

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP J31H9600000011

U.O. GEOLOGIA TECNICA, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA

QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA

QUADRUPPLICAMENTO LINEA

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

NR 45 11 R 69 RG GE0001 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	B. Grasso	Febbraio 2021	F. Mancini	Febbraio 2021	T. Paoletti	Febbraio 2021	M. Comedini Febbraio 2021

File: NR4511R69RGGE0001001A

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	5
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	10
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	11
4	ASSETTO GENERALE.....	13
4.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	13
4.1.1	<i>Assetto strutturale</i>	13
4.1.2	<i>Inquadramento geologico</i>	15
4.1.3	<i>Assetto stratigrafico</i>	18
4.1.4	<i>Geomorfologia dell'area</i>	21
4.2	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	23
4.2.1	<i>Permeabilità dei terreni da prove Lefranc</i>	29
4.2.2	<i>Permeabilità da prove Lugeon</i>	29
5	CARTOGRAFIA DEL RISCHIO	34
6	INDAGINI.....	43
6.1	PREMESSA	43
6.1.1	<i>Indagini Italferr 2016</i>	43
6.1.2	<i>Indagini Italferr 2020</i>	43
7	MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO DELL'AREA DI PROGETTO	49
8	INQUADRAMENTO SISMICO.....	53
8.1	PREMESSA	53

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
 IDROGEOLOGICA E SISMICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR45	11 D 69	RG	GE 0001 001	A	3 di 72

8.2	AREE SISMOGENETICHE DI INTERESSE	55
8.3	DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO	60
8.3.1	<i>Generalità</i>	60
8.3.2	<i>Vita utile e classe d'uso</i>	60
8.3.3	<i>Stati limite e probabilità di superamento</i>	61
8.3.4	<i>Accelerazione di riferimento su suolo rigido a_g</i>	62
8.3.5	<i>Risposta sismica locale</i>	64
8.4	ANALISI DI PERICOLOSITÀ RISPETTO AL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE	67
9	CONCLUSIONI	68
10	BIBLIOGRAFIA.....	70

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
 IDROGEOLOGICA E SISMICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR45	11 D 69	RG	GE 0001 001	A	4 di 72

TAVOLE DI RIFERIMENTO

Id	Scala	Codifiche Italferr																				
		N	R	4	5	1	1	R	6	9	N	Z	G	E	0	0	0	1	0	0	1	A
Carta geologica e profilo geologico 1/2	1:5000/2000	N	R	4	5	1	1	R	6	9	N	Z	G	E	0	0	0	1	0	0	1	A
Carta geologica e profilo geologico 2/2	1:5000/2000	N	R	4	5	1	1	R	6	9	N	Z	G	E	0	0	0	1	0	0	2	A
Carta idrogeologica e profilo idrogeologico 1/2	1:5000/2000	N	R	4	5	1	1	R	6	9	N	Z	G	E	0	0	0	2	0	0	1	A
Carta idrogeologica e profilo idrogeologico 2/2	1:5000/2000	N	R	4	5	1	1	R	6	9	N	Z	G	E	0	0	0	2	0	0	2	A

ELABORATI DI RIFERIMENTO

Id	Scala	Codifiche Italferr																				
		N	R	0	N	0	0	R	6	9	I	G	G	E	0	0	0	1	0	0	1	A
Indagini geofisiche	-	N	R	0	N	0	0	R	6	9	I	G	G	E	0	0	0	1	0	0	1	A
Indagini geognostiche	-	N	R	0	N	0	0	R	6	9	S	G	G	E	0	0	0	1	0	0	1	A
Prove di laboratorio geotecnico	-	N	R	0	N	0	0	R	6	9	P	R	G	E	0	0	0	5	0	0	1	A

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 5 di 72

1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica redatto per la Progettazione di Fattibilità tecnico-Economica del quadruplicamento della tratta ferroviaria Capannelle-Ciampino, tra le omonime fermate nei comuni di Roma e di Ciampino.

Il progetto si colloca nella zona sud est dell’hinterland romano e coinvolge i comuni di Roma e Ciampino.

Nel dettaglio l’intervento viene diviso in due lotti:

- Lotto 1.1: Quadruplicamento Linea
- Lotto 2.1: PRG Ciampino Radice Roma

Il progetto del Quadruplicamento nasce dalla necessità di superare l’imbuto che si crea dalla Stazione di Ciampino verso Roma dove è presente una sola coppia di binari, da qui l’esigenza di un quadruplicamento di binari che, partendo proprio dalla stazione di Ciampino, potesse innestarsi sul tracciato esistente, in direzione di Roma, tramite un bivio in linea, arrivando fino a Viale Appio Claudio. Il progetto prevede dunque la costruzione della nuova coppia di binari fra Capannelle e Ciampino, e i connessi interventi di adeguamento della fermata attuale di Capannelle e delle opere d'arte esistenti.

Il progetto del PRG di Ciampino prevede invece le modifiche necessarie a ricevere la nuova coppia di binari del Quadruplicamento e nasce con l'obiettivo appunto di ridurre i tempi e i costi di realizzazione dell'intervento di quadruplicamento, inserito tra le Opere Commissariate nel Decreto Sblocca Cantieri.

Più in particolare gli interventi relativi al Quadruplicamento Ciampino Capannelle ricadono dentro il Comune di Roma.

Il progetto del Quadruplicamento consiste nell’affiancamento alla coppia di binari esistenti una nuova coppia di binari su un sedime ferroviario che per la maggior parte del tracciato è già stato realizzato e che è già proprietà delle ferrovie. Tuttavia il rilevato già presente deve essere necessariamente rimodellato e soprattutto adeguato alla sezione tipologica che consente il posizionamento secondo l’attuale normativa di tutti gli elementi che costituiscono la linea ferroviaria.

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 6 di 72

Dopo la stazione di Capannelle il tracciato ricade all'interno della proiezione a terra del "cono di volo" dell'Aeroporto, ovvero delle aree di divieto. Tuttavia, le quote della nuova linea ferroviaria si mantengono alla stessa quota di quelle esistenti e non viene modificato il livello di sicurezza attuale, anche perché la nuova coppia di binari è posta, rispetto alla linea esistente, ad una maggiore distanza dalla pista aeroportuale.

Il tracciato del progetto, quindi, si inserisce in un'area difficile, a tratti densamente urbanizzata ed a tratti non urbanizzata, di grande pregio culturale ed ambientale: il contesto è fortemente caratterizzato sia da elementi di natura paesaggistico - ambientale - archeologica che da un'intensa pressione dovuta alla presenza dell'uomo (ambiente molto urbanizzato a volte senza regole, mobilità di persone e merci, aeroporto di Ciampino, ecc.): un'area, dunque, ad elevata complessità per un intervento di tipo infrastrutturale.

Per questo, il fondamentale obiettivo guida del progetto, è stato il mantenimento dell'esercizio ed il contenimento delle sue soggezioni (interruzioni e/o rallentamenti) in fase di costruzione, ad un livello tale da assicurare un servizio di qualità equivalente a quella attualmente offerto.

Il progetto inizia al km 7+805 (progetto km 0+000) con l'inserimento sull'attuale linea Roma – Cassino di un nuovo bivio "Capannelle" dal quale inizia il quadruplicamento della linea che termina all'altezza dell'Aeroporto ovvero alla progressiva Km 12+810 (progetto km 5+000) al limite del muro di linea di Ciampino la cui stazione fa parte del lotto 2.1 del progetto.

In sintesi, il progetto riguarda la realizzazione di:

- opere civili principali: fermata di Capannelle, nuova viabilità e sottovia di Capannelle, viadotto sul GRA;
- nuova cabina TE al Bivio Capannelle e nuovo fabbricato tecnologico nei pressi di Capannelle;
- adeguamento delle banchine esistenti alla nuova quota definita dalle STI della fermata, realizzazione della nuova banchina a servizio del quadruplicamento, realizzazione di un'area parcheggio a servizio della Stazione Capannelle;
- interventi di mitigazione acustica mediante realizzazione di barriere antirumore;
- impianti di trazione elettrica e di LFM per l'alimentazione delle utenze di stazione e cabina TE;
- impianti RED;

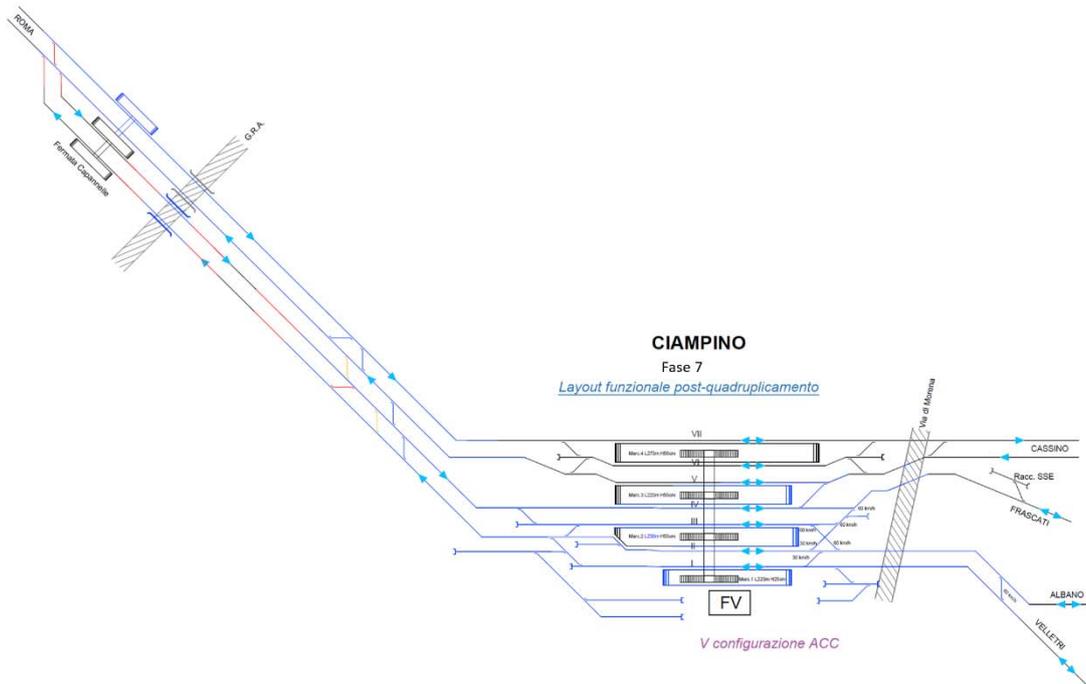
	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 7 di 72

- impianti IS quali una serie di sistemazioni tra cui nuovo PP/ACC di Bivio Capannelle attivato per fasi, modifiche di piazzale IS della linea RM Casilina – Ciampino e riconfigurazione per fasi del BAB RSC e RM Casilina – Ciampino;
- impianti TLC quali sistemi GBE rete Dati non Vitale, sistemi telefonici selettivi tipo VoIP, sistemi di diffusione sonora nella Fermata di Capannelle (IaP e IeC);
- interventi sulla LC;
- armamento.

Più nel dettaglio, la progettazione delle opere civili riguarda:

- il controllo dell'eventuale adeguamento dell'esistente corpo stradale alle esigenze dei nuovi impianti ferroviari, sia per quanto riguarda le opere in terra che le strutture di attraversamento;
- il prolungamento del sottopasso pedonale fermata Capannelle prog. km 2+052;
- il nuovo ponte su Via di Capannelle alla progr. Km 1+967;
- il nuovo viadotto sul GRA alla progr. Km 3+497;
- la deviazione della viabilità Via di Capannelle per permettere di adeguare il franco minimo, ad oggi pari a circa 3,70 metri, a quello di 5 metri imposto dalla norma DM 2001
- la realizzazione di una nuova viabilità necessaria al raggiungimento della nuova area residenziale presente ad Est della stazione di Capannelle.

La realizzazione del Quadruplicamento prevede come prima fase l'allaccio dei nuovi binari della Linea Cassino precedentemente realizzati (entro la fine fase 5 del PRG Radice Roma) sui nuovi binari della linea Cassino. L'ultima fase (fase funzionale 7) prevede la realizzazione del nuovo Bivio Capannelle e l'allaccio definitivo dei binari della linea per i castelli (con V riconfigurazione di apparato).


Figura 1. 1 Fase 7

In sintesi, nei capitoli seguenti verranno approfondite le seguenti tematiche:

1. Inquadramento geografico;
2. Inquadramento generale dell'area di studio comprendente gli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici;
3. Descrizione stratigrafica di dettaglio dell'area di intervento;
4. Analisi del rischio geologico-geomorfologico e idraulico;
5. Inquadramento sismico dell'area, definizione dell'azione sismica e della magnitudo di riferimento, analisi del rischio di liquefazione;
6. Conclusioni geologiche sulla base dei dati a disposizione.

Lo studio raccoglie e sintetizza le informazioni attualmente disponibili derivanti da indagini geognostiche e prove in situ eseguite da Italferr tra febbraio e maggio 2020 (atte alla caratterizzazione dei litotipi presenti e delle loro proprietà geotecniche) e da indagini geofisiche eseguite nel marzo 2016 in ausilio alla presente fase progettuale.

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 9 di 72

Le indagini geognostiche e geofisiche realizzate per il presente progetto comprendono n. 14 sondaggi a carotaggio continuo, sei dei quali attrezzati con verticali piezometriche, spinti a profondità comprese tra i 30 e i 50 m da p.c., con esecuzione di prove in foro di tipo SPT e prove di permeabilità tipo Lefranc e Lugeon e prelievo di campioni, n. 5 prove penetrometriche statiche (CPT) e n. 8 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH), n. 5 prove sismiche di tipo MASW e n. 4 prove HVSR.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA</p>					
<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA NR45</p>	<p>LOTTO 11 D 69</p>	<p>CODIFICA RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 0001 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 10 di 72</p>

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- UNI EN 1997-1 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 1997-2 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo.
- O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e s.m.i., “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modifiche ed integrazioni.
- O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006, "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".
- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», G.U. n.42 del 20.2.2018, Supplemento Ordinario n.8.
- D.M. 17/01/2018, “Norme tecniche per le costruzioni”.
- D.M. 06/05/2008, integrazione al D.M. 14/01/2008.
- Circ. Min. II.TT. 02/02/2009, n. 617, “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14/01/2008”.
- Circ. Min. II.TT. 05/08/2009, “Nuove norme tecniche per le costruzioni approvate con decreto del Ministro delle infrastrutture 14 gennaio 2008 - Cessazione del regime transitorio di cui all'articolo 20, comma 1, del decreto-legge 31 dicembre 2007, n. 248”.
- RFI DTC SI AG MA IFS 002 A del Dic. 2018: Manuale di progettazione delle Opere Civili – Parte II – Sezione 7 – Geologia.
- Tariffa IG di RFI in vigore nel 2018.
- RFI DTC SI SP IFS 001 B del 22-12-2018 “Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Sez. 3 – Rilievi geologici e indagini geognostiche”.
- D.M. 11.03.1988: “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle opere di fondazione”. (DPR. 5 ottobre 2010, n. 207 artt. 52-53).
- RFI DTC INC LG IFS 001 A del 21-12-2012 – “Linea guida per la definizione della graduatoria di priorità dei tratti dell'infrastruttura ferroviaria interessati da fenomeni di dissesto idrogeologico, in base al valore di rischio ferroviario”.

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 11 di 72

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di studio del presente progetto si trova tra le stazioni ferroviarie di Roma Capannelle e di Ciampino. La tratta oggetto di quadruplicamento della linea ferroviaria si trova in provincia di Roma nel Comune di Roma e nel Comune di Ciampino, in prossimità dell'aeroporto G.B. Pastine di Ciampino; a sud-est rispetto alla città di Roma.

Con riferimento alla cartografia stradale l'area oggetto del presente lavoro è individuabile in Figura 3-1 e nel dettaglio in Figura 3-2; mentre in Figura 3-2 invece si individua l'area di progetto su immagine aerea.

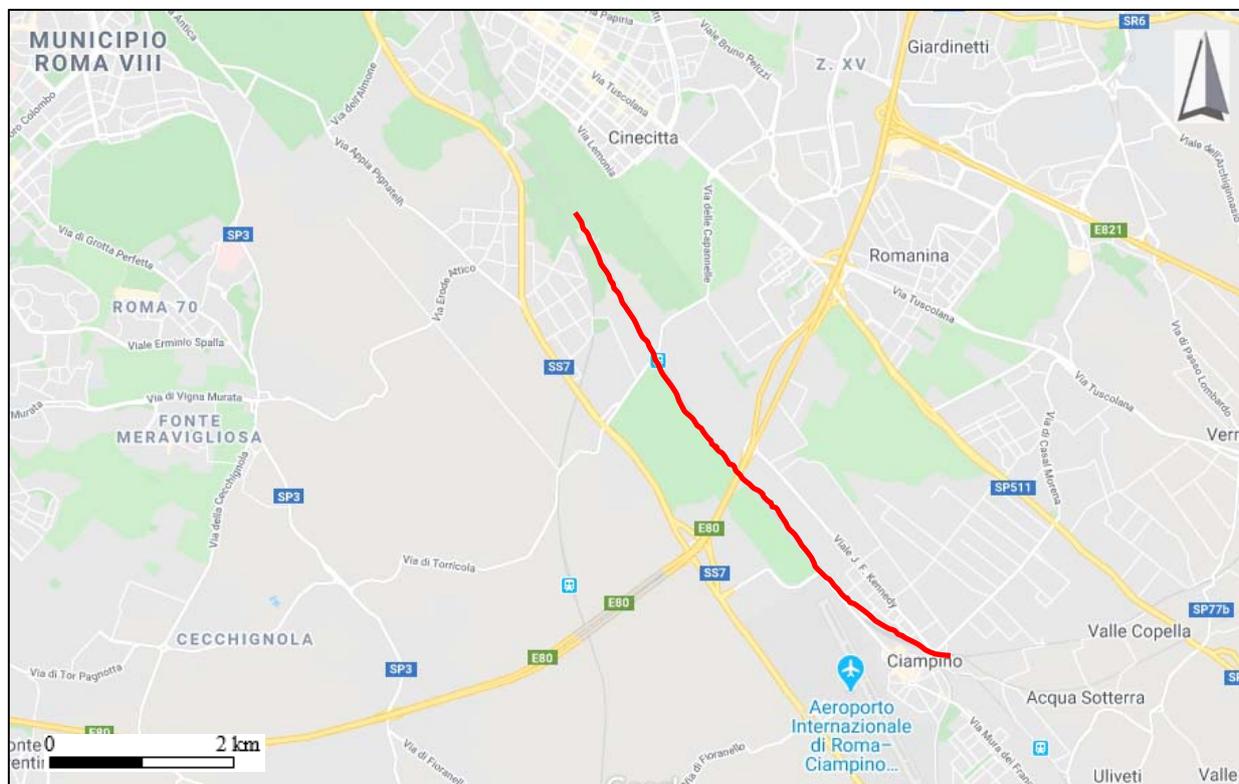


Figura 3-1 – Carta stradale dell'area in esame con il tracciato oggetto di quadruplicamento della linea ferroviaria (linea rossa).

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR45	11 D 69	RG	GE 0001 001	A	12 di 72

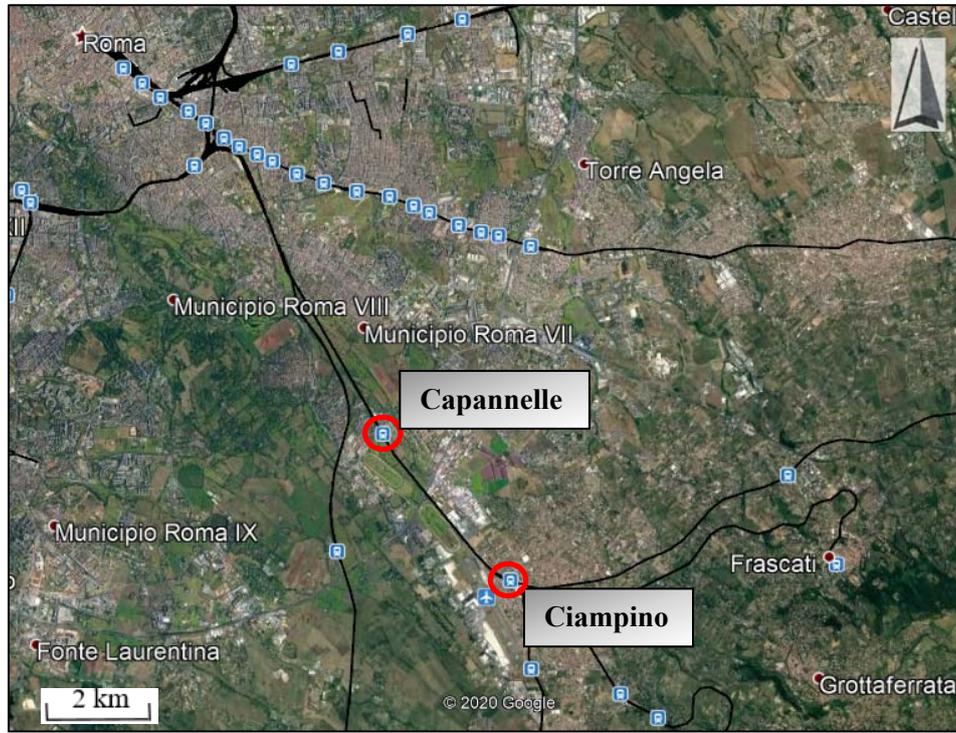


Figura 3-2 – Immagine aerea della zona oggetto di studio con l'ubicazione delle stazioni (Immagine Google Earth)

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

4 ASSETTO GENERALE

Nei paragrafi seguenti si riporta l'inquadramento tettonico e strutturale, l'inquadramento geologico regionale, l'inquadramento geomorfologico e l'inquadramento idrogeologico dell'area di studio.

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

4.1.1 *Assetto strutturale*

In questo paragrafo vengono definite le caratteristiche strutturali generali dell'area di Roma, nella quali si trova l'area di progetto della presente relazione.

Introducendo quella che è l'evoluzione geologica e paleogeografica dell'area romana bisogna dire che ha avuto una storia geologica complessa, legata all'evoluzione geodinamica dell'area mediterranea tuttora in corso, che ha determinato un assetto del territorio molto articolato.

Da un punto di vista geologico-strutturale l'area romana è legata all'evoluzione del margine tirrenico che, a partire dal Pliocene, viene interessato da un progressivo processo di rifting che porta ad un notevole assottigliamento crostale. A causa di tale processo l'intera area viene sommersa da un mare piuttosto profondo, dal quale emergevano alti strutturali rappresentati dalle isole del Monte Soratte e dei Monti Cornicolani, in cui si accumulava nel tempo una potente serie di terreni prevalentemente argilloso-marnosi dello spessore di diverse centinaia di metri.

