

FIUMICINO
WATERFRONT

SOGGETTO ESECUTORE E FINANZIATORE



INTERVENTO N. 146



CITTÀ DI
FIUMICINO

SOGGETTO PROPONENTE ED ATTUATORE



RINA CONSULTING S.P.A.

Via Antonio Cecchi 6, 16129 Genova

tel +39 010 31961

www.rina.org

Registro imprese di Genova: 03476550102

Partita IVA: 03476550102



Atelier(s) Alfonso Femia s.r.l.

Via Interiano 3/11, 16124 Genoa

tel. +39 010.540095 fax 010.5702094

Via Cadolini 32/38, 20137 Milan

tel. +39 02.54019701 fax 010.54115512

55 rue des petites écuries, 75010 Paris

tel +331.42462894

genova@atelierfemia.com - www.atelierfemia.com

Registro imprese di Genova: 01601780990

Partita IVA: 01601780990



RESPONSABILE COORDINAMENTO
DELLE DISCIPLINE SPECIALISTICHE

Ing. **ALESSANDRO ODASSO**

Direttore Tecnico - Rina Consulting S.p.A.

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Arch. Alfonso FEMIA - Architettura e Landscape

Ing. Marco COMPAGNINO - Studio di impatto ambientale

Dott. Sandro LORENZATTI - Archeologia

Ing. Michele DI LAZZARO - Studio Idraulico e idrologico

Arch. Riccardo COCCIA - Prevenzione incendi

Ing. Alessandro VITA - Studio Geotecnico

Dott. Geol. Roberto SALUCCI - Geologia

Ing. Federico BARABINO - Sicurezza

Dott. Geol. Paolo RAVASCHIO - Rilievi e indagini

Ing. Flavio MARANGON - Studio trasportistico

Ing. Bruno RAMPINELLI ROTA - Compatibilità vincoli aeronautici

COORDINAMENTO DELLA PROGETTAZIONE

Ing. Marino BALZARINI - Project Management Consultancy

Ing. Valentina BALATA - Project Engineer

Ing. Alessandro PIAZZA - Coordinamento Opere Civili

Ing. Damiano SCARCELLA - Coordinamento Opere Marittime

Arch. Sara GOTTARDO - Coordinamento Architettura e Landscape

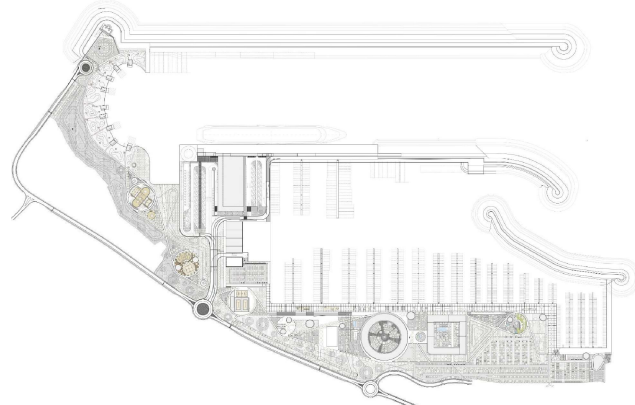
UNITÀ DI PROGETTO

Ing. Massimo GUIDI - Dirigente Comune di Fiumicino

PORTO TURISTICO-CROCIERISTICO DI FIUMICINO ISOLA SACRA

CUP:F1122000320007

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA



INQUADRAMENTO GENERALE

GEOLOGIA E IDROLOGIA-GEOTECNICA-SISMICA

RELAZIONE SUL DI COMPATIBILITA' AI SENSI DELLA DGR 2649/1999

COMMESSA	SERVIZIO LOTTO	OPERA	DISCIPLINA	TIPO	PROG.	REV.	SCALA
P0031150	D0	MP00	GI	REL	10	00	

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA
00	Emissione per integrazioni	R. SALUCCI	M.BALZARINI	A.ODASSO	06/2024
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

NOME FILE: P0031150-D-0-MP00-GI-REL-10_00

PORTO TURISTICO-CROCIERISTICO DI FIUMICINO ISOLA SACRA

RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA

P0031150-D-0-MP00-GI-REL-03_00

INDICE

	Pagina
INDICE DELLE TABELLE	3
INDICE DELLE FIGURE	3
1 PREMESSA	5
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	8
3 INDAGINI ESEGUITE	10
3.1. CAMPAGNA INDAGINE 2003	10
3.2. CAMPAGNA INDAGINE 2009	12
3.3. CAMPAGNA INDAGINE 2014	14
3.4. CAMPAGNA INDAGINE 2022	16
3.5. CAMPAGNA INDAGINE 2023	19
3.6. RIEPILOGO CAMPAGNE DI INDAGINE	21
4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO	23
4.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO LOCALE	32
4.2. SEQUENZE STRATIGRAFICHE DELL'AREA DELTIZIA TIBERINA	39
4.3. MORFOLOGIA E STRATIGRAFIA OLOCENICA DELLA PIANA DELTIZIA	42
4.4. LE AREE LAGUNARI	47
4.5. I CORDONI LITORALI	48
5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	52
5.1. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO LOCALE	53
5.2. CUNEO SALINO	55
6 PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO	62
7 LA PRESENZA DI GAS NEL SOTTOSUOLO	65
8 SUBSIDENZA	67
9 SISMICITA'	69
9.1. SISMICITA' DELL'AREA ROMANA	69
9.2. NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA	71
9.3. CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI IN BASE ALLA VS	74
9.4. COEFFICIENTE TOPOGRAFICO	79
9.5. MICROZONAZIONE SISMICA DI I LIVELLO	80
BIBLIOGRAFIA	82
APPENDICE A: CARTA GEOLOGICA, CARTA GEOMORFOLOGICA, CARTA IDROGEOLOGICA, CARTA DELLE ACCLIVITA', SEZIONI GEOLOGICHE (A-A'/B-B'/C-C'/D-D'/E-E'), CARTA UBICAZIONE INDAGINI	

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 3.1:	Dettaglio indagini campagna 2003	11
Tabella 3.2:	Dettaglio indagini campagna 2009	13
Tabella 3.3:	Dettaglio indagini campagna 2014	16
Tabella 3.4:	Dettaglio indagini campagna 2022	18
Tabella 3.5:	Dettaglio indagini campagna 2023	20

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.1:	Ubicazione area su sezioni CTR Lazio 386030 e 386070	6
Figura 1.2:	Ubicazione su carta IGM " Fiumicino"	6
Figura 1.3:	Ubicazione area su ortofoto (Google Earth)	7
Figura 3.1:	Planimetria delle indagini geognostiche realizzate nella campagna del 2003	11
Figura 3.2:	Planimetria dei sondaggi a terra e a mare realizzati nella campagna del 2009	13
Figura 3.3:	Planimetria delle indagini geognostiche realizzate nella campagna del 2014	15
Figura 3.4:	Planimetria delle indagini geognostiche a terra e a mare della campagna del 2022	18
Figura 3.5:	Planimetria delle indagini geofisiche a terra della campagna del 2023	21
Figura 4.1:	Elaborazione DTM delle quote dell'area	23
Figura 4.2:	Stralcio carta geologica d'Italia Foglio Fiumicino Scala 1:50.000 (prog. CARG – ISPRA)	25
Figura 4.3:	Schema di evoluzione tettonica e paleogeografia nell'intervallo Pliocene (Bellotti et alii 1995)	27
Figura 4.4:	Formazione di terrazzi marini (130000 anni fa) (Bellotti et alii).	29
Figura 4.5:	Paleovalle del fiume Tevere (Bellotti et alii).	30
Figura 4.6:	Stralcio carta geologica da Idrogeologia della provincia di Roma (Ventriglia 1990).	31
Figura 4.7:	Lineamenti morfologici e sedimentologici del delta Tiberino . L'area nord orientale non punteggiata corrisponde a quella occupata un tempo dalle facies lagunari .Quella puntinata evidenziale progradazione in mare della spiaggia attraverso la giustapposizione ripetuta di cordoni litorali nel corso degli ultimi 2500 anni (Da Bellotti et Alii 1994, ridisegnato)	33
Figura 4.8:	Panoramica tratto di costa che si raccorda al promontorio del faro	34
Figura 4.9:	Panoramica delle barriere antierosione	34
Figura 4.10:	Laghetto dunare presente nel tratto di costa di progetto	35
Figura 4.11:	Accumuli di blocchi sulla spiaggia	36
Figura 4.12:	Stratigrafia della sequenza deposizionale tiberina. (Da Bellotti et alii 1994 ridisegnato).	37
Figura 4.13:	Blocchi costituenti le barriere di protezione antierosione	38
Figura 4.14:	Depositi sabbiosi di spiaggia emersa	39
Figura 4.15:	Schema stratigrafico (Milli et alii)	41
Figura 4.16:	Schema stratigrafico del delta Tiberino (Milli 1997)	42
Figura 4.17:	Schemi paleogeografici di evoluzione del Tevere (Milli et alii 2016).	46
Figura 4.18:	Sezioni litostratigrafiche del delta del Tevere (Bellotti 1995)	47
Figura 4.19:	Cartografia storica del Delta Tiberino	48
Figura 4.20:	Cordoni dunari del Delta del Tevere (Giraudi 2004)	50

Figura 5.1:	Schema idrogeologico dell'area Romana (Capelli et alii 1998).	52
Figura 5.2:	Stralcio carta delle unità idrogeologiche (Capelli e Mazza 2005) In arancio l'Unità Idrogeologica del Delta del Tevere, in verde l'Unità Idrogeologica di Ponte Galeria, in viola l'Unità Idrogeologica dei Colli Albani, in rosa l'Unità Idrogeologica dei Monti Sabatini, in azzurro l'Unità Idrogeologica dei depositi alluvionali recenti e attuali	54
Figura 5.3:	Stralcio carta idrogeologica della regione Lazio (Capelli et alii 2012) 1: Complesso dei depositi alluvionali recenti (potenzialità acquifera da bassa a medio-alta); 5: Complesso delle sabbie dunari (potenzialità acquifera medio-alta).	54
Figura 5.4:	Foto Satellitare (Google Earth©) con indicazione dei canali della acque superficiali e della direzione principale di deflusso della falda freatica.	55
Figura 5.5:	Profilo schematico del cuneo salino e della batimetria lungo l'asse della fiumara grande da Capo Due Rami alla foce (Capelli, Mazza , Papiccio 2007).	56
Figura 5.6:	Condizioni di equilibrio idrostatico tra una falda di acqua dolce freatica e l'acqua di mare intrusa nel continente: relazione di Ghyben-Herzberg.	57
Figura 5.7:	Interventi per mitigare l'intrusione salina (da "Improving fresh groundwater supply – Problems and solutions" – Gualbert H.P. Oude Essink, 2001 - DOI: 10.1016/S0964-5691(01)00057-6)	58
Figura 5.8:	Arretramento del cuneo salino a seguito dello spostamento della linea di costa attraverso opere di rinterro (da "Management of Seawater Intrusione in Coastal Aquifer : A Review" – Mohammed S.Hussain et ali., Water 2019, 11(12), 2467; https://doi.org/10.3390/w11122467)	59
Figura 5.9:	Planimetria dragaggi – reinterri di progetto	60
Figura 6.1:	Stralcio carta del rischio esondativo del PAI Appennino centrale (Ex PAI Tevere) – 2022	62
Figura 6.2:	Stralcio carta della pericolosità di per eventi alluvionali del PAI Appennino centrale (Ex PAI Tevere)– 2021	63
Figura 6.3:	Stralcio carta geomorfologica del territorio di Roma Capitale (Ente Roma città metropolitana).	64
Figura 7.1:	Mappa di pericolosità e rischio dell'emissione di gas (Maffucci, Ciotoli et alii, 2022)	66
Figura 8.1:	Velocità medie di subsidenza - in rosso i cedimenti maggiori, in verde le zone stabili, in blu le eventuali zone di sollevamento (SGI 2011).	68
Figura 9.1:	Distribuzione delle intensità risentite al sito (Is) dei terremoti verificatisi nel comune di Fiumicino dal 1000 al 2002 (Banca dati INGV).	70
Figura 9.2:	Catalogo sismico di sito riferito al comune di Fiumicino. Dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2011. (I0=intensità epicentrale; Mw=magnitudo; Is=intensità risentita al sito). (Banca dati INGV).	70
Figura 9.3:	Nuova Classificazione Sismica della Regione Lazio proposta dal "GdL-Regione Lazio"	71
Figura 9.4:	Classificazione sismica del Comune di Fiumicino (DGRL 387/2009).	72
Figura 9.5:	Nuova Classificazione Sismica della Regione Lazio secondo il DGR n. 387/2009 e n.	73
Figura 9.6:	Valori di pericolosità sismica (OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b) espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Vs30>800 m/s; cat. A, punto A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005 (Banca dati INGV).	74
Figura 9.7:	Risultati prova Down hole St1-14 (campagna 2014)	77
Figura 9.8:	Risultati prova Masw 1 (campagna 2023)	78
Figura 9.9:	Risultati prova Masw 2 (campagna 2023)	79
Figura 9.10:	Stralcio carta delle MOPS – Studio Geomagellan	82

