non si individuano interferenze dirette e potenziali col progetto in esame. Le uniche aree perimetrate riguardano presunti orli di scarpata di frana riconducibili alle pareti verticali delle cave di tufo ormai non più attive (come indicato anche nella Carta delle pericolosità e vulnerabilità geologica in Figura 12, in cui vengono evidenziate anche le aree di cave dismesse).

Anche dai rilievi di campo, si può confermare che i caratteri morfologici dell'area in esame, costituiti principalmente da zone completamente urbanizzate e superfici sub-pianeggianti di origine alluvionale, escludono a priori la possibilità di innesco di movimenti franosi.

Sempre in Figura 12 (e in Figura 15) si può osservare come il tracciato interferisca, in corrispondenza dell'Aniene del fosso di Pratolungo, con la fascia di esondazione diretta delle piene di riferimento di ordine secolare, in cui devono essere salvaguardate le condizioni di libero deflusso e della sicurezza idraulica.

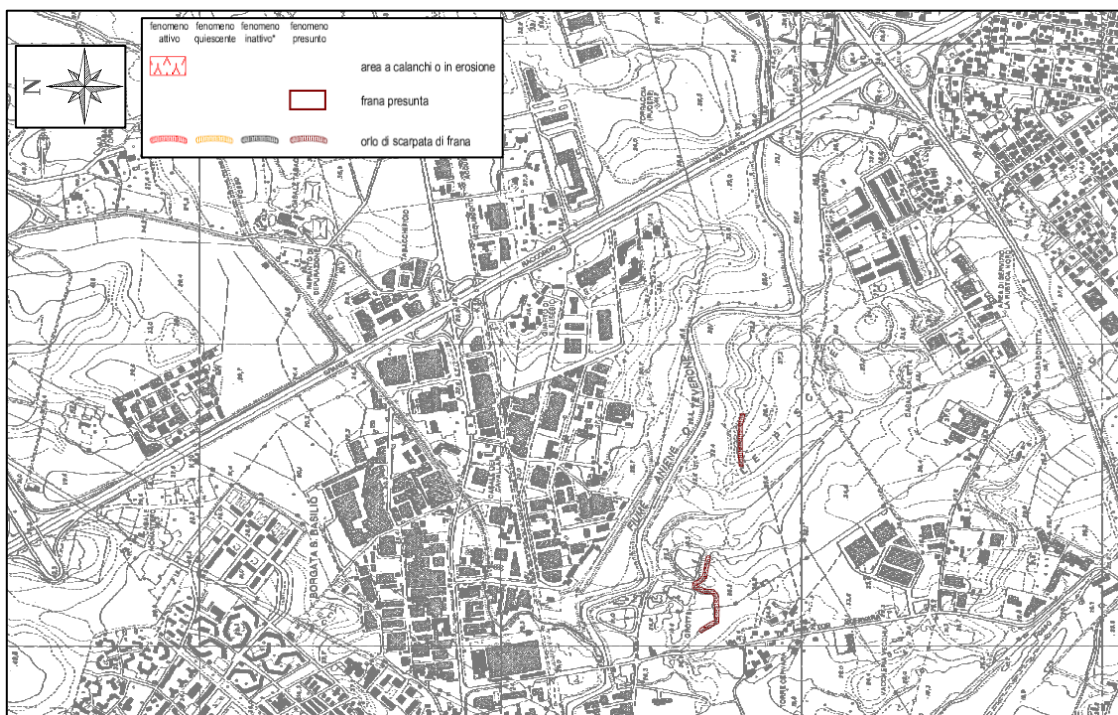


Figura 10: Stralcio dell’“Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio frana” del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (Tavola 36)

4.2 Presenza di cavità

Alterazioni antropiche di particolare rilevanza sono le numerose cave aperte localizzate prevalentemente all’interno delle formazioni piroclastiche. Tali attività estrattive realizzate per lo più a cielo aperto, sia in tempi storici che recenti, hanno generato talora ampie aree ribassate delimitate da fronti di scavo sub-verticali in materiali per lo più tufacei.

Difatti, sono presenti, nella zona rilevata, diverse cave “a cielo aperto” realizzate per l’estrazione dei materiali vulcanici ed oggi dismesse, così come riportato dalla cartografia annessa al PRG del Comune di Roma (Figura 12).

Dalla figura sottostante, elaborata nell’ottobre 2017 da un gruppo di lavoro (tra cui ISPRA, CNR e Protezioni Civile), si segnala la presenza di alcuni cunicoli e cavità sotterranee (in sondaggio), in prossimità del settore di intervento (circa 500 m dal sottovia di Via Tiburtina) e una bassa densità di cavità subito in sinistra del Fiume Aniene dove era presente una cava.

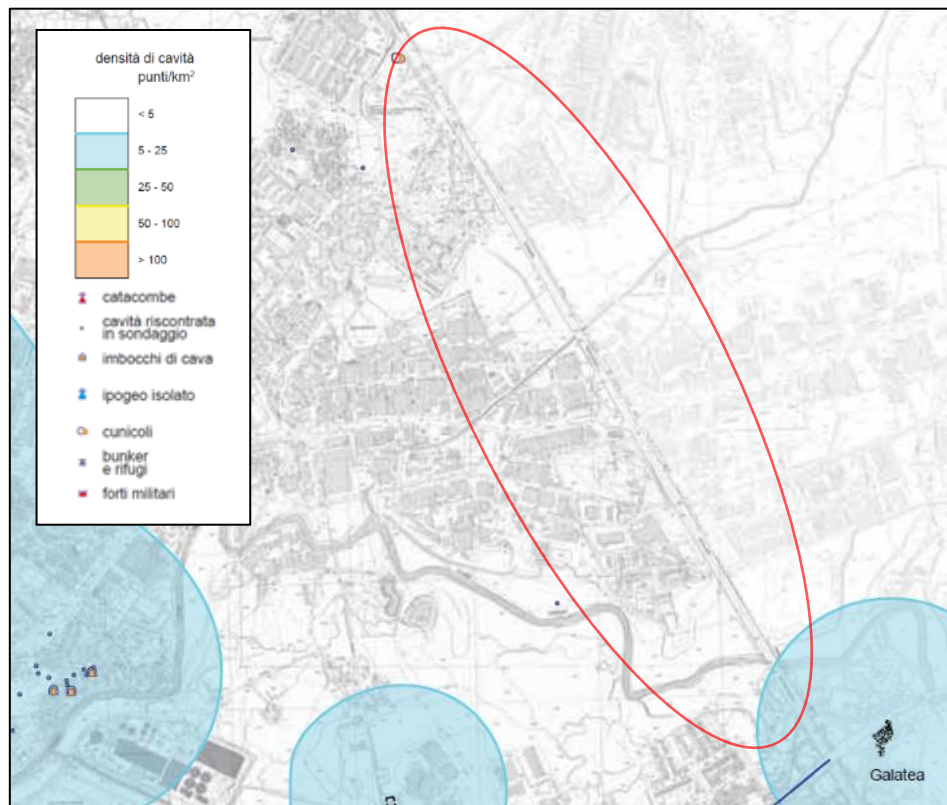


Figura 11: Stralcio della “Carta delle cavità sotterranee di Roma” – Nisio S. et al. (2017)

Pur se le cavità segnalate non risultano direttamente interagenti con le opere da realizzarsi, in un siffatto territorio interessato da attività antropiche sotterranee (in tempi passati e recenti), non è possibile escludere la presenza di cavità e cunicoli sotterranei non rilevati nei sondaggi realizzati ex-novo e pregressi, rinvenibili in particolare in corrispondenza dei depositi piroclastici, sia tufacei che pozzolanacei.

Ciò, per altro, è in linea con quanto riportato nella “Carta di pericolosità e vulnerabilità geologica del territorio comunale” (G9.5.06) annessa al Nuovo Piano Regolatore Generale della Città di Roma, in cui ad Est del tratto stradale interessato dalle opere in progetto è segnalata un’ampia area, in verde, in cui “*Le indicazioni indirette e le valutazioni di carattere geologico-tecnico fanno ritenere molto probabile che in passato queste siano state interessate in modo pervasivo da escavazioni in sotterraneo*”.