Durante il Pleistocene inferiore, si assiste ad un mutamento delle condizioni paleogeografiche del bacino di sedimentazione dovute sia a movimenti tettonici sia dal 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 marini passarono progressivamente verso l'alto a sedimenti limosi e sabbiosi di origine continentale. Tali terreni costituiscono oggi le unità più antiche che affiorano sul territorio comunale formando una serie ritmica di depositi argilloso-marnosi, argilloso-sabbiosi e sabbiosi conosciute in letteratura con diversi nomi: Argille Vaticane, Argille Azzurre, Unità di Monte Vaticano, sabbie dell'Astiano.

Per i terreni descritti, la letteratura moderna, con l'evolversi delle conoscenze stratigrafiche, ha istituito nuove formazioni e nuove suddivisioni, nel presente lavoro invece si è preferito mantenere una distinzione relativamente litologica per cui i terreni del Plio-Pleistocene sono stati suddivisi in due unità definite "Formazione di Monte Vaticano" e "Complesso dei depositi sabbiosi" che raggruppano numerose unità geologiche. I due termini costituiscono la base sedimentaria marina al di sopra della quale si rinvengono tutti i terreni del "Pleistocene Glaciale" (sedimentario e vulcanico) direttamente osservabili entro il territorio comunale.

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 14 di 72

Dopo una fase glaciale (emersione – avanzamento della linea di costa – periodo erosivo), databile a circa 750.000 anni fa, con l’interglaciale (immersione – arretramento della linea di costa – periodo deposizionale) si instaura su gran parte del territorio un ambiente di tipo continentale con deposito di sedimenti argillosi, sabbiosi e ghiaiosi, che ricoprono i sottostanti orizzonti marini del Plio-Pleistocene.

A tale sequenza sedimentaria continentale di colmamento viene 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). A questo periodo seguono altre glaciazioni e periodi interglaciali, con variazioni del livello del mare e colmamenti delle zone precedentemente incise.

Al termine di uno dei cicli glaciali (erosione e poi deposito), si ha la formazione di due distinti distretti vulcanici, i Colli Albani a sud-est e i Sabatini a nord-ovest, della città di Roma, che manifestano la loro attività quasi contemporaneamente. I materiali dei due apparati ricoprono migliaia di km² di territorio, con spessori variabili da pochi metri nelle zone distali, a diverse centinaia di metri nelle aree prossimali ai centri eruttivi. L’attività vulcanica ha dato luogo a vari tipi di depositi: piroclastiti di ricaduta, colate piroclastiche, colate di tipo idromagmatico e colate laviche.

A sud e a est di Roma, dove si trova l’area di progetto, si hanno prevalentemente i prodotti vulcanici legati all’attività dei Colli Albani, mentre a nord e a ovest quelli dei numerosi centri eruttivi dei Sabatini (Baccano, Bracciano, Sacrofano, Trevignano e molti altri centri minori). Per il vulcanismo dei Colli Albani sono state individuate diverse fasi di attività (De Rita et al., 1988), di cui tre principali: la prima fase denominata del Tuscolano-Artemisio (tra 600.000 e 300.000 anni), la seconda fase denominata dei Campi di Annibale o delle Faete (tra 300.000 e 200.000 anni) e la terza fase denominata idromagmatica finale (tra 200.000 e 20.000 anni).

La sequenza dei terreni vulcanici non è continua e le eruzioni si susseguono con intervalli, che durano anche più di 100.000 anni, durante i quali si hanno episodi di sedimentazione di terreni continentali alluvionali a colmamento delle valli interdigitati a depositi alluvionali attuali. Si depositarono così formazioni contenenti vulcaniti rimaneggiate, paleosuoli e sedimenti lacustri tra le quali assume importanza per l’area romana l’Unità di San Paolo.

Alla messa in posto di questi terreni fa seguito un nuovo periodo erosivo a cui segue una fase deposizionale di sedimenti argillosi e sabbiosi, l’Unità Aurelia. Dopo un lungo periodo di stasi, l’attività vulcanica riprende con l’emissione di materiale vulcanico frammisto a brandelli di materiali lapidei delle serie sedimentarie presenti in profondità. Si tratta degli ultimi prodotti degli apparati vulcanici sia dell’area Sabatina che Albana. Un sollevamento generale dell’area precede l’ultimo glaciale che tanta importanza ha rivestito nella geologia romana. È in questo periodo che si mettono in posto colate di fango vulcanico di tipo alluvionale (i lahars) a volte con materiale vulcanico

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 15 di 72

eiettato da coni avventizi. L'ultimo glaciale è il responsabile dell'assetto morfologico del territorio così come noi lo osserviamo attualmente.

Circa 120 mila anni fa ha inizio l'ultimo importante periodo glaciale che ha provocato una discesa progressiva e lenta del livello marino fino a raggiungere un minimo di circa -120 m rispetto al livello attuale, tra 15 e 18 mila anni fa. Successivamente, il livello marino risale rapidamente fino a raggiungere una quota prossima a quella attuale circa 57 mila anni fa. Le ultime modeste variazioni, dell'ordine dei decimetri, sono incerte e ancora oggetto di studio e di dibattito. Questa imponente discesa del livello del mare ha provocato una forte erosione e modellamento del territorio con la formazione di profonde valli in corrispondenza dei principali corsi d'acqua. La successiva risalita ha portato al riempimento delle valli, dei principali corsi d'acqua (Tevere, Aniene, Galeria, Magliana ecc..) precedentemente scavate dai fiumi, con l'accumulo di enormi spessori (fino a 70-80 m) di materiale alluvionale.

Le aree prossime al mare, in tempi recenti, hanno continuato a subire variazioni notevoli in conseguenza dei lavori antropici realizzati in epoca romana, di grandi episodi alluvionali (significativo quello del XVI secolo che tagliò un meandro e allontanò la linea di costa di alcuni km). Attualmente il mare erode la costa a causa sia della distruzione della duna costiera sia per la forte riduzione del trasporto solido da parte del Tevere. I lavori idraulici nell'entroterra (le numerose dighe costruite sul Tevere e sui principali affluenti) trattengono il limo e la sabbia che apportavano materiale al mare. Oltre ai depositi descritti, l'area romana, e soprattutto le zone del centro storico, sono caratterizzate dalla presenza di vistosi accumuli di materiale di riporto antropico, dovute a varie attività, derivanti dal modellamento del territorio legato alla realizzazione di opere ingegneristiche, linee ferroviarie, strade, bonifiche, escavazione di materiale di cava con accumuli di scarti di lavorazione. In alcuni casi, molto circoscritti, lo spessore di tali depositi può superare anche i 20 metri, diventando il materiale prevalente nell'interazione con opere in costruzione, per cui la loro caratterizzazione geotecnica risulta di fondamentale importanza.

4.1.2 Inquadramento geologico

In Figura 4-4 e Figura 4-2 vengono riportati, rispettivamente, uno stralcio della carta geolitologica del Piano Regolatore Generale del Comune di Roma (Succhiarelli et al., 2008) ed uno stralcio della carta geologica realizzata nell'ambito dello Studio di impatto ambientale per l'aeroporto G.B Pastine di Ciampino (Canuti et al.; 2015), su cui viene riportata l'ubicazione del tracciato oggetto di studio. La carta pubblicata nell'ambito del PRG del Comune di Roma, in Figura 4-4, evidenzia come l'area di progetto nel Comune di Roma ricada sui depositi piroclastici del Distretto Albano (12) appartenenti all'unità delle Pozzolanelle (VSN₂) della Formazione Villa Senni.

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

La carta geologica redatta da Aeroporti di Roma S.p.A (Figura 4-2) evidenzia come l’area oggetto di intervento nel Comune di Ciampino si trovi sui depositi pleistocenici alluvionali e di Lahar dell’Unità del Tavolato (TAL), il cui contatto con la Formazione Villa Senni in facies Pozzolanelle si trova in prossimità del confine comunale.

Negli Elaborati NR4511R69NZGE0001001-2A viene infine riportato uno stralcio della cartografia geologica di dettaglio, in scala 1:5.000, redatto per il presente studio, sul quale viene riportata l’ubicazione delle indagini realizzate a supporto del presente lavoro.

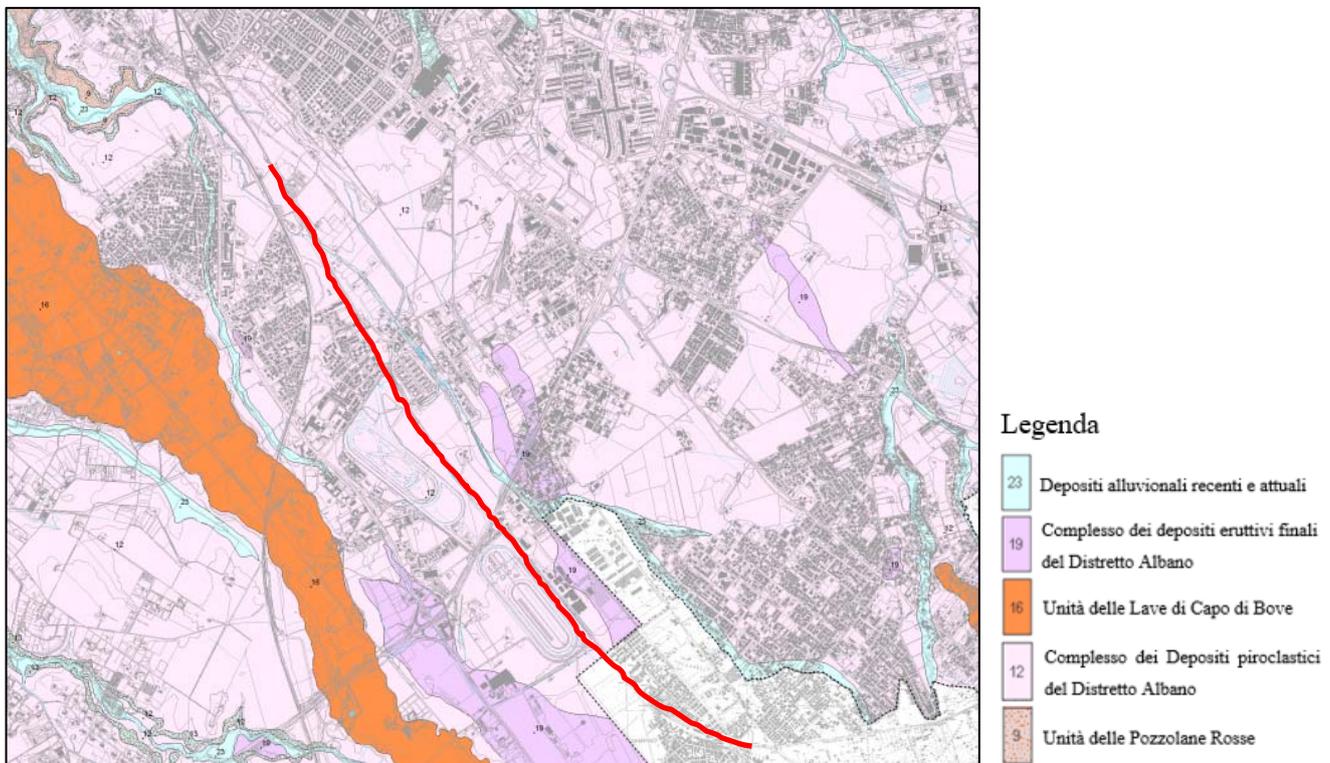


Figura 4-1 Stralcio non in scala del foglio VI della carta geolitologica realizzata in scala 1:20.000 per il PRG del Comune di Roma (Succhiarelli et al., 2008)

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

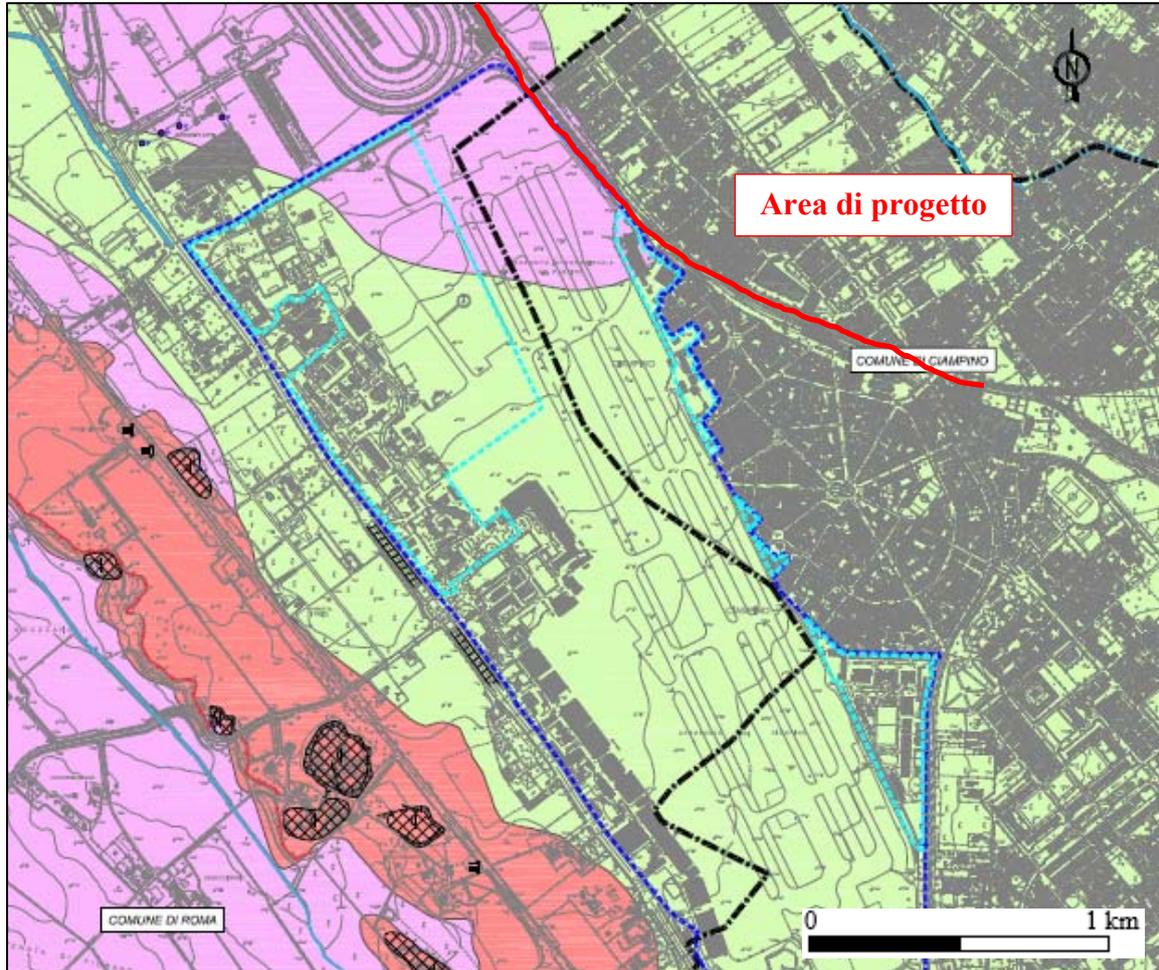


Figura 4-2 Carta geologica realizzata in scala 1:5.000 (Canuti et al.; 2015) e redatta da Aeroporti di Roma per l'aeroporto di G.B Pastine di Ciampino. In rosso è evidenziata la linea oggetto di quadruplicamento della linea ferroviaria al quale si riferisce il presente elaborato.

LEGENDA - - - - - Sedime demaniale - - - - - Area militare		GEOMORFOLOGIA  Orlo di scarpata di degradazione gravitativa  Orlo di scarpata antropica (h > 3m)  Cava abbandonata  Area di Interesse archeologico  Corso d'acqua  Pozzo censito (dati bibliografici)	
GEOLOGIA DI SUPERFICIE			
	Formazione del Tavolato; depositi da lahar, da massivi a malstratificati, sabbioso ghiaiosi, intercalati ad orizzonti fluviali e pedogenizzati. <i>Pleistocene Sup.</i>		
	Formazione di Villa Senni in facies Pozzolanelle; ignimbrite pozzolanacea tefri-fonolitica, cineritica e scoriaea <i>Pleistocene medio.</i>		
	Colata di Capo di Bove; lava tefritica a k-foiditica, da microcristallina a porfirica, compatta a vacuolare. <i>Pleistocene medio.</i>		

Figura 4-3 Legenda della Carta geologica realizzata in scala 1:5.000 (Canuti et al.; 2015) e redatta da Aeroporti di Roma per l'aeroporto di G.B Pastine di Ciampino. Inquadramento geomorfologico

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

4.1.3 Assetto stratigrafico

Per l'analisi stratigrafica dell'area in esame si è utilizzata la descrizione presente sulla Relazione geologica generale del Piano Regolatore Generale (PRG) vigente del Comune di Roma (2008) perché l'area di progetto è al confine con il Comune di Roma ed in particolare con la zona orientale identificata sul PRG.

Dal punto di vista stratigrafico, l'area oggetto di studio ricade dunque in una zona caratterizzata dalla presenza di terreni prevalentemente vulcanici derivanti dall'attività del Distretto Vulcanico Albano. Tali depositi durante l'ultimo ciclo glaciale (ultimi 100.000 anni) sono stati profondamente incisi dai torrenti principali e dall'Aniene; durante il successivo periodo interglaciale, queste incisioni sono state colmate da alluvioni recenti. Al di sopra delle alluvioni possono essere presenti, localmente, terreni di riporto, recenti e antichi, a volte derivanti dal riempimento di depressioni, artificiali o naturali. Al disotto della serie vulcanica è presente un substrato sedimentario antico caratterizzato da terreni sedimentari continentali fluvio-lacustri, costituiti da ghiaie, sabbie, limi e argille (Formazione del Paleotevere) che poggia sui livelli argillosi marini del Plio-Pleistocene. Questi ultimi che non affiorano nella zona in esame, ma sono stati rinvenuti tramite perforazioni su tutta l'area.

Di seguito vengono descritte le unità geologiche presenti nei pressi dell'area di studio e cartografate sul Foglio 374 "Roma" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 (Funicello et al. 2008) (Figura 4-2, nella quale viene evidenziata con rettangolo rosso l'area di progetto). Per la descrizione delle unità si è fatto riferimento a quanto riportato sulle note illustrative del Foglio Roma (Funicello et al., 2008) e vengono di seguito elencate a partire dai termini più recenti ai più antichi:

- *Sintema Fiume Tevere (SFT)*: le unità di tale sintema si instaurano sopra la superficie erosionale dell'ultima glaciazione e segnano dunque il passaggio tra il Pleistocene superiore e l'Olocene. L'unità ospita le alluvioni del Fiume Tevere e del Fiume Aniene e in profondità si trova fino a -40 m s.l.m.
 - *Deposito alluvionale (SFT_b)*: deposito siltosi sabbiosi e argillosi ricchi in materia organica. Si distinguono i depositi alluvionali in evoluzione (SF_{bb}), presenti all'interno degli argini artificiali dei corsi d'acqua in continua evoluzione dai depositi alluvionali (SF_{ba}). I primi hanno spessore massimo di 10 m, mentre i secondi di 60 m e di sovente hanno alla base livelli ghiaiosi o sabbiosi.
 - *Formazione del Tavolato (TAL)*: successione di depositi fluviali e di lahar che hanno colmato le paleovalli del reticolo dell'ultima glaciazione. Al tetto della formazione è presente un deposito massivo classato di sabbia vulcanica con pomici grigi e cristalli di flogopiti e clinopirosseni, questo è un deposito da lahar. Sotto è presente un paleosuolo cineritico di spessore inferiore a 1 m laminato e contenente impronte di piante erbacee. I depositi di lahar dell'unità sono riferibili alle esondazioni del Lago di

Albano probabilmente causate dal degassamento Olocenico e dal conseguente innalzamento del livello dell'acqua. Spessore massimo 15 m. Pleistocene superiore p.p. - Olocene.

- *Peperino di Albano (MNN)*: deposito piroclastico a matrice cineritica con cristalli di leucite, clinopirosseno e biotite. L'unità è litotide per zeolitizzazione e sono presenti clasti da millimetrici a decimetrici di lave, tufi, calcari e sedimenti terrigeni. Sono presenti livelli di breccia prossimali con clasti di grandi dimensioni (fino ad 1m di diametro). Spessore massimo 35 m. Pleistocene superiore.
- *Unità di Valle Marciano (MAK)*: deposito piroclastico stratificato in livelli cineritici e lapillosi a laminazione incrociata di 5-20 cm di spessore. I depositi sono costituiti da frammenti di vetro vulcanico, cristalli di leucite e pirosseno e litici lavici, tufacei e sedimentari. Nella zona distale, quindi spostandosi verso nord è presente un livello arenaceo-conglomeratico ad elementi magmatici in facies fluviale. L'unità è riferibile all'eruzione freatomagmatica del Maar di Valle Marciana e dei depositi di lahar ad essa associati. Spessore massimo 10 m. Pleistocene superiore p.p.
- *Sintema Quartaccio*: il sintema si instaura sopra una superficie di discontinuità continua e con morfologia determinata dalla paleogeografia. Lontano dalle paleovalli e nelle zone di interfluvio il sintema è suborizzontale e si instaura su una superficie planare.
 - *Formazione di Madonna degli Angeli (FKB)*: deposito dell'attività esplosiva del vulcano di Faete e degli apparati pericalderitici del litosoma Tusco-Artemisio. La formazione comprende le porzioni distali delle colate laviche (FKB_a) di spessore massimo di 30 m subordinate a livelli di piroclastiti (FKB_b). Le colate laviche hanno grana da microcristallina a porfirica e contengono cristalli di leucite, olivina e clinopirosseno. La litofacies piroclastica è costituita da depositi di ceneri e scorie in livelli tabulari. Spessore massimo 35 m. Pleistocene medio p.p.
 - *Formazione di Villa Senni (VSN)*: formazione costituita da due differenti unità ignimbritiche, che differiscono per litofacies. Il termine inferiore è noto come Tufo Lionato o Tufo Litoide, mentre il membro superiore ha diversi nomi a seconda della facies; la litofacies presente nell'area in esame ha il nome di Pozzolanelle. La formazione costituisce l'ultima grande eruzione ignimbritica del vulcano di Albano ed è databile tra i 338.000 ed i 350.000 anni fa.
 - *Pozzolanelle (VSN₂)*: deposito piroclastico massivo e caotico di colore da marrone a marrone arancio con intercalazioni violacee e nerastre. L'unità è costituita prevalentemente da cineriti scoriacee grossolane con all'interno scorie porfiriche a leucite, litici lavici ed olocristallini. È presente un ingente quantitativo di cristalli con prevalenza di biotite e pirosseno. L'unità non poggia sempre sul

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR45	11 D 69	RG	GE 0001 001	A	20 di 72

sottostante Tufo lionato ed in questi casi sul paleosuolo sottostante si osserva un *ground layer* arricchito in cristalli e litici. Il membro appena descritto presenta due facies caratteristiche nella facies prossimale: la Litofacies ad Occhio di Pesce (*VSN_{2a}*), che ha il 30% in volume di cristalli di leucite e la Breccia di Colle Fumone (*VSN_{2b}*), priva della frazione fine ed avente blocchi lavici ed olocristallini. Spessore massimo 30 m. Pleistocene medio p.p.