1 PREMESSA

Il presente elaborato è stato integrato per rispondere alle richieste di integrazioni della Commissione Tecnica PNRR-PNIEC (Prot. MASE-2024-0011678 del 09/02/2024), della Soprintendenza Speciale per il PNRR del MIC (Prot. MASE-2024-0023735 del 08/02/2024) e alla richiesta di integrazioni/osservazioni VIAN 007/2024 della Regione Lazio - "Direzione Regionale ambiente, cambiamenti climatici, transizione energetica e sostenibilità, parchi" (Prot. MASE-2024-0056308 del 25/03/2024), nell'ambito della Procedura di VIA (PNIEC-PNRR) ai sensi dell'art.23 del D.Lgs.n.152/2006, avviata con Istanza del 6 Ottobre 2023, per il "Progetto per la realizzazione del Porto turistico-crociéristico di Fiumicino - Isola Sacra"

La Commissione Tecnica PNRR-PNIEC, in particolare, ha richiesto quanto segue: "Atteso che nell'area del delta del Fiume Tevere sono note criticità connesse all'ingressione del cuneo salino, si richiede di valutare se ed in che misura gli interventi proposti potrebbero determinare una aggravia di tale situazione."

Pertanto, il presente documento costituisce la "Relazione Geologica e Idrogeologica" nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale per il progetto riferito all'intervento di costruzione del progetto consistente nella realizzazione di un porto con funzione di approdo crocieristico e diportistico.

La presente relazione geologica viene redatta nell'ambito della progettazione del nuovo Porto Turistico Crocieristico di Fiumicino località Isola Sacra per definire il modello geologico di riferimento, così come previsto nelle Norme Tecniche delle Costruzioni.

L'area in oggetto risulta ubicata nel settore più meridionale del centro abitato di Fiumicino, in un'area situata nel settore marino posto a Nord della foce di Fiumara Grande del Tevere; tale zona ricade nel settore sud-orientale del Foglio n.386 "Fiumicino" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 ed è inoltre compresa nelle C.T.R. del Lazio, sezione n°386030 e n°386070 in scala 1:10.000 (Figura 1.1) e nelle tavolette I.G.M. in scala 1:25.000 "Fiumicino"(1895) e "Foce del Tevere"(1872) (Figura 1.2). In Figura 1.3 si riporta inoltre un'ortofoto dell'area in esame.

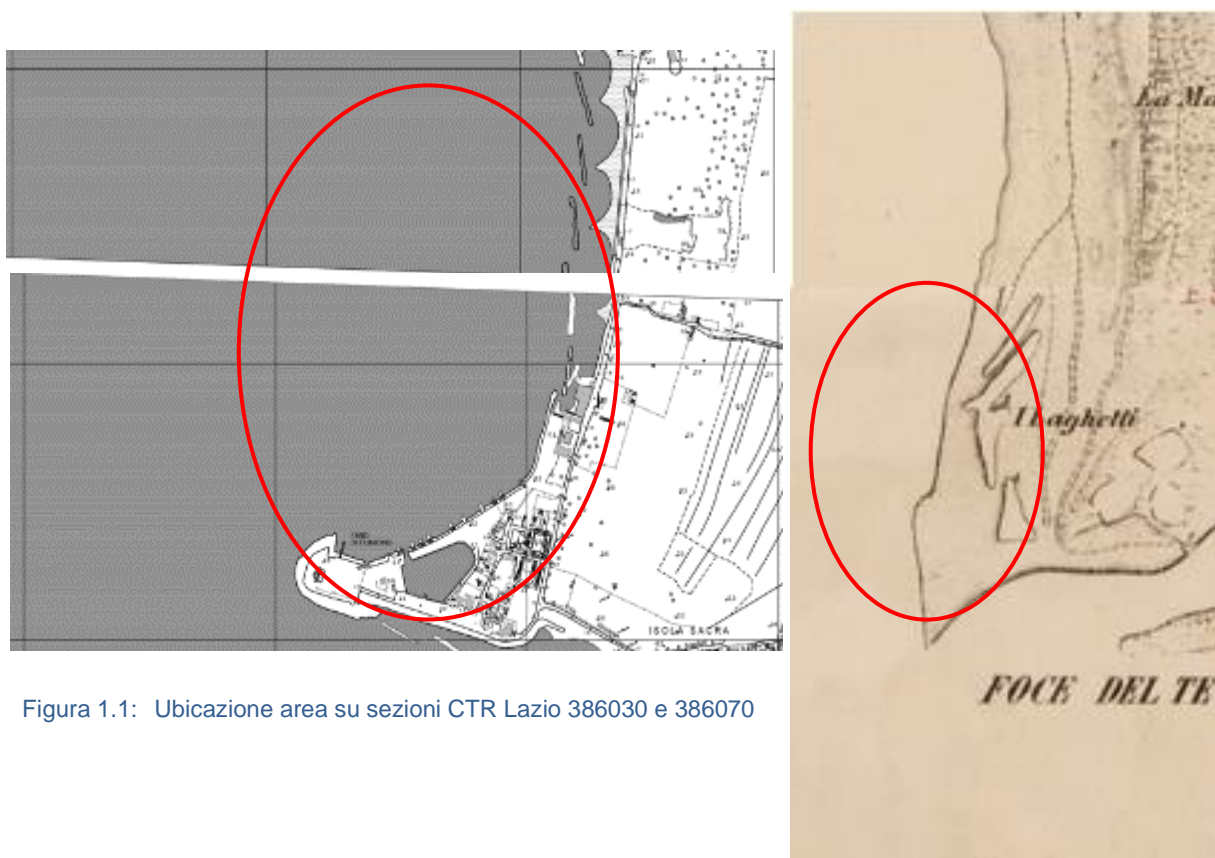


Figura 1.1: Ubicazione area su sezioni CTR Lazio 386030 e 386070

Figura 1.2: Ubicazione su carta IGM " Fiumicino"

COORDINATE GEOGRAFICHE (datum WGS84)		
Latitudine	Longitudine	Quota (slm)
41°44'49" N	12°13'29" E	0-2 m



Figura 1.3: Ubicazione area su ortofoto (Google Earth)

Lo studio si è basato su:

- una approfondita ricerca dei dati bibliografici esistenti sulla tratta;
- acquisizione di indagini geognostiche e geofisiche pregresse eseguite sulle aree di progetto;
- esecuzione di una campagna di indagini geofisiche integrative (Geocolnar 2023 – elaborato P0031150DOMP00GIREP0100)
- acquisizione delle cartografie tematiche disponibili presso autorità di bacino (PAI), comuni (Studi urbanistici comunali e Studi di Microzonazione sismica), Ispra (cartografia geologica tecnica e archivio fenomeni franosi);
- esecuzione di un sopralluogo e di rilievi geologici sull'area di progetto;
- L'elaborazione di tutti i dati acquisiti in questa sede ha consentito di emettere i seguenti elaborati tematici allegati alla presente relazione
 - Relazione Geologica
 - Planimetria ubicazione indagini
 - Carta Geologica
 - Carta geomorfologica
 - Carta idrogeologica
 - Carta delle acclività
 - Sezioni stratigrafiche A-a', B-B', C-C', D-D', E-E'
 - Valutazione di risposta sismica locale relativa a tre differenti assetti stratigrafici di cui si riportano i risultati in uno specifico elaborato (P0031150DOMP00GIREP0200).

Per quanto riguarda le valutazioni sulla suscettibilità alla liquefacibilità dei suoli si rimanda ad uno specifico elaborato (P0031150DOMP00GIREL0500)

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. LL.PP. 11.3.88. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le sostegni delle terre e delle opere di fondazione. G.U. Repubblica Italiana n.127.
- Circ. LL.PP. 24.09.1988 n.30483 Istruzione applicativa - Norme Tecniche per terreni e fondazioni.
- Eurocodice 7.3 (2002) Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito – UNI.
- O.P.C.M. n.3274 del 2003 Il recente riordino della normativa antisismica in Italia inizia con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 2003 che fornisce i primi elementi in materia di classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. E' in questa ordinanza che viene introdotta la classificazione dei terreni in base al parametro Vs30.
- OPCM n.3316 del 02.10.2003 recante modifiche e integrazioni dell'OPCM n. 3274
- OPCM n.3431 del 03.05.2005, Norme Tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici.
- NTC 23 settembre 2005. Il 23 settembre 2005 vengono pubblicate in Gazzetta Ufficiale le nuove NTC, che contengono tutta la normativa italiana relativa alla progettazione degli edifici. È previsto che le nuove NTC entrino in vigore il 23 ottobre 2005; per la precisione in tale data inizia un periodo di 18 mesi di applicazione sperimentale durante il quale è possibile far riferimento alla vecchia normativa (legge 1086/1971, legge 64/1974).
- Decreto Legislativo n.152 del 3.03.2006 "Tutela dell'ambiente".
- DM 14 gennaio 2008. Il 4 febbraio 2008 viene pubblicato in Gazzetta Ufficiale il DM 14 gennaio 2008 contenente le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni. Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti fornisce, con la Circolare 617/2009, le istruzioni per l'applicazione delle nuove NTC di cui al DM del 14 gennaio 2008.
- Delibera della Giunta Regionale del Lazio n. 387 del 22 Maggio 2009 che ha per oggetto la Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3519 del 28 Aprile 2006 e della DGR Lazio 766/03.
- NTC 2018 – DM 08/2018 In data 17 gennaio 2018 è stato pubblicato il decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti n. 8/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni" entrato in vigore il 22 marzo 2018 che ha leggermente modificato le categorie di suolo e di cui in data 21 gennaio 2019 sono state pubblicate le istruzioni per l'applicazione.

3 INDAGINI ESEGUITE

Nell'ambito dell'area di progetto sono state eseguite numerose campagne di indagini geognostiche e geofisiche. Di seguito si descrivono sinteticamente le campagne cui si è fatto riferimento nella stesura del presente elaborato.

3.1. CAMPAGNA INDAGINE 2003

La campagna geognostica eseguita nell'anno 2003 dal Dr. Geol. Francesco Flumeri e comprende:

- n.9 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, eseguiti da terra, con esecuzione di prove penetrometriche dinamiche SPT in foro di sondaggio;
- n.3 prove penetrometriche statiche CPTu affiancate ai sondaggi S1,S3 ed S5
- n.2 prove di dissipazione eseguite nella prova CPTU1
- Analisi di laboratorio su campioni indisturbati comprendenti:
- N. 24 prospezioni sismiche a mare, realizzate attraverso la tecnica del sub bottom profiler, su una superficie di circa 1440 x 1000 m, comprendente l'intera area portuale;
- Prelievo di n. 35 campioni superficiali sul fondale marino eseguito con benna sottoposti a prove di classificazione in laboratorio.