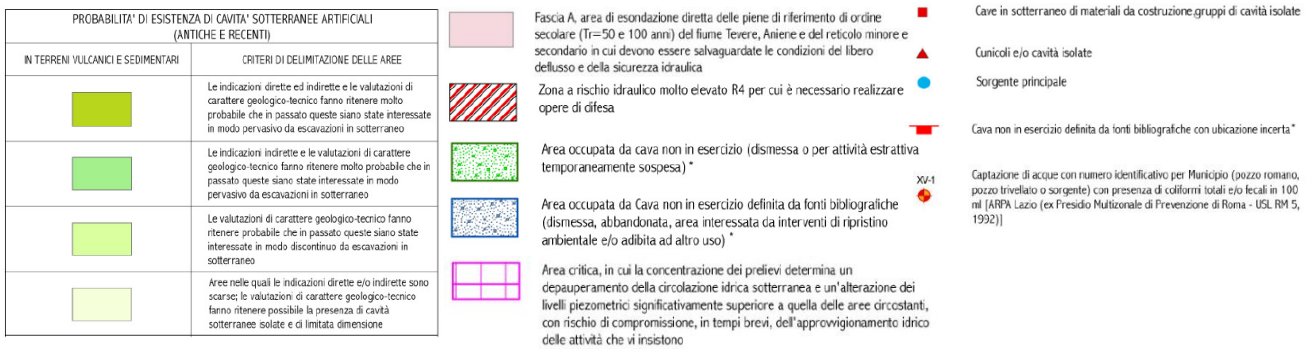
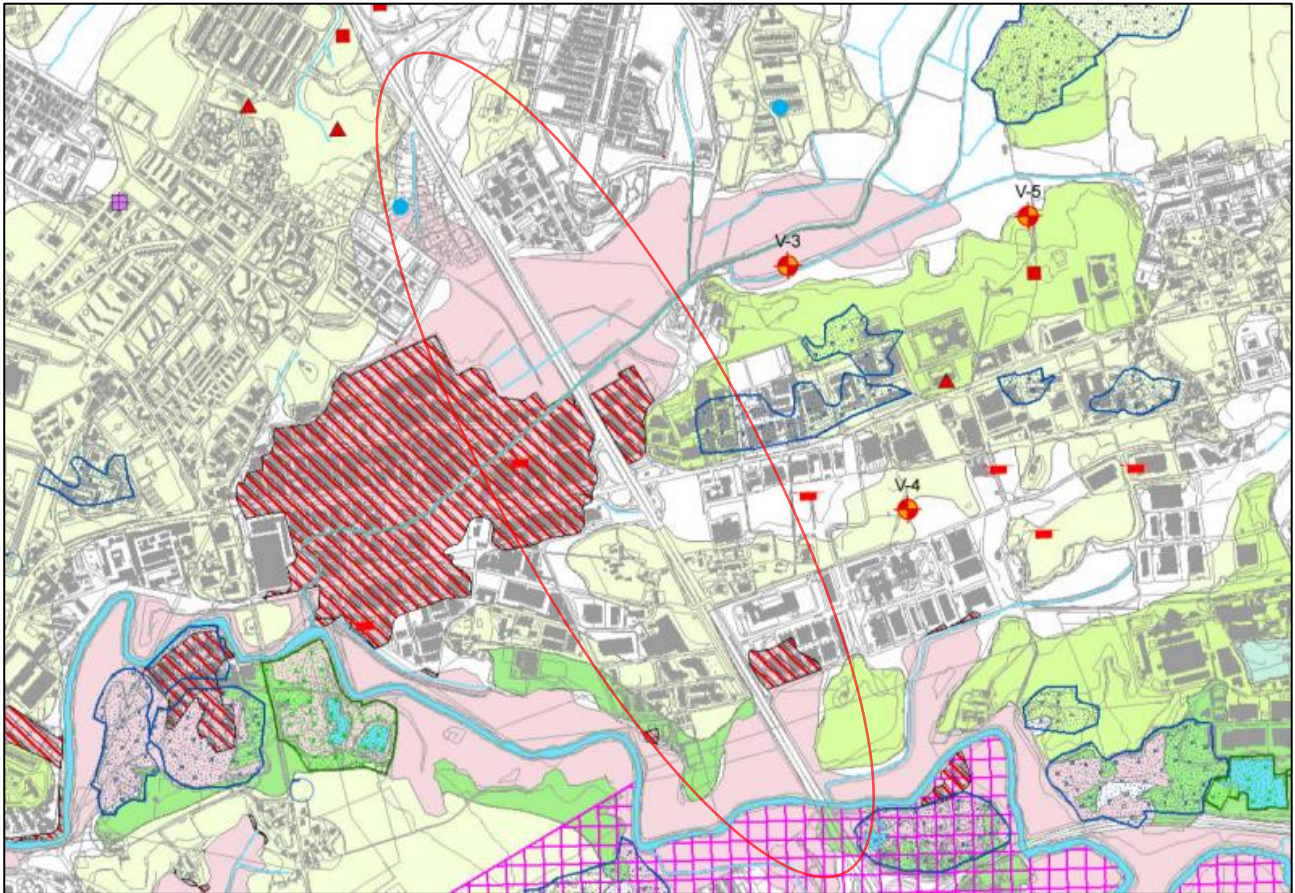


Figura 12: Cavità sotterranee artificiali (antiche e recenti) accertate e aree con una probabilità di esistenza specifica (Comune di Roma, Dipartimento X, Ufficio Servizio Giardini e Protezione civile - Università degli Studi di Roma “La Sapienza” Dipartimento di Idraulica Trasporti e Strade, 2001)

5 IDROGEOLOGIA

5.1 Assetto idrogeologico

L'area in esame si colloca al limite nord-orientale della struttura idrogeologica definita “Sistema dei Colli Albani” (Boni et al., 1988) caratterizzata dalla presenza di litotipi costituiti prevalentemente da prodotti piroclastici indifferenziati mediamente permeabili, tamponati ai loro bordi ed in profondità da terreni poco permeabili.

In generale, nell'ambito territoriale della città di Roma, la falda acquifera principale è quella il cui substrato impermeabile è costituito dal complesso idrogeologico delle argille plioceniche (Unità del Monte Vaticano) costituito da argille con intercalazioni sabbiose e, a tratti, da argille sabbiose, che rappresentano, per il loro elevato spessore e per il bassissimo grado di permeabilità, il substrato impermeabile (acquiclude) continuo e molto potente al di sotto del quale nessuna circolazione idrica è possibile.

Al di sopra di questo sub-strato poggiano la successione di terreni di origine vulcanica (complesso delle vulcaniti) e le successioni sedimentarie pre- e post- vulcaniche (complesso dei depositi alluvionali e complesso dei depositi sedimentari pleistocenici), caratterizzate dal passaggio, sia in verticale che in orizzontale, tra termini a permeabilità anche molto diversa tra loro.

Le frequenti variazioni di permeabilità, sia in senso orizzontale che in senso verticale, rendono la situazione idrogeologica del territorio romano e, nello specifico, dell'area in esame, molto complessa per la presenza di falde idriche sovrapposte spesso in contatto idraulico tra loro.

La direzione di flusso della circolazione idrica che si imposta negli acquiferi superficiali è fortemente influenzata dalla topografia e dalla morfologia superficiale. Mentre, l'andamento delle acque sotterranee in profondità è di difficile determinazione in quanto le perforazioni che hanno raggiunto tali acquiferi registrano livelli piezometrici derivanti dall'interazione tra i vari acquiferi (falda multistrato con acquiferi che, a piccola scala, sono separati da setti impermeabili mentre, a grande scala, sono intercomunicanti fra loro).

Relativamente all'area in esame è possibile differenziare, in funzione delle caratteristiche litologiche e di permeabilità, i seguenti complessi idrogeologici, riportati e cartografati nell'elaborato Carta Idrogeologica:

- Complesso dei depositi di copertura, alluvionali ed epivulcanici;
- Complesso delle vulcaniti;

Il Complesso dei depositi di copertura, alluvionali ed epivulcanici è costituito da una alternanza di argille, limi, sabbie e ghiaie delle alluvioni attuali, connesse ai processi deposizionali dei corsi d'acqua principali e dei loro affluenti minori, e da epivulcaniti derivanti dal rimaneggiamento in ambiente fluviale e fluvio-palustre dei prodotti piroclastici. Le caratteristiche litologiche di tali terreni portano alla formazione di alternanze lenticolari o stratiformi di orizzonti permeabili; si comportano pertanto come degli acquiferi multilivello in cui possono identificarsi livelli in pressione e livelli freatici associabili ad orizzonti francamente sabbiosi o sabbioso-ghiaiosi. La potenzialità di queste circolazioni risulta essere, in ogni caso, di modesto interesse viste le permeabilità dei livelli acquiferi non elevate. Tali depositi sono contraddistinti da permeabilità variabile per porosità da bassa (limi argillosi e sabbie limose) a media (livelli a granulometria sabbiosa e sabbioso ghiaiosa).

Il Complesso delle vulcaniti è costituito da prodotti vulcanici caratterizzati da granulometria e cementazione molto variabili sia orizzontalmente che verticalmente. La circolazione idrica sotterranea si concentra nei terreni più permeabili (tufi fratturati). Tale complesso è caratterizzato da una elevata variazione di permeabilità che condiziona la circolazione idrica sotterranea che avviene negli orizzonti litoidi a maggiore fatturazione o nei termini incoerenti ad elevata porosità. La circolazione idrica sotterranea risulta, pertanto, molto articolata con la formazione di una serie di falde sovrapposte impostate nei termini a maggiore permeabilità relativa; tali orizzonti influenzano, per altro, la minore o maggiore potenzialità dell’acquifero.

5.2 Livelli piezometrici e interferenza PAI

Per quanto concerne la falda, dalla lettura delle colonne stratigrafiche è possibile dedurre la presenza di acqua sotterranea nei sondaggi ed alle profondità riportate nella tabella che segue.

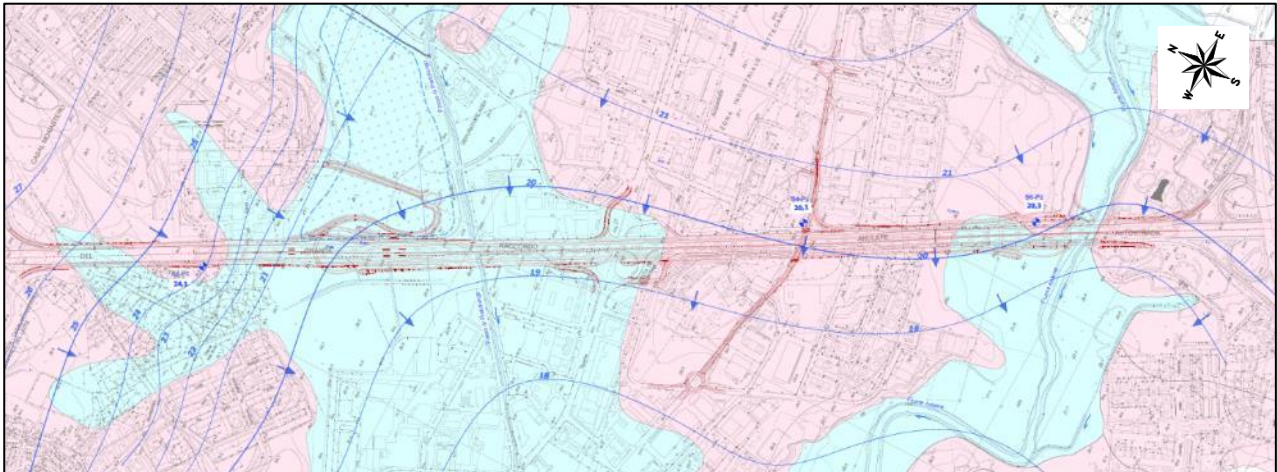
Tabella 1 – Letture di soggiacenza nei piezometri a tubo aperto installati

Codice sondaggio	Quota sondaggio	Soggiacenza	Quota assoluta falda
	<i>m s.l.m.</i>	<i>m da p.c.</i>	<i>m s.l.m.</i>
S02-PZ	31,27	7,20	24,07
S04-PZ	37,23	17,13	20,10
S06-PZ	23,46	3,15	20,31

Tali valori, si discostano leggermente con quanto riportato nella Carta idrogeologica del territorio comunale annessa al Nuovo Piano Regolatore Generale del Comune di Roma (vedi elaborato Carta Idrogeologica). Infatti, come si può notare dalla figura sottostante, in cui è stato ricostruito l’andamento delle linee equipotenziali della falda attraverso i dati acquisiti, l’altezza della stessa risulta di poco superiore nei punti in esame. I due principali corsi d’acqua fungono in questo caso da asse principali di drenaggio mentre, nel settore centrale, più alto topograficamente e in cui affiorano i litotipi vulcanoclastici, manifesterebbero un andamento delle equipotenziali divergente con flussi idrici verso l’Aniene e il Fosso di Pratolungo.