- *Tufo Lionato (VSN₁)*: deposito piroclastico massivo litoide a matrice cineritico-sabbiosa con abbondanti pomici gialle, scorie grigie e litici lavici. Nelle porzioni distali sono spesso presenti laminazioni, gas-pipes e impronte di tronchi. Spessore massimo 25 m. Pleistocene medio p.p.
- *Sintema Torrino*: la superficie di base di tale sintema ha morfologia ad alto rilievo e lungo gli interfluvi ha forma planare e presenza di paleosuoli molto estesi. Le quote più basse a cui si trova sono a circa 0 m s.l.m.
 - *Lave di Fosso Tre Rami (RMN)*: Lave compatte grigie e nere non affioranti nei pressi dei Colli Albani. Hanno spessore di qualche metro. Pleistocene medio p.p.
 - *Pozzolane Rosse (RED)*: piroclastiti massive e caotiche semicoerenti di colore da rosso a viola con geometria tabulare. Spessore massimo 35 m. Pleistocene medio p.p.

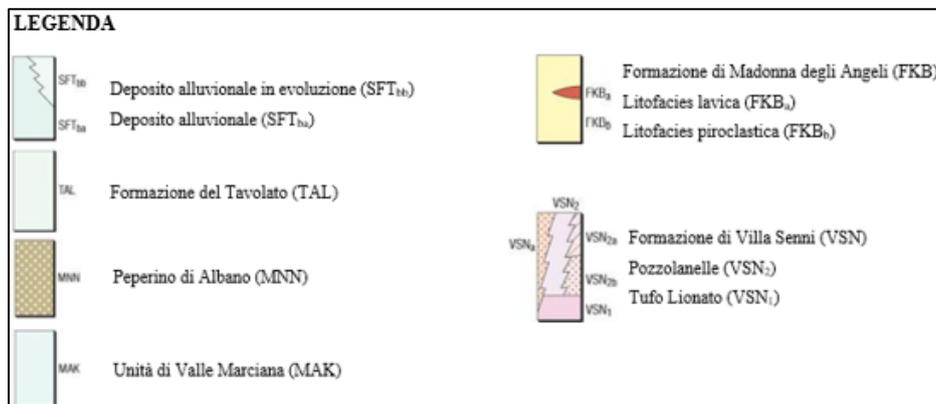
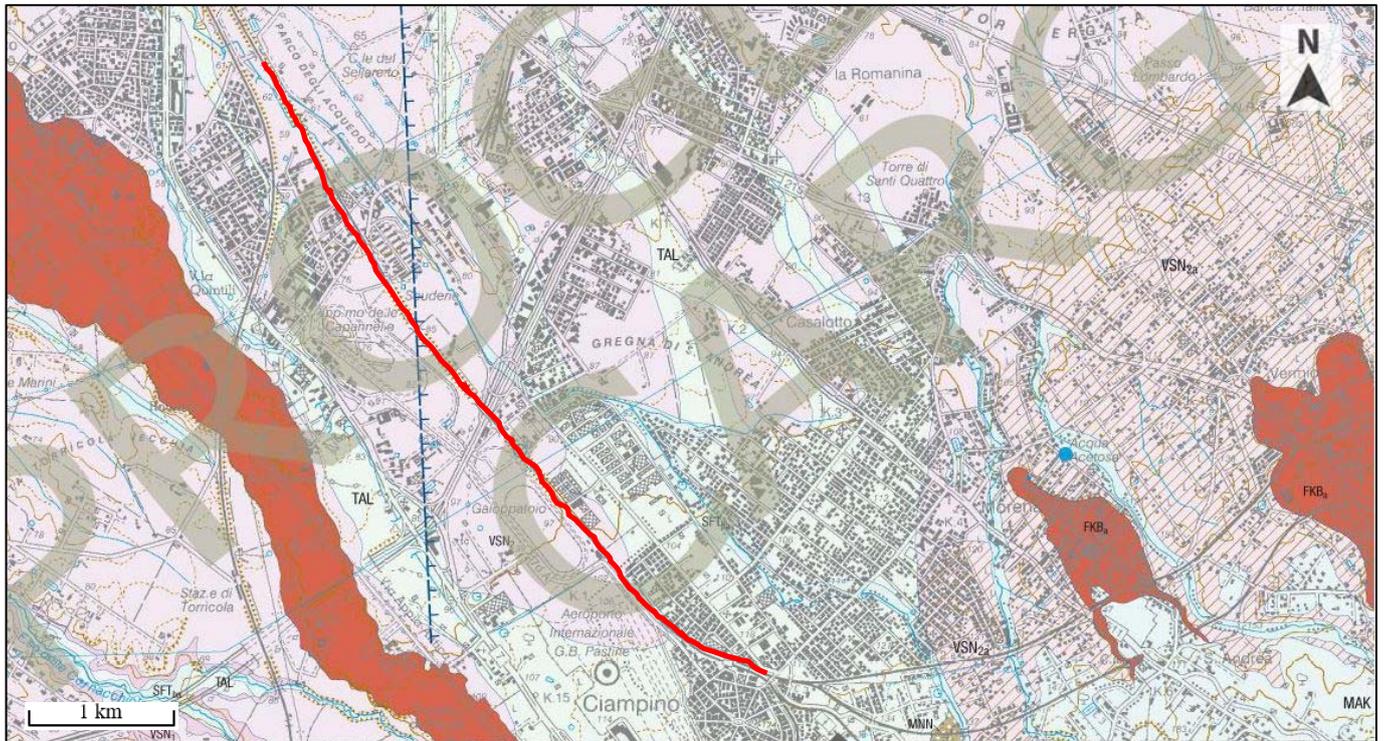


Figura 4-4 - Stralcio non in scala del Foglio 374 “Roma” della Carta Geologica d’Italia in scala 1:50.000 (Funicello et al.; 2008). In rosso è evidenziata la tratta oggetto del presente progetto.

4.1.4 Geomorfologia dell’area

L’evoluzione geologica del territorio dell’area metropolitana romana ha portato alla formazione di un paesaggio articolato in varie morfologie, prodotte dalla combinazione degli effetti delle attività geodinamiche (o endogene alla crosta terrestre) e di quelle esogene. Le forze endogene si sono esplicitate attraverso:

- la formazione di faglie tettoniche e deformazioni a carattere distensivo della crosta terrestre con sollevamenti e abbassamenti differenziali che, dal Pliocene al Pleistocene medio, interessarono il margine tirrenico;

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 22 di 72

- l'attività eruttive dei complessi vulcanici dei Monti Sabatini e dei Colli Albani che dal Pleistocene medio (circa 600.000 anni fa) al deterioramento climatico dell'ultima fase glaciale di 20.000 anni fa, trasformarono ripetutamente il territorio con imponenti deposizioni di sedimenti prevalentemente piroclastici.

Con l'esaurirsi delle attività vulcaniche costruttive di accumulo, le forze esogene prevalsero con la loro azione sul modellamento dei rilievi del territorio mediante:

- la forza della gravità;
- le attività climatiche (acqua, vento, crioclastismo e termoclastismo);
- i processi fluviali, lacustri e marini di erosione, trasporto e deposizione dei sedimenti.

I loro effetti, che hanno dato luogo alla morfologia attuale del paesaggio, si sono diversificati in funzione dei fattori tettonici e litologici, della granulometria, della coesione ed intensità di fratturazione dei depositi vulcanici e sedimentari che costituiscono il territorio romano. La struttura paesaggistica del sistema naturale del territorio romano (Succhiarelli C., 2003) può essere ricondotta a sei ambiti geomorfologici principali:

- piana deltizia del Fiume Tevere;
- terrazzi dell'antica costa tirrenica;
- valli fluviali;
- altopiani di tipo piroclastico e clastico;
- rilievi collinari di alto strutturale.

Per ambito geomorfologico si intende lo spazio di territorio dove le componenti fisiche presentano caratteri di omogeneità nelle forme e nell'ambiente di formazione. Nella caratterizzazione geomorfologica del territorio romano, gli ambiti morfologici sono costituiti da unità di paesaggio geologico (Arnoldus-Huyzendveld, Corazza, De Rita e Zarlenga, 1997), prevalentemente riconducibili e connesse, nella loro origine, con le attività vulcaniche (dei Colli Albani e dei Monti Sabatini) e con i processi fluviali e marini.

L'area in esame si trova nel fondovalle ai piedi dell'edificio vulcanico dei Colli Albani e dunque degli altopiani di tipo piroclastico e clastico ed è dunque ubicata dunque nell'ambito delle valli fluviali ed in particolare nell'unità di fondovalle e pianure alluvionali con la presenza delle morfologie minori dei canali di divagazione abbandonati.

Le piane alluvionali sono costituite da depositi ghiaiosi, limosi e sabbiosi depositati dai corsi d'acqua e terrazzati dalla stessa azione fluviale durante cicli di deposizione ed erosione controllati dalla tettonica e soprattutto dalle variazioni del livello del mare, che hanno originato diversi ordini di terrazzi lungo i corsi d'acqua principali: Fiume Tevere e Fiume Aniene. La morfologia della piana in cui si trova l'abitato di Ciampino è influenzata dalla presenza

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 23 di 72

di depositi alluvionali olocenici che hanno riempito il reticolo idrografico dell'ultimo periodo glaciale, l'unità alluvionale è la Formazione del Tavolato, la cui continuità è interrotta solamente in prossimità della città di Roma nei Fossi dello Statuario, della Marrana dell'Acqua Marina, di Torrespaccata, di Santa Maura e del Giardino dell'Incastro. A sud-ovest dell'area di progetto è presente un corso d'acqua secondario (Fosso di Fiorano) che ha originato dei terrazzi di cui sono riportate le scarpate sulla carta geologica per lo studio di impatto ambientale in Figura 4-3. Nei pressi dei terrazzi fluviali appena descritti sulla stessa carta geologica si osserva la presenza di cave dismesse e relativi orli di scarpata.

Per quanto concerne i rischi di natura geomorfologica interferenti con l'area di progetto si rimanda al capitolo 4.2.1 dedicato.

4.2 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'area romana è caratterizzata dalla presenza di differenti unità idrogeologiche a causa dei diversi ambiti geologici da cui è costituita:

- Unità dei monti Sabatini
- Unità dei Colli Albani
- Unità del Ponte Galeria
- Unità delle piane alluvionali
- Unità del delta de Fiume Tevere

Il Comune di Ciampino, e dunque la zona di interesse del presente studio, ricade interamente nell'unità idrogeologica dei Colli Albani, classificata all'interno delle unità vulcaniche nella Carta delle unità idrogeologiche della Regione Lazio in scala 1: 250.000 (Capelli et al.; 2012a). Nel presente capitolo sarà quindi descritta tale unità analizzando i complessi idrogeologici che ne fanno parte.

Per quanto riguarda i complessi idrogeologici che affiorano nell'area di studio, con riferimento alla Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio in scala 1: 100.000 (Capelli et al.; 2012b), si osservano litotipi vulcanici a potenzialità acquifera variabile da bassa a medio-alta a seconda della permeabilità media e dell'infiltrazione efficace dei litotipi. I complessi vengono ora descritti in ordine cronostratigrafico dal più recente al più antico, prestando particolare attenzione al loro potenziale acquifero:

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 24 di 72

- *Complesso dei depositi alluvionali recenti (1)*: depositi alluvionali ghiaiosi, sabbiosi ed argillosi recenti (Olocene). Contengono acquiferi locali in prossimità dei principali corsi d’acqua. Potenzialità acquifera da bassa a medio alta.
- *Complesso delle lave, laccoliti e con di scorie (7)*: scorie saldate, lave e laccoliti (Pleistocene). Sono presenti falde ad importanza locale con estensione limitata. Potenzialità acquifera medio-alta.
- *Complesso delle pozzolane (8)*: depositi ignimbrici e tufacei da colata piroclastica (Pleistocene). È il complesso che alimenta la falda dei grandi acquiferi regionali basali. Potenzialità acquifera media.
- *Complesso dei tufi stratificati e delle facies freatomagmatiche (9)*: tufi stratificati, breccie piroclastiche, pomici, lapilli e blocchi lavici (Pleistocene). Può sostenere locali falde superficiali ed impedire la circolazione idrica. Potenzialità acquifera bassa.

Come si può osservare in Figura 4-6 l’area di progetto si trova tra i depositi del Complesso delle pozzolane con potenzialità acquifera media e il Complesso dei depositi alluvionali recenti.

I complessi acquiferi presenti nell’area romana sono limitati inferiormente dalle argille pre-vulcaniche, che fungono da *aquiclude* e hanno una morfologia molto articolata a causa del basso stazionamento del livello del mare durante le ere glaciali.

Il potenziale acquifero dell’unità dei Colli Albani, su cui si trova l’area in esame, è maggiore a quello delle altre unità idrogeologiche poiché le argille del substrato argilloso pre-vulcanico si trovano a profondità elevate e i depositi piroclastici e le colate laviche a permeabilità medio-alta hanno notevoli spessori. In essi sono contenute importanti circolazioni idriche alimentate in gran parte dalle acque meteoriche che cadono sui rilievi dei Colli Albani. Gli acquiferi presenti in tale unità sono importanti poiché alimentano costantemente alcuni fossi presenti nell’area romana. Queste circolazioni idriche sotterranee ricevono anche apporti laterali provenienti da altri bacini idrogeologici, in particolare dai Monti Tiburtini e dalla porzione nord dei Lepini che, prima delle grandi eruzioni che hanno colmato la stretta di Ardena, comunicava con la piana romana tramite un antico corso d’acqua, il Paleosacco, affluente del Paleotevere. I dati analitici delle acque sotterranee mostrano che le acque provenienti direttamente dai rilievi vulcanici sono molto più dolci di quelle ipoteticamente connesse anche all’alimentazione dai rilievi appenninici, che mostrano livelli di durezza elevati. Sembrerebbe evincersi che, mentre la comunicazione idrografica è interrotta, quella idrogeologica profonda sia, almeno in parte, ancora attiva.

La ricostruzione della superficie piezometrica delle circolazioni idriche provenienti dai Colli Albani indica che questa segue un andamento semicircolare con progressivo abbassamento di quota man mano che ci si avvicina agli assi

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 25 di 72

drenanti rappresentati, per la porzione nord, dall’Aniene, dove si ha la presenza della grande emergenza sorgentizia che da due millenni alimenta l’acquedotto Vergine, mentre a ovest il drenaggio è controllato dai torrenti affluenti del Tevere che drenano una parte del flusso e lasciano emergere numerose sorgenti anche di discreta importanza.

Analizzando la Carta Idrogeologica del Comune di Roma (Figura 4-5) si osserva che ai depositi piroclastici presenti nell’area è attribuita una permeabilità da media (cineriti) a medio-alta (depositi lapillosi e scoriacei prevalentemente incoerenti) ad alta per fratturazione (depositi ignimbrici litoidi). La permeabilità dei depositi alluvionali varia da bassa, per i depositi limoso argillosi e sabbioso limosi, a media per i depositi sabbiosi del reticolo idrografico minore, ad alta per le sabbie e le ghiaie del reticolo principale dei fiumi Tevere e Aniene.

Come è possibile osservare sullo stralcio della Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio in scala 1:100.000 (Capelli et al.; 2012b), in Figura 4-6, la falda si trova all’interno dei depositi vulcanici a quote comprese, nell’areale di progetto, tra +40 e +80 m s.l.m.; questo risulta in linea con i valori di soggiacenza misurati nei sondaggi attrezzati con piezometro a tubo aperto (S1, S3, S5, S7, S10 e S13). Tali sondaggi hanno infatti individuato la falda a profondità compresa tra 20 e 30 m circa (Tabella 4-1), corrispondenti a quote di 40-80 m s.l.m..

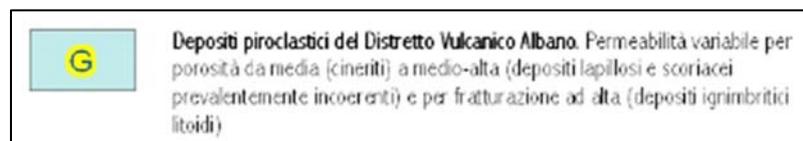
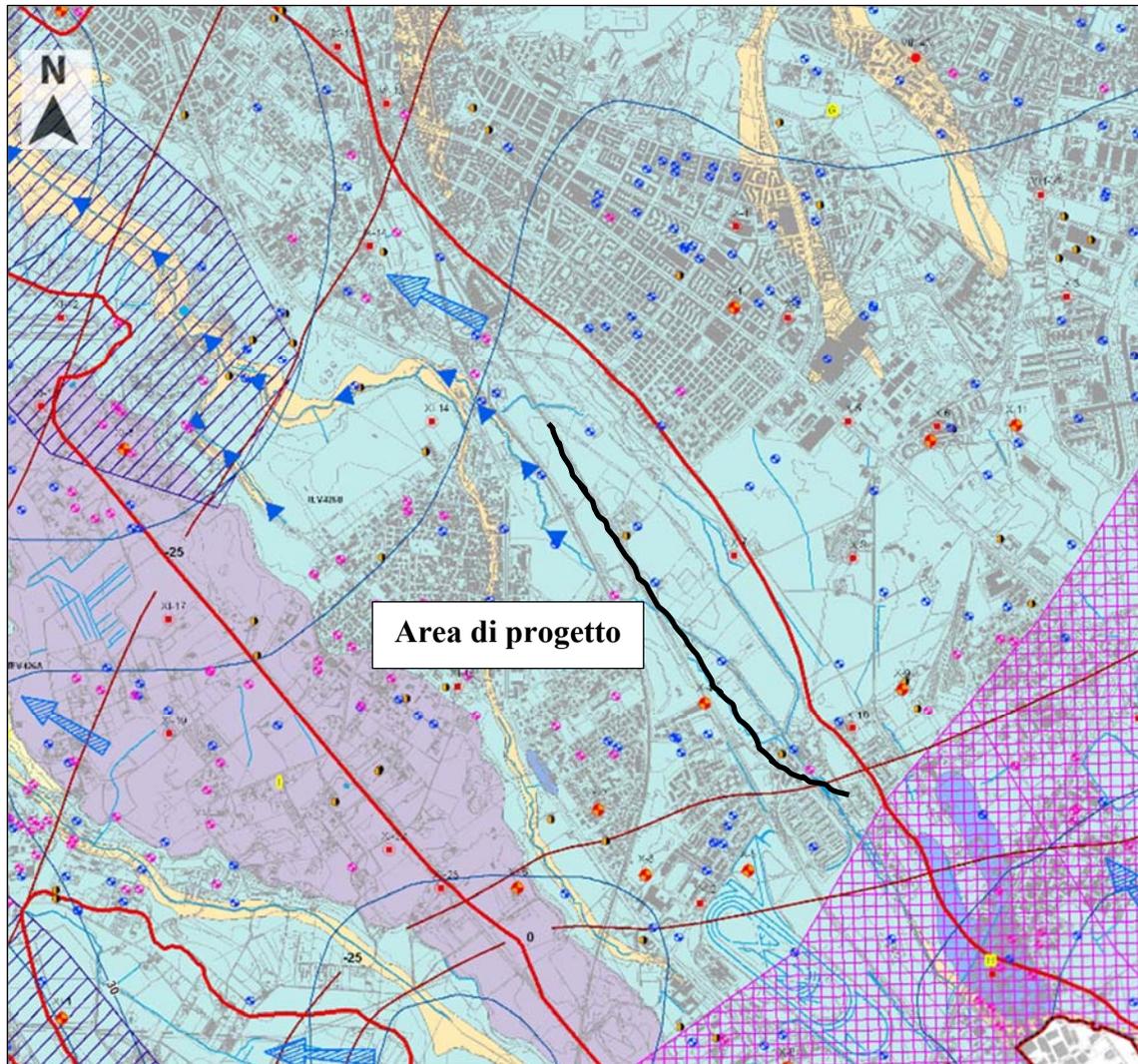


Figura 4-5 – Carta Idrogeologica del comune di Roma, è evidenziata in nero la tratta ferroviaria oggetto del presente progetto.

