

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP J31H03000180008

**DIREZIONE PROGETTAZIONE  
S.O. GEOLOGIA**

**PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA DI 2^ FASE**

**NPP 0258: GRONDA MERCI DI ROMA - CHIUSURA ANELLO NORD  
TRATTA: VIGNA CLARA – TOR DI QUINTO**

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA**

SCALA:

-

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

NR4E 12 R 69 RG GE0001 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	ARES	Settembre 2022	A. Pignalosa A. Salvagnini	Settembre 2022	T. Paoletti	Settembre 2022	M. Comedini Settembre 2022
B	Revisione Generale	ARES - P. De Pari <i>P. De Pari</i>	Luglio 2023	A. Pignalosa <i>A. Pignalosa</i>	Luglio 2023	T. Paoletti <i>T. Paoletti</i>	Luglio 2023	G. Benedetti Luglio 2023 ITALFERR S.p.A. Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane Dott. Geol. Giampaolo Benedetti Ordine dei Geologi Emilia Romagna n. 1019 <i>Giampaolo Benedetti</i>

File: NR4E12R69RGGE0001001B.docx

n. Elab

## INDICE

1	PREMESSA .....	6
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	8
2.1	NORMATIVA NAZIONALE E TECNICA.....	8
2.2	NORMATIVA COMUNITARIA.....	9
3	SCOPO DEL DOCUMENTO .....	10
4	ALLEGATI .....	11
5	DOCUMENTAZIONE PREGRESSA .....	12
6	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	14
7	SINTESI DELLE PECULIARITÀ GEOLOGICHE EMERSE DALLO STUDIO.....	16
7.1	PECULIARITÀ GEOLOGICO-TECNICHE.....	16
7.2	PECULIARITÀ GEOMORFOLOGICHE .....	17
7.3	PECULIARITÀ IDROGEOLOGICHE.....	18
7.4	DIFFERENZE RISPETTO ALLE CARTOGRAFIE ESISTENTI .....	20
8	INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	21
8.1	ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE REGIONALE .....	21
8.1.1	<i>Evoluzione geologica</i> .....	22
8.1.2	<i>Vulcanismo laziale</i> .....	24
8.1.3	<i>Caratteristiche stratigrafiche</i> .....	29
8.1.4	<i>Caratteristiche strutturali</i> .....	34
8.2	ASSETTO GEOLOGICO LOCALE.....	34
8.2.1	<i>Assetto stratigrafico</i> .....	34
8.2.2	<i>Assetto strutturale</i> .....	41
9	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....	42
9.1	ASSETTO GEOMORFOLOGICO REGIONALE .....	42
9.1.1	<i>Elementi di pericolosità geomorfologica</i> .....	43

9.1.2	<i>Sinkholes e sprofondamenti</i> .....	43
9.1.3	<i>Subsidenza</i> .....	45
9.2	ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE.....	47
9.2.1	<i>Elementi idrografici</i> .....	47
9.2.2	<i>Elementi strutturali e tettonici</i> .....	48
9.2.3	<i>Forme, processi e depositi gravitativi</i> .....	48
9.2.4	<i>Forme, processi e depositi dovuti alle acque correnti superficiali</i> .....	51
9.2.5	<i>Forme poligeniche</i> .....	52
9.2.6	<i>Forme antropiche e manufatti</i> .....	52
9.2.7	<i>Cavità sotterranee naturali e antropiche</i> .....	53
10	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	54
10.1	IDROGRAFIA.....	54
10.2	ASSETTO IDROGEOLOGICO REGIONALE.....	54
10.2.1	<i>Unità idrogeologiche</i> .....	55
10.2.2	<i>Strutture idrogeologiche e idrodinamica degli acquiferi</i> .....	58
10.2.3	<i>Sorgenti e opere di captazione</i> .....	61
10.2.4	<i>Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento</i> .....	61
10.3	ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE.....	63
10.3.1	<i>Complessi idrogeologici</i> .....	63
10.3.2	<i>Permeabilità dei complessi idrogeologici</i> .....	65
10.3.3	<i>Opere di captazione ed emergenze sorgentizie</i> .....	70
10.3.4	<i>Schema di circolazione idrica superficiale</i> .....	73
10.3.5	<i>Schema di circolazione idrica profonda</i> .....	73
11	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	75
11.1	CAMPAGNA DI INDAGINI ATTUALE.....	76

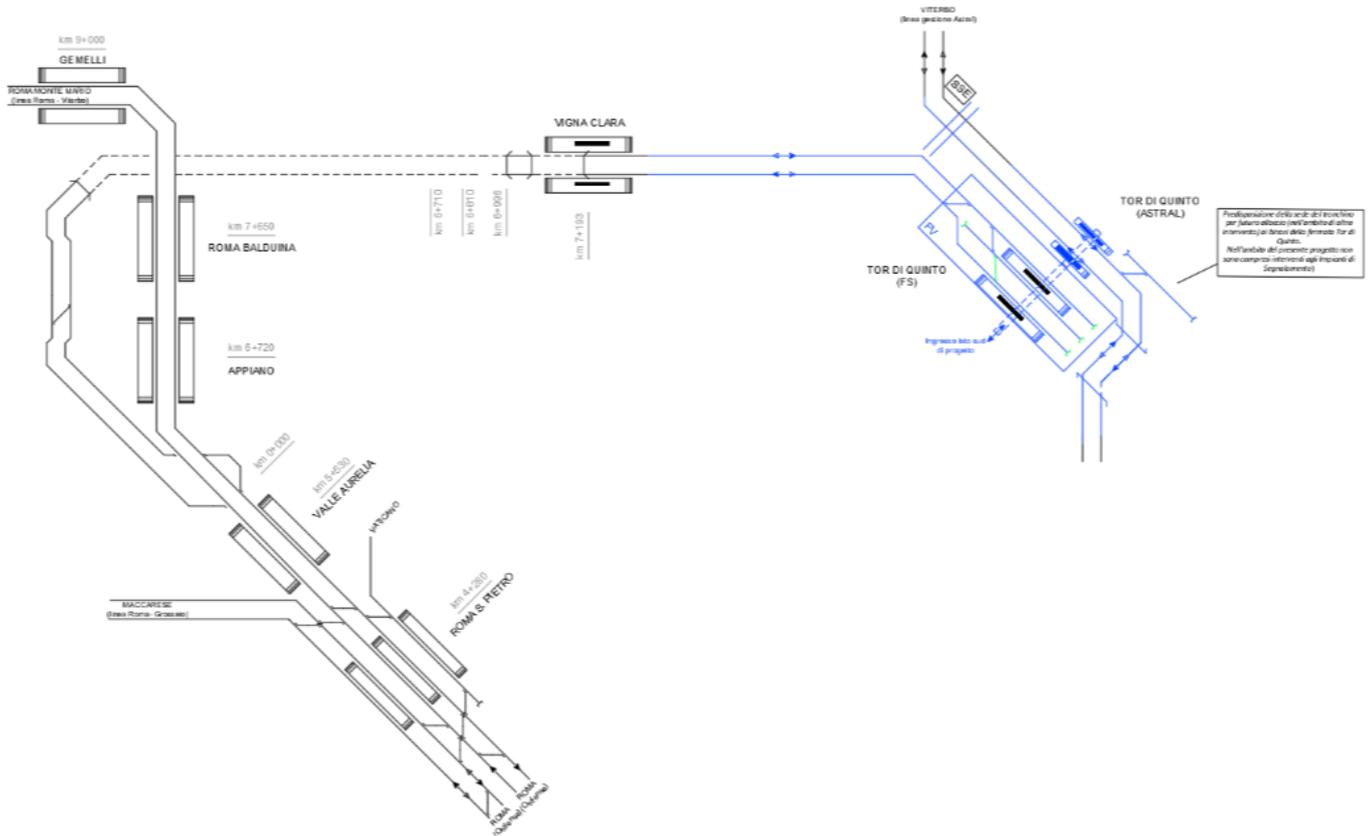
11.1.1	Sondaggi.....	76
11.1.2	Prove di permeabilità.....	76
11.1.3	Prove di laboratorio.....	77
11.1.4	Indagini geofisiche.....	79
11.2	INDAGINI PREGRESSE.....	79
11.2.1	Sondaggi.....	80
11.2.2	Prove di permeabilità.....	80
11.2.3	Prove penetrometriche.....	81
11.2.4	Indagini geofisiche.....	82
12	MONITORAGGI.....	83
12.1	MONITORAGGIO PIEZOMETRICO.....	83
13	MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO.....	86
13.1	LOTTO 1B.....	86
13.1.1	Profilo geologico in asse al tracciato.....	86
13.1.2	Profilo idrogeologico in asse al tracciato.....	90
13.2	ADEGUAMENTO DEL TRATTO DELLA LINEA – ROMA - CIVITA - CASTELLANA – VITERBO.....	94
13.2.1	Profilo geologico in asse al tracciato.....	95
13.2.2	Profilo idrogeologico in asse al tracciato.....	97
14	SISMICITÀ DELL'AREA.....	100
14.1	SISMICITÀ REGIONALE.....	100
14.2	CLASSIFICAZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....	100
14.3	SISMICITÀ STORICA.....	105
14.4	SORGENTI SISMOGENETICHE.....	113
14.5	MAGNITUDO DI RIFERIMENTO.....	114
14.6	FAGLIE CAPACI.....	115
14.7	PARAMETRI PER LA DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO.....	116

14.7.1	<i>Categoria di sottosuolo</i> .....	116
14.7.2	<i>Condizioni topografiche</i> .....	117
14.8	CONSIDERAZIONI PRELIMINARI DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE .....	118
15	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	126



- raddoppio tratta Valle Aurelia - Vigna Clara

Di seguito il piano schematico di progetto.



**Figura 2 - Scenario Schematico di Progetto del Lotto.**

Nell'ambito dell'esecuzione del suddetto studio sono stati effettuati i rilievi e gli approfondimenti propedeutici alla redazione degli elaborati geologici di sintesi previsti dal progetto stesso.

In particolare, il presente studio si è svolto attraverso le seguenti fasi operative:

- acquisizione ed analisi degli studi geologici esistenti riguardanti l'area di interesse;
- approfondimenti conoscitivi mediante studi fotointerpretativi condotti su ortofoto;
- rilievi diretti sul terreno mirati alla definizione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area;
- acquisizione ed analisi delle indagini geognostiche disponibili ed appositamente realizzate nell'area di interesse progettuale;
- analisi dei dati e redazione delle presenti note di sintesi e degli elaborati cartografici a corredo.

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Di seguito si riporta una sintesi della normativa nazionale e comunitaria di riferimento per il presente studio.

### 2.1 Normativa nazionale e tecnica

- A.G.I. 1977 - Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche;
- A.G.I. 1994 - Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio;
- AGI, 1977. "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche";
- Bollettino del Servizio Geologico d'Italia, Vol. LXXXIX (1968) - Codice italiano di nomenclatura stratigrafica;
- Capitolato Generale Tecnico Di Appalto Delle Opere Civili Parte II - Sezione 3 Rilievi Geologici Ed Indagini Geognostiche (Rete Ferroviaria Italiana) RFI DTC SI GE SP IFS 001 C
- Circolare 02/02/2009, n. 617 del Consiglio Superiore dei LL.PP.: "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008";
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018";
- Consiglio nazionale dei geologi (2010) – Linee guida e metodologie di lavoro per la redazione della relazione geologica, Delibera CNG n. 209 del 2010;
- D.lgs. 03/04/2006 n. 152: "Norme in materia ambientale" e s.m.i.;
- D.lgs. 09/04/2008 n. 81: "Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro";
- D.lgs. 18/04/2016, n. 50 "Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture." e s.m.i.;
- D.lgs. 23/02/2010 n. 49: "Attuazione della direttiva 2007/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 ottobre 2007, relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni;
- D.M. 17.01.18 Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni";
- Decreto Ministeriale LL.PP. 11/03/1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- ISPRA (ex Servizio Geologico Nazionale) - Quaderni 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7-I, 7-II, 7-III, 7-IV, 7-V, 7-VI, 7-VII, 8, 9, 10, 11, 12-I, 12-II, 12-III;
- Manuale Di Progettazione Delle Opere Civili Parte II - Sezione 7 (Rete Ferroviaria Italiana) - RFI DTC SI GE MA IFS 001 B;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316 del 2/10/2003. Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3431 del 3/05/05. Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274.
- Pres. Cons. Min. (2003). - Ordinanza PCM .3274 del 20 marzo 2003 "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – individuazione formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone";
- Pres. Cons. Min. (2008a) - "D.M. 14 Gennaio 2008 – Nuove norme tecniche per le costruzioni";
- Pres. Cons. Min. (2008b) – Spettri NTC ver. 1.0.3: Programma per il calcolo degli spettri di riposta rappresentativi delle componenti h e delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio

nazionale;

- Servizio Geologico Nazionale, 1993 - Guida al rilevamento della carta geologica d'Italia in scala 1:50000;
- Servizio Geologico Nazionale, 1994 - Linee guida per il rilevamento della carta geomorfologica d'Italia in scala 1:50000;
- Servizio Geologico Nazionale, 1995 - Guida al rilevamento e alla rappresentazione della carta idrogeologica d'Italia in scala 1:50000;
- Servizio Geologico Nazionale, 1995 - Guida alla rappresentazione cartografica della carta geologica d'Italia in scala 1:50000.

## 2.2 Normativa comunitaria

- UNI ENV 1997-1 (2005) - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali;
- UNI ENV 1997-2 (2007) - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;
- UNI ENV 1997-3 (2002) - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 3: Progettazione assistita con prove in sito";
- UNI ENV 1998-5 (2005) - Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture e contenimento ed aspetti geotecnici.

### 3 SCOPO DEL DOCUMENTO

Le presenti note e gli elaborati cartografici ad esse allegati contengono la sintesi dello studio effettuato, chiariscono gli aspetti connessi con lo scenario naturale relativamente alla componente geologica in cui si colloca il settore di studio e affrontano gli elementi ritenuti critici dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico.

In particolare, sono stati effettuati i rilievi e gli approfondimenti propedeutici al progetto stesso, in rapporto alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche del territorio ed alla stabilità dell'area in ordine al rischio sismico propedeutici alla redazione degli elaborati di sintesi previsti dal progetto stesso.

Il modello geologico applicativo proposto, in riferimento ad un volume geologico significativo (*sensu* NTC 2018) in cui sia possibile cogliere interrelazioni dinamiche tra la componente geologica *s.l.* e quella antropica, pone particolare attenzione alla caratterizzazione litotecnica dei terreni investigati attraverso una puntuale ricostruzione dell'assetto e delle caratteristiche litotecniche nei settori di territorio interessati dalle opere in progetto.

Gli elaborati cartografici e le relative note di riferimento sono stati redatti secondo gli *standard* metodologici più diffusi in ambito scientifico, nazionale ed internazionale.

#### 4 ALLEGATI

A corredo della presente relazione sono stati elaborati i seguenti documenti:

<i>NR4E12R-2022</i>		
Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
NR4E12R69L5GE0001001A	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profili geologici	1:5000/500
NR4E12R69L5GE0002001A	Carta idrogeologica e profili idrogeologici	1:5000/500
NR4E12R69SGGE0005001A	Report indagini pregresse: sondaggi geognostici e prove in sito	-
NR4E12R69SGGE0005002A	Report campagna di indagini per redazione PFTE+: indagini geognostiche integrative	-
NR4E12R69PRGE0005001A	Report indagini pregresse: prove di laboratorio	-
NR4E12R69PRGE0005002A	Report campagna di indagini per redazione PFTE+: prove di laboratorio integrative	-
NR4E12R69IGGE0005001A	Report indagini pregresse: indagini geofisiche	-
NR4E12R69IGGE0005002A	Report campagna di indagini per redazione PFTE+: indagini geofisiche integrative	-
NR4E12R69RHGE0005001A	Report Monitoraggio Piezometrico 08-2022 – 02-2023	
NR4E12R69RHGE0005002A	Report Monitoraggio Piezometrico 03-2023 – 06-2023	

## 5 DOCUMENTAZIONE PREGRESSA

Nella presente relazione si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

● <i>NR4E1AR-2022</i>		
Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
NR4E1AR69L5GE0001001A	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico - Tav. 1 di 2	1:5000/500
NR4E1AR69L5GE0001002A	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico - Tav. 2 di 2	1:5000/500
NR4E1AR69L5GE0002001A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico - Tav. 1 di 2	1:5000/500
NR4E1AR69L5GE0002002A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico - Tav. 2 di 2	1:5000/500
NR4E1AR69SGGE0005001A	Report indagini pregresse: sondaggi geognostici e prove in sito	-
NR4E1AR69SGGE0005002A	Report campagna di indagini per redazione PFTE+: indagini geognostiche integrative	-
NR4E1AR69PRGE0005001A	Report indagini pregresse: prove di laboratorio	-
NR4E1AR69PRGE0005002A	Report campagna di indagini per Redazione PFTE+: prove di laboratorio integrative	-
NR4E1AR69IGGE0005001A	Report campagna di indagini per redazione PFTE+: indagini geofisiche integrative	-
NR4E1AR69RHGE0005001A	Report Monitoraggio Piezometrico 08-2022 – 02-2023	

● <i>NR4E00R-2021</i>		
<b>“NPP 0258 - gronda merci di Roma            Gronda merci di Roma cintura nord”</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA DI 2^ FASE</b>		
codifica elaborato	descrizione elaborato	scala
NR4E 00 R69 L5 GE0001 001 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Fermata Vigna Clara – Tor di Quinto Tor di Quinto – Fermata Val d’Ala (Lotto 1-2)	1:5000/500
NR4E 00 R69 L5 GE0002 001 A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico Fermata Vigna Clara – Tor di Quinto Tor di Quinto – Fermata Val d’Ala (Lotto 1-2)	1:5000/500
NR4E00R69SGGE0005001A	Indagini geognostiche: Sondaggi ordinari	-
NR4E00R69IGGE0005001A	Indagini geognostiche: Indagini geofisiche	-
NR4E00R69PRGE0005001A	Indagini geognostiche: Prove di laboratorio	



**PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA  
NPP – 0258: GRONDA MERCI DI ROMA - CHIUSURA ANELLO  
NORD  
TRATTA: VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO**

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E  
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	12	R69RG	GE 00 01 001	B	13 di 138

*L15100R-2003*

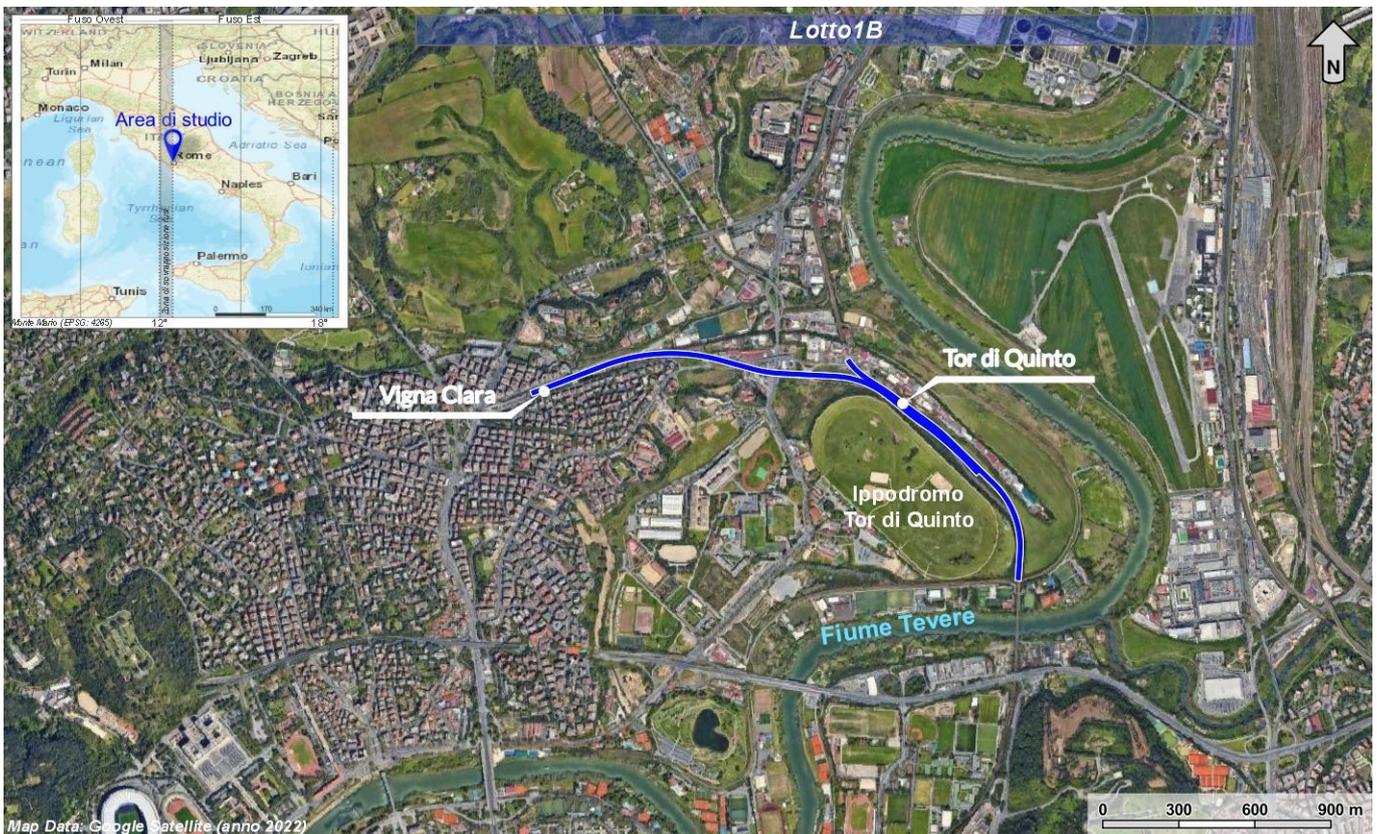
**“Infrastrutture ferroviarie strategiche definite dalla legge obiettivo n. 443/01  
Gronda merci di Roma Cintura nord”  
PROGETTO PRELIMINARE**

<b>codifica elaborato</b>	<b>descrizione elaborato</b>	<b>scala</b>
L151 00 R 69 SG GE0005 001 A	Sondaggi geognostici	-

## 6 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di studio si colloca nel centro abitato di Roma, in particolare nel settore centro-occidentale dell'abitato. Il progetto del lotto 1B interessa il collegamento tra la stazione di Vigna Clara e l'Ippodromo di Tor di Quinto e l'adeguamento della Linea – Roma - Civita - Castellana – Viterbo, in corrispondenza della stazione di Tor di Quinto, punto in cui essa interseca la linea di progetto.

Il lotto in esame ricade interamente nel territorio amministrativo del municipio Roma XV. La tratta Vigna Clara – Ippodromo si sviluppa da NW a SE, dalla fermata di Vigna Clara fino all'Ippodromo di Tor di Quinto, per una lunghezza di circa 1+910 km. Mentre, l'adeguamento del tratto della Linea – Roma - Civita - Castellana – Viterbo si sviluppa da SE a NW, da Via del Baiardo subito a nord del Fiume Tevere fino alla galleria a nord della stazione di Tor di Quinto.



**Figura 3 – Stralcio di ubicazione in scala 1:30000 dell'area di studio geologico con individuazione della tratta ferroviaria oggetto di intervento (Lotto 1B).**

Con riferimento alla Carta Topografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), l'area oggetto di studi è individuabile all'interno del Foglio 150 (Roma) in scala 1:100000, nella Tavoletta 150-IV-NO (Roma Nord), in scala 1:25000 e, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Lazio, negli elementi 374022 e 374061 in scala 1:5000.

Il principale corso d'acqua dell'area è rappresentato dal Fiume Tevere che, nascendo del Monte Fumaiolo (1268 m s.l.m. - Appennino Tosco-Emiliano) attraversa un esteso settore dell'Italia centrale per sfociare nel Mar Tirreno. In corrispondenza dell'area urbana di Roma il Fiume Tevere presenta un andamento circa NNE-SSW e risulta



**PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA  
NPP – 0258: GRONDA MERCI DI ROMA - CHIUSURA ANELLO  
NORD  
TRATTA: VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO**

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E  
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	12	R69RG	GE 00 01 001	B	15 di 138

caratterizzato da numerose anse e meandri. Il reticolo idrografico secondario, invece, risulta fortemente inibito a causa della forte antropizzazione subita dall'area nel corso degli ultimi due millenni.

## 7 SINTESI DELLE PECULIARITÀ GEOLOGICHE EMERSE DALLO STUDIO

Nel seguito vengono sintetizzati gli elementi geologici, geomorfologici, idrogeologici e geologico-tecnici più caratteristici dell'area di studio, direttamente interferenti con le opere in progetto. Inoltre, vengono descritte le principali differenze riscontrabili tra gli elaborati prodotti e le cartografie ufficiali esistenti. Per una trattazione più dettagliata dei vari aspetti si rimanda a quanto contenuto nei diversi paragrafi delle presenti note di sintesi.

Complessivamente sono state analizzate (cfr. capitolo 11 - Indagini geognostiche) le seguenti indagini di sito:

- n. 10 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo di cui 1 non attrezzato, 5 strumentati con piezometro e 4 attrezzato per sismica in foro (n. 2 Down-Hole realizzate nella presente fase progettuale ●NR4E12R-2022 e n. 2 Down-Hole realizzate nella campagna ●NR4E00R-2021);
- n. 1 sondaggio a distruzione di nucleo attrezzato con piezometro;
- n. 5 prove penetrometriche statiche di cui 4 con piezocono;
- n. 4 stendimenti sismici MASW;
- n. 4 misure di microtremori (HVSR).

### 7.1 Peculiarità geologico-tecniche

Dal punto di vista geologico, i principali elementi di criticità per le opere in progetto sono connessi con il locale assetto stratigrafico-strutturale dell'area, con le caratteristiche litologiche dei terreni affioranti e con la sismicità attuale del Lazio. Per questo secondo aspetto, in particolare, si rimanda a quanto riportato nel Capitolo 14 "Sismicità dell'area", dove sono descritte in maniera dettagliata tutte le caratteristiche sismogenetiche dell'area ed i principali elementi di pericolosità dal punto di vista sismico.

Per quanto concerne l'assetto litostratigrafico locale, i principali elementi di criticità geologica sono connessi con la presenza di depositi di copertura di genesi prevalentemente alluvionale, fortemente eterogenei sia dal punto di vista litologico che fisico-meccanico. Questi depositi raggiungono spessori particolarmente rilevanti lungo la piana del Fiume Tevere e dei suoi affluenti maggiori, dove rappresentano il colmamento di più antiche incisioni fluviali. I depositi alluvionali recenti non hanno subito processi di consolidazione e/o cementazione e, pertanto, presentano generalmente caratteristiche geotecniche mediocri o talora scadenti. Fanno eccezione i depositi più grossolani, di natura ghiaiosa e ghiaioso-sabbiosa, che invece possiedono delle discrete caratteristiche fisico-meccaniche.

All'interno di questi depositi le intercalazioni argilloso-limose sono caratterizzate da una resistenza al taglio variabile, ma generalmente modesta, e da una elevata compressibilità, sia elastica che edometrica. I livelli sabbioso-limosi, invece, presentano una discreta resistenza al taglio ed una modesta compressibilità elastica. Questi ultimi possono localmente essere suscettibili di fenomeni di liquefazione dinamica, come descritto più accuratamente nel Paragrafo 14.8 "Considerazioni preliminari del rischio di liquefazione".

Inoltre, è opportuno segnalare la locale presenza di coltri di copertura antropiche e pedologiche, talora parzialmente frammiste tra loro. Questi depositi sono connessi sia all'accumulo di sedimenti fini ad opera delle acque di ruscellamento superficiale, che ai processi pedogenetici e di alterazione che interessano sia i depositi clastici che i termini vulcanoclastici ampiamente affioranti lungo i rilievi. Tali terreni, in ragione del grado di alterazione, presentano un comportamento meccanico generalmente scadente, fortemente eterogeneo e di certa inaffidabilità geotecnica, tale da consigliarne la bonifica preventiva ai fini dell'individuazione del piano di posa delle strutture fondali e dei rilevati ferroviari.

Per quanto detto, i suddetti depositi risultano suscettibili di instabilità lungo le scarpate più acclivi e lungo i fronti di scavo, soprattutto se esposti agli agenti atmosferici. Nel caso di opere realizzate in settori di affioramento di spesse

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b> <b>NPP – 0258: GRONDA MERCI DI ROMA - CHIUSURA ANELLO</b> <b>NORD</b> <b>TRATTA: VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B	FOGLIO 17 di 138

coltri di copertura o di depositi fortemente alterati/pedogenizzati, quindi, dovranno essere previste delle specifiche analisi di carattere geotecnico volte alla definizione delle effettive condizioni di stabilità di eventuali tagli o scarpate, in particolare in corrispondenza delle zone di imbocco delle opere in sotterraneo.

I depositi del substrato sedimentario pliocenico e i depositi piroclastici più antichi, invece, presentano caratteristiche nettamente migliori di quelle dei terreni descritti in precedenza. Le migliori caratteristiche di questi termini litologico sono connesse essenzialmente alla maggiore coesione dei litotipi argilloso-marnosi e del maggior grado di addensamento e cementazione dei litotipi piroclastici.

## 7.2 Peculiarità geomorfologiche

Nelle pagine che seguono vengono descritti i principali elementi geomorfologici di potenziale criticità per le opere in progetto. Per una trattazione puntuale dei singoli fenomeni erosivi e/o di dissesto, oltre che delle specifiche condizioni geologiche e geomorfologiche dei vari settori, si rimanda a quanto riportato nella descrizione del tracciato (Paragrafo 13.1.1 “Profilo geologico in asse al tracciato”).

Dal punto di vista geomorfologico, la morfogenesi selettiva ha portato allo sviluppo di forme morbide e poco marcate in corrispondenza dei depositi quaternari sciolti o poco cementati, con rilievi generalmente poco acclivi intervallati da vallate di genesi alluvionale. Nelle aree di affioramento di termini litologici a comportamento lapideo o pseudo-lapideo, di natura sia sedimentaria che vulcanoclastica, la morfogenesi selettiva ha invece portato allo sviluppo di forme più aspre e marcate. In tale contesto sono molto comuni rilievi tabulari caratterizzati da scarpate acclivi in corrispondenza delle bancate tufacee e da rilievi meno acclivi nei settori di affioramento di depositi clastici e vulcanoclastiti sciolti.

In generale, l’intorno dell’area di studio è caratterizzato dalla presenza di un bassissimo numero di movimenti di versante (frane *s.s.* e soliflusso/*creep*) e fenomeni di erosione superficiale connessi al deflusso delle acque correnti superficiali, sia lungo i versanti che in corrispondenza dei principali fondovalle. Ad essi si aggiungono numerose forme poligeniche, connesse all’interazione di più fattori morfogenetici, ed elementi di genesi antropica, dovuti all’intensa attività dell’uomo nel corso degli ultimi millenni.

Con riferimento alla stretta area interessata dalle opere in progetto, va evidenziato che il tracciato si sviluppa interamente all’interno di settori di piana alluvionale, riferibili al fondovalle del Fiume Tevere e dei suoi affluenti maggiori. Tali settori risultano intensamente antropizzati e privi di elementi di dissesto potenzialmente interferenti con le opere in progetto, anche in funzione della morfologia pianeggiante. I versanti e le scarpate morfologiche che bordano i rilievi basso collinari presenti ai margini delle piane alluvionali sono posti sempre ad una certa distanza dal tracciato in esame e, quindi, non sono significativi ai fini della progettazione delle opere. In definitiva, considerata la relativa distanza delle forme geomorfologiche individuate e la loro ridotta tendenza morfoevolutiva, non sussistono in questo settore elementi di potenziale criticità per le opere in progetto.

Come ampiamente documentato da numerosi studi, l’area urbana di Roma è caratterizzata da numerose cavità sotterranee e *sinkholes*. Per una trattazione completa di questa problematica si rimanda al paragrafo 9.1.2 “Sinkholes e sprofondamenti” e al paragrafo 9.2.7 “Cavità sotterranee naturali e antropiche”. Nella Carta della Suscettibilità ai Sinkholes Antropogenici di Roma (ISPRA 2022) i settori più occidentali della zona di studio presentano una suscettibilità variabile tra bassa e alta a causa della presenza dei rilievi che bordano il fondovalle, dove sono concentrati la maggior parte dei *sinkholes* antropogenici.

Informazioni più dettagliate sulle condizioni locali possono essere desunte dalla Carta delle cavità sotterranee di Roma (Nisio et al. 2017). Per la tratta in esame questo studio riporta la presenza di un’ampia zona con densità di

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b> <b>NPP – 0258: GRONDA MERCI DI ROMA - CHIUSURA ANELLO</b> <b>NORD</b> <b>TRATTA: VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B	FOGLIO 18 di 138

cavità compresa tra 5 e 25 punti/km<sup>2</sup> nella porzione occidentale. In prossimità di Via Flaminia, a E della fermata Vigna Clara, sono state censite diverse cavità nei fori di sondaggio pregressi e un imbocco di cava in corrispondenza delle successioni sedimentarie pleistoceniche.

Si sottolinea che il tracciato di progetto ricade interamente all'interno dei depositi alluvionali recenti che colmano il fondovalle del Fiume Tevere e dei suoi affluenti maggiori. All'interno di tali depositi la probabilità di intercettare sinkholes e cavità antropiche è sempre molto bassa, sia per la natura litologica dei depositi presenti che per la distribuzione di tali elementi sul territorio. Gli areali riportati negli studi precedentemente descritti e parzialmente intercettati dalle opere derivano da un'analisi della problematica su area vasta e, pertanto, non tengono conto del locale assetto geologico dei singoli settori.

L'evoluzione recente dell'area urbana e l'originario assetto geologico del territorio favoriscono lo sviluppo di diffusi fenomeni di subsidenza in diverse aree della città, soprattutto lungo la piana alluvionale del Fiume Tevere e dei suoi affluenti maggiori. La subsidenza è prevalentemente connessa al cedimento di depositi recenti e non-consolidati sotto il carico delle strutture antropiche e, nell'area di interesse, presenta valori medi nell'ordine dei 2-5 mm/anno, anche se su area più vasta (territorio comunale di Roma) localmente può raggiungere e superare i 10-20 mm/anno. In corrispondenza della zona di studio, lungo il fondovalle del Fiume Tevere, il tasso di subsidenza è comparabile con quello degli altri settori urbani di Roma e raggiunge valori massimi di circa 4-5 mm/anno, in particolare in corrispondenza del rilevato presente lungo via di Camposanpietro, appena a nord-est dell'area di intervento.

Per quanto riguarda gli studi del PAI Tevere, il settore di intervento al lotto 1B non presenta interferenza diretta con areali di rischio da frana censiti nelle cartografie ufficiali. Allo stesso modo, nell'inventario IFFI non sono presenti fenomeni di frana s.s. o processi erosivi nei pressi delle opere in progetto.

### 7.3 Peculiarità idrogeologiche

Per quanto concerne gli aspetti connessi con la circolazione delle acque nel sottosuolo, si evidenzia la presenza di varie falde idriche sotterranee all'interno dei diversi acquiferi presenti, contraddistinte da dinamiche di circolazione sotterranea complesse. Gli acquiferi e le falde ivi presenti sono sorretti dal substrato pelitico pliocenico che agisce da *aquiclude*. Le aree interessate dalle opere di progetto ricadono essenzialmente nell'Unità idrogeologica dei depositi alluvionali recenti e attuali, in quest'area rappresentata soprattutto dai complessi idrogeologici pelitico-sabbiosi e sabbioso-limosi, sorretti alla base dal substrato sabbioso-argilloso.

I depositi di copertura più recenti, di genesi antropica, gravitativa e detritico-colluviale, frequenti nell'area di studio, sono caratterizzati da una permeabilità estremamente variabile, ma generalmente compresa tra molto bassa a media. A causa del ridotto spessore, questi terreni sono in genere privi di falde e corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza. Localmente, ove sussistono le adeguate condizioni idrogeologiche ed è presente un livello meno permeabile alla base, è possibile che si formino piccole falde a carattere stagionale, direttamente influenzate dal regime delle precipitazioni meteoriche o dagli apporti connessi all'attività antropica nell'area.

I depositi clastici presenti lungo i rilievi e i sedimenti alluvionali che colmano i fondovalle del Fiume Tevere e dei corsi d'acqua minori sono rappresentati da terreni fortemente eterogenei dal punto di vista granulometrico e, pertanto, costituiscono sistemi idrogeologici estremamente articolati e complessi. Il deflusso è direttamente condizionato dalle locali caratteristiche litologiche dei depositi e avviene essenzialmente all'interno degli orizzonti più permeabili in direzione dei principali corsi d'acqua. Il substrato pre-quadernario presente alla base dei depositi sostiene la falda e ne condiziona il deflusso idrico sotterraneo, che nel complesso risulta alimentato sia dalle precipitazioni meteoriche che dagli apporti degli acquiferi confinanti. Data la forte variabilità tessiturale e litologica dei terreni che

costituiscono tali acquiferi, i depositi devono essere trattati separatamente in funzione delle caratteristiche granulometriche che li contraddistinguono.

I terreni di copertura a composizione ghiaioso-sabbiosa affiorano localmente lungo i fondovalle presenti nell'area di studio e, più diffusamente, in corrispondenza dei rilievi basso-collinari che li bordano lateralmente. In generale, questi depositi presentano una permeabilità variabile da media ad alta e costituiscono acquiferi porosi di medio-elevata trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi. Questi depositi sono sede di falde idriche sotterranee di notevole rilevanza, generalmente a deflusso unitario, che presentano interscambi con i corpi idrici superficiali e/o sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. Quasi ovunque, il deflusso idrico sotterraneo è condizionato dall'andamento morfologico del substrato poco permeabile, che tampona i suddetti acquiferi sia alla base che lateralmente. Le falde presenti in questi terreni sono spesso in comunicazione idraulica con quelle dei termini sabbioso-limosi e cineritico-tufacei.

La porzione sabbioso-limosa dei depositi di copertura presenta una notevole estensione in tutti i settori di piana alluvionale e in corrispondenza dei bacini imbriferi minori. Questi terreni sono caratterizzati da una permeabilità variabile da bassa a media e, pertanto, costituiscono acquiferi porosi di buona trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi. Il deflusso è localmente autonomo ma globalmente a deflusso unitario, con frequenti interscambi con i corpi idrici superficiali e/o sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. Questi acquiferi condizionano il deflusso idrico sotterraneo sia dei settori di fondovalle che dei rilievi collinari che caratterizzano il centro abitato di Roma. Le falde sono sostenute quasi ovunque dai terreni poco permeabili del substrato e, localmente, risultano parzialmente confinate dai termini pelitico-sabbiosi più recente. Sia nei settori di fondovalle che lungo i rilievi, le falde appartenenti a queste litologie sono in comunicazione idraulica con quelle dei litotipi sabbioso-ghiaiosi e cineritico-tufacei.

All'interno dell'area di studio, la porzione pelitico-sabbiosa dei depositi di copertura si rinviene unicamente all'interno dei depositi alluvionali che colmano il fondovalle del Fiume Tevere. Questi terreni sono caratterizzati da una permeabilità per porosità variabile da molto bassa a bassa e, quindi, costituiscono degli *aquitard* di importanza variabile in relazione all'estensione e allo spessore dei depositi. Non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza, a meno di piccole falde stagionali all'interno degli orizzonti sabbioso-limosi più permeabili.

I depositi vulcanici a composizione cineritico-tufacea affiorano localmente lungo i rilievi che bordano i vari bacini imbriferi. In generale, presentano una permeabilità variabile da molto bassa a media e costituiscono acquiferi misti di elevata trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi. Questi depositi sono sede di falde idriche sotterranee di notevole rilevanza, sia frazionate che a deflusso unitario, presentano interscambi con i corpi idrici superficiali e/o sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe e localmente, alimentano corsi d'acqua perenni con portate sostenute. Nell'area di Roma, i depositi vulcanici dei Monti Sabatini e dei Colli Albani drenano principalmente verso il fondovalle del Fiume Tevere, con il quale sono in comunicazione idraulica. Gli acquiferi sono per lo più sostenuti dai termini poco permeabili del substrato argilloso-sabbioso e presentano un gradiente idraulico variabile da moderato a basso, tendenzialmente minore in prossimità dei principali fondovalle.

Infine, i termini argilloso-sabbiosi del substrato pliocenico si rinvengono in tutta l'area di studio al di sotto delle coperture sedimentarie e vulcanoclastiche più recenti. Questi materiali sono caratterizzati da una permeabilità, per porosità e fessurazione, variabile da impermeabile a bassa e rappresentano degli *aquiclude* di notevole importanza per tutti i corpi idrogeologici limitrofi. Non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza, a meno di piccole falde confinate negli orizzonti sabbiosi più permeabili. Il substrato argilloso-sabbioso sostiene tutti i principali corpi idrici sotterranei della zona di Roma, condizionandone sia il deflusso a grande scala che l'andamento locale.

I dati piezometrici a disposizione hanno evidenziato, conformemente a quanto presente nella letteratura scientifica, la presenza di corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza all'interno di depositi recenti che colmano le principali pianie fluviali. In particolare, i principali corpi idrici sotterranei dell'area sono stati intercettati all'interno dei depositi alluvionali del Fiume Tevere, oltre che in quelli del Fiume Aniene e del Fosso dell'Acquatraversa. In tutti i casi, gli acquiferi intercettati sono rappresentati da terreni fortemente eterogenei dal punto di vista litologico e costituiscono, quindi, dei sistemi idrogeologici particolarmente articolati e complessi.

Nelle aree interessate dalle opere di progetto, ubicate unicamente nei settori di fondovalle, la falda è generalmente piuttosto superficiale e posta a pochi metri di profondità dal p.c.. Lungo la tratta di interesse il livello piezometrico varia da un massimo di 19.5 m s.l.m. fino ad un minimo di 10.2 m s.l.m.. In corrispondenza dei rilievi che bordano il fondovalle, la falda è tendenzialmente più profonda, a meno dei settori più esterni dove si raccorda alla falda del fondovalle, che risulta vincolata ai livelli di base rappresentati dalle diverse sezioni del Fiume Tevere.

La ridotta soggiacenza di tali falde dovrà essere tenuta in debito conto per le possibili interferenze con le opere di progetto sia per le possibili venute d'acqua che per la notevole influenza esercitata sul comportamento meccanico dei termini litologici attraversati. Per un maggior dettaglio sull'andamento dei principali corpi idrici dell'area si rimanda al Capitolo 10.2 "Assetto idrogeologico regionale" e al Capitolo 10.3 "Assetto idrogeologico locale".

#### **7.4 Differenze rispetto alle cartografie esistenti**

Le analisi condotte e le ricostruzioni degli assetti geologico-strutturali riportati in carta hanno permesso di definire il contesto geologico di riferimento e tutti gli elementi di potenziale criticità per le opere in progetto. I risultati ottenuti nell'ambito del presente studio hanno permesso di constatare un grado di correlazione medio-alto con la cartografia bibliografica esistente.

Al fine di produrre la carta e il profilo geologico, il Foglio CARG 34 Roma ha costituito un'importante base bibliografica. Ne consegue un'elevata congruenza tra la cartografia geologica prodotta nella presente fase di lavoro e il Foglio CARG 34 Roma. Le differenze sostanziali sono riferibili alla differente scala di lavoro che determina, nella presente fase progettuale, una migliore precisione nel cartografare le unità di copertura come le coltri eluvio-colluviali, i depositi alluvionali e i riporti antropici. Allo stesso modo, l'analisi delle indagini geognostiche pregresse e appositamente realizzate ha permesso di meglio definire gli spessori e i limiti stratigrafici delle unità affioranti.

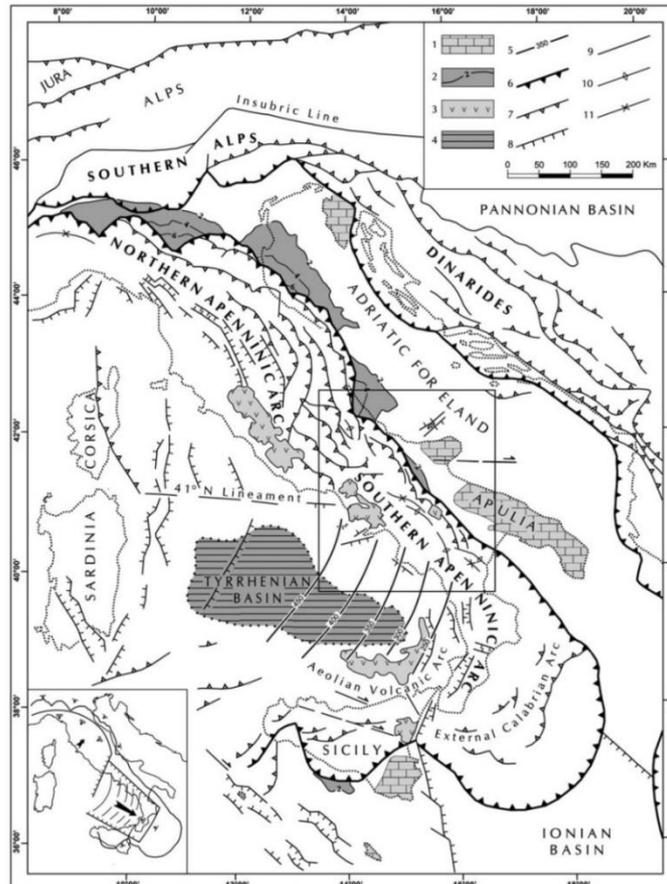
Dal punto di vista geomorfologico, la cartografia prodotta nel presente studio presenta anche un buon grado di correlazione con la Carta geomorfologica del territorio comunale G9.2 (scala 1:50000), PRG Comune di Roma, la cartografia del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del Fiume Tevere *UoM ITN010* e l'Inventario dei Fenomeni Franosi-IFFI, denotando una presenza limitata di forme e fenomeni legati a movimenti franosi e una presenza diffusa di scarpate morfologiche a delimitare i rilievi. Anche in questo caso, alcune differenze possono essere legate alla scala di lavoro di maggior dettaglio del presente lavoro.

## 8 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nei paragrafi seguenti vengono sintetizzati gli aspetti geologici dell'area di studio, a sia carattere regionale che locale. Inoltre, viene dettagliatamente descritto l'assetto locale dei settori di stretto interesse progettuale.

### 8.1 Assetto geologico-strutturale regionale

Il centro urbano di Roma e la sua periferia ricadono prevalentemente a SW della confluenza tra il F. Tevere e il F. Aniene, nella porzione di territorio compresa tra la Catena Appenninica a est e il Bacino Tirrenico ad ovest (Funicello & Giordano 2008). In particolare, l'area urbana della capitale si colloca in corrispondenza della zona di transizione tra il Distretto Vulcanico Sabatino a NW e il Vulcano dei Colli Albani a SE (De Rita et al. 1996; Giordano et al. 2006; Funicello & Giordano 2008).



**Figura 4 – Schema strutturale della penisola italiana ed aree adiacenti, mostrante la suddivisione della Catena Appenninica in due archi principali: l'Arco Appenninico Settentrionale e l'Arco Appenninico Meridionale; nel riquadro in basso a sinistra è schematizzata la diversa struttura litosferica nei due archi: 1) carbonati meso-cenozoici delle aree di avampaese; 2) profondità (in km) della base dei depositi plio-pleistocenici nei bacini di avanfossa; 3) principali edifici vulcanici quaternari; 4) aree del Mar Tirreno a crosta oceanica o continentale assottigliata; 5) zona di Wadati-Benioff nell'area tirrenica meridionale (profondità in km); 6) fronte delle Maghrebidi, dell'Appennino, delle Alpi meridionali e delle Dinaridi; 7) altri sovrascorrimenti principali; 8) faglie normali; 9) faglie ad alto angolo, soprattutto faglie trascorrenti; 10) asse di anticlinale; 11) asse di sinclinale (da Patacca & Scandone 2007).**

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b> <b>NPP – 0258: GRONDA MERCI DI ROMA - CHIUSURA ANELLO</b> <b>NORD</b> <b>TRATTA: VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B	FOGLIO 22 di 138

Nel suo complesso l'Appennino rappresenta un tipico *thrust and fold belt* con vergenza orientale (Mostardini & Merlini 1986; Doglioni et al. 1991; Bigi et al. 1992; Bonardi et al. 2009), compreso tra il Bacino Tirrenico ad ovest e l'Avampaese Apulo ad est (Scrocca et al. 2007; Bonardi et al. 2009). L'Appennino è quindi una catena per pieghe e sovrascorrimenti (Figura 4) connessa all'arretramento flessurale della Litosfera Apulo-Adriatica (Malinverno & Ryan 1986; Doglioni et al. 1991), che si struttura verso l'Avampaese Apulo a partire dal Miocene inferiore (Bally et al. 1986; Mostardini & Merlini 1986; Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009).

L'assetto tettonico della Catena Appenninica è schematizzabile attraverso la giustapposizione di due grandi archi: uno settentrionale, che va dal Monferrato fino al Lazio-Abruzzo, e uno meridionale, che arriva fino alla Sicilia (Patacca et al. 1992; Scrocca & Tozzi 1999). Questi due archi, la cui giunzione si realizza lungo la Linea Ortona-Roccamonfina, si differenziano per direzioni di movimento, entità dei raccorciamenti e stili deformativi (Di Bucci & Tozzi 1992). Ogni arco maggiore è formato da *thrust sheet* scollati nelle dolomie triassiche, alla base delle successioni sedimentarie meso-cenozoiche (Scrocca & Tozzi 1999).

In particolare, lo stile della deformazione compressiva nella porzione di catena dove si trovano successioni carbonatiche, sia di bacino che di piattaforma, si esplica essenzialmente per embrici in progressione verso l'Avampaese Apulo (Patacca & Scandone 1989; Di Bucci et al. 1999). Nella porzione di catena in cui sono prevalenti i depositi bacinali a dominante pelitica, invece, lo stile della deformazione compressiva è dato da estesi *thrust sheet* che ricoprono i depositi plio-pleistocenici più recenti (Di Bucci et al. 1999; Buonanno et al. 2007). Al di sotto di tali strutture, il dominio dell'Avampaese Apulo sepolto si deforma in una serie di *horses* ricoperti da un complesso sistema di tipo *duplex* (Patacca & Scandone 1989; Lentini et al. 1990; Di Bucci et al. 1999; Patacca & Scandone 2007). Tutte queste strutture sono a loro volta sovrastanti a un *floor thrust* profondo, che le porta in accavallamento sui domini più esterni in flessurazione (Bonardi et al. 2009).

La successione meso-cenozoica costituente la struttura profonda della catena non affiora nei settori più occidentali della regione, in quanto ricoperta da spessi depositi tardo-cenozoici di natura sedimentaria e vulcanoclastica (Funicello & Giordano 2008). La successione meso-cenozoica è costituita da una spessa sequenza calcareo-marnosa dei Bacini Toscano e Sabino, passante verso l'alto ad una sequenza terrigena sin-orogena nota in letteratura come *Flysch Ligure* (Funicello & Parotto 1978). La successione risulta organizzata in una serie di *horst and graben* connessi alla tettonica estensionale più recente, spesso sovrainposta su *thrust* preesistenti a direzione circa NW-SE (Di Filippo & Toro 1995; Funicello & Giordano 2008).

### 8.1.1 Evoluzione geologica

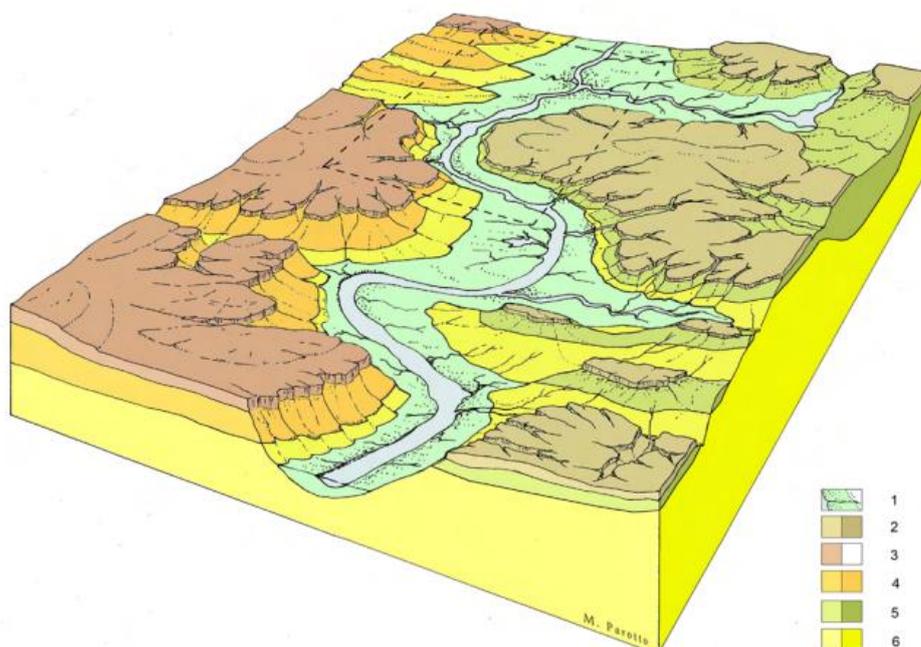
L'attuale assetto geologico del territorio romano è il risultato di una complessa evoluzione geologica (Parotto 2008), avvenuta tra il Neogene ed il Quaternario a seguito di fenomeni particolarmente intensi connessi con la strutturazione della Catena Appenninica. La costruzione dell'edificio è avvenuta a partire dal Miocene inferiore e ha portato alla formazione di una struttura *thrust and fold belt* (Mostardini & Merlini 1986; Doglioni et al. 1991; Bigi et al. 1992; Bonardi et al. 2009). A partire dalla fine del Miocene, la tettonica estensionale connessa con l'apertura del Bacino di retroarco Tirrenico ha portato allo smembramento della catena (Patacca et al. 1990; Bonardi et al. 2009) e alla formazione di una intensa attività vulcanica e magmatica, particolarmente importante nell'area laziale a partire dal Pleistocene medio (De Rita et al. 1992).

La tettonica estensionale lungo il margine tirrenico della Catena Appenninica ha portato alla formazione di una serie di bacini sedimentari discordanti sulle strutture appenniniche (Zanchi & Tozzi 1987; Faccenna et al. 1994), che diventano progressivamente più giovani procedendo dal Tirreno verso i settori assiali della catena. Questi bacini sono generalmente bordati da faglie normali ad andamento NW-SE (Patacca et al. 1990; Martini & Sagri 1993; Barberi et al. 1994). In particolare, nel Lazio occidentale lo sviluppo e l'evoluzione dei bacini sono stati fortemente condizionati

dalla complessa interazione tra attività tettonica, variazioni del livello del mare e attività vulcanica (Hearty & Dai Pra 1986; Faccenna et al. 1994; Karner et al. 2001; Marra 2001; Ventriglia 2002).

Durante il Pliocene la Campagna Romana era ancora invasa dalle acque, mentre lungo la fascia costiera iniziava un nuovo ciclo sedimentario connesso all'ingressione marina, che ha portato a una sedimentazione inizialmente psammitica e successivamente pelitica (Marra 1993; Marra & Rosa 1995). Verso la fine del Pliocene è iniziata una fase di regressione che, al termine del ciclo, ha favorito la deposizione di sedimenti prevalentemente sabbiosi (Ventriglia 2002). Dopo la loro formazione, i depositi pliocenici sono stati interessati da movimenti tettonici che hanno favorito il sollevamento dell'area e la loro emersione (Cinque et al. 1993; Hippolyte et al. 1994). Il successivo periodo erosivo, detto dell'*Acquatraversa* (Ventriglia 2002), segna il limite tra il Pliocene e il Pleistocene ed ha favorito la formazione di una estesa superficie di erosione estesa su tutta l'area romana (Funciello & Giordano 2008; Cosentino et al. 2009).

Nel Pleistocene inferiore, una ingressione marina di modesta entità porta alla sedimentazione di una successione argilloso-sabbiosa discordante sui sedimenti pliocenici (Ventriglia 2002; Funciello & Giordano 2008). Il ciclo si chiude con una nuova fase regressiva che ha portato all'emersione dell'area e alla deposizione di sedimenti eolici e alluvionali (Ventriglia 2002; Funciello & Giordano 2008). La successiva fase di intensa erosione, detta *Cassia* (Parotto 2008), segna il passaggio tra la sedimentazione prevalentemente marina del plio-pleistocene e quella francamente continentale del periodo successivo (Funciello & Giordano 2008). La superficie di erosione è stata modellata prevalentemente dalle acque del Paleotevere e dei suoi affluenti, che in questa fase avevano cominciato l'opera di costruzione di un vasto delta attualmente rappresentato dalla Formazione di Ponte Galeria (Funciello & Giordano 2008; Parotto 2008).



**Figura 5 – Ricostruzione della morfologia dell'area romana durante il basso stazionamento del mare nell'ultima fase glaciale del Wurm (da Parotto 2008). Legenda: 1) depositi alluvionali del Tevere e dei suoi affluenti; 2) Prodotti dell'attività del Vulcano dei Colli Albani; 3) Prodotti dell'attività del Distretto Vulcanico Sabatino; 4) Formazione di M. Mario; 5) Formazione del Fosso della Crescenza; 6) Formazione di M. Vaticano.**

Al passaggio tra Pleistocene inferiore e medio, durante un periodo interglaciale, si verifica una nuova ingressione marina che favorisce la deposizione di sedimenti continentali, salmastri e marini sui terreni del Pleistocene inferiore e sulle argille del Pliocene (Marra et al. 1995; Ventriglia 2002). Nella successiva regressione si assiste, invece, alla formazione di piccoli stagni e bacini lacustri, che vengono progressivamente colmati dai prodotti dell'attività vulcanica in atto nelle regioni più settentrionali (Ventriglia 2002; Giordano et al. 2006; Funicello & Giordano 2008). In questo periodo, in sinistra del Tevere si sono depositati sedimenti fluvio-palustri formati da una potente serie di ghiaie, limi, calcari, travertini e tufi rimaneggiati (Bozzano et al. 2008; Caserta et al. 2013), mentre in destra del Tevere si sono invece accumulati sedimenti fluviali, eolici e palustri (Ventriglia 2002).

Tra il Siciliano e il Tirreniano si è verificata una nuova e importante fase di erosione, detta *Flaminia* (Ventriglia 2002; Parotto 2008), che ha rimodellato tutta la zona della Campagna Romana. Su questa superficie di erosione si sono successivamente depositati i prodotti vulcanici provenienti dalle aree limitrofe (Karner et al. 2001; Giordano et al. 2006; Freda et al. 2006, 2009; Sottili et al. 2010; Marra & Florindo 2014). Nel Tirreniano, la zona di Roma è stata interessata da violente esplosioni vulcaniche connesse alla formazione dei distretti Vulsino, Vicano, Sabatino e Laziale (Figura 5), i cui prodotti hanno ricoperto tutte le unità sedimentarie preesistenti (Ventriglia 2002; Giordano et al. 2006; Funicello & Giordano 2008; Parotto 2008).

Nell'Olocene, un nuovo ciclo comprendente una grande regressione post-tirreniana ha permesso alle acque del Tevere, dell'Aniene e dei corsi d'acqua minori di incidere profondamente i terreni precedentemente depositati (Ventriglia 2002). La base della valle del Tevere, infatti, si trova oggi a circa -40 m s.l.m. (Parotto 2008). La successiva ingressione marina, infine, ha portato al colmamento delle grandi depressioni esistenti e alla formazione della larga piana alluvionale che occupa, da nord a sud, tutta la zona centrale della Città di Roma (Ventriglia 2002; Funicello & Giordano 2008).