In ogni caso si sottolinea che per caratteristiche litologiche degli acquiferi (alternanze di livelli e lenti di orizzonti a varia permeabilità) e tipo di strumentazione installata per la misurazione dei livelli piezometrici (piezometri a tubo aperto), è ragionevole supporre che tale livello piezometrico derivi da una commistione tra i vari orizzonti acquiferi e, nello specifico, si riferisce a quello a maggior produttività.

In destra idraulica del Fosso di Pratolungo, inoltre, si ravvisa la presenza di un’area umida, in corrispondenza dei depositi alluvionali, con locale presenza di acqua stagnante in destra del fosso (Figura 14), dove si riscontra una bassissima o nulla circolazione delle acque superficiali. Quindi, considerando quanto osservato, si precisa come la stessa sia da considerarsi prossima alla quota del piano campagna (le attuali misurazioni la pongono con una soggiacenza a circa 1 – 1,5 m).



Complesso delle vulcaniti



Complesso dei depositi di copertura

Figura 13: Stralcio della Carta Idrogeologica in cui sono evidenziate le linee isopiezometriche e l'opera in progetto



Figura 14: Evidenze di acque stagnanti nel canale in destra del Fosso di Pratolungo

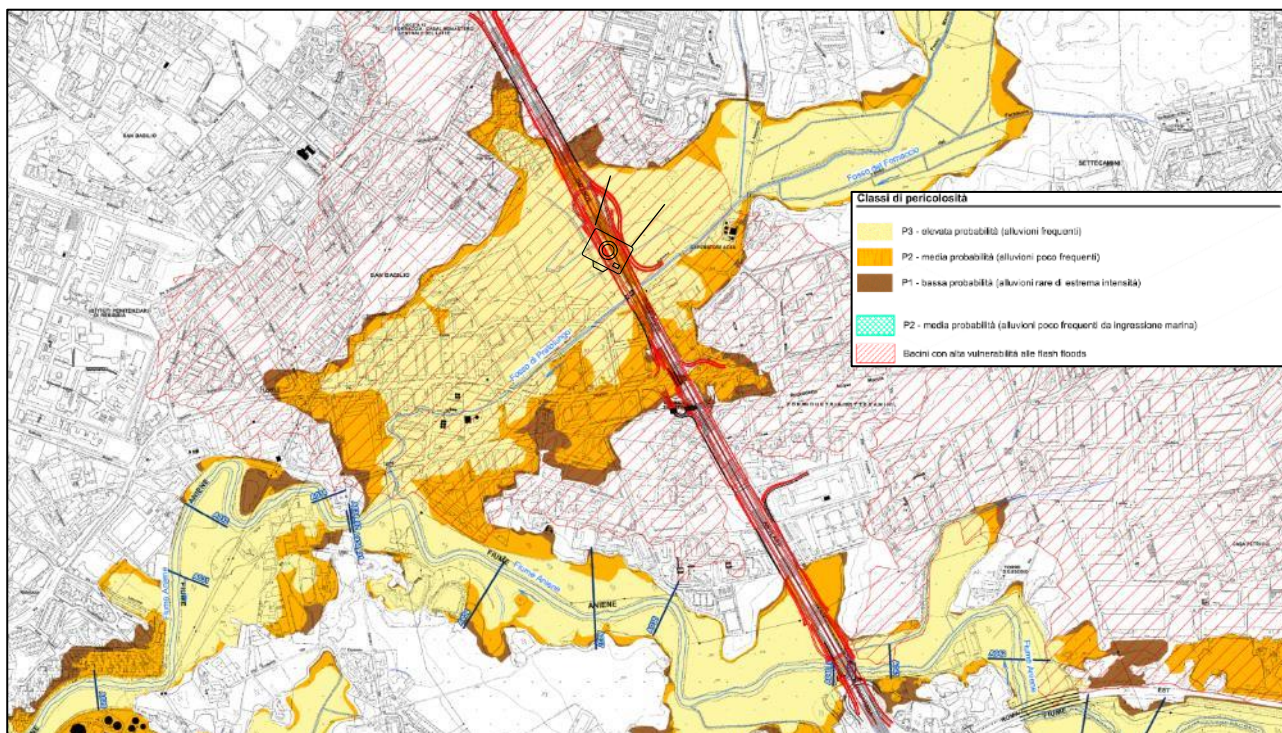


Figura 15: Stralcio della “Planimetria delle aree di pericolosità idraulica del PGRA” con ubicazione foto di Figura 14

Tali aste fluviali rendono il territorio predisponente ad una pericolosità idraulica connessa sia a processi di esondazione del reticolo idrografico che a processi di allagamento e ristagno di acque meteoriche e dilavanti.

La pericolosità connessa ai processi di esondazione del reticolo idrografico è collegata alla probabilità di tracimazione degli alvei naturali e artificiali a causa dell’aumento della portata idrica di deflusso del corso d’acqua in concomitanza con eventi pluviometrici di una certa intensità e della insufficiente capacità di smaltimento della sezione d’alveo del transito del flusso idrico dovuta a cause sia naturali che ad interventi antropici.

La pericolosità per processi di allagamento e ristagno di acque meteoriche e dilavanti si origina in quelle zone caratterizzate da una inadeguata capacità di drenaggio delle acque di scorrimento superficiale, come aree morfologicamente depresse o aree cui la rete di drenaggio artificiale non risulta adeguata allo smaltimento repentino delle acque meteoriche connesse ad eventi pluviometrici critici.

Nello specifico, il tratto stradale interessato dalle opere in progetto ricade in alcuni settori in fasce ad alta pericolosità ed con un rischio idraulico molto elevato. In un simile contesto è necessario prevedere, lungo il tratto stradale in progetto, una rete di drenaggio delle acque superficiali volta allo smaltimento repentino delle stesse in occasione di eventi pluviometrici intensi, nonché predisporre opportuni interventi di difesa e di mitigazione del rischio idraulico.

Per quanto riguarda infine la definizione della permeabilità dei vari livelli individuati, sia coesivi che sabbioso limosi, si evidenzia che manifestano valori del coefficiente di permeabilità estremamente bassi. La seguente tabella sintetizza i valori del coefficiente di permeabilità rilevati nel corso dell’esecuzione delle prove edometriche a cui è associata la litologia di riferimento (AL – Alluvionale; VS – F. Villa Senni; CL – F. Santa Cecilia; MVa,s – F. Monte Vaticano nelle facies prettamente argillosa e in parte sabbiosa).

Tabella 2 – Letture del coefficiente di permeabilità determinato da prove edometriche

Sondaggio	Campione	Profondità	Unità	K
		<i>m da p.c.</i>		<i>cm/s</i>
S01-DH	CI1	3,0-3,5	VS	1,08E-06
S01-DH	CI3	17,5-18,0	MVs	3,20E-09
S02-Pz	CI1	3,0-3,5	VS	1,45E-06
S02-Pz	CI2	6,0-6,5	VS	8,85E-08
S03-DH	CI1	6,0-6,5	VS	1,14E-06
S03-DH	CI2	12,5-13,0	VS	4,89E-08
S03-DH	CI4	24,0-24,7	CL	1,02E-07
S03-DH	CI5	30,0-30,5	MVs	1,07E-08
S03-DH	CI6	36,0-36,5	MVs	9,85E-09
S04-Pz	CI1	6,0-6,2	VS	1,03E-06
S04-Pz	CI2	12,5-13,0	VS	1,13E-06
S04-Pz	CI3	18,5-19,0	VS	3,08E-08
S04-Pz	CI4	25,0-25,5	VS	3,51E-09
S04-Pz	CI5	31,0-31,5	CL	7,27E-09
S04-Pz	CI6	33,0-33,5	MVs	3,68E-07
S04-Pz	CI7	38,0-38,5	MVs	2,11E-09
S05-DH	CI1	6,0-6,5	Ala	9,42E-08
S05-DH	CI2	12,0-12,5	ALa	7,14E-07
S05-DH	CI4	24,0-24,5	CL	5,57E-08
S05-DH	CI6	36,0-36,5	MVa	2,38E-09
S06-Pz	CI1	5,5-6,0	VS	7,77E-07
S06-Pz	CI2	17,5-18,0	CL	1,05E-06
S06-Pz	CI3	24,0-24,5	CL	5,02E-07
S06-Pz	CI4	30,0-30,5	CL	2,03E-07
S06-Pz	CI5	33,5-34,0	MVa	3,26E-08
S06-Pz	CI6	37,0-37,5	MVa	3,50E-08
S06-Pz	CI7	42,5-43,0	MVa	1,00E-08
S07-Pz	CI1	12,0-12,5	VS	5,15E-07
S07-Pz	CI2	18,5-19,0	VS	5,70E-07
S07-Pz	CI3	25,0-25,5	CL	3,58E-08
S07-Pz	CI4	31,5-32,0	CL	3,93E-08
S07-Pz	CI5	38,0-38,5	MVa	1,68E-08
S07-Pz	CI6	43,0-43,5	MVa	3,35E-09
S08	CI1	30,2-30,7	CL	5,71E-07
S08	CI2	36,0-36,5	CL	1,62E-06
S09-DH	CI1	6,0-6,5	VS	4,62E-06
S09-DH	CI2	12,5-13,0	VS	1,46E-06
S09-DH	CI3	26,5-27,0	CL	8,51E-07
S09-DH	CI4	33,2-33,7	CL	3,24E-09
S09-DH	CI5	39,5-40,0	MVa	1,61E-07
S09-DH	CI6	43,0-43,5	MVa	2,73E-09

I dati evidenziano come gli orizzonti a carattere sia coesivo che più incoerente siano caratterizzati da valori di permeabilità nel complesso bassi. Le più basse permeabilità riscontrate, dell'ordine di 10⁻⁹ cm/s, sono attribuibili alle argille della Formazione di Monte Vaticano e alle componenti più fini della formazione del Fosso della Crescenza, mentre nella Formazione di Villa Senni si sono registrati valori di 10⁻⁶ cm/s.