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR45	11 D 69	RG	GE 0001 001	A	27 di 72

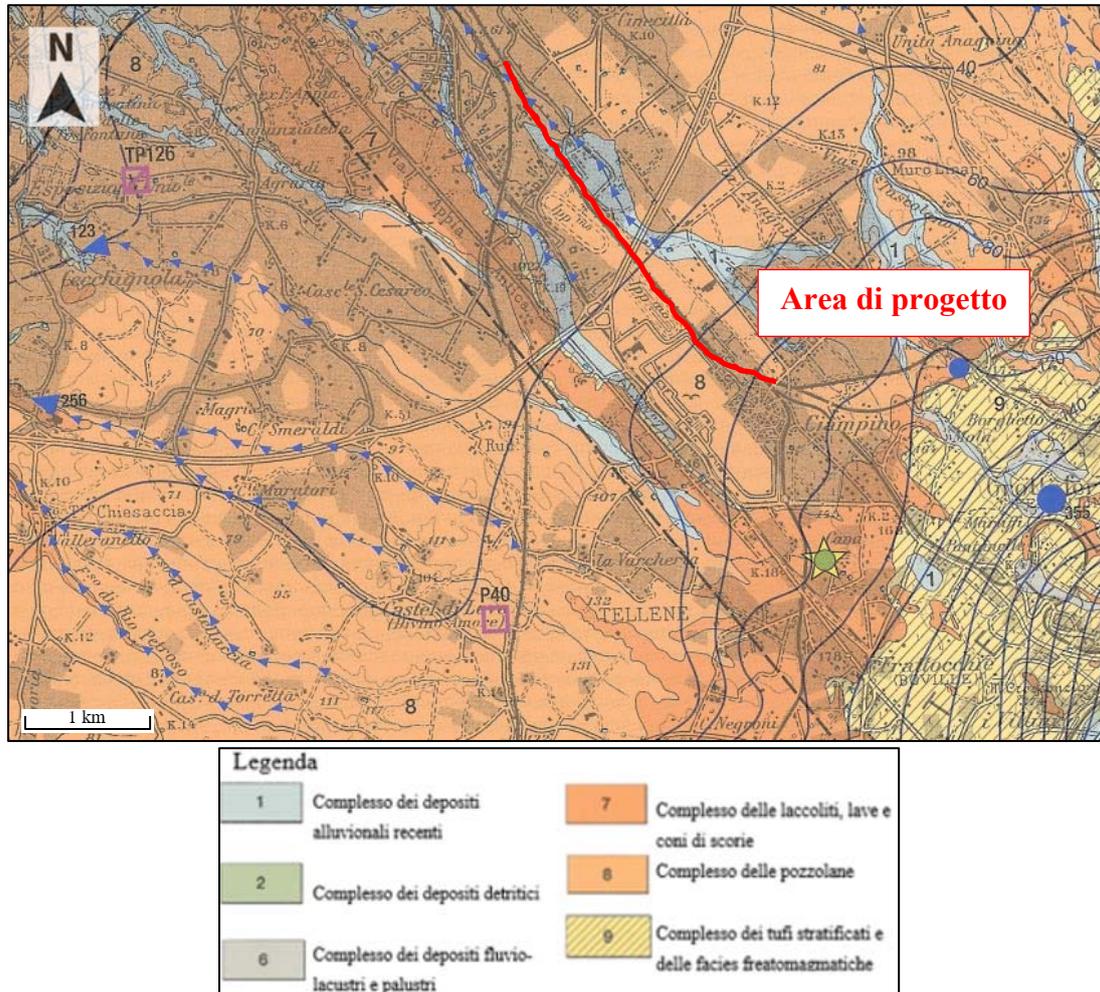


Figura 4-6 – Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio (Capelli et al., 2012b), è evidenziata in rosso la tratta ferroviaria oggetto del presente progetto.

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
 IDROGEOLOGICA E SISMICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR45	11 D 69	RG	GE 0001 001	A	28 di 72

Tabella 4-1 – Letture piezometriche

SONDAGGIO	TIPO DI PIEZOMETRO	PROF. (m da p.c.)	TRATTO MICROFES.	DATA DI INSTALLAZ.	LETTURE PIEZOMETRICHE (m da p.c.; valori negativi per falda in pressione)												
					11/02/2020	12/02/2020	19/02/2020	21/02/2020	26/02/2020	27/02/2020	09/03/2020	11/03/2020	04/05/2020	05/05/2020	19/05/2020	20/05/2020	23/05/2020
S01	Piezometro T.A. da 3"	35.00	2.95-32.00	10/02/2020	21.17	25.90	26.10	26.05	26.05								
S03	Piezometro T.A. da 3"	35.00	2.95-32.00	19/02/2020				30.80	30.05								
S05	Piezometro T.A. da 3"	30.00	2.95-27.00	05/03/2020							assente		assente				
S07	Piezometro T.A. da 3"	30.00	2.95-27.00	19/05/2020											23.20	24.20	25.20
S10	Piezometro T.A. da 3"	35.00	2.95-32.00	26/02/2020						31.05			31.60				
S13	Piezometro T.A. da 3"	30.00	2.95-27.00	11/03/2020								21.60	21.40				

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

4.2.1 *Permeabilità dei terreni da prove Lefranc*

Con lo scopo di acquisire le necessarie informazioni sulle caratteristiche di permeabilità dei materiali nell'area di interesse del tracciato, durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici sono state effettuate prove di permeabilità in foro. La prova Lefranc eseguita nel sondaggio S1 alla profondità di 7 m ha determinato un valore della conducibilità idraulica pari a 1.83E-06 m/s. Le prove di permeabilità di tipo Lefranc, eseguite nel sondaggio S2 a 12.55 e 24.50 m di profondità, hanno restituito valori di conducibilità idraulica, rispettivamente, di 1.1E-06 e 1.23E-06 m/s. Il sondaggio S3 ha permesso di definire valori di conducibilità idraulica di 1.09E-06 m/s (a 9.5 m di profondità) e 4.98E-07 m/s (a 22 m da p.c.), mentre i valori ottenuti dalle prove in foro nel sondaggio S4 sono di 1.69E-06 m/s e 1.35E-06 m/s alle rispettive profondità di 11 e 17.5 m. Il sondaggio S5 è stato sottoposto a prove di permeabilità alle profondità di 12 m ($k=1.42E-05$) e 20 m ($k=1.46E-06$); il sondaggio S6 ha determinato un valore di k pari a 2.42E-06 m/s a 13.30 m di profondità. Il sondaggio S7, soggetto a prove alle profondità di 14 e 24 m ha restituito valori di conducibilità idraulica, rispettivamente, di 3.16E-07 e 5.30E-06 m/s, mentre le prove per il sondaggio S8 sono state predisposte alle profondità di 7.50 m ($k=2.66E-06$ m/s) e 26.20 m ($k=8.67E-06$ m/s). Il sondaggio S9 ha determinato valori di k pari a 1.41E-05 m/s e 1.47E-05 m/s, rispettivamente, a 10.5 e 28.5 m di profondità; S10, soggetto a prove di permeabilità a 12 e 22 m mostra valori k di 2.64E-05 e 1.29E-05 m/s, mentre le prove per il sondaggio S11 sono state effettuate alle profondità di 11 m ($k=2.71E-05$ m/s) e 19.4 m ($k=1.06E-05$ m/s). Le prove di permeabilità eseguite nel sondaggio S12 hanno restituito valori di 1.94E-06 m/s a 9.55 m di profondità e 1.26E-05 m/s a 21 m da p.c., mentre il sondaggio S13 è stato soggetto a prove di permeabilità a 10.20 m ($k=1.92E-05$ m/s) e 21 m ($k=4.41E-05$ m/s). L'ultimo sondaggio, S14, è stato soggetto a prove di permeabilità tipo Lefranc alle profondità di 18.70 e 33 m, restituendo valori di k , rispettivamente, di 2.45E-05 e 1.55E-05 m/s.

Si ricorda come le prove di permeabilità in foro abbiano carattere puntuale e siano rappresentative di spessori ridotti di materiale.

4.2.2 *Permeabilità da prove Lugeon*

Per quanto riguarda la permeabilità dei depositi piroclastici massivi (Tufo lionato, VSN₁) e delle lave compatte (Lave di Fosso Tre Rami, RMN), sono state effettuate prove di permeabilità Lugeon in roccia nei sondaggi S1 e S6 (paragrafo 6), rispettivamente, tra 16.00 e 19.00 m e tra 45.00 e 50.00 m da p.c.. La prova nel sondaggio S1 è stata svolta all'interno dei depositi piroclastici massivi, mentre la prova nel sondaggio S6 è stata eseguita a cavallo tra due materiali differenti (le lave compatte ed i tufi), quindi il valore di permeabilità ottenuto dalla prova Lugeon potrebbe essere stato inficiato dalle soprastanti lave.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

L'interpretazione delle prove di permeabilità Lugeon viene effettuata utilizzando il calcolo delle Unità Lugeon tramite l'equazione:

$$L = \frac{10 \times Q}{P}$$

dove:

L: unità Lugeon;

Q: portata di immissione dell'acqua in foro per ciascun gradino di pressione (l/min/m)

P: pressione di immissione (bar).

I risultanti valori di Unità Lugeon calcolati per ciascuno step di prova vengono plottati nel relativo diagramma che mette in correlazione l'andamento dei valori di Unità Lugeon corrispondenti a ciascun gradino di portata e pressione misurate durante la prova. I trend tipici dei diagrammi Lugeon vengono associati alle tipologie di flusso caratteristiche dell'ammasso (Houlsby, 1976) e quindi utilizzati per determinare il valore di Unità Lugeon caratteristico di tale condizione (Quiñones-Rozo, 2010), (Figura 4-7).

Behaviour	Lugeon Pattern	Flow vs. Pressure Pattern	Representative Lugeon Value
Laminar Flow			Average of Lugeon values for all steps
Turbulent Flow			Lugeon value corresponding to the highest water pressure (3rd step)
Dilation			Lowest Lugeon value recorded, corresponding either to low or medium water pressures (1st, 2nd, 4th, 5th step)
Wash-out			Highest Lugeon value recorded (5th step)
Void Filling			Final Lugeon value (5th step)

Figura 4-7 – Correlazione tra tipologia di flusso e unità Lugeon (Houlsby, 1976) e correlazione tra tipologia di flusso e diagramma pressioni (Quiñones-Rozo, 2010)

Houlsby (1976) definisce come segue le diverse condizioni dell'ammasso associate ai diagrammi Lugeon:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

- Flusso laminare: la conducibilità idraulica dell'ammasso è indipendente dalle pressioni utilizzate durante la prova. Questo comportamento è caratteristico di ammassi aventi bassa conducibilità idraulica, ove le velocità di infiltrazione sono modeste (meno di 4 unità Lugeon);
- Flusso turbolento: la conducibilità idraulica dell'ammasso decresce al crescere della pressione dell'acqua. Questo comportamento è caratteristico di ammassi aventi sistemi di fratture da parzialmente a moderatamente aperte.
- Dilatazione: conducibilità idrauliche simili osservate a pressioni basse e medie; valori di conducibilità molto superiori alla massima pressione. Questo comportamento, talvolta osservato anche a pressioni medie, avviene quando la pressione applicata è più grande dello stress principale minimo dell'ammasso, tale per cui si causa una dilatazione temporanea delle fessure dell'ammasso stesso. La dilatazione causa un incremento della sezione utile di flusso, e perciò un incremento della conducibilità idraulica.
- Dilavamento: la conducibilità idraulica aumenta al procedere della prova, indipendentemente dalle variazioni di pressione. Tale comportamento indica che l'infiltrazione induce danni permanenti ed irreversibili all'ammasso roccioso, solitamente a causa di dilavamento dei riempimenti o di movimenti in roccia permanenti.
- Riempimento dei vuoti: la conducibilità idraulica decresce al procedere della prova, indipendentemente dalle variazioni di pressione. Tale comportamento indica sia che l'acqua progressivamente riempie discontinuità isolate o non persistenti, o che materiale fine fluisce lentamente nelle discontinuità riempiendole e chiudendole.

In Figura 4-8 viene infine riportata la tabella che descrive le condizioni dell'ammasso roccioso tipicamente associate ai range di Unità Lugeon ed ai range di conducibilità idraulica.

Lugeon Range	Classification	Hydraulic Conductivity Range (cm/sec)	Condition of Rock Mass Discontinuities	Reporting Precision (Lugeons)
<1	Very Low	$< 1 \times 10^{-5}$	Very tight	<1
1-5	Low	$1 \times 10^{-5} - 6 \times 10^{-5}$	Tight	± 0
5-15	Moderate	$6 \times 10^{-5} - 2 \times 10^{-4}$	Few partly open	± 1
15-50	Medium	$2 \times 10^{-4} - 6 \times 10^{-4}$	Some open	± 5
50-100	High	$6 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-3}$	Many open	± 10
>100	Very High	$> 1 \times 10^{-3}$	Open closely spaced or voids	>100

Figura 4-8 – Condizioni dell'ammasso roccioso correlate alla conducibilità idraulica ed alle unità Lugeon (Quiñones-Rozo, 2010)

Analizzando dunque la prova Lugeon eseguita nel sondaggio S1 è possibile affermare che il diagramma riportato in Figura 4-10 è tipico di dilavamento. Considerando dunque il terzo valore di Unità Lugeon (23.23) corrispondente al

relativo terzo gradino di pressione (3.30 bar) ed al terzo gradino di portata (7.667 l/min/m) come riportato Figura 4-9, in questo caso esso corrisponde ad una permeabilità di 2.5E-6 m/s, e ad una condizione di ammasso avente sistemi di fratture parzialmente aperte.

Pressione (bar):	0,50	1,00	1,50	1,00	0,50
Pressione corretta (bar):	2,30	2,80	3,30	2,80	2,30
Assorbimento (litri):	10,2	58,9	230,0	142,0	25,7
Portata (litri/minuto):	1,02	5,89	23,00	14,20	2,57
Portata unitaria (litri/minuto/metro):	0,340	1,963	7,667	4,733	0,857
UNITA' LUGEON	1,48	7,01	23,23	16,90	3,72
Coefficiente di permeabilità (m/sec):	1,6E-7	7,6E-7	2,5E-6	1,8E-6	4,0E-7

Figura 4-9 – Unità Lugeon corrispondenti ai gradini di pressione per la prova nel sondaggio S1

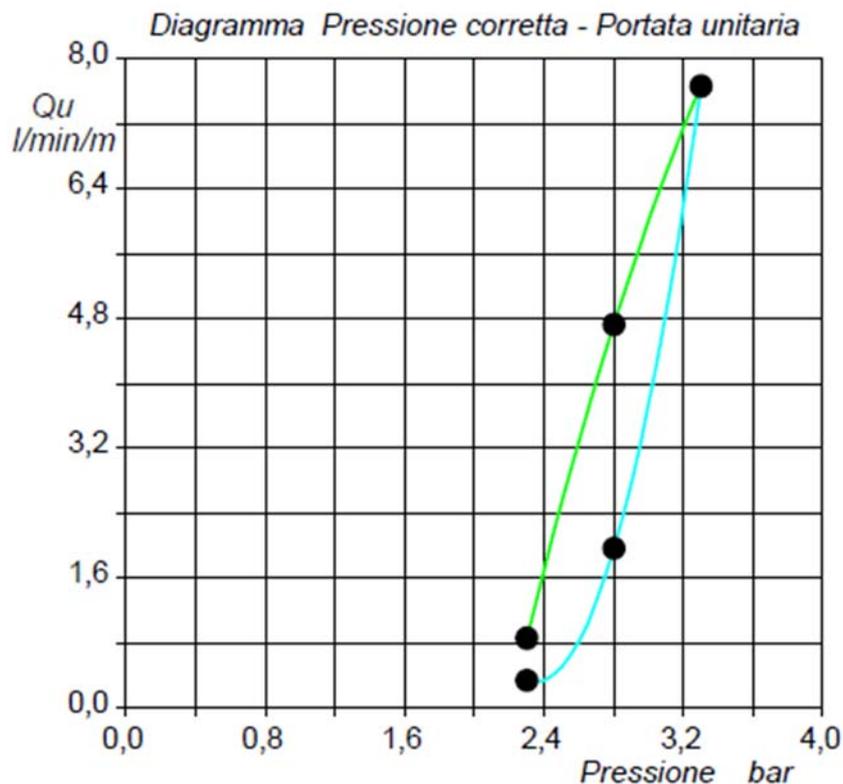


Figura 4-10 – Diagramma portata-pressioni per la prova nel sondaggio S1

Per quanto concerne la prova Lugeon eseguita nel sondaggio S6 è possibile affermare che il diagramma riportato in Figura 4-12 è tipico di dilavamento. Considerando dunque il terzo valore di Unità Lugeon (25.71) corrispondente al relativo terzo gradino di pressione (7.80 bar) ed al terzo gradino di portata (20.04 l/min/m) come riportato in Figura

4-11, in questo caso esso corrisponde ad una permeabilità di $3.1E-6$ m/s, e ad una condizione di ammasso avente sistemi di fratture aperte.

Pressione (bar):	1,00	2,00	3,00	2,00	1,00
Pressione corretta (bar):	5,80	6,80	7,80	6,80	5,80
Assorbimento (litri):	747,0	868,0	1002,0	922,0	704,0
Portata (litri/minuto):	74,70	86,80	100,20	92,20	70,40
Portata unitaria (litri/minuto/metro):	14,94	17,36	20,04	18,44	14,08
UNITA' LUGEON	25,78	25,55	25,71	27,14	24,30
Coefficiente di permeabilità (m/sec):	$3,1E-6$	$3,1E-6$	$3,1E-6$	$3,3E-6$	$3,0E-6$

Figura 4-11 – Unità Lugeon corrispondenti ai gradini di pressione per la prova nel sondaggio S6

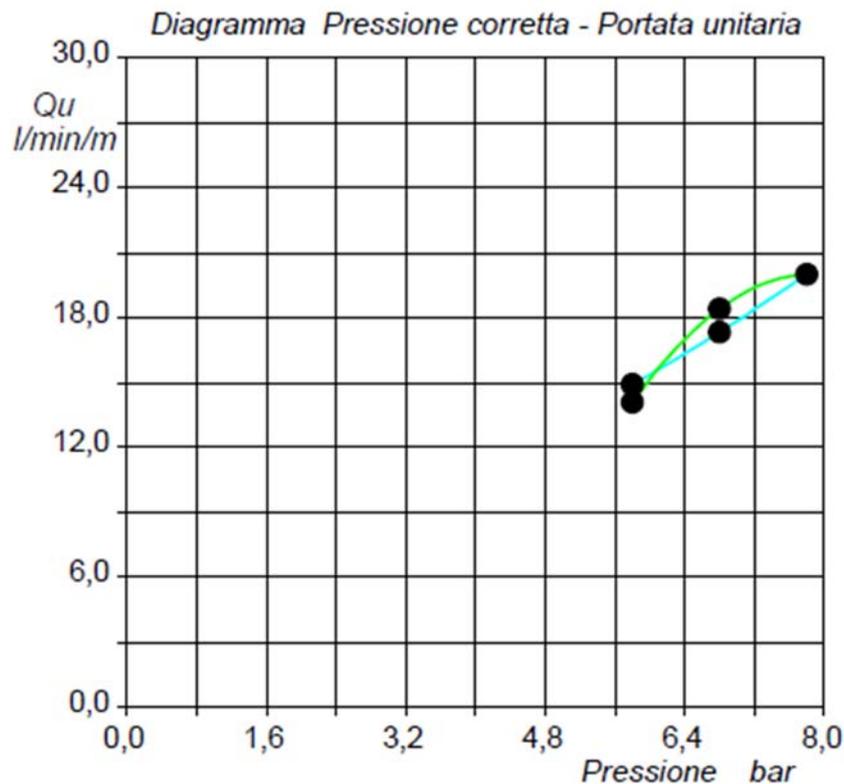


Figura 4-12 – Diagramma portata-pressioni per la prova nel sondaggio S6

Le prove di permeabilità in foro hanno carattere puntuale e sono rappresentative soltanto di uno spessore limitato di ammasso roccioso.

5 CARTOGRAFIA DEL RISCHIO

In questo paragrafo saranno descritti i rischi idrogeologici e idraulici, naturali e antropici, che interessano l'area di studio. Analizzando la carta della pericolosità e della vulnerabilità geologica (Figura 5-1), redatta per il PRG del Comune di Roma (Succhiarelli et al., 2008) (legenda in Figura 5-2), si osserva la presenza di un'area a elevata probabilità di presenza di cavità sotterranee a circa 50 m di distanza dalla linea ferroviaria oggetto del presente studio; è inoltre presente un'ampia area a probabile presenza di cavità sotterranee a nord della stazione ferroviaria di Roma Capannelle a circa 30 m dall'area in esame. Queste aree sono state individuate anche sulla carta delle cavità sotterranee di Roma (Nisio et al., 2017), di cui si riporta uno stralcio in Figura 5-3 (legenda in Figura 5-4). Tale carta mostra la presenza di due cavità riscontrate in sondaggio in prossimità dell'area a elevata probabilità di presenza di cavità.

Secondo quanto riportato sulle carte appena descritte la presenza di cavità nel sottosuolo lungo la linea ferroviaria non dovrebbe influenzare le opere in progetto.

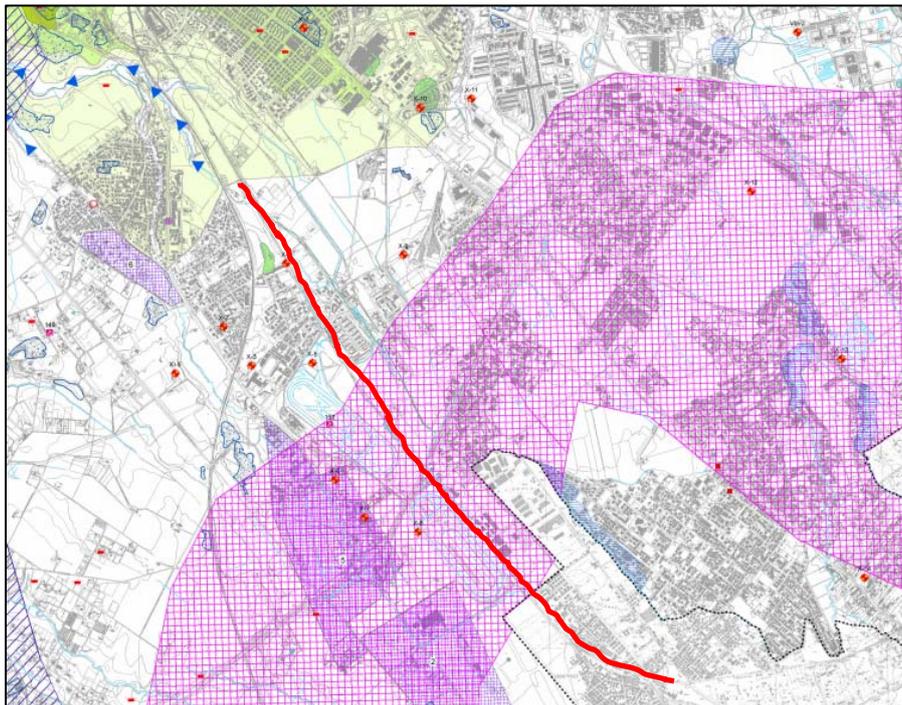


Figura 5-1 – Stralcio non in scala della carta della pericolosità e della vulnerabilità geologica del PRG del Comune di Roma (Succhiarelli et al., 2008)

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A



Figura 5-2 Legenda della carta della pericolosit  e della vulnerabilit  geologica del PRG di Roma (Succhiarelli et al., 2008)

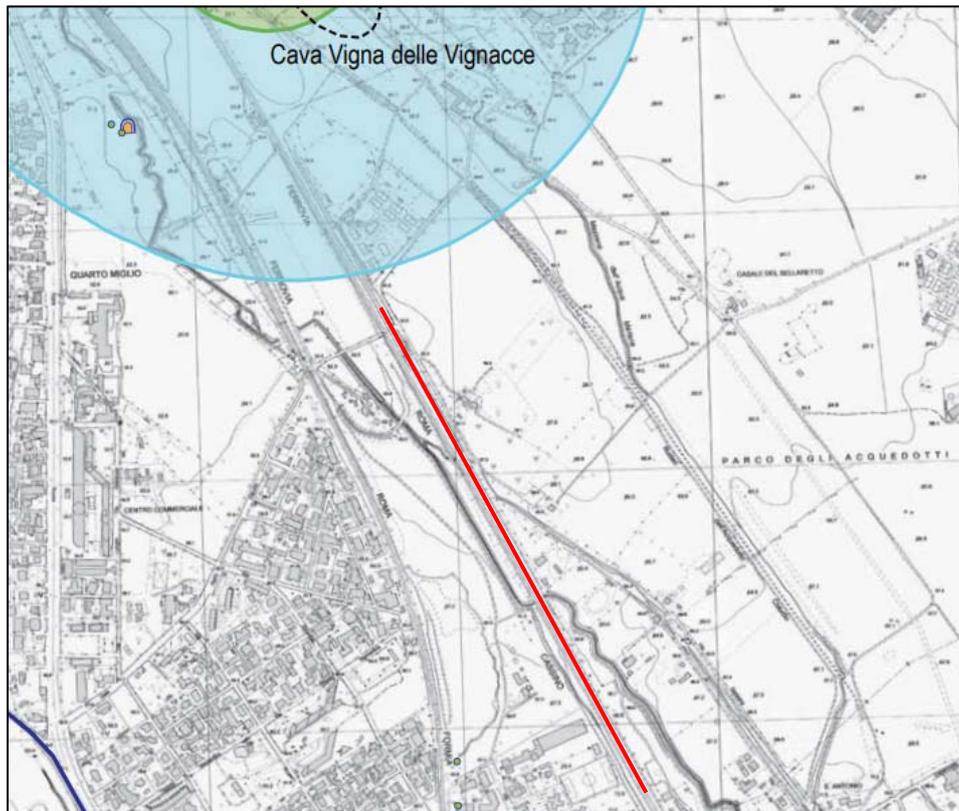


Figura 5-3 Stralcio non in scala della carta delle cavit  sotterranee di Roma, realizzata in scala 1: 15.000 (Nisio et al., 2017); in rosso   stato individuato il tracciato oggetto del presente progetto.