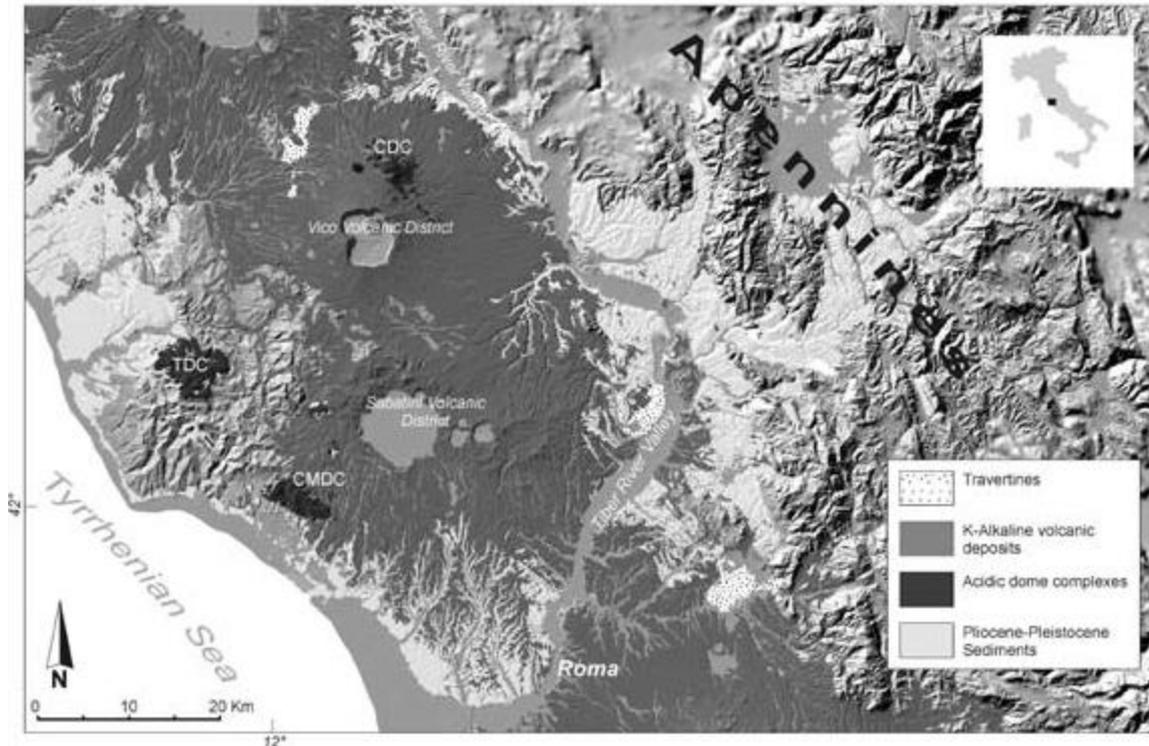
### 8.1.2 Vulcanismo laziale

La nascita del vulcanismo lungo la fascia peri-tirrenica dell'intera penisola italiana è legata essenzialmente al regime tettonico fortemente distensivo instauratosi a partire dal Miocene (Marra et al. 2003; Funicello & Giordano 2008), dapprima nella zona dell'odierna Toscana per poi spostarsi nel Lazio e spingersi fino agli apparati vulcanici dei Campi Flegrei, Ischia e Vesuvio a sud, e del Vulture ad est. Gli apparati più meridionali appartengono alla cosiddetta Provincia Magmatica Romana (Washington 1906), una catena di edifici vulcanici a direzione NW-SE situata lungo il margine tirrenico della penisola italiana (Marra et al. 2003; Boari et al. 2009).

In base al diverso chimismo dei prodotti messi in posto (Figura 6), i centri eruttivi laziali possono essere suddivisi rispettivamente in vulcani a prodotti prevalentemente acidi e alcalino-potassico (Angelucci et al. 1974; De Rita et al. 1992; Boari et al. 2009). I primi si sono sviluppati tra il Pliocene superiore ed il Pleistocene inferiore e comprendono centri eruttivi quali quelli del Monte Cimino e Tolfetano-Cerite-Manziate. Il vulcanismo a chimismo prevalentemente alcalino-potassico si è attivato, invece, per l'intero Pleistocene perdurando fino all'Olocene ed è testimoniato dagli apparati vulcanici dei Colli Albani, Vulsino, Vicano, Sabatino ed i centri monogenici dei Monti Ernici (De Rita et al. 1992).

Il vulcanismo che caratterizza la provincia romana è di tipo misto, con una componente prevalentemente eiettiva testimoniata dagli estesi complessi piroclastici ed epiclastici (Giordano et al. 2006; Funicello & Giordano 2008; Marra et al. 2009). Le lave, di norma in giacitura di colata, sono spesso intercalate ai complessi piroclastici e, solo raramente, poggiano direttamente sul basamento sedimentario (Angelucci et al. 1974). I principali centri eruttivi si sono sviluppati in corrispondenza di importanti strutture tettoniche, spesso al confine tra alti e bassi strutturali. L'attività di questi centri eruttivi, fortemente esplosiva nonostante il basso contenuto in silice (Giordano et al. 2006),

è stata influenzata dalla natura del substrato sedimentario, sede di acquiferi di importanza regionale, che spesso hanno fornito all'attività una forte impronta idro-magmatica.



**Figura 6 – Localizzazione dei complessi di domi acidi del Cimino (CDC), Tolfetano (TDC) e Cerite-Manziate (CMDC), e dei distretti vulcanici alcalino-potassico e sabatino (da De Rita et al. 1992).**

#### 8.1.2.1 Vulcanismo del Vulcano Sabatino

Il Distretto Vulcanico Sabatino, localizzato circa 30 km a NW di Roma, copre un'area di oltre 1660 km<sup>2</sup> ed è delimitato a NW dai distretti vulcanici dei Monti Volsini e Cimini e a SE dall'apparato dei Colli Albani. Questo distretto è impostato, insieme agli altri Distretti vulcanici del Lazio, ai margini occidentali della Catena Appenninica, in un'area strutturalmente depressa parallela alla costa tirrenica (De Rita et al. 1997). Il Distretto Sabatino è costituito da un gran numero di centri vulcanici indipendenti, caratterizzati da depressioni calderiche e crateri (molti dei quali occupati da laghi), coni di scorie e *plateau* lavici (Marra & Rosa 1995).

Il complesso Sabatino è caratterizzato dalla presenza di numerosi centri eruttivi distribuiti attorno alla depressione vulcano-tettonica del Lago di Bracciano. L'attività del Distretto Vulcanico Sabatino può essere schematicamente suddivisa considerando l'attività dei centri principali, anche se questi hanno spesso avuto attività contemporanea. I centri principali dell'attività Sabatina sono: il Centro di Morlupo, il Centro di Sacrofano, il Centro di Baccano e il settore di Bracciano (Mattias & Ventriglia 1970; Marra & Rosa 1995). Tutti i prodotti eruttati sono accorpati nel Litosoma Sacrofano-Bracciano, relativo al *plateau* ignimbrítico e al complesso calderico, e nel Litosoma di Anguillara (Mattias & Ventriglia 1970; De Rita et al. 1991; Marra & Rosa 1995; Karner et al. 2001).

La sua attività è compresa tra 800 ka e 40 ka e si sovrappone, nel tempo e nello spazio, con quella degli adiacenti apparati vulcanici dei Colli Albani e di Vico (Nappi & Mattioli 2003). Il primo periodo, tra 800 e 580 ka, è caratterizzato da una ridotta attività precoce, evidenziata da locali livelli di tefra intercalati alle successioni fluviali e

marine (Karner et al. 2001; Funicello & Giordano 2008). Un'attività vulcanica continua e più intensa si registra invece a partire da 550 ka, in concomitanza con l'attività vulcanica dei Colli Albani (Cioni et al. 1993). È proprio in questo periodo che si formano i prodotti ignimbrici dell'Unità della Via Tiberina e quelli di ricaduta dell'Unità della Via Nomentana e dei Tufi stratificati varicolori di Sacrofano e di La Storta (Funicello & Giordano 2008).

Intorno ai 400 ka i centri vulcanici si estendono ancora verso ovest, dove si assiste alla progressiva formazione della struttura calderica del Lago di Bracciano (De Rita et al. 1996). Tra i 250 e gli 80 ka l'attività vulcanica diminuisce e dà luogo a un vulcanismo essenzialmente monogenico (Funicello & Giordano 2008). Quest'ultimo è associato a coni di scorie e fessure eruttive, come lungo il lato nord della depressione di bracciano, e a centri freato-magmatici, che originano *tuff cones* e *maar* (Nappi & Mattioli 2003; Funicello & Giordano 2008). L'ultimo periodo, tra 80 e 40 ka, è caratterizzato da una ridotta attività vulcanica di natura prevalentemente esplosiva e freato-magmatica (Nappi & Mattioli 2003).

I prodotti distali dei Distretti vulcanici dei Colli Albani e Sabatino convergono e interagiscono nell'area romana, livellando le articolate paleo-morfologie indotte dalle variazioni glacio-eustatiche del Pleistocene (Nappi & Mattioli 2003; Funicello & Giordano 2008). Alcuni studi suggeriscono che le ripetute oscillazioni del livello del mare, oltre ad incidere profondamente nella evoluzione della morfologia costiera, abbiano influenzato l'attività esplosiva dei distretti vulcanici, agendo da fattore critico per grandi eruzioni esplosive ignimbriche e freato-magmatiche (De Rita et al. 1991).

La geometria essenzialmente tabulare dei depositi vulcanici è quella della piana distale di un *plateau* ignimbrico, complicata dalla presenza della valle del Tevere che, con la sua incisione, ha favorito la canalizzazione dei flussi piroclastici e dove di conseguenza si trovano gli spessori maggiori delle unità ignimbriche (Mattias & Ventriglia 1970; Marra & Rosa 1995; Nappi & Mattioli 2003). Dal punto di vista geochimico, infine, le composizioni dei prodotti sabatini ricadono in genere nella serie potassica KS (Scherillo 1943; Conticelli et al. 1997; Funicello & Giordano 2008).

#### 8.1.2.2 Vulcanismo dei Colli Albani

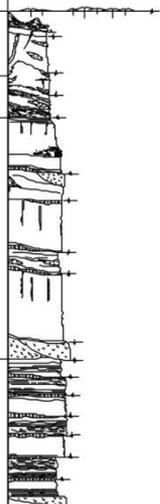
I Colli Albani sono un importante apparato vulcanico quiescente situato a SE di Roma (Funicello & Giordano 2008; De Rita & Giordano 2009). Secondo recenti studi, tale apparato può essere considerato un complesso di tipo calderico, attorno al quale si strutturano l'edificio vulcanico delle Faete e numerosi coni di scorie secondari (Giordano et al. 2006). I prodotti di questo apparato sono relativi a differenti processi di messa in posto e presentano composizioni chimiche relative alla serie ultra-potassica HKS (Funicello & Giordano 2008).

Quello dei Colli Albani è ritenuto uno dei vulcani mafici più esplosivi d'Italia, sia per le forti interazioni tra magma e acquiferi profondi che per la relativa abbondanza di anidrite carbonica nella frazione volatile (Giordano et al. 2006; Marra et al. 2009). Generalmente, la messa in posto dei principali depositi ignimbrici è preceduta dalla deposizione di prodotti di ricaduta e spesso seguita da depositi di colata lavica (Giordano et al. 2006; Funicello & Giordano 2008; De Rita & Giordano 2009).

Dal punto di vista cronologico, gli studi vulcanologici più recenti suddividono la storia evolutiva dei Colli Albani in quattro fasi di attività (Giordano et al. 2006; Funicello & Giordano 2008; De Rita & Giordano 2009), di seguito descritte brevemente (Figura 7):

- **Litosoma Vulcano Laziale** (600 – 355 ka);
- **Litosoma Tuscolano-Artemisio** (355 – 260 ka);
- **Litosoma Faete** (350? – <260 ka);
- **Litosoma Via dei Laghi** (<260 ka).

Il **Litosoma Vulcano Laziale**, datato 600 ka, è stato messo in posto dalle eruzioni più violente della storia dei Colli Albani (Giordano et al. 2006). Esso è caratterizzato da una caldera centrale vasta più di 1600 km<sup>2</sup>, circondata da una distesa tabulare di prodotti piroclastici e subordinate colate laviche che declinano lievemente verso l'esterno. Durante questa fase, che si protrasse fino a circa 355 ka, furono emessi il 90% del totale dei prodotti per un volume di circa 283 km<sup>3</sup> (De Rita et al. 1995; De Rita & Giordano 2009).

Alberti et al. (1967)	Fornaseri et al. (1963)	De Rita et al. (1988)	This paper	
Manifestazioni eruttive finali (Last eruptive phase)	Attività freatomagmatica degli apparati eccentrici (Eccentric Phreatomagmatic phase)	Fase idromagmatica finale (~1 km <sup>3</sup> ) (Final hydromagmatic phase)	Via dei Laghi lithosome (10 <sup>-3</sup> km <sup>3</sup> /1 ka)	
Sistema eruttivo esterno (External eruptive system)	Ultimo periodo dell'attività centrale (Last period of central activity)	Fase delle Faete (6 km <sup>3</sup> ) (Faete phase)	Faete lithosome (4*10 <sup>-1</sup> km <sup>3</sup> /1 ka)	
Sistema eruttivo centrale (Central eruptive system)	Prodotti dell'attività del periodo TA (Tuscolano-Artemisio deposits)	Fase Tuscolano-Artemisia (280 km <sup>3</sup> ) (Tuscolano-Artemisio phase)	Tuscolano Artemisio lithosome	
	Complesso dei tufi inferiori (Lower tuffs)		Vulcano Laziale lithosome (> 1km <sup>3</sup> /1 ka)	
	Primi prodotti del Vulcano Laziale (Vulcano Laziale Early products)			

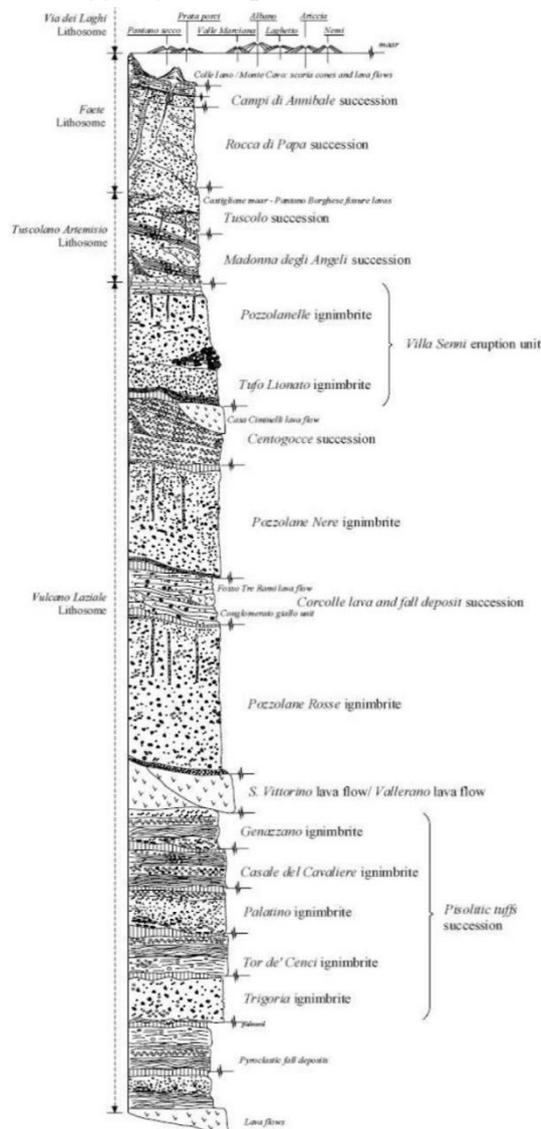
**Figura 7 – Schema comparativo fra le ricostruzioni stratigrafiche proposte dai diversi autori (da Giordano et al. 2006).**

I prodotti relativi alle prime emissioni di questo litosoma presentano caratteristiche sedimentologiche fortemente idro-magmatiche e sono noti in letteratura con il nome di Tufi Antichi o Tufi Pisolitici, in relazione all'abbondante presenza di lapilli accrezionari (Giordano et al. 2006; Funicello & Giordano 2008). Ulteriori caratteri distintivi dei Tufi Antichi sono la matrice generalmente cineritica con subordinate pomici, le frequenti laminazioni anche incrociate e la presenza di litici lavici e del substrato sedimentario. Inoltre, essi costituiscono la base delle sequenze vulcaniche affioranti in posizione distale rispetto ai principali centri di emissione.

I Tufi Antichi sono costituiti da diverse colate ignimbriche (Figura 8), denominate rispettivamente: (1) Unità di Trigatoria, (2) Unità di Tor de' Cenci, (3) Unità del Palatino, (4) Unità di Casale del Cavaliere e (5) Unità di Genazzano (Giordano et al. 2006). A circa 561 ka risale la cosiddetta Unità di Trigatoria (Karner et al. 2001; Giordano et al. 2006; Funicello & Giordano 2008), che rappresenta la prima grande sequenza ignimbrica depositatasi a seguito di un importante evento tettonico, contemporaneamente alla messa in posto del Tufo Giallo della via Tiberina (Funicello & Giordano 2008).

Circa 457 ka avviene la messa in posto della grande unità eruttiva delle Pozzolane Rosse (Karner et al. 2001; Marra et al. 2009), anche nota come Seconda Colata Piroclastica del Tuscolano-Artemisio. Essa è costituita da un deposito ignimbrico tefritico, massivo e caotico, dello spessore di circa 25-30 metri, a matrice generalmente rossastra, con abbondanti scorie rosse e grigie e frequenti cristalli di leucite, clasti metamorfosati e frammenti da lava (Karner et al. 2001; Funicello & Giordano 2008; De Rita & Giordano 2009). Questa colata piroclastica si è spinta per oltre 30 km di distanza dal centro eruttivo risalendo colline alte fino a 400 metri, per un volume complessivo di circa 34 km<sup>3</sup> di materiale eruttato (Rosa 1995; De Rita & Giordano 2009).

La successiva grande unità ignimbratica è rappresentata dalle Pozzolane Nere, datate a 407 ka (Karner et al. 2001; Marra et al. 2009). Tale sequenza ha inizio con una coltre di depositi di ricaduta distribuiti attorno ad un asse di dispersione a direzione ESE, su cui poggia una colata piroclastica massiva, caotica, scarsamente litificata, caratterizzata da scorie nere e brandelli di lava immersi in una matrice sabbiosa nerastra (Giordano et al. 2006). Nei settori ad est del Vulcano Laziale, essa raggiunge uno spessore di circa 20 m.



**Figura 8 – Colonna stratigrafica della sequenza vulcanica dei Colli Albani (da Giordano et al. 2006)**

L'ultima importante unità eruttiva del **Litosoma Vulcano Laziale** è costituita dall'unità di Villa Senni, messa in posto tra 357 e 355 ka (Karner et al. 2001). Essa presenta alla base un sottile deposito da *surge*, ricoperto da circa un metro di prodotti di ricaduta disposti lungo un asse di dispersione a direzione ENE, sui quali giace il Tufo Lionato (Funiciello & Giordano 2008; De Rita & Giordano 2009). Quest'ultimo è dato da abbondanti clasti vetrosi e vescicolari di dimensioni da centimetriche a decimetriche, xenoliti di vulcaniti metasomatizzate del substrato sedimentario e rare magmatiti olocristalline, immersi in una matrice spesso fortemente zeolitizzata. Sul Tufo Lionato

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b> <b>NPP – 0258: GRONDA MERCI DI ROMA - CHIUSURA ANELLO</b> <b>NORD</b> <b>TRATTA: VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B	FOGLIO 29 di 138

poggiano le Pozzolanelle, un deposito non cementato sostenuto da una matrice di ceneri grossolane con abbondanti frammenti di leucite olocristallina, abbondanti scorie vescicolari, di colore dal rosso scuro al nero, e subordinati frammenti di lava e xenoliti, con frequenti strutture di degassamento al tetto (Giordano et al. 2006; Funicello & Giordano 2008; De Rita & Giordano 2009).

Tra 355 e 260 ka si è sviluppato il **Litosoma Tuscolano-Artemisio** (Giordano et al. 2006; Funicello & Giordano 2008), a partire da un sistema di fessure peri-calderiche disposte essenzialmente lungo due sistemi di faglie dirette orientate parallelamente fra di loro secondo una direzione WNW-ESE del settore Tuscolano e una faglia di tipo *transfer fault* diretta E-W dell'Artemisio (Funicello & Giordano 2008; De Rita & Giordano 2009). Secondo recenti studi, l'orientazione di tali fratture è compatibile con l'ipotesi secondo cui una camera magmatica in subduzione, per nulla o scarsamente ricaricata, permetta la risalita di fluidi magmatici lungo fratture immergenti verso l'esterno del complesso, con meccanismi del tipo di *ring-dyke* (De Rita & Giordano 2009).

A tale evento si riferiscono le successioni di Madonna degli Angeli e del Tuscolo, che nel complesso formano buona parte dei rilievi del Tuscolo e dell'Artemisio (Giordano et al. 2006). La prima successione, che ricopre un paleosuolo formatosi dopo l'emissione dell'unità di Villa Senni, si è depositata su versanti con pendenze talora superiori a 35° ed è caratterizzata dalla presenza di lave, scorie più o meno saldate, lapilli e sporadici clasti litici (Funicello & Giordano 2008; De Rita & Giordano 2009). La seconda è invece composta per oltre il 90% da scorie di dimensioni variabili da bombe a lapilli, nonché da lave (Giordano et al. 2006).

Tra 350? e 260 ka si è sviluppato il **Litosoma delle Faete**, uno stratovulcano centrale che ha colmato la caldera del Vulcano Laziale (Giordano et al. 2006; Funicello & Giordano 2008; De Rita & Giordano 2009). Questo edificio si compone di un cono troncato da una depressione di circa 4 km<sup>2</sup> dalla quale emergono i rilievi delle Faete, con i caratteristici coni di scorie del Monte Cavo e di Colle Iano. La fase iniziale di questo litosoma si compone principalmente dei depositi costituenti la successione di Rocca di Papa, ossia lave, scorie saldate e prodotti di ricaduta derivanti da un'attività effusiva debolmente esplosiva, in parte eteropici dei contemporanei depositi costituenti la successione di Madonna degli Angeli (Giordano et al. 2006).

A partire da 200 ka e fino all'Olocene si assiste all'evento freato-magmatico del **Litosoma Via dei Laghi** (Giordano et al. 2006; Funicello & Giordano 2008; De Rita & Giordano 2009), anche noto in letteratura come Fase Idromagmatica Finale, che rappresenta l'ultimo evento eruttivo. Ad entrare in attività, dal più antico al più recente, furono i *maar* sia monogenici che poligenici di Prata Porci, Pantano Secco, Valle Marciana, Nemi, Ariccia, Laghetto ed Albano, i cui prodotti sono raggruppati in due tipiche litofacies (Funicello & Giordano 2008; De Rita & Giordano 2009). Una litofacies è costituita da una colata piroclastica a bassa densità e prodotti di ricaduta, caratterizzata dalla stratificazione sia parallela che incrociata, con alternanza di livelli di lapilli e cineritici fortemente zeolitizzati e presenza di xenoliti lavici e del substrato (Funicello & Giordano 2008; De Rita & Giordano 2009). L'altra litofacies è invece costituita da un deposito massivo e caotico, confinato in paleovalli e caratterizzato da blocchi anche metrici di lava (Funicello & Giordano 2008; De Rita & Giordano 2009).

### 8.1.3 Caratteristiche stratigrafiche

Con diretto riferimento a quanto riportato nel Foglio CARG n. 374 "Roma" (ISPRA 2008) (Figura 9 e Figura 10), i termini litologici più antichi affioranti nell'area di studio sono riferibili all'**Unità del Substrato Pliocenico**, qui rappresentato unicamente dalla Formazione di Monte Vaticano (Funicello & Giordano 2008):

- **Formazione di Monte Vaticano:** tale unità è formata da argille marnose di colore grigio (MVA), stratificate, da consolidate a molto consolidate, di ambiente batiale superiore, alternate a sabbie fini micacee di colore grigio, giallo e ocre in strati da sottili a banchi, affioranti lungo la struttura di Monte Mario-Gianicolo, viale Tiziano e nella zona Marco Simone. Età comprese tra la zona a *Globorotariapunctulata* presente nell'area

della Farnesina-Monte Mario e la zona a *Globorotariaaemiliana* – *Globorotariainflata*, presenti nell’area di Marco Simone. Questa formazione presenta uno spessore massimo in affioramento di circa 100 m in riva destra del Fiume Tevere e di oltre 70 m, nella zona di Marco Simone ed è riferibile all’intervallo Pliocene superiore *p.p.* – Pliocene inferiore *p.p.*.



**Figura 9 – Stralcio della Carta geologica d'Italia foglio 374 “Roma” in scala originale 1:50000, con indicazione del lotto di progetto in blu (per la legenda cfr. Figura 10).**

In appoggio sull’unità precedentemente descritta si rinviene il **Supersintema Acquatraversa (AE)**. L’*unconformity* basale del supersintema Acquatraversa è una superficie planare di troncatura erosiva, con una blanda pendenza verso NW. Questa discordanza ha un significato regionale e segna l’inizio di un significativo sollevamento avvenuto tra il Pliocene superiore ed il Pleistocene inferiore basale. Nell’area di studio questo supersintema è rappresentato dalla Formazione di Monte Mario e dal Membro di Farneto della Formazione di Monte Mario (Funicello & Giordano 2008):

- **Formazione di Monte Mario:** si tratta di sabbie di colore grigio ad *Arctica islandica* (MTM), ricche di malacofauna, passanti verso l’alto a sabbie di colore giallo, con intercalazioni di arenarie in orizzonti e lenti di spessore compreso tra 5 e 15 cm. Gli strati sono di spessore compreso tra 1 e 2 m e a laminazione incrociata a basso angolo, indicanti ambiente da infralitorale a spiaggia. Verso l’alto si intercalano livelli di argille verdi a *Cerastoderma edulis*, da decimetrici a metrici, di ambiente salmastro. Tale formazione presenta uno spessore massimo in affioramento di circa 140 m nella zona della Farnesina (“Sabbie gialle di Monte Mario” *Auctt.*) ed è ascrivibile al periodo Pleistocene inferiore *p.p.*.

**Membro di Farneto:** è presente alla base della formazione nella zona dei Monti della Farnesina. Si tratta di

limi e limi sabbiosi di colore grigio (**MTM1**) di ambiente infralitorale esterno, con frequenti orizzonti ossidati e livelli torbosi, ricchi in foraminiferi bentonici. Presenta uno spessore massimo in affioramento di 30 m. alla base è presente un orizzonte ricco di malacofauna con *Arctica islandica*.



**Figura 10 – Legenda dello Stralcio della Carta geologica d’Italia foglio 374 “Roma”.**

Tale supersintema è a sua volta ricoperto dal **Supersintema Aurelio-Pontino (AU)**. La superficie di base di questo supersintema è l'*unconformity* che segna il definitivo passaggio, nell’area romana, ad ambienti continentali. La superficie è complessa e rappresenta l’involuppo di più superfici diacrone, sviluppatasi a partire dalla parte alta del Pleistocene inferiore sia per motivi legati al sollevamento regionale del margine tirrenico, sia all’azione della tettonica locale e principalmente al sollevamento dell’alto di Monte Mario, sia a fattori climatici. La sedimentazione al di sopra di questa *unconformity* è inizialmente influenzata solo dagli apporti del paleo-Tevere (Sintema Magliana), e prosegue con il contributo prevalente, ma discontinuo, degli apporti vulcanoclastici (Sintema Flaminia, Sintema Villa Gori, Sintema Torrino, Sintema Quartaccio, Sintema Fiume Aniene).

Alla base del Supersintema si rinvencono i depositi del **Sintema Magliana (MNL)**. L'*unconformity* alla base del sintema Magliana è una superficie polifasica planare posizionata tra i 25 ed i 10 m s.l.m. nei quadranti occidentali, dislocata ai 50 ed i 60 m s.l.m. nella zona di Monte Mario e ribassata lungo una direttrice NNO-SSE fino a -90 m nella zona tra la confluenza del F. Tevere col F. Aniene e la zona di Cinecittà. Questa superficie è relativa alla definitiva continentalizzazione dell’area romana ed all’arrivo dei primi depositi di transizione del paleo-Tevere. Nell’area di studio tale sintema è rappresentato dalla ben nota Formazione di Ponte Galeria e dalla Formazione del Fosso della Crescenza (Funicello & Giordano 2008):

- **Formazione di Ponte Galeria:** è composta da una successione complessa di sedimenti di ambiente da transizionale a continentale (**PGL**), affiorante nella zona occidentale di Roma. La successione è suddivisibile in diversi membri e litofacies, caratterizzati da rapporti e spessori localmente variabili nelle diverse zone di

affioramento, ed è ascrivibile all'intervallo Pleistocene inferiore *p.p.* - Pleistocene medio *p.p.*.

- **litofacies conglomeratica:** ghiaie a clasti calcarei e di selce molto evolute (**PGLa**), eterometriche, intercalate a livelli di sabbie quarzose a laminazione incrociata. Tale litofacies presenta uno spessore massimo di 30 m., nella zona Balduina (“Unità Monte Ciocchi” *Auctt*), ed è ascrivibile ad un ambiente di spiaggia.
- **litofacies argilloso-sabbiosa:** depositi argillosi con *Venerupis senescens* e sabbie grossolane ocracee (**PGLb**) a stratificazione incrociata di ambiente eolico e sabbie-limose ossidate. Spessore massimo 24 m, nella zona di via Gregorio VII.
- **Formazione del Fosso della Crescenza:** si tratta di ghiaie calcaree e silicee (**FCZ**) in matrice sabbioso-quarzosa arrossata con pirosseni; a luoghi cementate passanti verso l’alto a sabbie fini-limose giallo ocrea quarzose con lenti sabbiose poligeniche (scorie grigie, selce, pomice) e ad argille grigie verdastre con frustoli vegetali, verso il tetto marne siltose e sabbie. Ambiente fluviale e fluvio-lacustre. Tale formazione presenta uno spessore massimo in affioramento 42 m ed è riferibile al Pleistocene medio *p.p.*

Al di sopra di tali terreni, si rinvencono quindi ai depositi del **Sintema Flaminia (LMN)**. La superficie di base di tale sintema si presenta come una superficie di *unconformity* molto articolata, ad alto rilievo, relativa all’incisione fluviale del paleo-Tevere e dei suoi affluenti che da questo momento acquisiscono una configurazione simile a quella attuale. Nel settore in esame tale sintema è rappresentato dalla Formazione di S. Cecilia e dall’Unità della Via Tiberina (Funicello & Giordano 2008):

- **Formazione di S. Cecilia:** è formata da un’alternanza ed interstratificazioni di conglomerati, sabbie e limi (**CIL**) di ambiente fluviale ad elementi vulcanici (zona di Ponte Galeria). Alternanze di strati cineritici a lapilli accrezionari, pomice e ceneri avana con orizzonti pedogenizzati (zona Flaminia). I due livelli vulcanici presentano uno spessore fino a 40 m e sono riferibili al Pleistocene medio *p.p.* (614±15ka e 605±11 ka).
- **Unità della Via Tiberina:** si tratta di un deposito piroclastico avana-giallastro (**TIB**) a matrice cineritica, massivo, con pomice centimetriche giallo-biancastre e cristalli di leucite, sanidino e pirosseno in generale litoide per zeolitizzazione. Nella parte basale sono presenti pisoidi di cenere. Gli spessori massimi raggiungono i 15 m. La composizione chimica è da tefritica a tefritico-fonolitica. L’unità è riferibile ad una eruzione ignimbritica di grande volume dal settore orientale del Distretto Vulcanico Sabatino. “Tufo Giallo della Via Tiberina” *Auctt. p.p.* L’unità presenta un’età radiometrica è stimata 550 ka ed è ascrivibile al Pleistocene medio *p.p.*

I litotipi precedentemente descritti risultano a loro volta ricoperti dai depositi quaternari del **Sintema Villa Glori (VGL)**. L’*unconformity* di base di questo sintema è una superficie ad alto rilievo correlabile all’incisione del paleo-Tevere durante il basso stazionamento del mare relativo allo *stage* isotopico 14. È evidente lungo tutto il corso del Tevere, in riva destra tra la Via Flaminia e la zona di Vigna Clara-Corso Francia, mentre in riva sinistra nella zona compresa tra Villa Glori e Valle Giulia e poi ancora nella zona dell’EUR a quote che variano tra i 15 ed i 20 s.l.m.. Nell’area di studio tale sintema è rappresentato dalla Formazione di Valle Giulia e dai Tufi stratificati varicolori di Sacrofano (Funicello & Giordano 2008):

- **Formazione di Valle Giulia:** è costituita alla base da ghiaie minute poligeniche a stratificazione incrociata (**VGU**), passanti a sabbie limi sabbiosi a concrezioni carbonatiche con stratificazione sub-orizzontale. Verso l’alto sono presenti travertini fitoclastici in banchi. Questa formazione, di ambiente fluviale e fluvio-lacustre, presenta uno spessore massimo di circa 30 m ed è ascrivibile al Pleistocene medio *p.p.*
- **Tufi stratificati varicolori di Sacrofano:** si tratta di una successione di depositi piroclastici lapillosi e cineritici (**SKF**), organizzati in strati contenenti scorie e litici lavici da ricaduta di dimensioni centimetriche e intercalati a livelli vulcanoclastici rimaneggiati, orizzonti pedogenizzati e depositi limo-palustri. Nella parte intermedia della successione i livelli primari sono costituiti da pomice di ricaduta bianco-giallastre a sanidino

e clinopirosseno, suddivisi in tre banchi con areali di affioramento differenziati. La provenienza prevalente dei depositi di questa successione è dai Vulcani Sabatini. L'unità presenta uno spessore massimo di circa 14 m ed è riferibile al Pleistocene medio *p.p.* (488±2 ka).

Al di sopra di tali terreni, si rinvencono quindi i litotipi del **Sintema Torrino (TNO)**. La superficie di base di questo sistema ha morfologia ad alto rilievo ed è evidente lungo il corso del F. Tevere, in riva destra lungo la Via Flaminia e più a sud tra Magliana e Fosso Galeria ed in riva sinistra nella zona tra l'EUR e Torrino. Lungo il F. Aniene essa si presenta da planare a basso rilievo, caratterizzata da estesi paleosuoli. Le quote più basse della superficie sono a circa 0 m s.l.m. e sono correlabili all'incisione del paleo-Tevere durante il basso stazionamento del mare relativo allo *stage* isotopico 12. Nei settori di intervento tale sintema è rappresentato dal Tufo rosso a scorie nere sabatino e dai Tufi stratificati varicolori di La Storta (Funicello & Giordano 2008):

- **Tufo rosso a scorie nere sabatino:** si tratta di un deposito piroclastico a matrice cineritica poco coerente con abbondanti scorie nere (**RNR**) decimetriche ricche in cristalli di sanidino e leucite spesso analcimizzata, caotico e massivo a composizione alcali-trachitica. Localmente può presentarsi litoide per zeolitizzazione e di colore giallo-rossastro. Alla base è localmente presente un livello di pomici di ricaduta. Spessori fino a 20 m. L'unità è riferibile ad una eruzione ignimbritica di grande volume del Distretto Vulcanico Sabatino. "Tufo Rosso a Scorie Nere" *Auctt p.p.* La formazione presenta un'età riferibile al Pleistocene medio *p.p.* (449±1 ka e 430 ka).
- **Tufi stratificati varicolori di La Storta:** si tratta di una successione costituita da un'alternanza di livelli vulcanoclastici rimaneggiati e piroclastiti primarie cineritico-lapillose di scorie grigie e pomici da ricaduta (**LTT**), con locali orizzonti pedogenizzati. La provenienza dei depositi di tale sequenza è dai Vulcani Sabatini. L'unità è caratterizzata da uno spessore massimo di circa 10 m ed è ascrivibile al Pleistocene medio *p.p.* (416±6 ka).

Infine, in copertura su tutti i termini litologici suddetti si rinvencono i depositi recenti del **Sintema Fiume Tevere (SFT)**. La morfologia della superficie di base di questo sintema è relativa alle fasi erosive legate alla caduta del livello marino durante l'ultimo glaciale. Essa ospita le alluvioni del F. Tevere e del F. Aniene, così come quelle degli affluenti, depositatesi in larga parte durante l'Olocene ed ancora in sedimentazione. La superficie di base al di sotto delle coltri alluvionali è ricostruibile in base ai dati di sondaggio fino a oltre -40 m s.l.m. Nell'area di studio tale sintema è rappresentato dai Depositi alluvionali presenti in corrispondenza della piana del F. Tevere (Funicello & Giordano 2008):

- **Deposito alluvionale:** si tratta di terreni prevalentemente limoso-sabbiosi e limoso-argillosi delle principali piane alluvionali della zona (**SFTbb**). Nella piana del F. Tevere e del F. Aniene l'unità è litologicamente nota da dati di sondaggio ed è prevalentemente costituita da depositi fini limoso-argillosi alternati a livelli sabbiosi e a livelli di torbe a diversa profondità. Alla base sono frequenti livelli ghiaiosi e sabbiosi, che possono ospitare una falda in pressione. Tali depositi presentano uno spessore massimo di circa 60 m e sono interamente ascrivibili all'Olocene.
- **Deposito alluvionale in evoluzione:** sono depositi alluvionali che si rinvencono all'interno delle arginature artificiali del Fiume Tevere e del Fiume Aniene. Si tratta di alternanza di sabbie, silt, argille e livelli ricchi di materia organica (**SFTba**). Questi terreni mostrano uno spessore massimo di circa 10 m e sono riferibili all'Olocene.

Localmente, in appoggio sui termini precedentemente descritti, si rinvencono i depositi dell'**Unità ubiquitarie**, essenzialmente rappresentati da terreni recenti di genesi antropica (Funicello & Giordano 2008):

- **Deposito antropico:** è formato da depositi eterogenei connessi all'accumulo e allo spostamento dei materiali per rilevati stradali (**h**), ferroviari, terrapieni e colmate. Tali depositi sono caratterizzati da uno spessore massimo di circa 30 e sono riferibili all'Olocene.

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b> <b>NPP – 0258: GRONDA MERCI DI ROMA - CHIUSURA ANELLO</b> <b>NORD</b> <b>TRATTA: VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B	FOGLIO 34 di 138

#### 8.1.4 Caratteristiche strutturali

La natura dei termini litologici affioranti e la recente attività tettonica che ha interessato l'area rendono particolarmente complessa l'individuazione e l'osservazione degli elementi strutturali presenti (Funicello & Giordano 2008). Gli elementi connessi con la tettonica fragile presentano generalmente rigetti modesti, nell'ordine di alcuni metri, e non vengono conservati all'interno delle successioni sedimentarie presenti (Funicello et al. 1987; Caputo 1995; Funicello & Giordano 2008). Nonostante ciò, gli elementi tettonici influenzano in maniera sostanziale l'andamento del reticolo idrografico superficiale, che presenta aste generalmente orientate NW-SE e secondariamente N-S e NE-SW (Di Filippo & Toro 1995; Cesi & Eulilli 2008).

La tettonica pliocenica è rappresentata da faglie dirette *dip-slip*, orientate prevalentemente NW-SE e NNW-SSE e secondariamente NE-SW e N-W (Funicello & Giordano 2008; Bigi et al. 2014). Questi elementi tettonici tagliano i termini litologici della Formazione di Monte Vaticano e sono suturati, praticamente ovunque, dalla superficie erosiva dell'Acquatraversa e dai depositi quaternari che la ricoprono (Funicello & Giordano 2008; Cosentino et al. 2009). Le faglie di tale periodo, attive al passaggio tra il Pliocene superiore ed il Pleistocene inferiore, sono probabilmente responsabili del sollevamento tettonico dell'area e della formazione della superficie di *unconformity* che sutura la deformazione (Funicello & Giordano 2008; Cosentino et al. 2009).

Tra il Sanerniano e l'Emiliano, una importante fase di tettonica sin-deposizionale ha dislocato la superficie planare al tetto della Formazione di Monte Vaticano, favorendo lo sviluppo di aree a differente subsidenza e tasso di sedimentazione (Funicello & Giordano 2008). Le deformazioni tettoniche avvenute durante l'ingressione marina sanerniana sono state registrate dalla Formazione di Monte Mario, che presenta estese aree con spessori costanti e locali settori con spessori estremamente variabili nell'arco di poche decine o centinaia di metri (Bergamin et al. 2000; Cosentino et al. 2004). In corrispondenza del Fosso della Magliana è presente un ulteriore elemento di svincolo NW-SE che ha permesso, durante l'Emiliano, la subsidenza necessaria alla deposizione marina della Formazione di Monte delle Piche (Conato et al. 1980).

La tettonica medio-pleistocenica ha interessato in maniera minore le successioni affioranti nell'area romana e, pertanto, le formazioni continentali, vulcaniche e vulcanoclastiche si presentano in gran parte indisturbate (Funicello & Giordano 2008). Nonostante ciò, il campo di fratturazione superficiale ha una discreta influenza sull'organizzazione dei lineamenti morfologici e del reticolo idrografico (Funicello et al. 1987; Di Filippo & Toro 1995). Gli elementi di questa fase tardiva, di natura prevalentemente distensiva, sono caratterizzati da fasce di deformazione poco definite e con rigetti nell'ordine di qualche metro (Funicello & Giordano 2008).

## 8.2 Assetto geologico locale

Le analisi effettuate ed i rilievi di campo condotti hanno permesso di distinguere e cartografare differenti unità geologiche, relative sia a sequenze sedimentarie di substrato che a successioni clastiche di copertura. In particolare, le perimetrazioni e le descrizioni geologico-strutturali delle unità individuate nell'area derivano da un'integrazione tra le informazioni riportate in letteratura ed i dati raccolti attraverso il rilevamento geologico di superficie e le numerose indagini geognostiche a disposizione.

### 8.2.1 Assetto stratigrafico

Nei settori di stretto interesse progettuale, quindi, sono state individuate e perimetrare numerose unità geologiche, di seguito descritte dal basso verso l'alto stratigrafico. Si sottolinea che seguendo i criteri definiti dal Servizio Geologico (Pasquaré et al. 1992) le successioni sono state suddivise utilizzando unità stratigrafiche convenzionali, talora ulteriormente suddivise in membri caratterizzati da peculiarità litologiche specifiche.

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b> <b>NPP – 0258: GRONDA MERCI DI ROMA - CHIUSURA ANELLO</b> <b>NORD</b> <b>TRATTA: VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B	FOGLIO 35 di 138

### 8.2.1.1 Unità del substrato pliocenico

I depositi di questo gruppo sono appartenenti ad una singola unità geologica, la Formazione di Monte Vaticano. Si tratta di una successione marina di piattaforma e scarpata superiore, non direttamente affiorante nell'area di studio ma presente ovunque al di sotto delle coperture vulcanoclastiche e sedimentarie più recenti.

#### 8.2.1.1.1 Formazione di Monte Vaticano

Questa formazione non affiora nell'area di interesse progettuale, ma si rinviene quasi ovunque al di sotto delle coperture quaternarie più recenti. Si tratta di depositi marini di piattaforma e scarpata superiore, costituiti da una singola litofacies a composizione argilloso-sabbiosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante su unità non affioranti nell'area e presentano uno spessore massimo di circa 120 m. Dal punto di vista cronostatigrafico, i litotipi di questa unità sono riferibili al Pliocene inferiore *p.p.* (Zancleano *p.p.*) – Pliocene superiore *p.p.* (Gelasiano *p.p.*).

Litologicamente, la successione in esame è formata da argille, argille limose e argille marnose di colore di colore grigio e grigio-azzurro (**MVA**), talora marrone e giallastro per alterazione, soprattutto nelle porzioni più superficiali, in strati da sottili a medi, con abbondanti resti fossili, in alternanza con sabbie fini grigie e giallastre, in strati da sottili a molto spessi, talora gradati; i livelli pelitici si presentano da consolidati a molto consolidati, con tipica frattura concoide nei termini più marnosi, mentre i livelli sabbiosi si presentano da sciolti a mediamente cementati; nella parte bassa della successione è presente un livello di argille grigio-azzurre plastiche e prive di stratificazione, mentre nella parte alta è presente un sottile livello cineritico laminato e ben classato.

### 8.2.1.2 Sintema Magliana

Questo sintema è rappresentato, nei settori di studio, da una singola unità geologica, la Formazione del Fosso della Crescenza. Questa unità si rinviene localmente lungo la parte bassa dei versanti che bordano le principali piane alluvionali, al di sotto dei termini vulcanoclastici e sedimentari più recenti.

#### 8.2.1.2.1 Formazione del Fosso della Crescenza

Questa unità si rinviene nel settore occidentale dell'area di studio, alla base dei rilievi che bordano il fondovalle del Fiume Tevere e dei suoi affluenti maggiori. Si tratta essenzialmente di depositi continentali di canale fluviale, piana inondabile e palude di acqua dolce, costituiti da una singola litofacies a composizione ghiaioso-sabbiosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulla Formazione di Monte Vaticano e presentano uno spessore massimo di circa 42 m. Tali depositi sono interamente ascrivibili al Pleistocene medio *p.p.*

Nella zona di studio, questa unità è composta da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**FCZ**), da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbioso-quarzosa e limoso-sabbiosa di colore avana chiaro, nocciola e rossastro, da scarsa ad abbondante, con frequente stratificazione incrociata e locale cementazione; verso l'alto passano a sabbie e sabbie limose di colore giallo ocra, da stratificate a massive, con diffuse intercalazioni di argille e limi nocciola e grigio-verdastri; nella parte alta della successione si rinvengono livelli di marne grigie e lenti di sabbie poligeniche con scorie vulcaniche, selce e pomici.

### 8.2.1.3 Sintema Flaminia

Relativamente ai settori di intervento, questo sistema è costituito da tre successioni geologiche, la Formazione di Santa Cecilia, l'Unità di Tor de' Cenci e l'Unità della Via Tiberina. Questo sintema si rinviene in lembi di limitata estensione alla base dei rilievi e dei terrazzi morfologici che bordano i principali fondovalle dell'area.

#### 8.2.1.3.1 Formazione di Santa Cecilia

La formazione in esame affiora in lembi di limitata estensione nel settore sud-orientale dell'area di intervento, in prossimità della confluenza del Fiume Aniene all'interno del Fiume Tevere. Dal punto di vista stratigrafico, si tratta di depositi continentali di canale fluviale, piana inondabile e palude di acqua dolce, con locali orizzonti vulcanici, costituiti da una singola litofacies a composizione conglomeratico-sabbiosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulla Formazione del Fosso della Crescenza e sono caratterizzati da uno spessore massimo di circa 40 m.. Dal punto di vista cronologico, questi litotipi sono ascrivibili interamente al Pleistocene medio *p.p.*

Sotto il profilo litologico l'unità è composta da conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici (**CIL**), da sub-arrotondati ad arrotondati, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, marrone e giallastro, da scarsa ad abbondante; sono presenti frequenti intercalazioni di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore marrone e giallastro, a stratificazione indistinta o incrociata, con abbondanti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvencono intercalazioni di pomici, ceneri e scorie grigie e bianco-giallastre, in strati da molto sottili a medi, con diffusi lapilli accrezionari e orizzonti pedogenizzati.

#### 8.2.1.3.2 Unità di Tor de' Cenci

Tale successione si rinviene nella porzione sud-orientale dell'area di studio. Si tratta di depositi vulcanici di colata ignimbratica derivanti dall'attività freatomagmatica del Vulcano Laziale, costituiti da una singola litofacies a composizione cineritico-lapillosa. Poggiano in contratto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e presentano uno spessore massimo di circa 15 m. Sotto il profilo cronostratigrafico, tali terreni sono riferibili al Pleistocene medio *p.p.* (561±1 ka).

Tale unità è prevalentemente costituita da ceneri a granulometria sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro (**TDC**), a struttura massiva o stratificata, da poco a mediamente cementate, con diffusi lapilli accrezionari di dimensioni fino a 3 cm, locali litici lavici e abbondanti cristalli di leucite analcimizzata, clinopirosseno e biotite; alla base della successione è presente un livello di scorie millimetriche, mentre nella parte alta della sequenza sono presenti bancate massive di lapilli accrezionari e sottili livelli cineritici stratificati, con livelli a concentrazione di lapilli accrezionari.

#### 8.2.1.3.3 Unità della Via Tiberina

Questa unità si rinviene nella porzione nord-occidentale dell'area di studio, lungo i rilievi presenti in destra idrografica del Fiume Tevere. Si tratta essenzialmente di depositi vulcanici di colata ignimbratica derivati dall'attività effusiva del Vulcano Sabatino, costituiti da una singola litofacies a composizione cineritico-pomicea. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e mostrano uno spessore massimo di circa 15 m. Dal punto di vista cronologico, questi terreni sono ascrivibili al Pleistocene medio *p.p.* (548±4 ka).

Dal punto di vista litostratigrafico, l'unità in esame è formata da ceneri a granulometria sabbioso-limosa di colore avana-giallastro (**TIB**), a struttura massiva e caotica, raramente stratificata, da moderatamente a ben cementate, con abbondanti pomici centimetriche giallo-biancastre, locali litici lavici e olocristallini e diffusi cristalli di leucite, sanidino e pirosseno; alla base della successione è presente un livello centimetrico di scorie e ceneri grossolane, mentre nella parte alta sono presenti livelli con concentrazione di pomici e paleosuoli di colore grigiastro.

#### 8.2.1.4 Sintema Villa Glori

Il sintema in esame affiora diffusamente in corrispondenza dei rilievi che bordano il fondovalle del Fiume Tevere e dei suoi affluenti maggiori. Nei settori di intervento, il sintema è rappresentato da tre unità, la Formazione di Valle Giulia, l'Unità del Palatino e i Tufi stratificati varicolori di Sacrofano.

##### 8.2.1.4.1 Formazione di Valle Giulia

Questa successione affiora nella porzione più occidentale dell'area di intervento, lungo la maggior parte dei rilievi presenti in destra idrografica del Fiume Tevere. Dal punto di vista stratigrafico, si tratta di depositi continentali di canale fluviale, piana inondabile e palude di acqua dolce, con locali orizzonti vulcanici, costituiti da una singola litofacies a composizione sabbioso-ghiaiosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e presentano uno spessore massimo di circa 30 m. Sotto il profilo cronologico questi litotipi sono ascrivibili al Pleistocene medio *p.p.*

Questa formazione è composta sabbie e sabbie limose di colore giallo e biancastro (**VGU**), da stratificate a massive, con locali orizzonti vulcanoclastici e diffuse ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; nella parte bassa della successione sono presenti ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbioso-limosa di colore marrone e giallastro, da scarsa ad abbondante; spesso si rinvencono passaggi di travertini litoidi e travertini terrosi fitoclastici di colore biancastro, generalmente in grossi banchi, inglobanti lenti di sabbie e ghiaie vulcanoclastiche.

##### 8.2.1.4.2 Unità del Palatino

Tale unità affiora nella porzione sud-orientale dell'area di studio, in corrispondenza dei rilievi presenti alla confluenza del Fiume Aniene con il Fiume Tevere, in località Forte Antenne. Si tratta di depositi vulcanici di colata ignimbratica derivanti dall'attività freatomagmatica del Vulcano Laziale, costituiti da una singola litofacies a composizione cineritico-scoriacea. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e presentano uno spessore massimo di circa 10 m. Sotto il profilo cronostratigrafico, i depositi in questione sono riferibili al Pleistocene medio *p.p.* (533±5 ka).

Litologicamente, l'unità in esame è prevalentemente composta da ceneri a granulometria limosa e limoso-sabbiosa di colore grigio scuro e nerastro (**PTI**), a struttura massiva o stratificata, da mediamente a ben cementate, con diffuse scorie nerastre, locali litici lavici e abbondanti cristalli di leucite analcimizzata, pirosseno e biotite; alla base della successione è presente un livello tabulare di scorie millimetriche, mentre verso l'alto si rinviene un orizzonte cineritico ricco di lapilli accrezionari.

##### 8.2.1.4.3 Tufi Stratificati Varicolori di Sacrofano

I terreni in questione si rinvencono diffusamente in tutti i settori di studio, in corrispondenza delle maggior parte dei rilievi che bordano gli attuali fondovalle. Si tratta prevalentemente di depositi vulcanici di ricaduta con locali orizzonti limno-palustri derivanti dall'attività effusiva del Vulcano Sabatino, costituiti da una singola litofacies a composizione cineritico-lapillosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e presentano uno spessore massimo di circa 14 m. Dal punto di vista cronologico, questi litotipi appartengono al Pleistocene medio *p.p.* (488±2 ka).

Tale unità è costituita da ceneri a granulometria sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, marrone e giallastro (**SKF**), a struttura massiva o stratificata, da poco a mediamente cementate, con diffuse scorie grigie e litici lavici, in alternanza con lapilli di colore grigio scuro e nerastro; a luoghi si rinvencono intercalazioni di depositi limno-palustri,

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p align="center"><b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b> <b>NPP – 0258: GRONDA MERCI DI ROMA - CHIUSURA ANELLO</b> <b>NORD</b> <b>TRATTA: VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO</b></p>					
<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</p>	<p>COMMESSA NR4E</p>	<p>LOTTO 12</p>	<p>CODIFICA R69RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 00 01 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 38 di 138</p>

livelli vulcanoclastici rimaneggiati e orizzonti fortemente pedogenizzati; nella parte intermedia della successione sono presenti livelli primari costituiti da pomici bianco-giallastre a sanidino e clinopirosseno.

#### 8.2.1.5 Sintema Torrino

Relativamente ai settori di studio, il presente sintema è rappresentato unicamente dalla successione dei Tufi Stratificati Varicolori di La Storta. Tale unità si rinviene nella porzione nord-occidentale e in quella sud-orientale dell'area di interesse progettuale.

##### 8.2.1.5.1 Tufi Stratificati Varicolori di La Storta

Tali terreni si rinvengono in lembi di limitata estensione lungo i rilievi presenti ai margini del fondovalle del Fiume Tevere, sia in destra che in sinistra idrografica. Si tratta di depositi vulcanici di ricaduta derivanti dall'attività effusiva del Vulcano Sabatino, costituiti da una singola litofacies a composizione cineritico-scoriacea. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e hanno uno spessore massimo di circa 10 m. Tali terreni, sotto il profilo cronostratigrafico, sono riferibili al periodo del Pleistocene medio *p.p.* (416±6 ka).

Dal punto di vista litologico, l'unità in questione è composta da ceneri a granulometria sabbiosa di colore grigio (**LTT**), a struttura stratificata, con abbondanti scorie e pomici centimetriche e locali livelli cineritici pedogenizzati; nella parte bassa della successione sono presenti due caratteristici livelli di ricaduta, uno costituito da pomici bianco-giallastre sub-arrotondate e uno da pomici grigio-verdastre micro-vescicolate con rari litici lavici; al tetto della successione sono localmente presenti paleosuoli sabbioso-limosi di colore grigio e marrone.

#### 8.2.1.6 Sintema Quartaccio

Questo sintema si rinviene unicamente nella porzione più occidentale dell'area di studio, in corrispondenza della parte alta di alcuni rilievi presenti in destra idrografica del Fiume Tevere. La successione è rappresentata da una singola unità, ovvero la Formazione di Vitinia.

##### 8.2.1.6.1 Formazione di Vitinia

La presente formazione affiora unicamente nel settore più occidentale dell'area di intervento, in corrispondenza dei rilievi che bordano il fondovalle del Fiume Tevere. Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, piana inondabile e lago poco profondo, costituiti da una singola litofacies a composizione sabbioso-ghiaiosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e hanno uno spessore massimo di circa 20 m. Sotto il profilo cronologico, questi terreni sono ascrivibili al Pleistocene medio *p.p.*

Tale unità è formata da sabbie e sabbie limose di colore grigio e giallastro (**VTN**), a stratificazione tabulare o incrociata a basso angolo, con abbondanti ghiaie calcaree e silicee sub-arrotondate e frequenti inclusi di scorie, analcime e pirosseni; nella parte bassa della successione sono presenti conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-arrotondati ad arrotondati, talora appiattiti, in matrice sabbioso-limoso giallastro, da scarsa ad abbondante; nella parte alta della sequenza si rinvengono limi e limi sabbiosi di colore avana e rossastro, con abbondanti frammenti fossili e locali concrezioni travertinose.

#### 8.2.1.7 Sintema del Fiume Tevere

Il presente sintema si rinviene lungo i fondovalle dei principali corsi d'acqua, come il Fiume Tevere, il Fiume Aniene e il Fosso d'Acquatraversa. Appartengono a questo gruppo i Depositi alluvionali recenti e i Depositi alluvionali attuali ampiamente affioranti in tutta l'area di studio.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p align="center"><b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b>  <b>NPP – 0258: GRONDA MERCI DI ROMA - CHIUSURA ANELLO</b>  <b>NORD</b>  <b>TRATTA: VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO</b></p>					
<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</p>	<p>COMMESSA NR4E</p>	<p>LOTTO 12</p>	<p>CODIFICA R69RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 00 01 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 39 di 138</p>

### 8.2.1.7.1 Depositi alluvionali recenti

Tali depositi si rinvencono in corrispondenza dei principali corsi d'acqua dell'area e, in particolare, lungo il fondovalle del Fiume Tevere e dei suoi affluenti maggiori. Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine, piana inondabile, lago di meandro e canale in fase di abbandono, costituiti da tre differenti litofacies a composizione ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-limosa e argilloso-limosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e presentano uno spessore massimo di circa 70 m.. Dal punto di vista cronologico, questi terreni sono interamente riferibili all'Olocene.

La litofacies ghiaioso-sabbiosa è generalmente composta da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**bb1**), da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, marrone, giallastro e avana-biancastro, da scarsa ad abbondante (Figura 11); a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, nocciola e giallastro, a stratificazione indistinta o incrociata, con abbondanti ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate.



**Figura 11 – La litofacies ghiaioso-sabbiosa dei Depositi alluvionali recenti (bb1) nella cassetta 5 del foro di sondaggio L1BPS02BH, tra 20.0 e 25.0 m dal p.c..**

La litofacies sabbioso-limosa è invece costituita da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e giallastro (**bb2**), talora bianco o rossastro, a struttura indistinta o incrociata, con locali resti fossili e rare ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate (Figura 12); a luoghi si rinvencono livelli di argille limose marroni, passaggi di limi argilloso-sabbiosi grigi e lenti di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose a sub-arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, nocciola e avana-biancastro, da scarsa ad abbondante.



**Figura 12 – La litofacies sabbioso-limoso dei Depositi alluvionali recenti (bb2) nella cassetta 9 del foro di sondaggio L1BPS03PZ, tra 40.0 e 45.0 m dal p.c.**

Infine, la litofacies argilloso-limoso è composta da argille limose e limi argillosi di colore grigio e marrone (**bb3**), talora oca, rossastro e grigio-verdastro, a struttura indistinta o laminata, con diffusi orizzonti organici nerastri, sottili livelli di sabbie grigie e rare ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate; si rinvennero frequenti passaggi di argille sabbiose, argille limoso-sabbiose e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio e marrone-rossastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con locali resti fossili e rari orizzonti organici nerastri.