In Figura 3.1 si riporta la posizione planimetrica delle verticali di indagine relative a questa campagna.

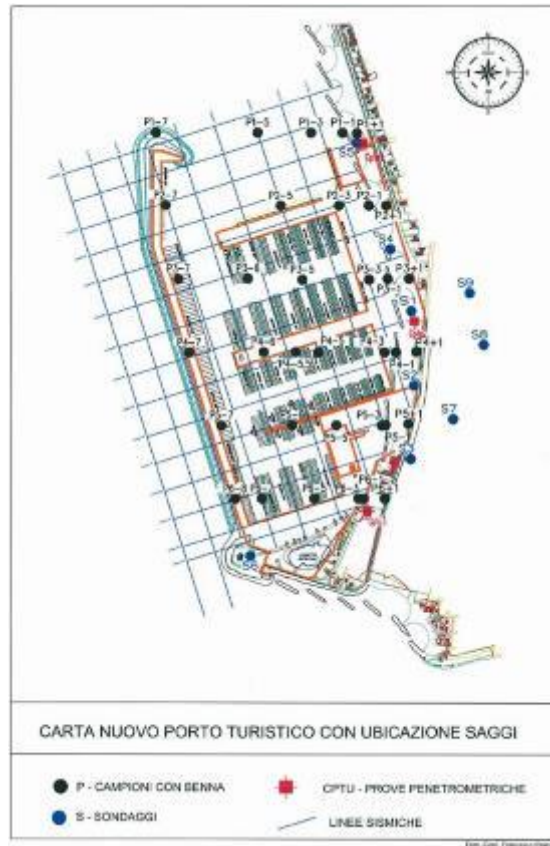


Figura 3.1: Planimetria delle indagini geognostiche realizzate nella campagna del 2003

Tabella 3.1: Dettaglio indagini campagna 2003

Stazione	Prof. Carotaggio continuo (m da l.m.m.)	Campioni indisturbati (m da l.m.m.)	N. Campioni rimaneggiati	CPTu (profondità raggiunta in m da l.m.m.)	Down Hole (profondità raggiunta in m da l.m.m.)	DMT (profondità raggiunta in m da l.m.m.)	N. Prove in Foro
-----------------	---	---	---------------------------------	---	---	--	-------------------------

S1	-19,50	CA (2,50) CB (5,50) CC (8,50) C1 (11,50) CD (12,20) C2 (14,50)	-	-21,10	-	-	n.4 SPT
S2	-20,20	CA (2,50) CB (5,50) C1 (17,50)	-	-	-	-	n.3 SPT
S3	-18,70	CA (3,30) CB (7,80) C1 (17,80)	-	-22,50	-	-	n.3 SPT
S4	-19,80	-	-	-	-	-	n.2 SPT
S5	-15,40	CA (4,20) CB (7,20) C1 (14,70)	-	-46,40	-	-	n.3 SPT
S6	-16,00	CA (4,50) CB (12,00)	-	-	-	-	n.3 SPT
S7	-44,70	CA (3,20) CB (6,20) CC (9,20) C1 (19,70) C2 (31,70)	-	-	-	-	n.3 SPT
S8	-17,00	CA (6,50)	-	-	-	-	n.2 SPT
S9	-18,00	CA (2,50) CB (9,50)	-	-	-	-	n.2 SPT

3.2. CAMPAGNA INDAGINE 2009

La campagna geognostica eseguita nell' anno 2009 dalla società GEOTER Srl comprende:

- n.11 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, eseguiti a mare, con esecuzione di prove penetrometriche dinamiche SPT in foro di sondaggio e misure speditive con penetrometro tascabile;
- n.3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, eseguiti a terra, e misure speditive con penetrometro tascabile;
- Analisi di laboratorio su campioni indisturbati.

In Figura 3.2 si riporta la posizione planimetrica delle verticali di indagine relative alla campagna del 2009.

RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA

P0031150-D-0-MP00-GI-REL-03_00

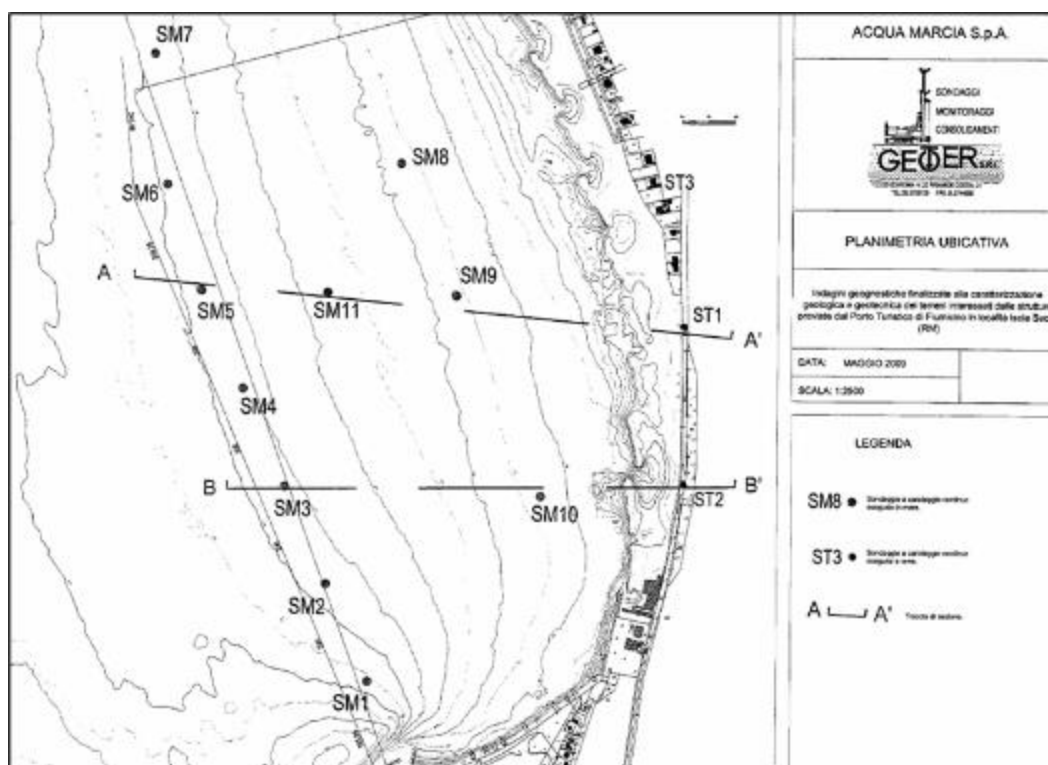


Figura 3.2 Planimetria dei sondaggi a terra e a mare realizzati nella campagna del 2009

Tabella 3.2: Dettaglio indagini campagna 2009

Stazione	Prof. Carotaggio continuo (m da l.m.m.)	Campioni indisturbati (m da l.m.m.)	N. Campioni rimaneggiati	CPTu (profondità raggiunta in m da l.m.m.)	Down Hole (profondità raggiunta in m da l.m.m.)	DMT (profondità raggiunta in m da l.m.m.)	N. Prove in Foro
SM1	-42,80	C1 (15,50-16,00)	-	-	-	-	n.5 SPT
SM2	-41,90	-	-	-	-	-	n.6 SPT
SM3	-40,80	C1 (16,30-16,80)	-	-	-	-	n.5 SPT

SM4	-40,90	C1 (15,80-16,30)	-	-	-	-	n.6 SPT
SM5	-42,40	-	-	-	-	-	n.7 SPT
SM6	-37,70	-	-	-	-	-	n.3 SPT
SM7	-42,60	C1 (15,1-15,60)	-	-	-	-	n.4 SPT
SM8	-40,40	C1 (19,90-20,40)	-	-	-	-	n.5 SPT
SM9	-40,00	C1 (16,50-17,00)	-	-	-	-	n.7 SPT
SM10	-39,20	C1 (18,20-18,70)	-	-	-	-	n.6 SPT
SM11	-41,20	-	-	-	-	-	n.5 SPT
ST1	-46,00	-	-	-	-	-	-
ST2	-18,00	-	-	-	-	-	-
ST3	-18,00	-	-	-	-	-	-

3.3. CAMPAGNA INDAGINE 2014

La campagna geognostica del 2014, sviluppata con l'obiettivo di migliorare ulteriormente la conoscenza delle caratteristiche meccaniche del terreno di sedime dei moli foranei attraverso l'esecuzione di prove in sito, comprende:

- n.2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, eseguiti sul tratto di molo Traiano già realizzato, con esecuzione di prove penetrometriche dinamiche SPT in foro di sondaggio e misure speditive con penetrometro tascabile;
- n.1 prova penetrometrica statica con misura delle sovrappressioni interstiziali in fase di avanzamento (CPTu), realizzata sul tratto di molo Traiano già realizzato;
- n.8 prove penetrometriche statiche con misura delle sovrappressioni interstiziali in fase di avanzamento (CPTu), realizzate a mare da piattaforma stabilizzata;
- n.3 prove dilatometriche con dilatometro piatto tipo "Marchetti";
- n.1 prova down hole realizzata in corrispondenza del sondaggio S1, sul tratto del molo Traiano già realizzato, dopo opportuno condizionamento del foro;
- Analisi di laboratorio su n.4 campioni indisturbati comprendenti:

In Figura 3.3 si riporta la posizione planimetrica delle verticali di indagine relative alla campagna del 2014.

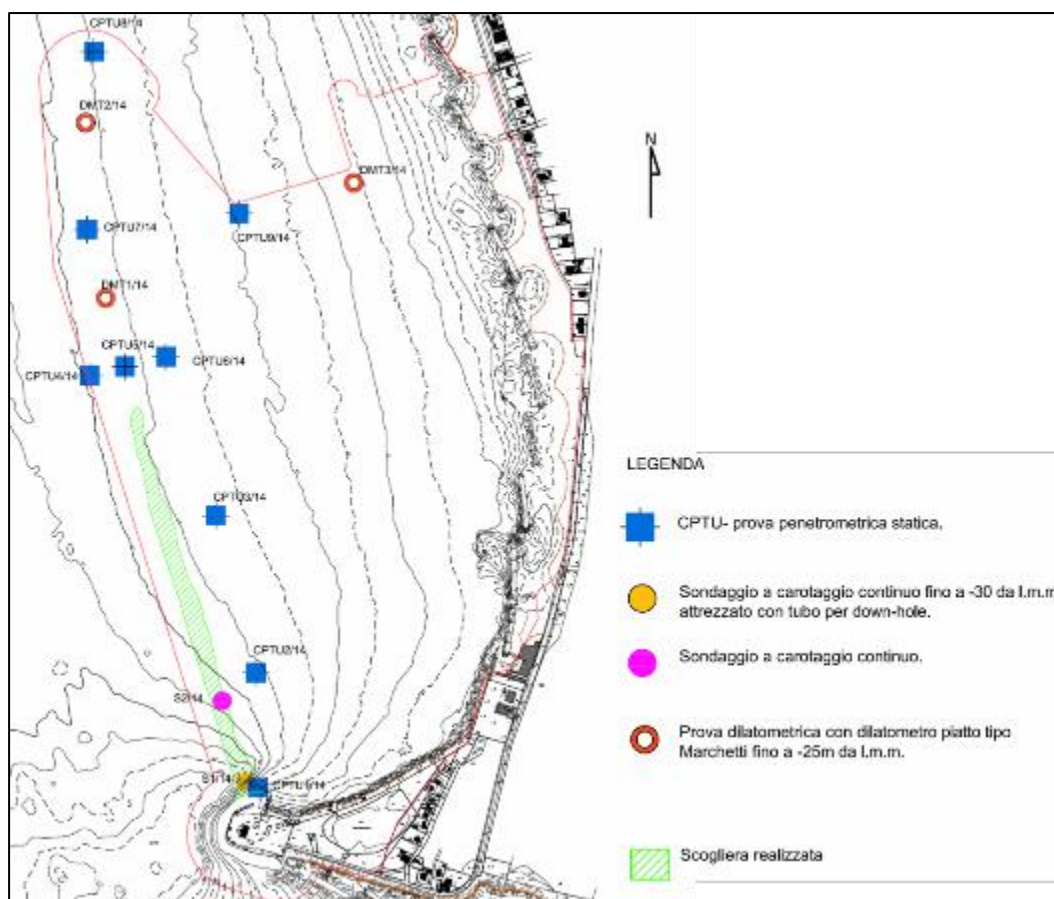


Figura 3.3: Planimetria delle indagini geognostiche realizzate nella campagna del 2014