Va comunque considerata la possibilità di avere permeabilità superiori nelle litologie piroclastiche litoidi (permeabilità secondaria per fratturazione) e nei depositi continentali per la presenza di orizzonti ghiaioso sabbiosi.

6 INDAGINI GEOGNOSTICHE

I dati acquisiti sono stati integrati e confrontati con quelli derivanti dalla analisi ed interpretazione delle colonne stratigrafiche relative a una campagna di indagine per il presente progetto e indagini relative ad una campagna del 2011 e ulteriori pregresse.

La campagna d’indagine, ad hoc eseguita dalla Società Tecno In S.p.A., nell’ambito della presente fase progettuale (Progetto Definitivo) è consistita in:

- n. 9 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo di lunghezza variabile da 30 a 45 m, di cui 3 condizionati a piezometro;
- n. 40 prove penetrometriche SPT;
- n. 55 prelievi di campioni da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico (48 indisturbati e 7 litoidi);
- n. 10 pozzetti esplorativi spinti alla profondità massima di 2,0 m da p.c. con prelievo di 9 campioni rimaneggiati e 20 per le analisi ambientali;
- n. 9 prove di carico su piastra;
- n. 2 prove penetrometriche statiche con piezocono CPTU;
- n. 4 prove down hole per la caratterizzazione sismica dei terreni ai sensi delle NTC18;
- n. 6 misure di sismica passiva a stazione singola HVSR;

Nella tabella seguente sono indicate le codifiche dei sondaggi realizzati ex-novo.

Tabella 3 – Principali caratteristiche dei sondaggi eseguiti

N.	Sigla ID	profondità (m dal p.c.)	SPT	CI	CL	Down Hole	Piezometro (tubo aperto 3")
1	S01-DH	31	5	4		X	
2	S02-PZ	30	5	4			X
3	S03-DH	45	5	6		X	
4	S04-PZ	45	5	7			X
5	S05-DH	45	5	6		X	
6	S06-PZ	45	5	7			X
7	S07	45	5	6	2		
8	S08	45		2	4		
9	S09-DH	45	5	6	1	X	

Riguardo alle campagne pregresse sono stati prese in esame le prove riepilogate nelle seguenti tabelle.

Tabella 4 – Principali caratteristiche dei sondaggi relativi alla campagna di indagine del 2011

Sondaggio	Profondità [m da p.c.]	Condizionamento	Falda [m da p.c.]	Prove SPT	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati
A1	30.0	Prova DH	-	3	2	-
A2	33.0	Piezometro TA	4.8	4	3	1
A3	35.0	Prova DH	4.8	4	3	1
A4	25.0	-	5.1	3	1	-

Tabella 5 – Principali caratteristiche dei sondaggi relativi a indagini pregresse

Sondaggio/ pozzo	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	Piezometro TA	Prove SPT
30 V	23.0	24.2	-	-
7 V	62.0	34.9	-	-
13 V	100	23.7	-	-
11 V	15.0	32.7	-	-
35L	15.0	-	-	3
36L	15.0	-	-	3
150L	15.0	-	-	-
151L	15.0	32.6	-	-
153L	10.0	36.5	-	1
154L	10.0	34.5	-	1
160L	20.0	25.5	TA (2-20m)	1
161L	15.0	27.5	-	1
162L	15.0	----	-	-
188L	19.0	23.8	-	-
189L	20.0	22.5	-	-
190L	20.0	-	-	-
191L	17.5	-	-	-
192L	22.0	-	-	-
197L	20.0	-	-	-
3M	25.0	38.0	-	4
4M	30.0	38.3	-	4

Per l'ubicazione e le specifiche caratteristiche delle stesse si rimanda agli appositi elaborati.

7 SISMICITÀ

7.1 Sismicità storica e recente dell'area

La sismicità rappresenta uno strumento indispensabile per le analisi sismotettoniche e un utile supporto alla geologia strutturale, in quanto varie tipologie di dati sismici, ottenuti attraverso differenti metodologie, possono fornire indicazioni per l'identificazione e la caratterizzazione delle strutture geologicamente attive.

L'insieme delle informazioni disponibili sui terremoti avvenuti in passato, ottenute secondo metodi di analisi di tipo sia strumentale che non, consistono essenzialmente in registrazioni del moto del terreno dalle quali è possibile ricavare l'ipocentro (in termini di latitudine, longitudine, profondità e relative incertezze), così come la dimensione (in termini di magnitudo o momento sismico) e la tipologia del meccanismo del terremoto (in termini di parametri di faglia o di tensore momento). I dati strumentali sono integrati da informazioni sulla distribuzione spaziale degli effetti indotti dal terremoto sulle persone, sulle cose e sull'ambiente, dalle quali, attraverso la codifica di una scala macrosismica, è possibile ricavare la localizzazione, la magnitudo equivalente, le dimensioni fisiche ed anche l'orientazione della struttura sismogenetica.

Le informazioni riguardanti gli eventi sismici avvenuti nell'area in esame sono state ricavate dall'ultima versione del Database Macrosismico Italiano chiamata “DBMI15” v.3.0 (Locati et. al., 2021) (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>), la quale aggiorna e sostituisce la precedente DBMI11, e dal Bollettino Sismico Italiano elaborato da ISIDE Working Group (<http://iside.rm.ingv.it/>).

In Tabella 6 è rappresentata la storia sismica denominata “Colli Aniene” (limitrofa alla zona oggetto di studio) con elencati i terremoti più significativi che hanno coinvolto il territorio; il termine “Is” è riferito all'intensità al sito per ogni evento sismico e per ognuno di essi è indicata l'ora, il giorno, l'area e l'intensità macrosismica epicentrale, e la magnitudo del momento sismico (MMS – Moment Magnitude Scale). Quest'ultima è stata sviluppata come aggiornamento della scala Richter.

Considerando i valori esposti in tabella si può notare come l'unico evento registrato (avvenuti nella campagna romana) produssero effetti del quarto grado della scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg), la quale considera gli effetti distruttivi su persone e cose per misurare l'intensità del sisma.

Tabella 6 – Elenco degli eventi sismici che hanno influenzato l'area di Colli Aniene

Storia sismica di		Colli Aniene			
Numero di eventi		1			
Effetti	Data	Area epicentrale	Punti di osservazione macrosismiche	Intensità macrosismica epicentrale	Magnitudo momento Mw
Is (MCS)					
3-4	1995 06 12 18 27 43.38	Campagna romana	125	5-6	3,79

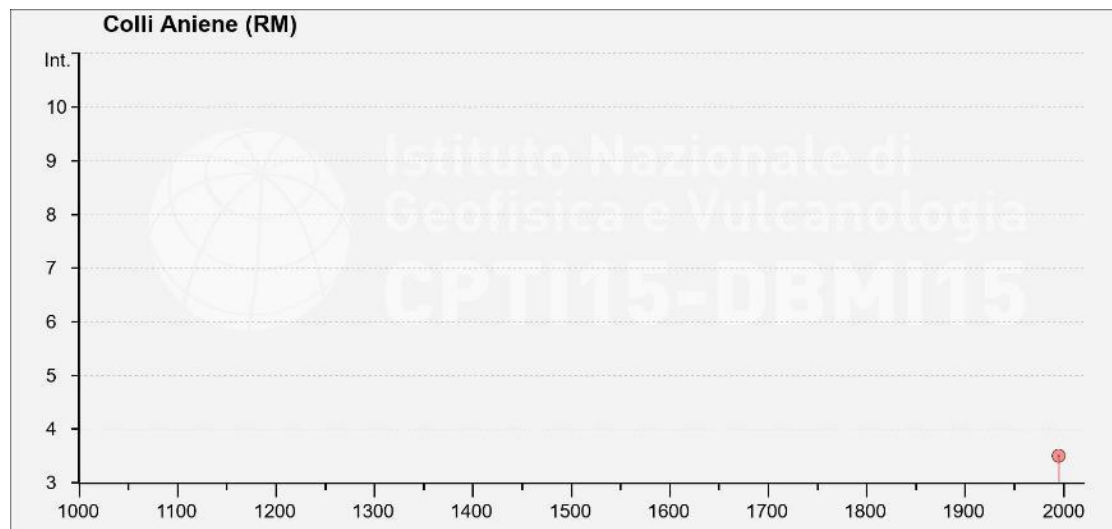


Figura 16: Rappresentazione degli eventi sismici significativi avvenuti nell’area in esame (fonte: DBMI15)



Figura 17: Eventi sismici con Magnitudo > 4,5, nelle aree limitrofe al comune di Roma (fonte: INGV)

Nella figura soprastante invece sono rappresentati i terremoti recenti (dal 2000 ad oggi) con magnitudo superiore a 4,5 e avvenuti entro un raggio di 50 km dal comune di Roma. La ricerca non ha evidenziato la registrazione di eventi sismici significativi.

7.2 Sorgenti sismogenetiche

L’Istituto Nazionale di Geofisica e di Vulcanologia ha diffuso, nell’ambito del Progetto DISS (Database of Individual Seismogenic Sources), le informazioni riguardanti la distribuzione spaziale e le caratteristiche sismico-tettoniche delle Sorgenti Sismogenetiche presenti sul territorio nazionale. La Figura 18 mostra le aree riferite alla versione più aggiornata DISS 3.2.0 “A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas” del 2015 (<http://diss.rm.ingv.it/diss/>).

L’area oggetto di studio non si trova in corrispondenza di nessuna Sorgente Sismogenetica Composita (CSS) (Figura 18).