#### 8.2.1.7.2 Depositi alluvionali attuali

I terreni in questione si rinvennero in corrispondenza dei principali corsi d'acqua dell'area e, in particolare, lungo gli alvei del Fiume Tevere, del Fiume Aniene del Fosso d'Acquatraversa. Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine e piana inondabile, costituiti da una singola litofacies a composizione sabbioso-limoso. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e presentano uno spessore massimo di circa 15 m. Dal punto di vista cronologico, questi terreni sono ascrivibili all'intervallo Olocene tardo – Attuale.

Dal punto di vista litologico, sono formati da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e giallastro (**ba2**), a stratificazione indistinta o incrociata, con diffuse ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate; a luoghi si rinvennero passaggi di argille organiche nerastre e lenti di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limoso di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante.

#### 8.2.1.8 Unità ubiquitarie

A questo gruppo appartengono le Coltri eluvio-colluviali e i Riporti antropici. Le coltri sono presenti alla base dei rilievi che bordano i principali fondovalle dell'area, mentre i depositi antropici si rinvennero in corrispondenza di infrastrutture antropiche ed aree abitate.

#### 8.2.1.8.1 Coltri eluvio-colluviali

I presenti termini litologici si rinvengono in corrispondenza della base dei versanti che bordano il fondovalle del Fiume Tevere e dei suoi affluenti maggiori. Si tratta di depositi continentali di versante, dilavamento e alterazione del substrato, costituiti da una singola litofacies a composizione limoso-argillosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e presentano uno spessore massimo di circa 4 m. Questi terreni sono interamente ascrivibili all'intervallo Olocene tardo – Attuale.

Questa unità è costituita quindi da argille limose e limi argilloso-sabbiosi di colore marrone e bruno-rossastro (**b2**), a struttura indistinta, con diffusi resti vegetali e locali ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie limose e limi sabbiosi di colore marrone, grigio e giallastro, a struttura indistinta, con diffusi resti vegetali e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate.

#### 8.2.1.8.2 Riporti antropici

I maggiori accumuli di tali depositi sono presenti in corrispondenza di infrastrutture antropiche ed aree urbanizzate. Si tratta di depositi continentali di genesi antropica, costituiti da una singola litofacies a composizione sabbioso-limosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e presentano uno spessore massimo di circa 13 m. Dal punto di vista cronologico, questi depositi sono interamente riferibili al periodo Attuale.

I terreni in questione sono costituiti prevalentemente da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore marrone scuro, grigio e nocciola (**h**), a struttura indistinta, con locali frammenti di laterizi, diffusi resti vegetali e abbondanti ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvengono passaggi di argille sabbiose marroni e livelli di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da angolose a sub-arrotondate, con locali frammenti di laterizi, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e nocciola, da scarsa ad abbondante.

### 8.2.2 *Assetto strutturale*

La strutturazione geometrica dei depositi affioranti e il loro relativo assetto giaciturale derivano essenzialmente dal vulcanismo e dall'evoluzione tettonica che hanno scandito la storia di questo settore dell'Appennino centrale. In generale, le principali strutture tettoniche risultano parzialmente o completamente sepolte al di sotto dei depositi quaternari e, pertanto, l'esatta definizione dei rapporti geometrici tra le varie unità geologiche è generalmente complessa e di non facile lettura.

L'area di studio è caratterizzata dalla presenza di alcune strutture tettoniche di tipo distensivo, connesse alle ultime fasi della complessa evoluzione strutturale di questo settore di catena. Tale evoluzione si esplica attraverso faglie dirette ad alto angolo con modesta estensione areale, caratterizzate da rigetti nell'ordine di qualche metro. Le faglie interessano prevalentemente le unità del substrato pliocenico e risultano ovunque ricoperte dai depositi clastici e vulcanoclastici più recenti.

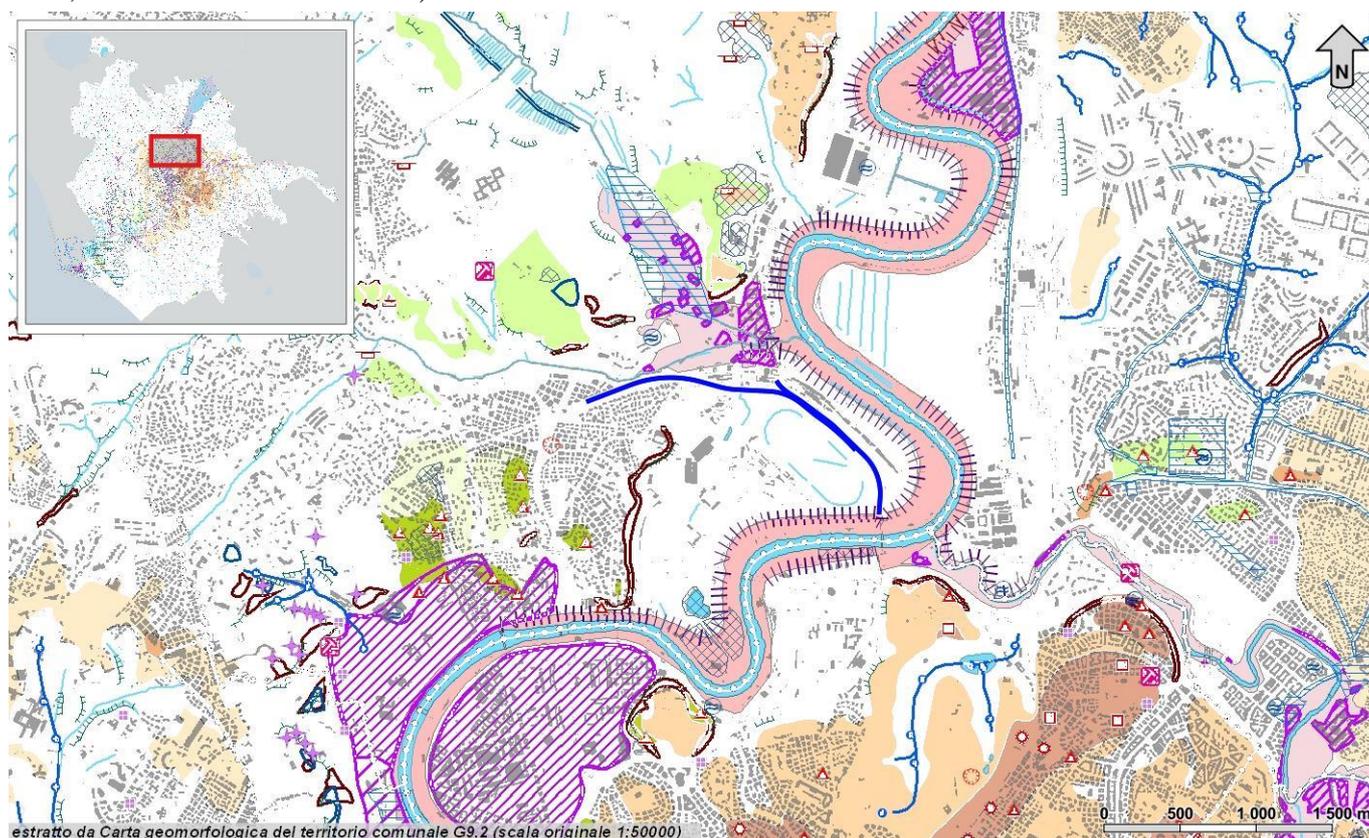
L'assetto giaciturale dei termini litologici affioranti è direttamente connesso agli elementi tettonici che li hanno interessati e alle specifiche caratteristiche degli ambienti deposizionali in cui si sono formati. In generale, i litotipi del substrato, così come i depositi alluvionali pre-olocenici presentano un assetto prevalentemente tabulare o, al più, blandamente immergente verso la costa. Invece, i depositi vulcanoclastici sono disposti secondo una disposizione tabulare, in contatto discordante con le unità più antiche.

## 9 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Nei seguenti paragrafi vengono descritti gli aspetti geomorfologici, a carattere sia regionale che locale, dell'area di studio, con particolare riferimento agli elementi di pericolosità geomorfologica presenti nei settori di stretto interesse progettuale.

### 9.1 Assetto geomorfologico regionale

L'area urbana di Roma è localizzata nella zona distale dei *plateau* ignimbrici dei Colli Albani a sud e dei Monti Sabatini a nord (Giordano et al. 2006; Funicello & Giordano 2008; De Rita & Giordano 2009). Il principale elemento morfologico dell'area è rappresentato dalla valle alluvionale del Fiume Tevere (Figura 13), ad andamento circa meridiano, a cui si aggiungono diverse valli secondarie dei suoi affluenti, come quella del Fiume Aniene (Succhiarelli 2003; Funicello & Giordano 2008).



**Figura 13 – Stralcio della Carta geomorfologica del territorio comunale G9.2 (scala 1:50000), PRG Comune di Roma (per la legenda si rimanda alla cartografia originale <http://www.urbanistica.comune.roma.it/prg-2008-vigente/elaborati-gestionali/g9-2-carta-geomorfologica.html>).**

Oltre ai fattori vulcanici locali che hanno agito sulla morfologia dell'area romana ed al contributo della tettonica, nel corso del Pleistocene si sono verificati eventi di portata globale che hanno condizionato l'evoluzione morfologica dell'intero settore (Funicello & Giordano 2008). Tra questi, un ruolo fondamentale è stato svolto dalle ripetute variazioni del livello del mare che hanno contribuito a far mutare, in funzione delle oscillazioni del livello di base, il rapporto erosione/sedimentazione dell'area (Funicello et al. 1995; Ventriglia 2002; Funicello & Giordano 2008).

In riva sinistra del Fiume Tevere la morfologia è caratterizzata da creste molto ampie e sub-pianeggianti, che in genere si raccordano con i fondovalle con pendii dolci dove insistono su materiali poco coerenti o ripidi se impostati su materiali lapidei (Funicello & Giordano 2008; De Rita & Giordano 2009). I fondovalle sono piatti per la presenza dei depositi alluvionali olocenici che colmano il reticolo di incisioni wurmiane. Il *pattern* idrografico risulta poco sviluppato con basso contrasto morfologico, a differenza delle altre aree lungo le pendici del vulcano che invece presentano un reticolo ben sviluppato ed inciso, di tipo radiale (Funicello & Giordano 2008).

In riva destra del Fiume Tevere, l'elemento morfologico dominante è rappresentato dalla dorsale Monte Mario-Monte Vaticano-Gianicolo, che si estende in direzione N-S (Ventriglia 2002; Funicello & Giordano 2008). Il versante orientale è acclive e relativamente regolare, con una rete idrografica ad andamento NW-SE sostenuta dalle argille marine di base, mentre il versante occidentale è dominato dalle direttrici N-S e NE-SW ed il reticolo si presenta dendritico e ben sviluppato (Funicello & Giordano 2008).

### 9.1.1 Elementi di pericolosità geomorfologica

A causa dell'assetto stratigrafico-strutturale, dell'evoluzione morfologica recente e dell'elevato grado di antropizzazione, il territorio comunale di Roma non presenta particolari elementi di pericolosità geomorfologica. Solo per alcuni settori, ove le locali caratteristiche geologiche e geomorfologiche lo consentono, sono presenti elementi di criticità connessi col rischio da frana e di esondazione (Amanti et al. 1995; Funicello & Giordano 2008; Amanti et al. 2013).

I fenomeni franosi sono piuttosto rari e di ridotta intensità, in quanto i versanti sono generalmente caratterizzati da terreni con discrete caratteristiche fisico-meccaniche (Funicello & Giordano 2008). Fenomeni di dissesto sono stati registrati lungo i versanti in destra idrografica del Fiume Tevere, lungo la dorsale Monte Mario-Gianicolo-Monteverde (Funicello & Giordano 2008; Amanti et al. 2013). Locali movimenti franosi di ridotte dimensioni sono comunque presenti in taluni settori posti in sinistra idrografia della Valle Tiberia, in corrispondenza delle scarpate subverticali intagliate nella Formazione di Valle Giulia (Amanti et al. 1995).

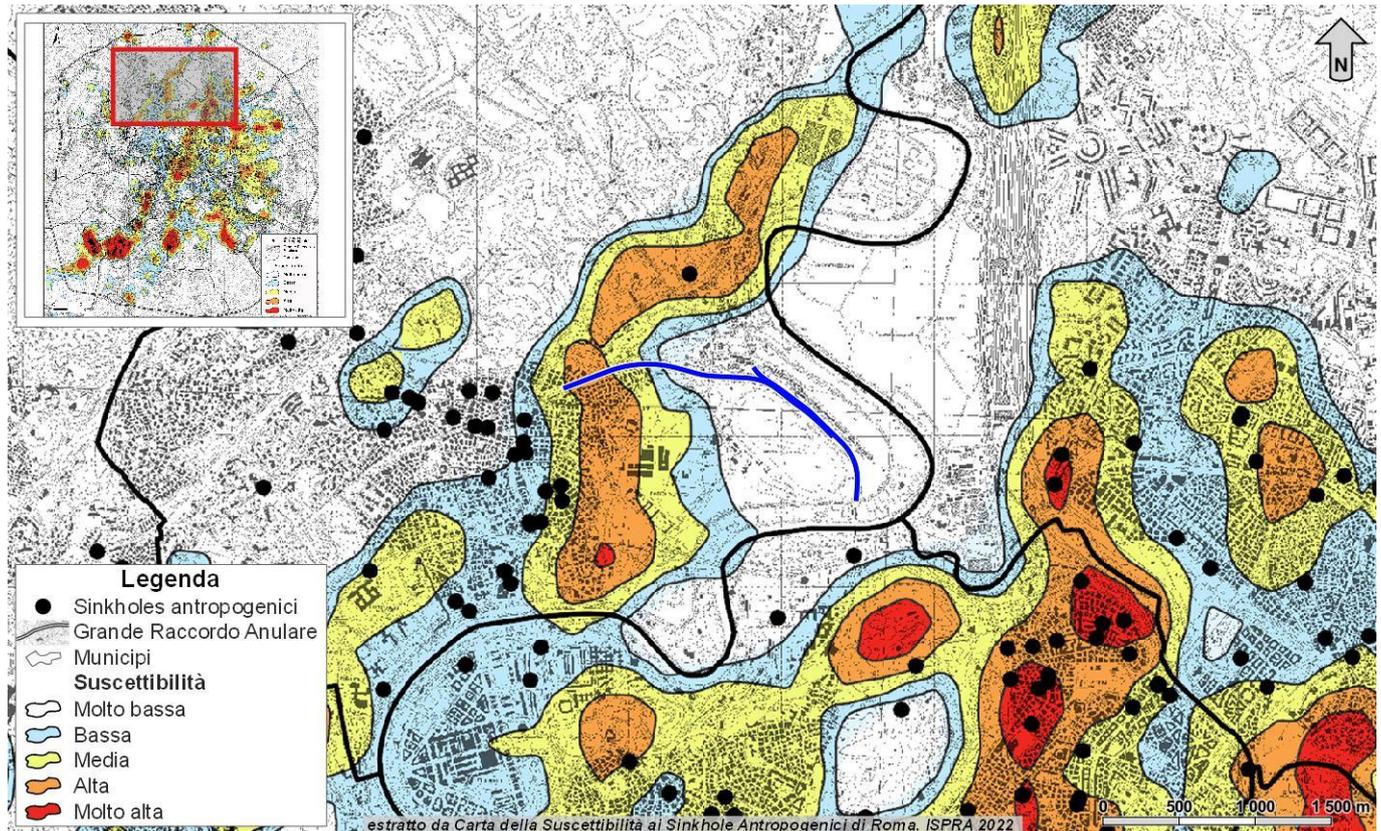
Le esondazioni del Fiume Tevere hanno interessato la città di Roma numerose volte nel corso della sua storia, dall'epoca romana fino a tutto il XX secolo (Bencivenga et al. 1995; Funicello & Giordano 2008). Le conseguenze di tali eventi sono state spesso drammatiche per tutta la città, in quanto hanno prodotto danni, morti e lunghe epidemie (Funicello & Giordano 2008). A partire dall'unità d'Italia, la costruzione delle mura e la realizzazione di dighe a nord della città hanno permesso di controllare i fenomeni di piena più critici (Bencivenga et al. 1995).

### 9.1.2 Sinkholes e sprofondamenti

Un elemento di pericolosità è dato dai *sinkholes* antropogenici nel territorio urbano di Roma, che sono strettamente connessi alla rete di cavità sotterranee prodotta dalle attività umane (reti idrauliche, cave, catacombe, etc.) in più di duemila anni di storia della città. La presenza di tali cavità sotterranee produce il collasso degli strati più superficiali del terreno e la formazione di voragini di dimensioni metriche (Funicello & Giordano 2008; Ciotoli et al. 2015). Ulteriore causa della formazione di voragini è la perdita di acqua in sottoterraneo e la disfunzione della rete idraulica dei sottoservizi, che produce il dilavamento dei terreni sciolti in copertura (Mazza et al. 2001; Ciotoli et al. 2015). La concomitanza di entrambi i fattori (cavità e perdite dalla rete idraulica) intensifica il fenomeno.

Negli ultimi quindici anni si è registrato un incremento dei fenomeni di sprofondamento, soprattutto a seguito di eventi piovosi brevi e di forte intensità, che ha determinato un incremento del rischio per la popolazione e le infrastrutture, oltre che numerosi danni a strade e sottoservizi (Ciotoli et al. 2015). Più rare sono le informazioni relative ai fenomeni di subsidenza mineraria e crolli in tempi remoti, in quanto la rapida espansione del tessuto urbano

negli ultimi decenni ha spesso mascherato eventuali morfologie riconducibili ad essi (Funciello & Giordano 2008; Ciotoli et al. 2015).



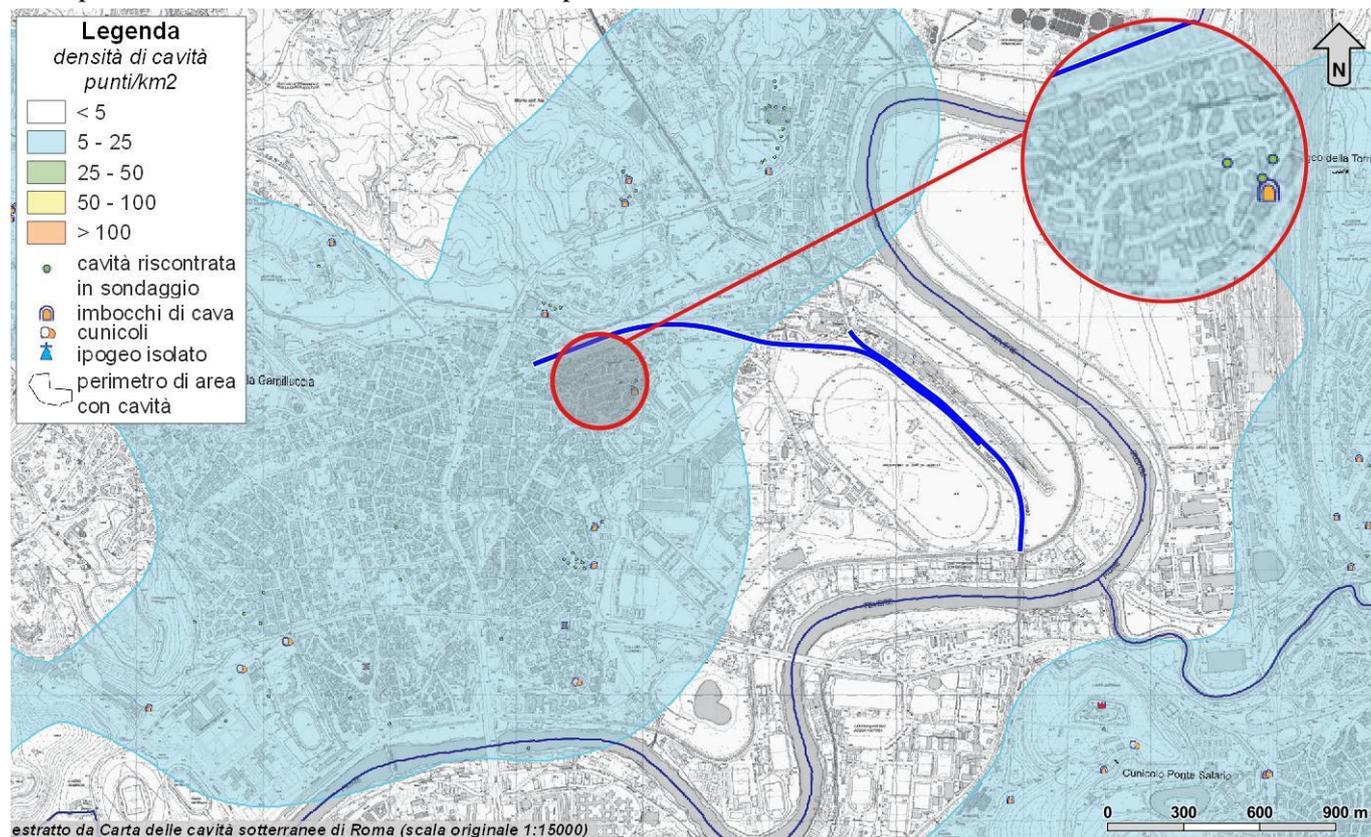
**Figura 14 - Carta della Suscettibilità ai Sinkholes Antropogenici di Roma, riprodotta in scala 1:50000 (da ISPRA 2022).**

A seguito dei fenomeni registrati in diversi settori della città, a partire dalla metà del secolo scorso sono stati condotti numerosi studi sulle cavità sotterranee del territorio comunale di Roma (Bernabini et al. 1966; Sciotti 1982; Crescenzi et al. 1995; Santoro & Federici 1999; Ventriglia 2002; Corazza et al. 2002; Santoro & Federici 2002; Succhiarelli & Di Stefano 2004; Fiore & Lanzini 2007; Mazza et al. 2008; Corazza 2010; Nisio 2010; Succhiarelli et al. 2010). Un primo censimento generale delle diverse tipologie di dissesto a Roma fu realizzato nel 1993 con il Progetto AVI del CNR, successivamente aggiornato dal Dipartimento Nazionale di Protezione Civile nel 2004-2009 (Corazza 2004, 2010).

Nel 2008 è stato avviato dal Dipartimento di Difesa del Suolo dell'ISPRA uno studio dettagliato su diversi centri urbani (Nisio 2010), che ha portato alla realizzazione di un nuovo database per il certo urbano di Roma aggiornato al 2022. Su questi dati è stata prodotta la Carta della Suscettibilità ai Sinkholes Antropogenici di Roma (ISPRA 2022). In tale elaborato è possibile osservare che a ovest della tratta in oggetto sono presenti diversi sinkholes antropogenici che determinano una suscettibilità variabile da alta a molto bassa (Figura 14). Nei settori più occidentali della zona di studio la suscettibilità è più elevata a causa della presenza dei rilievi che bordano il fondovalle, dove sono concentrati la maggior parte dei sinkholes antropogenici.

Informazioni più dettagliate sulle condizioni locali possono essere desunte dalla Carta delle cavità sotterranee di Roma (Nisio et al. 2017). Per la tratta in esame (Figura 15) questo studio riporta la presenza di un'ampia zona con

densità di cavità compresa tra 5 e 25 punti/km<sup>2</sup> nella porzione occidentale. In prossimità di Via Flaminia, a E della fermata Vigna Clara, sono state censite diverse cavità nei fori di sondaggio pregressi e un imbocco di cava in corrispondenza delle successioni sedimentarie pleistoceniche.



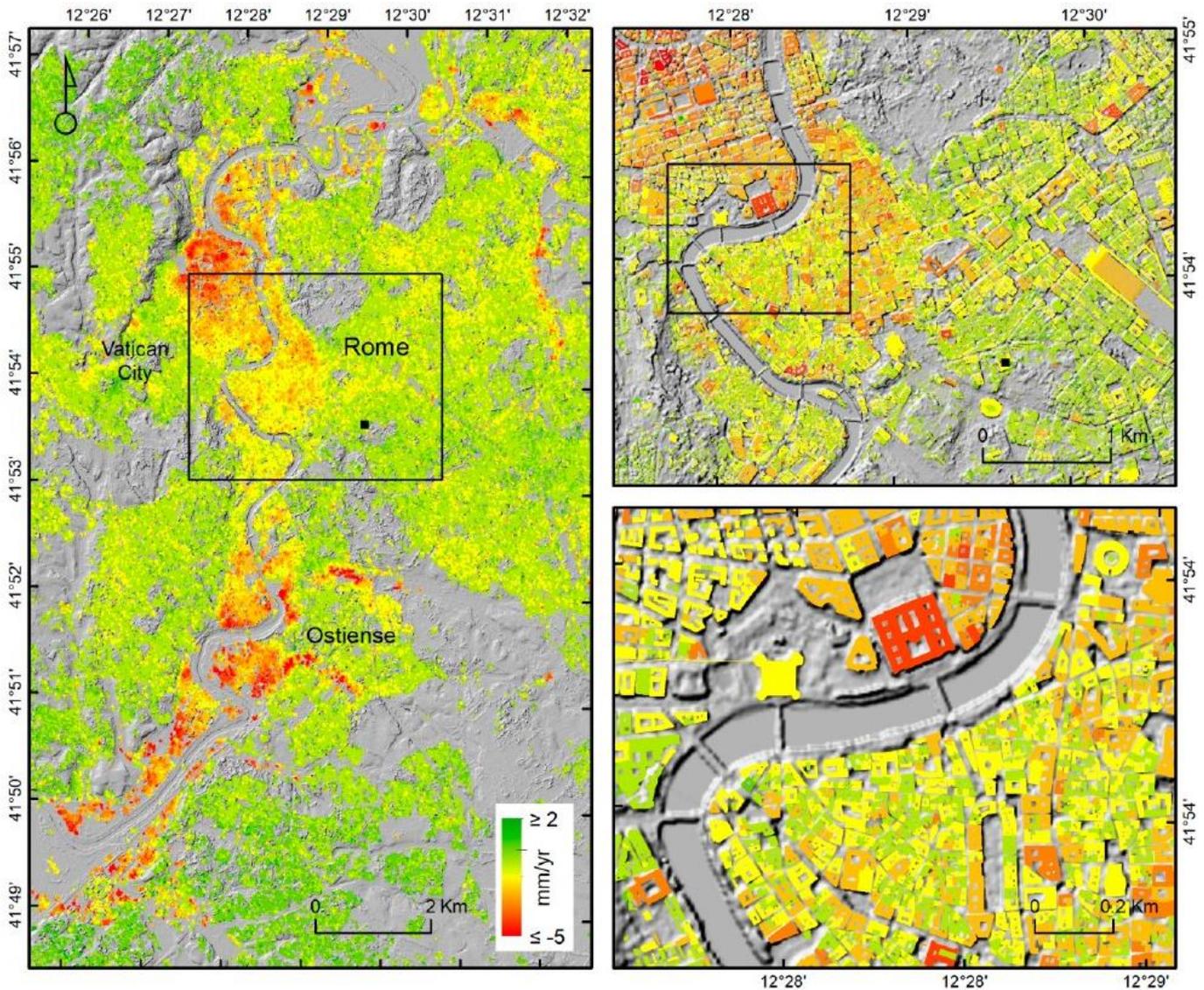
**Figura 15 - Carta delle cavità sotterranee di Roma, scala originale 1:15000, riprodotta in scala 1:30000, tavola 2 (da Nisio et al. 2017), con indicazione delle opere in progetto.**

Va sottolineato comunque che la suscettibilità ai sinkhole antropogenici è fortemente influenzata dai litotipi costituenti il substrato e, come evidenziato sopra, è legato alla distribuzione dei litotipi vulcanoclastici e dei rilievi all'interno dei quali venivano scavate le cavità sotterranee, all'origine di tali dissesti. Si sottolinea che il tracciato di progetto, invece, ricade interamente all'interno dei depositi alluvionali recenti che colmano il fondovalle del Fiume Tevere e dei suoi affluenti maggiori. All'interno di tali depositi la probabilità di intercettare *sinkholes* e cavità antropiche è sempre molto bassa, sia per la natura litologica dei depositi presenti che per la distribuzione di tali elementi sul territorio.

### 9.1.3 Subsidenza

Nel corso degli ultimi millenni, l'area in cui ricade il centro abitato di Roma ha subito numerose trasformazioni morfologiche (Campolunghi et al. 2007), sia in corrispondenza dei versanti che lungo i fondovalle del Fiume Tevere e dei suoi affluenti più importanti (Capelli 1999). L'evoluzione recente dell'area urbana e l'originario assetto geologico del territorio favoriscono lo sviluppo di diffusi fenomeni di subsidenza in diverse aree della città (Campolunghi et al. 2007; Manunta et al. 2008; Stramondo et al. 2008; Fornaro et al. 2010; Comerci et al. 2012; Cigna et al. 2014; Delgado Blasco et al. 2019; Orellana et al. 2020).

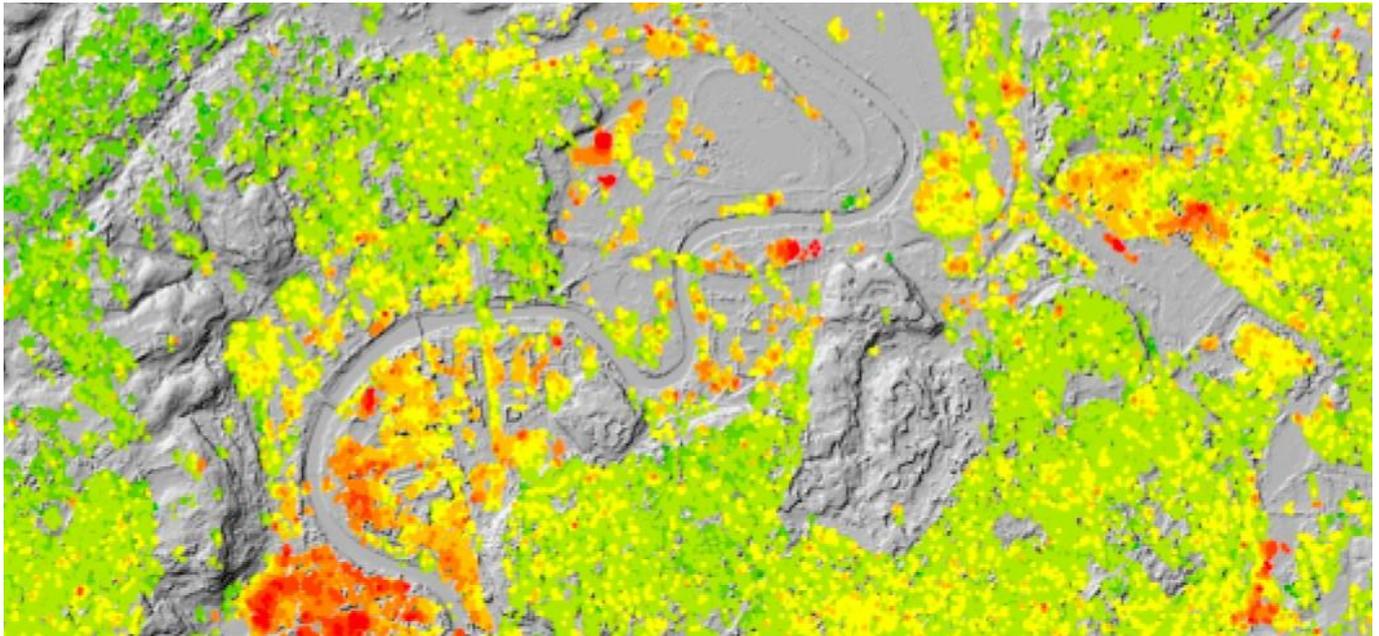
All'interno dell'area urbana, la subsidenza interessa principalmente edifici e strutture antropiche in appoggio sui depositi alluvionali recenti e non-consolidati che colmano i fondovalle del Fiume Tevere e delle principali aste fluviali (Campolunghi et al. 2007; Bozzano et al. 2018). I cedimenti sono generalmente maggiori per le strutture più recenti (Figura 16), in cui il processo di consolidazione dei sedimenti alluvionali al di sotto delle fondazioni è ancora in atto (Delgado Blasco et al. 2019).



**Figura 16 – Tasso medio di deformazione verticale lungo il Fiume Tevere e i suoi tributari all'interno del centro abitato di Roma (da Delgado Blanco et al. 2019). Nelle immagini di dettaglio sulla destra è visibile il maggior tasso di subsidenza degli edifici recenti (es. Corte di Cassazione) rispetto agli edifici più antichi (es. Castel Sant'Angelo).**

In generale, il tasso di subsidenza è nell'area di Roma è nell'ordine di 3-5 mm/anno (Stramondo et al. 2008; Bozzano et al. 2018; Delgado Blasco et al. 2019; Orellana et al. 2020;), ma può localmente raggiungere e superare i 10-20 mm/anno nei settori più critici come l'aeroporto di Fiumicino (Delgado Blasco et al. 2019; Orellana et al. 2020). In corrispondenza della zona di studio, lungo il fondovalle del Fiume Tevere, il tasso di subsidenza è comparabile con

quello degli altri settori urbani di Roma (Figura 17) e raggiunge valori massimi di circa 4-5 mm/anno (Delgado Blasco et al. 2019).



**Figura 17 – Tasso medio di deformazione verticale nella porzione settentrionale del centro abitato di Roma (da Delgado Blanco et al. 2019), in corrispondenza dei settori di intervento.**

## 9.2 Assetto geomorfologico locale

Le caratteristiche geomorfologiche dell'area risultano fortemente condizionate dall'assetto geologico del territorio e, quindi dalle caratteristiche stratigrafiche e strutturali dei termini litologici affioranti. Ad essi si aggiungono i fenomeni di modellamento superficiale che hanno agito durante tutto il Quaternario, sia per effetto delle dinamiche esogene sia come risposta agli apporti vulcanici che si sono combinate con le numerose fasi di erosione e deposizione legate alle variazioni eustatiche succedutesi nel tempo.

L'attuale evoluzione morfologica del territorio ed i principali elementi geomorfologici rilevati sono direttamente connessi al deflusso delle acque correnti superficiali ed ai fenomeni gravitativi e/o erosivi agenti lungo i versanti. Ai suddetti fattori vanno aggiunti, inoltre, le forme ed i depositi connessi con l'attività antropica, le forme di genesi mista e gli elementi strutturali e tettonici.

Di seguito vengono descritti, nel dettaglio, i principali elementi geomorfologici presenti nell'area ed i relativi fattori morfoevolutivi, con esplicito riferimento a quanto riportato nelle cartografie tematiche allegate alle presenti note di sintesi.

### 9.2.1 Elementi idrografici

L'area di studio e il reticolo idrografico locale ricadono nel bacino idrografico del Fiume Tevere, che si estende su una superficie di 17375 km<sup>2</sup>, occupando un'ampia parte del versante tirrenico dell'Italia centrale. Dal punto di vista amministrativo, il bacino idrografico del Fiume Tevere interessa principalmente due regioni, il Lazio e l'Umbria, mentre lambisce brevemente i territori dell'Emilia-Romagna, della Toscana, delle Marche e dell'Abruzzo.

Il Fiume Tevere nasce in località Balze, nel comune di Verghereto, nella parte meridionale della provincia di Forlì, dal Monte Fumaiolo (1407 m s.l.m.). Tale corso d'acqua, dopo circa 4 km nel territorio dell'Emilia-Romagna, entra in Toscana dove attraversa la Val Tiberina, per poi raggiungere il territorio umbro in provincia di Perugia. Successivamente, il Fiume Tevere segna il confine tra l'Umbria (Terni) e il Lazio (Viterbo) per molti chilometri, bagnando Orte dove riceve da sinistra le acque del Fiume Nera, il suo maggior affluente. A questo punto il Tevere è divenuto vero e proprio fiume, con alveo largo fino a 200 m, ed entra in territorio laziale dove scorre verso SE nelle province di Viterbo, Rieti e Roma.

All'altezza del capoluogo laziale il Fiume Tevere si dirige a SSW, dove riceve le acque dell'Aniene e attraversa Roma limitato da imponenti argini costruiti nel tempo per proteggere l'area urbana romana. Quindi giunto a Capo due Rami si biforca in due distinti corsi d'acqua: *i)* il ramo sinistro, detto Fiumara Grande, passa vicino alle rovine di Ostia antica e forma la foce naturale del Tevere; *ii)* il ramo destro, invece, è il canale artificiale di Fiumicino che costituisce il porto di imbocco della navigazione fluviale.

### 9.2.2 Elementi strutturali e tettonici

Un importante ruolo nell'evoluzione morfologica del territorio è svolto dall'assetto strutturale dei litotipi affioranti e dal loro differente grado di erodibilità. Quest'ultimo risulta essenzialmente legato alla natura litologica e sedimentologica dei depositi, oltre che al loro grado di cementazione e alterazione. Secondario è invece il ruolo svolto dalla tettonica, sia a causa della specifica evoluzione strutturale dell'area che in relazione alla presenza di diffuse e spesse coperture quaternarie.

In generale, la morfogenesi selettiva ha portato allo sviluppo di forme morbide e poco marcate in corrispondenza dei depositi quaternari sciolti o poco cementati, con rilievi generalmente poco acclivi intervallati da vallate di genesi alluvionale. Nelle aree di affioramento di termini litologici a comportamento lapideo o pseudo-lapideo, di natura sia sedimentaria che vulcanoclastica, la morfogenesi selettiva ha invece portato allo sviluppo di forme più aspre e marcate. In tale contesto sono molto comuni rilievi tabulari caratterizzati da scarpate acclivi in corrispondenza delle bancate tufacee e da rilievi meno acclivi nei settori di affioramento di depositi sciolti.

Le strutture connesse alla tettonica fragile sono rappresentate da faglie dirette ad alto angolo, con modesta estensione areale. Tali elementi presentano rigetti nell'ordine di alcuni metri e interessano prevalentemente le unità del substrato pliocenico e i depositi pleistocenici più antichi. Essendo quasi ovunque sepolte al di sotto dei depositi quaternari più recenti, tali strutture sono raramente visibili in superficie e, pertanto, svolgono un ruolo secondario nell'evoluzione morfologica del territorio. Solo in alcuni settori, infatti, sono presenti elementi geomorfologici quali scarpate e corsi d'acqua direttamente influenzati dalla presenza di faglie e strutture tettoniche.

### 9.2.3 Forme, processi e depositi gravitativi

I fenomeni gravitativi di versante sono distribuiti in modo eterogeneo all'interno dell'area di interesse progettuale. I movimenti di versante sono testimoniati da orli di scarpata di degradazione che bordano i rilievi tabulari più estesi ed interessano sia i termini alluvionali del Pleistocene medio che i depositi vulcanoclastici del Pleistocene medio. Alla base delle scarpate sono spesso presenti depositi recenti connessi all'accumulo del materiale proveniente da settori di monte.

I fenomeni di massa presenti nell'area sono riconducibili sia a movimenti franosi *s.s.* che a fenomeni di *creep* e/o soliflusso. In generale, i fenomeni franosi sono rappresentati da crolli e piccoli scivolamenti dei depositi affioranti lungo i rilievi terrazzati che bordano le principali valli alluvionali. Il principale fattore scatenante dei fenomeni franosi è rappresentato dagli eventi meteorici, sia stagionali sia eccezionali, che favoriscono la saturazione dei terreni e la

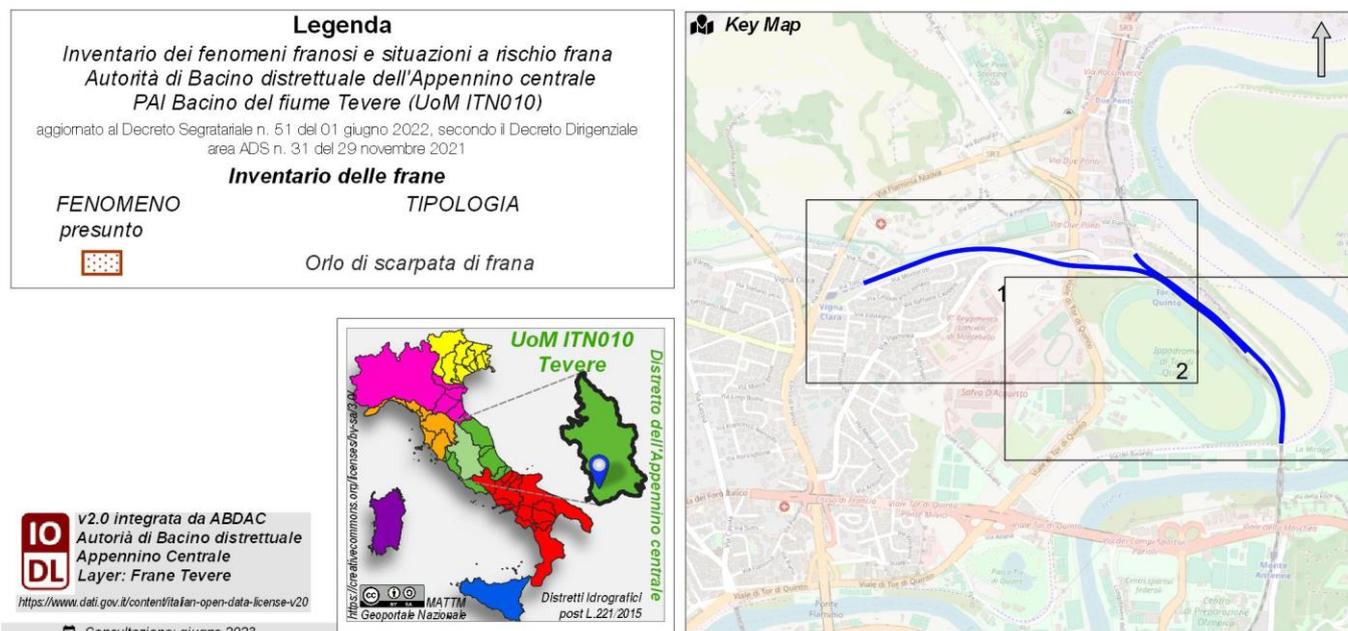
 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p align="center"><b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b> <b>NPP – 0258: GRONDA MERCI DI ROMA - CHIUSURA ANELLO</b> <b>NORD</b> <b>TRATTA: VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO</b></p>					
<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</p>	<p>COMMESSA NR4E</p>	<p>LOTTO 12</p>	<p>CODIFICA R69RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 00 01 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 49 di 138</p>

diminuzione della resistenza meccanica degli stessi. Ad esso si aggiungono fenomeni di modellazione del versante, indotti sia da interventi antropici che da fenomeni erosivi lungo i fondovalle.

Come accennato sopra i principali fenomeni morfo-evolutivi e le eventuali forme di dissesto associate si rinvergono soprattutto lungo i versanti che delimitano i principali rilievi. La stretta area interessata dalle opere in progetto ricade invece in un settore vallivo, non interessata da tali dinamiche.

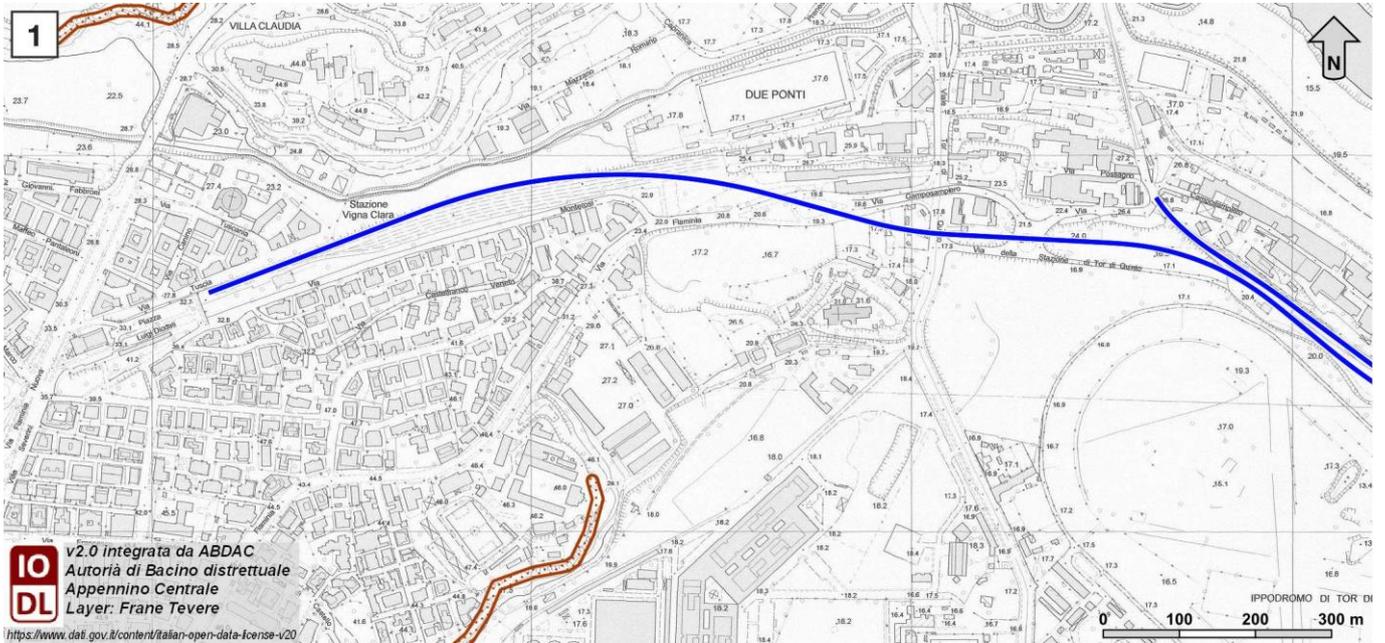
### 9.2.3.1 Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del Fiume Tevere

Quanto detto trova riscontro nelle cartografie tematiche del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del Fiume Tevere *UoM ITN010* (PAI 2006 aggiornamento 2022) – Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Centrale, che censisce gli areali connessi con la stabilità di versante nell'area di studio.

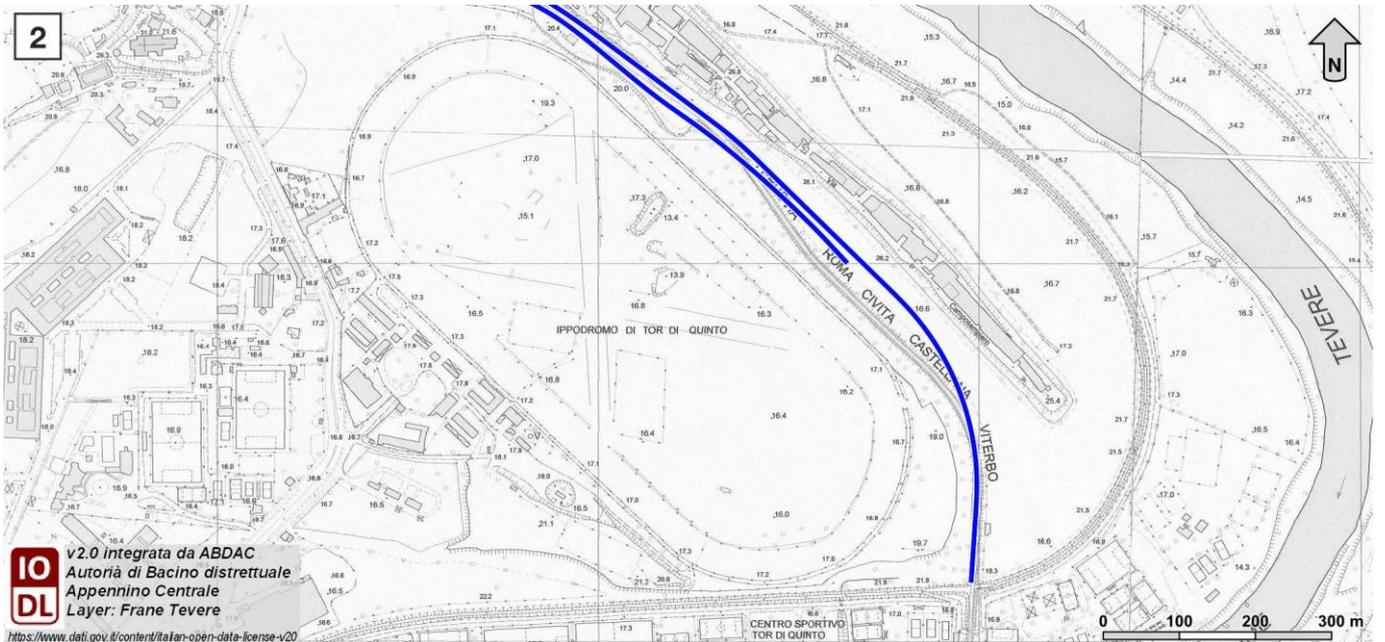


**Figura 18 – Legenda delle cartografie dell’Autorità di Bacino distrettuale dell’Appennino centrale del Bacino del Fiume Tevere con tavola di inquadramento degli stralci riportati nelle figure seguenti.**

In particolare, il settore di intervento relativo al lotto 1B, non presenta interferenza diretta con areali di rischio da frana censiti nelle cartografie del PAI (Figura 19 ÷ Figura 20).



**Figura 19 - Stralcio della carta dell'“Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio di frana” del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico del bacino del Fiume Tevere – Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino centrale (PAI 2006 – aggiornamento 2022), con individuazione del tracciato ferroviario in progetto (legenda: Figura 18).**



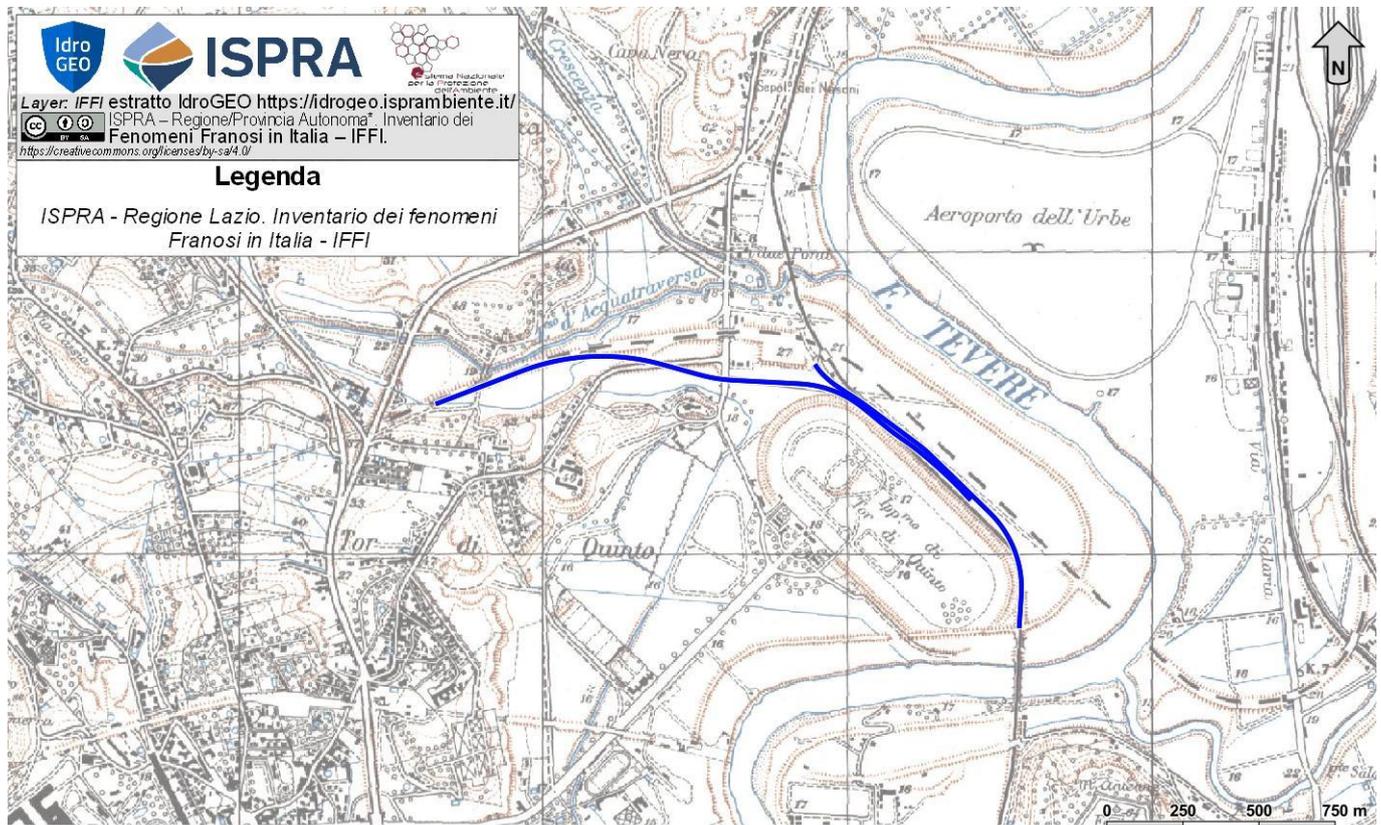
**Figura 20 - Stralcio della carta dell'“Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio di frana” del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico del bacino del Fiume Tevere – Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino centrale (PAI 2006 – aggiornamento 2022), con individuazione del tracciato ferroviario in progetto (legenda: Figura 18).**

Pertanto, le opere in progetto impegnano settori di territorio caratterizzati da generale stabilità geomorfologica, come confermato dagli studi geologici e geomorfologici appositamente condotti per il presente studio, basati sia sul rilevamento di campo che su analisi fotointerpretative di dettaglio, integrati con indagini dirette ed indirette.

Ad ogni modo, il livello di criticità specifica dei fenomeni di dissesto è relativo all'attuale contesto antropico e morfoclimatico dell'area.

### 9.2.3.2 Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI)

Nell'inventario frane IFFI (Figura 21) non sono presenti fenomeni di frana s.s. nei pressi delle opere in progetto e in tutto il settore di territorio oggetto di approfondimenti.



**Figura 21 - Stralcio della carta dell'“Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia” progetto IFFI (Regione Lazio 2007), con individuazione del tracciato ferroviario in progetto.**

### 9.2.4 *Forme, processi e depositi dovuti alle acque correnti superficiali*

Nell'area di studio, le forme di accumulo connesse al deflusso idrico superficiale derivano essenzialmente dai processi deposizionali dei principali sistemi fluviali presenti, come il Fiume Tevere, che conferiscono alle maggiori depressioni vallive una morfologia blandamente ondulata e leggermente degradante verso la costa tirrenica. I depositi che colmano i fondovalle presentano al loro interno vistose variazioni granulometriche e tessiturali e risultano, molto spesso, fortemente interdigerati tra loro, creando così un articolato sistema sedimentario di origine alluvionale.

In corrispondenza dei corsi d'acqua principali, e secondariamente lungo gli alvei dei loro affluenti maggiori, si rinvengono vistose scarpate di erosione fluviale e zone di erosione laterale delle sponde. Questi elementi sono particolarmente evidenti lungo i fondovalle del Fiume Tevere, mentre sono meno rilevanti lungo i fondovalle dei corsi d'acqua secondari. La maggior parte delle scarpate fluviali più importanti sono rielaborate da interventi antropici e da opere di protezione.

I processi erosivi di origine fluviale hanno avuto un ruolo fondamentale nello sviluppo dell'attuale paesaggio dell'area romana. Essi hanno infatti formato gran parte delle valli e delle aree impluviali che tagliano i rilievi collinari diffusi in tutta l'area urbana di Roma. Le scarpate fluviali che hanno originariamente caratterizzato i rilievi che bordano i fondovalle sono state in gran parte riprese e modificate da ulteriori processi morfogenetici, quali alterazione, dilavamento, fenomeni franosi e attività antropica, per cui sono ad oggi classificabili come forme poligeniche.

### **9.2.5 Forme poligeniche**

L'intero settore di studio è caratterizzato dalla presenza di diversi fattori morfogenetici, che interessano i terreni affioranti con intensità e caratteristiche differenti, spesso sovrapponendosi e combinandosi in vario modo tra loro. Come accennato in precedenza, ad essi va aggiunto l'importante ruolo svolto dalle caratteristiche stratigrafiche e sedimentologiche dei litotipi affioranti, nonché dagli elementi strutturali e tettonici localmente presenti.

Da questo quadro geomorfologico derivano, quindi, una serie di forme poligeniche originate dalla complessa sovrapposizione dei differenti fattori morfogenetici agenti sul territorio. Tali elementi sono rappresentati da estese scarpate morfologiche di origine fluviale, spesso con influenza strutturale e attualmente in evoluzione per fenomeni di dilavamento, alterazione ed erosione. Non di rado, inoltre, i suddetti elementi risultano ulteriormente rielaborati dall'attività antropica, che tende a riprendere e riadattare le forme geomorfologiche più importanti già presenti sul territorio.

La scarpate poligeniche si rinvengono in tutta l'area di studio in corrispondenza delle diverse unità geologiche affioranti. La maggior parte delle scarpate sono presenti in corrispondenza dei prodotti vulcanoclastici più coerenti e delle successioni sedimentarie pleistoceniche. Generalmente, le scarpate poligeniche vanno a costituire delle cornici morfologiche nella parte alta dei rilievi che bordano i principali fondovalle, anche se la forte antropizzazione dell'area tende spesso ad alterare o cancellare completamente tali elementi geomorfologici.

### **9.2.6 Forme antropiche e manufatti**

I settori di studio ricadono all'interno dell'area urbana di Roma e, pertanto, gli elementi e le forme antropiche risultano particolarmente diffusi e predominanti sugli altri elementi geomorfologici. L'elevata antropizzazione dell'area è testimoniata dalle numerose strutture e infrastrutture antropiche presenti, quali edifici, strade, ferrovie, ponti, viadotti e interventi di regimazione idraulica. Fa eccezione, nell'area di studio, il fondovalle del Fiume Tevere dove gli elementi antropici, seppur presenti, non sono così predominanti come in altre aree della città.

In molti settori sono presenti materiali di riporto antropico, con spessori e caratteristiche sedimentologiche estremamente variabili. Gran parte di questi terreni si rinvengono in corrispondenza delle principali infrastrutture dell'area, quali ferrovie, strade, aeroporti, argini e opere idrauliche. Localmente sono presenti anche depositi antropici di epoca storica, connessi alle diverse fasi di urbanizzazione dell'area urbana. Questi terreni presentano spessori mediamente compresi tra 1 e 5 m, anche se localmente possono raggiungere e superare i 10-12 m.

Ai suddetti elementi si aggiungono numerosi tagli e scarpate antropiche realizzate sia lungo le principali arterie stradali e ferroviarie, che in corrispondenza di fabbricati e abitazioni. Tali elementi presentano in genere altezze

contenute, raramente superiori ai 3 m e sono spesso posti in corrispondenza di elementi geomorfologici e scarpate naturali preesistenti.

Infine, importanti opere connesse all'attività antropica sono costituite da opere di regimazione idraulica delle acque correnti superficiali, oltre che da interventi di sistemazione dei principali corsi d'acqua presenti nell'area. La maggior parte di queste opere di regimazione si rinvencono lungo l'alveo del Fiume Tevere. Le opere sono rappresentate, essenzialmente, da argini in terra e sistemazioni delle sponde, volte a ridurre l'erosione laterale dell'alveo e la possibilità di inondazione dei settori di piana alluvionale.

### **9.2.7 Cavit  sotterranee naturali e antropiche**

Dalle stratigrafie dei sondaggi a disposizione e durante la fase di rilevamento non si   evidenziata la presenza di cavit  naturali e antropiche. Pertanto, in assenza di dati diretti si rimanda a quanto riportato dalla letteratura bibliografica (cfr. 9.1.2 - Sinkholes e sprofondamenti). Ad ogni modo, si rimarca in questa sede che il tracciato di progetto ricade interamente all'interno dei depositi alluvionali recenti che colmano il fondovalle del Fiume Tevere e dei suoi affluenti maggiori e, pertanto, la possibilit  di intercettare cavit  naturali o antropiche   sempre nulla o estremamente bassa.