Tabella 3.3: Dettaglio indagini campagna 2014

Stazione	Prof. Carotaggio continuo (m da l.m.m.)	Campioni indisturbati (m da l.m.m.)	N. Campioni rimaneggiati	CPTu (profondità raggiunta in m da l.m.m.)	Down Hole (profondità raggiunta in m da l.m.m.)	DMT (profondità raggiunta in m da l.m.m.)	N. Prove in Foro
S1	-30,50	Cl1 (15,50-15,90) Cl2 (18,00-18,50) Cl3 (20,50-20,95) Cl4 (25,50-25,95)	-	-26,54	-30,50	-	n.2 SPT
S2	-16,20	-	-	-30,00	-	-	n.2 SPT
CPTU1	-	-	-	-31,18	-	-	-
CPTU2	-	-	-	-30,00	-	-	-
CPTU3	-	-	-	-25,05	-	-	-
CPTU4	-	-	-	-25,00	-	-	-
CPTU5	-	-	-	-26,00	-	-	-
CPTU6	-	-	-	-25,02	-	-	-
CPTU7	-	-	-	-24,12	-	-	-
CPTU8	-	-	-	-25,60	-	-	-
DMT1	-	-	-	-	-	-24,80	-
DMT2	-	-	-	-	-	-25,10	-
DMT3	-	-	-	-	-	-24,90	-

3.4. CAMPAGNA INDAGINE 2022

La campagna geognostica del 2022 è stata condotta durante l'estate e riguarda sia l'onshore area sia le aree a

mare. Per quanto riguarda l'indagine a terra sono stati previsti:

- n.5 sondaggi spinti fino a 30 m di profondità con esecuzione di prove in sito quali SPT, test pressiometrici, installazione di piezometri e prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati da sottoporre a prove di laboratorio;
- n.5 prove penetrometriche CPTu a 30 m sotto il piano campagna con prove di dissipazione associate;
- n.2 piezometri in corrispondenza del sondaggio BHT03;
- n.6 prove di dissipazione (DT);
- n.8 prove pressiometriche (PMP).

Per quanto riguarda l'indagine a mare sono stati previsti:

- n.7 sondaggi eseguite in area 3 e 4 con esecuzione di prove in sito prove quali SPT, test pressiometrici e prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati da sottoporre a prove di laboratorio,
- n.7 CPTu, abbinati ai sondaggi, di lunghezza 5 m dal fondale marino finalizzati principalmente all'esecuzione di prove ambientali e granulometriche eseguite in area 3 e 4,
- n.8 sondaggi eseguiti in area 1 e 2 di lunghezza compresa tra 20 e 30 m dal livello del mare, abbinati alle prove penetrometriche e corredati di prove in sito quali SPT, test pressiometrici e prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati da sottoporre a prove di laboratorio.;
- n.8 prove penetrometriche CPTu eseguite in area 1 e 2, abbinati ai sondaggi, di lunghezza compresa tra 20 e 30 m dal livello del mare con prove di dissipazione,
- n.16 prove di dissipazione (DT);
- n.5 prove pressiometriche (PMP).
- Analisi di laboratorio sui campioni
- n. stendimento sismico a riflessione onshore

In Figura 3.4 si riporta la posizione planimetrica delle verticali di indagine relative alla campagna 2022.



Figura 3.4: Planimetria delle indagini geognostiche a terra e a mare della campagna del 2022

Tabella 3.4: Dettaglio indagini campagna 2022

Sondaggio	Prof. Carotaggio continuo (m da l.m.m.)
BHT01	-25,00
BHT02	-27,50
BHT03	-22,50

Prova CPTu	Prof. prova (m da l.m.m.)
CPTUT09-	-25,00
CPTUT10-	-27,50
CPTUT11-	-22,50

BHT04	-25,00
BHT05	-25,00
BH01	-18,50
BH02	-22,50
BH03	-23,00
BH04	-23,00
BH05	-22,50
BH06	-22,50
BH07	-23,00
BH08	-22,00
BH09	-5,00
BH10	-5,00
BH11	-5,00
BH12	-5,00
BH13	-5,00
BH14	-5,00
BH15	-5,00

CPTUT12-	-25,00
CPTUT13-	-25,00
CPTU01-	-18,50
CPTU02-	-22,00
CPTU03-	-23,00
CPTU04-	-23,00
CPTU05-	-22,50
CPTU06-	-22,00
CPTU07-	-23,00
CPTU08-	-21,50
CPTU09-	-5,00
CPTU10-	-5,00
CPTU11-	-5,00
CPTU12-	-5,00
CPTU13-	-5,00
CPTU14-	-5,00
CPTU15-	-5,00

3.5. CAMPAGNA INDAGINE 2023

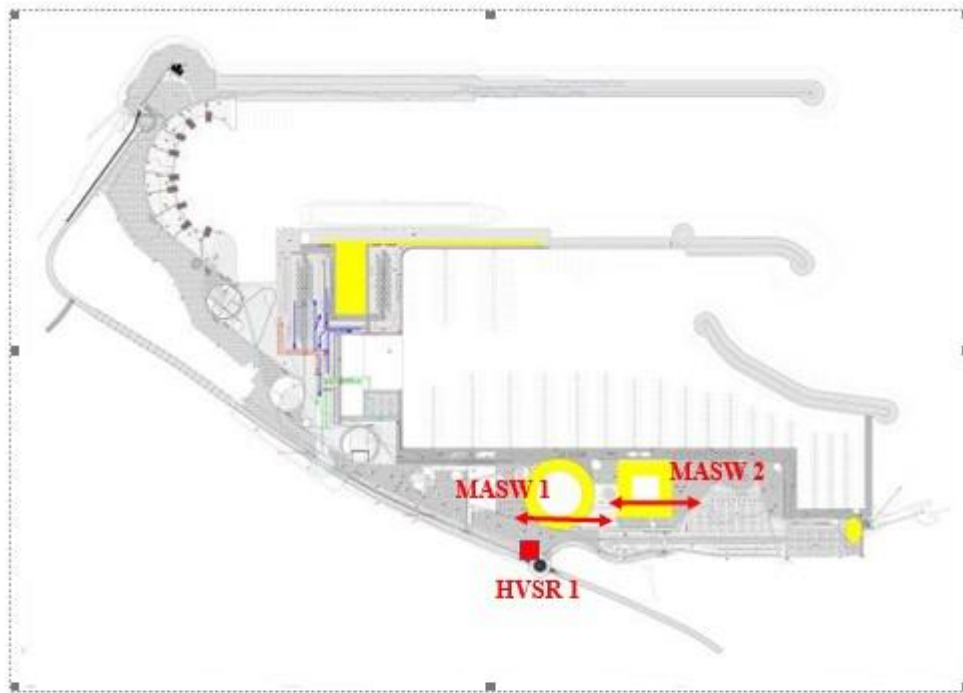
La campagna geognostica del 2023 è stata condotta sulle aree onshore , è stata eseguita dalla ditta GECO LNAR Srl (elaborato P003150D0MP00GIREP0100) ed è stata costituita da:

- N. 2 prospezioni masw
- N. 1 misura HVSR

Tabella 3.5: Dettaglio indagini campagna 2023

PROVA	Numero geofoni (m)	Interdistanza geofoni (m)	Lunghezza stendimento (m)
Masw 1	12	3	33
Masw 2	12	3	33

Nella figura 3.5 è riportata l'ubicazione delle indagini 2023 .



LEGENDA

- Prova HVSr
- ↔ Prospezione Masw

Figura 3.5: Planimetria delle indagini geofisiche a terra della campagna del 2023

3.6. RIEPILOGO CAMPAGNE DI INDAGINE

Complessivamente, considerando tutte le campagne di indagine eseguite nel corso degli anni, il piano delle indagini comprende:

- n°45 sondaggi a carotaggio continuo nell'ambito dei quali sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche spt e sono stati prelevati campioni di terreno indisturbato e rimaneggiato
- n°32 prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTu), finalizzate alla ricostruzione stratigrafica, alla caratterizzazione meccanica dei terreni e ad individuare gli orizzonti stratigrafici più permeabili presenti nel sottosuolo;

- n°3 prove con dilatometro Marchetti (DMT), finalizzate alla determinazione delle caratteristiche meccaniche dei terreni sia di riempimento che naturali;
- n°1 prova Down Hole, per determinare la velocità di propagazione delle onde di taglio e classificare i terreni di fondazione sotto il profilo sismico;
- n.22 prove di dissipazione;
- n.13 prove pressiometriche;
- n. 24 prospezioni sismiche a mare
- n. 1 stendimento di sismica a riflessione onshore
- n. 2 prospezioni sismiche masw
- n. 1 misura hvsr

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO

Le zone a terra prossime all'area marina in esame risultano attualmente caratterizzate da un medio-basso grado di urbanizzazione, con una morfologia naturale sub-pianeggiante con quote medie assolute oscillanti tra poco più 0 m s.l.m. e 3 m s.l.m., come si evince da Figura 4.1, elaborata da DTM con risoluzione 1mx1m.



Figura 4.1: Elaborazione DTM delle quote dell'area

L'insieme delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche che contraddistinguono l'area in esame è principalmente legata all'evoluzione tettonica, climatica e sedimentaria del Delta tiberino; l'assetto geologico dell'area d'indagine è quindi collegato all'evoluzione del margine tirrenico laziale ed alla sua interazione col Fiume Tevere (Figura 4.2).