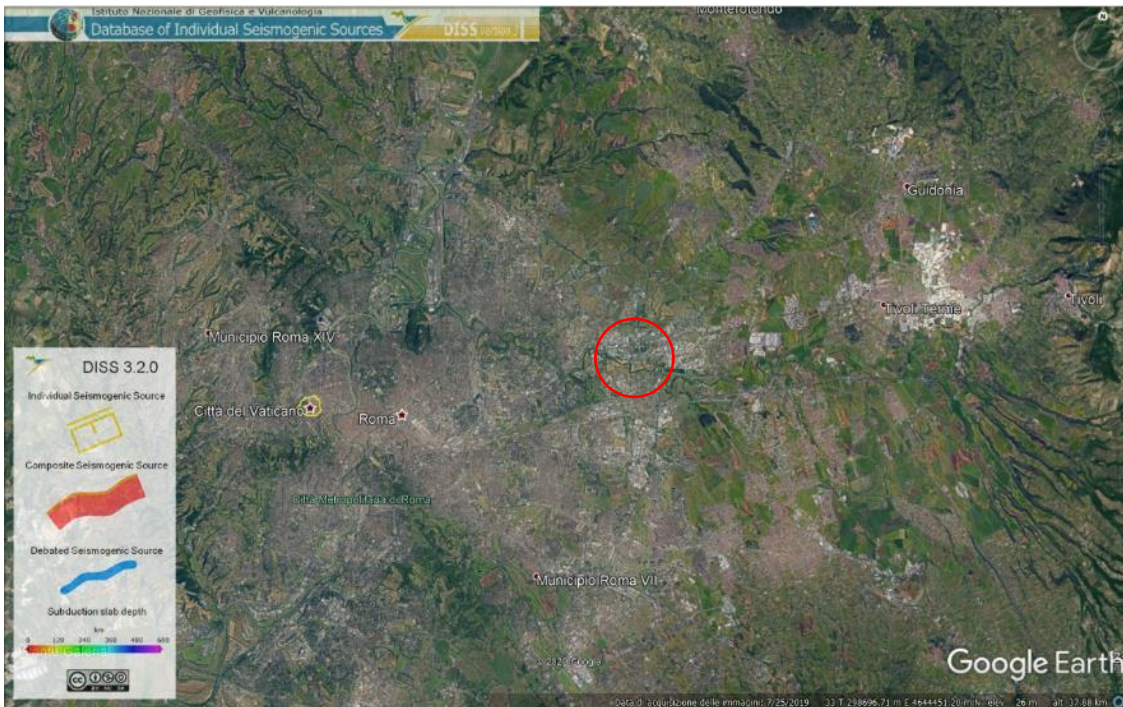


Figura 18: Database zone sismogenetiche INGV (DISS3.2): rappresentazione cartografica delle CSS (Composite Seismogenic Source) e delle ISS (Individual Seismogenic Source) (Google Earth)

La sorgente sismogenetica composta è essenzialmente una struttura identificata sulla base dell’analisi di dati geologici di superficie e sotterranei, ed in particolare sulla base dell’identificazione delle tracce e delle caratteristiche delle faglie attive. La lunghezza della rottura attesa in conseguenza del terremoto, tuttavia, è scarsamente definibile in quanto, normalmente, le sorgenti sismogenetiche composite derivano da un numero imprecisato di singole fonti vicine tra loro ma sostanzialmente discontinue. Ad una CSS non è possibile attribuire una specifica dimensione del terremoto atteso per il futuro, ma il loro potenziale sismico è stimato dai cataloghi terremoto esistenti.

Da un punto di vista geometrico rappresenta la proiezione sulla superficie terrestre della superficie di faglia. Nella Figura 19 è riportato uno schema di lettura delle caratteristiche geometriche della CSS.

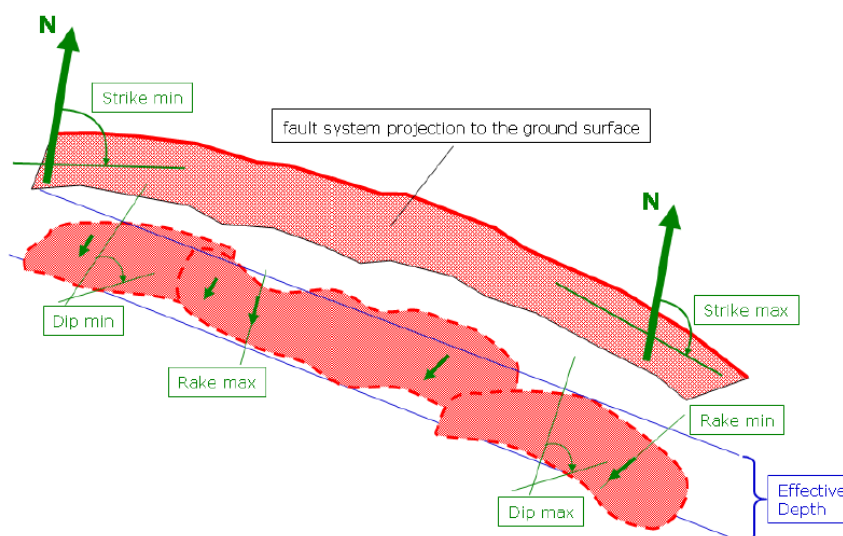


Figura 19: Schema geometrico di una sorgente sismogenetica composta (CSS)

A tal proposito è utile richiamare anche il database dell’ISPRA “ITHACA - Catalogo delle faglie capaci” (Figura 20), il quale non evidenzia la presenza di faglie attive e capaci nell’introno dell’area in esame.

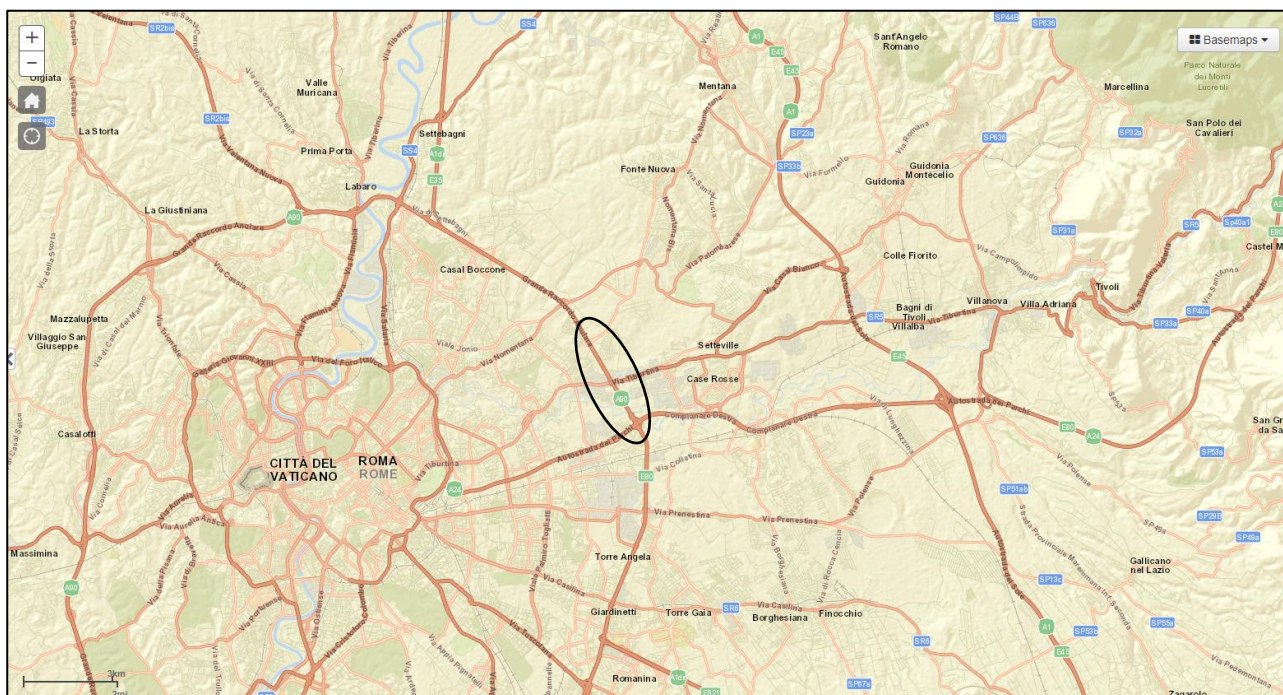


Figura 20: Stralcio del catalogo delle faglie attive e capaci nell’aeree limitrofe all’area in esame (fonte: ISPRA – ITHACA – Catalogo delle faglie capaci)

7.3 Zonazione Sismogenetica

L’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ha realizzato una zonazione sismogenetica (ZS9) del territorio nazionale per soddisfare diversi requisiti, ed in particolare per recepire le conoscenze più recenti sulla tettonica attiva della penisola e sulla distribuzione delle sorgenti sismogenetiche, fornire per ogni zona una stima della profondità efficace dei terremoti (ovvero l’intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti) e un meccanismo di fagliazione prevalente attraverso l’analisi cinematica di eventi geologici importanti che interessano la crosta superficiale e anche strutture profonde (INGV, Rapporto Conclusivo per il Dipartimento di Protezione Civile, 2004).

La ZS9 rappresenta la più recente zonizzazione sismogenetica del territorio nazionale ed è stata elaborata tenendo in considerazione i principali riferimenti informativi sui terremoti: progetto DISS e il Database Macrosismico Italiano (DBMI11) che contiene i dati di intensità utilizzati per la compilazione dei parametri del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani rilasciato nel dicembre 2011 (CPTI11).

Il territorio italiano è suddiviso in 36 aree differenti numerate da 901 a 936 cui vanno aggiunte 6 zone non utilizzate in quanto non contribuiscono alla pericolosità del territorio italiano o hanno un numero di eventi interno molto basso. Si possono distinguere le seguenti porzioni (vedi Figura 17):

- Arco alpino: 901 ÷ 910
- Appennino settentrionale e centrale: 911 ÷ 923
- Appennino meridionale e avampaese apulo: 924 ÷ 928 e 931
- Calabria: 929 – 930
- Sicilia: 932 ÷ 936

Se si osserva Figura 22 l'area in esame si trova in corrispondenza della zona 922 nel settore dell'Appennino settentrionale e centrale. Questa zona, insieme alle 921, racchiudono aree caratterizzate da elevato flusso di calore (Mongelli e Zito, 1991). L'intero settore è caratterizzato da una diffusa sismicità di energia moderata, con pochi eventi di magnitudo più elevata, responsabili di danni significativi su aree di limitata estensione anche per la superficialità degli ipocentri (Bagnoregio 1695, Orciano Pisano 1846, Piancastagnaio 1919). La separazione di questo settore in due zone è dovuta alla presenza di un'area intermedia, coincidente con il vulcano sabatino e con l'Agro Romano, pressoché prima di sismicità (Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica - INGV).