## 10 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

I paragrafi di seguito riportati descrivono gli aspetti idrogeologici, sia a carattere regionale che locale, dell'area di studio, focalizzando l'attenzione sui complessi idrogeologici individuati nei settori di stretto interesse progettuale e sullo schema di circolazione idrica superficiale e profonda.

### 10.1 Idrografia

Il principale corso d'acqua dell'area è rappresentato dal Fiume Tevere che, nascendo del Monte Fumaiolo (1268 m s.l.m. – Appennino Tosco-Emiliano), attraversa un esteso settore dell'Italia centrale per sfociare nel Mar Tirreno. In corrispondenza dell'area urbana di Roma il Fiume Tevere presenta un andamento circa NNE-SSW e risulta caratterizzato da numerose anse e meandri. Il reticolo idrografico secondario, invece, risulta fortemente inibito a causa della forte antropizzazione subita dall'area nel corso degli ultimi due millenni. La tratta dell'opera in esame non è direttamente attraversa da elementi idrici di una certa rilevanza. Alcune decine di metri a nord del tracciato si trova il Fosso d'Acquatrasversa, che scorre dapprima in direzione NW-SE poi in direzione W-E fino alla confluenza col Fiume Tevere.

### 10.2 Assetto idrogeologico regionale

L'assetto idrogeologico e la circolazione delle acque sotterranee nel territorio di Roma risultano fortemente condizionati dall'assetto strutturale dell'area, dalla presenza di due importanti corsi d'acqua e dai rapporti di scambio idrico tra differenti unità idrogeologiche (Capelli et al. 2008). I molteplici acquiferi presenti in queste idrostrutture (Figura 22) hanno una circolazione complessa che tende a raccordarsi con le quote dei livelli di base fondamentali, costituiti dal Fiume Tevere, dal Fiume Aniene e dal Mar Tirreno (Funicello & Giordano 2008).

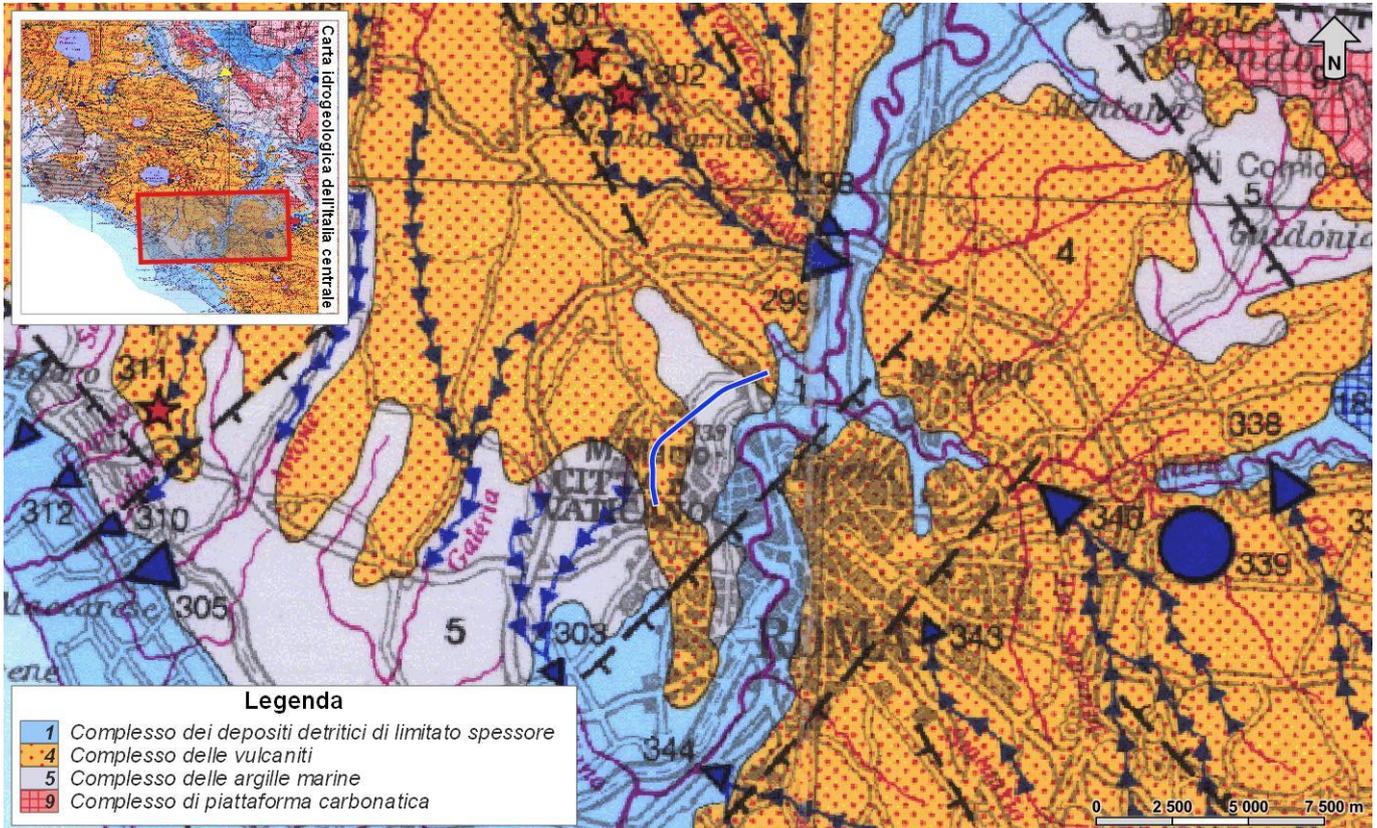


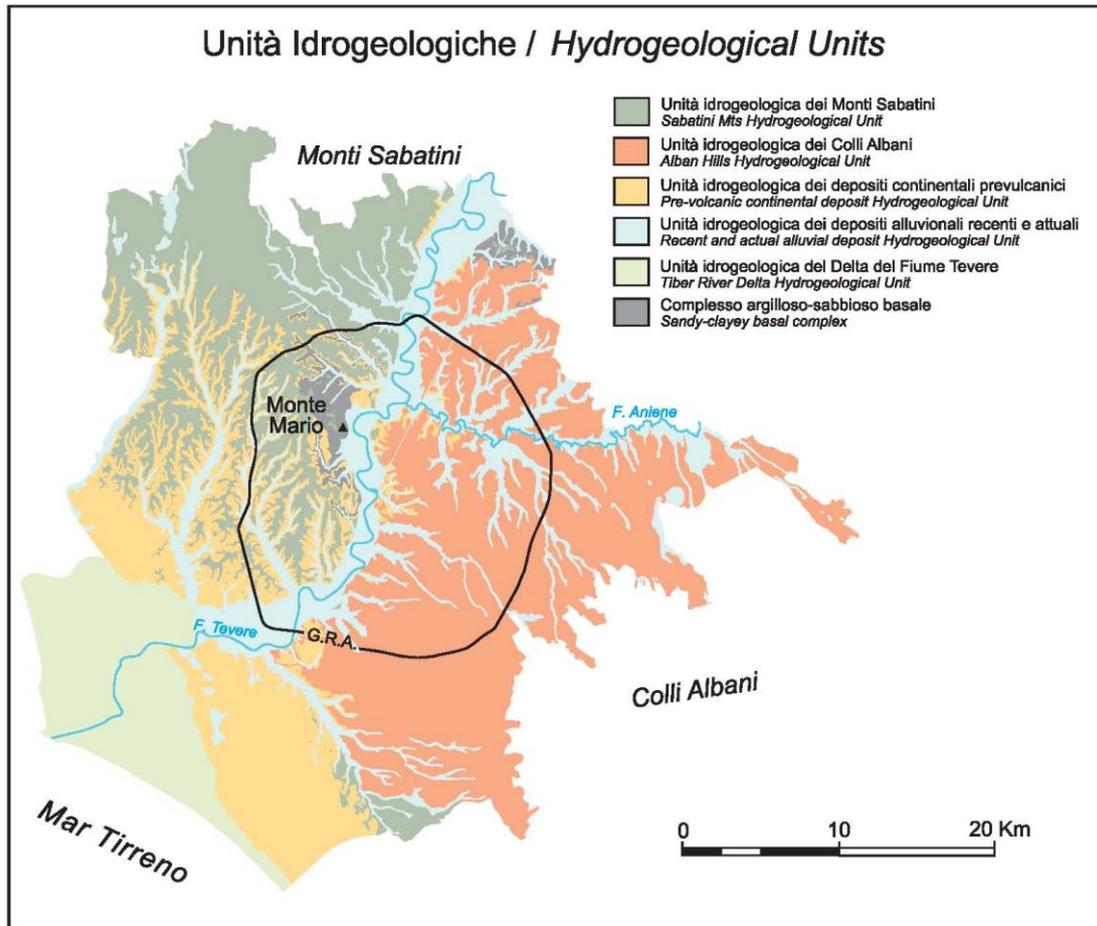
Figura 22 - Stralcio della Carta idrogeologica dell'Italia Centrale (da Boni et al. 1986), con indicazione del lotto in esame.

### 10.2.1 Unità idrogeologiche

Il territorio di Roma è caratterizzato dalla presenza di cinque grandi unità idrogeologiche (Figura 23), che si sovrappongono ad un complesso argilloso-sabbioso basale (Boni et al. 1988; Capelli et al. 2008; La Vigna & Mazza 2015). Le depressioni e gli alti strutturali, unitamente alle differenti permeabilità che caratterizzano alcuni principali complessi idrogeologici, determinano i limiti tra i grandi acquiferi e le linee di flusso delle acque sotterranee in essi presenti (Boni et al. 1988; La Vigna & Mazza 2015).

In particolare, oltre al complesso argilloso-sabbioso basale, le unità idrogeologiche presenti nell'area romana sono (Boni et al. 1988; Funicello & Giordano 2008; La Vigna & Mazza 2015):

- Unità idrogeologica dei Monti Sabatini;
- Unità idrogeologica dei Colli Albani;
- Unità idrogeologica dei depositi continentali prevulcanici di Ponte Galeria;
- Unità idrogeologica dei depositi alluvionali recenti e attuali;
- Unità idrogeologica del Delta del Fiume Tevere.



**Figura 23 - Stralcio della Carta idrogeologica di Roma (da La Vigna & Mazza 2015), con indicazione delle unità idrogeologiche presenti nel territorio romano.**

L'Unità idrogeologica dei Monti Sabatini presenta un drenaggio verso il settore tiberino, su cui si estende la città di Roma, e pur costituendo un'interessante risorsa idrica non è particolarmente sfruttata, anche a causa del modesto spessore dei depositi e della loro discontinuità, soprattutto nella parte più prossima al centro abitato (La Vigna & Mazza 2015). Nei settori più periferici dei Municipi XIV e XV invece, lo spessore del Complesso Vulcanico Sabatino aumenta e di conseguenza assume maggiore importanza idrogeologica. Sulla riva destra del Fiume Tevere, l'alto strutturale di Monte Mario, formato prevalentemente dalle litologie costituenti il substrato a bassissima permeabilità, determina una divergenza del flusso idrico sotterraneo verso sud-ovest e verso nord-est (Boni et al. 1988; La Vigna & Mazza 2015).

Ben diverso potenziale offre l'Unità idrogeologica dei Colli Albani, su cui si estende ampiamente il territorio di Roma Capitale. In questo dominio, essendo il substrato argilloso pre-vulcanico mediamente molto depresso come quota, gli acquiferi risultano caratterizzati da elevato spessore e drenano verso i Fiumi Tevere e Aniene e verso il Fosso di Malafede, senza trovare particolari ostacoli alla circolazione idrica sotterranea (Boni et al. 1988; Funicello & Giordano 2005; La Vigna & Mazza 2015). Nel territorio i corsi d'acqua perenni alimentati dalle falde acquifere dei Colli Albani sono numerosi e di portata sostenuta. Tra i principali vanno ricordati i Fossi di Malafede, Vallerano, Acqua Acetosa, Cecchignola, Vigna Murata, Tor Carbone, Almone, Acqua Mariana, Caffarella, Giardino,

Centocelle, Tor Sapienza, Osa. Oltre al drenaggio nei corsi d'acqua sopra riportati l'Unità Albana sostiene anche parte del deflusso dei Fiumi Tevere e Aniene (La Vigna & Mazza 2015).

L'Unità idrogeologica dei depositi continentali prevulcanici comprende sia i depositi della Successione di Ponte Galeria che quelli delle Formazioni di Santa Cecilia e del Fosso della Crescenza. Il settore di Ponte Galeria riceve la sua alimentazione a partire dalle unità sabatine a nord del bacino idrografico, permettendo di sostenere le circolazioni perenni del Rio Galeria e del Fosso della Magliana (La Vigna & Mazza 2015). Nella porzione più meridionale è interessato da forte disturbo antropico, sia a causa della imponente attività estrattiva che negli ultimi decenni ha "consumato" gran parte dei corpi acquiferi ghiaioso-sabbiosi, sia a causa della prevalente destinazione industriale cui è stato vocato questo settore di territorio e che ha inevitabilmente intaccato le matrici ambientali locali (Boni et al. 1988; La Vigna & Mazza 2015). L'acquifero presente all'interno del Complesso della formazione del Fosso della Crescenza e nel Complesso delle ghiaie della Formazione di Santa Cecilia si sviluppa su grandi spessori in corrispondenza della depressione ad andamento appenninico nota come "Graben del Paleotevere" (La Vigna et al. 2008). Questi corpi acquiferi, le cui circolazioni si raccordano con quelle più superficiali in corrispondenza dei corsi d'acqua principali, esistono anche al di sotto delle vulcaniti albane, fin sotto le pendici dell'edificio. La falda che risiede in queste unità sedimentarie, nel settore del "Graben del Paleotevere" e sotto l'edificio vulcanico albano, si caratterizza per un basso gradiente e quote piezometriche che oscillano attorno ai 20 m s.l.m. (Boni et al. 1988; La Vigna & Mazza 2015).

La Valle del Fiume Tevere, all'interno del centro urbano di Roma, è caratterizzata dalla presenza dell'Unità idrogeologica dei depositi alluvionali recenti e attuali e risulta incisa nel substrato a bassissima permeabilità (Boni et al. 1988; La Vigna & Mazza 2015). Gli spessori del complesso tiberino, incluso nel Complesso delle alluvioni e dei depositi lacustri, sono compresi tra i 40 e gli 80 m. La serie è essenzialmente limoso-sabbiosa, ma presenta anche livelli sabbiosi e ghiaiosi (Di Salvo et al. 2012). Alla base della serie è presente un "materasso" ghiaioso piuttosto continuo e con spessori da 5 a 10 m, che nel settore del centro città si trova quasi sempre isolato idraulicamente da circa 20 m di argille torbose al tetto e dalle argille plioceniche del substrato al letto e lateralmente (La Vigna et al. 2013; La Vigna & Di Salvo 2013). Esso ospita una importante falda confinata con una notevole produttività, probabilmente ricaricato lateralmente dalle unità idrogeologiche incise dal Fiume Tevere nel settore del "Graben del Paleotevere" (Boni et al. 1988; La Vigna & Mazza 2015).

L'Unità idrogeologica del delta del Fiume Tevere comprende tutto il settore del delta tiberino, il maggiore della costa tirrenica italiana (La Vigna & Mazza 2015). Il delta del Fiume Tevere presenta un'area emersa di 150 km<sup>2</sup> e si estende da Palo (a nord) fino a Tor Paterno (a sud), mentre la superficie dell'area sommersa è prossima ai 500 km<sup>2</sup>, con uno spessore massimo del corpo deltizio di 80 metri (Funicello & Giordano 2008; La Vigna & Mazza 2015). Come l'Unità dei depositi alluvionali, anche l'Unità dei depositi deltizi presenta acquiferi di vario tipo e potenziale (Mastrorillo et al. 2016), spesso interessati da fenomeni di intrusione marina.

Infine, il **Complesso argilloso-sabbioso basale** è costituito dalla successione delle Argille Vaticane (o Formazione di Monte Vaticano) e funge da *aquiclude* per tutti gli acquiferi ad esse giustapposti (Funicello & Giordano 2008). Tale complesso presenta notevole estensione e limita inferiormente tutte le unità idrogeologiche del territorio romano, che vengono abbondantemente ricaricate anche da aree esterne all'ambito comunale (Boni et al. 1988; La Vigna & Mazza 2015). Il tetto dell'*aquiclude* basale presenta una superficie fortemente articolata, derivante dalle condizioni morfo-strutturali e dall'azione di modellamento del reticolo idrografico antecedente alla messa in posto dei depositi vulcanici (Funicello & Giordano 2008; La Vigna & Mazza 2015).

	<p style="text-align: center;"><b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b>  <b>NPP – 0258: GRONDA MERCI DI ROMA - CHIUSURA ANELLO</b>  <b>NORD</b>  <b>TRATTA: VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO</b></p>					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B	FOGLIO 58 di 138

### 10.2.2 Strutture idrogeologiche e idrodinamica degli acquiferi

La circolazione idrica sotterranea nel territorio di Roma è condizionata da numerosi fattori, come la vicinanza al Mar Tirreno, il rapporto di scambio delle acque sotterranee tra diversi corpi idrogeologici e la presenza di due importanti corsi d'acqua, come il Fiume Tevere e il Fiume Aniene (Capelli et al. 2008; La Vigna et al. 2016). Tra questi assume particolare rilevanza il contesto strutturale e morfostratigrafico locale, che risulta caratterizzato dalla presenza di importanti complessi vulcanici (i Monti Sabatini a NW e i Colli Albani a SE) e da ripetute strutture a *horst and graben* con direzione NW-SE e N-S (La Vigna et al. 2016).

Il deflusso idrico sotterraneo di questo settore avviene essenzialmente dai distretti vulcanici che delimitano l'area verso il livello di base dei principali corpi idrici superficiali, come il Fiume Tevere, il Fiume Aniene ed il Mar Tirreno (La Vigna & Mazza 2015). I limiti dei principali corpi idrogeologici e il deflusso delle relative falde sono condizionati sia dalla posizione delle strutture a *horst and graben* che dai contrasti di permeabilità tra i diversi complessi idrogeologici affioranti nell'area (Ventriglia 1988, 1990; Lombardi 2003; La Vigna et al. 2008, 2010, 2016; La Vigna & Mazza 2015; Mazza et al. 2016).

I diversi acquiferi presenti nel territorio romano sono delimitati alla base da un substrato pelitico a bassissima permeabilità (Figura 24), che funge da *aquiclude* (Boni et al. 1988; Capelli et al. 2008; La Vigna & Mazza 2015). Questo complesso basale è formato da unità pelitiche e pelitico-sabbiose riferibili alle Formazioni di Monte Vaticano e Monte delle Picche e alla parte bassa della successione di Monte Mario (Funicello & Giordano 2008; La Vigna & Mazza 2015). Il tetto di questo complesso a bassa permeabilità è fortemente articolato e influenza direttamente la circolazione delle acque sotterranee all'interno degli acquiferi ad esso giustapposti lateralmente e verticalmente (La Vigna & Mazza 2015).

Nella zona di Roma, l'*aquiclude* pelitico-sabbioso si rinviene in affioramento nel centro storico, sul versante orientale di Monte Mario, lungo la Valle dell'Inferno alla base dei Colli Gianicolo e Vaticano e nel settore settentrionale lungo le incisioni dei Fossi di San Giovanni, Ornale, Orneto e Spallette di Santa Margherita, oltre che in riva destra del Fosso Galeria (Capelli et al. 2008; La Vigna & Mazza 2015; La Vigna et al. 2016). L'andamento del tetto dell'*aquiclude* è connesso a dislocazioni con andamento prevalentemente NW-SE e N-S, oltre che allo sviluppo di sistemi fluviali ed estuari a cui si è associata un'intensa azione erosiva e deposizionale concomitante con le oscillazioni eustatiche e gli episodi vulcanici (La Vigna et al. 2016).

A est di Monte Mario, lungo il Graben del Paleotevere, la superficie sommitale dell'*aquiclude* è posta ad una quota di circa -100 m s.l.m., essenzialmente a causa dell'intensa azione erosiva del corso d'acqua occorsa in seguito al sollevamento dell'alto di Monte Mario-Cesano nel tardo Pleistocene inferiore – Pleistocene medio (Giordano et al. 2003). In corrispondenza del Graben della Cecchignola, nel settore SW di Roma, il tetto del substrato pelitico-sabbioso è invece posto ad una quota di circa -50 m s.l.m. (Marra & Florindo 2014). Nella zona di passaggio tra l'ambiente vulcanico e quello deltizio, in riva sinistra del Fosso di Malafede, il substrato tende a risalire con direzione NW-SE fino a circa 25 m s.l.m., generando un alto topografico che funge da spartiacque tra le acque defluenti verso il Fosso di Malafede e il Fiume Tevere e quelle defluenti verso il mare (Bucci & Grillini 2001).

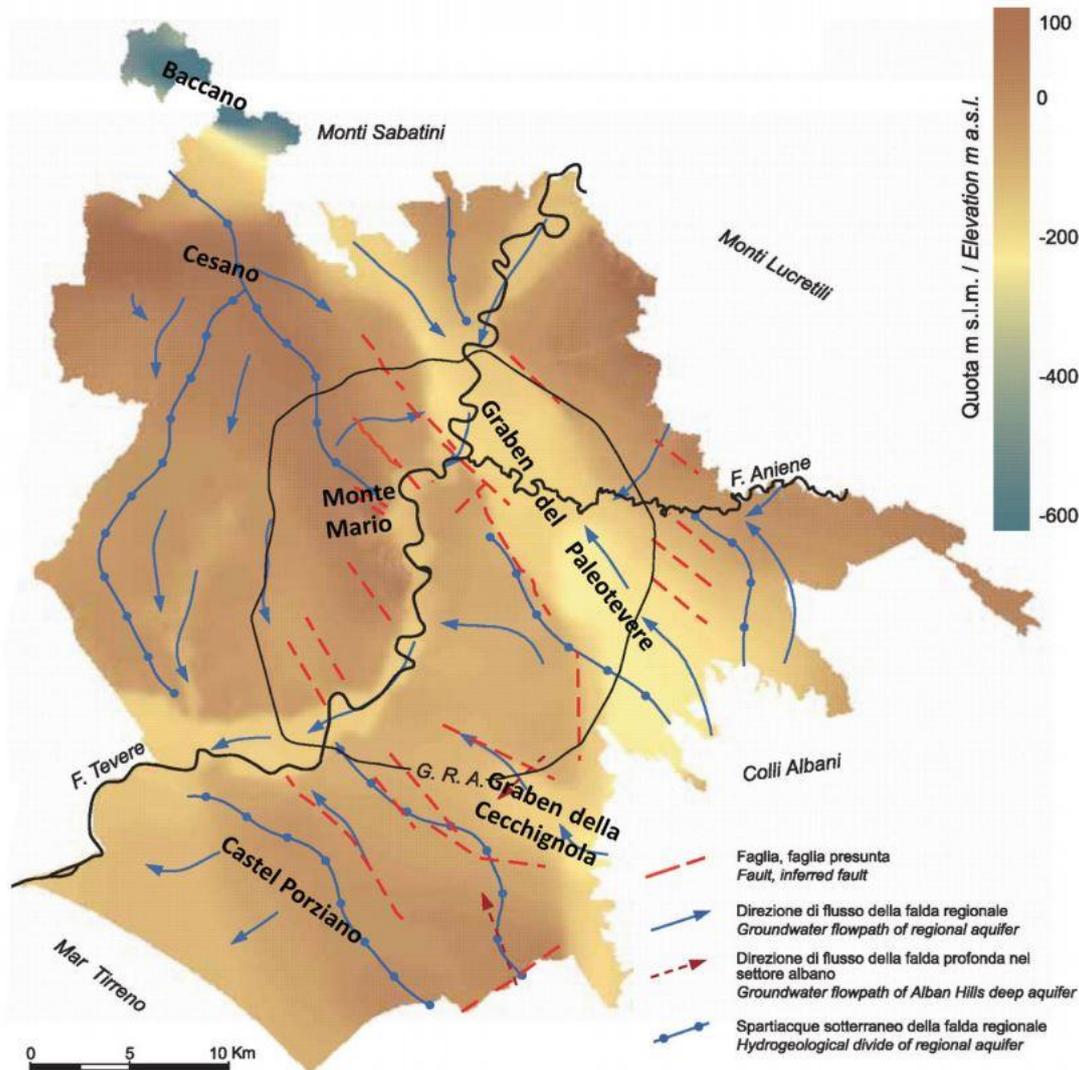


Figura 24 – Ricostruzione della superficie sommitale dell'*aquiclude* basale e degli spartiacque sotterranei nella zona di Roma (da La Vigna & Mazza 2015).

Il tetto dell'*aquiclude* tende ad approfondirsi in direzione della costa fino ad una quota di circa -40 m s.l.m. (Milli et al. 2013). Importanti incisioni sono comunque presenti in corrispondenza dei corsi d'acqua attuali, che hanno prodotto rilevanti incisioni nel complesso a bassa permeabilità durante il basso stazionamento marino dell'ultima fase glaciale (circa 20-30 ka). Lungo la valle alluvionale del Fiume Tevere si registrano approfondimenti del substrato fino a quota di circa -50 m s.l.m. (Di Salvo et al. 2012), mentre in corrispondenza del Fiume Aniene e di altri corsi d'acqua (come Fosso Galeria e Fosso della Magliana) l'*aquiclude* si attesta intorno ai -25 m circa s.l.m (La Vigna et al. 2008).

Nell'area a nord-est della zona di studio, l'assetto idrogeologico è fortemente condizionato dalla presenza dei Fiumi Tevere e Aniene. I fondovalle di questi due elementi idrografici, infatti, costituiscono il principale asse di drenaggio delle acque sotterranee dell'area (Di Salvo et al. 2012; La Vigna & Mazza 2015). Il deflusso avviene quindi dagli



	<b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b> <b>NPP – 0258: GRONDA MERCI DI ROMA - CHIUSURA ANELLO</b> <b>NORD</b> <b>TRATTA: VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B	FOGLIO 61 di 138

degli acquiferi sabbioso-ghiaiosi e la formazione di alcuni importanti assi di drenaggio sotterraneo (La Vigna & Mazza 2015).

Il principale settore di recapito di deflussi idrici sotterranei è rappresentato dal Fosso Galeria, che risulta caratterizzato da depositi alluvionali permeabili fortemente incisi nei termini pelitici a bassa permeabilità (Capelli et al. 2008; La Vigna et al. 2008). Ad esso si aggiungono ulteriori assi di drenaggio preferenziali situati in corrispondenza di Valle dell’Inferno e Fosso Maglianella, entrambi orientati circa N-S (La Vigna & Mazza 2015). La falda, che defluisce generalmente verso sud e sud-ovest, è posta a quote variabili tra i 30 ed i 70 m s.l.m. e presenta gradienti idraulici per lo più modesti (La Vigna & Mazza 2015). Locali incrementi delle pendenze della superficie piezometrica si registrano unicamente tra la Valle dell’Inferno e il rilievo di Monte Mario, dove l’andamento del substrato poco permeabile condiziona fortemente l’andamento della falda (Capelli et al. 2008; La Vigna & Mazza 2015; La Vigna et al. 2016).

### **10.2.3 Sorgenti e opere di captazione**

Per poter ricostruire con maggior dettaglio l’andamento e le caratteristiche delle falde idriche presenti nell’area, nel corso dello studio si è provveduto ad acquisire tutte le informazioni disponibili relativamente ai pozzi ed alle sorgenti esistenti nei settori di studio e nelle aree ad essi limitrofe. A tal fine, sono stati consultati i dati presenti nel PRG del comune di Roma Capitale (2003) e nella Carta Geologia del territorio del comune di Roma (Ventriglia 2002).

In tal modo, è stato possibile individuare, catalogare e cartografare numerosi pozzi e sorgenti all’interno dell’area di interesse. Tutti questi dati sono riportati nelle apposite cartografie in allegato alle presenti note di sintesi. Per una trattazione completa dei dati raccolti nell’ambito del presente studio si rimanda al paragrafo 10.3.3 - Opere di captazione ed emergenze sorgentizie.

### **10.2.4 Vulnerabilità degli acquiferi all’inquinamento**

La valutazione della pericolosità di inquinamento, ovvero la probabilità che un evento di contaminazione possa interessare un determinato settore di un acquifero entro un certo intervallo di tempo, è generalmente di difficile quantificazione. Per tale motivo, indipendentemente dal parametro temporale probabilistico, è più significativo valutare la vulnerabilità all’inquinamento degli acquiferi, cioè la loro suscettività potenziale ad essere contaminati da un inquinante, liquido o idroveicolato, in relazione ai parametri idrogeologici (Civita 2005). La maggiore o minore vulnerabilità degli acquiferi alla contaminazione (naturale o artificiale, dovuta a cause esterne) dipende, quindi, da numerosi fattori (anch’essi naturali o artificiali) che si combinano spesso fra loro (Celico 1986, 1988).

Il massiccio sviluppo urbanistico della città di Roma ha determinato tutta una serie di alterazioni del sottosuolo che hanno aumentato la vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee. Da un lato, infatti, gli interventi edificatori favoriscono l’arrivo degli inquinanti in falda, dall’altro diminuiscono gli apporti alle circolazioni idriche sotterranee dovuti alle precipitazioni atmosferiche, determinando un depauperamento delle risorse che riduce la capacità autodepurative del terreno.

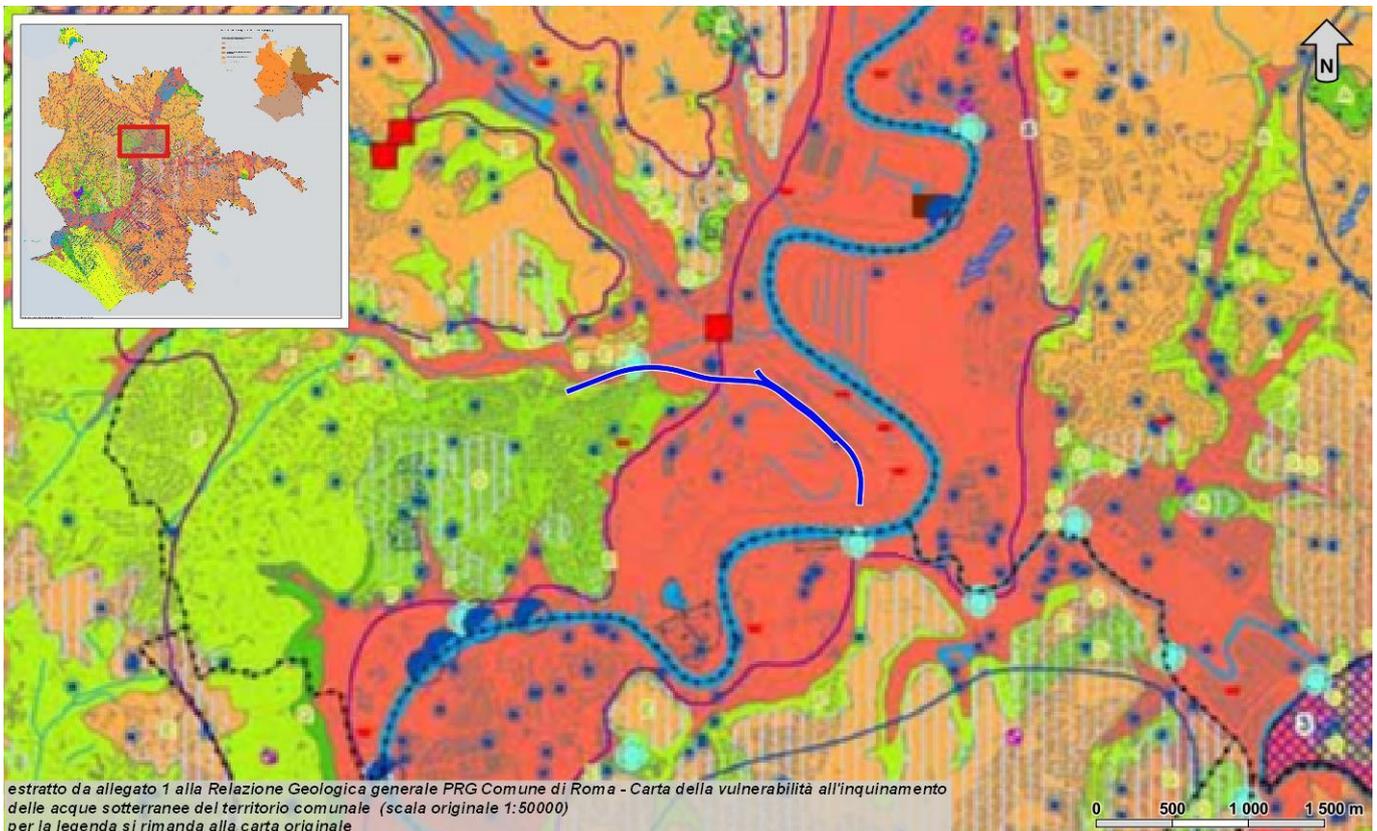
La vulnerabilità da degrado delle risorse idriche sotterranee, nell’area romana, ha fondamentalmente una causa di origine antropica collegata con (Succhiarelli & D’Ottavio 2008):

- inquinamento dovuto alle molteplici emissioni inquinanti del complesso sistema urbano;
- sovrasfruttamento collegato con la richiesta idrica crescente da parte di attività agricole, industriali e domestiche, maggiore rispetto alla disponibilità rinnovabile;
- interazione reciproca tra inquinamento e sfruttamento della risorsa.

La vulnerabilità da degrado delle risorse idriche sotterranee è quindi distinguibile in (Succhiarelli & D'Ottavio 2008):

- vulnerabilità da degrado qualitativo per inquinamento;
- vulnerabilità da degrado quantitativo per sovrasfruttamento;
- vulnerabilità da degrado combinata, tra degrado quantitativo e qualitativo.

La carta della vulnerabilità all'inquinamento delle acque sotterranee del territorio comunale di Roma (D'Ottavio & Succhiarelli 2008) è stata realizzata effettuando una zonazione dei diversi gradi di vulnerabilità potenziale degli acquiferi. Tale zonazione è stata condotta valutando, con metodo qualitativo, il grado di permeabilità relativa verticale dei depositi che possono essere attraversati da un flusso idrico inquinante. I gradi di vulnerabilità (distinti in Elevatissimo, Elevato, Alto, Medio, Basso, Bassissimo) rappresentano quindi una prima indicazione qualitativa delle condizioni dell'area del Comune di Roma.



**Figura 26 – Stralcio della Carta della vulnerabilità all'inquinamento delle acque sotterranee del territorio comunale, allegato 1 alla Relazione Geologica generale PRG Comune di Roma (per la legenda si rimanda alla cartografia originale <http://www.urbanistica.comune.roma.it/prg-2008-vigente/elaborati-gestionali/g9a-relazione-geologica.html>), scala 1:50000, con indicazione delle opere in esame (blu).**

In tutta la tratta in esame (Figura 26), l'assetto idrogeologico è fortemente condizionato dalla presenza del Fiume Tevere e del Fosso d'Acquatraversa, suo immissario in destra idrografica. Considerata la presenza anche di depositi alluvionali con permeabilità per porosità variabile da bassa a media ad alta (**B**), il grado di vulnerabilità di tali fondovalle è elevato. Solo localmente, ai margini della piana, il tracciato borda depositi caratterizzati da valori di vulnerabilità variabili da medio-alti a bassissimi, in corrispondenza dei depositi delle unità di Monte Mario e Ponte Galeria (**P**), che presentano permeabilità per porosità variabile a seconda dei litotipi coinvolti.

### 10.3 Assetto idrogeologico locale

L'approfondimento idrogeologico realizzato per il presente studio ha consentito di definire, con il dovuto grado di dettaglio, le principali caratteristiche dell'area e lo schema di deflusso idrico sotterraneo relativo a tale settore. Le analisi sono state basate, in particolare, sui dati geologico-strutturali a disposizione e sulle informazioni idrogeologiche presenti nella vasta letteratura scientifica riguardante l'area.

Il modello idrogeologico così sviluppato è stato quindi integrato, ove possibile, con ulteriori dati provenienti dal monitoraggio piezometrico delle strumentazioni appositamente installate nei fori di sondaggio e dalle numerose prove di permeabilità condotte in fase di perforazione. Inoltre, i dati piezometrici reperiti e le informazioni idrogeologiche contenute negli studi esistenti, hanno costituito un valido strumento per la ricostruzione del deflusso idrico sotterraneo di alcuni settori caratteristici dell'area di studio.

Infine, lo studio geologico condotto ha permesso di definire lo stato di alterazione/fessurazione degli ammassi rocciosi e le caratteristiche granulometriche dei terreni interessati dalle opere in progetto. Tali caratteristiche, come noto, influenzano in maniera diretta il coefficiente di permeabilità dei vari corpi geologici e, quindi, la circolazione idrica sotterranea dell'area di studio.

#### 10.3.1 Complessi idrogeologici

Nel settore in esame sono stati individuati sei complessi idrogeologici, distinti sulla base delle differenti caratteristiche di permeabilità e del tipo di circolazione idrica che li caratterizza. Di seguito vengono descritti i caratteri peculiari dei diversi complessi individuati, seguendo uno schema basato sull'assetto geologico dell'area e sulle caratteristiche di permeabilità dei diversi termini litologici.

Nello specifico, la definizione delle caratteristiche idrogeologiche dei vari complessi attraversati dalle opere di progetto è stata compiuta in considerazione delle prove di permeabilità realizzate nei fori di sondaggio delle diverse campagne di indagine di Italferr. Nei paragrafi "11.1.2 Prove di permeabilità" e "11.2.2 Prove di permeabilità" si riporta una sintesi di tali prove distinte per campagna di indagine, con indicazione dei valori di permeabilità determinati. Mentre, nel paragrafo "10.3.2 Permeabilità dei complessi idrogeologici" si riporta una sintesi delle prove di permeabilità distinte per complesso idrogeologico di appartenenza, con indicazione dei valori di permeabilità determinati e della campagna di indagine.

Si sottolinea, infine, che la stima del *range* di variazione del coefficiente di permeabilità relativo ad ogni complesso idrogeologico è stata effettuata in funzione delle caratteristiche sedimentologiche e litologiche dei terreni, nonché del grado di alterazione e fessurazione dei singoli ammassi. I dati delle prove di permeabilità a disposizione sono stati quindi analizzati in relazione alle specifiche caratteristiche del complesso di appartenenza, scartando eventuali valori anomali o caratteristici di condizioni geologiche ed idrogeologiche locali, non rappresentative del comportamento medio dell'unità.

##### 10.3.1.1 Complessi delle unità del substrato

Questo gruppo è rappresentato da un singolo complesso idrogeologico, riferibile alla successione sedimentaria pliocenica della Formazione di Monte Vaticano.

###### 10.3.1.1.1 Substrato argilloso-sabbioso

Al presente complesso (**SAS**) sono associati i depositi argilloso-sabbiosi dell'unità **MVA**, costituenti il substrato geologico dell'intera area di studio. Dal punto di vista litologico, si tratta di argille, argille limose e argille marnose

in strati da sottili a medi, in alternanza con sabbie fini in strati da sottili a molto spessi, talora gradati; i livelli pelitici si presentano da consolidati a molto consolidati, con tipica frattura concoide, mentre i livelli sabbiosi si presentano da sciolti a mediamente cementati; nella parte bassa della successione è presente un livello di argille plastiche e prive di stratificazione, mentre nella parte alta si rinviene un sottile livello cineritico laminato.

I terreni in questione costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente e, nel contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli *aquiclude* di notevole importanza per tutti i corpi idrogeologici limitrofi; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza, a meno di piccole falde confinate negli orizzonti sabbiosi più permeabili. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è generalmente variabile da impermeabile a bassa. A tale complesso si può pertanto attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  variabile tra  $1 \cdot 10^{-10}$  e  $5 \cdot 10^{-7}$  m/s.

#### 10.3.1.2 Complessi dei depositi di copertura

Tale gruppo è rappresentato da cinque differenti complessi idrogeologici, composti essenzialmente da depositi quaternari di natura vulcanica, alluvionale, costiera e detritico-colluviale. I presenti depositi si rinvencono quasi ovunque come copertura del substrato argilloso-sabbioso dell'area.

##### 10.3.1.2.1 Depositi cineritico-tufacei

A questo complesso (**DCT**) sono riferiti i depositi prevalentemente vulcanici delle unità **TDC**, **TIB**, **PTI**, **SKF** e **LTT**. Sotto il profilo litologico, il complesso è composto da ceneri a granulometria sabbiosa, sabbioso-limosa e limoso-sabbiosa, a struttura massiva o stratificata, talora caotica, da poco a ben cementate, con abbondanti scorie e pomici di dimensioni centimetriche, litici lavici, locali lapilli accrezionari e cristalli; a luoghi si rinvencono bancate di lapilli accrezionari e livelli di scorie e pomici prevalenti; talora sono presenti passaggi di depositi limno-palustri, paleosuoli, vulcanoclastiti rimaneggiate e ceneri fortemente pedogenizzate.

Questi depositi costituiscono acquiferi misti di elevata trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di notevole rilevanza, sia frazionate che a deflusso unitario, che presentano interscambi con i corpi idrici sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe; localmente, le falde alimentano corsi d'acqua perenni con portate sostenute. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da molto bassa a media. Al complesso in questione si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  compreso tra  $5 \cdot 10^{-8}$  e  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s.

##### 10.3.1.2.2 Depositi pelitico-sabbiosi

Questo complesso (**DPS**) è costituito da depositi prevalentemente pelitico-sabbiosi dell'unità **bb3**. Litologicamente, si tratta di argille limose e limi argillosi a struttura indistinta o laminata, con diffusi orizzonti organici, sottili livelli di sabbie e rare ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate; si rinvencono frequenti passaggi di argille sabbiose, argille limoso-sabbiosa e limi argilloso-sabbiosi a struttura indistinta o debolmente laminata, con rari orizzonti organici.

I presenti litotipi costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente e, nel contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli *aquitard* di importanza variabile in relazione all'estensione e allo spessore dei depositi; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza, a meno di piccole falde stagionali all'interno degli orizzonti sabbioso-limosi più permeabili. La permeabilità, per porosità e secondariamente per fessurazione, è variabile da molto bassa a bassa. A questo complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  variabile tra  $5 \cdot 10^{-9}$  e  $5 \cdot 10^{-6}$  m/s.

#### 10.3.1.2.3 Depositi sabbioso-limosi

Al presente complesso (**DSL**) sono riferiti i depositi sabbioso-limosi delle unità **bb2** e **ba2**. Dal punto di vista litologico, si tratta di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a struttura indistinta o incrociata, con rare ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvencono livelli di argille limose, passaggi di limi argilloso-sabbiosi e lenti di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose a sub-arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante.

I terreni in questione costituiscono acquiferi misti di buona trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di discreta rilevanza, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che presentano interscambi con i corpi idrici superficiali e/o sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, per porosità e secondariamente per fessurazione, è variabile da bassa a media. A tale complesso si può pertanto attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  variabile tra  $1 \cdot 10^{-6}$  e  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s.

#### 10.3.1.2.4 Depositi ghiaioso-sabbiosi

Tale complesso (**DGS**) è composto dai litotipi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi delle unità **FCZ**, **CIL**, **VGU**, **VTN** e **bb1**. Litologicamente si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, talora appiattite, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e sabbioso-quarzosa da scarsa ad abbondante, con locale stratificazione incrociata e sporadica cementazione; a luoghi si rinvencono lenti e/o livelli di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi con diffuse ghiaie poligeniche da angolose ad arrotondate e inclusi di scorie, pomici, tufi, analcime e pirosseni; talora sono presenti conglomerati poligenici, argille limoso-sabbiose, marne, travertini, orizzonti pedogenizzati e livelli vulcanoclastici.

I presenti depositi costituiscono acquiferi misti di elevata trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di notevole rilevanza, generalmente a deflusso unitario, che presentano interscambi con i corpi idrici superficiali e/o sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe; lungo il fondovalle del F. Tevere, l'acquifero è sede di una falda confinata di notevole produttività. La permeabilità, per porosità e secondariamente per fessurazione, è variabile da media ad alta. A questo complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  variabile tra  $1 \cdot 10^{-5}$  e  $5 \cdot 10^{-3}$  m/s.

#### 10.3.1.2.5 Terreni di copertura

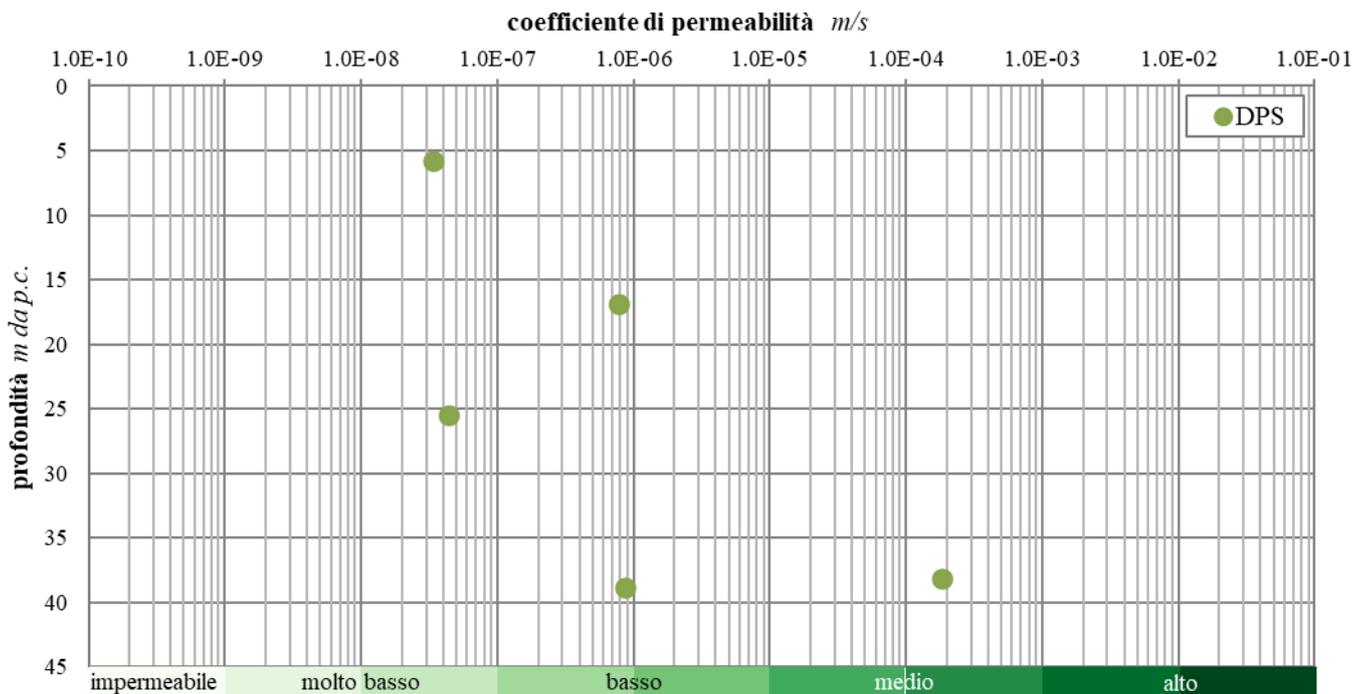
A questo complesso (**TRC**) sono riferiti i terreni di copertura recenti delle unità **b2** e **h**. Sotto il profilo litologico, si tratta di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a struttura indistinta, con abbondanti ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate; argille limose e limi argilloso-sabbiosi a struttura indistinta, con locali ghiaie poligeniche da sub-arrotondate a arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di argille sabbiose e ghiaie poligeniche ed eterometriche, da angolose a sub-arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante.

I terreni in esame costituiscono acquiferi porosi di scarsa trasmissività a causa del ridotto spessore dei depositi, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono privi di corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di piccole falde a carattere stagionale, direttamente influenzate dal regime delle precipitazioni meteoriche. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da molto bassa a media. A presente complesso, pertanto, è possibile attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  compreso tra  $1 \cdot 10^{-8}$  e  $1 \cdot 10^{-3}$  m/s.

### 10.3.2 Permeabilità dei complessi idrogeologici

Di seguito si riporta una sintesi delle prove relative alle tratte in esame, con indicazione dei valori di permeabilità determinati distinti per i relativi complessi idrogeologici di appartenenza.

sigla	prova	tipologia	profondità <i>m</i>	permeabilità <i>m/s</i>	identificativo CI
L1BPS02DH	LF3	Lefranc	37.9 - 38.4	1.84E-04	NR4E12R-2022
L1BPS03PZ	LF3	Lefranc	25.0 - 26.0	4.35E-08	NR4E12R-2022
L1BPS04DH	LF1	Lefranc	5.0 - 6.6	3.37E-08	NR4E12R-2022
S1	Le3	Lefranc	38.0 - 39.6	8.63E-07	NR4E00R-2021
S4	Le2	Lefranc	16.3 - 17.4	7.70E-07	NR4E00R-2021

**Tabella 1 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità per i Depositi pelitico-sabbiosi (DPS).**

**Figura 27 - Grafico di distribuzione del coefficiente di permeabilità in funzione della profondità per i Depositi pelitico-sabbiosi (DPS).**

sigla	prova	tipologia	profondità <i>m</i>	permeabilità <i>m/s</i>	identificativo CI
L1BPS01PZ	LF2	Lefranc	13.0 - 14.0	9.53E-05	NR4E12R-2022
L1BPS03PZ	LF2	Lefranc	17.5 - 19.0	2.43E-05	NR4E12R-2022
L1BPS04DH	LF2	Lefranc	18.0 - 19.5	7.71E-05	NR4E12R-2022
L1APS01	LFCV1	Lefranc	12.5 - 13.0	6.11E-07	NR4E1AR-2022
L1APS01	LFCV2	Lefranc	20.5 - 21.0	4.00E-05	NR4E1AR-2022
S1	Le2	Lefranc	17.5 - 19.0	5.12E-06	NR4E00R-2021
S4	Le1	Lefranc	5.0 - 6.0	1.24E-05	NR4E00R-2021
S4	Le3	Lefranc	36.0 - 37.0	4.65E-06	NR4E00R-2021

sigla	prova	tipologia	profondità <i>m</i>	permeabilità <i>m/s</i>	identificativo CI
S6	1	Lefranc	9.0 - 11.0	1.12E-04	NR4E00R-2021
S6	2	Lefranc	16.5 - 18.0	1.23E-04	NR4E00R-2021
S6	3	Lefranc	35.0 - 36.0	1.74E-04	NR4E00R-2021
XL151VG01	Le1	Lefranc	32.4 - 32.9	8.70E-06	L15100R-2003
XL151VG01	Le2	Lefranc	52.0 - 53.0	5.00E-06	L15100R-2003
XL151VG02	Le1	Lefranc	29.0 - 29.5	2.30E-05	L15100R-2003

**Tabella 2 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità per i Depositi sabbioso-limosi (DSL).**

**Figura 28 - Grafico di distribuzione del coefficiente di permeabilità in funzione della profondità per i Depositi sabbioso-limosi (DSL).**

sigla	prova	tipologia	profondità <i>m</i>	permeabilità <i>m/s</i>	identificativo CI
L1BPS01PZ	LF3	Lefranc	28.0 - 29.0	1.34E-04	NR4E12R-2022
L1BPS01PZ	LF4	Lefranc	47.0 - 48.0	3.91E-05	NR4E12R-2022
L1BPS02DH	LF2	Lefranc	16.2 - 16.7	2.12E-05	NR4E12R-2022
L1BPS02DH	LF4	Lefranc	55.0 - 55.6	1.00E-04	NR4E12R-2022
L1BPS03PZ	LF4	Lefranc	53.5 - 55.0	1.03E-04	NR4E12R-2022
L1BPS04DH	LF3	Lefranc	47.0 - 48.3	2.10E-04	NR4E12R-2022

**Tabella 3 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità per i Depositi ghiaioso-sabbiosi (DGS).**



**Figura 29 - Grafico di distribuzione del coefficiente di permeabilità in funzione della profondità per i Depositi ghiaioso-sabbiosi (DGS).**

sigla	prova	tipologia	profondità $m$	permeabilità $m/s$	identificativo CI
L1BPS01PZ	LF1	Lefranc	3.2 - 4.2	2.62E-05	NR4E12R-2022
L1BPS02DH	LF1	Lefranc	1.7 - 2.2	1.81E-04	NR4E12R-2022
L1BPS03PZ	LF1	Lefranc	4.4 - 5.4	4.71E-08	NR4E12R-2022
S1	Le1	Lefranc	5.0 - 6.0	8.54E-07	NR4E00R-2021

**Tabella 4 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità per i Terreni di copertura (TRC).**

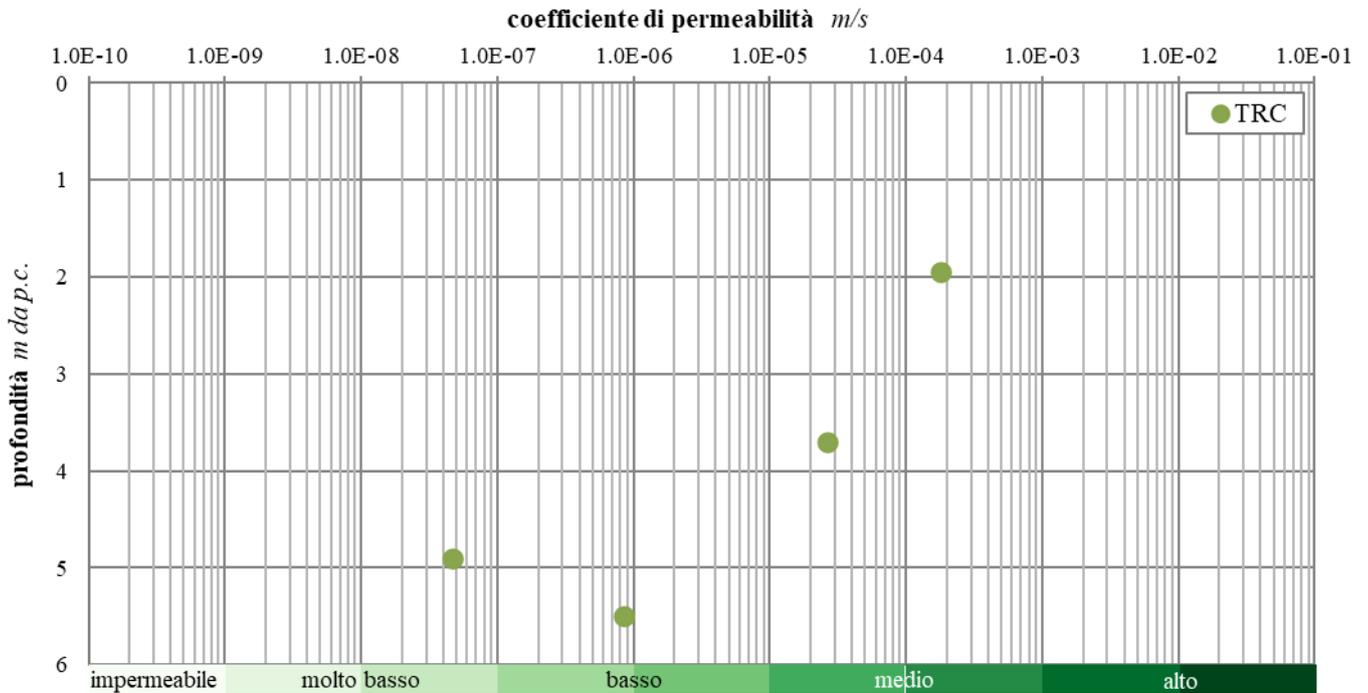


Figura 30 - Grafico di distribuzione del coefficiente di permeabilità in funzione della profondità per i Terreni di copertura (TRC).

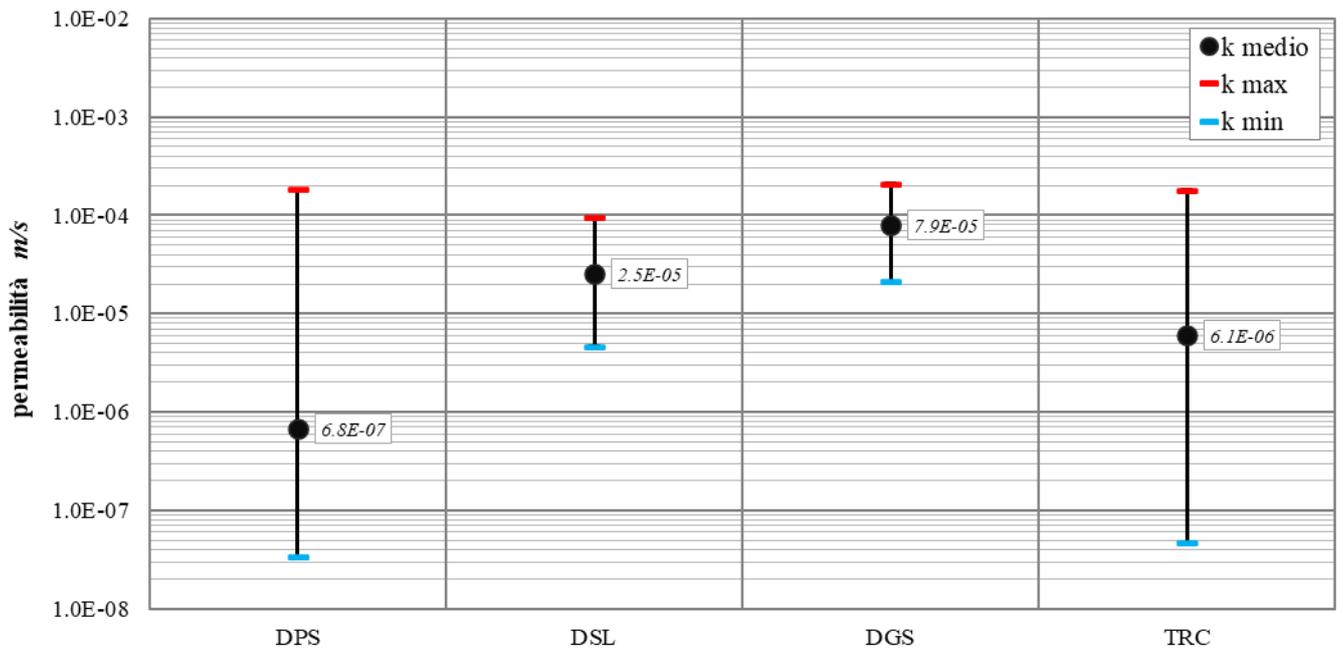


Figura 31 - Grafico di distribuzione del coefficiente di permeabilità per i complessi individuati lungo la tratta in esame.

### 10.3.3 Opere di captazione ed emergenze sorgentizie

Per poter ricostruire con maggior dettaglio le caratteristiche idrogeologiche dell'area e l'andamento delle falde idriche sotterranee, nel corso dello studio si è provveduto ad acquisire tutte le informazioni disponibili sui pozzi e le sorgenti esistenti nel settore di intervento. In particolare, nei settori di territorio relativi alle tratte in esame sono state individuati e censiti n. 42 pozzi/captazioni.