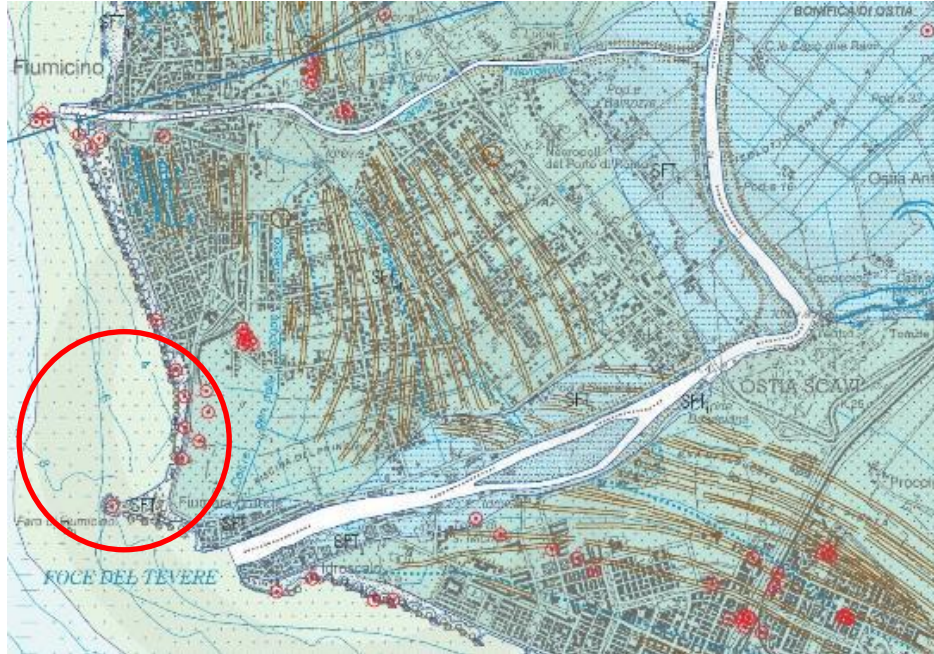




Figura 4.2: Stralcio carta geologica d'Italia Foglio Fiumicino Scala 1:50.000 (prog. CARG – ISPRA)

Nel settore costiero localizzato ad occidente di Roma, sono ubicati degli affioramenti di età principalmente plio-quadernaria che hanno subito una storia geologica complessa, regolata da movimenti tettonici, da un'attività vulcanica e da oscillazioni glacio-eustatiche del livello marino. In corrispondenza della valle tiberina, nei pressi di una piccola incisione nel versante meridionale delle colline pleistoceniche che bordano la piana attuale, affiorano i terreni più antichi della zona. Sono depositi alloctoni, costituiti da arenarie bruno-rossastre torbiditiche (Funciello 1978), di età Cretaceo sup.-Paleocene: è la "Pietraforte", che costituisce il basamento sopra il quale si imposta tutto il ciclo neoautoctono post-orogenico.

L'evoluzione geologica della campagna romana inizia nel Pliocene inferiore-medio con eventi marini, che hanno ampiamente caratterizzato la fase post-orogenica del margine occidentale appenninico. In questo periodo, infatti, ampi settori dell'edificio appenninico già sollevato manifestarono tendenza alla subsidenza e vennero sommersi dalle acque del Tirreno. I sedimenti pliocenici sono costituiti da argille e sabbie con abbondanti microfaune a foraminiferi deposte nei bacini di neoformazione. Sono le "Marne Vaticane" che si sono deposte in un ambiente di piattaforma continentale. Esse presentano un notevole spessore (circa 800m) ed hanno una estensione spaziale a carattere regionale, poggianti, mediante una superficie di unconformity, sulle sottostanti torbiditi di origine alloctona. Nell'area di progetto, questi terreni sono rinvenibili a profondità uguali o maggiori di 50 m dal p.c.

Nel Pliocene superiore si genera la fase erosiva dell'Acquatraversa: le Marne Vaticane, emerse in molte zone, subiscono un'erosione subaerea. Tale evento, e la conseguente superficie di erosione che ne deriva, segna il passaggio dal Pliocene al Pleistocene.

Successivamente, i terreni romani furono soggetti a importanti dislocazioni tettoniche, legate prevalentemente alle fasi distensive interessanti l'area peritirrenica. Tali dislocazioni si manifestarono tramite sistemi di faglie a direzione "appenninica", che ribassarono "a gradinata" i settori verso il Tirreno ed "antiappenninica" (horst e graben); altri sistemi di faglie a direzione nord-sud ribassarono il settore corrispondente all'attuale centro storico romano (Figura 4.3). Le faglie dirette con direzione NO-SE e le faglie trascorrenti con direzione NE-SO e N-S possono agire come percorsi preferenziali dei fluidi per raggiungere la superficie e, in alcuni casi, possono anche causare una moderata sismicità (MI 2-2,5).

L'emersione dell'area romana determinò lo sviluppo di un ambiente fluvio-palustre incentrato sul Paleo-Tevere, caratterizzato dalla deposizione di terreni alluvionali antichi derivanti dallo smantellamento della catena appenninica. L'alveo del Paleo-Tevere era soggetto a migrazioni, con deviazioni dell'asse principale e traslazione della foce dall'area di Ponte Galeria verso Sud.

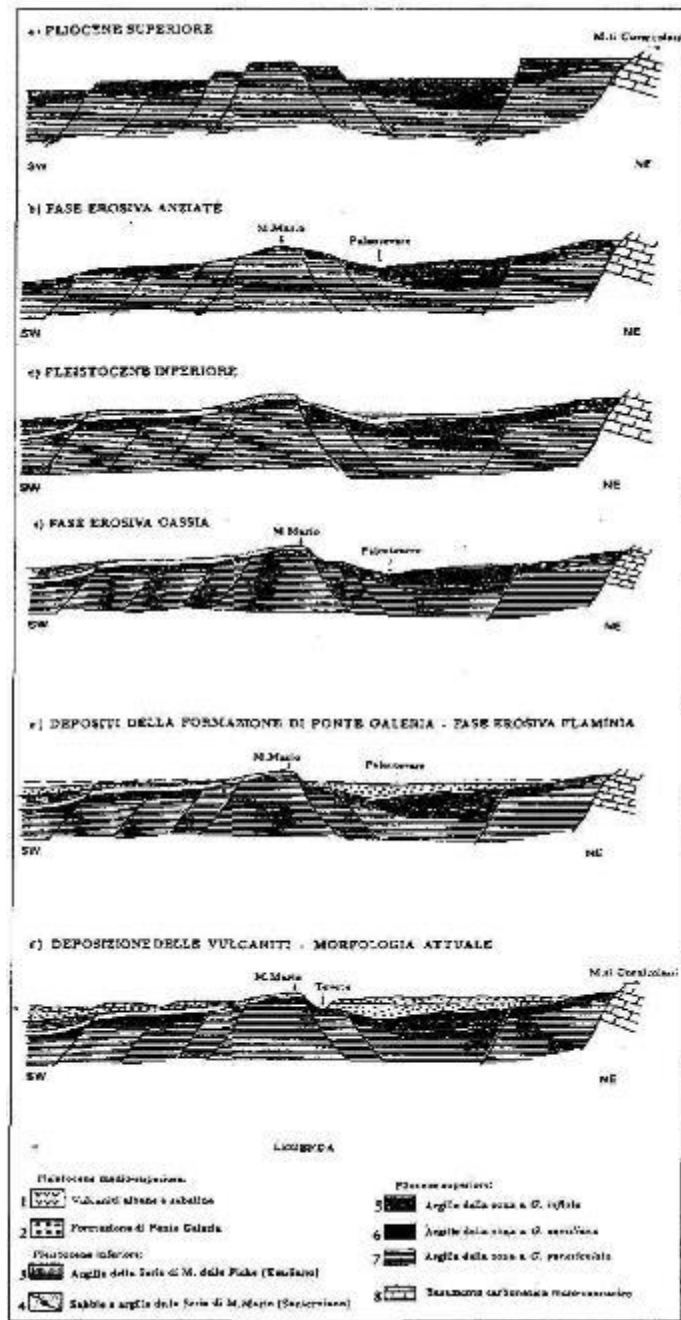


Figura 4.3: Schema di evoluzione tettonica e paleogeografia nell'intervallo Pliocene (Bellotti et alii 1995)

Nel Pleistocene inferiore (Sanerniano-Emiliano) viene a depositarsi la formazione di Monte Mario, suddiviso in tre membri: unità di Monte Mario; unità di Monte Ciocci; di Monte delle Picche.

Durante il Siciliano viene a depositarsi la formazione di Ponte Galeria che rappresenta un ciclo trasgressivo-regressivo completo e poggia mediante una superficie di discontinuità sulle sottostanti argille marine grigio-azzurre plio-pleistoceniche.

La formazione di Ponte Galeria si chiude con un orizzonte di sabbie a stratificazione incrociata di natura eolica ("Sabbie Salmonate" Auct.). Lo spessore massimo è di circa 30 m ed affiora prevalentemente in facies sabbioso-conglomeratica costiera e fluviale, e subordinatamente, in quella pelitica.

A partire da 700 mila anni fa ebbe inizio l'attività degli apparati vulcanici Vulsinio, Cimino - Vicano, Tolfetano - Cerite - Manziate, Sabatino e del Vulcano Laziale; in particolare l'area romana urbana e costiera risenti marginalmente del Distretto Vulcanico dei Sabatini (a nord-ovest) e soprattutto del Distretto Vulcanico dei Colli Albani (a sud-est). Il carattere dei distretti risultò essere prevalentemente esplosivo e l'enorme quantità di prodotti messi in posto modificò radicalmente la morfologia e l'idrografia dell'area. Tra 660 e 30 mila anni fa si ebbero le principali colate piroclastiche che si alternarono a cicli deposizionali continentali (fluviali e palustri), creando quindi dei rapporti stratigrafici assai complessi tra le unità vulcaniche e sedimentarie. In particolare la formazione di San Cosimato - caratterizzata da facies fluviali terrazzate poggianti sulla formazione di Ponte Galeria - risulta posta cronologicamente all'interno delle due formazioni vulcaniche dei "Tufo stratificati varicolori di Sacrofano", deposti al seguito della fase erosiva Flaminia, e del "Tufo litoide rosso a scorie nere".

L'arrivo delle coltri vulcaniche modificò completamente il percorso principale del "Paleo-Tevere" che venne confinato in un corso molto prossimo all'attuale. Il contesto geologico dell'area di Fiumicino è fortemente legato all'attività vulcanica e tettonica descritta in precedenza.

Si verifica un'anomalia geotermica regionale fino a 150-200 mW/m² vicino a Roma e nella zona di Fiumicino vicino alla costa, probabilmente a causa di un assottigliamento della crosta e alla possibile presenza di intrusioni magmatiche in profondità.

In seguito ad altre oscillazioni eustatiche si depositano altre due formazioni litologicamente simili e realizzatrici di altri terrazzamenti: la formazione Aurelia e la formazione Vitinia, quest'ultima posta a quote più basse (50 e 35 m s.l.m.). Queste ultime tre formazioni sono comunque intervallate ed intercalate con i prodotti del vulcanismo dei complessi sabatino ed albano.

Al passaggio con il Tirreniano (circa 150.000 anni fa) si ha un miglioramento climatico e un'innalzamento generale del livello marino testimoniato dalla formazione dei terrazzi marini. Il primo, avente un'età di circa 130.000 anni fa, si attesta in modo abbastanza uniforme intorno alla quota di 25 m (Figura 4.4). E' ben rappresentato tra Ponte Galeria e Palidoro dove è costituito da conglomerati marini con resti conchigliari, e tra Ladispoli e Santa Severa. Verso nord diminuisce la componente ghiaiosa, segno di un progressivo allontanamento dalla foce del Tevere posta nei pressi di Ponte Galeria

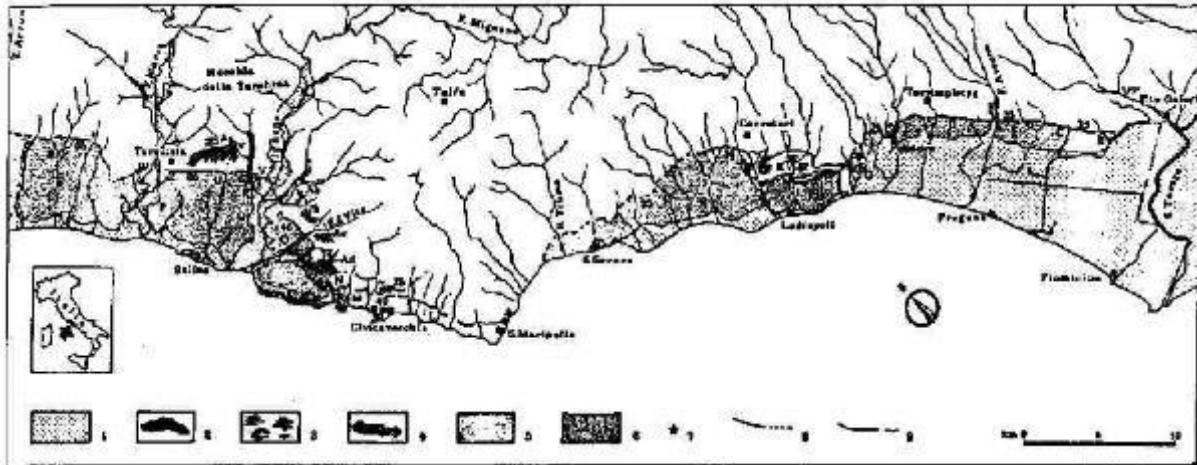


Figura 4.4: Formazione di terrazzi marini (130000 anni fa) (Bellotti et alii).