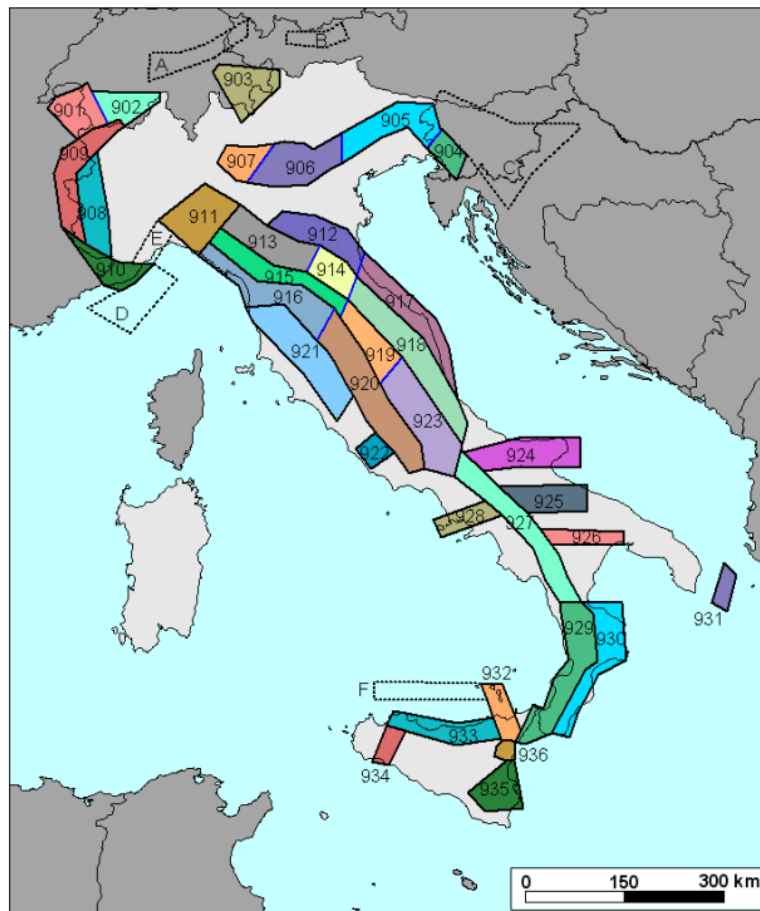


Figura 21: Zonazione sismogenetica ZS9. I limiti blu separano zone con analogo significato cinematico ma diverse caratteristiche sismiche (fonte: INGV, Rapporto Conclusivo per il Dipartimento di Protezione Civile, 2004)

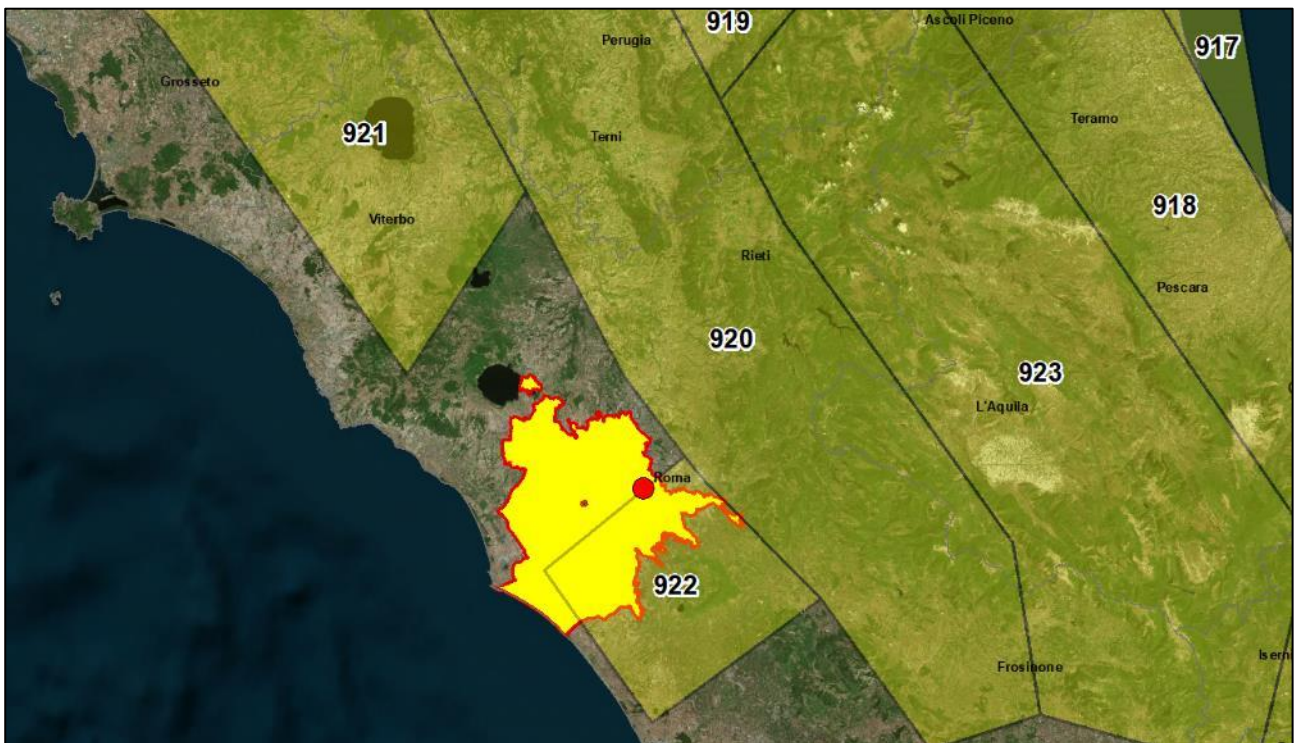


Figura 22: Particolare di Figura 21 in cui viene evidenziato il comune di Roma e l'area in esame

7.4 Liquefazione

La liquefazione rappresenta lo stato raggiunto da terreni sabbiosi sciolti saturi quando perdono la loro resistenza al taglio come conseguenza di un incremento delle pressioni interstiziali. Tali fenomeni possono verificare grandi deformazioni del terreno, comportando danni sia lievi che catastrofici.

Secondo le NTC18 la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 23(a), nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 23 (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

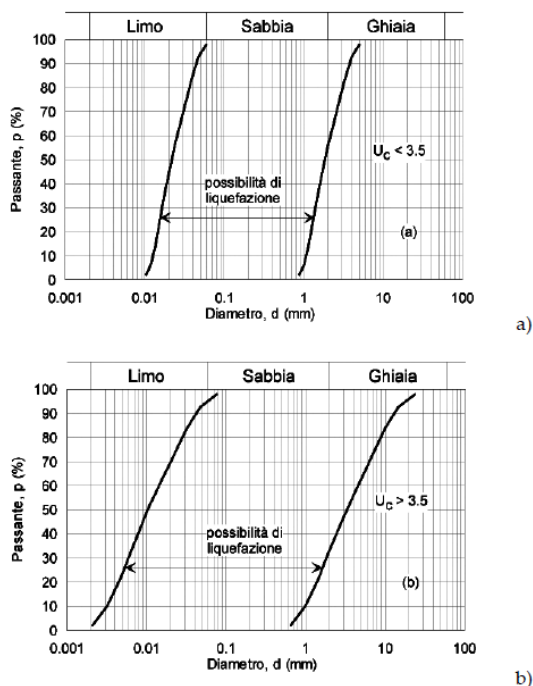


Figura 23: Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno a differente coefficiente di uniformità: a) $U_c < 3,5$; b) $U_c > 3,5$ (fonte: NTC 2018)

Altre considerazioni possono essere fatte sull'età del deposito, sulla storia sismica, sul grado di addensamento e sulla granulometria. Un terreno con un basso grado di addensamento (indice dei vuoti elevato e bassa densità relativa) per esempio avrà maggiore probabilità che raggiunga lo stato di liquefazione; di conseguenza un deposito antico, a parità di condizioni, sarà meno soggetto a liquefazione perché nella sua storia avrà sviluppato legami intergranulari e cementazioni sempre più forti.

Il verificarsi o meno della liquefazione viene verificato utilizzando metodi semplificati, calcolando il fattore di sicurezza F_s , inteso come rapporto tra la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico (CRR – Cyclic Resistance Ratio) e la domanda sismica corrispondente al terremoto atteso di progetto, espressa come sollecitazione di taglio massimo indotta dal sisma (CSR – Cyclic Stress Ratio), e valutando se esso sia minore di uno (liquefazione) o maggiore di uno (non liquefazione). È da osservare che anche quando $F_s > 1$ si possono avere dopo il terremoto cedimenti permanenti del terreno.

$$F_s = \frac{CRR}{CSR} MSF$$

Per quanto riguarda le formazioni vulcanoclastiche e continentali di seguito sono rappresentate le curve granulometriche di alcuni campioni con la più alta percentuale di componente sabbiosa. Considerando il grafico si può notare come la maggior parte delle curve fuoriesca dai fusi granulometrici limite per le condizioni di liquefazione con una percentuale di materiale fine significativa. Tra tutti i 48 campioni indisturbati prelevati e analizzati in dettaglio, solo 3 ricadono all'interno dei fusi limite: S01-DH-CI02 (tra 6,0-6,5 m - VS); S04-Pz-CI01a (6,23–6,40 m - VS) e S06-Pz-CI02 (17,5-18,0 - CL); pertanto in termini granulometrici non si può del tutto escludere il rischio di liquefazione.