I dati disponibili nella Carta idrogeologica del territorio comunale del Nuovo Piano Regolatore Generale si riferiscono a dati sperimentali di campagna (1998 – 2000) suddivisi per municipalità. Tali dati sono elencati in appendice 1 alla Relazione geologica generale G9.A e nella Carta Idrogeologica del territorio comunale G9.3 del Piano Regolatore Generale Comune di Roma (PRG Roma Capitale 2003). Inoltre, i dati relativi al lavoro Geologia del territorio del comune di Roma (Ventriglia 2002) riportano il censimento dei punti d'acqua esistenti sul territorio del comune di Roma, quali sorgenti, i pozzi alla romana ed i pozzi trivellati. Per ciascuno di questi punti d'acqua sono disponibili informazioni di carattere generale, le ubicazioni e la quota del pelo libero d'acqua.

Nella Tabella 5 sono riportati i pozzi e le captazioni presenti nell'area con indicazione dei principali dati (fonte, sigla, coordinate nel sistema di riferimento Monte Mario/Italy 2 (EPSG 3004), quota, tipologia, profondità e quota del livello statico). I punti di ubicazione sono riportati nella carta idrogeologica (NR4E12R69L5GE0002001). Si sottolinea che per i pozzi e le captazioni privi di codice identificativo è stato attribuito un codice univoco nell'ambito del presente studio (Pz così come indicato in Tabella 5).

fonte	sigla	Monte Mario/Italy 2		quota m s.l.m.	tipologia	prof m	quota del livello statico m s.l.m.
		X	Y				
PRG Roma Capitale 2003	Pz55	2310886	4647079	0	Pozzo domestico		
	Pz58	2311262	4647208	0	Pozzo domestico		
	IV-70	2313032	4646319	16	Pozzo generico		5
	IV-68	2313091	4646651	16	Pozzo generico		9
	XX-64	2311239	4646939	16	Pozzo generico		15.5
	Pz53	2310244	4646952	0	Pozzo già in concessione determinata		
	Pz40	2313037	4646175	0	Pozzo industriale		
	Pz45	2313047	4646383	0	Pozzo industriale		
	Pz52	2310752	4646946	0	Pozzo industriale		
	Pz54	2312365	4647007	0	Pozzo industriale		
	Pz56	2311700	4647142	0	Pozzo industriale		
	Pz59	2311530	4647506	0	Pozzo industriale		
	Pz60	2311524	4647516	0	Pozzo industriale		
	Pz61	2310698	4647751	0	Pozzo industriale		
	Pz62	2310913	4647853	0	Pozzo industriale		
	Pz64	2311051	4647901	0	Pozzo industriale		
Pz96	2309957	4647245	0	Pozzo industriale			
Ventriglia 2002	e 12/7	2312611	4646098	52	Pozzo con stratigrafia	70	

fonte	sigla	Monte Mario/Italy 2		quota m s.l.m.	tipologia	prof m	quota del livello statico m s.l.m.
		X	Y				
	e 12/6	2312797	4646103	58	Pozzo con stratigrafia	30	
	e 13/40	2313082	4646164	16	Pozzo con stratigrafia	11 3	
	e 12/4	2312963	4646395	26	Pozzo con stratigrafia	54	
	e 12/3	2312872	4646460	0	Pozzo con stratigrafia	0	
	e 12/2	2312702	4646634	17	Pozzo con stratigrafia	60	
	E 11/30	2310960	4647024	46	Pozzo con stratigrafia	30	
	E 11/32	2310749	4647027	53	Pozzo con stratigrafia	20	
	E 11/29	2310809	4647056	43	Pozzo con stratigrafia	18	
	E 11/28	2310352	4647067	35	Pozzo con stratigrafia	10	
	E 11/26	2310701	4647068	51	Pozzo con stratigrafia	18	
	E 11/22	2310802	4647142	45	Pozzo con stratigrafia	21	
	E 11/23	2310717	4647154	45	Pozzo con stratigrafia	22	
	E 11/21	2310515	4647166	44	Pozzo con stratigrafia	26	
	E 11/19	2310773	4647198	42	Pozzo con stratigrafia	11	
	E 11/18	2310750	4647291	45	Pozzo con stratigrafia	16	
	E 11/16	2310962	4647324	38	Pozzo con stratigrafia	39	
	E 11/17	2310889	4647350	26	Pozzo con stratigrafia	16	
	E 11/14b	2310636	4647430	21	Pozzo con stratigrafia	41	
	E 11/14a	2310524	4647457	40	Pozzo con stratigrafia	22	
	E 12/6	2311307	4647950	21	Pozzo con stratigrafia	30	
	E 11/27	2310008	4647061	0	Pozzo con stratigrafia	4	
	E 11/31	2310166	4647014	0	Pozzo con stratigrafia	27	
	E 12/9	2311644	4647096	18	Pozzo	30	
	E 12/7	2311422	4647885	20	Pozzo	70	
	e 12/7	2312611	4646098	52	Pozzo con stratigrafia	70	
	e 12/6	2312797	4646103	58	Pozzo con stratigrafia	30	
	e 13/40	2313082	4646164	16	Pozzo con stratigrafia	11 3	
	e 12/4	2312963	4646395	26	Pozzo con stratigrafia	54	
	e 12/3	2312872	4646460	0	Pozzo con stratigrafia	0	
	e 12/2	2312702	4646634	17	Pozzo con stratigrafia	60	
	E 11/30	2310960	4647024	46	Pozzo con stratigrafia	30	

fonte	sigla	Monte Mario/Italy 2		quota m s.l.m.	tipologia	prof m	quota del livello statico m s.l.m.
		X	Y				
	E 11/32	2310749	4647027	53	Pozzo con stratigrafia	20	
	E 11/29	2310809	4647056	43	Pozzo con stratigrafia	18	
	E 11/28	2310352	4647067	35	Pozzo con stratigrafia	10	
	E 11/26	2310701	4647068	51	Pozzo con stratigrafia	18	
	E 11/22	2310802	4647142	45	Pozzo con stratigrafia	21	
	E 11/23	2310717	4647154	45	Pozzo con stratigrafia	22	
	E 11/21	2310515	4647166	44	Pozzo con stratigrafia	26	
	E 11/19	2310773	4647198	42	Pozzo con stratigrafia	11	
	E 11/18	2310750	4647291	45	Pozzo con stratigrafia	16	
	E 11/16	2310962	4647324	38	Pozzo con stratigrafia	39	
	E 11/17	2310889	4647350	26	Pozzo con stratigrafia	16	
	E 11/14b	2310636	4647430	21	Pozzo con stratigrafia	41	
	E 11/14a	2310524	4647457	40	Pozzo con stratigrafia	22	
	E 12/6	2311307	4647950	21	Pozzo con stratigrafia	30	
	E 11/27	2310008	4647061	0	Pozzo con stratigrafia	4	
	E 11/31	2310166	4647014	0	Pozzo con stratigrafia	27	
	E 12/9	2311644	4647096	18	Pozzo	30	
	E 12/7	2311422	4647885	20	Pozzo	70	
	e 12/7	2312611	4646098	52	Pozzo con stratigrafia	70	
	e 12/6	2312797	4646103	58	Pozzo con stratigrafia	30	
	e 13/40	2313082	4646164	16	Pozzo con stratigrafia	11 3	
	e 12/4	2312963	4646395	26	Pozzo con stratigrafia	54	
	e 12/3	2312872	4646460	0	Pozzo con stratigrafia	0	
	e 12/2	2312702	4646634	17	Pozzo con stratigrafia	60	
	E 11/30	2310960	4647024	46	Pozzo con stratigrafia	30	
	E 11/32	2310749	4647027	53	Pozzo con stratigrafia	20	
	E 11/29	2310809	4647056	43	Pozzo con stratigrafia	18	
	E 11/28	2310352	4647067	35	Pozzo con stratigrafia	10	
	E 11/26	2310701	4647068	51	Pozzo con stratigrafia	18	
	E 11/22	2310802	4647142	45	Pozzo con stratigrafia	21	
	E 11/23	2310717	4647154	45	Pozzo con stratigrafia	22	
	E 11/21	2310515	4647166	44	Pozzo con stratigrafia	26	

fonte	sigla	Monte Mario/Italy 2		quota m s.l.m.	tipologia	prof m	quota del livello statico m s.l.m.
		X	Y				
	E 11/19	2310773	4647198	42	Pozzo con stratigrafia	11	
	E 11/18	2310750	4647291	45	Pozzo con stratigrafia	16	
	E 11/16	2310962	4647324	38	Pozzo con stratigrafia	39	
	E 11/17	2310889	4647350	26	Pozzo con stratigrafia	16	
	E 11/14b	2310636	4647430	21	Pozzo con stratigrafia	41	
	E 11/14a	2310524	4647457	40	Pozzo con stratigrafia	22	
	E 12/6	2311307	4647950	21	Pozzo con stratigrafia	30	
	E 11/27	2310008	4647061	0	Pozzo con stratigrafia	4	
	E 11/31	2310166	4647014	0	Pozzo con stratigrafia	27	
	E 12/9	2311644	4647096	18	Pozzo	30	
	E 12/7	2311422	4647885	20	Pozzo	70	

**Tabella 5 – Sintesi dei pozzi e delle captazioni presenti in aree limitrofe a quelle di interesse progettuale, \* codice univoco attribuito nel presente studio.**

#### 10.3.4 Schema di circolazione idrica superficiale

Il regime di deflusso idrico superficiale dell'area di studio risulta fortemente influenzato dalla presenza del tessuto urbano della città di Roma. In tale settore, infatti, il ruscellamento segue principalmente vie preferenziali di deflusso come canali di scolo e arterie stradali fino alla confluenza con opere di regimentazione delle acque superficiali. Nei settori in cui persistono condizioni naturali, invece, le acque di ruscellamento, tramite piccole aste fluviali, convergono verso i principali corsi d'acqua dell'area come il Fiume Tevere e il Fosso d'Acquatrasversa.

#### 10.3.5 Schema di circolazione idrica profonda

Tutti i dati raccolti durante il presente studio, di carattere sia geologico che idrogeologico, hanno permesso di definire le caratteristiche peculiari dell'area e di individuare, per grandi linee, il regime di deflusso idrico sotterraneo proprio dei settori di interesse. Quest'ultimo, in particolare, è direttamente connesso alle caratteristiche di permeabilità dei termini litologici presenti e all'assetto strutturale e litostratigrafico dell'area.

Nei settori interessati dalla realizzazione delle opere di progetto, la circolazione idrica sotterranea e i relativi livelli piezometrici sono stati definiti sulla scorta del monitoraggio appositamente condotto e di tutte le informazioni idrogeologiche a disposizione. Le isopiezometriche e le linee di deflusso provenienti da dati bibliografici sono state opportunamente modificate per tenere conto dei dati di monitoraggio e sono state riportate nella planimetria idrogeologica in allegato alle presenti note.

Buona parte dei corpi idrogeologici individuati rappresentano, nello schema di circolazione idrica dell'area, degli acquiferi di importanza più o meno significativa, a seconda delle locali caratteristiche di permeabilità dei litotipi e della estensione areale e verticale dei depositi. Ad essi si aggiungono, inoltre, alcuni corpi idrogeologici di ridotta

permeabilità che, nello specifico contesto di riferimento, possono essere considerati degli *aquiclude* o al più degli *aquitard*, in quanto tamponano lateralmente e verticalmente gli acquiferi sotterranei più importanti.

In relazione a quanto esposto, nell'area di studio è possibile individuare diverse condizioni idrogeologiche e di deflusso idrico sotterraneo: *i*) una condizione relativa ai settori di fondovalle con spesse coperture oloceniche; *ii*) una condizione di versante con depositi pleistocenici permeabili e substrato relativamente profondo. Queste condizioni sono chiaramente schematizzabili all'interno dell'area di studio per via delle differenti caratteristiche geologiche e stratigrafiche dell'area.

I settori di fondovalle sono relativi alla piana alluvionale del Fiume Tevere, oltre a quelle dei corsi d'acqua secondari come il Fosso d'Acquatrasversa. Lungo il fondovalle del Fiume Tevere è presente una falda di sub-alveo all'interno dei depositi alluvionali recenti più superficiali, a composizione prevalentemente sabbioso-limoso. Generalmente, tale falda è sostenuta dai depositi alluvionali recenti meno permeabili, che la confinano rispetto ad una falda più profonda che interessa i corpi sabbioso-limosi e ghiaioso-sabbiosi basali. Localmente, nei settori dove i termini pelitico-sabbiosi sono assenti o di limitata estensione, la falda di subalveo e quella basale sono in contatto idraulico diretto. Una situazione meno complessa, invece, interessa i corsi d'acqua minori, dove la circolazione avviene in un'unica falda di subalveo in continuità con i corpi idrici sotterranei dei depositi pleistocenici.

In questi contesti idrogeologici, le falde seguono l'andamento della superficie topografica e mostrano un deflusso orientato prevalentemente verso i quadranti meridionali o sud-occidentali, in maniera simile a quanto avviene per i corsi d'acqua superficiali. L'alimentazione di queste falde è dovuta principalmente alle precipitazioni meteoriche e al flusso idrico sotterraneo proveniente dagli adiacenti acquiferi impostati sui rilievi che bordano i fondovalle. La superficie piezometrica è generalmente posta a pochi metri di profondità dal p.c., anche se il suo andamento è fortemente variabile e strettamente condizionato dalle oscillazioni stagionali degli apporti meteorici.

I settori di versante caratterizzati dalla presenza di successioni pleistoceniche permeabili e da un substrato argilloso-sabbioso relativamente profondo si rinvengono lungo i versanti che bordano le piane dei Fiumi Tevere. In tali settori sono presenti estese falde sotterranee, prevalentemente situate all'interno delle porzioni permeabili di questi depositi. Le falde sono spesso tamponate o, talvolta, completamente confinate dagli orizzonti pelitici presenti all'interno delle successioni, che frazionano il deflusso idrico sotterraneo in diverse falde parzialmente comunicanti. Alla base, questi corpi idrici sono sostenuti dal substrato pliocenico poco permeabile che comunque, data la relativa profondità, condiziona il deflusso sotterraneo solo a grande scala, senza particolare influenza sulle condizioni locali.

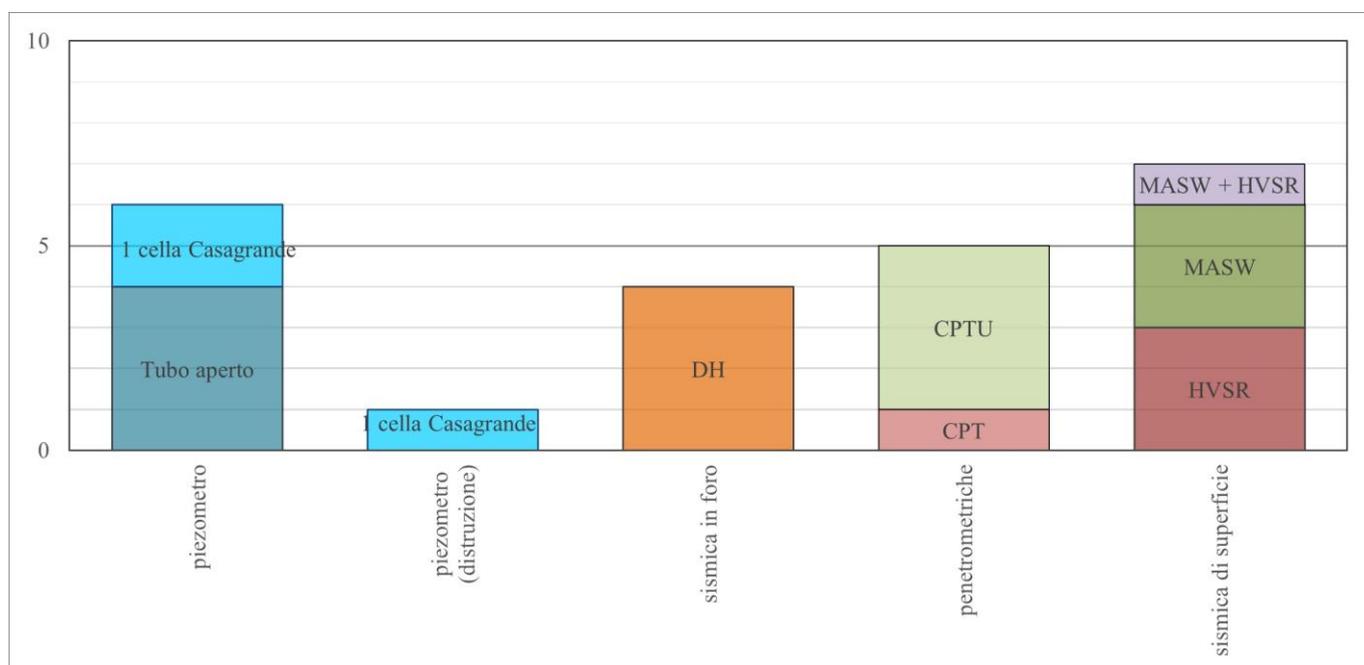
L'andamento delle falde segue generalmente la morfologia superficiale dei versanti, anche se localmente risulta fortemente condizionato dalla conformazione degli orizzonti pelitici a bassa permeabilità, presenti sia alla base che all'interno delle successioni. L'alimentazione degli acquiferi è dovuta sia alle precipitazioni meteoriche che agli apporti idrici sotterranei provenienti dai settori limitrofi all'area urbana, come ad esempio i Monti Sabatini e i Colli Albani. La profondità della superficie piezometrica è generalmente piuttosto elevata, nell'ordine di alcune decine di metri, anche se si riduce fortemente in prossimità dei fondovalle e delle depressioni impluviali più importanti, dove tende a raccordarsi alle falde di subalveo.

## 11 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nel corso dello studio sono state consultate e analizzate tutte le indagini geognostiche pregresse (●Ventriglia 2002, ●L15100R-2003, ●NR4E1AR-2022, ●NR4E00R-2021) e le nuove indagini appositamente realizzate nel settore di territorio interessato dagli interventi in progetto (●NR4E12R-2022). L'intero *set* di dati derivanti dalle indagini di sito ha permesso di configurare un quadro di conoscenze soddisfacente, in relazione con la specifica fase di approfondimento progettuale in corso, circa l'assetto litostratigrafico e geologico-strutturale dei termini litologici interessati dalle opere in progetto.

Complessivamente, ad esclusione dei lavori “Geologia del territorio del Comune di Roma”, sono state analizzate le seguenti indagini di sito:

- n. 10 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo di cui 1 non attrezzato, 5 strumentati con piezometro e 4 attrezzato per sismica in foro (n. 2 Down-Hole realizzate nella presente fase progettuale ●NR4E12R-2022 e n. 2 Down-Hole realizzate nella campagna ●NR4E00R-2021);
- n. 1 sondaggio a distruzione di nucleo attrezzato con piezometro;
- n. 5 prove penetrometriche statiche di cui 4 con piezocono;
- n. 4 stendimenti sismici MASW;
- n. 4 misure di microtremiti (HVSr).



**Figura 32 – Grafico mostrandente la distribuzione e il numero delle indagini geognostiche a disposizione ●NR4E12R-2022, ●NR4E1AR-2022, ●NR4E00R-2021 e ●L15100R-2003.**

Per i lavori “Geologia del territorio del Comune di Roma” (●Ventriglia 2002) si rimanda alle carte e ai lavori originali.

Nei paragrafi seguenti è riportata una sintesi delle indagini geognostiche relative alle opere in progetto. I punti di ubicazione sono riportati nell'allegata “Carta geologica con elementi di geomorfologia e profili geologici” (NR4E12R69L5GE0001001), mentre i certificati delle prove sono riportati nei relativi elaborati

(NR4E12R69SGGE0005001-2, NR4E12R69IGGE0005001-2, NR4E12R69PRGE0005001-2, NR4E00R69SGGE0005001, NR4E00R69IGGE0005001, NR4E00R69PRGE0005001) e in appendice alle presenti note di sintesi.

## 11.1 Campagna di indagini attuale

Sono state eseguite specifiche e puntuali indagini nell'ambito della presente campagna indagini (●NR4E12R-2022).

Il numero totale dei campioni di roccia e terreno prelevati è di 70, quello delle prove SPT effettuate nei fori di sondaggio è di 49. Sono inoltre state eseguite 14 prove di permeabilità e 10 prove pressiometriche.

### 11.1.1 Sondaggi

Di seguito vengono elencati tutti i sondaggi geognostici eseguiti nell'ambito della presente campagna di indagine (●NR4E12R-2022), con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (sigla, pk, coordinate nel sistema di riferimento Monte Mario Italy zona 2/fuso Est (EPSG 3004), quota, strumentazione, profondità (prof), campioni indisturbati (I), campioni rimaneggiati (R), campioni da prova penetrometrica (SPT), numero prove SPT, numero prove Lefranc/Lugeon (P) e numero prove Pressiometriche (Ps)).

sigla	Monte Mario/Italy 2		quota <i>m s.l.m.</i>	strumentazione	prof <i>m</i>	campioni			prove in foro		
	X	Y				I	R	SPT	SPT	P	Ps
L1BPS01PZ	2311331	4647432	19.7*	Piezometro	60.0	7	3	7	11	4	3
L1BPS02DH	2311659	4647383	21.4*	Sismica in foro	60.0	6	0	9	13	4	2
L1BPS03PZ	2311928	4647328	20.3*	Piezometro	60.0	8	0	11	12	4	3
L1BPS03PZBIS	2311925	4647330	20.3*	Piezometro (distruzione)	21.3	0	0	0	0	0	0
L1BPS04DH	2312320	4647001	16.6*	Sismica in foro	55.0	7	0	12	13	3	2
<b>●NR4E12R-2022</b>						<b>Totale</b>					
						28	3	39	49	15	10

**Tabella 6 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito dell'attuale campagna indagini NR4E12R-2022, elencati in ordine alfa-numeric. \* le quote sono state ricalcolate sulla base della cartografia.**

### 11.1.2 Prove di permeabilità

Di seguito si riporta una sintesi delle prove realizzate durante l'attuale campagna di indagini NR4E12R-2022.

sigla	prova	tipologia	profondità <i>m</i>	permeabilità <i>m/s</i>
L1BPS01PZ	LF1	Lefranc	3.2 - 4.2	2.62E-05
L1BPS01PZ	LF2	Lefranc	13.0 - 14.0	9.53E-05
L1BPS01PZ	LF3	Lefranc	28.0 - 29.0	1.34E-04
L1BPS01PZ	LF4	Lefranc	47.0 - 48.0	3.91E-05
L1BPS02DH	LF1	Lefranc	1.7 - 2.2	1.81E-04
L1BPS02DH	LF2	Lefranc	16.2 - 16.7	2.12E-05

sigla	prova	tipologia	profondità m	permeabilità m/s
L1BPS02DH	LF3	Lefranc	37.9 - 38.4	1.84E-04
L1BPS02DH	LF4	Lefranc	55.0 - 55.6	1.00E-04
L1BPS03PZ	LF1	Lefranc	4.4 - 5.4	4.71E-08
L1BPS03PZ	LF2	Lefranc	17.5 - 19.0	2.43E-05
L1BPS03PZ	LF3	Lefranc	25.0 - 26.0	4.35E-08
L1BPS03PZ	LF4	Lefranc	53.5 - 55.0	1.03E-04
L1BPS04DH	LF1	Lefranc	5.0 - 6.6	3.37E-08
L1BPS04DH	LF2	Lefranc	18.0 - 19.5	7.71E-05
L1BPS04DH	LF3	Lefranc	47.0 - 48.3	2.10E-04

**Tabella 7 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate durante la campagna indagini attuale.**

### 11.1.3 Prove di laboratorio

Di seguito vengono sintetizzati i risultati delle analisi fisiche sui campioni in terra analizzati, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (sigla campione, profondità, definizione AGI, contenuto d'acqua, peso di volume solido ( $\gamma_s$ ), peso di volume naturale ( $\gamma$ ), peso di volume asciutto ( $\gamma_d$ ), indice dei vuoti ( $e$ ), porosità ( $n$ ), saturazione ( $S$ ), ghiaia, sabbia, limo, argilla, limite di liquidità ( $W_L$ ), limite di plasticità ( $W_p$ ), indice di plasticità ( $I_p$ ), indice di consistenza ( $I_c$ )).

campione			Wn	$\gamma_s$	$\gamma$	$\gamma_d$	e	n	S	ghiaia	sabbia	limo	argilla	W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	* I <sub>p</sub>	I <sub>c</sub>
sigla	prof m	definizione AGI	%	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>			%	%	%	%	%	%	%	%	%
L1BPS03PZ CI1	2.00- 2.45	Limo con argilla deb sabbioso	23.9	25.29	18.78	15.16	0.67	40.06	92.22	1	5	68	26	45	26	20	1.09
L1BPS03PZ CI2	6.20- 6.80	Sabbia con limo argillosa	19.98	25.92	19.66	16.38	0.58	36.78	90.75	0	55	33	12	23	16	8	0.43
L1BPS03PZ CI3	10.40- 11.00	Sabbia con limo	22.28	25.52	19.1	15.62	0.63	38.79	91.5	0	64	33	3			NP	
L1BPS03PZ CI4	16.40- 17.00	Limo sabbioso deb argilloso	25.12	25.36	18.64	14.9	0.7	41.25	92.52	0	23	68	9	28	17	11	0.27
L1BPS03PZ CI5	26.00- 26.60	Limo argilloso	27.1	25.82	18.63	14.66	0.76	43.22	93.74	1	1	79	19	41	15	25	0.53
L1BPS03PZ CI6	31.60- 32.00	Limo sabbioso deb argilloso	23.06	25.61	19.45	15.8	0.62	38.3	97.01	0	15	78	7	30	22	7	0.89
L1BPS03PZ CI7	37.85- 38.45	Sabbia limosa	25.98	25.98	19.2	15.24	0.7	41.34	97.66	0	80	17	3			NP	
L1BPS03PZ CI8	48.85- 49.35	Sabbia con limo	23.44	25.62	19.48	15.78	0.62	38.39	98.26	0	60	36	4			NP	
L1BPS03PZ CR1	58.0- 58.40	Ghiaia con sabbia. limosa								54	33	13	-				
L1BPS04D	1.60-	Limo sabbioso	20.13	25.34	19.29	16.06	0.58	36.61	90.05	0	18	67	15	31	16	15	0.71

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E  
 IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	12	R69RG	GE 00 01 001	B	78 di 138

campione		Wn	$\gamma_s$	$\gamma$	$\gamma_d$	e	n	S	ghiaia	sabbia	limo	argilla	Wl	Wp	* Ip	Ic	
sigla	prof m	definitone AGI	%	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>		%	%	%	%	%	%	%	%	%	
H CI1	2.20	argilloso															
L1BPS04D H CI2	4.55- 5.15	Sabbia con limo	12.48	26.02					0	70	27	3			NP		
L1BPS04D H CI3	11.30- 11.90	Sabbia con limo deb argillosa	23.3	25.74	19.34	15.68	0.64	39.06	95.37	1	48	44	7		NP		
L1BPS04D H CI4	14.00- 14.55	Limo sabbioso argilloso	28.19	25.85	18.67	14.57	0.77	43.63	95.96	0	19	68	13	32	17	16	0.27
L1BPS04D H CI5	23.45- 24.00	Limo con argilla	28.45	25.4	18.47	14.38	0.77	43.38	96.16	0	3	67	30	48	18	30	0.66
L1BPS04D H CI6	28.00- 28.55	Limo con argilla	27.77	25.66	18.75	14.67	0.75	42.81	97.06	0	0	69	31	56	22	34	0.83
L1BPS04D H CI7	33.00- 33.60	Limo con argilla	27.32	25.46	18.82	14.78	0.72	41.95	98.17	0	2	64	34	48	20	28	0.75
L1BPS02D H CI1	4.90- 5.40	Ghiaia sabbiosa limosa		25.61						61	24	11	4		NP	-	
L1BPS02D H CI2	9.30- 9.80	Limo sabbioso argilloso	26.19	25.46	18.86	14.95	0.7	41.29	96.66	0	21	62	17	35	18	17	0.52
L1BPS02D H CI3	14.10- 14.60	Sabbia limosa deb ghiaiosa	25.02	25.43	19.05	15.23	0.67	40.1	96.93	8	68	18	6		NP		
L1BPS02D H CI4	36.30- 37.00	Limo con argilla sabbioso	25.52	25.6	19.05	15.17	0.69	40.73	96.94	0	13	61	26	41	24	17	0.93
L1BPS02D H CI5	49.10- 49.60	Sabbia limosa deb argillosa	19.1	25.98	20.25	17.01	0.53	34.54	95.9	1	82	12	5		NP		
L1BPS02D H CI6	52.80- 53.30	Limo con argilla deb sabbioso	28.26	25.56	18.69	14.57	0.75	42.97	97.74	0	9	64	27		NP		
L1BPS01PZ CI1	4.20- 4.95	Sabbia limosa argillosa	15.73	25.89	18.12	15.66	0.65	39.52	63.56	5	57	20	18	31	11	19.6	0.8
L1BPS01PZ CI2	6.20- 6.90	Argilla con limo sabbiosa	34.82	25.62	17.9	13.28	0.93	48.18	97.85	1	14	35	50	70	29	40.8	0.9
L1BPS01PZ CI3	14.00- 14.65	Sabbia limosa argillosa	20.15	25.46	19.23	16.01	0.59	37.13	88.56	3	74	13	10		NP		
L1BPS01PZ CI4	19.35- 20.00	Ghiaia con sabbia limosa		25.57						45	33	12	10	26	15	11.4	2.3
L1BPS01PZ CI5	26.30- 26.90	Ghiaia limosa sabbiosa		26.01						53	17	22	8	51	26	24.4	-
L1BPS01PZ CI6	34.00- 34.60	Limo con argilla deb sabbioso	24.57	25.75	19.45	15.61	0.65	39.38	99.32	0	6	65	29	51	24	27.1	1
L1BPS01PZ CI7	42.00- 42.60	Sabbia con limo deb argillosa	17.04	25.96	20.63	17.63	0.47	32.11	95.4	6	59	28	7		NP		
L1BPS01PZ CR1	30.30- 30.70	Ghiaia sabbiosa limosa		25.29						65	20	15	-				
L1BPS01PZ	52.00-	Sabbia limosa		25.43						4	83	13	-				

campione			Wn	$\gamma_s$	$\gamma$	$\gamma_d$	e	n	S	ghiaia	sabbia	limo	argilla	Wl	Wp	* Ip	Ic
sigla	prof m	definizione AGI	%	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>			%	%	%	%	%	%	%	%	%
CR3	52.30																
L1BPS01PZ CR4	55.45- 55.75	Ghiaia con sabbia limosa		25.85						54	29	17	-				

**Tabella 8 – Quadro sinottico delle analisi fisiche eseguite in laboratorio sui campioni di terreno prelevati nel corso delle perforazioni durante la campagna di indagini attuale.**

#### 11.1.4 Indagini geofisiche

Nella Tabella 9 è riportata una sintesi di tutte le indagini geofisiche eseguite nell'ambito della presente fase progettuale (● NR4E12R-2022), con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (sigla, coordinate nel sistema di riferimento Monte Mario Italy zona 2/fuso Est (EPSG 3004), tipologia di indagine e profondità).

sigla	Monte Mario/Italy 2		tipologia indagine	profondità m
	X	Y		
L1BPS02DH	2311659	4647383	Down-Hole	60.0
L1BPS04DH	2312320	4647001	Down-Hole	55.0

● NR4E12R-2022

**Tabella 9 - Sintesi delle indagini geofisiche in foro realizzate nell'ambito della campagna indagini NR4E12R-2022.**

#### 11.2 Indagini pregresse

Sono state consultate ed analizzate le indagini geognostiche derivanti da differenti studi di seguito elencati con indicazione dell'identificativo dello studio, anno e campagna indagini riportante il titolo del lavoro:

identificativo	campagna indagini
● NR4E1AR-2022	"NPP 0258 - Gronda merci di Roma - Gronda merci di Roma Cintura nord - Tratta: Valle Aurelia – Vigna Clara" PFTE 2022
● NR4E00R-2021	"NPP 0258 - Gronda merci di Roma - Gronda merci di Roma Cintura nord" PFTE 2021
● L15100R-2003	"Infrastrutture ferroviarie strategiche definite dalla legge obiettivo n. 443/01 Gronda merci di Roma Cintura nord" PROGETTO PRELIMINARE 2003
● Ventriglia 2002	Ventriglia 2002 – "Geologia del territorio del Comune di Roma"

Il numero totale dei campioni di terreno prelevati è di 41, mentre quello delle prove SPT effettuate nei fori di sondaggio è di 29.

Per il lavoro “Geologia del territorio del Comune di Roma” (●Ventriglia 2002) si rimanda alle carte e ai lavori originali.

### 11.2.1 Sondaggi

Di seguito vengono elencati i sondaggi geognostici eseguiti nell’ambito di precedenti studi (●NR4E1AR-2022, ●NR4E00R-2021, ●L15100R-2003), con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (sigla, pk, coordinate nel sistema di riferimento Monte Mario Italy zona 2/fuso Est (EPSG 3004), quota, strumentazione, profondità (prof), campioni indisturbati (I), campioni rimaneggiati (R), campioni da prova penetrometrica (SPT), numero prove SPT, numero prove Lefranc/Lugeon (P), numero prove Dilatometriche (D) e numero prove Pressiometriche (Ps)).

sigla	Monte Mario/Italy 2		quota m s.l.m.	strumentazione	prof m	campioni			prove in foro				
	X	Y				I	R	SPT	SPT	P	Ps		
L1APS01	2310805	4647388	24.0	Piezometro	40.0	4	0	14	15	2	2		
<b>●NR4E1AR-2022</b>						<b>Totale</b>	<b>1695826</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

Tabella 10 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell’ambito della campagna indagini NR4E1AR-2022, elencati in ordine alfa-numeric.

sigla	Monte Mario/Italy 2		quota m s.l.m.	strumentazione	prof m	campioni			prove in foro			
	X	Y				I	R	SPT	SPT	P	Ps	
S1	2311278	4647464	20.7	Sismica in foro	50.0	3	3	7	7	3	2	
S4	2312098	4647189	19.3	Piezometro	40.0	5	0	6	6	3	1	
S6	2312690	4646670	16.1	Sismica in foro	55.0	2	12	16	16	3	2	
<b>●NR4E00R-2021</b>						<b>Totale</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>9</b>	<b>5</b>

Tabella 11 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell’ambito della campagna indagini NR4E00R-2021, elencati in ordine alfa-numeric.

sigla	Monte Mario/Italy 2		quota m s.l.m.	strumentazione	prof m	campioni			prove in foro			
	X	Y				I	R	SPT	SPT	P	Ps	
XL151VG01	2312783	4646534	15.3	Piezometro	60.0	1	5	0	7	2	0	
XL151VG02	2312884	4646405	20.9	Piezometro	56.0	3	5	0	8	1	0	
<b>●L15100R-2003</b>						<b>Totale</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>3</b>	<b>0</b>

Tabella 12 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell’ambito della campagna indagini L15100R-2003, elencati in ordine alfa-numeric.

### 11.2.2 Prove di permeabilità

Di seguito si riporta una sintesi delle prove realizzate durante la campagna di indagini pregressa ●NR4E1AR-2022 e ●NR4E00R-2021.

sigla	prova	tipologia	profondità <i>m</i>	permeabilità <i>m/s</i>
L1APS01	LFCV1	Lefranc	12.5 - 13.0	6.11E-07
L1APS01	LFCV2	Lefranc	20.5 - 21.0	4.00E-05

**Tabella 13 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate durante la campagna di indagini NR4E1AR-2022.**

sigla	prova	tipologia	profondità <i>m</i>	permeabilità <i>m/s</i>
S1	Le3	Lefranc	38.0 - 39.6	8.63E-07
S4	Le2	Lefranc	16.3 - 17.4	7.70E-07
S1	Le2	Lefranc	17.5 - 19.0	5.12E-06
S4	Le1	Lefranc	5.0 - 6.0	1.24E-05
S4	Le3	Lefranc	36.0 - 37.0	4.65E-06
S6	1	Lefranc	9.0 - 11.0	1.12E-04
S6	2	Lefranc	16.5 - 18.0	1.23E-04
S6	3	Lefranc	35.0 - 36.0	1.74E-04
S1	Le1	Lefranc	5.0 - 6.0	8.54E-07

**Tabella 14 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate durante la campagna di indagini NR4E00R-2021.**

### 11.2.3 Prove penetrometriche

Di seguito vengono elencati tutte le prove penetrometriche in sito eseguite nell'ambito di precedenti studi (▲NR4E1AR-2022, ▲NR4E00R-2021), con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (sigla, coordinate nel sistema di riferimento Mario Italy zona 2/fuso Est (EPSG 3004), quota, tipologia di indagine e profondità).

sigla	Monte Mario/Italy 2		quota <i>m s.l.m.</i>	tipologia di prova	profondità <i>m</i>
	X	Y			
L1APCPT01	L1APCPT01	2310792	4647384	24.5	CPT

▲NR4E1AR-2022

**Tabella 15 - Sintesi delle prove penetrometriche realizzati nell'ambito della campagna indagini NR4E1AR-2022, elencati in ordine alfa-numerico.**

sigla	Monte Mario/Italy 2		quota <i>m s.l.m.</i>	tipologia di prova	profondità <i>m</i>
	X	Y			
CPTu1	2311057	4647503	-	CPTu	43.9
CPTu2	2312426	4647059	19.0	CPTU	41.5
CPTu4	2312101	4647186	20.6	CPTU	24.1

sigla	Monte Mario/Italy 2		quota m s.l.m.	tipologia di prova	profondità m
	X	Y			
CPTu7	2312616	4646790	17.8	CPTU	45.5

▲ NR4E00R-2021

**Tabella 16 - Sintesi delle prove penetrometriche realizzati nell'ambito della campagna indagini NR4E00R-2021, elencati in ordine alfa-numerico.**

#### 11.2.4 Indagini geofisiche

Nelle tabelle seguenti è riportata una sintesi di tutte le indagini sismiche eseguite nell'ambito di precedenti studi (— NR4E1AR-2022, — NR4E00R-2021), con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (sigla, coordinate nel sistema di riferimento Monte Mario Italy zona 2/fuso Est (EPSG 3004 del punto medio di ogni singolo stendimento, tipologia di indagine e lunghezza).

sigla	Monte Mario/Italy 2		tipologia indagine	lunghezza m
	X	Y		
MASW 01bis+HVS	2310808	4647390	MASW + HVS	46.0

— NR4E1AR-2022

**Tabella 17 - Sintesi delle indagini geofisiche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini NR4E1AR-2022.**

sigla	Monte Mario/Italy 2		tipologia indagine	profondità m
	X	Y		
S1	2311278	4647464	DOWN-HOLE	50.0
S6	2312690	4646670	DOWN-HOLE	55.0

● NR4E00R-2021

**Tabella 18 - Sintesi delle indagini geofisiche in foro realizzate nell'ambito della campagna indagini NR4E00R-2021.**

sigla	Monte Mario/Italy 2		tipologia indagine	lunghezza m
	X	Y		
MASW1	2311428	4647414	MASW	60.0
MASW2	2312693	4646675	MASW	60.0
MASW3	2312959	4646442	MASW	60.0

— NR4E00R-2021

**Tabella 19 - Sintesi delle indagini geofisiche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini NR4E00R-2021.**

sigla	Monte Mario/Italy 2		tipologia indagine
	X	Y	
HVS	2311400	4647393	HVS

sigla	Monte Mario/Italy 2		tipologia indagine
	X	Y	
HVSR2	2312693	4646675	HVSR
HVSR3	2312959	4646442	HVSR

**■ NR4E00R-2021**
**Tabella 20 - Sintesi delle indagini geofisiche HVSR realizzate nell'ambito della campagna indagini NR4E00R-2021.**

## 12 MONITORAGGI

Di seguito si riporta il monitoraggio piezometrico condotto nei tubi piezometrici installati nei fori di sondaggio.

### 12.1 Monitoraggio piezometrico

Allo scopo di indagare l'effettiva presenza di falde idriche sotterranee ed il relativo andamento della superficie piezometrica, nel corso dello studio è stata eseguita un'apposita campagna di monitoraggio, tutt'ora in corso, consistente nella misura del livello di falda nei tubi piezometrici precedentemente installati nei fori di sondaggio. In particolare, durante le varie campagne indagine eseguite sono stati attrezzati con piezometri n. 7 fori di sondaggio di cui n. 4 a tubo aperto e n. 3 con una cella di Casagrande.

Più in dettaglio il monitoraggio dei livelli piezometrici è stato condotto ad aprile 2003 sulle strumentazioni della campagna *L15100R-2003* (nelle campagne di agosto-settembre 2022 i piezometri non sono stati più ritrovati), da gennaio 2021 a giugno 2023 sulle strumentazioni della campagna *NR4E00R-2021*, da agosto 2022 a giugno 2023 per le strumentazioni della campagna *NR4E1AR-2022* e infine da settembre 2022 a giugno 2023 per la campagna *NR4E12R-2022*. Nello specifico, nelle cartografie e nei profili idrogeologici (NR4E12R69L5GE0002001) sono stati riportati i valori massimi e minimi della falda registrati nel corso delle diverse fasi di monitoraggio. In tal modo, è stato possibile ricostruire l'andamento della superficie piezometrica nelle condizioni più penalizzanti e definire, per ogni punto, la massima variabilità del livello idrico durante il periodo di monitoraggio.

Di seguito si riportano i dati del livello piezometrico registrati nel corso del monitoraggio piezometrico che ha interessato le strumentazioni delle diverse campagne indagini con indicazione delle principali caratteristiche del foro (sigla, piezometro, data, profondità falda, quota falda e note).

sigla	piezometro	data	prof. falda <i>m dal p.c.</i>	quota falda <i>m s.l.m.</i>	note
L1BPS03PZ	1 cella Casagrande <i>Cella 1: 42.3</i>	09/2022	10.55	9.75	
		10/2022	10.50	9.80	
		12/2022	10.50	9.80	
		01/2023	10.37	9.93	
		02/2023	10.45	9.85	
		04/2023	10.04	10.26	
		05/2023	10.15	10.15	
		06/2023	10.11	10.19	

sigla	piezometro	data	prof. falda m dal p.c.	quota falda m s.l.m.	note
L1BPS03PZBIS	1 cella Casagrande Cella 1: 21.3	09/2022	11.17	9.13	
		10/2022	11.15	9.15	
		12/2022	9.88	10.42	
		01/2023	9.94	10.36	
		02/2023	9.70	10.60	
		04/2023	10.56	9.74	
		05/2023	10.43	9.87	
		06/2023	10.45	9.85	
L1BPS01PZ	Tubo aperto cieco: 0.0 - 3.0 finestrato: 3.0 - 15.0 cieco: 15.0 - 57.6	12/2022	4.10	15.60	
		01/2023	3.85	15.85	
		02/2023	3.80	15.90	
		04/2023	3.95	15.75	
		05/2023	3.70	16.00	
		06/2023	4.02	15.68	

**Tabella 21 - Dati di monitoraggio piezometrico condotto sulle strumentazioni installate nei fori di sondaggio della campagna indagine NR4E12R-2022, utilizzati nello studio di ricostruzione della falda; nella colonna "Prof. falda m da p.c." i valori negativi indicano falda in pressione; in rosso è evidenziata la misura massima rilevata, mentre in blu la minima.**

sigla	piezometro	data	prof. falda m dal p.c.	quota falda m s.l.m.	note
LIAPS01	Tubo aperto cieco: 0.0 - 4.0 finestrato: 4.0 - 37.0 cieco: 37.0 - 40.0	08/2022	6.80	17.20	
		09/2022	6.80	17.20	
		10/2022	6.80	17.20	
		12/2022	6.32	17.68	
		01/2023	6.21	17.79	
		02/2023	6.35	17.65	
		04/2023	6.44	17.56	
		05/2023	6.50	17.50	
		06/2023	6.00	18.00	

**Tabella 22 - Dati di monitoraggio piezometrico condotto sulle strumentazioni installate nei fori di sondaggio della campagna indagine NR4E1AR-2022, utilizzati nello studio di ricostruzione della falda; nella colonna "Prof. falda m da p.c." i valori negativi indicano falda in pressione; in rosso è evidenziata la misura massima rilevata, mentre in blu la minima.**

sigla	piezometro	data	prof. falda m dal p.c.	quota falda m s.l.m.	note
S4	1 cella Casagrande Cella 1: 24.0	01/2021	6.60	12.74	
		04/2021	8.95	10.39	

sigla	piezometro	data	prof. falda <i>m dal p.c.</i>	quota falda <i>m s.l.m.</i>	note
		08/2022	10.75	8.59	
		09/2022	10.72	8.62	
		10/2022	10.60	8.74	
		12/2022	10.34	9.00	
		01/2023	9.95	9.39	
		02/2023	10.00	9.34	
		04/2023	10.12	9.22	
		05/2023	10.25	9.09	
		06/2023	10.40	8.94	

Tabella 23 - Dati di monitoraggio piezometrico condotto sulle strumentazioni installate nei fori di sondaggio della campagna indagine *NR4E00R-2021*, utilizzati nello studio di ricostruzione della falda; nella colonna “Prof. falda m da p.c.” i valori negativi indicano falda in pressione; in rosso è evidenziata la misura massima rilevata, mentre in blu la minima.

sigla	piezometro	data	prof. falda <i>m dal p.c.</i>	quota falda <i>m s.l.m.</i>	note
XL151VG01	Tubo aperto	04/2003	4.15	11.15	
	<i>cieco: 0.0 - 3.0</i>	08/2022	ND	ND	non trovato
	<i>finestrato: 3.0 - 57.0</i>	09/2022	ND	ND	non trovato
XL151VG02	<i>cieco: 57.0 - 60.0</i>	04/2003	4.40	16.50	
	Tubo aperto	08/2022	ND	ND	non trovato
	<i>cieco: 0.0 - 3.0</i>	09/2022	ND	ND	non trovato
	<i>finestrato: 3.0 - 52.0</i>				
	<i>cieco: 52.0 - 56.0</i>				

Tabella 24 - Dati di monitoraggio piezometrico condotto sulle strumentazioni installate nei fori di sondaggio della campagna indagine *NR4E00R-2021*, utilizzati nello studio di ricostruzione della falda; nella colonna “Prof. falda m da p.c.” i valori negativi indicano falda in pressione; in rosso è evidenziata la misura massima rilevata, mentre in blu la minima.

	<p style="text-align: center;"><b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b>  <b>NPP – 0258: GRONDA MERCI DI ROMA - CHIUSURA ANELLO</b>  <b>NORD</b>  <b>TRATTA: VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO</b></p>					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B	FOGLIO 86 di 138

### 13 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

Le analisi condotte e le ricostruzioni degli assetti geologico-strutturali riportati in carta hanno permesso di definire, in maniera commisurata al grado di approfondimento del progetto in corso, il contesto geologico di riferimento e tutti gli elementi di potenziale criticità per le opere in progetto. Nelle pagine che seguono viene quindi analizzato l'intero settore di intervento, opportunamente suddiviso in tratti omogenei relativi alle differenti opere in esame. Per ogni singolo tratto, in particolare, vengono descritte tutte le principali caratteristiche geologiche *s.l.* e gli aspetti più salienti ai fini progettuali.

Nel seguito, si fa quindi esplicito riferimento a quanto riportato nelle apposite cartografie tematiche ed ai profili longitudinali ricostruiti in asse ai tracciati (NR4E12R69L5GE0001001, NR4E12R69L5GE0002001). In particolare, per quanto concerne le unità geologiche presenti nei vari settori di interesse, si riportano direttamente i nomi e le sigle contenute nelle diverse cartografie geologiche realizzate a corredo della presente relazione. Infine, per quanto riguarda gli spessori e l'assetto delle singole unità litostratigrafiche, si fa riferimento ai dati contenuti negli studi bibliografici a disposizione e alle risultanze delle diverse indagini geognostiche appositamente realizzate lungo il tracciato in esame nel corso delle diverse campagne di indagine esplicate.

#### 13.1 Lotto 1B

Il presente progetto riguarda il **Lotto 1B** "Fermata Vigna Clara – Tor di Quinto", la cui descrizione di dettaglio è riportata nella Relazione Generale (NR4E12R05RGMD0001001).

Il lotto in questione è composto dal nuovo collegamento Vigna Clara - Tor di Quinto con interscambio a Tor di Quinto tra la nuova linea e la linea Roma Civita Castellana Viterbo, sviluppo 2100 m.. Il lotto "Fermata Vigna Clara – Tor di Quinto" si sviluppa lungo i fondovalle dei Fiumi Tevere e Aniene per una lunghezza di circa 2+130 km. Le opere sono rappresentate da rilevati e viadotti. Il lotto si colloca nella porzione settentrionale del centro abitato di Roma, sviluppandosi nel municipio Roma XV.

##### 13.1.1 Profilo geologico in asse al tracciato

Di seguito vengono descritti, da NW a SE, i diversi tratti relativi al tracciato ferroviario in questione, opportunamente distinti in funzione della tipologia di opere in progetto e delle principali caratteristiche stratigrafico-strutturali dell'area.

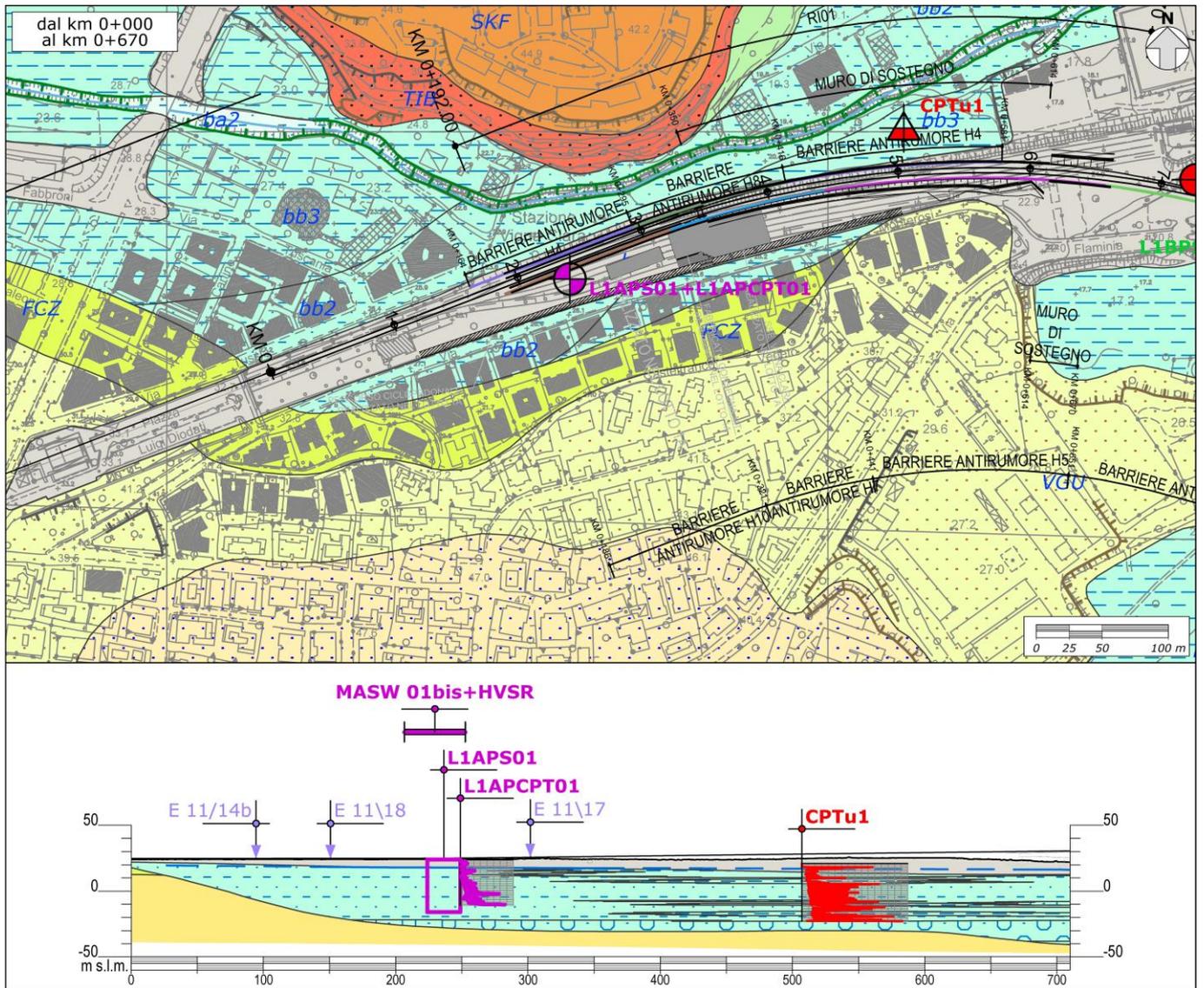
###### 13.1.1.1 Opere all'aperto km 0+000 – km 0+670

Il tratto in questione si colloca nella porzione più occidentale della tratta "Vigna Clara – Tor di Quinto" dalla fermata Vigna Clara. Il tracciato di progetto è caratterizzato unicamente da opere all'aperto (RI01), a quote di progetto variabili tra i 25 e i 31 m circa s.l.m.. La superficie topografica nella zona di intervento è invece posta a quote comprese tra i 23.1 ed i 25.8 m circa s.l.m..

L'opera interessa i terreni limoso-argillosi (**bb3**), sabbioso-limosi (**bb2**) e ghiaioso-sabbiosi (**bb1**) dei Depositi alluvionali recenti del Fiume Tevere. Questi depositi presentano uno spessore che può superare i 50 m, in aumento verso i settori centrali della piana. I depositi più grossolani (**bb1**) si rinvencono, in questo tratto, alla base della sequenza alluvionale, mentre i depositi psammitici (**bb2**) e pelitici (**bb3**) caratterizzano tutta la parte alta. Tali depositi sono diffusamente ricoperti dai Riperti antropici (**h**) con spessori compresi tra 1 e 12/13 m circa (Figura 33). Tali depositi poggiano in discordanza stratigrafica sui depositi ghiaioso-sabbiosi infra-pleistocenici della Formazione Fosso della Crescenza (**FCZ**) che a loro volta poggiano sui termini pelitici della Formazione di Monte Vaticano

(MVA), secondo un contatto stratigrafico discordante blandamente immergente in direzione del fondovalle del Fiume Tevere.

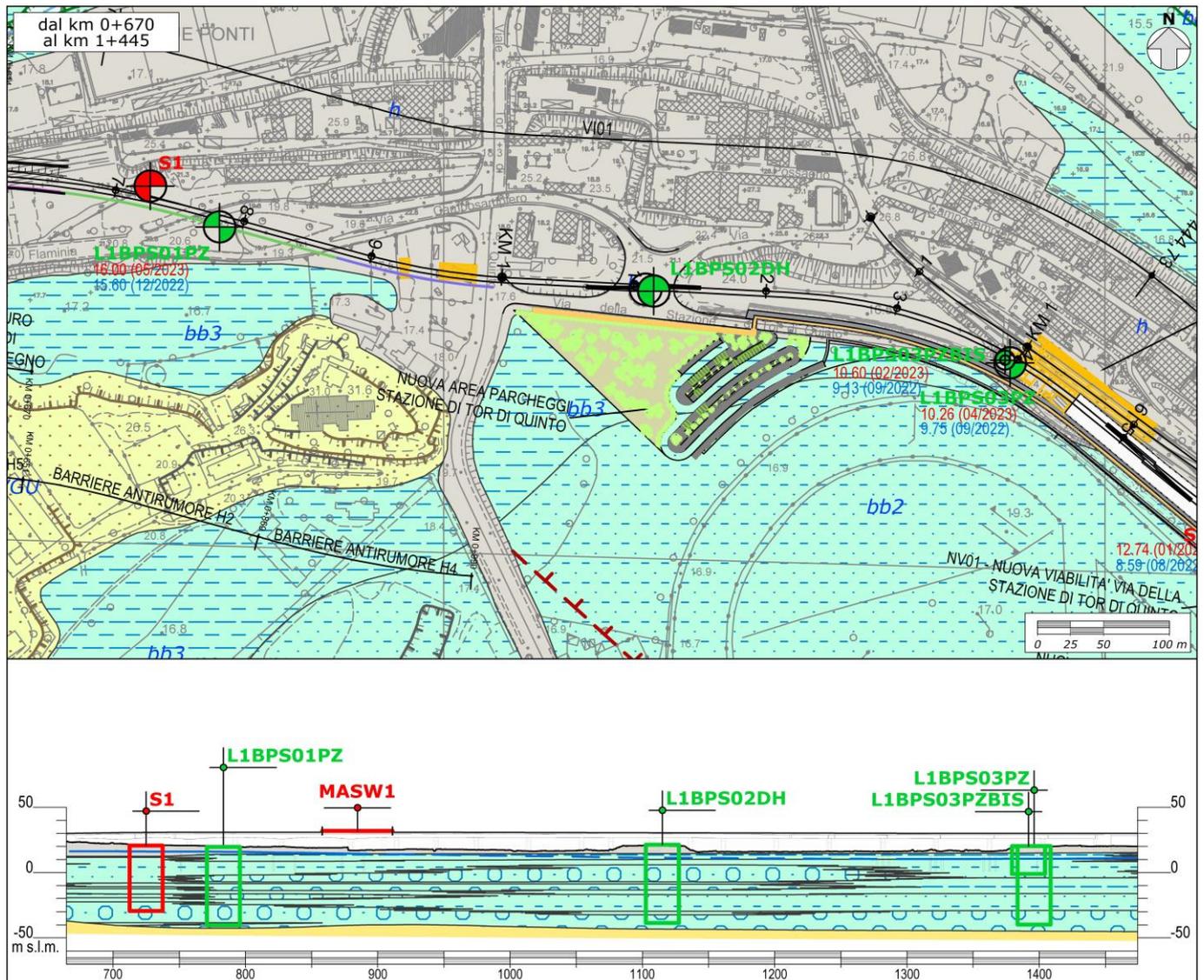
Dal punto di vista geomorfologico, il tracciato attraversa un'area pianeggiante compresa tra due piccoli rilievi caratterizzati dalla presenza di scarpate antropiche e poligeniche. Inoltre, a nord del tracciato, a circa 25 m di distanza, è presente il Fosso dell'Acquatraversa, un modesto corso d'acqua caratterizzato su entrambe le sponde da orli di scarpata torrentizi attivi con orientazione circa SW-NE (Figura 33). Considerata la relativa distanza delle forme geomorfologiche individuate e la loro ridotta tendenza morfoevolutiva, non sussistono in questo settore elementi di potenziale criticità per le opere in progetto.



**Figura 33 – Stralcio della Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico del tratto compreso tra il km 0+000 e il km 0+670.**

### 13.1.1.2 Opere all'aperto km 0+670 – km 1+445

Tale tratto si colloca nella porzione centrale della tratta “Vigna Clara – Tor di Quinto” ed è caratterizzato unicamente da opere all'aperto (V01). Le quote di progetto sono variabili tra i 30 e i 31 m circa s.l.m., mentre le quote della superficie topografica nelle immediate vicinanze delle opere sono comprese tra i 15.7 ed i 23.6 m circa s.l.m..