A sud-est del corso del Tevere la testimonianza del Tirreniano viene offerta dalla presenza della "Duna Antica", che rappresenta una sequenza deposizionale continentale e marino-costiera avente facies di barriera, lagunari, ma soprattutto eoliche.

La glaciazione würmiana e il conseguente basso stazionamento, fissano il livello del mare a -120m rispetto a quello attuale, determinando un'ampia fase erosiva, consentendo, tra l'altro una profonda incisione della paleovalle del Tevere. In questo periodo viene a deporsi un livello omogeneo di ghiaie, coincidente con l'apice della glaciazione. Da qui in poi inizia il ciclo deposizionale olocenico tiberino.

Lo sviluppo del delta recente del Tevere ha avuto inizio alla fine dell'ultimo stazionamento basso glaciale, ovvero quando il livello marino era di circa 120 m al di sotto di quello attuale. L'innalzamento del mare portò drastici cambiamenti ambientali, in cui si è assistito ad un notevole arretramento delle foci e delle aree di abbandono dei trasporti solidi. La paleovalle del Tevere venne progressivamente invasa dalle acque e si crearono due ambienti morfologicamente distinti: apparato deltizio del Tevere, laguna e barriera costiera (Figura 4.5).

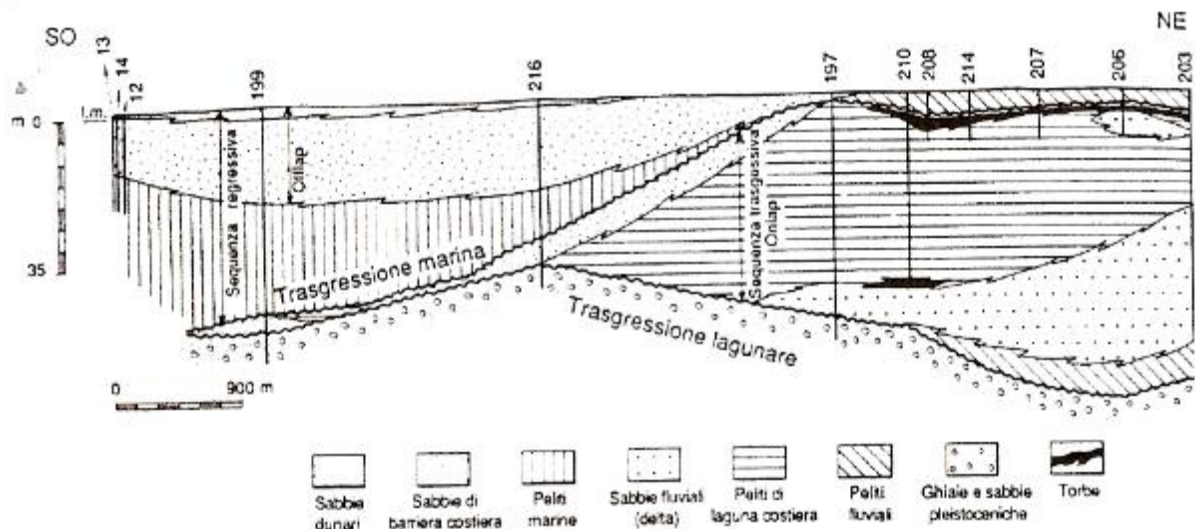


Figura 4.5: Paleovalle del fiume Tevere (Bellotti et alii).

La trasgressione fu regolata quasi esclusivamente dai movimenti eustatici, la subsidenza locale (ancorché difficile da dimostrare) sembra aver influenzato solo marginalmente tali processi, fatto corroborato dai numerosi livelli torbosi a giacitura orizzontale che si depositarono al livello del mare e presenti a varie quote sotto la piana deltizia.

Attraverso i dati cronologici riportati in bibliografia (Belluomini et Alii ,1986) è possibile porre a circa 18.000 anni fa l'inizio di risalita del livello marino, e a circa 5.000 anni fa il raggiungimento dell'alto stazionamento attuale.

Successivamente, l'assetto stratigrafico venne caratterizzato dalla successione e interdigitazione di ambienti deposizionali legati alle diverse fasi glaciali e interglaciali, e conseguenti variazioni eustatiche.

Il sistema idrografico è caratterizzato dall'asta principale del Fiume Tevere, ormai nel suo tratto finale, con andamento meandriforme e confinato da imponenti argini in parte rimodellati artificialmente. Nei pressi della foce, sul lato destro del corso d'acqua, si delinea il canale artificiale rettilineo attorno al quale si è sviluppato il centro abitato di Fiumicino. Esternamente all'area golena si ha una rete di canali riconducibili alle opere di bonifica e di regimazione idraulica della piana alluvionale e costiera. A ridosso della costa si interpongono i dossi dunari, testimoni della continua progradazione ed evoluzione storica della foce tiberina; la loro originaria evidenza morfologica è comunque quasi completamente nascosta dalla forte antropizzazione dell'intero territorio compreso tra le località di Ostia e Fiumicino. Seppure non direttamente attinenti alle aree di stretta pertinenza progettuale, è opportuno menzionare anche i processi e le forme riconducibili ai fattori geologico strutturali, che hanno giocato un ruolo determinante nell'evoluzione morfologica della provincia romana nell'area costiera, con particolare riguardo ai rilievi antistanti la costa tirrenica e la piana del Tevere.

L'esame della Carta Litostratigrafica, di cui si riporta uno stralcio in Figura 4.6, tratta dal testo "Idrogeologia della provincia di Roma, Volume III, Regione vulcanica dei Colli Albani" del prof Ugo Ventriglia edito dalla Provincia di Roma nel 1990, mette in evidenza che i depositi affioranti, al di sotto della coltre di riporti antropici localmente presenti nell'area e non cartografati, in prossimità della linea di costa nell'area d'indagine, sono rappresentati dai depositi con sigla "al" (Sabbie fini di spiaggia), che in prossimità di Fiumara Grande e della Foce del Tevere lasciano il posto ai depositi alluvionali attuali del Tevere ("qa"). Sempre dalla Figura 9 si evince come circa 20.000 anni fa, il

Tevere scorresse a Nord del Porto Canale e che, lungo l'attuale linea di costa l'erosione fluviale, successivamente colmata da depositi fluvio-deltizi, si rinveniva a profondità fino a 80 m. In quel periodo la linea di costa si trovava a circa 10 km verso Ovest e ad una quota di -120 m rispetto all'attuale l.m.

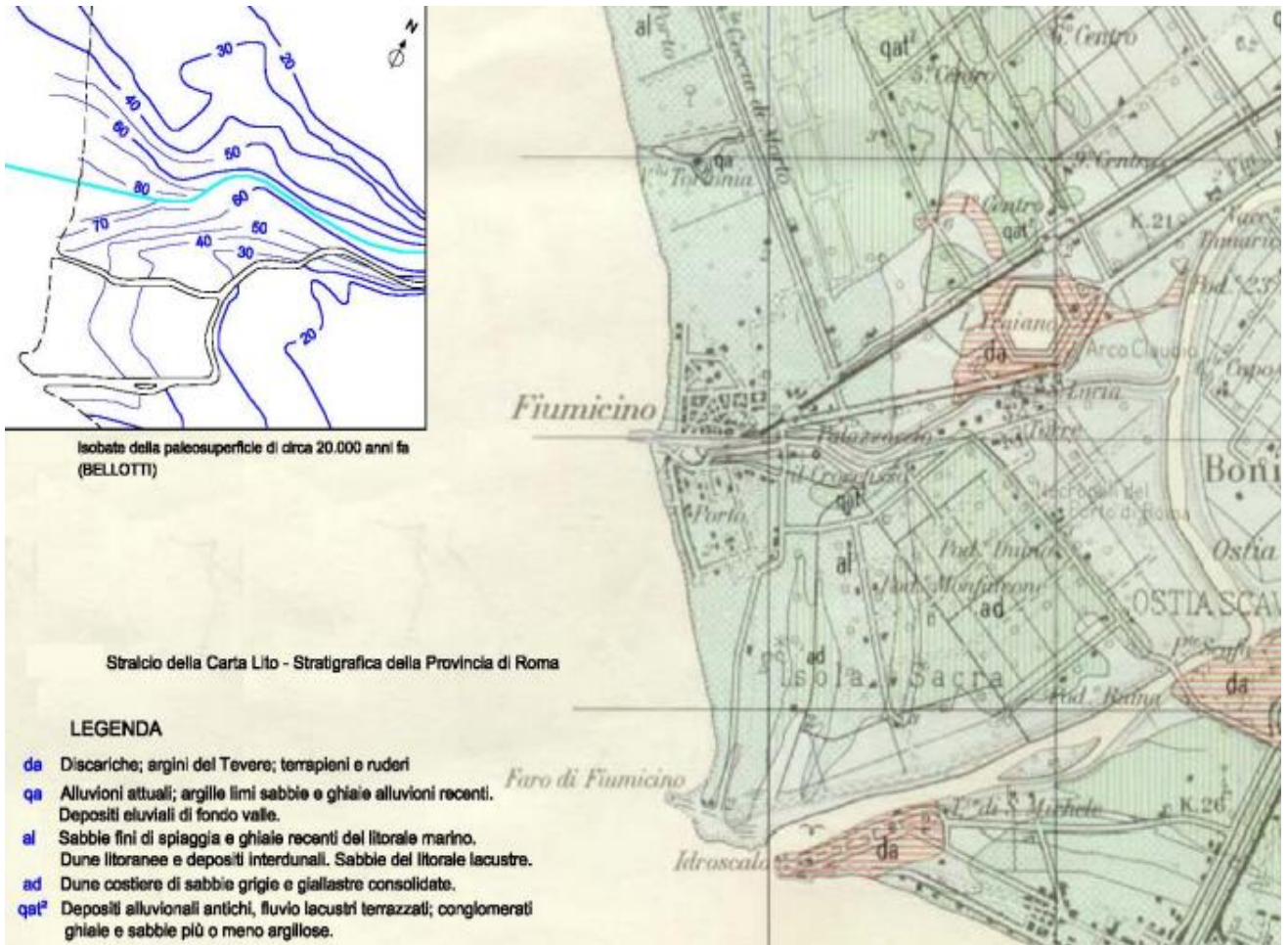


Figura 4.6: Stralcio carta geologica da Idrogeologia della provincia di Roma (Ventriglia 1990).