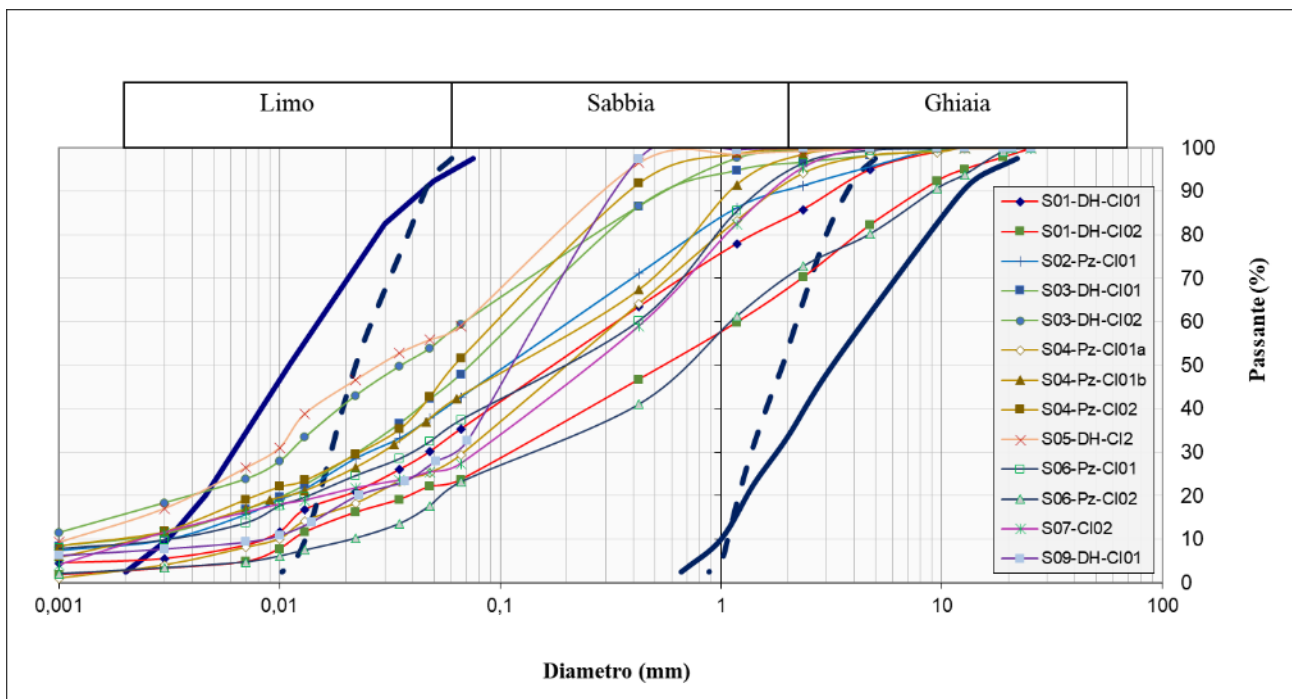


Figura 24: Fusi granulometrici dei campioni indisturbati prelevata con alte percentuali sabbiose

Dai calcoli effettuati sulle indagini penetrometriche (per i dettagli si rimanda alla “Relazione geotecnica generale”) è emerso che l’indice di potenziale liquefazione dei terreni alluvionali è molto basso (IPL=0.02-0.12).

8 MODELLO GEOLOGICO

Nella prima parte (**Prog. 28+300 - 28+880**) il tracciato stradale poggia prevalentemente su depositi piroclastici incoerenti e in una minor porzione su depositi alluvionali a granulometria per lo più fine. Al di sopra di quest’ultimo, tra le progressive 28+460 e 28+660, è presente un rilevato antropico avente uno spessore massimo di circa 5 m. I depositi vulcanici incoerenti, attribuibili alle formazioni vulcaniche dell’Apparato Albano e più precisamente alla Formazione di Villa Senni (VS), presentano uno spessore molto variabile e sono composte prevalentemente da alternanze di livelli di sabbie limose intervallate a limi sabbiosi argillosi di colore marrone rossastro con litici eterometrici. Alla base sono presenti le formazioni continentali riconducibili alla Formazione di Santa Cecilia (CL) e a maggiori profondità alla porzione sommitale delle argille di Monte Vaticano. La prima è costituita da sabbie limose a tratti argillosi di colore avana chiara con clasti di natura carbonatica con orizzonti marroni scuro riconducibili a paleosuoli; mentre la seconda è costituita dai suoi termini più sabbioso limosi giallo-grigiastri con orizzonti nerastri organici di ambiente palustre.

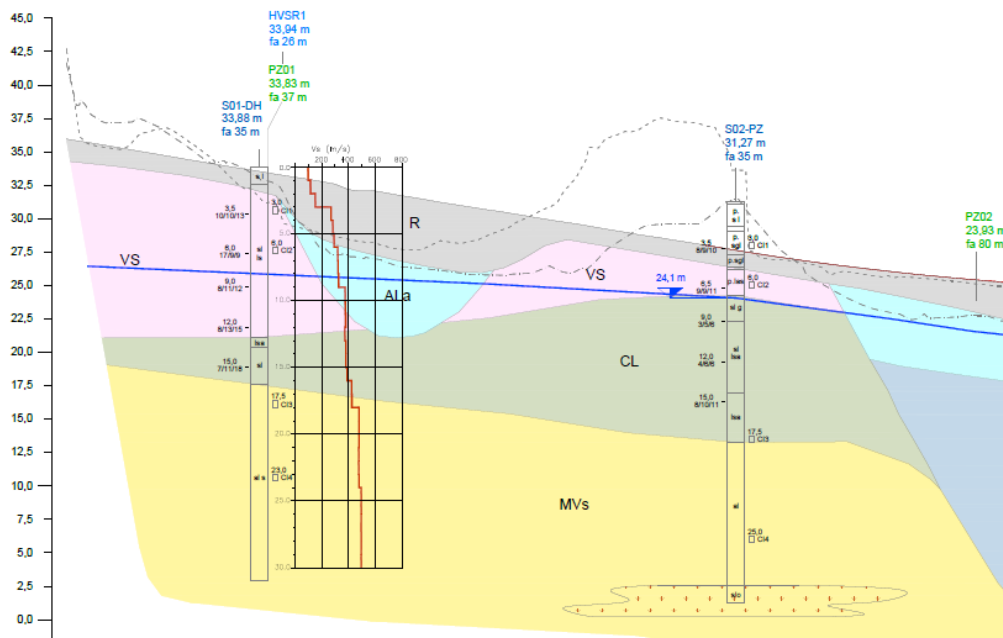


Figura 25: Stralcio del profilo geologico nel primo tratto in esame (prog. 28+300 – 28+880)

Tra le progressive **28+880 e 29+920** l’opera ricade all’interno dei depositi di copertura recente (depositi alluvionali terrazzati del Fosso di Pratolungo) costituiti in parte da prodotti alluvionali e epivulcanici (Ala) a granulometria per lo più fine (limi ed argille), ed alluvioni più antiche (ALb) costituiti da argille sabbiose di colore da grigio a grigio scuro con intercalati livelli puramente sabbiosi e orizzonti ghiaiosi. Lo spessore totale di tali depositi presenta uno spessore massimo di 25 m circa. I depositi superficiali sono riconducibili ad una messa in posto secondaria, per rielaborazione in ambito alluvionale di materiale fine proveniente dalla degradazione dei depositi piroclastici affioranti ai suoi margini, interpretabile pertanto come un deposito epivulcanico. Al di sotto di essi si rinvencono litologie prevalentemente fini argilloso limose alternate a livelli sabbiosi fini debolmente limosi con sostanze organiche di natura torbosa di colore nerastro moderatamente addensata. Questi depositi costituiscono i principali sedimenti alluvionali del Fosso di Pratolungo poggianti sui depositi marini argillosi della Formazione di Monte Vaticano (MV).

È da segnalare la presenza orizzonti di materiale concrezionario, di natura travertinoso, dato da sabbie ghiaiose con intercalazione di livelli limosi, addensate, rinvenuto con spessori di circa 7-8 m al di sotto delle piroclastiti (vedi Figura

27). Nell’area quest’unità è piuttosto diffusa, e la sua genesi è attribuibile a processi di precipitazione chimica da acque circolanti di origine termale.

I sondaggi eseguiti nell’area e in asse al GRA (principalmente A2 e A3 eseguiti nel novembre 2011) evidenziano come i terreni di riporto, ascrivibili al rilevato stradale, siano spessi circa 3 m. Gli stessi, proseguendo verso Sud-Est presentano un maggiore spessore come testimoniato da alcuni sondaggi (A1 eseguito alla base del rilevato di svincolo GRA-Via Tiburtina).

Per quanto concerne le problematiche geologico-applicative connesse agli interventi in oggetto, si sottolinea che i depositi di copertura recente (depositi alluvionali) presentano una consistenza da bassa a media, con valori di compressibilità e deformabilità variabili, vista la presenza di orizzonti organici, in funzione delle caratteristiche granulometriche e del contenuto d’acqua. Tali caratteristiche meccaniche impongono una adeguata valutazione dei cedimenti attesi a seguito dell’applicazione dei carichi, in particolare, dei rilevati, al fine di evitare che gli stessi siano interessati da fenomeni di instabilità e da cedimenti differenziali.

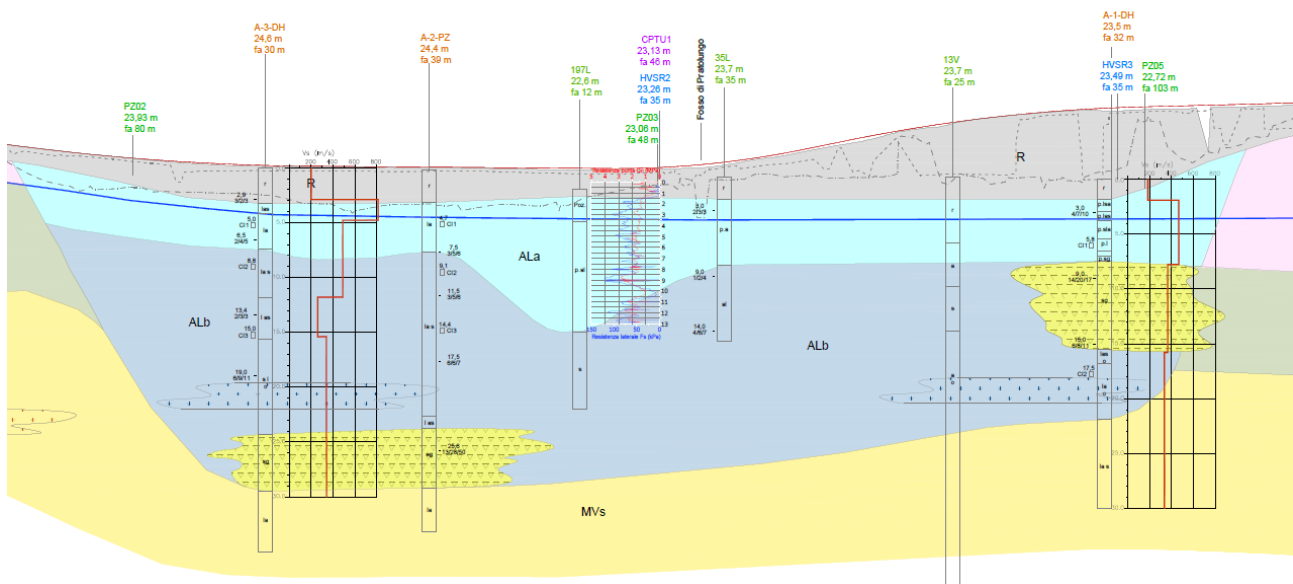


Figura 26: Stralcio del profilo geologico (prog. 28+880 – 29+920)

Altro particolare interessante, seppur con le limitazioni derivanti da un semplificata descrizione stratigrafica, sono le informazioni relative al pozzo 13V (con una profondità complessiva di 100 m), in cui è segnalata la presenza di “argille torbose” tra i 14 e i 100 m da p.c.. Appare evidente, che per la loro estensione in profondità, tali terreni debbano essere riferiti ai termini del substrato sedimentario prevulcanico.