**Figura 34 – Stralcio della Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico del tratto compreso tra il km 0+670 e il km 0+1+445.**

Il tracciato interessa, per tutto il suo sviluppo, i Depositi alluvionali recenti del Fiume Tevere (Figura 34), in facies limoso-argillosa (**bb3**), sabbioso-limoso (**bb2**) e ghiaioso-sabbioso (**bb1**). I depositi ghiaioso-sabbiosi (**bb1**) si rinvenivano alla base della successione e in lenti di limitato spessore nella parte centrale, mentre quelli sabbioso-limosi (**bb2**) caratterizzano gran parte della copertura alluvionale. I terreni prevalentemente pelitici (**bb3**) si rinvenivano nella parte centrale della sequenza, su due orizzonti discontinui e lateralmente eteropici con le porzioni

più grossolane, mentre caratterizzano in modo più continuo la parte sommitale della successione. Il pacco alluvionale presenta uno spessore superiore 55 m e poggia, in discordanza, sui termini pelitici della Formazione di Monte Vaticano (**MVA**), che è rinvenibile stimato, in base a dati bibliografici a profondità maggiori. Tali depositi sono diffusamente ricoperti dai Riporti antropici (**h**) con spessori massimi di circa 5 m.. Nella parte iniziale del tratto, è presente un livello di terreni antropici antichi completamente ricoperto dai sedimenti più recenti del Fiume Tevere.

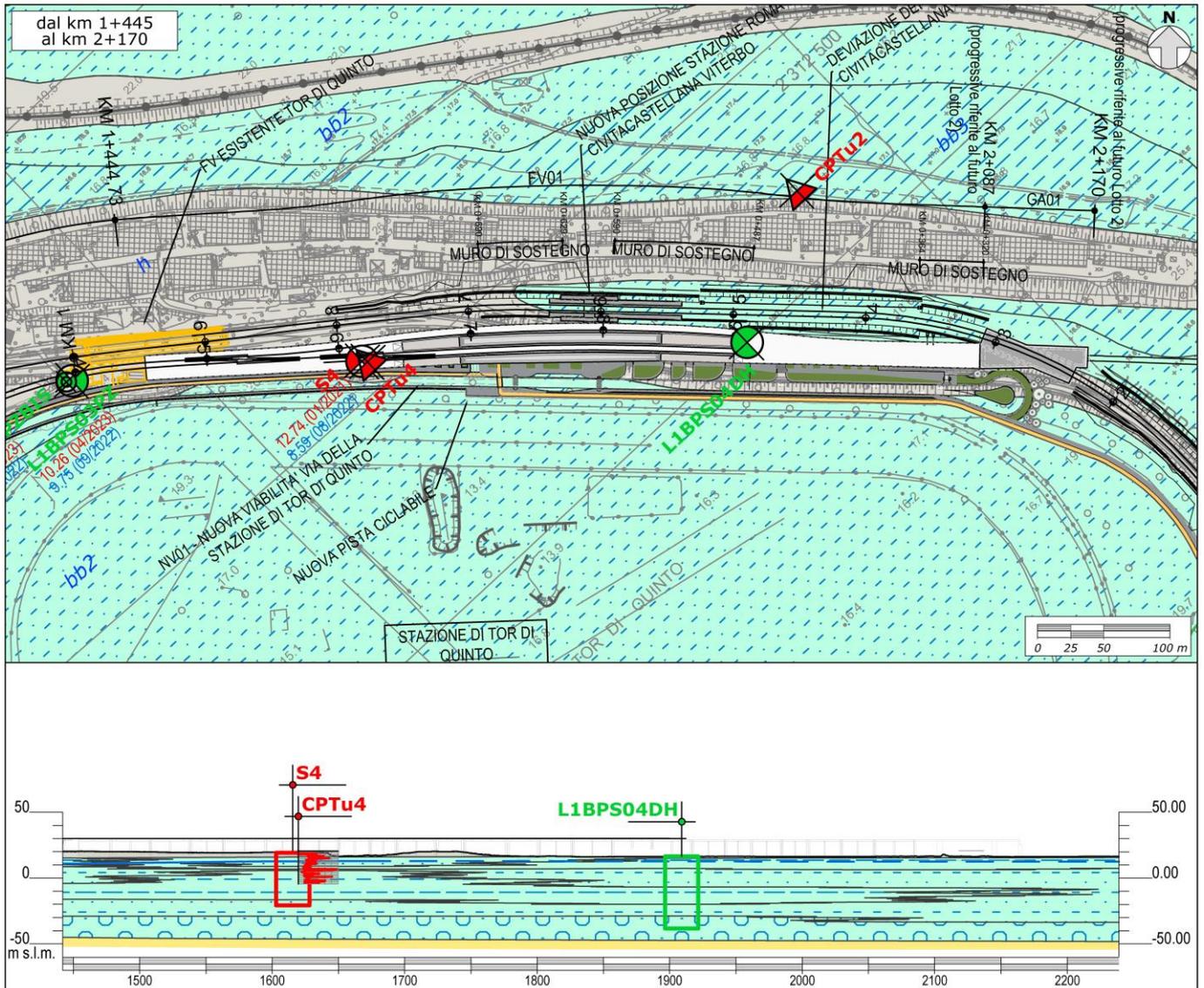
Dal punto di vista geomorfologico, il tracciato attraversa un'area pianeggiante, delimitata nel tratto iniziale da un rilievo tabulare con numerose scarpate antropiche e poligeniche (Figura 34). Tali forme erosive, comunque di limitata intensità, non presentano inferenza diretta con le opere in progetto e, pertanto, non costituiscono elementi di potenziale criticità.

#### 13.1.1.3 Opere all'aperto km 1+445 – km 2+170

Il tratto in questione si colloca nella porzione più orientale della tratta “Vigna Clara – Fermata Tor di Quinto”. Il tracciato di progetto è caratterizzato da opere all'aperto della nuova stazione di Tor di Quinto (FV01) e una galleria artificiale (GA01). La quota di progetto è sempre prossima ai 30 m circa s.l.m., mentre le quote della superficie topografica risultano variabili tra i 16.1 ed i 20.4 m circa s.l.m..

Il tracciato interessa, per tutto il suo sviluppo, i terreni limoso-argillosi (**bb3**), sabbioso-limosi (**bb2**) e ghiaioso-sabbiosi (**bb1**) dei Depositi alluvionali recenti del Fiume Tevere (Figura 35). La parte alta della sequenza alluvionale è costituita da sedimenti pelitici (**bb3**) e psammitici (**bb2**) variamente eteropici tra loro, sia lateralmente che verticalmente, mentre la base della successione è composta prevalentemente da sedimenti grossolani (**bb1**). La copertura alluvionale presenta uno spessore stimato superiore ai 62 m e poggia, in contatto stratigrafico discordante, sui depositi argilloso-sabbiosi della Formazione di Monte Vaticano (**MVA**). Tali depositi sono diffusamente ricoperti dai Riporti antropici (**h**) con spessori massimi di circa 2-3 m.

Dal punto di vista geomorfologico, il tracciato attraversa un'area pianeggiante delimitata a NE e SE dagli argini artificiali del Fiume Tevere. In relazione all'assetto morfologico del territorio, al grado di antropizzazione dell'area e all'assenza di fenomeni erosivi in atto, in questo tratto non sussistono elementi geomorfologici di potenziale criticità per le opere in progetto (Figura 35).



**Figura 35 – Stralcio della Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico del tratto compreso tra il km 1+445 e il km 2+170.**

### 13.1.2 Profilo idrogeologico in asse al tracciato

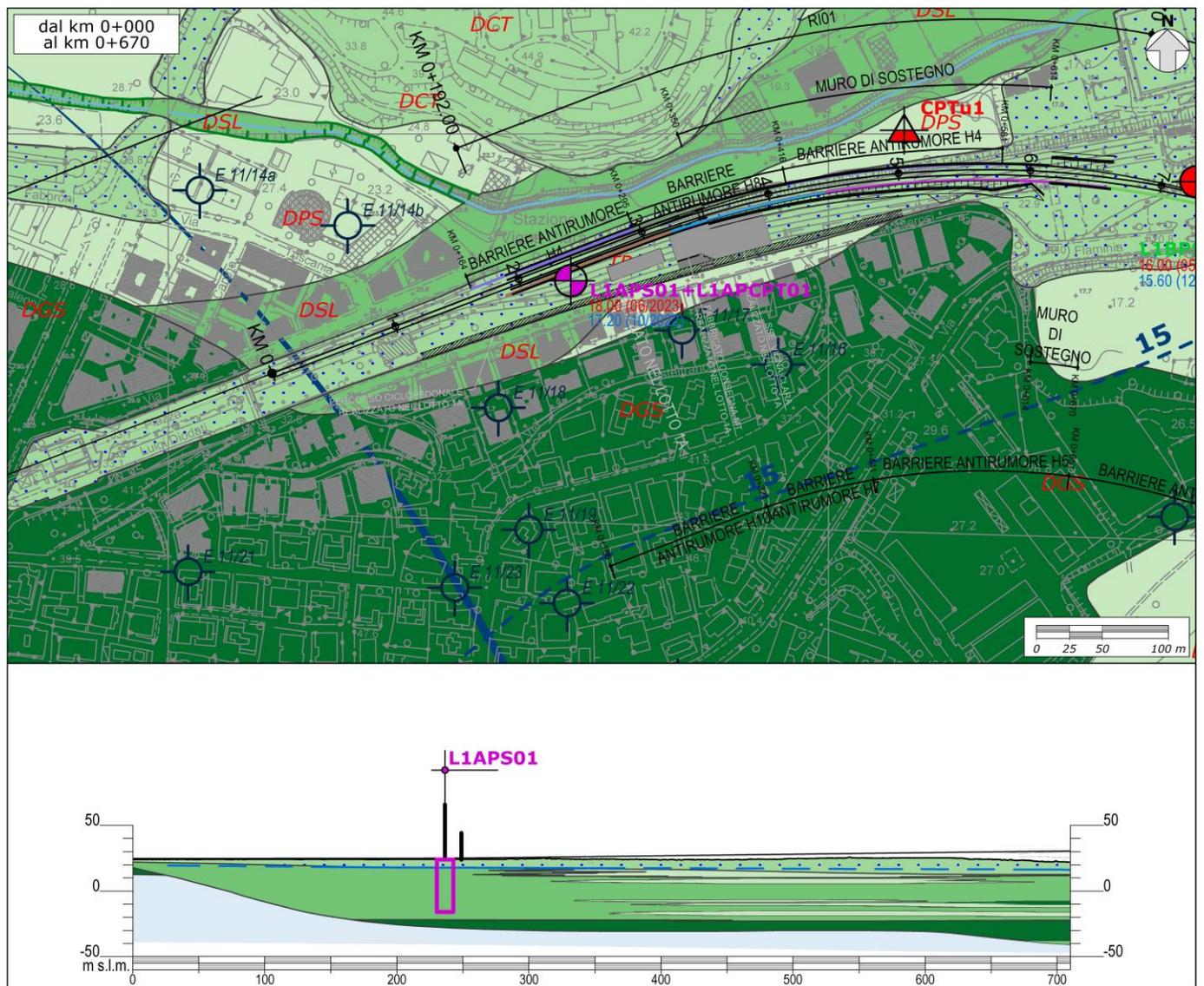
Di seguito vengono descritti, da NW a SE, i diversi tratti relativi al tracciato ferroviario in questione, opportunamente distinti in funzione della tipologia di opere in progetto e delle principali caratteristiche idrogeologiche dell'area.

#### 13.1.2.1 Opere all'aperto km 0+000 – km 0+670

Dal punto di vista idrogeologico, il tracciato è interessato dalla presenza (Figura 36) dei complessi dei Depositi pelitico-sabbiosi (DPS) e Depositi sabbioso-limosi (DSL) caratterizzati da valori di permeabilità estremamente variabili da molto bassa a media. Nella parte bassa della successione si rinviene il complesso dei Depositi ghiaioso-

sabbiosi (**DGS**) con una permeabilità variabile da media a alta. Tali complessi sono coperti dal complesso idrogeologico dei Terreni di copertura (**TRC**), il quale è caratterizzato da una permeabilità molto variabile, compresa tra molto bassa e media. Nel tratto iniziale, ai margini della piana alluvionale ad una profondità di circa 6.5 sono presenti i terreni del complesso del Substrato argilloso-sabbioso (**SAS**) con una permeabilità, per porosità e fessurazione, generalmente variabile da impermeabile a bassa.

I dati diretti di monitoraggio disponibili evidenziano la presenza di una falda freatica posta all'interno dei terreni ghiaioso-sabbiosi e sabbioso-limosi di origine alluvionale, posta a circa 6.0 m dal p.c. (cfr. L1APS01). La falda è sostenuta dai depositi argilloso-sabbiosi del substrato e parzialmente confinata dai terreni pelitico-sabbiosi più recenti.

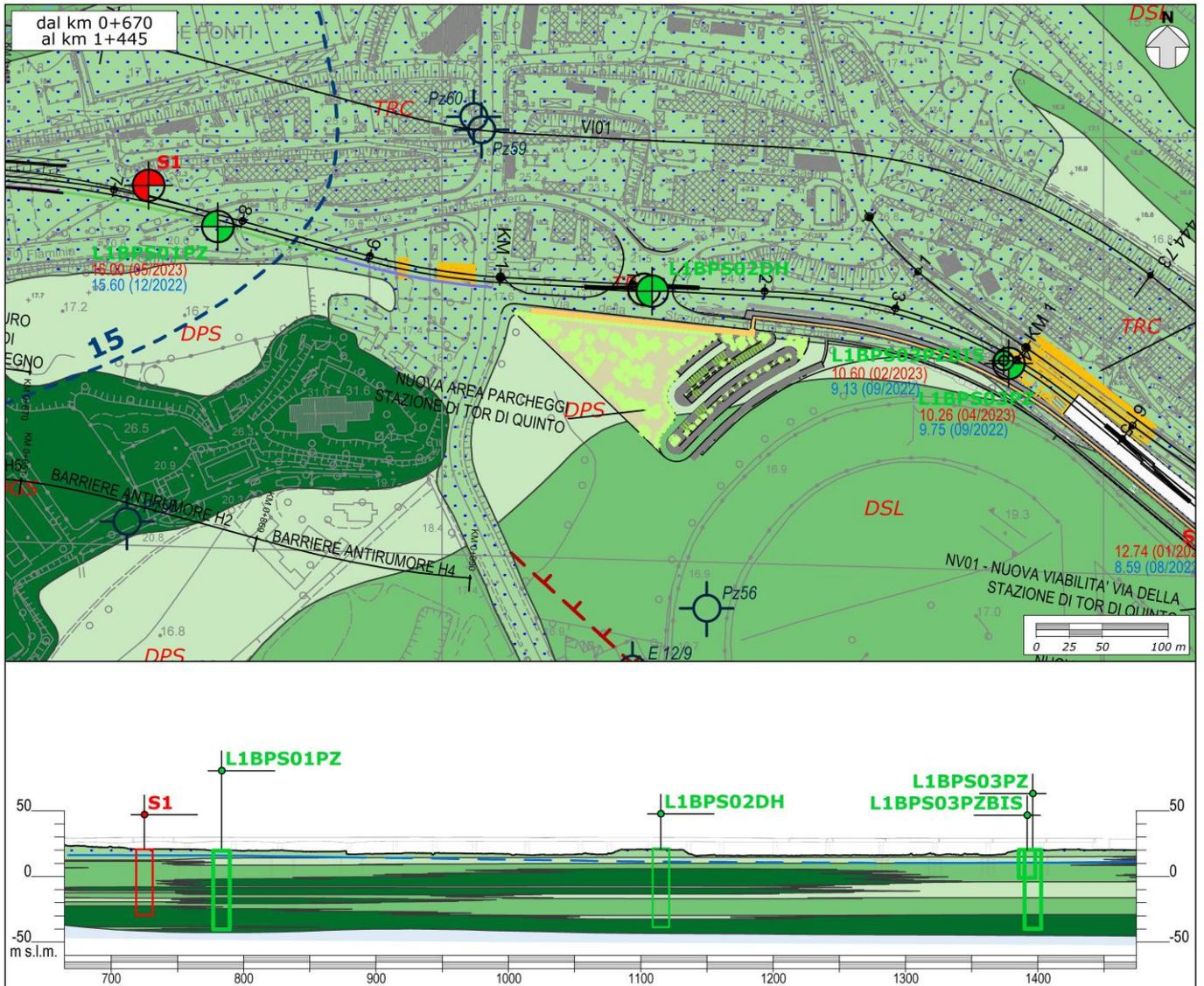


**Figura 36 – Stralcio della Carta idrogeologica e profilo idrogeologico del tratto tra il km 0+000 e il km 0+670.**

### 13.1.2.2 Opere all'aperto km 0+670 – km 1+445

Dal punto di vista idrogeologico, il tracciato è interessato dalla presenza (Figura 37) dei complessi dei Depositi pelitico-sabbiosi (**DPS**), Depositi sabbioso-limosi (**DSL**) e Depositi ghiaioso-sabbiosi (**DGS**) caratterizzati da valori di permeabilità estremamente variabili da molto bassa a alta. Tali complessi sono coperti dal complesso idrogeologico dei Terreni di copertura (**TRC**), il quale è caratterizzato da una permeabilità molto variabile, compresa tra molto bassa e media. Tali complessi poggiano, ad una profondità di circa 55 m sui terreni del complesso del Substrato argilloso-sabbioso (**SAS**) con una permeabilità, per porosità e fessurazione, generalmente variabile da impermeabile a bassa.

Le ricostruzioni delle condizioni di deflusso idrico sotterraneo nell'area evidenziano la presenza di una falda posta a quote variabili tra i 4 ed i 10 m dal p.c. (cfr. L1BPS01PZ e L1BPS03PZ). La falda è contenuta nelle porzioni più permeabili della copertura alluvionale ed è sostenuta, alla base, dai depositi argilloso-sabbiosi del substrato. I livelli pelitici dei depositi alluvionali, presenti all'interno della sequenza di colmamento della valle, producono localmente un parziale confinamento dell'acquifero più profondo. La superficie freatica ricostruita sulla scorta dei dati bibliografici disponibili (La Vigna & Mazza 2015) è invece posta a quote di circa 15 m s.l.m..

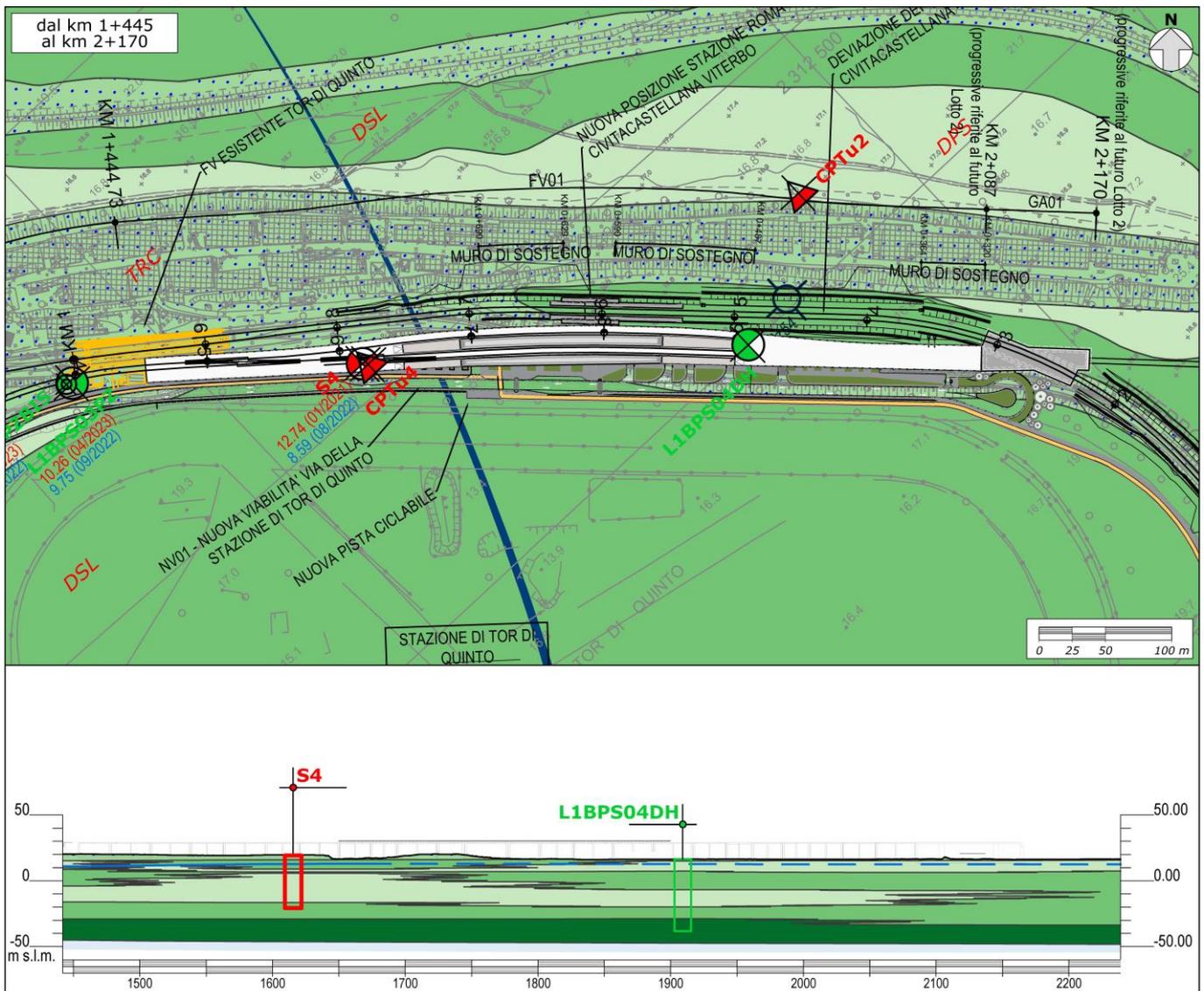


**Figura 37 – Stralcio della Carta idrogeologica e profilo idrogeologico del tratto tra il km 0+670 e il km 0+1+445.**

### 13.1.2.3 Opere all'aperto km 1+445 – km 2+170

Dal punto di vista idrogeologico, il tracciato è interessato dalla presenza (Figura 38) dei complessi dei Depositi pelitico-sabbiosi (DPS), Depositi sabbioso-limosi (DSL) e Depositi ghiaioso-sabbiosi (DGS) caratterizzati da valori di permeabilità estremamente variabili da molto bassa a alta. Tali complessi sono coperti dal complesso idrogeologico dei Terreni di copertura (TRC), il quale è caratterizzato da una permeabilità molto variabile, compresa tra molto bassa e media. Tali complessi poggiano, ad una profondità superiore ai 55 m sui terreni del complesso del Substrato argilloso-sabbioso (SAS) con una permeabilità, per porosità e fessurazione, generalmente variabile da impermeabile a bassa.

Da un punto di vista idrogeologico, invece, i dati di monitoraggio disponibili (cfr. S4) evidenziano la presenza di una falda posta a quote di circa 6.5 m dal p.c.. La falda è contenuta nelle porzioni più permeabili della copertura alluvionale ed è sostenuta dai terreni poco permeabili del substrato. I depositi alluvionali prevalentemente pelitici, costituenti un livello piuttosto esteso ma irregolare per spessore e geometria, tamponano la porzione più profonda dell'acquifero alluvionale, producendo un parziale confinamento della falda e il frazionamento dei deflussi idrici sotterranei.



**Figura 38 – Stralcio della Carta idrogeologica e profilo idrogeologico del tratto tra il km 1+445 e il km 2+170.**

### 13.2 Adeguamento del tratto della Linea – Roma - Civita - Castellana – Viterbo

Il presente progetto riguarda anche l'adeguamento del tratto della "Linea – Roma - Civita - Castellana – Viterbo", la cui descrizione di dettaglio è riportata nella Relazione Generale (NR4E12R05RGMD0001001).

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b> <b>NPP – 0258: GRONDA MERCI DI ROMA - CHIUSURA ANELLO</b> <b>NORD</b> <b>TRATTA: VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B	FOGLIO 95 di 138

Il lotto in questione è composto dalla linea Roma Civita Castellana Viterbo. Il tratto in adeguamento della “Linea – Roma - Civita - Castellana – Viterbo” si sviluppa lungo le sponde del Fiume Tevere per una lunghezza di circa 1+912 km. Le opere sono rappresentate da rilevati e viadotti. Il lotto si colloca nella porzione settentrionale del centro abitato di Roma, sviluppandosi nel municipio Roma XV.

### 13.2.1 Profilo geologico in asse al tracciato

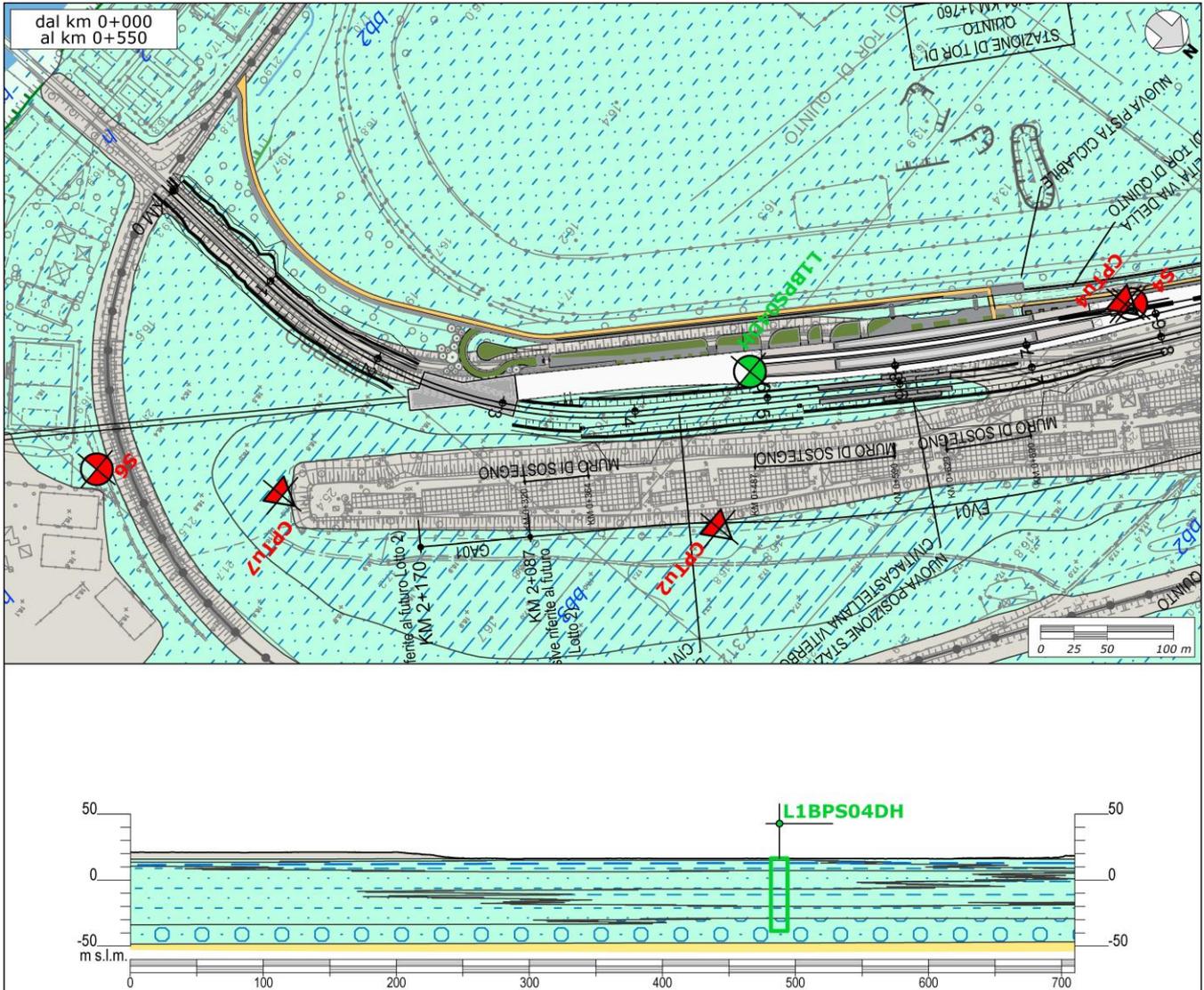
Di seguito vengono descritti, da SE a NW, i diversi tratti relativi al tracciato ferroviario in questione, opportunamente distinti in funzione della tipologia di opere in progetto e delle principali caratteristiche stratigrafico-strutturali dell’area.

#### 13.2.1.1 Opere all’aperto km 0+000 – km 1+150

Il tratto in questione si colloca nella porzione più meridionale della tratta “Roma Civita Castellana Viterbo” in esame. Il tracciato di progetto è caratterizzato unicamente da opere all’aperto, a quote di progetto variabili tra i 19 e i 21 m circa s.l.m.. La superficie topografica nella zona di intervento è invece posta a quote comprese tra i 16.2 ed i 27.6 m circa s.l.m..

L’opera interessa i terreni limoso-argillosi (**bb3**), sabbioso-limosi (**bb2**) e ghiaioso-sabbiosi (**bb1**) dei Depositi alluvionali recenti del Fiume Tevere. Questi depositi presentano uno spessore di almeno 63 m. I depositi più grossolani (**bb1**) si rinvergono alla base della sequenza alluvionale, mentre i depositi psammitici (**bb2**) e pelitici (**bb3**) caratterizzano tutta la parte alta. Tali depositi sono diffusamente ricoperti dai Riperti antropici (**h**) con spessori di circa 5 m (Figura 39, Figura 40). Tali depositi poggiano in discordanza stratigrafica sui termini pelitici della Formazione di Monte Vaticano (**MVA**), secondo un contatto stratigrafico discordante.

Dal punto di vista geomorfologico, il tracciato attraversa un’area pianeggiante delimitata a NE e SE dagli argini artificiali del Fiume Tevere. In relazione all’assetto morfologico del territorio, al grado di antropizzazione dell’area e all’assenza di fenomeni erosivi in atto, in questo tratto non sussistono elementi geomorfologici di potenziale criticità per le opere in progetto (Figura 39, Figura 40).



**Figura 39 – Stralcio della Carta geologica e profilo geologico del tratto tra il km 0+000 – km 1+150.**

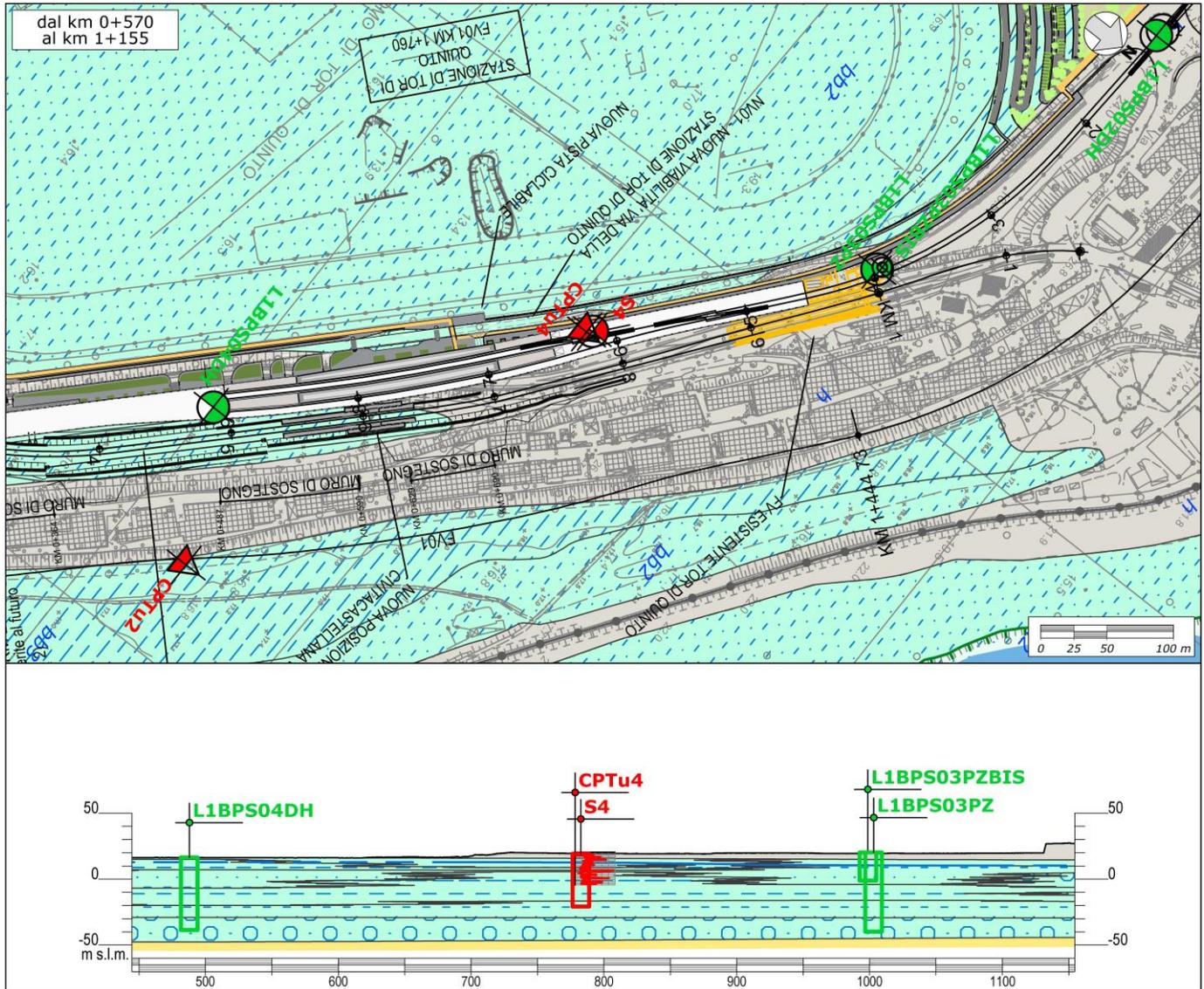


Figura 40 – Stralcio della Carta geologica e profilo geologico del tratto compreso tra il km 0+000 – km 1+150.

### 13.2.2 Profilo idrogeologico in asse al tracciato

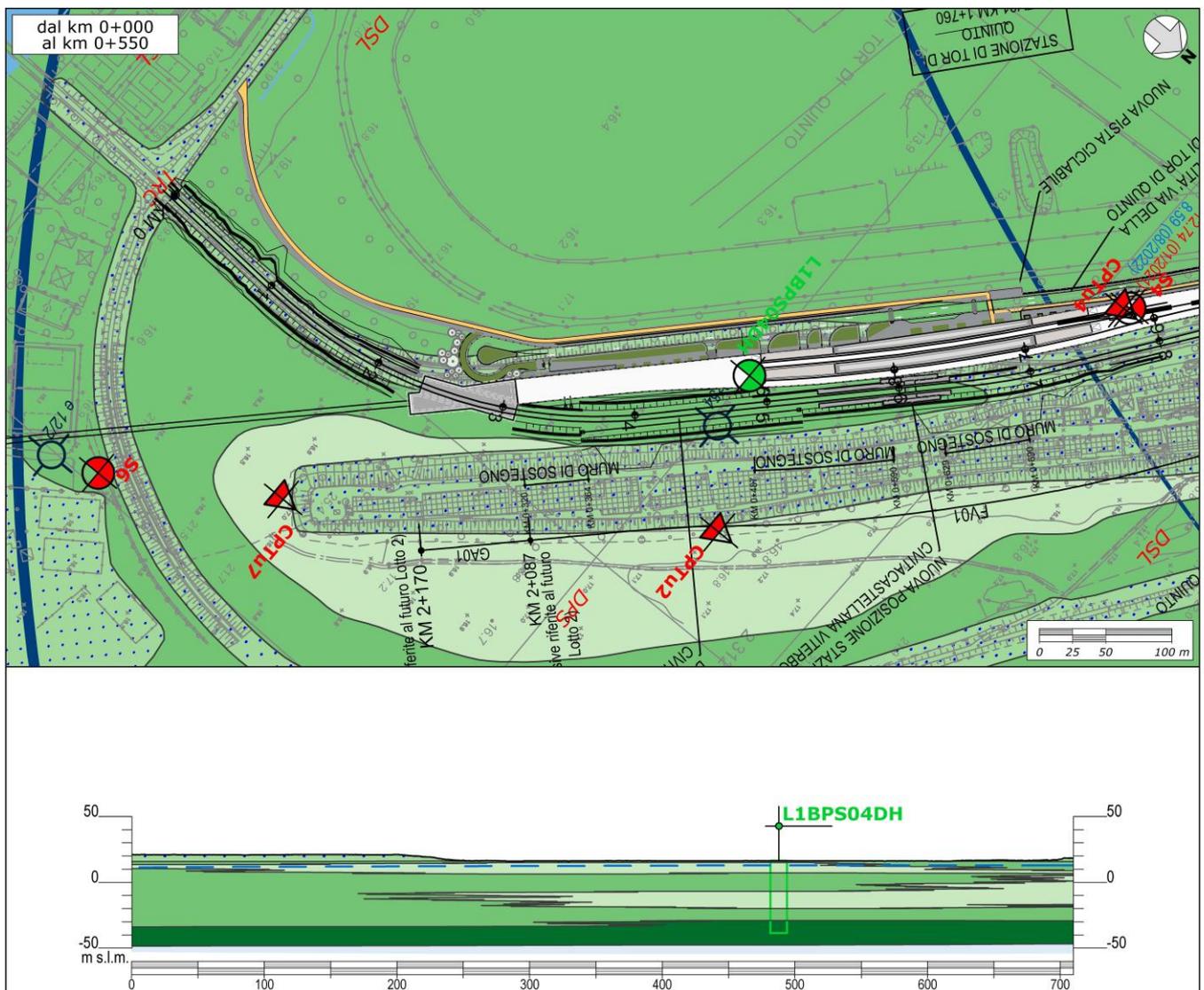
Di seguito vengono descritti, da SE a NW, i diversi tratti relativi al tracciato ferroviario in questione, opportunamente distinti in funzione della tipologia di opere in progetto e delle principali caratteristiche idrogeologiche dell'area.

#### 13.2.2.1 Opere all'aperto km 0+000 – km 1+150

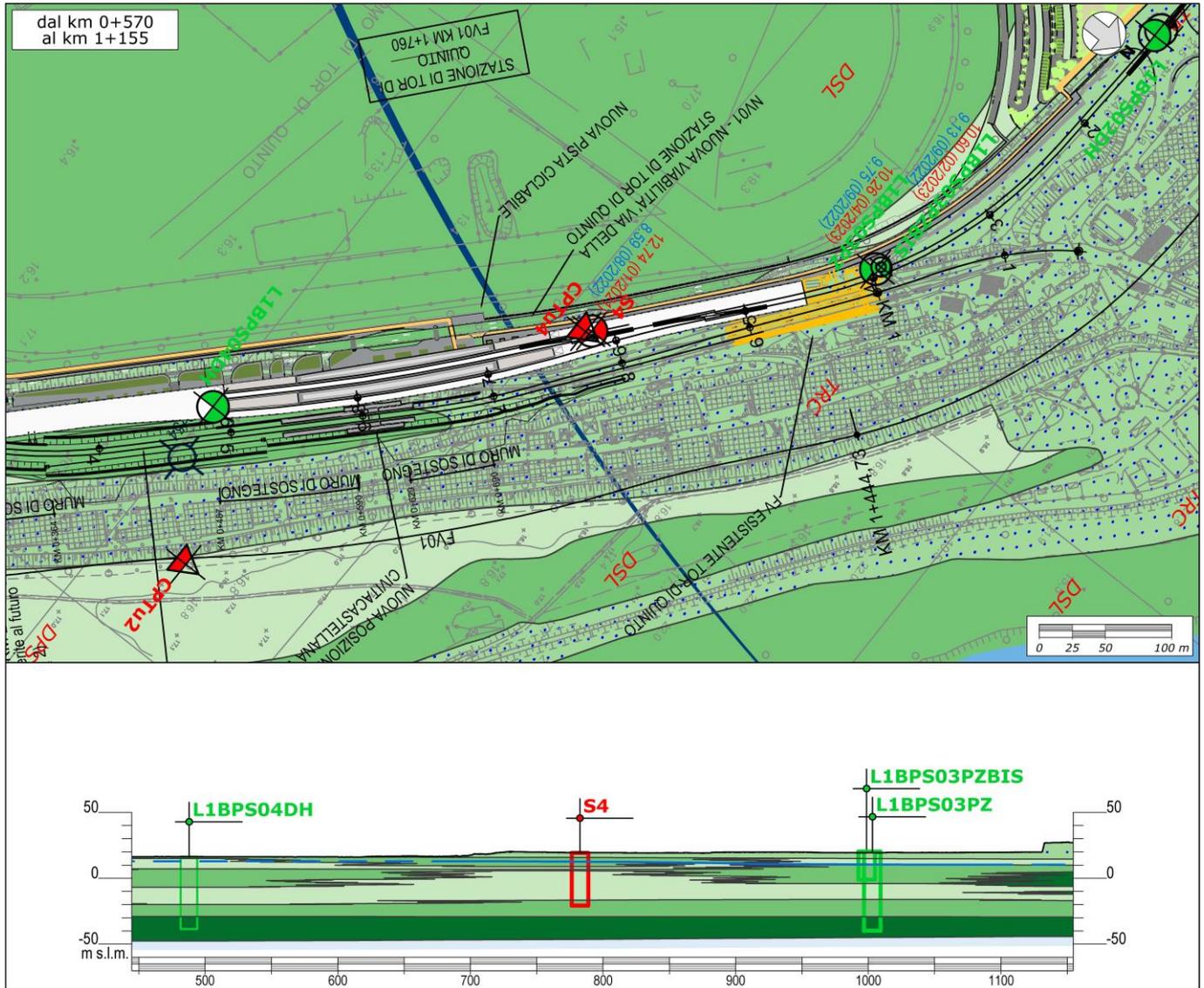
Dal punto di vista idrogeologico, il tracciato è interessato dalla presenza (Figura 41, Figura 42) dei complessi dei Depositi pelitico-sabbiosi (**DPS**), Depositi sabbioso-limosi (**DSL**) e Depositi ghiaioso-sabbiosi (**DGS**) caratterizzati da valori di permeabilità estremamente variabili da molto bassa a alta. Tali complessi sono coperti dal complesso idrogeologico dei Terreni di copertura (**TRC**), il quale è caratterizzato da una permeabilità molto variabile, compresa

tra molto bassa e media. Tali complessi poggiano, ad una profondità superiore ai 63 m sui terreni del complesso del Substrato argilloso-sabbioso (SAS) con una permeabilità, per porosità e fessurazione, generalmente variabile da impermeabile a bassa.

Da un punto di vista idrogeologico, invece, i dati di monitoraggio disponibili (cfr. S4, L1BPS03PZ e L1BPS03PZBIS) evidenziano la presenza di una falda posta a quote di circa 6.5-10.0 m p.c.. La falda è contenuta nelle porzioni più permeabili della copertura alluvionale ed è sostenuta dai terreni poco permeabili del substrato. I depositi alluvionali prevalentemente pelitici, costituenti un livello piuttosto esteso ma irregolare per spessore e geometria, tamponano la porzione più profonda dell'acquifero alluvionale, producendo un parziale confinamento della falda e il frazionamento dei deflussi idrici sotterranei.



**Figura 41 – Stralcio della Carta idrogeologica e profilo idrogeologico del tratto tra il km 0+000 – km 1+150.**



**Figura 42 – Stralcio della Carta idrogeologica e profilo idrogeologico del tratto compreso tra il km 0+000 – km 1+150.**

## 14 SISMICITÀ DELL'AREA

Il Lazio è caratterizzato da una sismicità che si distribuisce lungo fasce sismiche omogenee (zone sismogenetiche), allungate preferenzialmente secondo la direzione appenninica NW-SE, con centri sismici ubicati sia all'interno della regione sia all'esterno. Questo andamento a fasce nella distribuzione della sismicità trova riscontro nella ripartizione degli effetti sismici osservabili nei comuni del Lazio, con massimi danneggiamenti nelle zone pedemontane del reatino e del frusinate e gradualmente minori spostandosi verso le aree costiere.

Storicamente, i terremoti di media intensità (fino all'VIII grado MCS/MSK) sono molto frequenti e avvengono nell'area degli apparati vulcanici dei Colli Albani e dei Monti Vulsini, oltre che in alcune aree del Frusinate e del Reatino. I terremoti molto forti (fino al X-XI grado MCS/MSK) sono relativamente poco frequenti e avvengono, invece, nelle conche di origine tettonica della provincia di Rieti e del basso Frusinate. Quasi asismica risulta essere la provincia di Latina e poco sismica la zona costiera della provincia di Viterbo.

### 14.1 Sismicità regionale

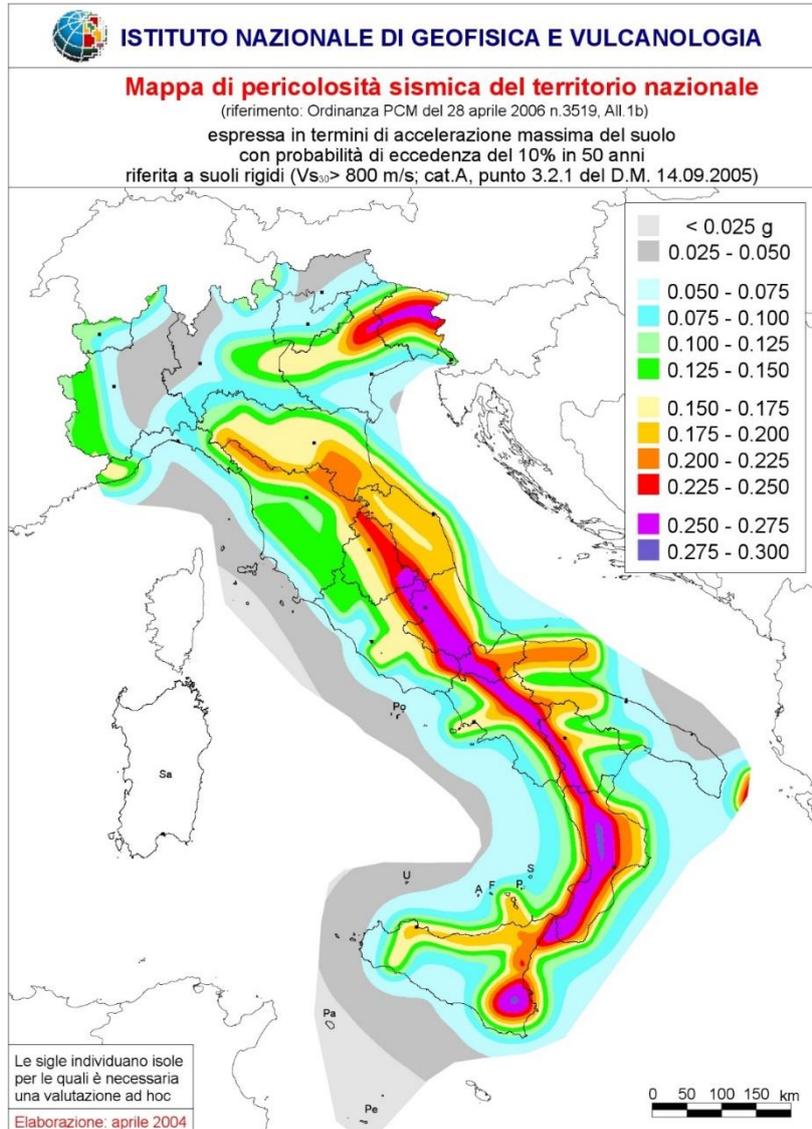
La sismicità dell'area di Roma è legata sia all'attività sismica dell'Appennino Centrale, che presenta lineamenti tettonici orientati circa NW-SE, sia a quella dei Colli Albani, che presentano strutture ad andamento grossomodo NE-SW. Dagli studi eseguiti sulla sismicità storica della Città di Roma si è riscontrata una decisa correlazione fra i danni subiti e la natura morfo-litologica e geotecnica dei terreni. In particolare emerge che i danni sono maggiormente distribuiti nelle zone vallive e paleovallive della città, ove sono presenti spessori significativi di depositi recenti e olocenici (Boschi et al. 1990; Funicello et al. 1995).

### 14.2 Classificazione sismica e pericolosità sismica di base

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 (e successive modifiche ed integrazioni) – “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*” disciplinava la classificazione sismica dei comuni d'Italia. Con l'emanazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3519/06 lo Stato ha definito i criteri nazionali che ciascuna Regione deve seguire per l'aggiornamento della classificazione sismica del proprio territorio. Questo strumento normativo ha portato a valutare la classificazione sismica del territorio secondo parametri sismologici svincolati dal solo criterio politico del limite amministrativo fin qui utilizzato.

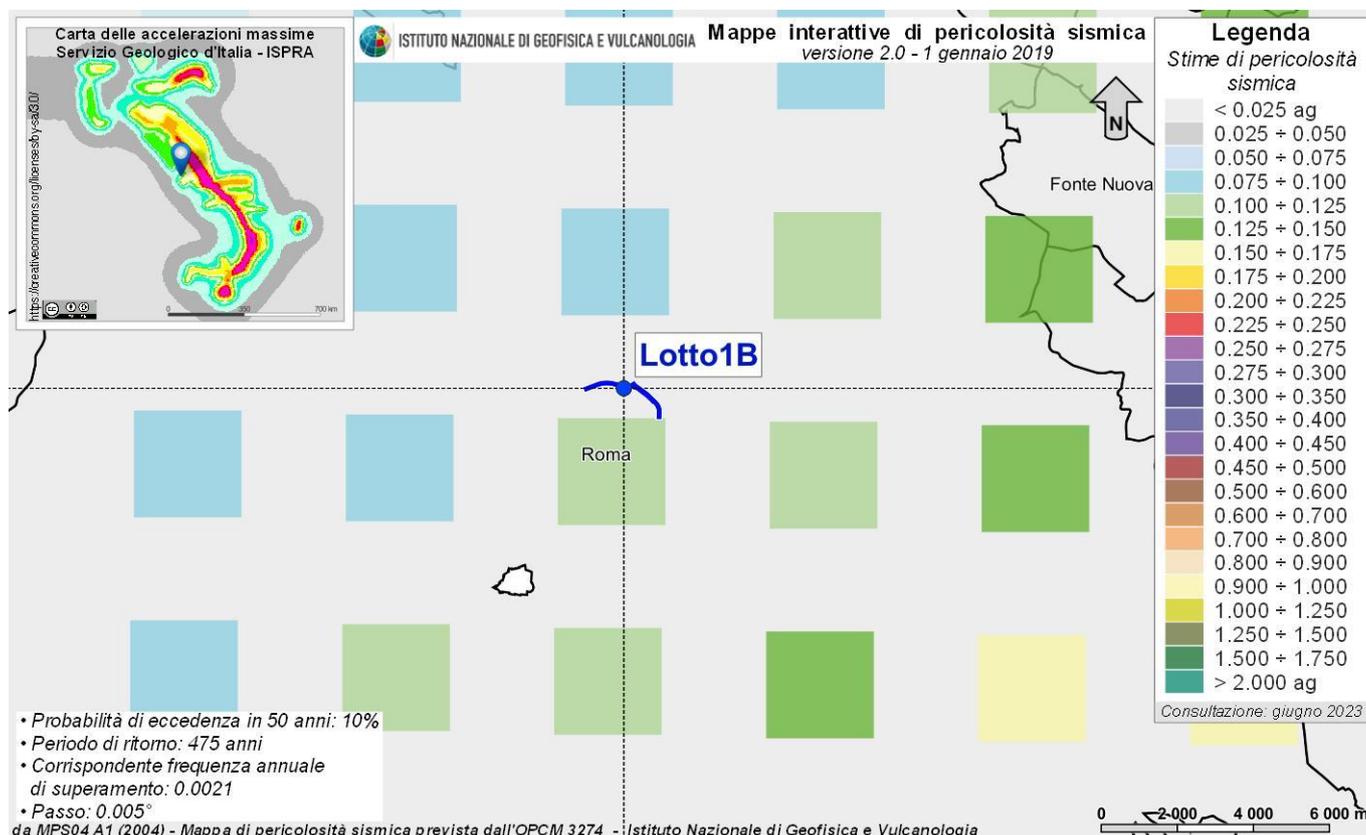
In seguito a tale classificazione, effettuata per ognuno dei comuni d'Italia, è stato emanato un nuovo provvedimento che prevede l'adozione delle stime di pericolosità sismica contenute nel Progetto S1 dell'INGV-DPC (Figura 43). Detto studio è stato condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che ha prodotto, per l'intera comunità nazionale, uno strumento scientificamente valido ed avanzato, nonché utilizzabile nell'immediato in provvedimenti normativi.

In particolare, con tale provvedimento è stato superato il concetto di una classificazione sismica legata al singolo territorio comunale e si è posta nuova attenzione sul concetto di una pericolosità sismica uniforme a livello nazionale, stimata sulla base di quattro fondamentali zone sismiche. La vecchia classificazione sismica produceva, sovente, situazioni in cui un comune classificato sismico era fisicamente confinante con un comune non classificato e, pertanto, si assisteva ad un brusco cambiamento nei parametri sismici che avveniva in un breve arco di territorio.



**Figura 43 – Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale (da Meletti & Montaldo 2007) contenuta nel Progetto S1 dell'INGV-DPC (<http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>).**

Attualmente, la pericolosità sismica è stimata con una precisione maggiore e, di fatto, le variazioni tra le caratteristiche sismiche di aree adiacenti sono continue e graduali. Successivamente verrà mantenuta, infatti, la classificazione secondo la quale il territorio nazione è suddivisibile in quattro differenti classi sismiche, ma a scopo esclusivamente amministrativo.

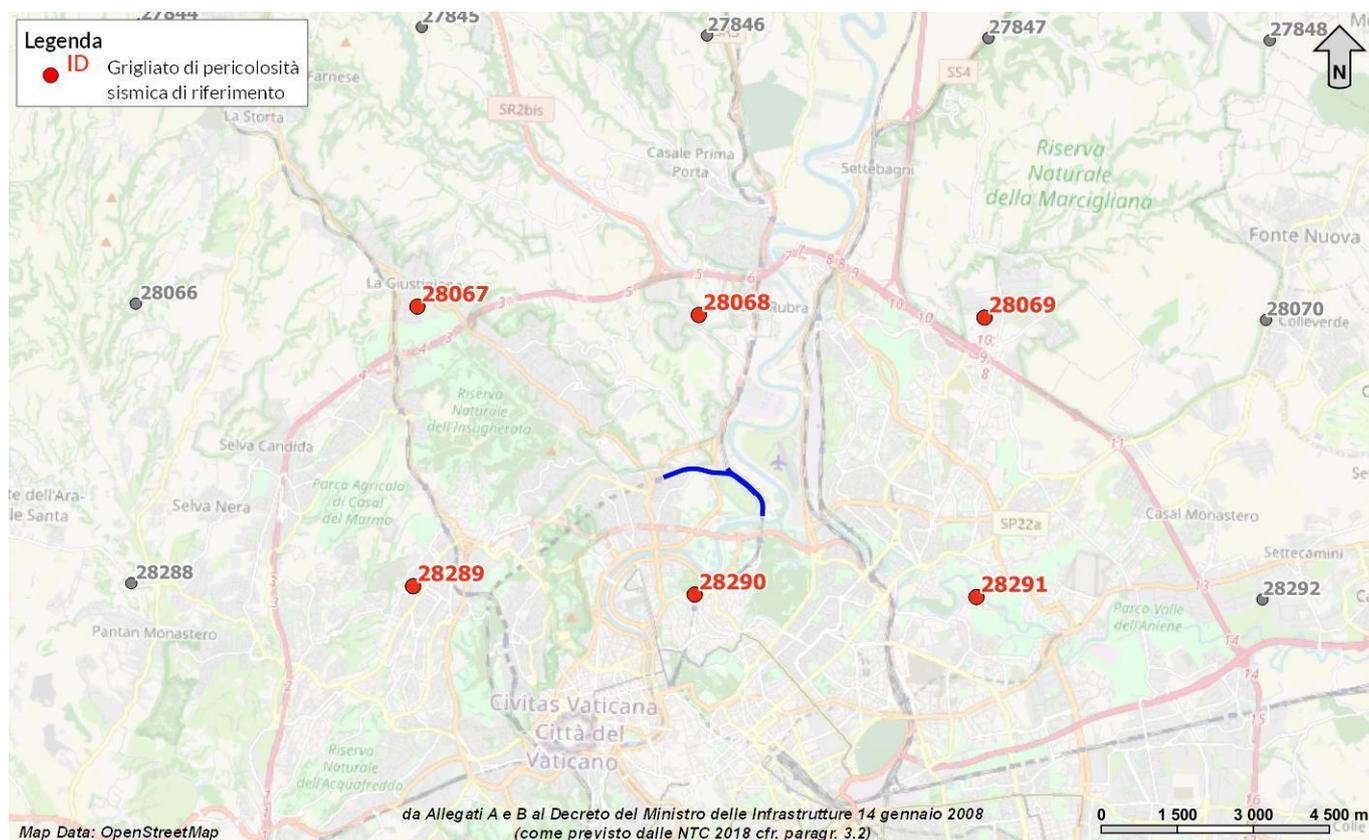


**Figura 44 – Mappa di pericolosità sismica per l'area di interesse, in scala 1:200000; i colori della legenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).**

All'attuale stato delle conoscenze e del progresso scientifico è possibile, attraverso l'applicazione *WebGIS*, consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica (Figura 44). In particolare, per la zona interessata dalla tratta ferroviaria in esame, i valori di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) sono compresi all'incirca nell'intervallo  $0.075-0.125 a_g$  (accelerazione massima del suolo).

La pericolosità sismica di un territorio è funzione di un complesso insieme di parametri naturali e rappresenta la probabilità che un evento sismico di data intensità si manifesti in una certa area in un determinato intervallo di tempo. Diverso è, invece, il concetto di rischio sismico che è il risultato catastrofico dell'evento naturale sul sistema antropico. Affinché si abbia rischio è necessario, pertanto, che uno o più degli elementi antropici esposti (vite umane, attività, beni) possieda un carattere di vulnerabilità tale da determinarne la perdita parziale o totale. La vulnerabilità, in tale accezione, è l'entità della perdita attesa derivante dal manifestarsi di un evento di data intensità nell'area in esame. Non potendo intervenire sulla pericolosità, che dipende esclusivamente da dinamiche naturali, si può intervenire sulla vulnerabilità degli elementi esposti al rischio e, quindi, sul rischio totale.

Oltre alla conoscenza della probabilità di accadimento di un evento sismico, delle caratteristiche della sorgente sismogenetica e delle modalità di propagazione della perturbazione, è necessario analizzare le caratteristiche locali del sito di studio. Queste, infatti, condizionano la reazione del terreno all'*input* sismico in termini di variazione del contenuto in frequenza del segnale, amplificazione/smorzamento dell'onda e perdita o modificazione delle sue caratteristiche di resistenza e deformabilità.