4.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO LOCALE

Dal punto di vista geologico l'area oggetto del presente studio, collocata a sud ovest dell'abitato di Fiumicino, appartiene al comprensorio del Delta tiberino, il maggiore dell'area tirrenica. Come buona parte delle coste pianeggianti italiane, è un'area geologicamente giovane, con molte evidenze riferibili alle variazioni a scala globale del livello del mare durante l'Olocene e una morfologia dettata dall'apporto del fiume Tevere e delle correnti marine costiere. La formazione del Delta tiberino inizia circa 1 milione di anni fa ed è stata originata da una progressiva emersione della regione causata dal magma in risalita nella crosta superficiale, che successivamente ha portato, nel Pleistocene, all'attività vulcanica nelle regioni potassiche della Provincia Comagmatica Romana. L'assetto stratigrafico del delta è notevolmente complesso e legato agli eventi di tre principali fasi (Bellotti e Tortora, 1996):

- periodo di stazionamento basso del mare (circa 20.000 anni fa), quando la piattaforma continentale era in gran parte emersa;
- risalita del livello del mare con completa erosione del paleo-delta di basso stazionamento e forte sedimentazione all'interno della valle glaciale incisa dal fiume Tevere. Tale valle ospitava un complesso barriera-laguna con delta lagunare;
- stabilizzazione del livello del mare (circa 5-6000 anni fa) con forte colmamento dell'antica laguna, e progressione delle foci fluviali che raggiunsero la barriera litorale così che gli apporti solidi venivano riversati direttamente in mare. Da questo momento inizia la storia più recente del delta con progressivo accrescimento e spostamento verso mare della linea di costa fino al raggiungimento dell'attuale configurazione arcuata dell'apparato emerso. Numerose testimonianze archeologiche e fonti storiche scandiscono il ritmo temporale della progradazione recente che ha determinato un avanzamento di circa 4 km dell'apice deltizio. La progradazione della piana deltizia e l'attuale conformazione morfologica sono frutto dell'evoluzione avvenuta negli ultimi 4-5000 anni, ovvero dalla stabilizzazione del l.m. al termine dell'ultimo ciclo glacio-eustatico e sono principalmente controllate dagli apporti sedimentari del Tevere e, subordinatamente, da altri piccoli corsi d'acqua presenti nella piana e da interventi antropici. Il Delta tiberino si estende attualmente con la parte emersa per oltre 150 km² e con la parte sommersa per circa 500 km² (Figura 4.7) e presenta uno spessore massimo del corpo sedimentario di poco superiore a 80 m.

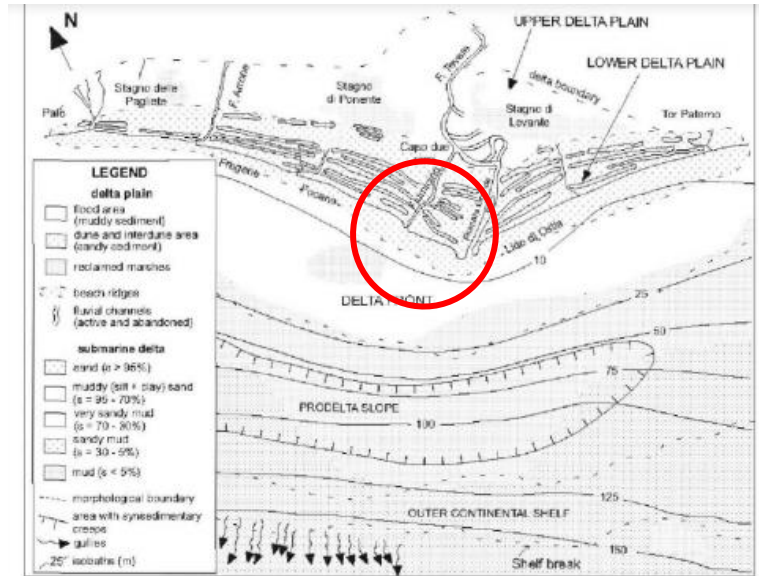


Figura 4.7: Lineamenti morfologici e sedimentologici del delta Tiberino . L'area nord orientale non punteggiata corrisponde a quella occupata un tempo dalle facies lagunari .Quella puntinata evidenzia la progradazione in mare della spiaggia attraverso la giustapposizione ripetuta di cordoni litorali nel corso degli ultimi 2500 anni (Da Bellotti et Alii 1994, ridisegnato)

Attualmente l'area in cui sarà realizzato il nuovo porto è costituita da un tratto di costa orientato circa N-S che termina nel tratto meridionale sul promontorio del faro di Isola Sacra da cui parte un piccolo molo realizzato nei decenni passati . Il tratto di costa risulta protetto da numerose barriere antierosione costituite da accumuli di blocchi litoidi di natura prevalentemente lavica e secondariamente travertinoide di dimensioni da decimetriche a metriche. Alcuni blocchi simili a quelli delle barriere risultano accumulati anche sulla spiaggia , Nella parte centrale del tratto di costa in esame si segnala la presenza di una laguna dunare



Figura 4.8: Panoramica tratto di costa che si raccorda al promontorio del faro

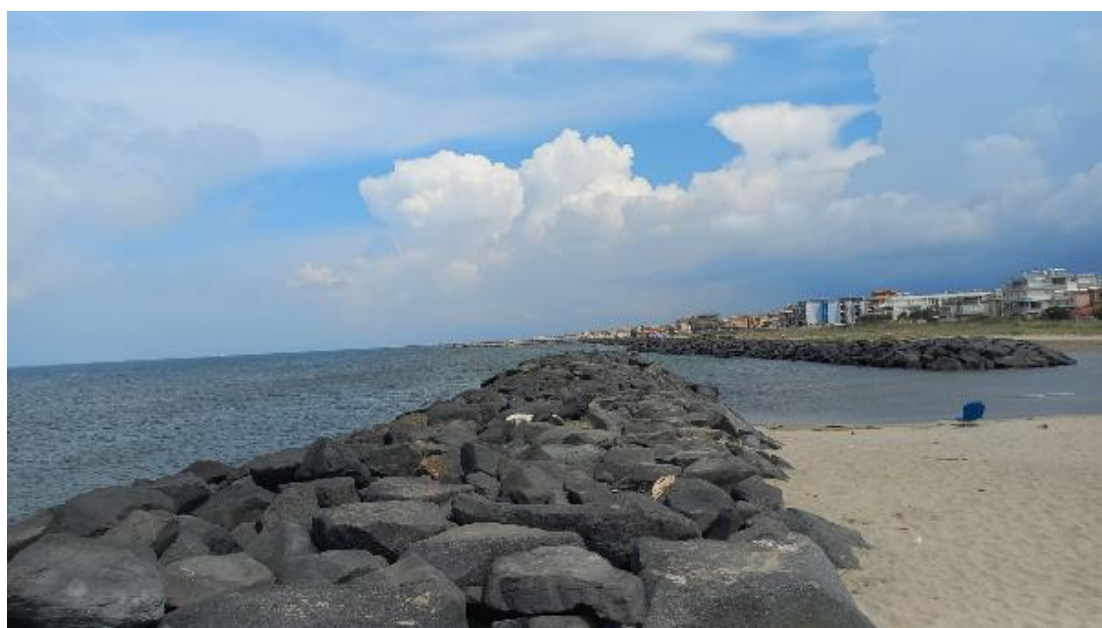


Figura 4.9: Panoramica delle barriere antierosione



Figura 4.10: Laghetto dunare presente nel tratto di costa di progetto



Figura 4.11: Accumuli di blocchi sulla spiaggia

Nelle sezioni geologiche riportate in Figura 4.12 si evince come, al di sopra del bedrock pre-glaciazione poggi, con presumibile continuità laterale, la serie sedimentaria rappresentata dapprima dai depositi ghiaioso-sabbiosi riconducibili alla Formazione di Ponte Galeria del Pleistocene medio, con spessori variabili fino a 10 m, seguiti dai depositi tardo pleistocenici-olocenici costituenti il colmamento del Delta tiberino, costituiti da limi argillosi/argille limose talora ricche in materiale organico. L'analisi delle sezioni inoltre mette in risalto che questi sedimenti, nelle aree marine a ridosso della linea di costa quali quella d'indagine, unitamente ai depositi sabbiosi costieri affioranti su bassi fondali a livello superficiale, sono i più rappresentati dell'area in esame.

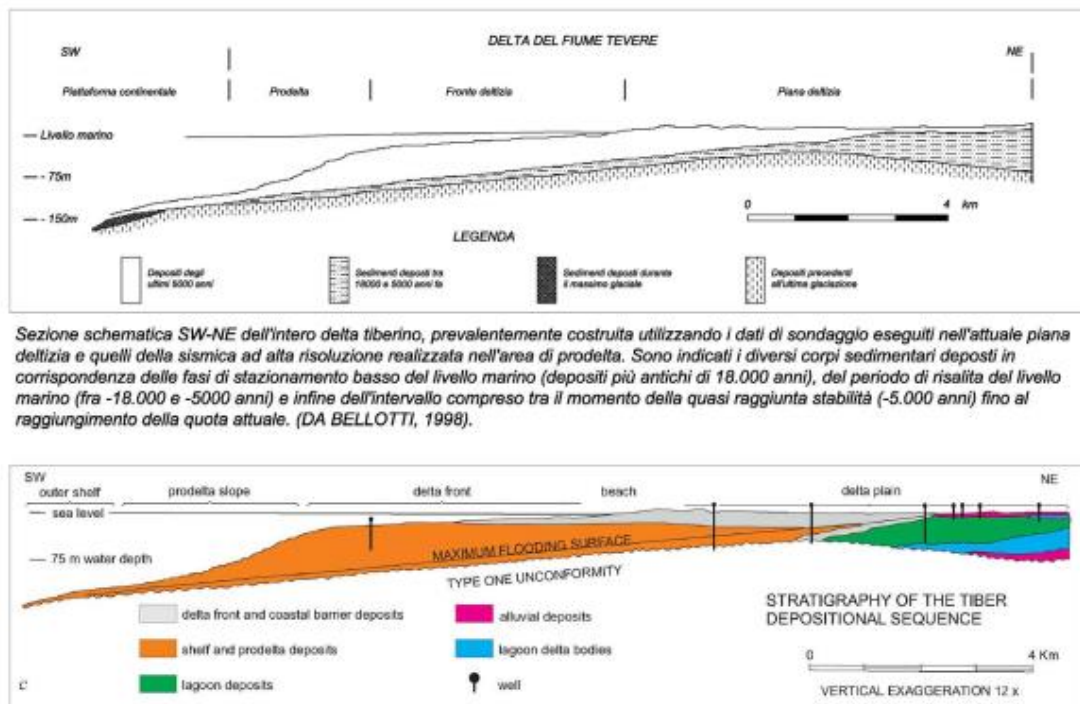


Figura 4.12: Stratigrafia della sequenza deposizionale tiberina. (Da Bellotti et alii 1994 ridisegnato).

Va segnalato, infine, che nello strato granulare profondo che dovrebbe preludere al passaggio fra i depositi collegati al Delta tiberino e i depositi pre-glaciazione, è stata più volte segnalata la presenza di gas in pressione. Quindi, il banco granulare profondo pleistocenico, oltre a rappresentare lo strato acquifero principale alimentato dalle acque provenienti dalle alluvioni del Tevere e dalle acque provenienti dalla formazione ghiaioso-sabbiosa di Ponte Galeria, può essere sede di gas in pressione (vedere Capitolo idrogeologia).

Le campagne di indagine svolte a mare, sul terreno di sedime delle opere portuali, confermano pienamente il modello stratigrafico generale individuato a più grande scala nell'area. La stratigrafia locale è caratterizzata dalla successione di un banco superficiale di sabbia, seguito da un potente deposito di argille soffici a sua volta sovrapposto a depositi fluviali pleistocenici, incoerenti. In particolare, il deposito sabbioso superficiale ha uno spessore variabile da 3 a 12 metri circa con una generale tendenza a ridursi verso il largo m. Il deposito argilloso presenta circa 30 m di spessore. I depositi fluviali pleistocenici, si ritrovano mediamente alla profondità di 43/44 m da l.m.m., risultano raggiunti solo da un sondaggio (ST1-09) e si presentano generalmente incoerenti. Il modello stratigrafico di riferimento è quindi schematizzabile come:

- Depositi antropici costituiti da;

- massicciate per la creazione dei moli costituite da pezzame di dimensioni da centimetriche a decimetriche di natura prevalentemente lavica e secondariamente carbonatica immersi in una matrice sabbioso limosa
- accumuli di blocchi di natura prevalentemente lavica e secondariamente travertinoide di dimensioni da decimetriche a metriche per la costituzione delle barriere antierosione della costa



Figura 4.13: Blocchi costituenti le barriere di protezione antierosione

- Depositi di spiaggia emersa e sommersa costituite da sabbie fini e medie, mediamente addensate, talvolta limose, di spessore compreso tra 3, e 6 m lungo lo sviluppo del molo Traiano e tra 7 e 12 m per il molo Claudio, spostandosi verso il radicamento di quest'ultimo; le indagini indicano che la base del deposito sabbioso è praticamente orizzontale nell'area di interesse e si colloca con buona approssimazione fra 12 e 13 m da l.m.m.: Nella carta geologica sono distinte su base topografica e morfologica i depositi emersi da quelli sommersi mentre nelle sezioni stratigrafiche tali depositi sono stati accorpati in una unica unità anche in funzione di caratteristiche granulometriche e geotecniche assolutamente simili.