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

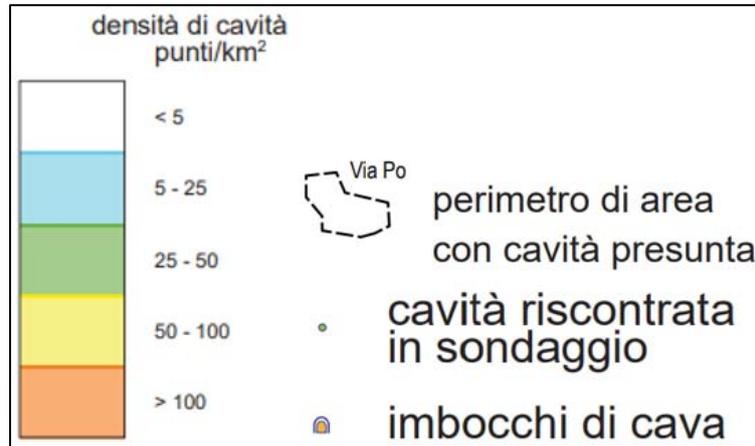
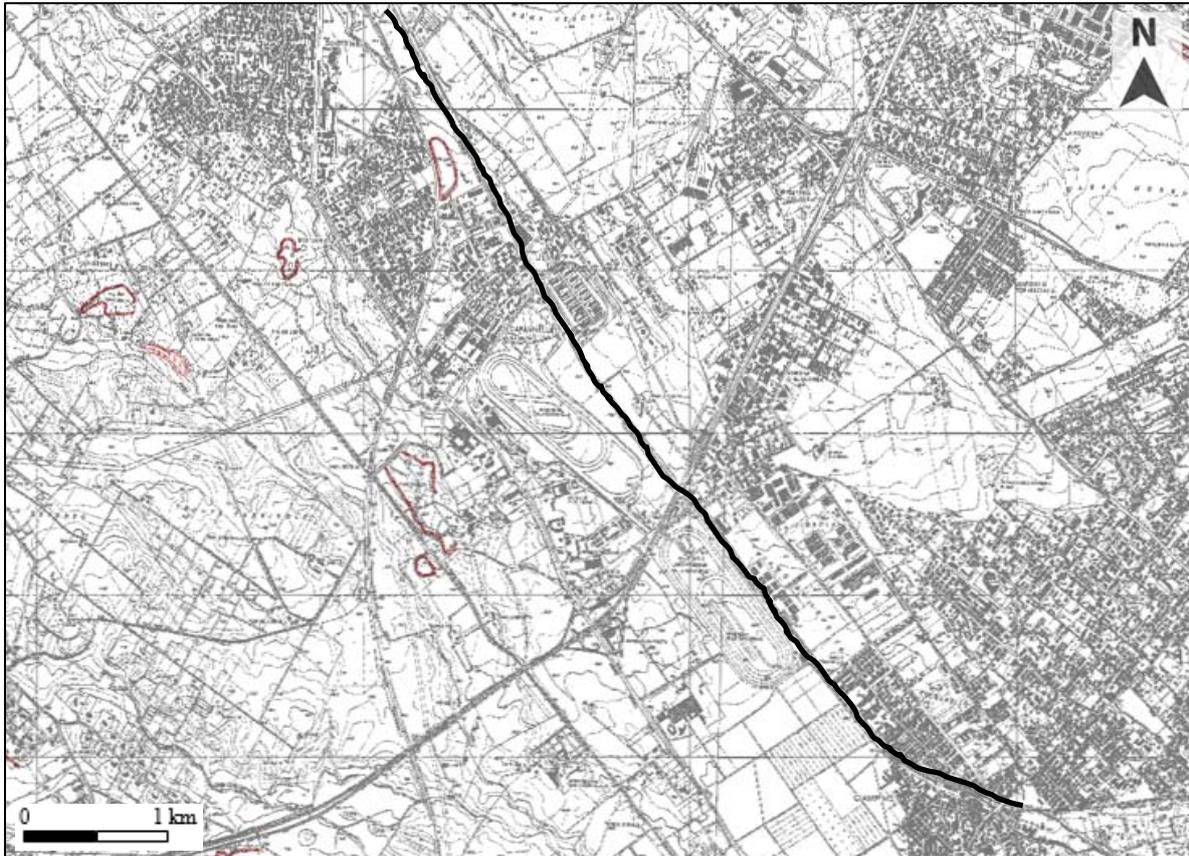


Figura 5-4 Legenda della carta delle cavità sotterranee di Roma (Nisio et al., 2017)

Per quanto concerne i rischi di carattere geologico-geomorfologico, l'area potrebbe anche essere interessata da “*Forme e processi gravitativi*”. Infatti, per la sua conformazione morfologica e per l'intensa attività antropica sul territorio, nell'area intorno a Roma potrebbero instaurarsi movimenti franosi lungo scarpate e/o pendii acclivi.

Le ridotte pendenze della piana alluvionale dove è situata l'area di progetto, comportano l'assenza di rischi correlati a processi gravitativi di origine naturale, come si osserva anche sullo stralcio della tavola di dettaglio della carta dei fenomeni franosi del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Tevere (disponibile sul sito web <http://www.abtevere.it/node/133?q=node/134>; 2002) in Figura 5-5. L'unico elemento di pericolosità per quanto riguarda i fenomeni gravitativi è dato dalla presenza di fenomeni franosi presunti lungo le scarpate delle cave; la ridotta dimensione di queste ultime e la loro distanza dall'area di progetto (circa 50 m) non originano rischi per l'area oggetto di studio del presente elaborato.



Legenda

Inventario dei fenomeni franosi

fenomeno attivo	fenomeno quiescente	fenomeno inattivo*	fenomeno presunto	orlo di scarpata di frana
				

Figura 5-5 Stralcio, non in scala, della carta inventario dei fenomeni franosi proposta dal PAI del Fiume Tevere (scala originale 1: 10.000). È stata evidenziata in nero la tratta oggetto di intervento.

L'analisi del rischio idraulico è stata svolta consultando la cartografia del PRG del Comune di Roma e quella del PAI del Fiume Tevere. Su uno stralcio della carta dei Sistemi e delle Regole, in Figura 5-6, si può osservare che il tracciato oggetto di quadruplicamento della linea ferroviaria interseca la fascia fluviale A del Fosso delle Capannelle e poco più a nord è adiacente alla sua fascia C.

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A



Figura 5-6 – Stralcio non in scala del foglio 18 della Carta dei Sistemi e delle Regole in scala 1:10.000 del PRG del Comune di Roma (Succhiarelli et al., 2008).

Di seguito vengono riportate le prescrizioni riportate sulle Norme tecniche di attuazione dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere (primo aggiornamento, 2012), sito web: <http://www.abtevere.it/node/1004>.

PARTE III – PRESCRIZIONI DIRETTE

Art. 28 – La fascia A

1 Nella fascia definita A il P.A.I. persegue l'obiettivo di garantire generali condizioni di sicurezza idraulica, assicurando il libero deflusso della piena di riferimento e il mantenimento e/o il recupero delle condizioni di equilibrio dinamico dell'alveo e favorendo l'evoluzione naturale del fiume.

2 Nella fascia A sono ammessi esclusivamente:

a) gli interventi edilizi di demolizione senza ricostruzione;

b) gli interventi edilizi sugli edifici, sulle infrastrutture sia a rete che puntuali e sulle attrezzature esistenti, sia private che pubbliche o di pubblica utilità, di manutenzione ordinaria, straordinaria, restauro, risanamento conservativo e di ristrutturazione edilizia, così come definiti alle lettere a), b), c) e d) dell'art. 3 del DPR 380/2001 e s.m.i., nonché le opere interne agli edifici, ivi compresi gli interventi necessari all'adeguamento alla normativa antisismica, alla

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 39 di 72

prevenzione sismica, all'abbattimento delle barriere architettoniche ed al rispetto delle norme in materia di sicurezza ed igiene sul lavoro, nonché al miglioramento delle condizioni igienico-sanitarie, funzionali, abitative e produttive. Gli interventi di cui sopra possono comportare modifica delle destinazioni d'uso senza incremento del carico urbanistico, aumento di volume ma non della superficie di sedime ad eccezione delle opere necessarie per l'abbattimento delle barriere architettoniche e degli adeguamenti impiantistici e tecnologici in adempimento alle norme in materia di sicurezza e risparmio energetico. Gli interventi che comportano almeno una delle seguenti condizioni:

- aumento di volume;
- diversa distribuzione dei volumi esistenti;
- diversa disposizione delle superfici di sedime;
- cambi di destinazione d'uso;
- modifiche delle caratteristiche morfologiche delle aree;

devono essere realizzati in condizioni di sicurezza idraulica e senza modifica del deflusso della piena, a tal fine è necessario acquisire il nulla osta dell'autorità idraulica competente. Questi interventi non possono comunque prevedere volumetrie al di sotto del livello di campagna;

c) gli interventi di difesa idraulica delle aree e degli edifici esposti al rischio a condizione che tali interventi non pregiudichino le condizioni di sicurezza idraulica a monte e a valle dell'area oggetto di intervento;

d) gli interventi necessari a ridurre la vulnerabilità degli edifici, delle infrastrutture e delle attrezzature esistenti ed a migliorare la tutela della pubblica incolumità senza aumento di superficie e di volume;

e) gli interventi di ampliamento di opere pubbliche o di pubblico interesse, riferiti a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché di realizzazione di nuove infrastrutture lineari e/o a rete non altrimenti localizzabili, compresa la realizzazione di manufatti funzionalmente connessi e comunque ricompresi all'interno dell'area di pertinenza della stessa opera pubblica. È consentita altresì la realizzazione di attrezzature ed impianti sportivi e ricreativi all'aperto con possibilità di realizzazione di modesti manufatti accessori a servizio degli stessi. Tali interventi sono consentiti a condizione che tali interventi non costituiscano significativo ostacolo al libero deflusso e/o significativa riduzione dell'attuale capacità d'invaso, non costituiscano impedimento alla realizzazione di

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 40 di 72

interventi di attenuazione e/o eliminazione delle condizioni di rischio e siano coerenti con la pianificazione degli interventi di protezione civile;

f) gli interventi per reti ed impianti tecnologici, per sistemazioni di aree esterne, recinzioni ed accessori pertinenziali di arredo agli edifici, alle infrastrutture ed alle attrezzature esistenti, purché non comportino la realizzazione di nuove volumetrie, alle condizioni di cui alla lettera e);

g) la realizzazione di manufatti di modeste dimensioni al servizio di edifici, infrastrutture, attrezzature e attività esistenti, realizzati in condizioni di sicurezza idraulica e senza incremento dell'attuale livello di rischio;

h) le pratiche per la corretta attività agraria con esclusione di ogni intervento che comporti modifica della morfologia del territorio;

i) interventi volti alla bonifica dei siti inquinati, ai recuperi ambientali ed in generale alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione dei fattori di interferenza antropica;

l) le occupazioni temporanee, a condizione che non riducano la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non arrecare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena;

m) gli interventi di manutenzione idraulica come definiti nell'allegato "Linee guida per l'individuazione e la definizione degli interventi di manutenzione delle opere idrauliche e di mantenimento dell'efficienza idraulica della rete idrografica";

n) gli edifici e i manufatti finalizzati alla conduzione delle aziende agricole, purché realizzate in condizioni di sicurezza idraulica e senza incremento dell'attuale livello di rischio;

o) gli interventi di difesa idraulica così come disciplinati dall'art. 33;

p) l'attività estrattiva nei limiti previsti dall'articolo 34;

q) gli interventi e le attività connessi alla navigazione nei tratti classificati, purché ricompresi in piani di settore o regionali, ed a condizione che non costituiscano fonte di trasporto per galleggiamento di mezzi o materiali durante la piena.

r) gli interventi connessi alla produzione di energia idroelettrica in condizioni tali da non modificare il regime della piena di riferimento. È richiesto il parere di cui al R.D. n. 523/1904 rilasciato dall'autorità competente in materia idraulica relativamente agli interventi di cui alle lettere c), l), m), n), o), q) del precedente comma 2. 1 Art. 29. La fascia B 1 Nella fascia B il P.A.I. persegue l'obiettivo di mantenere e migliorare le condizioni di invaso

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 41 di 72

della piena di riferimento, unitamente alla conservazione e al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali. 2

Nella fascia B, sono ammessi:

a) tutti gli interventi già consentiti nella fascia A di cui all'art.28 anche con aumento di volume e ampliamento e modifica delle destinazioni d'uso;

b) gli interventi di ristrutturazione urbanistica, gli interventi sulle infrastrutture sia a rete che puntuale e sulle attrezzature esistenti e relative opere di pertinenza, sia private che pubbliche o di pubblica utilità, così come definiti dalle normative vigenti, nonché gli interventi di ampliamento e modifica delle destinazioni d'uso.

c) i depositi temporanei conseguenti e connessi ad attività estrattive autorizzate, da realizzarsi secondo le modalità prescritte in sede di autorizzazione;

d) gli interventi previsti dagli strumenti urbanistici generali vigenti alla data di entrata in vigore del P.A.I. nelle zone omogenee A, B e D (limitatamente al completamento di lotti residui in ambiti totalmente o parzialmente urbanizzati), nelle zone F (limitatamente alle attrezzature di carattere generale e pubblico) di cui al D.M. 2 aprile 1968, n. 1444, subordinando l'attuazione delle previsioni alla loro messa in sicurezza. 3. Non è richiesto il nulla osta idraulico di cui al regio decreto 523/1904 da parte dell'Autorità idraulica competente relativamente ai soli casi già previsti dal comma 3 dell'articolo 28. In tutti gli altri casi è invece necessario il nulla osta di cui sopra per la verifica delle condizioni idrauliche di seguito esposte. Gli interventi sono realizzati in condizione di sicurezza idraulica ed in modo da non costituire significativo ostacolo al libero deflusso e /o significativa riduzione dell'attuale capacità di invaso, impedimento alla realizzazione di interventi di attenuazione e/o riduzione delle condizioni di rischio idraulico e coerentemente con la pianificazione degli interventi di protezione civile.

Art. 30. La fascia C

1 Nella fascia C il P.A.I. persegue l'obiettivo di aumentare il livello di sicurezza delle popolazioni mediante la predisposizione prioritaria, da parte degli Enti competenti ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225 e successive

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 42 di 72

modificazioni e/o integrazioni, di programmi di previsione e prevenzione, nonché dei piani di emergenza, tenuto conto delle ipotesi di rischio derivanti dalle indicazioni del P.A.I.

2 I programmi di previsione e prevenzione ed i piani di emergenza per la difesa delle popolazioni e dei loro territori investono anche i territori individuati come Fascia A e Fascia B.

3 L'autorità idraulica competente esprime parere di cui al R.D. n. 523/1904 nei casi di nuove realizzazioni di infrastrutture lineari quali ferrovie, autostrade e strade extraurbane

In relazione a quanto riportato si può concludere che l'opera in progetto rientri nel punto delle opere ammesse all'interno della fascia A.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

6 INDAGINI

6.1 PREMESSA

I dati stratigrafici a supporto del presente studio derivano:

- Dalla campagna indagini di luglio 2016 a sostegno della presente fase progettuale comprendente n. 1 prova geofisica di tipo MASW ed una prospezione elettromagnetica FDEM finalizzata alla ricerca di masse metalliche sepolte;
- Dalla campagna indagini tra febbraio e marzo 2020 realizzata da SONDEDILE s.r.l. su incarico di Italferr S.p.A per la presente fase progettuale, costituita da n. 14 sondaggi a carotaggio continuo, con associate prove SPT, prove di permeabilità di tipo Lefranc e Lugeon, spinti sino a profondità comprese fra 30 e 50 m, da n. 5 prove penetrometriche statiche di tipo CPT e n. 8 prove penetrometriche dinamiche di tipo DPSH, da n. 5 prova geofisica di tipo MASW e n. 5 prova HVSR;

6.1.1 Indagini Italferr 2016

La campagna indagini di Italferr eseguita nel mese di luglio 2016 nell'ambito del progetto di quadruplicamento Ciampino-Capannelle comprende n. 1 prova geofisica di tipo MASW riportata in Tabella 6-1

Tabella 6-1 – Ubicazione della prova geofisica effettuata, MASW 5 (Italferr 2016)

Prove geofisiche					
Prova	Data esecuzione	Coordinate UTM Zone 33 N		VSeq (m/s)	Categoria di Suolo
		E	N		
MASW_Ciampino	Luglio 2016	300187.3	4630973.2	408	B

6.1.2 Indagini Italferr 2020

La campagna indagini di Italferr eseguita tra il 4 febbraio e il 10 marzo 2020, per la Progettazione Definitiva del quadruplicamento della linea ferroviaria Roma-Albano L. in corrispondenza della stazione ferroviaria di Ciampino, comprende n. 14 sondaggi (le cui stratigrafie sono riportate nell'elaborato NR4511R69SGGE001001A) a carotaggio continuo con esecuzione di prove SPT, prove in foro di tipo Lefranc, installazione di verticali piezometriche e prelievo di campioni, n. 5 prove penetrometriche statiche CPT, n. 8 penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH e n. 5 prove geofisiche di tipo MASW.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

In Tabella 6-2 è riportato l'identificativo del sondaggio effettuato, la profondità, la data di esecuzione, la quota, le coordinate UTM Zone 33 N e l'attrezzatura relativa ai sondaggi, mentre in Tabella 6-3, Tabella 6-4 e Tabella 6-5 sono stati riportati, rispettivamente, le prove penetrometriche CPT e DPSH, i risultati delle prove SPT e delle prove di permeabilità tipo Lefranc eseguite durante la perforazione del sondaggio. Le indagini di tipo MASW eseguite sono riportate in Tabella 6-6. Per quanto concerne il prelievo di campioni, le cui prove di laboratorio sono state eseguite da Sgailab, si faccia riferimento all'elaborato NR4511R69PRGE0005001A.