**Figura 45 – Griglia di riferimento per il settore oggetto di studio, con individuazione del lotto in esame (in blu) e dei punti del grigliato scelti (in rosso).**

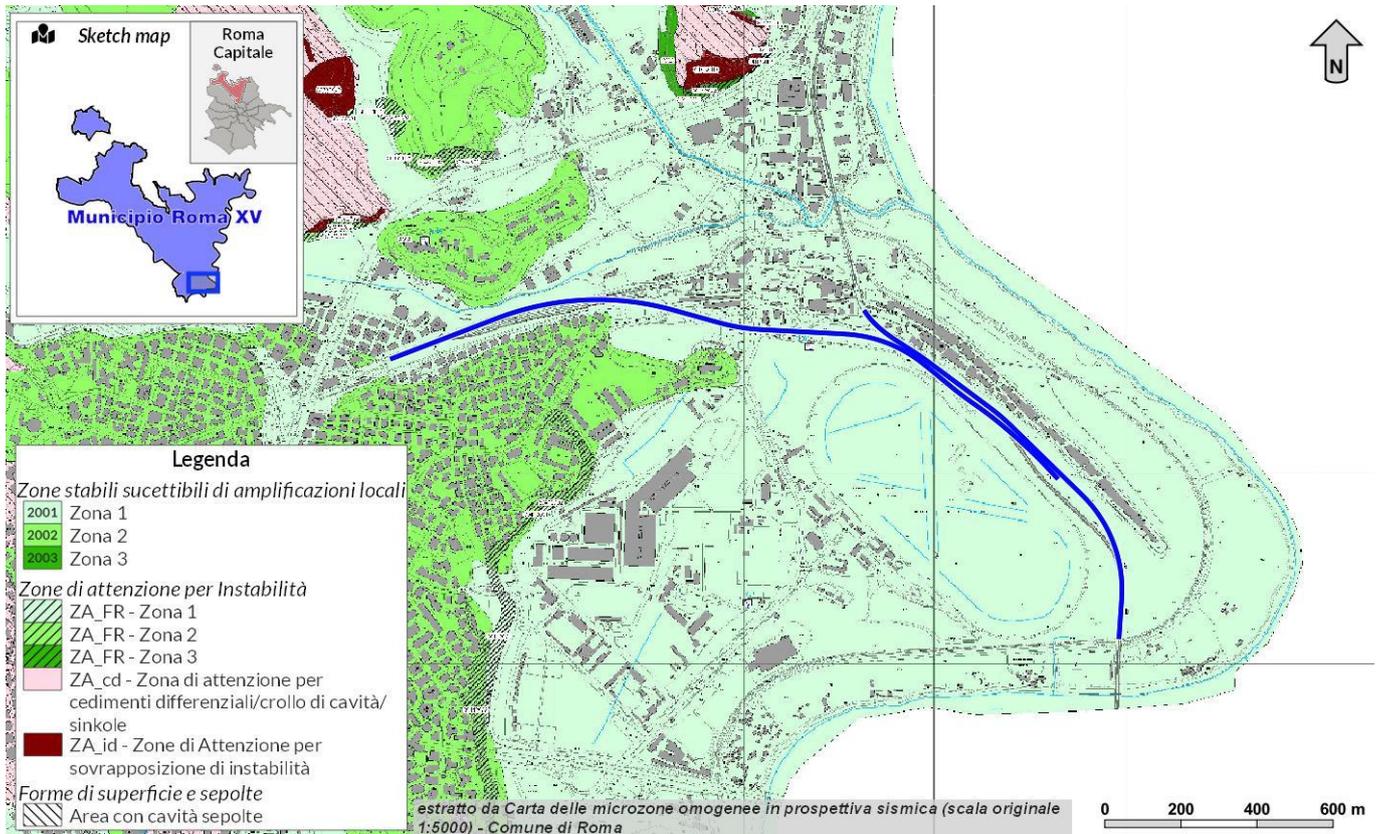
All'indomani della riclassificazione sismica del territorio nazionale scaturita dal progetto S1 dell'INGV-DPC, si dispone di parametri sismici di riferimento aggiornati e di maggior dettaglio rispetto alla classificazione macrosismica nazionale cui faceva riferimento il D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 (Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche). La rappresentazione di sintesi delle caratteristiche sismologiche e sismogenetiche del territorio è contenuta nella "Mappa di Pericolosità Sismica" dell'Italia, che costituisce oggi la base di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche di progetto sul sito in esame secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008).

Con riferimento al D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e dei dati relativi al progetto S1 dell'INGV-DPC, sono stati determinati i valori reticolari dei parametri di riferimento relativamente ad un suolo rigido, per un tempo di ritorno  $T_r$  pari a 475 (Figura 45 e Tabella 25). Per i valori di  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T_c^*$ , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 (come previsto dalle NTC 2018 cfr. paragr. 3.2). I parametri forniti possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale.

ID	longitudine °	latitudine °	a <sub>g</sub> g	F <sub>0</sub> -	T <sub>c</sub> s
28067	12.414	41.980	0.081	2.860	0.330
28068	12.481	41.980	0.093	2.760	0.330
28069	12.549	41.981	0.108	2.650	0.320
28289	12.415	41.930	0.091	2.720	0.320
28290	12.482	41.930	0.106	2.620	0.320
28291	12.549	41.931	0.124	2.600	0.300

**Tabella 25 - Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno  $T_r$  pari a 475 anni, le coordinate sono espresse in gradi decimali (EPSG:4230).**

Al fine di ottenere un maggiore dettaglio classificativo, la Regione Lazio ha provveduto a suddividere le precedenti Zone Sismiche 2 e 3 in 2 ulteriori sub-zone, ottenendo così un totale di 5 Zone Sismiche: Zona 1, Zona 2A e 2B, Zona 3A e 3B. In particolare, la Zona 2A forma una fascia di comuni a contatto con la Zona 1, mentre la Zona 2B copre gran parte del territorio regionale.



**Figura 46 – Stralcio della mappa delle microzone omogenee in prospettiva sismica riprodotta in scala 1:20000 (scala originale 1:5000), con indicazione delle opere in progetto (in blu).**

Relativamente alla nuova classificazione sismica della Regione Lazio (DGR 387/09 e DGR 835/09), la zona di intervento ricade nell'area del municipio XV. Tale municipio risulta classificato come **Zona 3A**. Secondo la

normativa, in tale zona è prevista un'accelerazione al suolo con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ ) compresa tra 0.10 e 0.15.

Per quanto riguarda la microzonazione sismica, invece, allo stato attuale non sono presenti invece studi pubblicati e validati per tutta l'area di studio. In particolare, sono presenti studi di microzonazione sismica di 1° livello esclusivamente per il Municipio XV (Ex Municipio XX). Ai sensi dell'O.P.C.M. n. 3907/2010 e del D.G.R. Lazio 545/2010 la Regione Lazio e Città metropolitana di Roma Capitale hanno realizzato la "Microzonazione sismica livello 1 del Comune di Roma Capitale" (Figura 46).

Secondo tale studio, l'area di interesse progettuale rientra nella "zona 1" (cod. 2001) suscettibile di amplificazioni locali. Si tratta di una zona caratterizzata da una successione stratigrafica costituita essenzialmente dalla presenza di litotipi limoso-argillosi ed argilloso-limosi di ambiente fluviale, posti al disopra del substrato coesivo rappresentato dalle argille della Formazione di Monte Vaticano. La MOPS 2001 include anche le alluvioni presenti nei fondovalle scavati dai vari fossi affluenti di destra del Tevere che hanno spessori inferiori e localmente sormontano le litologie della sequenza vulcanica dei Monti Sabatini, costituita da alternanze di piroclastiti e lave. In questa zona vi è la possibilità che si verifichino fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico, come individuato sulla base delle misure effettuate, relazionate a contrasti di impedenza sismica non trascurabili.

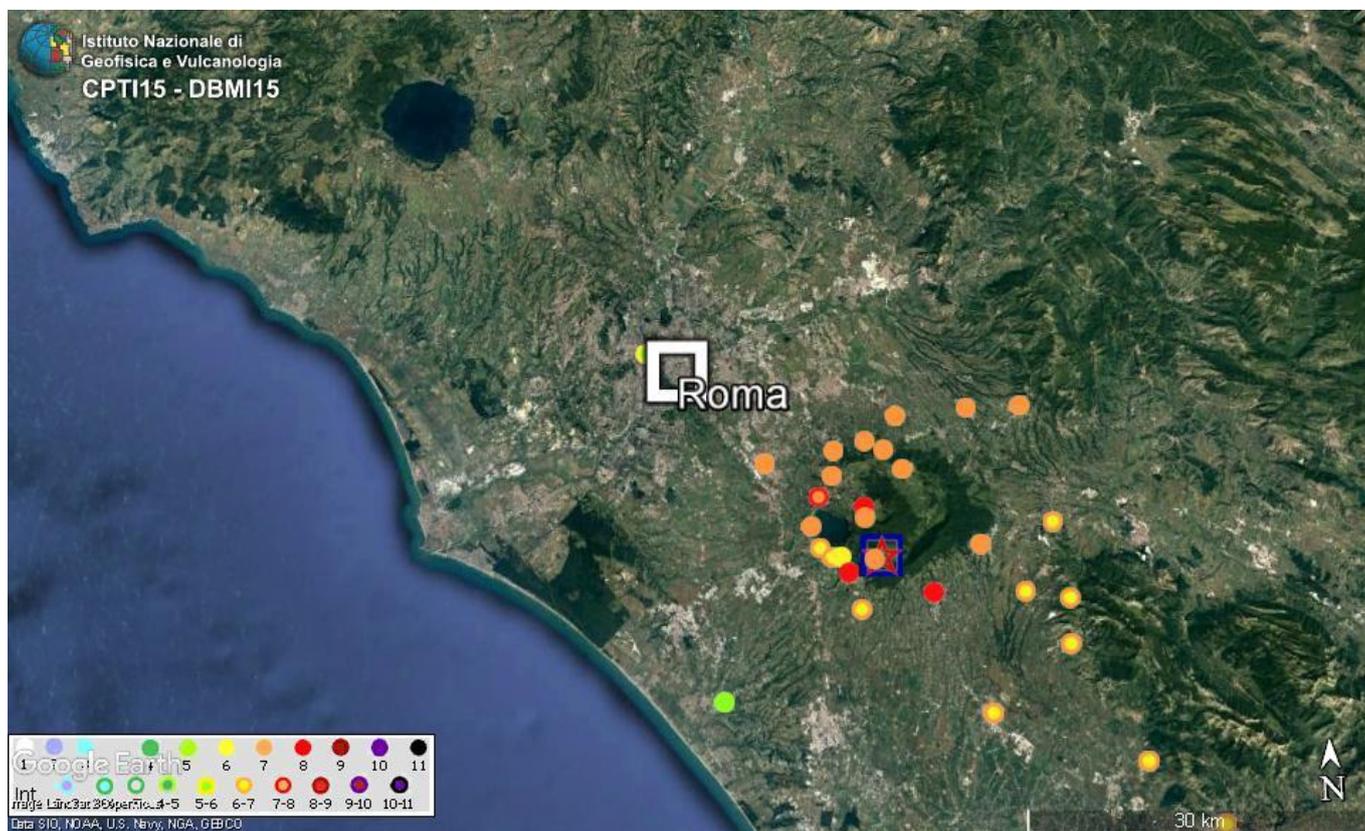
L'individuazione dei coefficienti sismici in funzione della vita nominale delle opere e degli stati limite sono definiti nella Relazione Geotecnica Generale (NR4E12R29GEGE0006001), cui si rimanda per approfondimenti.

### 14.3 Sismicità storica

Nonostante il catalogo sismico copra un intervallo di tempo di oltre 2000 anni, molti degli eventi registrati nell'Italia centrale sono concentrati negli ultimi nove secoli, tra il 1298 e il 2009 (Tabella 26), anche per via della maggiore accuratezza e completezza dei documenti storici rinvenuti. In particolare, l'ultimo terremoto di grande intensità epicentrale è stato quello del 13 gennaio 1915, con una magnitudo momento pari a 7.11 ed una intensità epicentrale del XI grado MCS (CPTI15-DBMI15).

Data	Ora	Area epicentrale	I (MCS)	I <sub>0</sub>	M <sub>w</sub>
01/12/1298	-	Monti Reatini	10	9-10	6.26
09/09/1349	-	Appennino laziale-abruzzese	9	9	6.27
05/12/1456	-	Appennino centro-meridionale	11	11	7.19
27/11/1461	-	Aquilano	10	10	6.5
24/07/1654	00:25	Sorano	10	9-10	6.33
05/06/1688	15:30	Sannio	11	11	7.06
14/01/1703	18:00	Valnerina	11	11	6.92
02/02/1703	11:05	Aquilano	10	10	6.67
03/09/1706	13:00	Maiella	10-11	10-11	6.84
26/07/1805	21:00	Molise	10	10	6.68
13/01/1915	06:52:43	Marsica	11	11	7.11
06/04/2009	01:32:40.4	Aquilano	9-10	9-10	6.19

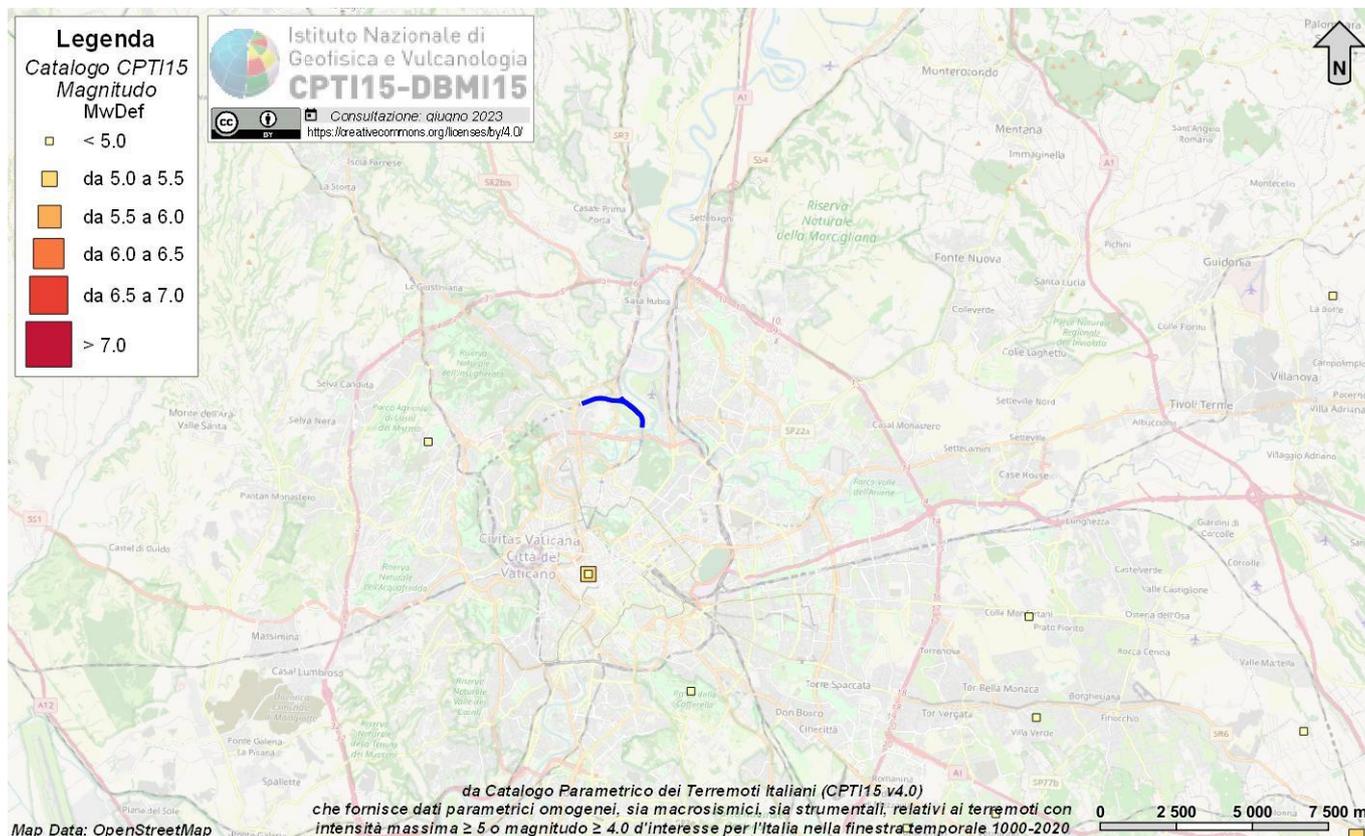
**Tabella 26 - Parametri sismici relativi ai principali terremoti storici verificatisi nell'Appennino centrale (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15>). Legenda: I intensità massima, I<sub>0</sub> intensità epicentrale, M<sub>w</sub> Magnitudo momento.**



**Figura 47 - Distribuzione del danneggiamento prodotto dal terremoto del 26 agosto 1806 nell'area di studio (<http://emidius.mi.ingv.it/> CPTI15-DBMI15).**

In occasione del terremoto del 26 agosto 1806 (Figura 47), le cronache riportano che “Nella notte 25-26 agosto in Roma fu intesa da pochi una lieve scossa di terremoto seguita da altra ma fortissima onda che causò scuotimenti di mobili, suono di campanelli, (irresto di orologi e qualche lieve danno, cioè la caduta di un camino nel palazzo Giustiniani ed alcune scrostature negli stucchi delle chiese di S. Carlo al Corao, di S. Andrea della Valle e della Chiesa nuova. I luoghi più colpiti da questo terremoto furono Frascati, Genzano, Nemi e Velletri. A Velletri durò 28 secondi e causò notevoli danni al palazzo comunale ed alla cattedrale, fece cadere alcuni edifici, fra cui le chiese della Madonna degli Angeli e di S. Maria Inviolata dei Padri Brasiliani: tutte le abitazioni furono lesionate, alcune in modo tale da renderne necessaria la demolizione: non si ebbero a deplorare morti, ma parecchi feriti. In Frascati furono danneggiate alcune fabbriche. A Nemi rovinò il convento dei Minori Osservanti, e nella chiesa relativa si aprirono larghe fenditure; ad Ariccia cadde la chiesa di S. Nicola. Marino, Albano, Genzano, Civitalavina, Cisterna, Cori, Giuliano, Rocca Massima, Sermoneta, Sezze e Piperno ebbero anch' essi danni: la scossa fu forte lungo il litorale di Ardea, Nettuno e Terracina, ove il mare in quel momento si mostrò oltremodo agitato: fu sentita anche a Napoli” (Baratta 1901).

Come si può notare dai dati contenuti nel Catalogo Parametrico dei Terremoti italiani (CPTI15), l'area in questione è stata interessata soprattutto dagli effetti di alcuni eventi sismici di una certa intensità localizzati in aree più lontane (Figura 48), come quello del 1958 di magnitudo 5.04 (Aquilano) o del 1984 di magnitudo 5.86 (Monti della Meta). Tuttavia, alcuni effetti sono stati registrati anche per terremoti verificatisi in aree prossimali come l'evento del 1805 di magnitudo 5.61 (Colli Albani).



**Figura 48 – Epicentri e magnitudo dei principali terremoti storici che hanno interessato la città di Roma, con indicazione delle aree di studio (blu).**

Di seguito vengono indicati gli eventi sismici riportati nel Database Macrosismico Italiano pubblicato dall'INGV (versione DBMI15 v4.0, Rovida et al. 2022) per il territorio comunale di Roma (Tabella 27 e Figura 49), secondo quanto riportato nel Database Macrosismico Italiano 2015 dell'INGV, direttamente utilizzato per la compilazione del CPTI15 (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15/>).

**Storia sismica di Roma**

[41.899, 12.477]

Numero eventi: 162

Effetti		In occasione del terremoto del:										
I	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	DepDef	IoDef	MwDef	ErMwDef
7	9	1091	1	27				Roma	-	7	5.1	0.46
F	36	1231	6	1	11			Cassinese	-	7	5.1	0.46
4	50	1279	4	30	18			Appennino umbro-marchigiano	-	9	6.2	0.16
F	63	1298	12	1				Monti Reatini	-	9-10	6.26	0.46
NC	72	1315	12	3				Aquilano	-	8	5.56	0.46
4	80	1328	12	1				Valnerina	-	10	6.49	0.28

Effetti		In occasione del terremoto del:										
7-8	93	1349	9	9				Appennino laziale-abruzzese	-	9	6.27	0.14
5	169	1456	12	5				Appennino centro-meridionale	-	11	7.19	0.1
5	213	1484	1	19				Sabina	-	6-7	5.02	0.57
F	396	1599	11	6	1	25		Valnerina	-	9	6.07	0.24
4	422	1619	7	7	22			Aquilano	-	7-8	5.33	0.46
NF	457	1639	10	7				Monti della Laga	-	9-10	6.21	0.15
F	482	1654	7	24	0	25		Sorano	-	9-10	6.33	0.14
F	507	1672	6	8	17	30		Monti della Laga	-	7-8	5.33	0.46
F	524	1688	6	5	15	30		Sannio	-	11	7.06	0.1
3-4	571	1695	6	11	2	30		Lazio settentrionale	-	8-9	5.8	0.15
4	593	1702	10	18				Valnerina	-	5	4.16	0.46
7	595	1703	1	14	18			Valnerina	-	11	6.92	0.1
5	596	1703	1	16	13	30		Appennino laziale-abruzzese	-			
7	597	1703	2	2	11	5		Aquilano	-	10	6.67	0.11
5	598	1703	5	25				Sabina	-			
F	608	1705	11	29				Abruzzo-Lazio	-			
5	611	1706	11	3	13			Maiella	-	10-11	6.84	0.1
4	645	1719	6	27	6	30		Valnerina	-	8	5.59	0.26
2-3	670	1727	12	14	19	45		Valle del Metauro	-	7	5.24	0.26
6	678	1730	5	12	5			Valnerina	-	9	6.04	0.1
4-5	680	1731	3	20	3			Tavoliere delle Puglie	-	9	6.33	0.13
4	692	1732	11	29	7	40		Irpinia	-	10-11	6.75	0.1
3	722	1741	4	24	9	20		Fabrianese	-	9	6.17	0.1
3	733	1743	2	20				Ionio settentrionale	-	9	6.68	0.12
3	748	1747	4	17				Appennino umbro-marchigiano	-	9	6.05	0.12
5	752	1748	9	10	23	40		Colli Albani	-	5-6	4.4	0.46
5	755	1750	2	8				Colli Albani	-	5	4.5	0.52
F	759	1751	7	27	1			Appennino umbro-marchigiano	-	10	6.38	0.1
3-4	773	1754	6	8	5	5		Colli Albani	-	5	4.47	0.48
3	783	1756	10	22	14			Napoletano	-	6-7	3.5	0.5
3	801	1762	10	6				Aquilano	-	8	5.54	0.42

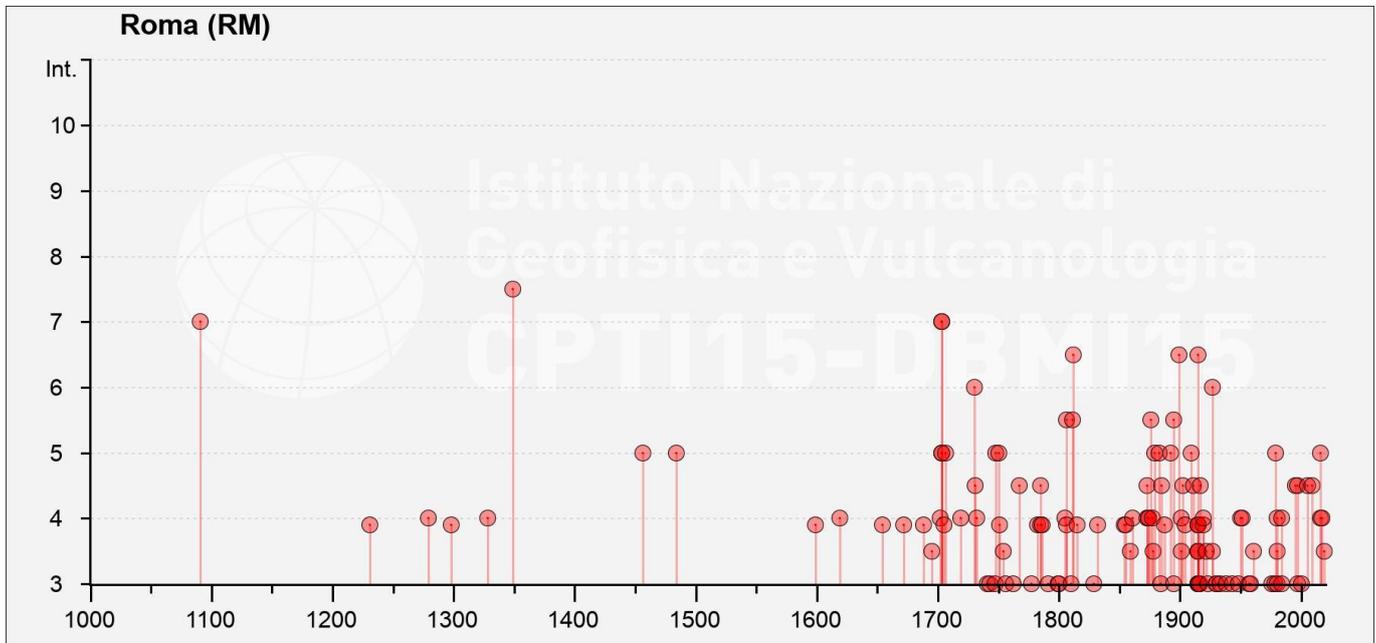
Effetti	In occasione del terremoto del:											
4-5	811	1767	6	5	1	30		Valle Umbra	-	7-8	5.45	0.36
2-3	815	1768	10	19	23			Appennino forlivese	-	9	5.99	0.12
3	845	1777	6	6	16	15		Tirreno meridionale	-			
F	890	1782	9	24				Colli Albani	-	6	4.63	0.46
4-5	914	1785	10	3	0	30		Monti Tiburtini	-	5-6	4.5	0.63
F	915	1785	10	9	3	15		Monti Reatini	-	8-9	5.76	0.18
F	923	1786	7	31				Aquilano	-	6	4.89	0.31
3	947	1791	10	11	13	5		Appennino umbro- marchigiano	-	8	5.57	0.23
3	973	1799	7	28	22	5		Appennino marchigiano	-	9	6.18	0.1
3	976	1800	12	29	10	15		Colli Albani	-	6	4.74	0.63
4	994	1805	7	26	21			Molise	-	10	6.68	0.1
F	1000	1806	7	21	9			Cassinese	-	5-6	4.4	0.46
5-6	1001	1806	8	26	7	35		Colli Albani	-	8	5.61	0.27
3	1015	1810	7	13	13			Colli Albani	-	5-6	4.4	0.46
5-6	1018	1811	2	18	2	15		Colli Albani	-	4-5	3.93	0.46
6-7	1022	1812	3	22	2	20		Campagna romana	-	6-7	4.86	0.46
F	1034	1815	9	3	23			Valnerina	-	8	5.58	0.22
3	1085	1829	6	1	9			Colli Albani	-	7	4.87	0.32
F	1104	1832	1	13	13			Valle Umbra	-	10	6.43	0.1
NF	1191	1846	8	14	12			Colline Pisane	-	9	6.04	0.1
F	1233	1854	1	17	9			Narni	-	5-6	4.71	0.38
F	1243	1855	6	29	3	3		Colli Albani	-	4	4.27	0.38
NF	1268	1857	12	16	21	15		Basilicata	-	11	7.12	0.1
3-4	1287	1859	8	22				Valnerina	-	8-9	5.73	0.29
4	1299	1861	12	12	6	10		Colli Albani	-	5	4.16	0.46
4-5	1356	1873	3	12	20	4		Appennino marchigiano	-	8	5.85	0.1
NF	1359	1873	6	29	3	58		Alpago Cansiglio	-	9-10	6.29	0.1
4	1360	1873	7	12	6	6		Val Comino	-	7-8	5.38	0.16
4	1367	1874	2	24	6	52		Aquilano	-	6-7	5.12	0.24
4	1370	1874	12	6	15	50		Val Comino	-	7-8	5.48	0.22
2	1375	1875	3	17	23	51		Costa romagnola	-	8	5.74	0.1
2-3	1378	1875	12	6				Gargano	-	8	5.86	0.12
5-6	1392	1876	10	26	14	18		Monti Prenestini	-	7	5.06	0.28

<b>Effetti</b>	<b>In occasione del terremoto del:</b>											
4	1396	1877	8	24	2	45		Lazio meridionale	-	7	5.21	0.17
2	1404	1878	2	13	19	30		Cascia	-	4-5	4.22	0.42
3-4	1412	1878	9	15	7	20		Valle Umbra	-	8	5.46	0.22
5	1419	1879	2	23	18	30		Valnerina	-	8	5.59	0.32
2	1420	1879	4	27	4	6		Appennino tosco-emiliano	-	7	5.03	0.32
2	1453	1881	9	10	7			Chietino	-	7-8	5.41	0.18
2	1465	1882	6	6	5	40		Isernino	-	7	5.2	0.2
2	1481	1883	7	28	20	25		Isola d'Ischia	-	9-10	4.26	0.5
5	1482	1883	9	2	7	3		Colli Albani	-	5-6	4.67	0.41
3	1490	1884	8	7	2	15		Colli Albani	-	5	4.38	0.26
2	1498	1885	2	26	20	48		Pianura Padana	-	6	5.01	0.13
4-5	1501	1885	4	10	1	44		Appennino laziale-abruzzese	-	5	4.57	0.28
F	1529	1887	3	11	14	45		Liguria occidentale	-			
NF	1558	1889	12	8				Gargano	-	7	5.47	0.12
NF	1568	1891	5	9	0	16		Val Roveto	-	5	4.42	0.25
2	1570	1891	6	7	1	6	14	Valle d'Illasi	-	8-9	5.87	0.1
5	1585	1892	1	22				Colli Albani	-	7	5.14	0.16
NF	1658	1895	6	30	3	48	50	Poggio Picenze	-	4-5	3.93	0.46
3	1663	1895	8	9	17	38	20	Adriatico centrale	-	6	5.11	0.1
5-6	1670	1895	11	1				Campagna romana	-	6-7	4.83	0.15
6-7	1758	1899	7	19	13	18	54	Colli Albani	-	7	5.1	0.14
4	1790	1901	4	24	14	20		Sabina	-	8	5.25	0.23
3-4	1797	1901	7	31	10	38	30	Sorano	-	7	5.16	0.13
NF	1814	1902	9	21	20	12	6	Ciociaria	-	4-5	4.02	0.36
4-5	1816	1902	10	23	8	51		Reatino	-	6	4.74	0.23
F	1842	1904	2	24	15	53	26	Marsica	-	8-9	5.68	0.12
2	1843	1904	2	25	0	29	13	Marsica	-	5-6	4.56	0.34
2	1896	1906	2	21	20	49		Colli Albani	-	5	4.08	0.28
NF	1976	1909	1	13	0	45		Emilia Romagna orientale	-	6-7	5.36	0.08
5	1991	1909	8	31	13	41		Roma	-	5	4.15	0.17
4-5	2040	1911	4	10	9	43		Colli Albani	-	6	4.74	0.21
6-7	2110	1915	1	13	6	52	43	Marsica	-	11	7.08	0.08
F	2111	1915	1	13	16	44		Marsica	-		4.79	0.23

Effetti	In occasione del terremoto del:											
F	2113	1915	1	13	20	19		Marsica	-		4.74	0.23
3-4	2114	1915	1	14	1	50		Marsica	-		4.64	0.18
3	2115	1915	1	14	7	17		Marsica	-	5-6	4.88	0.17
F	2116	1915	1	14	16	55	22	Marsica	-	4	4.6	0.15
2-3	2117	1915	1	18	20	8		Marsica	-	-	4.98	0.14
3	2119	1915	1	18	23	31		Marsica	-	-	5.02	0.15
3-4	2120	1915	1	21	12	29	28	Marsica	-	4	4.83	0.14
3-4	2127	1915	4	5	6	18	58	Valle dell'Aniene	-	6	4.8	0.13
3	2136	1915	9	23	18	7		Marsica	-	6	5.07	0.13
3	2141	1916	1	26	12	22		Sorano	-	6	4.72	0.24
3	2179	1916	11	16	6	35		Alto Reatino	-	8	5.5	0.13
2	2183	1917	1	3	1	35		Marsica	-	-	-	-
2	2194	1917	5	12	15	34	36	Ternano	-	7-8	5.03	0.14
4-5	2198	1917	7	8	2			Appennino laziale-abruzzese	-	5-6	4.68	0.19
F	2235	1919	6	29	15	6	13	Mugello	-	10	6.38	0.08
4	2241	1919	10	22	6	10		Anzio	-	6-7	5.22	0.08
3-4	2289	1922	12	29	12	22	6	Val Roveto	-	6-7	5.24	0.08
3	2290	1923	5	13	14	30	59	Valle del Salto	-	5	4.33	0.31
2	2342	1925	9	24	13	33	46	Molise occidentale	-	7	5.26	0.1
3-4	2360	1927	10	11	14	45	8	Marsica	-	7	5.2	0.09
6	2367	1927	12	26	15	6	14	Colli Albani	-	7	4.89	0.18
NF	2391	1929	4	10	5	44		Bolognese	-	6	5.05	0.08
3	2422	1930	7	23	0	8		Irpinia	-	10	6.67	0.08
3	2432	1930	10	30	7	13		Senigallia	-	8	5.83	0.08
2-3	2452	1931	10	21	7	35		Ciociaria	-	5	4.23	0.22
3	2478	1933	9	26	3	33	29	Maiella	-	9	5.9	0.07
3	2542	1938	8	12	2	28	33	Appennino laziale-abruzzese	-	5-6	4.56	0.22
3	2599	1943	10	3	8	28	29	Ascolano	-	8	5.67	0.08
2-3	2641	1948	12	17	21	18	2	Monti Reatini	-	5-6	4.4	0.46
3	2642	1948	12	31	3	32		Monti Reatini	-	8	5.42	0.13
4	2677	1950	9	5	4	8		Gran Sasso	-	8	5.69	0.08
4	2687	1951	8	8	19	56		Gran Sasso	-	7	5.25	0.08
3	2764	1957	4	11	16	19		Valle del Salto	-	6	4.94	0.17
3	2786	1958	6	24	6	7		Aquilano	-	7	5.04	0.07

Effetti	In occasione del terremoto del:																													
	3-4	2-3	NF	2-3	3	3	5	3	3-4	2	4	NF	4	3	2-3	4-5	4-5	3	3	4-5	4-5	4	5	4	3-4					
	2841	2932	2933	3026	3124	3199	3219	3230	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Reatino	-	8	5.09	0.11
		2932	2933	3026	3124	3199	3219	3230	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Aquilano	-	5	4.37	0.14
		2933	2933	3026	3124	3199	3219	3230	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Adriatico centrale	66		4.36	0.23
		3026	2933	3026	3124	3199	3219	3230	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Tuscania	-	7-8	4.83	0.1
		3124	2933	2933	3026	3124	3199	3219	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Friuli	-	9-10	6.45	0.1
		3199	2933	2933	3026	3124	3199	3219	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Ternano	-	7	4.32	0.1
		3219	2933	2933	3026	3124	3199	3219	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Valnerina	-	8-9	5.83	0.1
		3230	2933	2933	3026	3124	3199	3219	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Valnerina	-	6	4.97	0.1
		3245	2933	2933	3026	3124	3199	3219	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Marsica	-	5-6	4.96	0.1
		3253	2933	2933	3026	3124	3199	3219	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Frusinate	-	5	4.26	0.17
		3256	2933	2933	3026	3124	3199	3219	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Irpinia-Basilicata	-	10	6.81	0.1
		3388	2933	2933	3026	3124	3199	3219	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Umbria settentrionale	-	7	5.62	0.1
		3395	2933	2933	3026	3124	3199	3219	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Monti della Meta	-	8	5.86	0.1
		3401	2933	2933	3026	3124	3199	3219	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Monti della Meta	10	7	5.47	0.1
		3601	2933	2933	3026	3124	3199	3219	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Colli Albani	9.9	6	4.32	0.12
		3767	2933	2933	3026	3124	3199	3219	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Campagna romana	8.7	5-6	3.79	0.1
		3850	2933	2933	3026	3124	3199	3219	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Appennino umbro-marchigiano	3.5	7-8	5.66	0.07
		3853	2933	2933	3026	3124	3199	3219	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Appennino umbro-marchigiano	9.8	8-9	5.97	0.07
		4011	2933	2933	3026	3124	3199	3219	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Valle dell'Aniene	9	6	4.25	0.07
		4278	2933	2933	3026	3124	3199	3219	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Costa laziale	17.4	5-6	4.78	0.07
		4368	2933	2933	3026	3124	3199	3219	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Aquilano		9-10	6.29	0.07
		4663	2933	2933	3026	3124	3199	3219	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Valnerina	9.6		6.07	0.07
		4673	2933	2933	3026	3124	3199	3219	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Valnerina	10		6.61	0.07
		4719	2933	2933	3026	3124	3199	3219	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Aquilano	9.6		5.7	0.07
		4842	2933	2933	3026	3124	3199	3219	3245	3253	3256	3388	3395	3401	3601	3767	3850	3853	4011	4278	4368	4663	4673	4719	4842	Colli Albani	10.6	5	3.76	0.13

**Tabella 27 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Roma (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15 v4.0). Legenda: I intensità al sito (MCS); N numero di registrazione del terremoto in ordine cronologico; EpicentralArea area epicentrale o area con i maggiori effetti macrosismici; DepDef profondità predefinita; Mw magnitudo momento; ErMw errore associato alla magnitudo momento.**

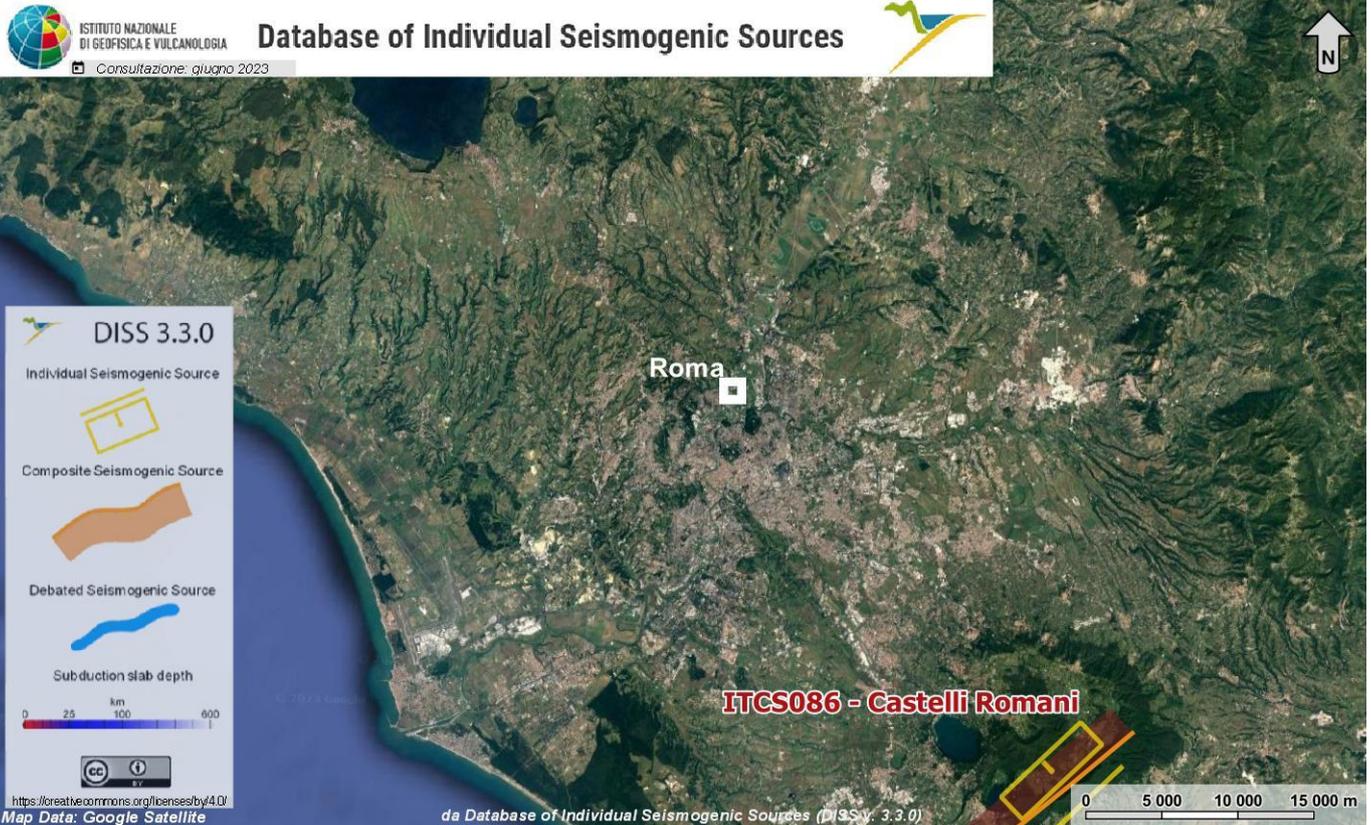


**Figura 49-** Grafico illustrante la storia sismica di Roma. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da [http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query\\_place/](http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/)).

Secondo i dati a disposizione risulta che i massimi risentimenti nell'area in studio sono stati dell'ordine del VII-VIII grado MCS e si sono avuti in corrispondenza degli eventi sismici del 1091, 1349 e 1703. I terremoti più forti registrati nel corso dell'ultimo secolo, invece, hanno determinato risentimenti inferiori ai precedenti, al massimo dell'ordine del VI-VII grado MCS.

#### 14.4 Sorgenti sismogenetiche

La consultazione del database DISS (vers. 3.3.0., 2021), relativo alle potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo maggiore di 5.5 (Figura 50), mostra che il tracciato di progetto non risulta essere interessato direttamente dalla presenza di potenziali faglie sismogenetiche. Il settore di studio è posto ad oltre 33 km a NW della fascia di sorgenti composite ITCS086 Castelli romani (Tabella 28 - profondità stimata 5.0-11.0 km, magnitudo massima 5.9, Slip rate 0.1-1.0 mm/anno), che include la sorgente individuale ITIS059 Velletri (profondità stimata 5.4-11.0 km, magnitudo massima 5.6, ultimo evento 26 agosto 1806).



**Figura 50 - Localizzazione delle potenziali sorgenti di terremoti con  $M > 5.5$  nell'area di studio, in scala 1:500000 (da DISS Working group 2021, Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), versione 3.3.0., <http://diss.ingv.it/diss330/dissmap.html>).**

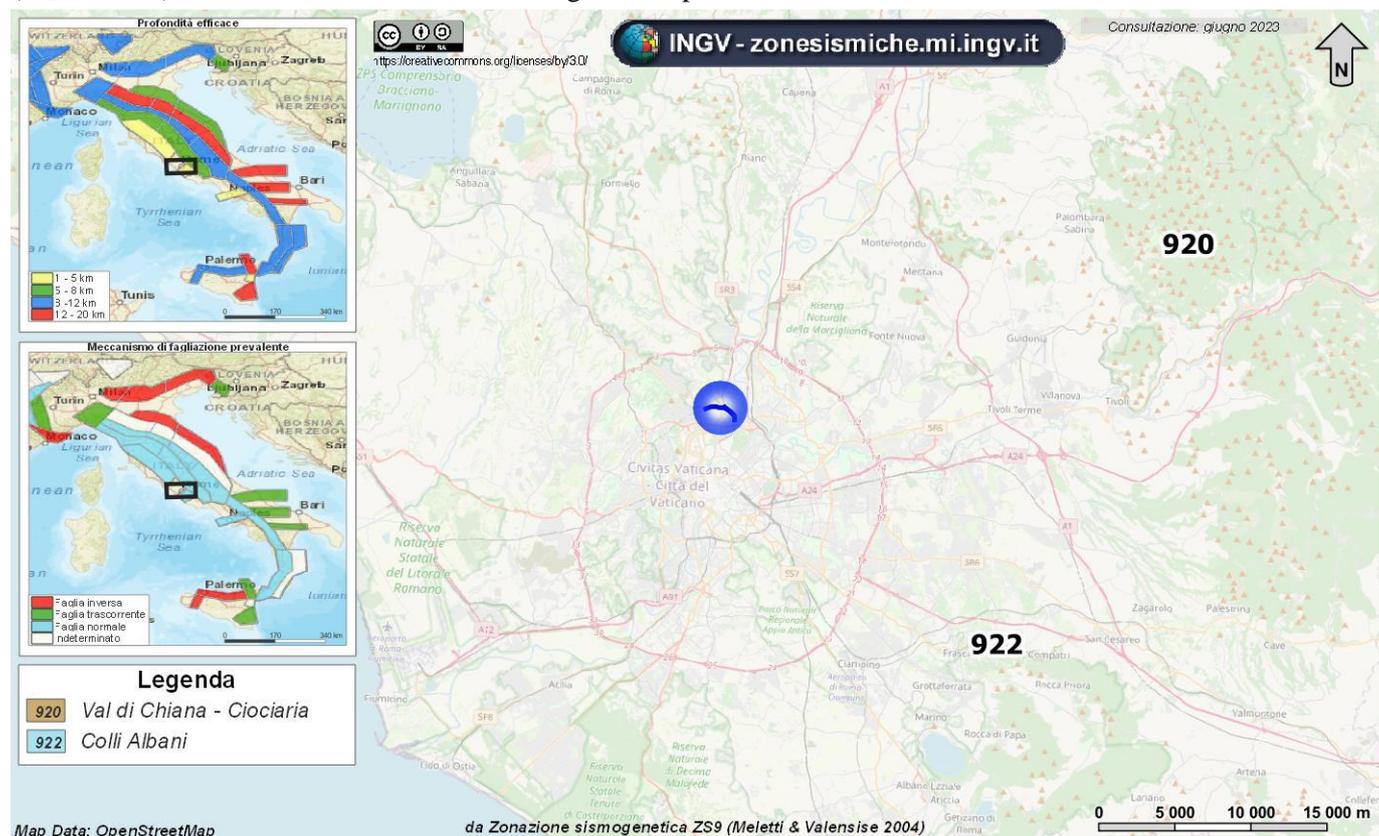
Parameter		Quality		Evidence
Min depth	km	5.0	EJ	Inferred from geological and macroseismic observations.
Max depth	km	11.0	EJ	Inferred from geological and macroseismic observations.
Strike min - max	deg	220 - 230	LD	Based on geological data from various authors.
Dip min - max	deg	60 - 80	LD	Based on geological data from various authors.
Rake min - max	deg	260 - 280	LD	Based on geological data from various authors.
Slip Rate min - max	mm/y	0.1 - 1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude	$M_w$	5.9	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

**Tabella 28 – Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta ITCS086 “Castelli romani”. Legenda LD=literature data, OD=original data, ER=empirical relationship, AR=analytical relationship, EJ=expert judgement.**

### 14.5 Magnitudo di riferimento

Relativamente alla vigente zonazione sismogenetica del territorio nazionale ZS9 (Meletti & Valensise 2004), le opere in progetto, ricadono a circa 8.7 km a nord-ovest della Zona 922 “Colli Albani” (Figura 51). Sulla base degli studi

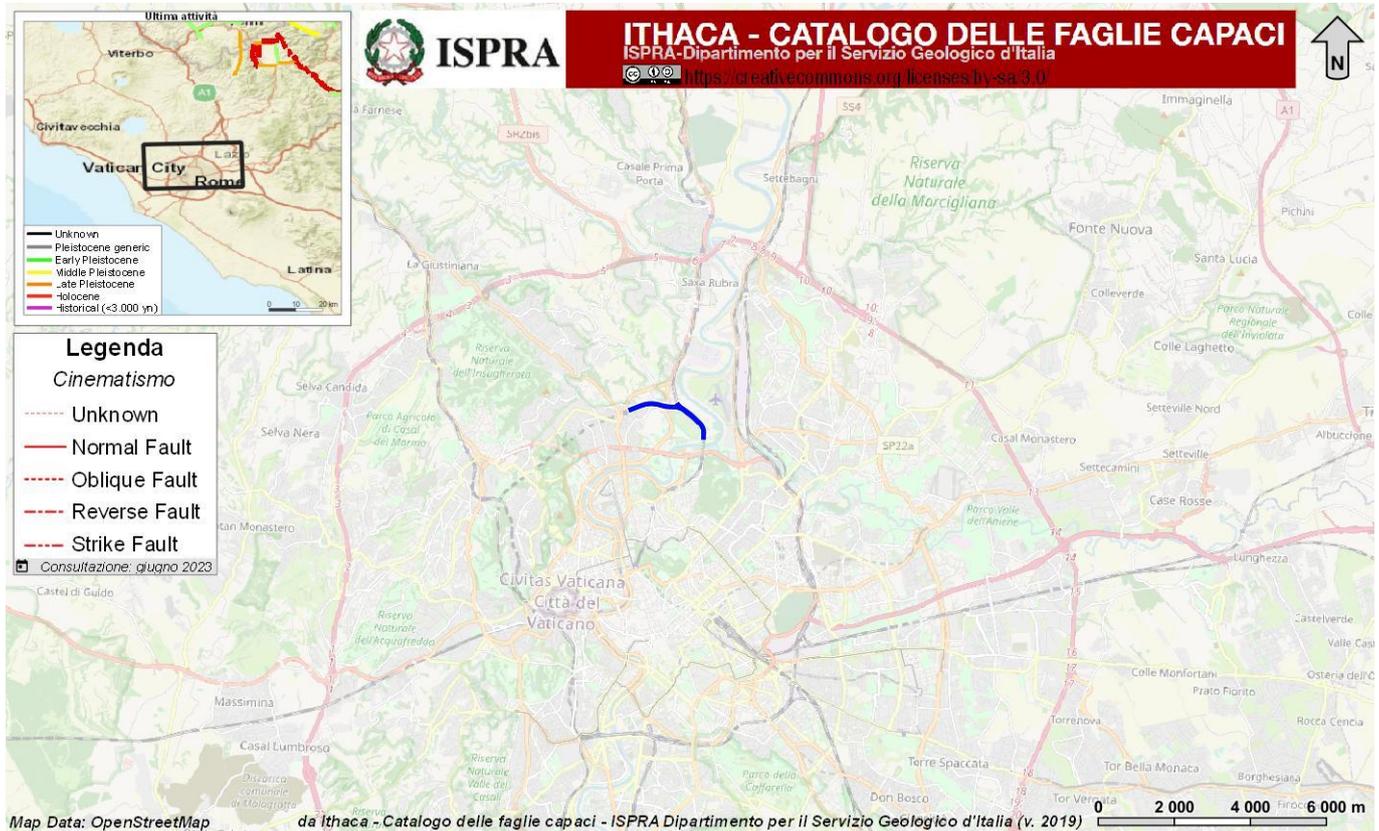
sismologici più aggiornati, in tale zona sono attesi terremoti piuttosto superficiali ( $P = 1-5$  km) e di bassa magnitudo ( $M_{max} = 5.45$ ), riconducibili a meccanismi di fagliazione prevalentemente normali.



**Figura 51 – Stralcio della Zonazione sismogenetica ZS9 dell'area di studio, con individuazione dell'area in esame (blu).**

## 14.6 Faglie capaci

Il database del progetto ITHACA (*IT*aly *H*Azard from *C*apable faults) non mostra, nell'area in esame, l'esistenza di faglie capaci (Figura 52), definite come lineamenti tettonici attivi che potenzialmente possono creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche.



**Figura 52 – Stralcio cartografico dell'area di interesse, riprodotto in scala 1:200000, con indicazione schematica del lotto in questione (in blu) e delle faglie capaci (in rosso).**

## 14.7 Parametri per la determinazione dell'azione sismica di riferimento

Di seguito si riportano le categorie di sottosuolo individuate dalle prove MASW/DOWN-HOLE e la categoria topografia.

### 14.7.1 Categoria di sottosuolo

I parametri forniti, in funzione di quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale. La normativa citata prevede, relativamente alla caratterizzazione sismica di un sito (D.M. 17/01/2018 – G.U. Serie Generale n. 42 del 20-2-2018), la determinazione dei valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s) per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

I valori di  $V_s$  possono essere ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, possono essere valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. Si riportano nel seguito le categorie di sottosuolo previste dalla normativa vigente:

- **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.

Nell'ambito del presente studio, le categorie di sottosuolo per l'area di intervento sono state definite in funzione delle n. 3 prove MASW e n. 4 prove DOWN-HOLE (NR4E12R69IGGE0005001). In Tabella 29 e Tabella 30 si riporta una sintesi delle prove effettuate, contenente i valori di  $V_{s,eq}$  determinati, la categoria di sottosuolo corrispondente e una sintesi dell'assetto litostratigrafico in corrispondenza della prova.

sigla	tipologia	prof./lungh. m	$V_{s,eq}$ m/s	H m	categoria di sottosuolo	unità geologiche
L1BPS02DH	DOWN-HOLE		252	30	C	h/bb3/bb2/bb1
L1BPS04DH	DOWN-HOLE		232	30	C	bb3/bb2/bb1

**Tabella 29 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini NR4E12R-2022.**

sigla	tipologia	prof./lungh. m	$V_{s,eq}$ m/s	H m	categoria di sottosuolo	unità geologiche
MASW1	Masw	60	343	30	C	bb2
MASW2	Masw	60	226	30	C	bb2
MASW3	Masw	60	289	19	E	bb3/bb2
S1	Down-Hole	50	352	30	C	bb1/bb2
S6	Down-Hole	55	251.3	30	C	bb2/bb3

**Tabella 30 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini NR4E00R-2021.**

In relazione con quanto emerso dalle analisi geofisiche a disposizione si suggerisce l'adozione di una **Categoria di sottosuolo C** (*Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*) o **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.. Si rimanda alle specifiche relazioni geotecniche di ciascuna opera di progetto per l'inquadramento di dettaglio.

#### 14.7.2 Condizioni topografiche

Come previsto dalla normativa per configurazioni superficiali semplici non è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale, ma è possibile utilizzare la classificazione riportata nella Tab. 3.2.III delle NTC 2018. Per

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b> <b>NPP – 0258: GRONDA MERCI DI ROMA - CHIUSURA ANELLO</b> <b>NORD</b> <b>TRATTA: VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B	FOGLIO 118 di 138

il settore di studio, dato l'assetto morfologico piuttosto regolare ed omogeneo, si suggerisce ovunque l'utilizzo di una **Categoria topografica T1** (*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$* ).

#### 14.8 Considerazioni preliminari del rischio di liquefazione

La liquefazione è un particolare processo che causa la temporanea perdita di resistenza di un sedimento che si trova al di sotto del livello di falda, portandolo a comportarsi come un fluido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace (Riga 2007). Tale fenomeno avviene, cioè, quando la pressione dei pori aumenta fino ad eguagliare la pressione inter-granulare.

L'incremento di pressione neutra è causato, principalmente, dalla progressiva diminuzione di volume che si registra in un materiale granulare poco addensato soggetto alle azioni cicliche di un sisma. Ovviamente, per quanto detto in precedenza, sono suscettibili di liquefazione terreni granulari, da poco a mediamente addensati, aventi granulometria compresa tra le sabbie ed i limi, con contenuto in fine piuttosto basso. Tali terreni devono essere altresì posti al di sotto del livello di falda e a profondità relativamente basse, generalmente inferiori ai 15 m dal p.c..

Al fine di verificare la possibile suscettività a liquefazione dei terreni interessati dalle opere in progetto sono state condotte una serie di analisi qualitative basate sulle procedure dettate dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018. L'attuale normativa vigente in materia di costruzioni edilizie (NTC2018 - par. 7.11.3.4.2) prevede che la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

- 1) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1 g;
- 2) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c., 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  $q_{cIN} > 180$ , 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  $q_{cIN}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (*Cone Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 4) distribuzione granulometriche esterna ai fusi granulometrici indicati da normativa, distinti in funzione del coefficiente di uniformità  $U_c$ .

In particolare, se la condizione 1 non risulta soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4. Pertanto, in relazione a quanto previsto dall'NTC 2018, sono state condotte una serie di analisi puntuali volte a verificare tutte le condizioni predisponenti elencate in precedenza, al fine di determinare la possibile suscettività a liquefazione dei terreni interessati dalle opere in progetto.

Per quanto detto in precedenza, le verifiche sono state condotte unicamente per i terreni alluvionali posti a profondità inferiori ai 15-20 m dal p.c., in quanto al di sotto non è possibile che si verifichino tali fenomeni. Ovviamente le suddette analisi hanno un carattere generale e, pertanto, andranno puntualmente dettagliate attraverso verifiche geotecniche basate sulla resistenza dinamica e sull'effettivo stato di addensamento dei terreni investigati.

Le fonti bibliografiche a disposizione e lo studio relativo alla sismicità storica e alla pericolosità sismica condotto hanno evidenziato che, nell'area di intervento, si sono verificati diversi terremoti con magnitudo  $M$  superiore a 5. In particolare, il settore di studio non ricade in nessuna zona sismogenetica (Figura 51), pertanto per individuare la

magnitudo massima è stato utilizzato il criterio fornito in *“Indizi e criteri per la microzonazione sismica”* (Dipartimento della Protezione Civile 2008), che consente in funzione della distanza di utilizzare la magnitudo della zona sismogenetica circostante. Secondo tale criterio il massimo terremoto atteso nell'area presenta una M pari a 5.68, riferibile alla Zona **920** *“Val di Chiana - Ciociaria”*.

Le accelerazioni massime attese al piano campagna, in condizioni di campo libero, sono risultate essere generalmente superiori al limite definito da normativa, in quanto variabili tra 0.075-0.125  $a_g$  (Figura 44). In relazione a quanto detto e considerata la presenza delle condizioni predisponenti esposte nel punto 1 dell'NTC 2018, si è quindi proceduto alla verifica dei punti 2, 3 e 4 del paragrafo *“7.11.3.4.2 – Esclusione della verifica a liquefazione”*, in modo da rispondere puntualmente a tutti i quesiti posti da norma.

Per quanto concerne la falda, viste le condizioni geomorfologiche e la presenza misure di monitoraggio (cfr. 12.1 - Monitoraggio piezometrico) è possibile evidenziare la presenza di una falda freatica a quote comprese tra 3 e 11 m da p.c.. Tale falda risulta quindi al di sopra del limite di 15 m dal p.c. previsto da normativa per tutti i sondaggi presenti.