Figura 27: Cassetta catalogatrice da 8 a 15 m del sondaggio pregresso A1 in cui si evidenziano litologie di natura travertinosa

Tra le prog. 29+920 e 30+720 il tracciato di progetto si trova nella porzione di territorio più alta topograficamente e in parte si trova in trincea. Le litologie più superficiali affioranti sono costituite da piroclastiti prevalentemente incoerenti attribuibili alle formazioni vulcaniche dell'Apparato Albano composte da sabbie fini debolmente limose e a tratti argillose di colore variabile da marrone grigiastro a marrone con pomici di colore bianco e grigio. Si presentano anche in forma litoide ma altamente fratturate (RQD = 0%). Più in profondità le piroclastiti presentano una colorazione più scura, così come le piccole porzioni di tufi litoidi, grigio nerastra. Le unità sopra descritte mantellano i depositi sedimentari pre-vulcanici pleistocenici costituiti granulometricamente da limi-argillosi ed argille, torbosi, con intercalati livelli di sabbie. Tali materiali presentano grado di consistenza compreso tra il consistente ed il molto consistente che, in ogni caso, cresce con la profondità. Si segnala, anche in questo caso la presenza di depositi di natura travertinosa (sondaggio pregresso A4). In questo tratto le complanari in progetto si alterneranno in rilevato e in trincea con muri di sottoscarpa nei depositi piroclastici. Questi ultimi si possono considerare dei buoni terreni di fondazione, pertanto il piano d'appoggio dei rilevati potrà essere realizzato soltanto previa asportazione dello strato di copertura superficiale, rammollito, dato generalmente da suolo e/o materiale di riporto. Nella realizzazione dei muri di sottoscarpa in trincea, nonostante le buone caratteristiche dei materiali piroclastici, in parte litoidi, si raccomanda un'accurata valutazione preliminare della stabilità del fronte di scavo sulla base della quale definire i profili di equilibrio, introducendo se necessarie opere di presidio. Anche i tufi infatti, seppur litoidi, presentano un altissimo grado di fratturazione con un coefficiente RQD pari a 0.

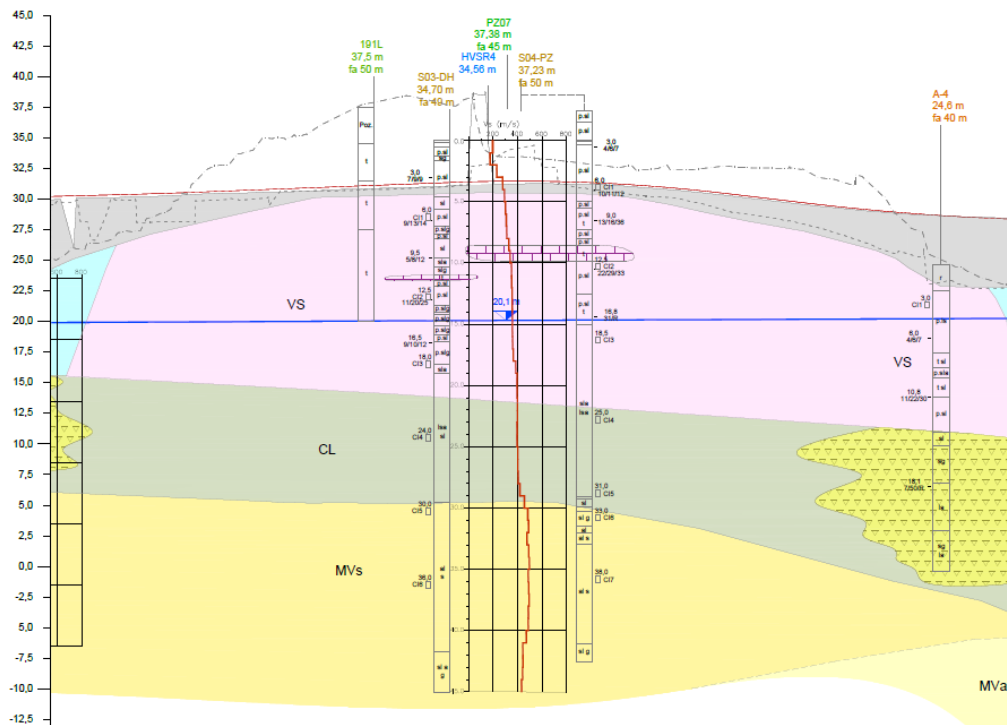


Figura 28: Stralcio del profilo geologico (prog. 29+920 – 30+720)

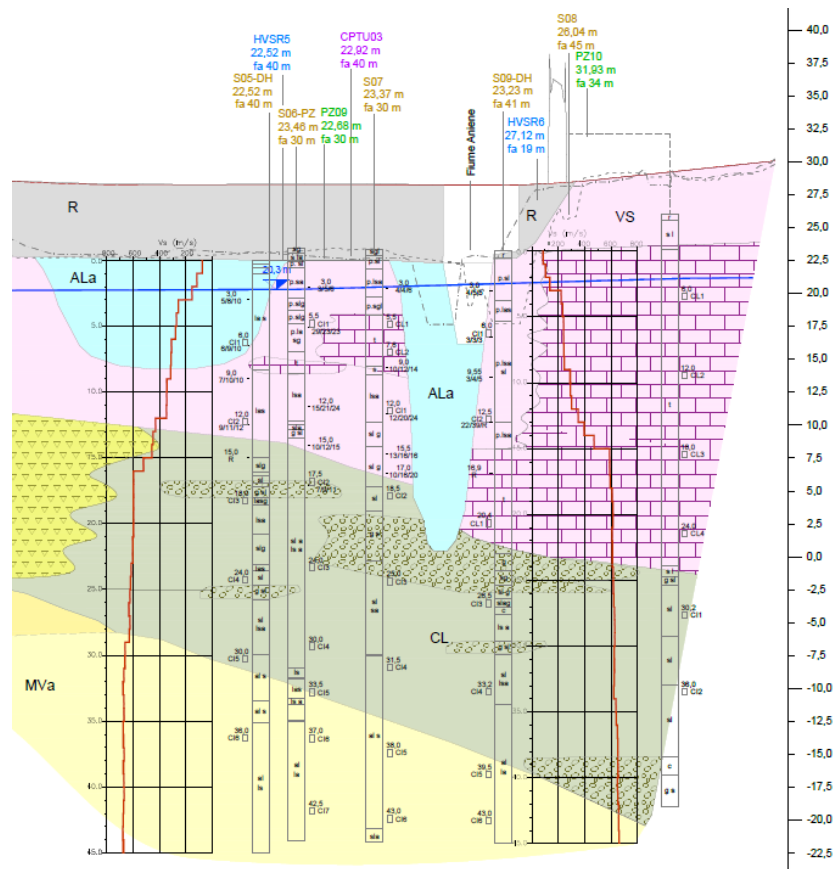


Figura 29: Stralcio del profilo geologico (prog. 30+720 – 31+272)

Nel **tratto finale tra le progressive 30+720 – 31+272**, il tracciato si trova in parte sui depositi alluvionali del Fiume Aniene e in parte, sui depositi piroclastici attribuibili alla Formazione di Villa Senni. I primi sono caratterizzati da limi argillosi con intercalazioni sabbiose e hanno uno spessore superiori ai 20 m in corrispondenza della principale incisione dell’Aniene nei depositi piroclastici. I depositi piroclastici (VS) si presentano prevalentemente litodi ma fratturati (RQD = 25-45% in S07 e da 19-71% in S08-DH, Figura 30) e incoerenti con granulometrie sabbioso limose.

I depositi di copertura più recenti sono inoltre caratterizzati dal rilevato del GRA che può raggiungere uno spessore di circa 5/6 m.

Alla base dei depositi piroclastici si rivengono ghiaie da arrotondate a sub-arrotondate, eterometriche immerse in matrice sabbiosa limosa. Queste litologie grossolane, intervallate a sabbie grossolane, di ambiente fluviale e palustre presentano orizzonti vulcanoclastici a matrice cineritica avana-giallastri, e sono riconducibili alla Formazione di Santa Cecilia. Questi depositi continentali poggiano sul substrato marino della Formazione di Monte Vaticano costituito da argille limose e limo argillose, azzurro grigiastre (Figura 31).



Figura 30: Casseta catalogatrice da 20 a 25 m del sondaggio S08-DH in cui si evidenziano litologie e tufi litoidi



Figura 31: Casseta catalogatrice da 40 a 45 m del sondaggio S09-DH in cui si evidenziano litologie argillose della Formazione di Monte Vaticano

In questo tratto le opere principali riguardano il cavalcavia rampa di inversione sud e i viadotti complanari sull’Aniene. Le fondazioni del cavalcavia sono caratterizzate da sei pile e due spalle. Le prime sono costituite da plinti su pali D 1500

mm con lunghezze comprese tra 30 e 45m. Per la loro realizzazione, essi interesseranno depositi caratterizzati dall'alternarsi di orizzonti da sciolti a pseudo-coerenti, con caratteristiche tali da ritenere il foro di trivellazione non autoportante. È opportuno, pertanto, prevedere in fase realizzativa dell'opera adeguati accorgimenti volti ad evitare il franamento delle pareti del foro (lamierino a perdere, fanghi bentoniti, ecc) e la presenza di acqua a circa 3 m da p.c..

Si segnala infine, che il sito di progetto si colloca, in parte, in prossimità di due importanti aste fluviali le quali rendono il territorio predisponente ad una pericolosità idraulica connessa sia a processi di esondazione del reticolo idrografico che a processi di allagamento e ristagno di acque meteoriche e dilavanti. In un simile contesto geomorfologico e geolitologico, è necessario prevedere, per le opere in progetto, una rete di drenaggio adeguata allo smaltimento repentino delle acque meteoriche connesse ad eventi pluviometrici “eccezionali” di particolare intensità nonché predisporre opportuni interventi di difesa e di mitigazione del rischio idraulico.