Tabella 6-2 – Ubicazione dei sondaggi realizzati per il presente progetto (Italferr 2020)

Sondaggi						
ID	Profondità (m dal p.c.)	Data esecuzione	Quota (m s.l.m.)	Coordinate UTM Zone 33		Attrezzatura
				E	N	
S1	35	04-10/02/2020	59.32	297412.41	4635211.90	Piezometro PVC 3" a tubo aperto
S2	35	11-13/02/2020	62.02	297531.08	4634985.35	-
S3	35	17-20/02/2020	69.94	297891.03	4634296.34	Piezometro PVC 3" a tubo aperto
S4	30	05-08/05/2020	78.47	298272.26	4633598.10	-
S5	30	03-05/03/2020	80.83	298415.91	4633322.71	Piezometro PVC 3" a tubo aperto
S6	50	20-26/05/2020	86.73	299026.32	4632476.67	-
S7	30	14-19/05/2020	95.67	299499.30	4631888.30	Piezometro PVC 3" a tubo aperto
S8	30	28/05/2020	103.28	299742.65	4631565.68	-
S9	35	11-13/05/2020	107.44	300006.05	4631323.39	-
S10	35	24-26/02/2020	113.21	300178.66	4631029.95	Piezometro PVC 3" a tubo aperto
S11	30	27/02/2020- 03/03/2020	113.02	300294.42	4630941.20	-
S12	30	03-05/03/2020	113.41	300523.56	4630826.76	-
S13	30	09-10/03/2020	114.84	300749.19	4630718.90	Piezometro PVC 3" a tubo aperto
S14	50	21-26/02/2020	120.19	301051.77	4630686.38	-

Tabella 6-3 – Prove penetrometriche statiche e dinamiche (Italferr 2020)

Prove penetrometriche					
Prova	Profondità (m dal p.c.)	Data esecuzione	Quota (m s.l.m.)	Coordinate UTM Zone 33	
				E	N
DPSH1	12.60	25/05/2020	57	297412.36	4635210.05
DPSH2	3.30	26/05/2020	61	297531.37	4634979.48
DPSH3	4.80	26/05/2020	74	298118.70	4633874.09

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
 IDROGEOLOGICA E SISMICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR45	11 D 69	RG	GE 0001 001	A	45 di 72

DPSH3bis	6.00	26/05/2020	74	298138.53	4633832.47
DPSH4	6.30	25/05/2020	82	298417.46	4633319.89
DPSH5	1.80	25/05/2020	76	298269.81	4633601.26
DPSH8	4.80	27/05/2020	102	300002.03	4631320.11
CPT2	4.20	26/05/2020	61	297531.37	4634979.48
CPT5	3.60	25/05/2020	76	298269.81	4633601.26
CPT6	5.20	29/05/2020	90	299097.48	4632437.32
CPT7	6.00	29/05/2020	99	299507.68	4631907.20
CPT8	4.20	27/05/2020	102	300002.03	4631320.11

Tabella 6-4 – Valori di N_{spt} registrati nei sondaggi (Italferr 2020)

Profondità prova (m da p.c.)	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
3.0	12										24			
3.4							20							
3.5				13										
3.6									21					
4.0								45		20				
4.4						47								
4.6												26		
5.0		3												
6.0			47											
6.4								45						
6.5				30			22							
6.6						31								
6.3													17	
6.4														16
6.5	32				51									
7.0									72	24				
8.5									13					
9.0								R						
9.1												41		

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
 IDROGEOLOGICA E SISMICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR45	11 D 69	RG	GE 0001 001	A	46 di 72

Profondità prova (m da p.c.)	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
9.3						70								
9.5				R	55									
9.7													38	
10.6											30			
10.9							34							
11.6			32											
12.0	R					49			R					
12.3													46	
12.4								53						26
12.6		44												
13.0				58	78									
14.0							37			R		R		
15.0		R									44			
15.4							R							
15.5	R													
15.6						R			R					
16.0			R											
16.3				R										
18							R	45						
19									53					
19.4								52						
21							69	R						
21.3									32					
21.5														10
24								R						
25.5									53					
27							85							

Tabella 6-5 – Valore di K (m/s) calcolato tramite prova Lefranc eseguita in foro di sondaggio

Sondaggio	Profondità prova (m da p.c.)	K (m/s)
S1	7.00-9.00	1.83E-06

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
 IDROGEOLOGICA E SISMICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR45	11 D 69	RG	GE 0001 001	A	47 di 72

Sondaggio	Profondità prova (m da p.c.)	K (m/s)
S2	12.55-14.50	1.10E-06
	24.50-26.00	1.23E-06
S3	9.50-11.60	1.09E-06
	22.00-23.3	4.98E-07
S4	11.00-12.00	1.69E-06
	17.50-19.20	1.35E-06
S5	12.00-13.00	1.42E-05
	20.00-21.60	1.46E-06
S6	13.30-15.00	2.42E-06
	S7	14.00-15.40
		24.00-25.00
S8	7.50-9.00	2.66E-06
	26.20-27.70	8.67E-06
S9	10.50-12.00	1.41E-05
	28.50-30.00	1.47E-05
S10	12.00-14.00	2.64E-05
	22.00-25.00	1.29E-05
S11	11.00-13.00	2.71E-05
	19.40-22.00	1.06E-05
S12	9.55-12.00	1.94E-06
	21.00-23.00	1.26E-05
S13	10.20-12.00	1.92E-05
	21.00-23.00	4.41E-05
S14	18.70-21.00	2.45E-05
	33.00-35.00	1.55E-05

Si riportano di seguito Tabella 6-6 l'ubicazione e i risultati della prova geofisica di tipo MASW.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA</p>												
<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NR45</td> <td>11 D 69</td> <td>RG</td> <td>GE 0001 001</td> <td>A</td> <td>48 di 72</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR45	11 D 69	RG	GE 0001 001	A	48 di 72
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR45	11 D 69	RG	GE 0001 001	A	48 di 72								

Tabella 6-6 – Ubicazione della prova geofisica effettuata, MASW 5 (Italferr 2020)

Prove geofisiche					
Prova	Data esecuzione	Coordinate UTM Zone 33 N		VSeq (m/s)	Categoria di Suolo
		E	N		
MASW1	Marzo 2020	297825.16	4634345.57	369	B
MASW2	Marzo 2020	297910.89	4634171.12	390	B
MASW3	Marzo 2020	298137.33	4633829.77	376	B
MASW4	Marzo 2020	298811.43	4632812.81	368	B
MASW5	Marzo 2020	299032.21	4632464.32	424	B

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 49 di 72

7 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO DELL'AREA DI PROGETTO

Le indagini realizzate a supporto del presente progetto, e riportate nel paragrafo precedente, hanno consentito di ricostruire un modello geologico di riferimento per la tratta oggetto di quadruplicamento della linea ferroviaria. È stato quindi elaborato un profilo stratigrafico di riferimento lungo linea, riportato negli Elaborati NR4511R69NZGE0001001A e NR4511R69NZGE0001001A. Per quanto riguarda la descrizione delle unità geologiche presenti nei pressi dell'area di studio, si faccia riferimento al paragrafo 4.1.3.

La tratta in esame si imposta, per la maggior parte del percorso, su depositi piroclastici massivi pliocenici (VSN₂), mentre nel tratto finale affiorano i depositi massivi classati di sabbia vulcanica con pomici (TAL).

Partendo dall'inizio della tratta (pk 0+00) sino alla pk 1+650 circa, il terreno è stato investigato dai sondaggi S1, S2, S3 e dalle prove penetrometriche dinamiche DPSH1 e DPSH2 e dalla prova penetrometrica statica CPT1. Il sondaggio S1, al di sotto di 2.9 m di materiale di riporto, identifica piroclastiti sabbiose e piroclastiti limose e debolmente sabbiose sino a 15 m da p.c.. Questo spessore è ascrivibile alle Pozzolanelle (VSN₂), le quali poggiano su uno spessore di 4 m di tufo a struttura granulare eterometrica, moderatamente alterato e fratturato (Tufo Lionato, VSN₁) che tende ad inspessirsi in prossimità del sondaggio S2. Da 19 m sino alla massima profondità investigata (35 m) sono presenti piroclastiti sabbiose e limose (Pozzolane rosse, RED). Il livello della falda si attesta a 21.17 m da p.c.. La prova DPSH1 è stata eseguita fino alla profondità di 12.60 m e rispecchia la stratigrafia definita dal sondaggio S1, materiale sabbioso e successivamente limoso sino a circa 8 m da p.c. e materiale sabbioso e clasti sino alla massima profondità a cui è stata eseguita la prova penetrometrica dinamica. Il sondaggio S2 si sviluppa verticalmente per una profondità di 35 m da p.c.. Nei primi 15 m il sondaggio incontra materiale caratterizzato da piroclastite sabbiosa limosa con presenza di clasti, seguito da 7 m di tufo fratturato e tufo da intatto a poco fratturato da 22 a 25 m di profondità (ascrivibili al Tufo Lionato). Negli ultimi 10 m, il sondaggio identifica piroclastiti sabbiose limose debolmente ghiaiose (Pozzolane rosse). Il livello piezometrico, misurato in corso di perforazione, è stato rilevato a 25 m di profondità. In corrispondenza di quest'ultimo sondaggio è stata eseguita la prova DPSH2 su una profondità di 3.3 m da p.c.. Procedendo verso SE, in prossimità della pk 1+050, è stato eseguito il sondaggio S3 che si sviluppa verticalmente per una profondità di 35 m. I primi 2.7 m sono costituiti da materiale rimaneggiato composto da piroclastite sabbiosa debolmente limosa con presenza di clasti, seguiti da piroclastite limosa sabbiosa e sabbiosa con presenza di clasti di natura vulcanica per uno spessore di 13.3 m. Proseguendo in profondità, da 16.2 a 22.3 m, il sondaggio identifica la presenza di tufo litoide con rari clasti di natura vulcanica. Da quest'ultima profondità, sino a 34.6 m identifica piroclastite limosa sabbiosa con presenza di clasti, mentre gli ultimi 0.4 m investigati dal sondaggio S3 definiscono la presenza di piroclastite limosa debolmente sabbiosa. I primi 16.2 m sopradescritti sono ascrivibili alle Pozzolanelle, seguite dal Tufo Lionato sino a 22.3 che a sua volta sovrasta i materiali associabili alle Pozzolane

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 50 di 72

rosse. Il sondaggio S3, attrezzato con piezometro a tubo aperto, ha rilevato il livello di falda alla profondità di 30.05 m.

Dalla pk 1+650 alla pk 2+800 circa sono state eseguiti due sondaggi a carotaggio continuo (S4 ed S5), quattro prove penetrometriche dinamiche (DPSH3, DPSH3bis, DPSH5 e DPSH4). Tra le pk 2+100 e 2+200 sono state eseguite due prove penetrometriche dinamiche denominate DPSH3 e DPSH3bis spinte, rispettivamente, sino a 4.80 e 6.00 m da p.c. Tra le pk 2+450 e 2+550 circa è stato eseguito il sondaggio S4 e la prova DPSH5. Il terreno investigato dal sondaggio si presenta caratterizzato, oltre 0.7 m di materiale di riporto, da piroclastite sabbiosa limosa debolmente ghiaiosa e piroclastite sabbiosa debolmente ghiaiosa (associabili alle Pozzolanelle) sino a 19.2 m di profondità, seguita da tufo semi-litoide (Tufo Lionato) che si sviluppa sino a 28.8 m e da piroclastite sabbiosa fine limosa con rari clasti poligenici (Pozzolane rosse) sino alla massima profondità investigata dal sondaggio (30 m). Tra le pk 2+700 e 2+800 è stata eseguita la prova DPSH4 (profonda 6.30 m) ed il sondaggio S5. Il sondaggio, spinto sino a 30 m da p.c., al di sotto di 2.4 m di materiale di riporto, identifica piroclastiti sabbiose e debolmente limose fino a 18 m da p.c.. Da quest'ultima profondità è stata rinvenuta piroclastite sabbiosa fine limosa, debolmente cementata con presenza di clasti di natura vulcanica per uno spessore di 4.2 m, seguita da tufo da poco fratturato a fratturato con presenza di clasti sino a 26 m di profondità. Gli ultimi 4 m indagati sono caratterizzati da piroclastite sabbiosa fine limosa con clasti di natura vulcanica. I primi 22.2 m investigati sono ascrivibili alle Pozzolanelle, seguite dal Tufo Lionato sino a 26 m di profondità e dalle Pozzolane rosse negli ultimi 4 m. Il sondaggio è stato attrezzato con piezometri a tubo aperto, ma la falda risulta assente.

Dalla pk 2+800 alla pk 4+500 circa sono stati eseguiti il sondaggio S6 e la prova penetrometrica statica CPT6. Il sondaggio, al di sotto di 0.3 m di ballast ferroviario, identifica alternanze di piroclastite limoso sabbiosa e piroclastite limoso sabbiosa con presenza di clasti poligenici sino a 35 m di profondità (Pozzolanelle), le quali poggiano su uno spessore di 3 m di tufo semi litoide (Tufo lionato), seguiti da piroclastite a granulometria limoso sabbiosa, nera, con clasti poligenici (ascrivibile alle Pozzolane nere, PRN) sino a 42.6 m e da roccia vulcanica a struttura granulare fine (Lava di Fosso tre Rami, RMN) sino a 47.6 m. Da quest'ultima profondità, sino alla massima investigata (50 m) il sondaggio identifica la presenza di tufo litoide. La prova penetrometrica CPT6, eseguita sino a 5.2 m di profondità, presenta valori di resistenza alla punta compresi tra 10 e 20 Mpa, ad eccezione di uno spessore intorno ai 2 m di profondità in cui i valori risultano compresi tra 0 e 5 Mpa.

Proseguendo verso SE, dalla pk 4+500 alla 5+400 circa, sono stati effettuati i sondaggi S7, S8 ed S9, le prove penetrometriche statiche CPT7 e CPT 8 e la prove penetrometriche dinamiche DPSH8. Il sondaggio S7, al di sotto di 0.30 m di calcestruzzo, identifica la presenza di piroclastite limoso sabbiosa con clasti poligenici (sino a 11.4 m di profondità) e di piroclastite limoso sabbiosa debolmente ghiaiosa (sino a 18.3 m da p.c.). Questo primo spessore è

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 51 di 72

ascrivibile alle Pozzolanelle. Oltre questi depositi piroclastici massivi, il sondaggio definisce la presenza di tufo semi-litoide a struttura granulare fine (Tufo litoide) per uno spessore di 0.70 m. Da 19.00 m a 28.3 m di profondità la verticale indagata dal sondaggio mostra la presenza di piroclastite sabbiosa eterometrica ghiaiosa debolmente limosa e piroclastite sabbiosa limosa con rari clasti poligenici negli ultimi 0.70 m investigati dal sondaggio. Lo spessore da 19.0 a 30 m è ascrivibile alle Pozzolane rosse. Il sondaggio S7 è stato attrezzato con verticale piezometrica e ha determinato il livello di falda alla profondità di 23.20 m da p.c. La prova penetrometrica CPT7, eseguita in prossimità del sondaggio S7 sino a 6 m di profondità, mostra valori di resistenza alla punta che variano 1 a 9 MPa sino a circa 5 m di profondità identificando materiale sabbioso e limoso, tendendo poi ad aumentare il valore fino a 20 Mpa nell'ultimo metro dovuto probabilmente alla presenza di clasti. Il sondaggio S8 eseguito nell'intorno della pk 5+000 e spinto sino alla profondità di 30 m da p.c., si inserisce interamente nei depositi piroclastici massivi (Pozzolane). Il livello di falda di quest'ultimo sondaggio, rilevato in corso di perforazione, risulta assente. Tra le pk 5+250 e 5+400 circa è stato realizzato il sondaggio S9, in prossimità del quale sono state eseguite due prove penetrometriche CPT8 e DPSH8. Il sondaggio S9, al di sotto di 0.6 m di terreno vegetale, identifica un primo spessore di 4.7 m costituito da piroclastite sabbiosa debolmente limosa con ghiaia poligenica e con presenza di concrezioni carbonatiche, seguito da piroclastite sabbiosa limosa con ghiaia poligenica sino a 14.8 m da p.c.. Da quest'ultima profondità sono presenti piroclastiti sabbiose debolmente ghiaiose (1.2 m di spessore), piroclastite sabbiosa limosa con presenza di ghiaia poligenica (8.2 m di spessore) e piroclastite sabbiosa ghiaiosa sino alla massima profondità investigata (35 m). L'intera verticale risulta inserirsi nei depositi piroclastici massivi (Pozzolanelle). Il livello piezometrico, misurato nel corso della perforazione, risulta attestarsi a 14.4 m da p.c..

Procedendo lungo il profilo, dalla pk 5+430 sino al termine della tratta (6+650 circa), la linea si imposta sulla Formazione del Tavolato (TAL) costituita da depositi massivi classati di sabbia vulcanica. Le indagini che intercettano quest'ultima tratta comprendono cinque sondaggi: S10, S11, S12, S13 ed S14. Per quanto concerne i sondaggi S10 ed S11, a partire dal p.c. sono presenti depositi di riporto sino alla profondità, rispettivamente, di 3.4 m e 1.30 m, oltre i quali è presente uno spessore di circa 12.00 m di piroclastite limoso sabbiosa con clasti di natura vulcanica ascrivibile alla Formazione del Tavolato. Per quanto riguarda il livello piezometrico, il sondaggio S10 attrezzato con piezometro a tubo aperto ha identificato il livello di falda alla profondità di 31.05 m, mentre nel sondaggio S11 la misura è stata rilevate in corso di perforazione attestandosi a 21 m da p.c.. Proseguendo lungo la verticale dei sondaggi S10 ed S11 si incontrano, sino alla massima profondità investigata (35 m per il sondaggio S10 e 30 m per il sondaggio S11), piroclastite sabbiosa limosa con presenza di clasti di natura vulcanica. Quest'ultimo spessore è attribuibile alle Pozzolane. Il sondaggio S12 (pk 6+050 circa), oltre 2.4 m di terreno di riporto, è caratterizzato da uno spessore di 1.1 m di materiale caratterizzato da limo argilloso debolmente sabbioso con presenza di clasti millimetrici. Da 3.5 a 8.4 m il sondaggio definisce la presenza di piroclastite sabbiosa limosa con rari clasti

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 52 di 72

di natura vulcanica (fra 3.5 e 5.3 m) e cristalli di leucite (tra 5.3 e 8.4 m). Da quest'ultima profondità è nuovamente presente uno spessore di limo argilloso sino a 10 m da p.c. (sino a questa profondità il materiale presente è ascrivibile alla Formazione del Tavolato). Procedendo verso la parte terminale del sondaggio, esso determina la presenza di piroclastite sabbiosa limosa ghiaiosa con presenza di clasti di natura vulcanica e cristalli di leucite. La frazione ghiaiosa si presenta più abbondante e grossolana da 14.0 a 15.0 m di profondità. Questi ultimi 20 m sono associabili alle Pozzolanelle. Il livello piezometrico, misurato nel corso della perforazione, è risultato attestarsi a 22 m da p.c.. Il sondaggio S13 (pk 6+300) si sviluppa verticalmente per una profondità di 30 m. Al di sotto di 1.4 m di terreno di riporto, è presente uno spessore di 2.2 m di piroclastite a granulometria sabbiosa fine debolmente limosa (da 3.0 a 3.6 m si presenta semi-litoide) con presenza di clasti poligenici. Da 3.6 a 10 m di profondità il sondaggio definisce la presenza di piroclastite a granulometria limosa debolmente sabbiosa. Questi primi 10 m investigati dal sondaggio S13 sono attribuibili alla Formazione del Tavolato. Oltre questo primo spessore, sino a 25.3 m si rinviene piroclastite sabbiosa debolmente limosa con clasti poligenici (Pozzolane) che poggiano su tufo litoide a struttura granulare, fratturato (Tufo lionato). Il sondaggio è stato attrezzato con verticale piezometrica che ha rilevato il livello di falda a 21.40 m da p.c.. Il sondaggio S14, spinto sino a 50 m da p.c. nell'intorno della pk 6+650, al di sotto di 0.1 m di terreno vegetale, intercetta piroclastite limoso sabbiosa con rari clasti poligenici e concrezioni carbonatiche (4.0 m di spessore), piroclastite sabbiosa limosa con rari ciottoli poligenici (1.2 m di spessore), piroclastite limosa debolmente sabbiosa (1.1 m di spessore), piroclastite limosa debolmente sabbiosa con livelli centimetrici di limo sabbioso e sabbia limosa (3.1 m di spessore), piroclastite sabbiosa limosa con presenza di clasti poligenici (9.5 m di spessore), piroclastite sabbiosa con abbondanti clasti poligenici (12 m di spessore), piroclastite sabbiosa limosa con presenza di ghiaia poligenica e clasti tufacei fra 33.2 e 33.0 m di profondità (4 m di spessore), tufo moderatamente alterato e poco fratturato con cristalli e frammenti di pomici (4 m di spessore), piroclastite limosa debolmente sabbiosa con ghiaia di natura vulcanica (1.4 m di spessore), roccia vulcanica poco fratturata (7.6 m di spessore) e piroclastite composta da limo debolmente sabbioso con rari clasti di natura vulcanica (2 m di spessore). I primi 5.3 m investigati dal sondaggio S14 sono ascrivibili alla Formazione del Tavolato, la quale poggia sulle Pozzolane presenti sino a 35 m da p.c.. Oltre quest'ultima profondità il materiale rinvenuto è attribuibibile al Tufo Lionato sino a 39 m, seguito dalle Pozzolane nere fino a 4.4 m, dalle Lave di Fosso tre Rami (sino a 48 m da p.c.) ed in ultimo dalle Pozzolane rosse sino alla massima profondità investigata (50 m). Il livello piezometrico, determinato in corso di perforazione, si attesta a 27 m di profondità.

8 INQUADRAMENTO SISMICO

8.1 PREMESSA

Nel seguito, si fornisce un inquadramento dal punto di vista della sismicità locale, a partire dall'individuazione delle sorgenti sismiche di interesse e dei risentimenti macrosismici osservati al sito di progetto nel corso di terremoti storici. Successivamente, sulla scorta delle indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni¹ (nel seguito NTC2018), verrà definita l'azione sismica funzione delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento basato sulla vita nominale delle opere, la loro classe d'uso, nei diversi Stati Limite considerati. Seguendo sempre le indicazioni normative, l'accelerazione di progetto si definirà in base all'effettiva localizzazione delle opere.

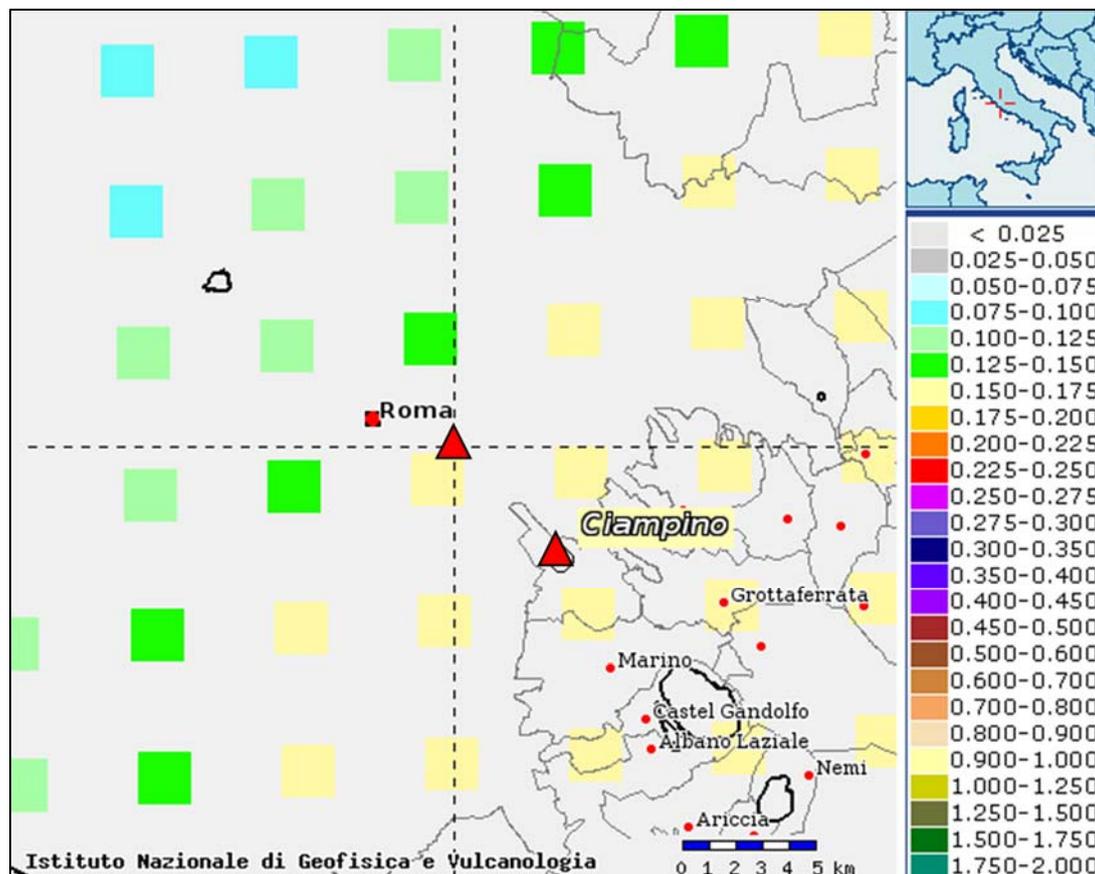


Figura 8-1 – Valori di pericolosità sismica in termini di accelerazione di riferimento su suolo rigido (g) nell'intorno dell'area di progetto (gli stremi con triangoli rossi), da elaborazioni DPC-INGV S1 (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

¹ Norme Tecniche per le Costruzioni. Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20.02.2018 – Supplemento Ordinario n. 8.