Relativamente alla resistenza penetrometrica dei terreni, le verifiche sono state condotte in relazione alle prove SPT realizzate nei fori di sondaggio durante le fasi di perforazione. Sono stati quindi determinati i valori della resistenza normalizzata sulla base della formula seguente (Seed & Idriss 1982; Skempton 1986; Robertson & Wride 1998; Riga 2007):

$$(N_1)_{60} = (N_{SPT} \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_R \cdot C_S) \cdot C_N = (N)_{60} \cdot C_N$$

dove  $N_{SPT}$  è la misura della resistenza penetrometrica in sito,  $C_N$  il fattore per la normalizzazione alla pressione effettiva di 1 atmosfera, e  $C_E$ ,  $C_B$ ,  $C_R$  e  $C_S$  i fattori di correzione rispettivamente per il rapporto di energia, il diametro del foro, la lunghezza delle aste e i campioni. Nella Tabella 31 vengono riportati i valori di  $(N_1)_{60}$  calcolati per le prove eseguite a profondità inferiore ai 15 m dal p.c. lungo la tratta in esame.

identificativo CI	sondaggio	unità	profondità prova m	$N_{SPT}$	$(N_1)_{60}$
NR4E00R-2021	S4	bb2	3.2	8	<b>6*</b>
NR4E00R-2021	S4	bb2	6.2	9	<b>6*</b>
NR4E00R-2021	S4	bb2	9.2	4	<b>3</b>
NR4E00R-2021	S4	bb3	12.2	12	<b>7</b>
NR4E00R-2021	S4	bb3	17.6	4	<b>2</b>
NR4E00R-2021	S4	bb3	21.2	6	<b>3</b>
NR4E00R-2021	S1	h	3.2	20	<b>15*</b>
NR4E00R-2021	S1	h	6.2	8	<b>6</b>
NR4E00R-2021	S1	bb2	9.2	14	<b>10</b>
NR4E00R-2021	S1	bb2	12.2	13	<b>8</b>
NR4E00R-2021	S1	bb2	15.2	17	<b>10</b>
NR4E00R-2021	S1	bb2	17.7	15	<b>8</b>

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	12	R69RG	GE 00 01 001	B	120 di 138

identificativo CI	sondaggio	unità	profondità prova <i>m</i>	N <sub>SPT</sub>	(N <sub>1</sub> ) <sub>60</sub>
NR4E00R-2021	S1	bb2	21.2	28	14
NR4E1AR-2022	L1APS01	h	1.2	27	25*
NR4E1AR-2022	L1APS01	h	2.2	13	11*
NR4E1AR-2022	L1APS01	h	3.2	13	10*
NR4E1AR-2022	L1APS01	h	4.2	17	13*
NR4E1AR-2022	L1APS01	bb2	6.4	18	13
NR4E1AR-2022	L1APS01	bb2	8.2	20	13
NR4E1AR-2022	L1APS01	bb2	10.2	21	14
NR4E1AR-2022	L1APS01	bb2	11.8	21	13
NR4E1AR-2022	L1APS01	bb2	13.2	20	12
NR4E1AR-2022	L1APS01	bb2	14.7	17	10
NR4E1AR-2022	L1APS01	bb2	17.7	24	13
NR4E1AR-2022	L1APS01	bb2	20.2	19	9
NR4E1AR-2022	L1APS01	bb2	23.8	25	11
NR4E1AR-2022	L1APS01	bb2	26.2	20	9
NR4E1AR-2022	L1APS01	bb2	29.2	19	8
NR4E12R-2022	L1BPS01PZ	h	2.7	10	8*
NR4E12R-2022	L1BPS01PZ	bb3	7.1	27	21
NR4E12R-2022	L1BPS01PZ	bb2	11.7	17	12
NR4E12R-2022	L1BPS01PZ	bb2	16.2	13	8
NR4E12R-2022	L1BPS01PZ	bb2	20.2	33	17
NR4E12R-2022	L1BPS01PZ	bb2	27.1	12	5
NR4E12R-2022	L1BPS01PZ	bb1	31.7	70	27
NR4E12R-2022	L1BPS01PZ	bb1	37.5	89	31
NR4E12R-2022	L1BPS01PZ	bb1	42.8	12	4
NR4E12R-2022	L1BPS01PZ	bb1	48.5	R	R
NR4E12R-2022	L1BPS01PZ	bb1	53.2	R	R
NR4E12R-2022	L1BPS02DH	h	3.2	5	4*
NR4E12R-2022	L1BPS02DH	bb3	7.3	12	8*
NR4E12R-2022	L1BPS02DH	bb3	10.0	8	5
NR4E12R-2022	L1BPS02DH	bb2	14.8	26	13

identificativo CI	sondaggio	unità	profondità prova <i>m</i>	N <sub>SPT</sub>	(N <sub>1</sub> ) <sub>60</sub>
NR4E12R-2022	L1BPS02DH	bb1	17.7	51	23
NR4E12R-2022	L1BPS02DH	bb1	23.6	62	25
NR4E12R-2022	L1BPS02DH	bb1	27.1	80	30
NR4E12R-2022	L1BPS02DH	bb1	32.1	42	14
NR4E12R-2022	L1BPS02DH	bb3	37.2	13	4
NR4E12R-2022	L1BPS02DH	bb2	44.9	43	12
NR4E12R-2022	L1BPS02DH	bb2	49.8	44	12
NR4E12R-2022	L1BPS02DH	bb3	53.5	42	11
NR4E12R-2022	L1BPS02DH	bb1	58.7	75	17
NR4E12R-2022	L1BPS03PZ	h	2.7	18	15*
NR4E12R-2022	L1BPS03PZ	h	4.5	21	17*
NR4E12R-2022	L1BPS03PZ	bb3	7.0	12	8*
NR4E12R-2022	L1BPS03PZ	bb2	13.2	10	5
NR4E12R-2022	L1BPS03PZ	bb2	17.2	18	9
NR4E12R-2022	L1BPS03PZ	bb2	21.5	22	9
NR4E12R-2022	L1BPS03PZ	bb3	26.8	16	6
NR4E12R-2022	L1BPS03PZ	bb3	32.4	6	2
NR4E12R-2022	L1BPS03PZ	bb2	38.7	11	3
NR4E12R-2022	L1BPS03PZ	bb2	45.6	29	8
NR4E12R-2022	L1BPS03PZ	bb1	51.6	R	R
NR4E12R-2022	L1BPS03PZ	bb1	55.9	R	R
NR4E12R-2022	L1BPS04DH	bb3	2.4	13	11*
NR4E12R-2022	L1BPS04DH	bb3	5.4	20	17
NR4E12R-2022	L1BPS04DH	bb3	7.8	14	11
NR4E12R-2022	L1BPS04DH	bb2	12.1	4	3
NR4E12R-2022	L1BPS04DH	bb2	14.8	8	5
NR4E12R-2022	L1BPS04DH	bb2	19.2	21	11
NR4E12R-2022	L1BPS04DH	bb3	25.2	20	10
NR4E12R-2022	L1BPS04DH	bb3	28.8	26	12
NR4E12R-2022	L1BPS04DH	bb3	33.8	28	11
NR4E12R-2022	L1BPS04DH	bb2	38.4	14	5

identificativo CI	sondaggio	unità	profondità prova m	N <sub>SPT</sub>	(N <sub>1</sub> ) <sub>60</sub>
NR4E12R-2022	L1BPS04DH	bb2	44.2	18	6
NR4E12R-2022	L1BPS04DH	bb1	48.0	78	23
NR4E12R-2022	L1BPS04DH	bb1	52.8	R	R

**Tabella 31 - Parametri di sintesi dei valori di NSPT registrati nei fori di sondaggio della tratta in esame e valori di resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60 relativi ai terreni interessati dalle analisi di suscettività a liquefazione, sono segnalati gli orizzonti con (N1)60 <30. \*Prova realizzata sopra falda. Per l'identificativo CI cfr. 4 - Allegati.**

Tali prove hanno evidenziato, in particolare, la presenza di terreni caratterizzati da valori di resistenza penetrometrica generalmente al di sotto del limite di (N<sub>1</sub>)<sub>60</sub> definito da normativa (Tabella 31). Tali terreni possono ritenersi suscettibili di possibili fenomeni di liquefazione. Si sottolinea che alcune prove, indicate in tabella con \*, ricadono sopra il livello di falda misurato.

Mentre, per quanto riguarda le prove penetrometriche statiche (CPT), sono stati quindi determinati i valori della resistenza normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa sulla base della formula seguente (Seed & Idriss 1982; Skempton 1986; Robertson & Wride 1998; Riga 2007):

$$q_{c1N} = C_q \cdot \left( \frac{q_c}{p_a} \right)$$

$$C_q = \left( \frac{p_a}{\sigma'_v} \right)^n$$

dove  $p_a$  è la pressione atmosferica (100kPa).

Per le prove penetrometriche statiche disponibili le profondità degli orizzonti esaminati sono state discriminate sulla base delle ricostruzioni litostratigrafiche del profilo geologico (NR4E12R69L5GE0001001) e in accordo con la carta di classificazione dei terreni da prove CPT (Robertson 1990).

Di seguito vengono identificati le profondità degli orizzonti che rientrano nelle classi Sabbie e sabbie limose, Sabbie limose e limi sabbiosi e Sabbie ghiaiose e sabbie lungo le CPT disponibili lungo il profilo in esame.

identificativo CI	prova	litologia da profilo	profondità strato liquefacibile m
NR4E12R-2022	L1APCPT01	bb2	4.2 - 5.4
NR4E12R-2022	L1APCPT01	bb2	7.0 - 8.1
NR4E12R-2022	L1APCPT01	bb2	10.1 - 12.0
NR4E00R-2021	CPTu1	bb2	2.6 - 4.4
NR4E00R-2021	CPTu1	bb2	15.0 - 16.0
NR4E00R-2021	CPTu1	bb2	16.6 - 20.0
NR4E00R-2021	CPTu1	bb2	21.0 - 22.4
NR4E00R-2021	CPTu1	bb2	23.3 - 28.0
NR4E00R-2021	CPTu1	bb2	29.1 - 30.4

identificativo CI	prova	litologia da profilo	profondità strato liquefacibile <i>m</i>
NR4E00R-2021	CPTu1	bb2	31.8 - 33.5
NR4E00R-2021	CPTu1	bb2	34.3 - 36.0
NR4E00R-2021	CPTu1	bb2	39.8 - 41.1
NR4E00R-2021	CPTu4	bb2	2.0 - 11.7

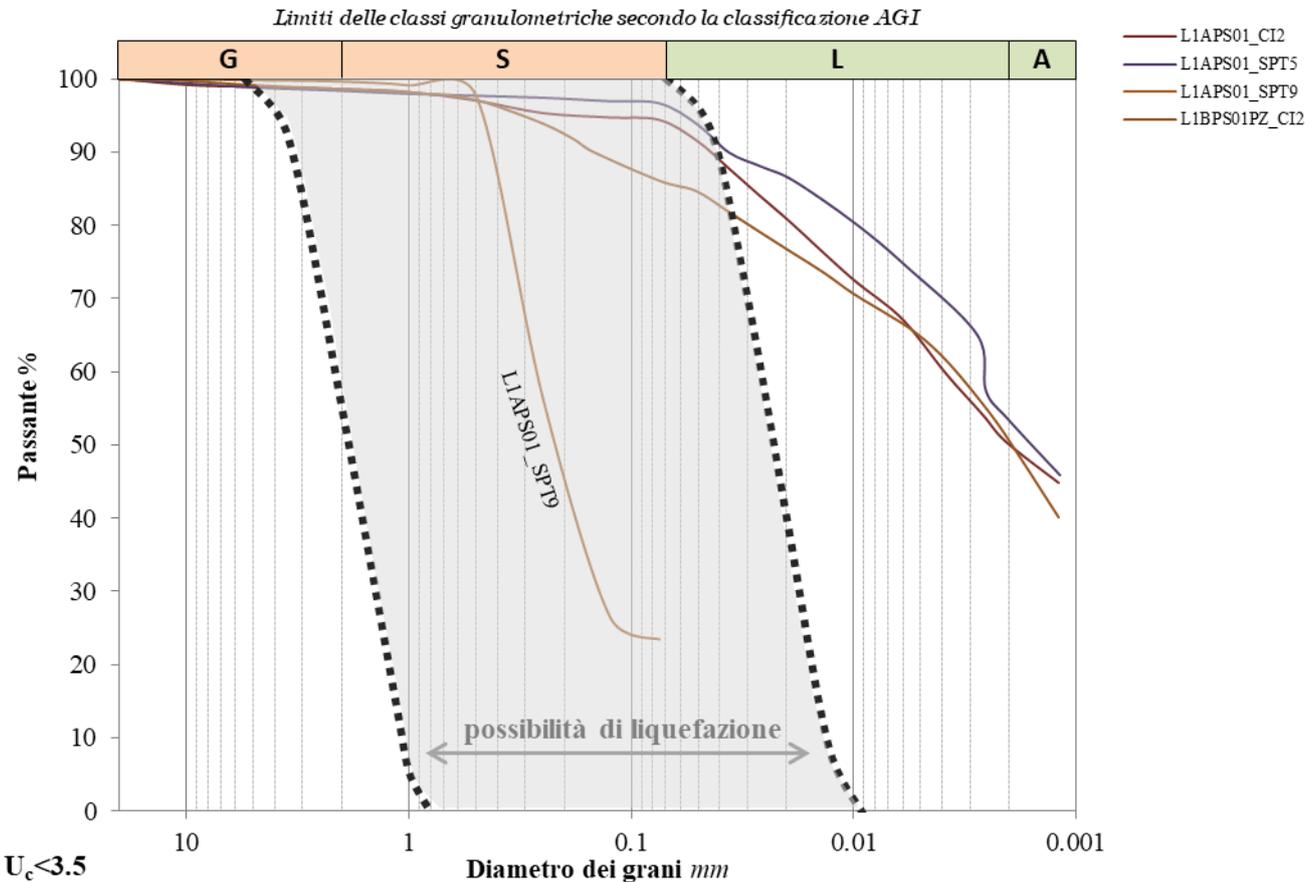
**Tabella 32 – Sintesi delle profondità degli orizzonti sabbioso-limosi individuate lungo ciascuna verticale, nella zona in esame.**

Le prove eseguite alle profondità sopra esposte hanno evidenziato la presenza di terreni caratterizzati da valori di resistenza penetrometrica sempre piuttosto bassi e nettamente al di sotto del limite di ( $q_c1N$ ) definito da normativa e calcolato secondo Robertson & Wride (1998), che confermano la presenza di orizzonti litologici potenzialmente suscettibili di liquefazione, come riportato nella Tabella 33.

identificativo CI	prova	litologia da profilo	profondità prova <i>m</i>	$q_c$ <i>MPa</i>	( $q_c1N$ ) <i>kPa</i>
NR4E12R-2022	L1APCPT01	bb2	4.2 - 5.4	1.92	22
NR4E12R-2022	L1APCPT01	bb2	7.0 - 8.1	1.95	19
NR4E12R-2022	L1APCPT01	bb2	10.1 - 12.0	2.09	16
NR4E00R-2021	CPTu1	bb2	2.6 - 4.4	3.94	56
NR4E00R-2021	CPTu1	bb2	15.0 - 16.0	6.48	36
NR4E00R-2021	CPTu1	bb2	16.6 - 20.0	3.89	20
NR4E00R-2021	CPTu1	bb2	21.0 - 22.4	4.00	18
NR4E00R-2021	CPTu1	bb2	23.3 - 28.0	3.82	16
NR4E00R-2021	CPTu1	bb2	29.1 - 30.4	5.99	23
NR4E00R-2021	CPTu1	bb2	31.8 - 33.5	6.81	25
NR4E00R-2021	CPTu1	bb2	34.3 - 36.0	6.35	22
NR4E00R-2021	CPTu1	bb2	39.8 - 41.1	7.76	24
NR4E00R-2021	CPTu4	bb2	2.0 - 11.7	1.90	16

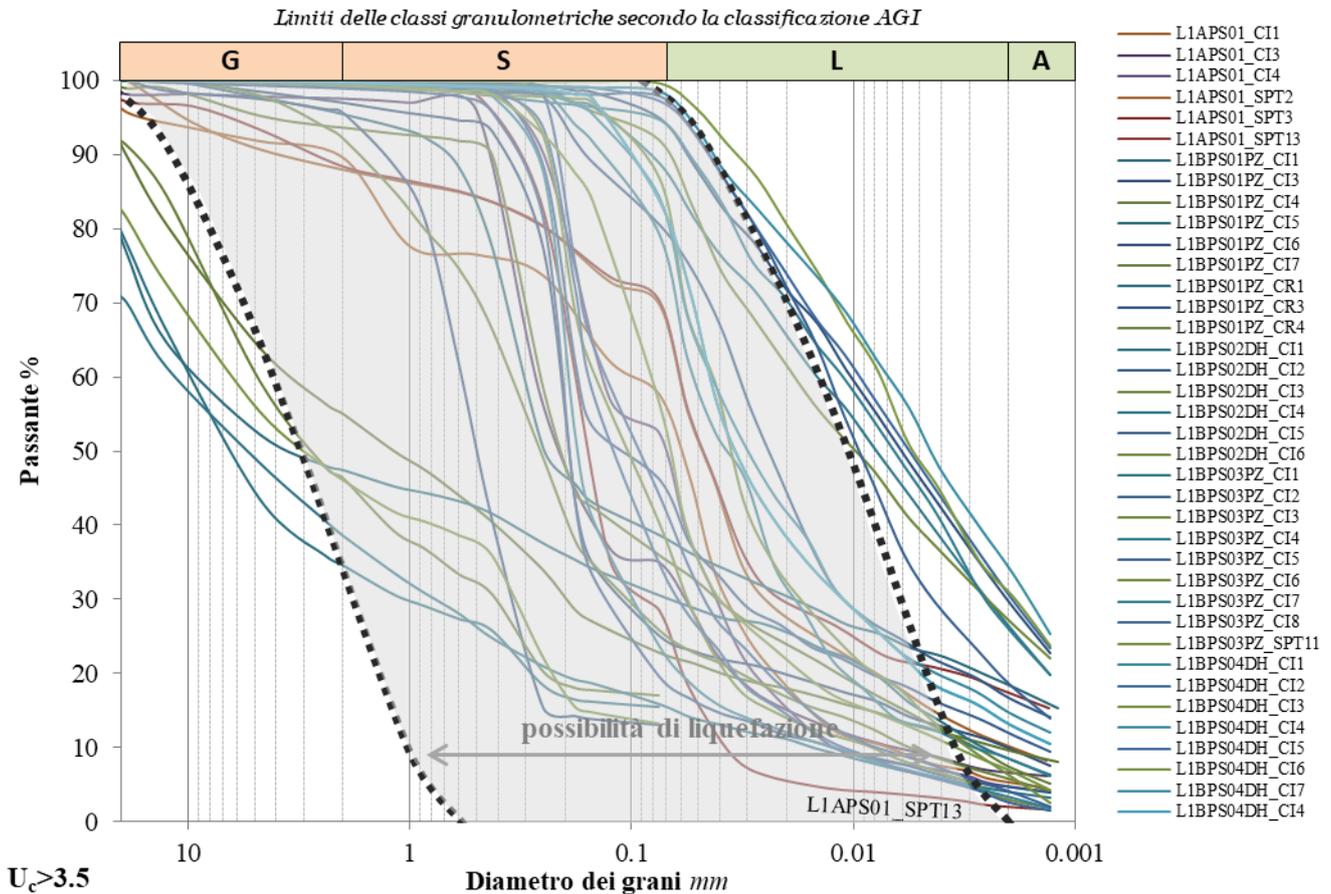
**Tabella 33 - Parametri di sintesi dei valori di  $q_c$  e di resistenza normalizzata( $q_c1N$ ) relativi ai terreni interessati dalle analisi di suscettività a liquefazione; sono evidenziati gli orizzonti con ( $q_c1N$ )<180.**

Di seguito si riportano le curve granulometriche dei campioni di terreno disponibili ed analizzati, ricadenti negli orizzonti più superficiali dei depositi di copertura ascrivibili all'intervallo Pleistocene-Attuale. Le curve granulometriche dei campioni di terreno disponibili ed analizzati, nonché la rappresentazione schematica dei fusi critici indicati da normativa sono riportate nelle Figura 53 e Figura 54. A tal riguardo, si sottolinea che i limiti dimensionali delle varie classi granulometriche, riportati nella parte alta di ogni grafico, sono indicati seguendo gli *standard* metodologici proposti dall'Associazione Geotecnica Italiana (AGI).



**Figura 53 - Curve granulometriche dei campioni disponibili. In nero, a tratteggio, è riportato il fuso granulometrico critico per suoli -  $U_c > 3.5$  (NTC 2018).**

In generale, le verifiche condotte hanno evidenziato che i campioni di terreno analizzato non ricadono dentro al fuso granulometrico critico indicato da normativa e quindi non risultano potenzialmente suscettibili di liquefazione. Solo i campioni **SPT13** del sondaggio **L1APS01** (23.8 m p.c.), **CI1** del sondaggio **L1BPS02DH** (5.2 m p.c.), **CI3**, **CI7** e **CI8** del sondaggio **L1BPS03PZ** (10.7, 38.2 e 44.1 m p.c.), **CI2** del sondaggio **L1BPS04DH** (4.8 m dal p.c.) sono da considerarsi cautelativamente suscettibili di liquefazione, nonostante non ricadano interamente all'interno del fuso critico (Figura 54), in quanto solo una percentuale di passante inferiore al 5% ricade fuori dal fuso critico.



**Figura 54 - Curve granulometriche dei campioni disponibili. In nero, a tratteggio, è riportato il fuso granulometrico critico per suoli -  $U_e < 3.5$  (NTC 2018).**

In conclusione, i risultati delle analisi di suscettività a liquefazione appositamente condotte hanno evidenziato che i terreni impegnati dalla realizzazione delle opere in progetto possono essere localmente suscettibili a fenomeni di liquefazione dinamica a seguito dei terremoti attesi. Considerata la presenza di tutte le condizioni preliminari previste dall'NTC 2018, nell'ambito della progettazione geotecnica delle opere è necessario eseguire apposite analisi quantitative per la valutazione della suscettività a liquefazione degli orizzonti granulari più critici. Pertanto, si rimanda alla consultazione degli elaborati specialistici per la trattazione analitica e quantitativa della problematica (NR4E12R11GEGE0006002).

## 15 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Amati M., Crescenzi R., Gisotti G., Pecci M., Piro M., Vallesi R., 1995. I dissesti a Roma. In "La Geologia di Roma". Il centro storico". A cura di Funicello R.. Memorie descrittive della Carta Geologica Italiana 50: 219-248.
- Amati M., Toccoli A., Vitale V., 2013. Pericolosità geomorfologica nel territorio di Roma Capitale. Analisi critica di due casi di studio: la Valle dell'Inferno e la Valle dell'Almone - Geomorphological hazard in the Roma Municipality. Critical analysis of two case studies: Inferno Valley and Almone Valley. Memorie descrittive della Carta geologica d'Italia XCIII: 35-66.
- Ambrosetti P., Bosi C., Carraro F., Ciaranfi N., Panizza M., Papani G., Vezzani L., Zanferrari A., 1987. Neotectonic Map of Italy, scale 1:500000. C.N.R.-P.F.G., Sottoprogetto Neotettonica: Fogli 1-6.
- Ambrosetti P., Carraro F., Deiana G., Dramis F., 1982. Il sollevamento dell'Italia centrale tra il Pleistocene inferiore e il Pleistocene medio. In: CNR - Progetto finalizzato alla "Geodinamica" - Contr. Concl. Carta Neotettonica d'Italia 2: 219-223.
- Angelucci A., Civitelli G., Brotzu P., Morbidelli L., Traversa G., 1974. Il Vulcanismo Pleistocenico della Media Valle Latina (Lazio). Caratteristiche Petrografiche e Geologiche. Geologica Romana 13: 83-123.
- APAT, 2007. Rapporto sulle frane in Italia: il Progetto IFFI. Metodologia, risultati e rapporti regionali. Rapporti Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici 78: 681.
- Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino centrale, 2012. Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico UoM (ITN010). Aggiornamento 2022.
- Bally A.W., Burbi L., Cooper C., Ghelardoni R., 1986. Balanced sections and seismic reflection profiles across the Central Apennines. Memorie della Società Geologica Italiana 35: 257-310.
- Baratta M., 1901. I terremoti d'Italia. Arnaldo Forni, Bologna.
- Barberi F., Buonasorte G., Cioni R., Fiordelisi A., Foresi L., Laccario S., Laurenzi M.A., Sbrana A., Vernia L., Villa I.M., 1994. Plio-Pleistocene geological evolution of the geothermal area of Tuscany and Latium. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia 49.
- Basili R., Valensise G., Vannoli P., Burrato P., Fracassi U., Mariano S., Tiberti M.M., Boschi E., 2008. The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology. Tectonophysics.
- Bencivenga M., Di Loreto E., Lipari L., 1995. Il regime idrologico del Tevere, con particolare riguardo alle piene nella città di Roma. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia.
- Bergamin L., Carboni M.G., Di Bella L., Marra F., Palagi I., 2000. Stratigraphical and paleoenvironmental features of the Pleistocene sediments of M. Mario (Rome). Eclogae Geologicae Helvetiae 93: 265-275.
- Bernabini M., Esu F., Martinetti S., Ribacchi R., 1966. On the stability of the pillars in a underground quarry worked through soft pyroclastic rocks. Proc. I Int. Congr. Rock Mech.: 285-291.
- Bigi S., Beaubien S.E., Ciotoli G., D'Ambrogi C., Doglioni C., Ferrante V., Lombardi S., Milli S., Orlando L., Ruggiero L., Tartarello M.C., Sacco P., 2014. Mantle-derived CO<sub>2</sub> migration along active faults within an extensional basin margin (Fiumicino, Rome, Italy). Tectonophysics 637: 137-149.

Bigi S., Cosentino D., Parotto M., Sartori R., Scandone P., 1992. Structural model of Italy. Scale 1:500000 (fogli 1-6). CNR - Progetto Finalizzato Geodinamica 114.

Bisconti F., Ciotoli G., Ferri G., Fiore R., Lanzini M., Nisio S., Roma M., Paolucci R., Stranieri I., Succhiarelli C., Allevi M., 2018. Primo contributo alla realizzazione della Carta delle Cavità Sotterranee di Roma. *Geologia dell'Ambiente - Italian Magazine of Environmental Geology* 4: 25-31.

Boari E., Avanzinelli R., Melluso L., Giordano G., Mattei M., De Benedetti A.A., Morra V., Conticelli S., 2009. Isotope geochemistry (Sr-Nd-Pb) and petrogenesis of leucite-bearing volcanic rocks from “Colli Albani” volcano, Roman Magmatic Province, Central Italy: Inferences on volcano evolution and magma genesis. *Bulletin of Volcanology* 71: 977-1005.

Boenzi F., De Marco A., Loiacono F., Balenzano F., 1986. Osservazioni sugli ambienti fluviali Olocenici della media e bassa valle di alcuni fiumi Lucani. *Memorie della Società Geologica Italiana* 42: 191-196.

Bonardi G., Ciarcia S., Di Nocera S., Matano F., Sgrosso I., Torre M., 2009. Carta delle Principali Unità Cinematiche dell'Appennino Meridionale. Nota Illustrativa. *Bollettino della Società Geologica Italiana* 128: 47-60.

Boni C., Bono P., Capelli G., 1988. Carta idrogeologia del territorio della regione Lazio alla scala 1:250000. Regione Lazio, Università degli studi di Roma "La Sapienza".

Boschi E., Di Bona M., Funiciello R., Malagnini L., Marra F., Rovelli A., Salvis S., 1990. La geologia del sottosuolo in relazione al comportamento sismico della città di Roma. *Atti dell VII Congresso nazionale dell'ordine dei geologi, Roma*: 61-73.

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Valensise L., Gasperini P., 2000. Catalogue of strong Italian Earthquakes from 461 B.C. to 1997. *Annali di Geofisica* 43: 609-868.

Bosellini A., Mutti E., Ricci Lucchi F., 1989. Rocce e successioni sedimentarie. Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino.

Bozzano F., Caserta A., Govoni A., Marra F., Martino S., 2008. Static and dynamic characterization of alluvial deposits in the Tiber River Valley: New data for assessing potential ground motion in the City of Rome. *Journal of Geophysical Research* 113: 1-21.

Bozzano F., Esposito C., Mazzanti P., Patti M., Scancelli S., 2018. Imaging multi-age construction settlement behaviour by Advanced SAR Interferometry. *Remote Sensing* 10: 1137.

Bucci M., Grillini M., 2001. Studi geologici, geomorfologici ed idrogeologici nella Tenuta Presidenziale di Castelporziano (Roma). *Geologia Tecnica & Ambientale* 4/2001: 21-32.

Buonanno A., Pertusati S., Zuppetta A., 2007. Structural Evolution of the Fortore Unit (Southern Apennines, Italy). *Bollettino della Società Geologica Italiana* 126: 497-510.

Butler B.C.M., Bell J.D., 1996. Lettura e interpretazione delle carte geologiche. Zanichelli Editore, Bologna.

Campolunghi M.P., Capelli G., Funiciello R., Lanzini M., 2007. Geotechnical studies for foundation settlement in Holocene alluvial deposits in the City of Rome (Italy). *Engineering Geology* 89: 9-35.

Canuti P., Esu F., 1995. Glossario Internazionale per le frane. *Rivista Italiana di Geotecnica* 2: 143-150.

Capelli G., 1999. Rapporti tra falda, reticolo idrografico e fognario nella Città di Roma. Giornata Mondiale dell’Ambiente, Roma-Natura. Riserva Naturale di Decima-Malafede, 5 giugno 1999.

Capelli G., Mazza R., Taviani S., 2008. Acque sotterranee nella città di Roma. Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia 80: 221-245.

Caputo R., 1995. The Rodia Fault: an active complex shear zone (Larissa Basin, Central Greece). 6th Congr. Geol. Soc. Greece, Athens, May 25-27. Bull. Geol Soc. Greece 28(1): 447-456.

Carraro F., 2012. Geologia del Quaternario. L'evoluzione geologica degli ambienti superficiali. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Casadio M., Elmi C., 1999. Il manuale del geologo. Pitagora Editrice, Bologna.

Casati P., 1991. Scienze della terra. Città Studi Edizioni.

Caserta A., Boore D.M., Rovelli A., Govoni A., Marra F., Della Monica G., Boschi E., 2013. Ground motions recorded in Rome during the April 2009 L’Aquila seismic sequence: site response and comparison with ground-motion predictions based on a global Dataset. Bulletin of the Seismological Society of America 103: 1860-1874.

Castiglioni G.B., 1991. Geomorfologia (seconda edizione). Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino.

Celico P., 1983. Idrogeologia dei massicci carbonatici, delle piane quaternarie e delle aree vulcaniche dell'Italia centro-meridionale (Marche e Lazio meridionale, Abruzzo, Molise e Campania). Quaderni della Cassa per il Mezzogiorno 4: 1-225.

Celico P., 1986. Prospezioni idrogeologiche - Volume primo. Liguori Editore, Napoli.

Celico P., 1988. Prospezioni idrogeologiche - Volume secondo. Liguori Editore, Napoli.

Cesi C., Eulilli V., 2008. Carta gravimetrica d’Italia alla scala 1:50000 – Foglio 374 – Roma. Servizio Geologico Dipartimento Difesa del Suolo, APAT, Roma.

Cigna F., Lasaponara R., Masini N., Milillo P., Tapete D., 2014. Persistent scatterer interferometry processing of COSMO-skymed stripmap HIMAGE time series to depict deformation of the historic centre of Rome, Italy. Remote Sensing 6 :12593-12618.

Cinque A., Patacca E., Scandone P., Tozzi M., 1993. Quaternary kinematic evolution of the Southern Apennines. Relationships between surface geological features and deep lithospheric structures. Annali di Geofisica 36: 249-260.

Cioni R., Laurenzi M.A., Sbrana A., Villa I.M., 1993. <sup>39</sup>Ar/<sup>40</sup>Ar chronostratigraphy of the initial activity in the Sabatini volcanic complex (Italy). Bollettino della Società Geologica Italiana 112: 251-263.

Ciotoli G., Finoia M.G., Nisio S., Serafini R., 2015. Analisi della suscettibilità ai sinkholes antropogenici nel centro urbano di Roma. Memorie Descrittive della Carta Geologica d’Italia 93: 143-182.

Civita M., 1972. Schematizzazione idrogeologica delle sorgenti normali e delle relative opere di captazione. Memorie e note dell’Istituto di Geologia Applicata e Arte mineraria 12.

Civita M., 2005. Idrogeologia applicata e ambientale. CEA - Casa Editrice Ambrosiana: 800.

CNR-PFG, 1985. Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980. In: Postpischl D. (ed), CNR-PFG V. 2B, Bologna.

Comerci V., Cipolloni C., di Manna P., Guerrieri L., Vittori E., Bertoletti E., Ciuffreda M., Succhiarelli C., 2012. PanGeo: Enabling Access to Geological Information in Support of GMES-D/1.26 Geohazard Description for Rome.

Comune di Roma Capitale, 2008. Piano Regolatore Generale del Comune di Roma. Consiglio Comunale con Deliberazione n. 18 del 11/12.02.2008, con la pubblicazione sul Bollettino Ufficiale della Regione Lazio -avvenuta il 14.03.2008.

Conato V., Esu D., Malatesta A., Zarlenga F., 1980. New data on the Pliocene of Rome. Quaternaria 22: 131-175.

Corticelli S., Francalanci L., Manetti P., Cioni R., Sbrana A., 1997. Petrology and geochemistry of the ultrapotassic rocks from the Sabatini volcanic district. Journal of Volcanology and Geothermal Research 75: 107-136.

Corazza A., 2004. Il rischio di fenomeni di sprofondamento in Italia: le attività del Dipartimento della Protezione Civile. Atti 1° Seminario "Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio", Roma, 20-21 Maggio 2004: 319-330.

Corazza A., 2010. Individuazione di movimenti precursori di sprofondamenti nell'area urbana di Roma attraverso l'utilizzo dell'interferometria differenziale. Atti 2° Workshop internazionale: "I sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato". Roma 3-4 dicembre 2009, ISPRA: 685-702.

Corazza A., Mazza R., Bertuccioli P., Putrino P., 2002. Il progetto "Cavità" - Analisi del rischio dovuto alla presenza di Cavità Sotterranee. Atti dei convegni dei Lincei "Il dissesto idrogeologico: inventario e prospettive" (5 giugno 2001 - Roma). Accademia Nazionale dei Lincei 181: 355-363.

Cosentino D., Cipollari P., Di Bella L., Esposito A., Faranda C., Giordano G., Gliozzi E., Mattei M., Mazzini I., Porreca M., Funicello R., 2009. Tectonics, sea-level changes and palaeoenvironments in the early Pleistocene of Rome (Italy). Quaternary Research 72: 143-155.

Cosentino D., Cipollari P., Pasquali V., 2004. The Jurassic pelagic carbonate platform of the Cornicolani Mts. (Central Apennines). Mapping geology in Italy. S.E.L.C.A.: 177-184.

Cosentino D., Parotto M., Praturlon A., 1993. Guida geologica del Lazio. Società geologica italiana: 368.

Cremonini G., 1994. Rilevamento geologico. Realizzazione e interpretazione delle carte geologiche. Pitagora Editrice, Bologna.

Crescenzi R., Pirro M., Valleri R., 1995. Le cavità sotterranee a Roma. In "La geologia di Roma. Il Centro Storico". A cura di Funicello R.. Memorie descrittive della Carta Geologica Italiana 50: 249-283.

Cruden D.M., Varnes D.J., 1993. Landslides: investigation and mitigation chapter 3: landslide type and process. National Academy of sciences.

Cruden D.M., Varnes D.J., 1996. Landslide types and processes. In: Turner A.K., Schuster R.L. (eds) Landslide investigation and mitigation, special report 247, National Academy of Sciences: 36-75.

De Rita D., Di Filippo M., Rosa C., 1996. Structural evolution of the Bracciano volcano-tectonic depression, Sabatini volcanic complex, Italy. In: Mc Guire W.J., Jones A.P., Neuberg, Volcano Instability on the Earth and Other Planets. Geological society of London Spec. Publ. 11: 225-236.

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b> <b>NPP – 0258: GRONDA MERCI DI ROMA - CHIUSURA ANELLO</b> <b>NORD</b> <b>TRATTA: VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B	FOGLIO 130 di 138

De Rita D., Facenna C., Funicello R., Rosa C., 1995. Stratigraphy and volcano-tectonics. In *The Volcano of the Alban Hills*. Raffaello Trigila, Roma edizione: 56-70.

De Rita D., Frazzetta G., Romano R., 1991. The Biancavilla-Montalto Ignimbrite (Etna, Sicily). *Bulletin of Volcanology* 53: 121-131.

De Rita D., Funicello R., Rosa C., 1992. Volcanic activity and drainage network evolution of the Alban Hills area (Rome, Italy). *Acta vulcanologica* 2: 185-198.

De Rita D., Giordano G., 2009. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000. Foglio 387, Albano Laziale. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.

De Rita D., Giordano G., Milli S., 1997. Erratum to "Forestepping-backstepping stacking pattern of volcanoclastic successions: Roccamorfin volcano, Italy". *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 78: 267-288.

Del Monte M., D'Orefice M., Luberti G.M., Marini R., Pica A., Vergari F., 2016. Geomorphological classification of urban landscapes: the case study of Rome (Italy). *Geomorphological Map of Rome*. *Journal of Maps*.

Delgado Blasco J.M., Fomelis M., Stewart C., Hooper A., 2019. Measuring urban subsidence in the Rome metropolitan area (Italy) with Sentinel-1 SNAP-StaMPS Persistent Scatterer Interferometry. *Remote Sensing* 11: 129.

Di Bucci D., Corrado S., Naso G., Parotto M., Praturlon A., 1999. Evoluzione Tettonica Neogenico-Quaternaria dell'Area Molisana. *Bollettino della Società Geologica Italiana* 118: 13-30.

Di Bucci D., Tozzi M., 1992. La linea "Ortona-Roccamorfin": Revisione dei dati esistenti e nuovi contributi per il settore settentrionale (Media valle del Sangro). *Studi Geologici Camerti vol. spec. 1991/92*: 397-406.

Di Filippo M., Toro B., 1995. Gravimetry. In: Trigila R. (ed), *The Volcano of the Alban Hills*, Tipografia SGS, Roma: 213-219.

Di Salvo C., Di Luzio E., Mancini M., Moscatelli M., Capelli G., Cavinato G.P., Mazza R., 2012. GIS-based hydrostratigraphic modeling of the city of Rome (Italy): analysis of the geometric relationships between a buried aquifer in the Tiber Valley and the confining hydrostratigraphic complexes. *Hydrogeology Journal* 20: 1549-1567.

Dipartimento della Protezione Civile, Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome, 2008. Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Dipartimento della Protezione Civile: 515.

DISS Working Group, 2021. Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.3.0.: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <https://doi.org/10.13127/diss3.3.0>. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Dogliani C., Moretti I., Roure F., 1991. Basal lithospheric detachment, eastward mantle flow and Mediterranean geodynamics: a discussion. *Journal of Geodynamics* 13: 47-65.

D'Ottavio D., Succhiarelli C., 2008. Carta della Vulnerabilità all'Inquinamento delle acque sotterranee del territorio comunale, scala 1:50000.

Dramis F., Bisci C., 1997. Cartografia geomorfologica. Pitagora Editrice, Bologna.

Fabbri M., Lanzini M., Mancinella D., Succhiarelli C., 2014. I geositi del territorio di Roma Capitale. Società Italiana di Geologia Ambientale.

Faccenna C., Funicello R., Montone P., Parotto M., Voltaggio M., 1994. Tettonica trascorrente del pleistocene superiore nel bacino delle Acque Albule (Tivoli, Lazio). Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia 49: 37-50.

Fiore A., Lanzini M., 2007. Problematiche di valutazione del rischio di crollo di cavità sotterranee. Geologia e Territorio 4: 35-45.

Fornaro G., Serafino F., Reale D., 2010. 4-D SAR imaging: The case study of Rome. IEEE Geosciences, Remote Sensing Letters 7: 236-240.

Freda C., Di Rocco T., Gaeta M., 2009. Carbonate Assimilation in Open Magmatic Systems: the Role of Melt-bearing Skarns and Cumulate-forming Processes. Journal of Petrology 50(2): 361-385.

Freda C., Gaeta M., Karner D.B., Marra F., Renne P.R., Taddeucci J., Dallai L., 2006. Eruptive history and petrologic evolution of the Albano multiple maar (Alban Hills, Central Italy). Bulletin of Volcanology 68(6): 567-591.

Funicello R., 1995. La geologia di Roma. Il centro storico. Memorie della Società Geologica Italiana 50: 550.

Funicello R., Gasparini C., Montone P., Parotto M., Salvini F., 1987. Il campo di fratturazione superficiale dei Colli Albani (Roma): implicazioni per un modello sismotettonico dell'arca. Bollettino G.N.V.: 373-384.

Funicello R., Giordano G., 2005. Carta Geologica di Roma alla scala 1:10000, vol.1. Dipartimento Scienze Geologiche dell'Università di Roma TRE, Roma.

Funicello R., Giordano G., 2008. Carta geologica del comune di Roma, scala 1:10000. Volume 1. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia LXXX.

Funicello R., Giordano G., 2008. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000. Foglio 374, Roma. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.

Funicello R., Giordano G., Adanti B., Giampaolo C., Parotto M., Balzerano L., 2006. Guida ad un itinerario geologico attraverso la città di Roma.

Funicello R., Lombardi L., Marra F., Parotto M., 1995. Seismic damage and geological heterogeneity in Rome's Colosseum area: are they related?. Annali di Geofisica 38: 927-937.

Funicello R., Parotto M., 1978. Il substrato sedimentario nell'area dei Colli Albani: considerazioni geodinamiche e paleogeografiche sul margine tirrenico dell'Appennino centrale. Geologica Romana 17: 233-287.

Funicello R., Rovelli A., 1998. Terremoti e monumenti in Roma. Le Scienze 357: 42-49.

Giordano G., De Benedetti A.A., Diana A., Diano G., Gaudio F., Marasco F., Miceli M., Mollo S., Cas R.A.F., Funicello R., 2006. The Colli Albani Mafic Caldera (Roma, Italy): Stratigraphy, Structure and Petrology. Journal of Volcanology and Geothermal Research 155: 49-80.

Giordano G., Esposito A., De Rita D., Fabbri M., Mazzini I., Trigari A., Rosa C., Funicello R., 2003. The Sedimentation along the Roman Coast between Middle and Upper Pleistocene: The Interplay of Eustatism, Tectonics and Volcanism - New Data and Review. Il Quaternario 16: 121-129.

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b> <b>NPP – 0258: GRONDA MERCI DI ROMA - CHIUSURA ANELLO</b> <b>NORD</b> <b>TRATTA: VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA NR4E	LOTTO 12	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B	FOGLIO 132 di 138

Gisotti G., Pazzagli G., Garbin F., 2005. La IVa dimensione. Lo spazio sotterraneo di Roma. *Geologia dell'ambiente*: 158.

Hallam A., 1985. Interpretazione delle facies e stratigrafia. Pitagora Editrice, Bologna.

Hearty P.J., Dai-Pra G., 1986. Aminostratigraphy of Quaternary marine deposits in the Lazio region of central Italy. *Zeitschrift für Geomorphologie* 62: 131-140.

Hippolyte J.C., Angelier J., Roure F., 1994. A major geodynamic change revealed by Quaternary stress patterns in the Southern Apennines (Italy). *Tectonophysics* 230: 199-210.

Hungr O., Leroueil S., Picarelli L., 2014. The Varnes classification of landslide types, an update. *Landslides* 11: 167-194.

Hutchinson J.N., 1985. Mass movements. In: Fair Bridge R.W. (ed): *Encyclopedia of Geomorphology*: 688-695.

Hutchinson J.N., 1988. Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. *Proceedings of 5th International Symposium on Landslide*: 10-15.

ISIDe Working Group, 2007. Italian Seismological Instrumental and Parametric Database (ISIDe). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

ISPRA – Regione Lazio, 2007. Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia – IFFI (consultazione 2022). [progettoiffi.isprambiente.it](http://progettoiffi.isprambiente.it).

ISPRA, 2008. Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000. Foglio 374, Roma. Servizio Geologico d'Italia.

ISPRA, 2018. Rapporto dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio - rapporto 2018.

ISPRA, 2022. Archivio indagini nel sottosuolo (Legge 464/84).

ISPRA, 2022. Carta della Suscettibilità ai Sinkhole Antropogenici di Roma.

Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia, 2022. Modello di pericolosità sismica MPS04-S1. <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>.

ITHACA Working Group, 2019. ITHACA (ITaly HAZard from Capable faulting), A database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019. Web Portal <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx>. ISPRA Geological Survey of Italy.

Karner D.B., Marra F., Renne P.R., 2001. The history of the Monti Sabatini and Alban Hills volcanoes: groundwork for assessing volcanic-tectonic hazards for Rome. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 107: 185-2019.

La Vigna F., Bonfà I., Coppola A.G., Corazza A., Di Filippo C., Ferri G., Martelli S., Rosa C., Succhiarelli C., 2016. La città di Roma e le sue falde acquifere: dalle criticità, alle opportunità di resilienza urbana. *Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater* AS15069: 59-70.

La Vigna F., Capelli G., Mazza R., 2008. Assetto idrogeologico del settore terminale del bacino del fiume Aniene. *Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia* 80: 121-134.

La Vigna F., Ciadamidaro S., Mazza R., Mancini L., 2010. Water quality and relationship between superficial and ground water in Rome (Aniene River basin, Central Italy). *Environmental Earth Sciences* 60: 1264-1279.

La Vigna F., Di Salvo C., 2013. Understanding the hydrogeological flow processes in the Holocene alluvial aquifers of Tiber River (Rome). *Rendiconti online della Società Geologica Italiana* 24: 181-183.

La Vigna F., Mazza R., 2015. Carta idrogeologica di Roma, 1:50000. PO.LI.GRAF., Pomezia.

La Vigna, F., Mazza, R., Capelli, G., 2013. Detecting the flow relationships between deep and shallow aquifers in an exploited groundwater system, using long-term monitoring data and quantitative hydrogeology: the Acque Albule basin case (Rome, Italy). *Hydrological Processes* 27(22): 3159–3173.

Lanzini M., 2017. Caratteri litotecnici della formazione di Monte Vaticano (MVA) nell'area urbana di Roma e rapporti con la storia tettonica e geologica.

Lentini F., Carbone S., Catalano S., Monaco C., 1990. Tettonica a thrust neogenica nella catena appenninico-maghrebide: esempi dalla Lucania e dalla Sicilia. *Studi Geologici Camerti vol. suppl.* 1990: 19-26.

Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Antonucci A., 2022. Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Lombardi L., 2003. Idrogeologia del territorio comunale, scala 1:50000. Idrogeologia del territorio municipale, scala 1:20000/25000, 14 fogli. Comune di Roma, Dipartimento VI - Politiche del Territorio, Ufficio Nuovo Piano Regolatore, Roma.

Malinverno A., Ryan W.B.F., 1986. Extension in the Tyrrhenian Sea and shortening in the Apennines as result of arc migration driven by sinking of the lithosphere. *Tectonics* 5: 227-245.

Manunta M., Marsella M., Zeni G., Sciotti M., Atzori S., Lanari R., 2008. Two-scale surface deformation analysis using the SBAS-DInSAR technique: A case study of the city of Rome, Italy. *International Journal of Remote Sensing* 29: 1665-1684.

Marra F., 1993. Stratigrafia ed assetto geologico-strutturale dell'area romana tra il Tevere e il Rio Galeria. *Geologica Romana* 29: 515-535.

Marra F., 2001. Strike-slip faulting and block rotation: a possible triggering mechanism for lava flows in the Alban Hills. *Journal of Structural Geology* 23: 127-141.

Marra F., Carboni M.G., Di Bella L., Faccenna C., Funiciello R., Rosa C., 1995. Il substrato plio-pleistocenico nell'area romana. *Bollettino della Società Geologica Italiana* 114: 195-214.

Marra F., Florindo F., 2014. The subsurface geology of Rome (Italy): sedimentary processes, sea-level changes and astronomical forcing. *Earth-Science Reviews* 136: 1-20.

Marra F., Freda C., Scarlato P., Taddeucci J., Karner D.B., Renne P.R., Gaeta M., Palladino D.M., Trigila R., Cavarretta G., 2003. Post-caldera activity in the Alban Hills volcanic district (Italy): <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar geochronology and insights into magma evolution. *Bulletin of Volcanology* 65: 227-247.

Marra F., Karner D.B., Freda C., Gaeta M., Renne P., 2009. Large mafic eruptions at Alban Hills Volcanic District (Central Italy): chronostratigraphy, petrography and eruptive behavior. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 179(3-4): 217-232.

Marra F., Rosa C., 1995. Stratigrafia ed assetto geologico dell'area romana. In. La geologia di Roma. Il centro storico. A cura di R. Funiciello. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia 50: 48-118.

Martini I.P., Sagri M., 1993. Tectono-sedimentary characteristic of late Miocene-Quaternary extensional basin of Northern Apennines. Earth Science Reviews 34: 197-233.

Mastrorillo L., Mazza R., Manca F., Tuccimei P., 2016. Evidences of different salinization sources in the roman coastal aquifer (Central Italy). Journal of Coastal Conservation 20: 423-441.

Mattias P., Ventriglia V., 1970. La regione vulcanica dei Monti Cimini e Sabatini. Memorie della Società geologica Italiana 9: 331-384.

Mazza R., Capelli G., Lanzini M., 2008. La geologia di Roma dal Centro Storico alla periferia. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia 80 (2): 149-170.

Mazza R., La Vigna F., Capelli G., Dimasi M., Mancini M., Mastrorillo L., 2016. Hydrogeology of Rome. Italian Journal of Groundwater AS15069: 19-30.

Mazza R., Paganelli D., Campolunghi M.P., Capelli G., Lanzini M., Sereni M., De Filippis L., 2001. Rischio di crolli da cavità sotterranee nel settore orientale della città di Roma. III Forum Italiano di Scienze della Terra, Geoitalia (5-8 Settembre 2001, Chieti) (Abstract in Abstract Book del Congresso).

Meletti C., Montaldo V., 2007. Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag. Progetto DPC-INGV S1.

Meletti C., Montaldo V., Stucchi M., Martinelli F., 2006. Database della pericolosità sismica MPS04. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Meletti C., Valensise G., 2004. Zonazione sismogenetica ZS9 - App.2 al Rapporto Conclusivo. Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Milli S., D'Ambrogio C., Bellotti P., Calderoni G., Carboni M.G., Celant A., Di Bella L., Di Rita F., Frezza V., Magri D., Pichezzi R.M., Ricci V., 2013. The transition from wave-dominated estuary to wave-dominated delta: The Late Quaternary stratigraphic architecture of Tiber River deltaic succession (Italy). Sedimentary Geology 284: 159-180.

Mostardini F., Merlini S., 1986. Appennino centro-meridionale. Sezioni geologiche e proposta di un modello strutturale. Memorie della Società Geologica Italiana 35: 177-202.

Nappi G., Mattioli M., 2003. Evolution of the Sabatinian Volcanic District (Central Italy) as inferred by stratigraphic successions of its northern sector and geochronological data. Periodico di Mineralogia 72: 79-102.

Nisio S., 2008. I fenomeni naturali di sink-hole nelle aree di pianura italiane. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia 85: 83-99.

Nisio S., 2008. I sinkholes del Lazio. Memorie della Società Astronomica Italiana 85: 33-148.

Nisio S., 2010. Fenomeni di sprofondamento in alcuni centri urbani. Atti 2° Workshop internazionale: "I sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato". Roma, 3-4 dicembre 2009, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale: 845-864.

Nisio S., Allevi M., Citoli G., Ferri G., Fiore R., Lanzini M., Roma M., Paolucci R., Stranieri I., Succhiarelli C., 2017. Carta delle cavità sotterranee di Roma. ISPRA.

Ogniben L., 1973. Carta del modello strutturale d'Italia. Fogli Sud n. 1-2, scala 1:1000000, Roma.

Orellana F., Delgado Blasco J.M., Fomelis M., D'Aranno P.J.V., Marsella M.A., Di Mascio P., 2020. DInSAR for road infrastructure monitoring: Case study highway network of Rome metropolitan (Italy). Remote Sensing 12: 3697.

Pánek T., 2020. Landslides and Related Sediments. Earth Systems and Environmental Sciences: 1-22.

Parotto M., 2008. Evoluzione paleogeografica dell'area romana: una breve sintesi.

Parotto M., Praturlon A., 1975. Geological summary of Central Apennines. In: Ogniben L., Parotto M., Praturlon A. (eds), Structural Model of Italy. Quaderni della Ricerca Scientifica 90: 257-306.

Pasquarè G., Abbate E., Castiglioni G.B., Merenda M., Mutti E., Ortolani F., Parotto M., Pignone R., Polino R., Sassi F.P., 1992. Carta geologica d'Italia 1:50000, Guida al Rilevamento. Quaderni serie III 1: 203.

Patacca E., Sartori R., Scandone P., 1990. Tyrrhenian basin and Apenninic arcs: kinematic relation since Late Tortonian times. Memorie della Società Geologica Italiana 45: 425-451.

Patacca E., Scandone P., 1989. Post-Tortonian mountain building in the Apennines, the role of the passive sinking of a relic lithospheric slab. In: The Lithosphere in Italy - Advances in Earth Science Research. Atti dei convegni Lincei 80: 157-176.

Patacca E., Scandone P., 2007. Geology of the Southern Apennines. Bollettino della Società Geologica Italiana vol. spec. 7: 75-119.

Patacca E., Scandone P., Bellatalla M., Perilli N., Santini U., 1992. La zona di giunzione tra l'arco appenninico settentrionale e l'arco appenninico meridionale nell'Abruzzo e nel Molise. Studi Geologici Camerti vol. spec. 1991/2: 417-441.

Peccerillo A., 2005. Plio-Quaternary volcanism in Italy. Petrology, geochemistry, geodynamics. Springer: 365.

Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della protezione civile, 2021. Classificazione sismica al 30 aprile 2021. <https://rischi.protezionecivile.gov.it/it/sismico/attivita/classificazione-sismica>.

Provincia di Roma, 2013. Carta della suscettibilità ai fenomeni franosi.

Rauch A.F., 1998. Evaluating Cyclic Liquefaction Potential Using Cone Penetration Test. Canadian Geotechnical Journal 35: 442-459.

Ricci Lucchi F., 1980. Sedimentologia. Cooperativa Libreria Universitaria Editrice, Bologna.

Riga G., 2007. La liquefazione dei terreni. Analisi, valutazione, calcolo. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Roberts G.P., Michetti A.M., Cowie P., Morewood N.C., Papanikolaou I., 2002. Fault slip-rate variations during crustal-scale strain localisation, central Italy. Geophysical Research letters 9(1-4): 29.

Robertson P.K., 1990. Soil classification using CPT. Canadian Geotechnical Journal 27(1): 151-158.

Robertson P.K., Wride C.E., 1998. Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test. *Canadian Geotechnical Journal* 35: 442-459.

Roma Capitale, 2003. Piano Regolatore Generale di Roma - Ridisegno definitivo 2016.

Rosa C., 1995. Evoluzione geologica quaternaria delle aree vulcaniche laziali: confronto tra il settore dei Mont Sabatini e quello dei Colli Albani. Tesi di dottorato, Università degli Studi Roma "La Sapienza" 228.

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., Antonucci A., 2022. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Rowland S.K., Walker G.P.L., 1987. Toothpaste lava: characteristics and origin of a lava structural type transitional between pahoehoe and aa. *Bulletin of Volcanology* 49: 631-641.

Santoro V.M., Federici V., 1999. Studi e indagini di un sistema di cavità sul Colle Aventino (Roma). In: Atti del Convegno "Le cavità sotterranee nell'area urbana di Roma e nella Provincia. Problemi di pericolosità e gestione", Provincia di Roma. Società Italiana di Geologia Ambientale: 39-72.

Santoro V.M., Federici V., 2002. Studio del sistema di cavità nella zona di Via S. Giosafat, sul colle Aventino a Roma: valutazione del rischio potenziale scelta degli interventi di consolidamento per il ripristino della viabilità. Atti del XXI Convegno Nazionale di Geotecnica, AGI, L'Aquila: 595-602.

Scherillo A., 1943. Studi petrografici sulla regione sabazia. *Periodico di mineralogia* 14: 1-11.

Sciotti M., 1982. Engineering Geological Problems due to old Underground Quarries in the Urban Area of Rome. Proc. IV Congr. IAEG, New Delhi I: 211-225.

Scrocca D., Sciamanna S., Di Luzio E., Tozzi M., Nicolai C., Gambini R., 2007. Structural Setting along the CROP-04 Deep Seismic Profile (Southern Apennines - Italy). *Bollettino della Società Geologica Italiana* vol. spec. 7: 283-296.

Scrocca D., Tozzi M., 1999. Tettogenesi Mio-Pliocenica dell'Appennino Molisano. *Bollettino della Società Geologica Italiana* 118: 255-286.

Seed H.B., Idriss I.M., 1982. Ground motions and soil liquefaction during earthquakes. Earthquake Engineering Research Institute, Oakland.

Servizio Geologico d'Italia, 1967. Carta geologica d'Italia, in scala 1:100000. Foglio 150, Roma. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.

Skempton A.W., 1986. Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, aging and overconsolidation. *Géotechnique* 36: 425-447.

Sottili G., Palladino D.M., Marra F., Jicha B., Karner D.B., Renne P., 2010. Geochronology of the most recent activity in the Sabatini volcanic district, Roman Province, (Central Italy). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 196: 20-30.

Stramondo S., Bozzano F., Marra F., Wegmuller U., Cinti F.R., Moro M., Saroli M., 2008. Subsidence induced by urbanization in the city of Rome detected by advanced InSAR technique and geotechnical investigations. *Remote Sensing of Environment* 112: 3160-3172.

Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., Akinci A., Faccioli E., Gasperini P., Malagnini L., Valensise G., 2004. Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale MPS04 [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., Crowley H., Calvi G.M., Boschi E., 2011. Seismic Hazard Assessment (2003-2009) for the Italian Building Code. Bulletin of the Seismological Society of America 101(4): 1885-1911.

Succhiarelli C., 2003. Lineamenti geomorfologici del territorio romano interessato dal Piano Stralcio 5 del Bacino del Tevere. Rivista Tevere 23-24: 27-34.

Succhiarelli C., Di Stefano V., 2004. Rilevamento di sinkholes di origine antropica e interventi urbanistici nel territorio di Monte delle piche (Roma sud-ovest). In: Atti Conv. "Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio", Roma 20-21 maggio 2004. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale: 677-696.

Succhiarelli C., D'Ottavio D., 2008. Relazione geologica generale - G9.A - Comune di Roma.

Succhiarelli C., Sciacca P., Fucci F., Marabotto F., 2010. Individuazione di un'area a rischio sinkholes interessata da un programma integrato di intervento urbanistico (pr.int. "prima porta", Roma). In: Atti 2° Workshop internazionale: "I sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato". Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale: 881-902.

Tanzini M., 2001. Fenomeni franosi e opere di stabilizzazione. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Terzaghi K., 1950. Mechanism of Landslides. Geological Society of America Bulletin (Berkeley): 83-123.

Vallario A., 1992. Frane e territorio. Le frane nella morfogenesi dei versanti e nell'uso del territorio. Liguori Editore, Napoli.

Varnes D.J., 1978. Slope movement types and processes. Special Report 176, National Academy of Sciences, Washington.

Ventriglia U., 1971. Carta acquiferi principali della Città di Roma, scala 1 a 20000.

Ventriglia U., 1971. Carta geologia della Città di Roma, scala 1 a 20000.

Ventriglia U., 1971. Carta spessore del riporto della Città di Roma, scala 1 a 20000.

Ventriglia U., 1971. Carta spessore formazioni affioranti della Città di Roma, scala 1 a 20000.

Ventriglia U., 1971. Carta ubicazione dei sondaggi e delle sezioni stratigrafiche della Città di Roma, scala 1 a 20000.

Ventriglia U., 1988. Idrogeologia della Provincia di Roma - Vol. I "Regione tolfetana", a cura dell'Amministrazione Provinciale di Roma - Assessorato LL.PP., Viabilità e Trasporti: 381.

Ventriglia U., 1990. Idrogeologia della Provincia di Roma. Provincia di Roma, Ass. LL.PP. Viab. e Trasp., Roma.

Ventriglia U., 2002. Geologia del territorio del Comune di Roma. Amministrazione Provinciale di Roma, Roma.

Walker G.P.L., 1971. Compound and simple lava flows and flood basalts. Bulletin of Volcanology 35: 579-590.



**PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA  
NPP – 0258: GRONDA MERCI DI ROMA - CHIUSURA ANELLO  
NORD  
TRATTA: VIGNA CLARA - TOR DI QUINTO**

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E  
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR4E	12	R69RG	GE 00 01 001	B	138 di 138

Walker G.P.L., 1991. Structure and origin by injection of lava under surface crust, of tumuli “lava rises”, “lava-rise pits”, and “lava-inflation clefts” in Hawaii. *Bulletin of Volcanology* 53: 546-558.

Washington H.S., 1906. The Roman comagmatic region, publ. no 57. Carnegie Institute, Washington DC.

Zanchi A., Tozzi M., 1987. Evoluzione paleogeografica e strutturale recente del bacino del Fiume Albegna (Toscana meridionale). *Geologica Romana* 26: 305-325.