Le NTC2018 dispongono che l'azione sismica sia innanzitutto determinata in campo libero, su sito di riferimento rigido (Categoria A) e superficie topografica orizzontale (Categoria T1); allo scopo, le tabelle allegate alla edizione 2008 delle NTC (non aggiornate nella nuova edizione delle Norme) elencano i valori di accelerazione massima al suolo, oltre ai parametri spettrali, nei punti di una griglia di passo 5x5 km a coprire il territorio nazionale (vedasi il dettaglio dell'area di progetto in Figura 8-1).

Per la localizzazione dell'opera in progetto, può essere fatto riferimento alla Figura 8-2 dove vengono altresì indicati i punti sede di indagini geofisiche e geotecniche.



Figura 8-2 – Localizzazione dell'opera di progetto con sondaggi e prove geofisiche eseguite.

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2[^] FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 55 di 72

8.2 AREE SISMOGENETICHE DI INTERESSE

La struttura dell'Appennino Centrale è dominata dalla sovrapposizione di varie unità tettoniche, deformate e scollate, parzialmente o totalmente, dal proprio basamento. L'impilamento e la traslazione delle scaglie tettoniche, provenienti dalla deformazione di domini paleogeografici molto diversi, è avvenuto attraverso un lungo processo cominciato nell'Oligocene.

In termini strettamente sismologici, la Figura 8-3 mostra la distribuzione degli epicentri dei terremoti inclusi nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPTI15 (Rovida et al., 2016). Assieme agli epicentri sono riportate le sorgenti sismiche del modello di zone sismogenetiche ZS9 (Meletti et al., 2008), alla base dell'attuale mappa di pericolosità del territorio italiano associata alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2008 e NTC2018). Sono inoltre riportate le principali faglie individuali (ISS) e le faglie composite (CSS) tratte dalla base di dati del progetto DISS3 (Haller e Basili, 2011). Si osserva come la definizione delle zone sismogenetiche ZS9 rifletta sia la distribuzione delle faglie sul territorio nazionale, come quella degli epicentri dei terremoti. Il modello sismogenetico racchiude pertanto informazioni sia di natura tettonica, sia dettate dalla sismicità storica.

La fascia a maggior rilascio di energia dell'Appennino centrosettentrionale corrisponde al settore più interno della catena appenninica generalmente interessato da importanti faglie primarie e relative sorgenti sismogenetiche. Nel modello sismo-tettonico ZS9, questa lunga fascia è stata suddivisa in tre zone (ZS915, ZS919 e ZS923) ad includere le sorgenti sismogenetiche responsabili dei terremoti di più elevata magnitudo che hanno caratterizzato l'arco appenninico settentrionale e centrale. Tali sorgenti hanno in genere espressioni superficiali che consentono la caratterizzazione e la quantificazione degli aspetti cinematici mediante i tradizionali approcci geomorfologici. Nella zona, di maggiore interesse, più meridionale (ZS923, a sud della Valnerina) sono presenti le sorgenti più estese ed i terremoti con magnitudo più elevata; in questa zona sono state comprese anche le aree dei terremoti del 1654 e del 1349, per i quali le indagini geologiche di superficie non sono ancora state in grado di definire sorgenti sismogenetiche.

Nella fascia tirrenica, vengono definite le ZS921 e ZS922 (dove è localizzata il tracciato di progetto), le quali coincidono sostanzialmente con i distretti vulcanici del Lazio settentrionale e dei Colli Albani. Tale settore è caratterizzato da una sismicità diffusa con moderato rilascio di energia, a includere pochi eventi di magnitudo più elevata. Per la ZS922, si conferma la tendenza ad una limitata estensione areale dei danni più significativi probabilmente legata ad una bassa profondità ipocentrale e conseguentemente una distribuzione dei risentimenti a livello provinciale. La ZS921 è caratterizzata da eventi con magnitudo tra 5.0 e 5.5 con eccezione del terremoto di Bagnoregio del 1695 al quale viene assegnato una magnitudo prossima a 6.0. Vicino al sito di interesse, va anche

evidenziata la zona ZS920 che viene descritta come coincidente con il settore tirrenico a tettonica distensiva, caratterizzato da una sismicità a bassa energia con sporadici eventi a magnitudo relativamente elevata.

Nell'Appennino meridionale, troviamo la ZS927, zona di dorsale caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata alla distensione che ha interessato l'Appennino meridionale (es. Patacca et al., 1990) a partire da ca. 0.7 Ma. La ZS927 è sede di alcuni tra i maggiori rilasci di energia della storia sismica italiana, come ad es. quello di Val d'Agri del 1857.

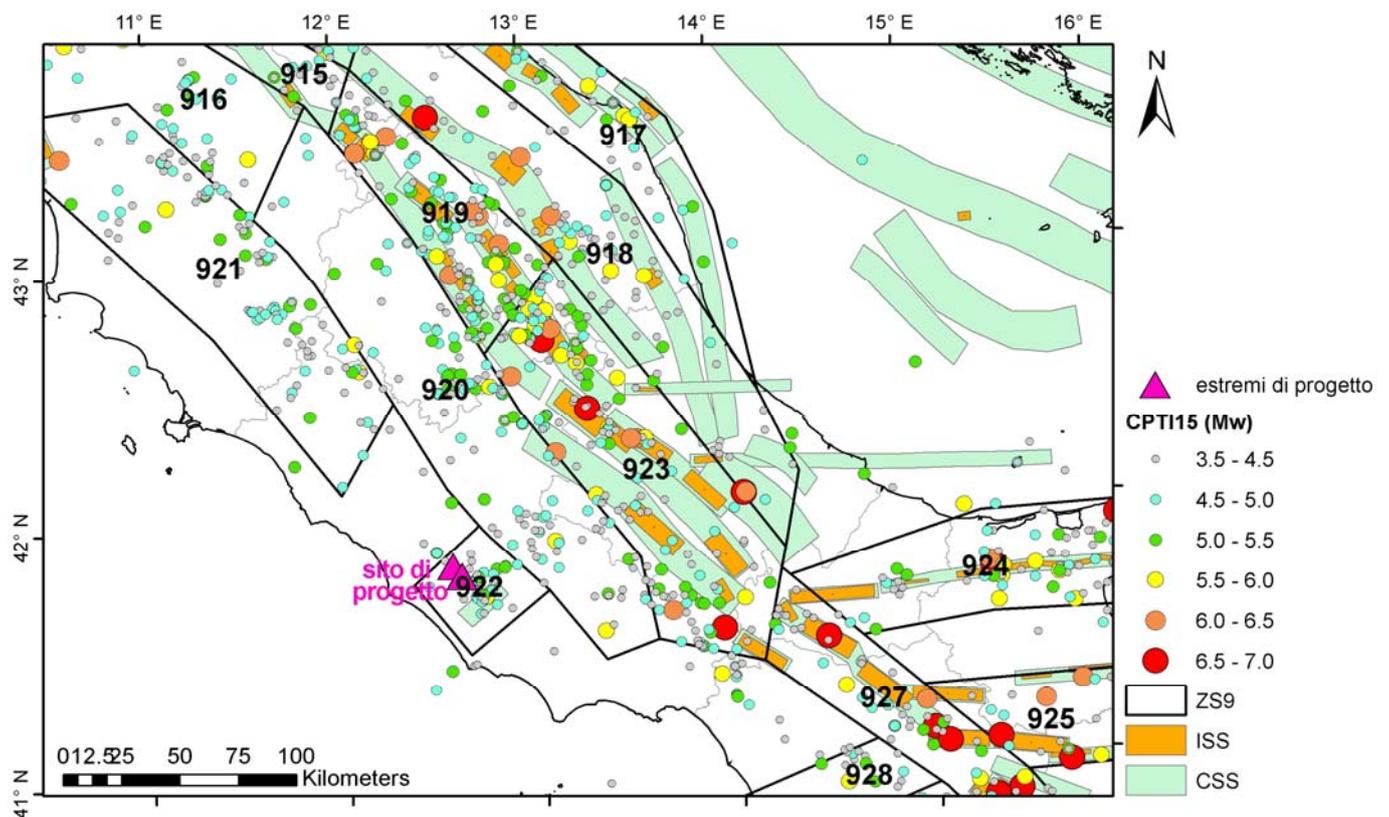


Figura 8-3 – Contesto sismo-tettonico della regione estesa nell'intorno dell'area di progetto: i poligoni in nero rappresentano i confini delle sorgenti sismogenetiche del modello ZS9 (Meletti et al., 2008), i cerchi colorati rappresentano gli epicentri dei terremoti inclusi nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15). I rettangoli arancioni rappresentano le faglie individuali del modello DISS3 mentre quelli verdi i sistemi di faglie composite.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

I lineamenti di faglia più prossimi al sito di progetto (vedi l'estratto dal database italiano delle zone sismogenetiche DISS3.2 riportato nella Figura 8-4) sono costituiti da sistemi di faglie composite (CSS), all'interno dei quali si classificano alcune sorgenti individuali (ISS). Il sistema di faglie composite più prossimo all'area del progetto è la ITC086 (Castelli Romani), dove è stato localizzato l'epicentro del terremoto di Colli Albani del 1806 (M_w 5.6), correlabile alla sorgente individuale ITIS059. Più lontano dal sito, è localizzata la faglia ITCS025 (Salto Lake-Ovindoli-Barrea) per la quale il catalogo storico riporta diversi eventi tra i quali il terremoto del 1349 Aquilano (M_w 6.5) ed il distruttivo evento del 1915 a Avezzano (M_w 7.0).

Sulla base delle indicazioni del catalogo delle Faglie Capaci ITHACA, curato da ISPRA, non sono state individuate lineazioni potenzialmente interagenti con il sito di progetto. (<https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>).

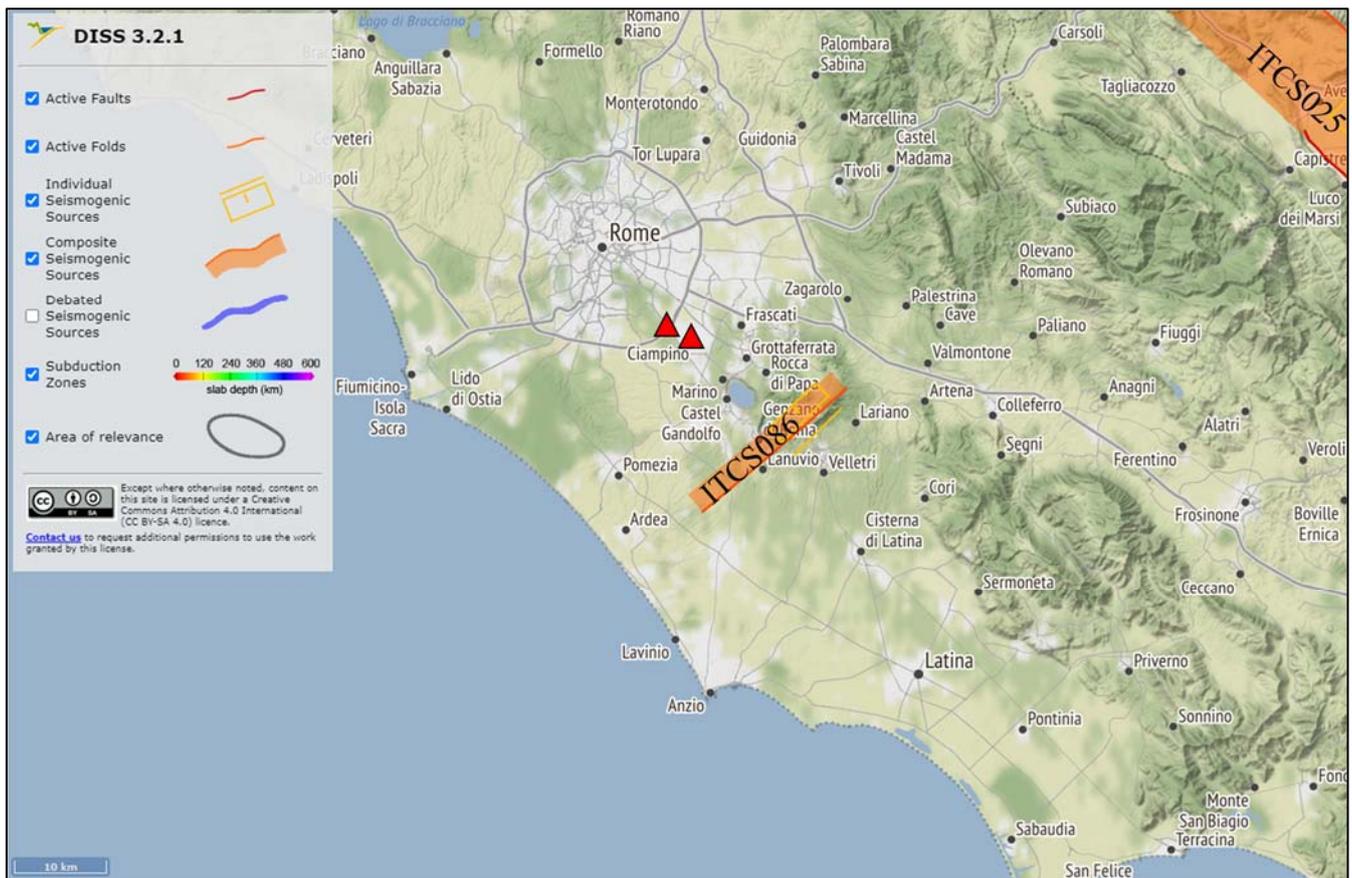


Figura 8-4 - Sorgenti sismogenetiche individuali e composite dal “Database of Individual Seismogenic Sources” (DISS 3.2) rilevanti per l’area in oggetto (gli stremi con triangoli rossi).

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 58 di 72

Per comporre un quadro completo dei livelli di sismicità dell'area di interesse, un utile riferimento è costituito dal Database Macrosismico Italiano DBMI15 (Locati et al., 2016), il quale contiene tutte le informazioni riguardanti le intensità macrosismiche (I_{MCS}) risentite a seguito dei terremoti accaduti fino al 2014.

In Figura 8-6 e Figura 8-5 viene mostrata la storia sismica in termini di intensità macrosismica associata alle due località più prossime alle aree di progetto, ossia Ciampino e Roma. La località di Ciampino è caratterizzata da limitati dati storici, anche in ragione della sua ridotta estensione ed urbanizzazione storica. L'evento più significativo in termini di intensità percepita nel comune è il terremoto della Colli Albani del 1806 ($M_W = 5.61$). Più significativi ed estesi su un periodo temporale ben più ampio sono invece i dati relativi alla città di Roma, dove si osserva per l'area in esame un massimo risentimento macrosismico corrispondente ad una intensità di 7-8, registrata in conseguenza del terremoto del Aquilano del 1349. Fra gli altri eventi storici più significativi ($I \geq 6$) si ricordano:

- 1091 Roma, $M_W = 5.14$
- 1703 Appennino umbro-reatino, $M_W = 6.74$
- 1703 Aquilano, $M_W = 6.72$
- 1730 Valnerina, $M_W = 5.92$
- 1812 Roma, $M_W = 4.93$
- 1899 Colli Albani, $M_W = 5.13$
- 1915 Avezzano, $M_W = 7.00$
- 1927 Colli Albani, $M_W = 4.93$

Da quanto sopra si evince come sia associabile all'area di progetto una sismicità media.

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR45	11 D 69	RG	GE 0001 001	A	59 di 72

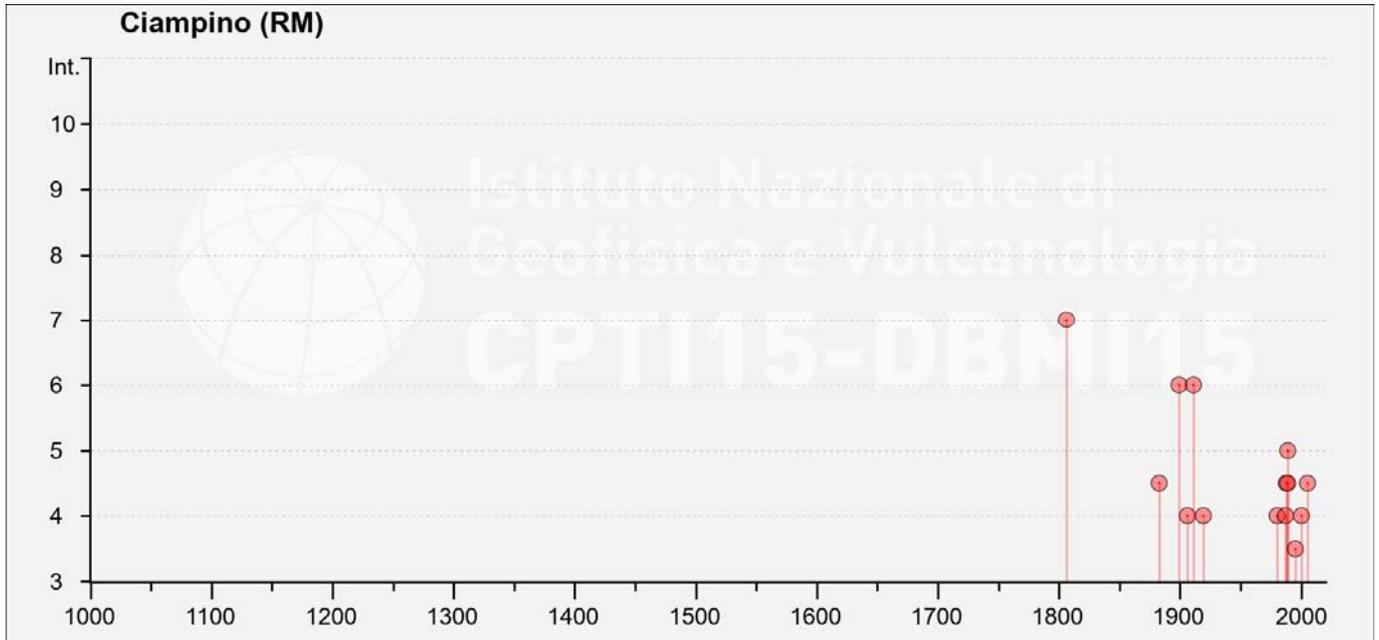


Figura 8-5 – Storia sismica del comune di Ciampino (dal catalogo DBMI 2015, Locati et al., 2016).

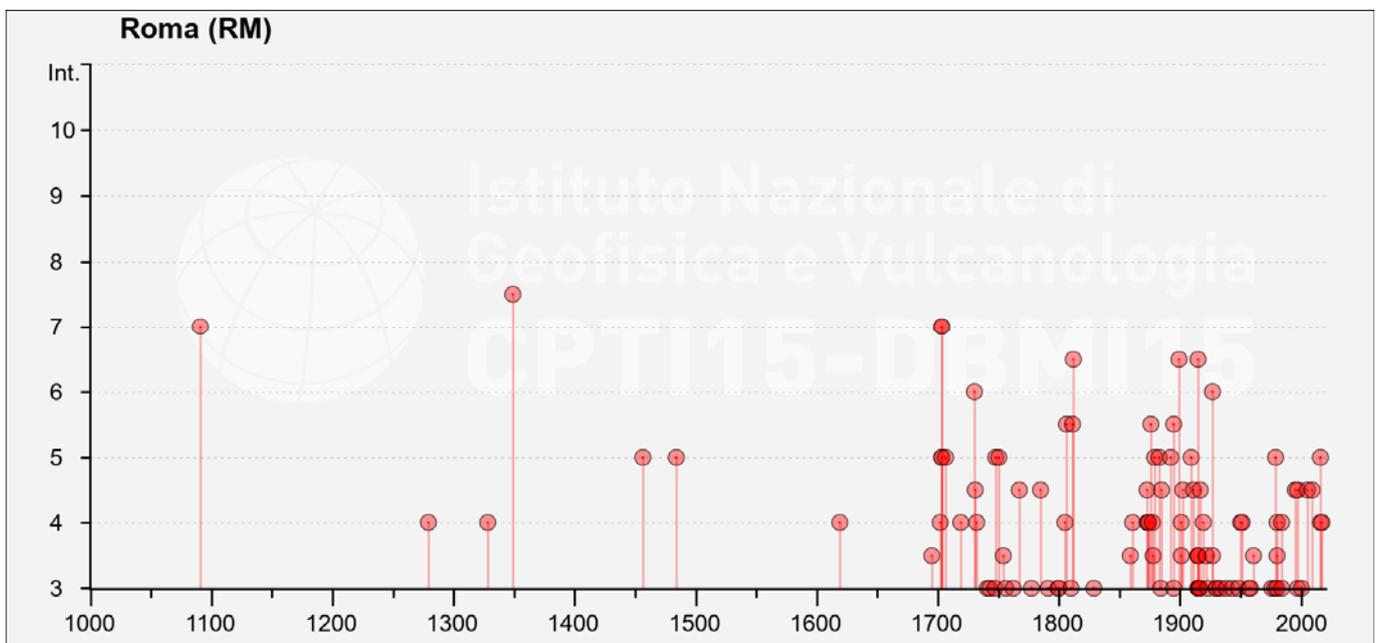


Figura 8-6 – Storia sismica del comune di Roma (dal catalogo DBMI 2015, Locati et al., 2016).

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

8.3 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

8.3.1 Generalità

La definizione dell'azione sismica di progetto per l'opera segue quanto disposto dalle NTC2018. In particolare, l'azione sismica in base alla quale va valutato il rispetto dei diversi Stati Limite per le strutture in progetto (di esercizio – SLE e Ultimi - SLU) deve essere definita a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, a sua volta esprimibile in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale.

La definizione dell'azione sismica comprende la determinazione delle ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$ con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R per la vita utile della struttura. Data la probabilità di superamento nel periodo temporale di riferimento, funzione dello Stato Limite considerato per la verifica, la forma degli spettri di risposta di progetto è definita dai seguenti parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima per sito rigido e superficie topografica orizzontale;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei paragrafi seguenti verrà dapprima determinato il periodo di riferimento per l'azione sismica (par. 8.3.2) sulla base delle indicazioni progettuali in termini di vita utile e classificazione delle opere. Successivamente, nel par. 8.3.3 saranno definiti gli stati limite di interesse per la verifica strutturale, arrivando a definire i periodi di ritorno corrispondenti dell'azione sismica da considerare determinata a sua volta per suolo rigido ed in corrispondenza dei punti definiti. La determinazione della categoria di suolo (e topografica) di riferimento attraverso l'interpretazione delle indagini geotecniche e geofisiche disponibili sarà oggetto del par. 8.3.5, arrivando a definire, per i diversi stati limite, l'azione sismica di riferimento da adottare per le verifiche.

8.3.2 Vita utile e classe d'uso

La Vita Nominale V_N di un'opera, intesa come il periodo temporale entro cui l'opera stessa possa essere usata per lo scopo al quale è destinata, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, è così definita dalle NTC2018:

- $V_N \leq 10$ anni, per opere provvisorie e opere provvisionali.
- $V_N \geq 50$ anni, per opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.
- $V_N \geq 100$ anni, per grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di importanza strategica.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

Nel caso in esame, ai fini della definizione dell'azione sismica, i progettisti hanno assunto:

$$V_N = 50 \text{ anni}$$

Con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche, le opere sono suddivise dalle NTC2018 in classi d'uso, la cui appartenenza è stabilita in base all'importanza dell'opera rispetto alle esigenze di operatività a valle di un evento sismico. Nel caso in esame, sempre sulla base delle indicazioni dei progettisti, le opere appartengono alla Classe d'Uso II, ossia:

“Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti”.

Pertanto, sulla base delle indicazioni NTC2018, alla Classe d'Uso II corrisponde un coefficiente d'uso C_U pari a:

$$C_U = 1.0$$

Il periodo di riferimento V_R si ottiene moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U . Nel caso in esame:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1.0 = 50 \text{ anni}$$

8.3.3 Stati limite e probabilità di superamento

L'azione sismica di progetto va quindi determinata in funzione degli Stati Limite di verifica e delle corrispondenti probabilità P_{VR} di realizzarsi nel periodo di riferimento V_R .

Gli Stati Limite di riferimento per verifiche in presenza di sisma, così come definiti nelle NTC2018 al par. 3.2.1 sono:

- Stati Limite Ultimi (SLU):
 - Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana, SLV, definito come lo stato limite in corrispondenza del quale la struttura subisce una significativa perdita della rigidità nei confronti dei carichi orizzontali ma non nei confronti dei carichi verticali. Permane un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2[^] FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

- Stato Limite di Prevenzione del Collasso, SLC, stato limite nel quale la struttura subisce gravi danni strutturali, mantenendo comunque un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza a collasso per carichi orizzontali.
- Stati limite di Esercizio (SLE):
 - Stato Limite di immediata Operatività SLO per le strutture ed apparecchiature che debbono restare operative a seguito dell'evento sismico.
 - Stato Limite di Danno SLD definito come lo stato limite da rispettare per garantire la sostanziale integrità dell'opera ed il suo immediato utilizzo.

Il tempo di ritorno T_R dell'azione sismica di verifica è legato al periodo di riferimento V_R ed alla probabilità di superamento P_{VR} dalla relazione:

$$T_R = - V_R / \ln(1 - P_{VR})$$

Nel caso in esame, i valori di periodo di ritorno dell'azione sismica e le probabilità di superamento per i diversi Stati Limite sono mostrati in Tabella 8-1.

Tabella 8-1 – Periodi di ritorno per l'azione sismica di progetto per i diversi stati limite.

Stato limite di riferimento		Probabilità di superamento P_{VR}	Periodo di ritorno dell'azione sismica T_R
Stati limite di esercizio (SLE)	Stato limite di immediata operatività (SLO)	81%	30
	Stato limite di danno (SLD)	63%	50
Stati limite ultimi (SLU)	Salvaguardia della vita umana (SLV)	10%	475
	Stato limite di prevenzione del collasso (SLC)	5%	975

8.3.4 Accelerazione di riferimento su suolo rigido a_g

In allegato al Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 (riferita dalle NTC2018) i valori a_g (accelerazione orizzontale massima su sito rigido e superficie topografica orizzontale), F_o (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T_{c*} (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) sono forniti per ognuno dei 10751 nodi del reticolo di riferimento a coprire il

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
 IDROGEOLOGICA E SISMICA**

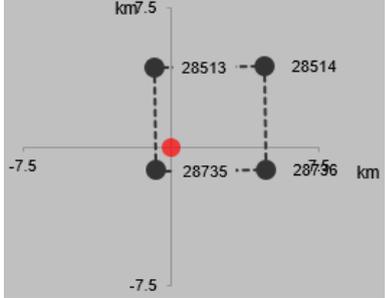
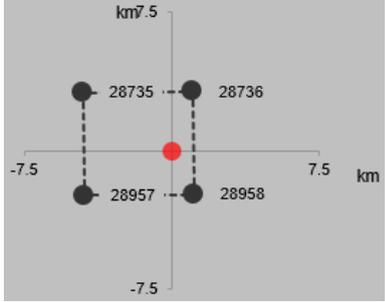
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR45	11 D 69	RG	GE 0001 001	A	63 di 72

territorio nazionale. I valori corrispondenti a punti intermedi alla griglia si ottengono per interpolazione sui quattro punti adiacenti. Per definire l'azione sismica lungo il tracciato sede delle opere in progetto, sono stati individuati 2 punti di interesse in corrispondenza di inizio e fine tracciato (P1 e P2 nella Figura 8-2). In Tabella 8-2, si sono riportati le coordinate dei punti di interesse per i quali vengono definiti i valori della pericolosità sismica di base assieme all'identificativo dei nodi del reticolo di riferimento entro cui è compreso il punto di calcolo dell'azione sismica (elaborazione da foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v.1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009)

Il confronto fra i valori del parametro a_g per i diversi stati limite di Tabella 8-3 mostra come la variabilità dell'input sismico lungo l'estensione del tracciato sia moderata. Pertanto, si è assunto quale riferimento per la definizione della pericolosità sismica per tutta l'estensione dell'opera, il punto P2 (fine tracciato), di pericolosità superiore.

I risultati dell'interpolazione per i parametri a_g , F_o e T_{c^*} per i diversi Stati Limite per il tracciato di progetto sono indicati in Tabella 8-4.

Tabella 8-2 – Nodi del reticolo di riferimento nell'intorno del sito di progetto. Elaborazione da foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v. 1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009.

Nome di sito	Latitudine	Longitudine	Localizzazione punti di griglia
P1 (inizio tracciato)	41.842839	12.559732	
P2 (fine tracciato)	41.802884	12.605240	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

Tabella 8-3 – Valori di a_g per gli stati limite di riferimento per i punti di interesse (ottenuti mediante il foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSSLPP (2009)) per $V_R = 50$ anni.

SL	T_R (anni)	a_g (g)	
		Punti di interesse	
		P1	P2
SLO	30	0.049	0.053
SLD	50	0.065	0.072
SLV	475	0.156	0.164
SLC	975	0.200	0.209

Tabella 8-4 – Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per gli stati limite di riferimento per il tracciato di progetto (ottenuti attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSSLPP (2009)) per $V_R = 50$ anni.

SL	T_R (anni)	a_g (g)	F_o (-)	T_c^* (s)
SLO	30	0.053	2.425	0.257
SLD	50	0.072	2.365	0.267
SLV	475	0.164	2.597	0.273
SLC	975	0.209	2.540	0.280

8.3.5 Risposta sismica locale

Le NTC2018 definiscono il fattore S di amplificazione di sito come funzione sia della categoria di sottosuolo (S_S), che dell'andamento della superficie topografica (attraverso il coefficiente S_T):

$$S = S_S \cdot S_T$$

La classificazione del sottosuolo si definisce sulla base delle condizioni stratigrafiche e del valore equivalente di velocità di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s) definito dall'espressione:

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

dove:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ = valore di 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 V_s non inferiore a 800 m/s.

Per il presente studio, è stata considerata la campagna di indagini geofisiche (cfr doc. NR3O00D69IGGE0005001A) che ha compreso l'esecuzione di n. 6 prove di tipo MASW (MASW1-MASW5 e MASW_Ciampino in Figura 8-2). I risultati delle prove restituiscono valori equivalenti di velocità di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ compresi fra 368 e 424 m/s, che secondo la normativa vigente appartengono alla classe B, come si osserva in Tabella 8-5.

Considerando tuttavia le risultanze dei sondaggi geognostici eseguiti nell'area in studio, in particolare i valori di N_{SPT} medio bassi e la tipologia di roccia piroclastica molto disgregata, come riportato nell'elaborato NR4511R69SGGE0001001A, si può cautelativamente collocare l'area in classe C.

Tabella 8-5 – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato. (Tabella 3.2.II delle NTC2018).

Suolo	Descrizione geotecnica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, 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	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

I coefficienti S_S per la categoria di sottosuolo C si ottengono dalla seguente espressione (vedi Tabella 3.2.IV del par. 3.2.3 delle NTC2018):

$$S_S = 1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_o \cdot a_g / g \leq 1.50$$

Per ciò che concerne l'amplificazione topografica, il tracciato di progetto si colloca su superficie sostanzialmente pianeggiante (cat. T1 - Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$, in accordo alla Tabella 3.2.III al par.3.2.2. delle NTC2018). Pertanto, il fattore di amplificazione topografica risulta pari a:

$$S_T = 1$$

Sulla base di quanto sopra, i valori del fattore di sito S e dell'azione sismica di progetto $a_{max} = S \cdot a_g$ per i periodi di ritorno corrispondenti ai diversi stati limite sono riportati in Tabella 8-6.

Si rimanda al testo delle NTC2018 per ogni altra indicazione, ad esempio in merito alla definizione degli spettri elastici di risposta.

Tabella 8-6 – Valori dei parametri a_g , F_o , T_c , S_S , S_T , S , a_{max} per gli stati limite di riferimento (ottenuti attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLLPP (2009)) per $V_R = 50$ anni.

SL	T_R (anni)	a_g (g)	S (-)	a_{max} (g)
SLO	30	0.053	1.500	0.080
SLD	50	0.072	1.500	0.107
SLV	475	0.164	1.444	0.237
SLC	975	0.209	1.382	0.289

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 67 di 72

8.4 ANALISI DI PERICOLOSITÀ RISPETTO AL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE

Le NTC2018 al paragrafo 7.11.3.4.2 stabiliscono che la verifica alla liquefazione può essere omessa qualora si manifesti una delle seguenti circostanze:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero minori di 0.1 g;
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 $(N_1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione verticale efficace di 100 kPa;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone comprese tra le curve che delimitano il campo di suscettibilità, fornite nelle NTC2018.

Nell'area in esame la falda si trova a circa 20 m da p.c. come descritto nel paragrafo 4.2 e quindi la verifica a liquefazione può essere omessa.

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 68 di 72

9 CONCLUSIONI

In conclusione, si può affermare che:

- Dal punto di vista geografico, la tratta di interesse è situata tra i comuni di Roma e di Ciampino, lungo la linea ferroviaria Roma-Albano L., tra le fermate di Roma Capannelle e di Ciampino.
- Dal punto di vista geologico-strutturale l'area romana è legata all'evoluzione del margine tirrenico che a partire dal Pliocene viene interessato da un progressivo processo di rifting, che porta ad un notevole assottigliamento crostale. Durante il Pleistocene inferiore si assiste ad un mutamento delle condizioni paleogeografiche del bacino di sedimentazione dovute sia a movimenti tettonici sia dal 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 marini passarono progressivamente verso l'alto a sedimenti limosi e sabbioso di origine continentale. Tali terreni costituiscono oggi le unità più antiche che affiorano sul territorio comunale. A sud e ad est di Roma si hanno prevalentemente i prodotti vulcanici legati all'attività dei Colli Albani; l'area in esame si trova sulle piroclastiti dell'ultima grande eruzione ignimbratica del vulcano dei Colli Albani e sui sovrastanti depositi ignimbratici di lahar, che hanno successivamente riempito le paleovalli glaciali wurmiane.
- Dal punto di vista geomorfologico il paesaggio risulta articolato in varie morfologie dovute ad attività geodinamiche (faglie, deformazioni di carattere distensivo ed attività eruttive) ed esogene (come ad esempio i processi fluviali, lacustri e marini di erosione). L'area in esame si trova nel fondovalle del complesso vulcanico dei Colli Albani ed è caratterizzata dalla presenza di corsi d'acqua con portate ridotte, che hanno sedimentato depositi alluvionali nei pressi dei loro alvei e hanno originato terrazzi lungo le sponde.
- Da un punto di vista idrogeologico il territorio romano si mostra molto variabile in rapporto alla variabilità delle caratteristiche litologiche o giaciture dei terreni. Le argille rappresentano il letto di ogni circolazione idrica sotterranea e al di sopra di tale substrato impermeabile poggiano le serie sedimentarie pre-vulcaniche con orizzonti più o meno sabbiosi e ghiaiosi (con buona permeabilità) alternati ad argille. L'area di progetto si trova all'interno dell'unità idrogeologica del Colli Albani, che si trova sopra ai depositi pre-vulcanici e che comprende complessi idrogeologici con potenziale acquifero medio-alto e alimenta molti dei corsi d'acqua secondari presenti nell'area. I depositi presenti nell'area di progetto fanno parte del Complesso delle Pozzolane e del Complesso dei depositi alluvionali recenti; le piroclastiti hanno potenzialità acquifera media e porosità primaria da media a medio-alta e porosità da fessurazione elevata, i depositi alluvionali invece hanno un range molto ampio di potenzialità acquifera che va da basso per i depositi argilloso limosi di piana

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR45	11 D 69	RG	GE 0001 001	A	69 di 72

alluvionale a molto elevato per i depositi sabbioso ghiaiosi dei corsi d'acqua principali (Tevere e Aniene). Tramite alcune prove di permeabilità di tipo Lefranc e Lugeon eseguite in foro di sondaggio si è potuto stabilire che le piroclastiti presenti nell'area mostrano valori di conducibilità idraulica compresi tra 1E-05-1E-07, mentre i tufi sono caratterizzati da valori dell'ordine di 1E-6 e 1E-7. Alcuni sondaggi sono stati attrezzati con verticali piezometriche, determinando il livello di falda compreso tra 20 e 30 m circa di profondità.

- Per quanto concerne il rischio idrogeologico dell'area in esame le scarse pendenze del terreno non consentono l'originarsi di fenomeni gravitativi e si segnala solamente la presenza di cave a cielo aperto ad est dell'area di progetto; a causa della lontananza delle cave dal sito di intervento e delle ridotte dimensioni delle loro scarpate, si esclude che queste possano originare rischi per il progetto oggetto del seguente elaborato. La tratta ferroviaria oggetto di intervento interseca un corso d'acqua con portate ridotte, il Fosso delle Capannelle, e dunque cade per un breve in fascia fluviale A.
- Per quanto concerne il modello geologico dell'area di progetto, si fa riferimento a 14 sondaggi eseguiti durante la campagna Italferr 2020 per il presente progetto. Essi sono situati lungo la tratta in esame che si imposta sulle piroclastiti della Formazione di Villa Senni e della Formazione del Tavolato. Mediante la realizzazione del profilo geologico, si è potuto osservare che al di sotto di uno spessore di materiale di riporto sono presenti le piroclastiti sabbiose più o meno addensate e litificate della Formazione del Tavolato e dell'Unità di Villa Senni, con presenza di lenti limose nella Formazione del Tavolato.
- Dal punto di vista sismico, il sito risulta caratterizzato da sismicità media. Sulla base dei risultati delle prove geofisiche e geognostiche eseguite a supporto del progetto si assegna all'area di progetto la categoria di suolo di tipo C. Per quanto riguarda il potenziale di liquefazione dei terreni, le verifiche condotte evidenziano come il sito di progetto sia da ritenersi stabile rispetto a tale fenomeno vista la profondità della falda superiore ai 15 metri da p.c..

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 70 di 72

10 BIBLIOGRAFIA

- Basili, R., and V. Kastelic (2011). D3.4 – *Database of active faults and seismogenic sources*, SHARE, 31.05.2011.
- Canuti D., Bazzicalupo L., Torresi M. (2015). Carta geologica dello studio di impatto ambientale dell'aeroporto "G.B. Pastine di Ciampino". Aeroporti di Roma S.p.A. <https://va.minambiente.it/it-IT/Oggetti/Documentazione/1578/2592>
- Capelli, G., Mastrorillo, L., Mazza, R., & Petitta, M. Carta delle Unità Idrogeologiche della Regione Lazio, scala 1: 250.000. Regione Lazio. S. EL. CA., Firenze, 2012a
- Capelli, G., Mastrorillo, L., Mazza, R., Petitta, M., Baldoni, T., Banzato, F., & Teoli, P. Carta Idrogeologica della Regione Lazio, scala 1: 100.000 (4 fogli). Regione Lazio, 2012b
- Carta delle fasce idrauliche sul reticolo secondario e minore Piano stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del Fiume Tevere;(2012). <http://www.abtevere.it/node/1010>.
- Carta dei fenomeni franosi del Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico (PAI) del Fiume Tevere; (2002). <http://www.abtevere.it/node/133?q=node/134>.
- Cinti F. R., Cucci L., Pantosti D., D'Addezio G. e Meghraoui M. (1997). A major seismogenic fault in a "silent area": the Castovillari fault (southern Apennines, Italy). *Geophys. J. Int.*, 130, 595-605.
- Convenzione INGV-DPC 2004 – 2006, Progetto S1, Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi, Coordinatore: Carlo Meletti (INGV). Sito web: <http://esse1.mi.ingv.it/>.
- De Rita, D., Funicello, R., & Parotto, M. (1988). Geological map of the Colli Albani volcanic complex. Progetto Finalizzato Geodinamica CNR, Rome.
- DISS Working Group (2018). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: 10.6092/INGV.IT-DISS3.2.1.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2[^] FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA</p>					
<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA NR45</p>	<p>LOTTO 11 D 69</p>	<p>CODIFICA RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 0001 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 71 di 72</p>

- Funicello, R., Giordano, G. (2008). Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1: 50.000, foglio 374.
- Funicello, R., & Giordano, G. (Eds.). (2008). Roma: foglio 374. Università degli studi Roma Tre. Dipartimento di scienze geologiche.
- Galadini F., Poli M.E., Zanferrari A., (2005) – *Seismogenic source potentially responsible for earthquakes with $M \geq 6$ in the eastern Southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy)*. Geophys. J. Int., **161**, 739-762.
- Giardini, D., J. Woessner, L. Danciu, G. Valensise, G. Grünthal, F. Cotton, S. Akkar, R. Basili, M. Stucchi, A. Rovida, D. Stromeyer, R. Arvidsson, F. Meletti, R. Musson, R., K. Sesetyan, M. B. Demircioglu, H. Crowley, R. Pinho, K. Pitilakis, J. Douglas, J. Fonseca, M. Erdik, A. Campos-Costa, B. Glavatovic, K. Makropoulos, C. Lindholm, T. Cameelbeeck (2013). *Seismic Hazard Harmonization in Europe (SHARE): Online Data Resource*, <http://portal.share-eu.org:8080/jetspeed/portal/>, doi: 10.12686/SED-00000001-SHARE, 2013.
- Gruppo di Lavoro MPS. (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, Italy, 65 pp. + 5 appendici, <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>, last access September 2012.
- Haller K. M.m and Basili R. (2011). *Developing seismogenic source models based on geologic fault data*. Seismol. Res. Lett., **82**, 519-525.
- Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A, Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>.
- Mantovani E., Babucci D., Albarello D., Mucciarelli M. (1990). *Deformation pattern in the central Mediterranean and behavior of the African-Adriatic promontory*. Tectonophysics, **179**, 63-79, Mantovani E., La previsione della pericolosità sismica in Italia. Le Scienze, **257**, 16-25, 1990.
- Meletti C., Galadini F., Valensise G., Stucchi M., Basili R., Barba S., Vannucci G., Boschi E. (2008). *A seismic source model for the seismic hazard assessment of the Italian territory*. Tectonophysics, **450**(1), 85-108. DOI:10.1016/j.tecto.2008.01.003.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO – CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 11 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 72 di 72

- Michetti A. M., Ferreli L., Serva L. e Vittori E. (1997). Geological evidence for strong historical earthquakes in an “aseismic” region: the Pollino case (southern Italy). *J. Geodynamics*, 24, 67-86.
- Mongelli, F., Zito, G., Della Vedova, B., Pellis, G., Squarci, P. and Taft, L. (1991). *Geothermal regime of Italy and surrounding seas, in Exploration of the deep continental crust*, V. Cermak and L. Rybach eds. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Nisio, S., Allevi, M., Ciotoli, G., Ferri, G., Fiore, R., Lanzini, M., Roma, M., Paolucci, R., Stranieri, I., Succhiarelli, C. (2017). Carta delle cavità sotterranee di Roma in scala 1:15.000. ISPRA
- Norme Tecniche per la Costruzione D.M. 14 gennaio 2008.
- Patacca E., Sartori R. & Scandone P. (1990) – Tyrrhenian Basin and Apenninic Arcs: kinematics relations since Late Tortonian times. *Mem. Soc. Geol. it.*, 45: 425-451.
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), (2016). CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>.
- Succhiarelli C., D’Ottavio D., (2008) Piano Regolatore Generale, Componenti geologica, idrogeologica e sismico, Relazione Illustrativa, Comune di Roma.
- Valensise, G. and Pantosti, D. (a cura di) (2001). *Database of Potential Sources for Earthquakes Larger than M 5.5 in Italy (DISS version 2.0)*. *Ann. Geofis.* 44, Suppl. 1, con CD-ROM.
- Youd T.L., Idriss I.M., Andrus R.D., Castro G., Christian J.T., Dobry R., Finn L.W.D., Harder L.F. Jr., Hynes M.H., Ishihara K., Koester J.P., Liao S.S.C., Marcuson W.F. III, Martin G.R., Mitchell J.K., Moriwaki Y., Power M.S., Robertson P.K., Seed R.B. and Stokoe K.H. II (2001). Liquefaction Resistance of Soil: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 127 (10), 817-833.