Figura 4.14: Depositi sabbiosi di spiaggia emersa

- Argille limose e limi argillosi pleistocenici, con lenti e intercalazioni da centimetriche a decimetriche di sabbia fine. Tali livelli sono più frequenti al tetto del deposito mentre risultano più rarefatti in profondità; il deposito si estende fino a circa 43/44 m da l.m.m. con spessori variabili fra 20 e 30 mt circa ;

- Ghiaie pleistoceniche, incoerenti e addensate; questa unità è stata indagata solo marginalmente dai sondaggi (sondaggio ST1 09) perché, quando attraversata, ha dato chiara evidenza della presenza di gas metano.

Il substrato comune di tutta la zona , mai raggiunto dalle indagini è costituito dalla formazione della argille marnose plioceniche grigio azzurre.

Per ricostruire in maniera piu' chiara il modello geologico dell'area sono stati ricostruiti i seguenti elaborati geologici di dettaglio.

- Carta geologica
- Carta geomorfologica
- Carta idrogeologica
- Carta delle acclività
- N. 5 sezioni stratigrafiche

4.2. SEQUENZE STRATIGRAFICHE DELL'AREA DELTIZIA TIBERINA

Dopo il sollevamento regionale che pose fine ai bacini del Pliocene superiore, fenomeni di subsidenza consentirono la ripresa della sedimentazione in un bacino a occidente di Roma (Mazza et al., 2012, Capelli e Mazza, 2008). Tale bacino si approfondì con un asse parallelo all'attuale linea di costa e divenne sede di una sedimentazione di argille a Hyaline baltica. Successivamente, sul basamento argilloso plio-pleistocenico iniziò la sedimentazione trasgressiva della formazione di Ponte Galeria e successive serie deposizionali più recenti, costituite da una varietà di sistemi deposizionali frutto della concomitante interazione tra eustatismo, tettonica di sollevamento e vulcanismo. Tale sequenza stratigrafica è nota in letteratura come Successione di Ponte Galeria, (Palombo et al. 2003, Milli, 1997), e rappresenta una sequenza deposizionale del III° ordine. Al suo interno si identificano numerose sequenze deposizionali di ordine successivo (PG1 – PG9), di cui l'ultima, in particolare, ha condizionato fortemente

l'evoluzione attuale del delta tiberino. Nel settore deltizio tiberino sono rappresentati sistemi deposizionali fluvio-lacustri, di barriera litorale - laguna, e di transizione piattaforma, a costituire le cosiddette strutture di stazionamento basso (LST - Lower System Tracks, altrimenti indicata come PLW), strutture trasgressive (TST - Transgressive System Tracks) e strutture di stazionamento alto (HST - Higher System Tracks). In Figura 4.15 si riporta uno schema stratigrafico mostrante le correlazioni tra cronostatigrafia, litostratigrafia e sequenze stratigrafiche nel bacino romano pleistocenico (da Milli et al., 2016). In giallo si evidenzia la PG9.

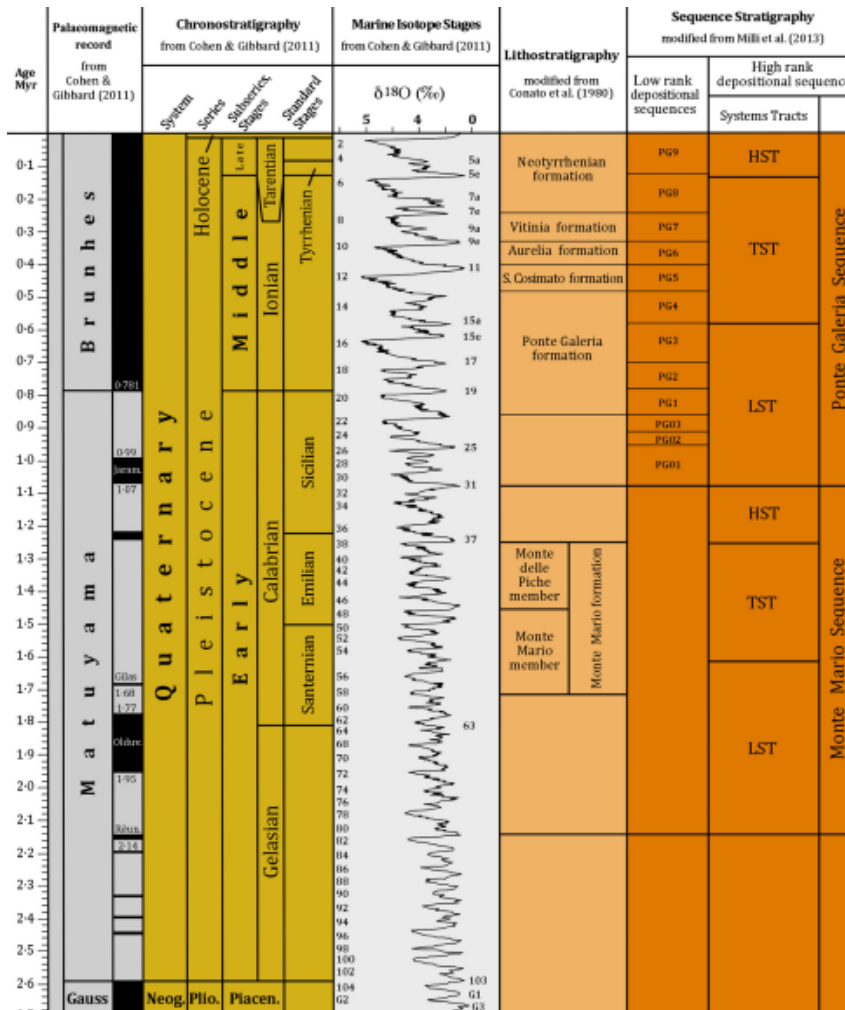


Figura 4.15: Schema stratigrafico (Milli et alii)

Alla base di tali sistemi si individua una comune superficie d'erosione che tronca i depositi e li pone a contatto con la discordanza basale continentale che da inizio alla fase trasgressiva pleistocenica. Il delta attuale del Tevere si sviluppa in buona parte nella sequenza PG9 (sequenza deposizionale di quarto ordine), e rappresenta la successione sedimentaria deposta durante l'ultimo ciclo glaciale - eustatico lungo il margine continentale tirrenico. L'architettura deposizionale dell'area deltizia e piana retrostante è stata ricostruita sia per la porzione emersa, sia per quella sommersa, avendo riconosciuto al suo interno tutti e tre i gruppi di system tracks (LST, TST e HLT), riconducibili alla sequenza di Ponte Galeria. In Figura 4.16 si riporta uno schema stratigrafico del Delta tiberino secondo la sequenza PG9 (da Milli, 1997).

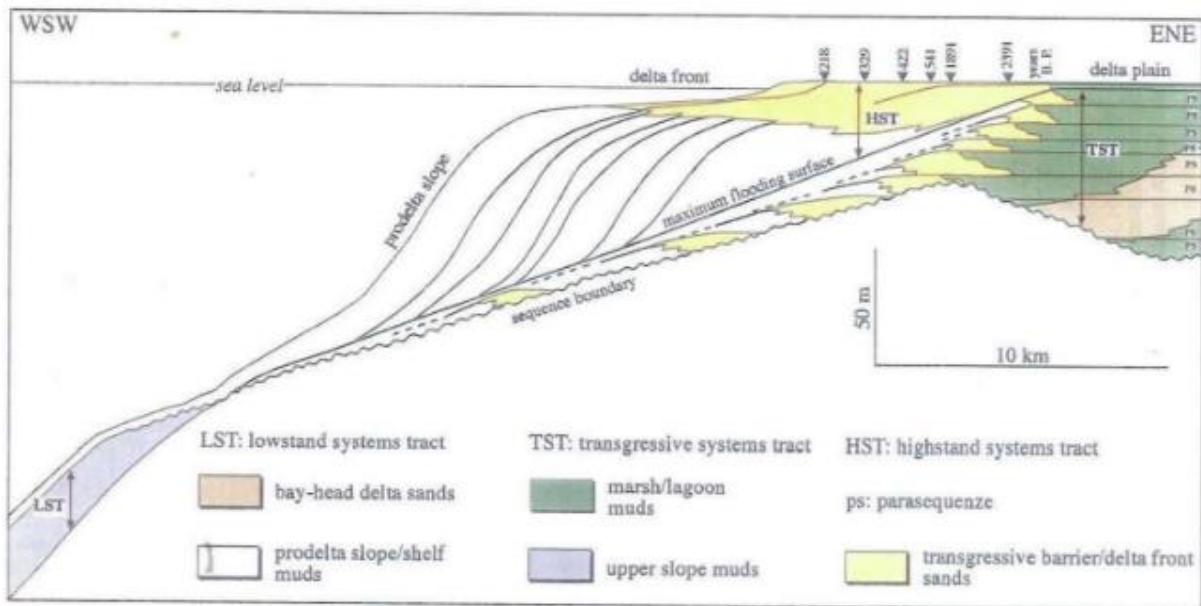


Figura 4.16: Schema stratigrafico del delta Tiberino (Milli 1997)

I depositi del LST presentano un'età compresa tra 18.000 e 14.000 anni, sono spessi circa 30 m, sono preservati sull'attuale scarpata e costituiscono l'ultimo set di progradazione del margine continentale; sono caratterizzati da flussi gravitativi alimentati da input fluviali connessi all'apparato deltizio del Tevere. I depositi relativi alla fase trasgressiva TST sono per lo più presenti al di sotto dell'attuale piana deltizia, e appoggiano in onlap sull'inconformità basale. La loro deposizione è avvenuta tra 14.000 e 5.000 anni fa; i depositi associati mostrano delle sequenze rappresentate, da terra verso mare, da: (i) un sistema fluviale intrecciato associato a uno o più sistemi deltizi in contesti lagunari (non di mare aperto), (ii) un sistema di barriera litorale - laguna, (iii) un sistema di transizione - piattaforma. La superficie di massimo alluvionamento della sequenza TST è marcato da un esteso livello sommitale di torbe. Lo scenario risultante mostra quindi una complessa interazione tra processi fluviali e marini durante lo spostamento verso terra di tali sistemi. I depositi relativi all'HST si sviluppano a partire da circa 5000 anni fa, in connessione con la fine della fase trasgressiva e lo stazionamento alto del livello marino, che facilita il rapido spostamento verso mare dei diversi ambienti deposizionali. La progradazione del Tevere all'interno della laguna in cui sfociava precedentemente ne determina il riempimento e porta il corso d'acqua a sfociare direttamente in mare a partire da circa 2500 anni fa. Il Tevere inizia così a costruire il suo apparato deltizio cuspidato attualmente suddivisibile, da terra verso mare, in una piana deltizia superiore, una piana deltizia inferiore, un fronte deltizio e una scarpata di prodelta. La piana deltizia superiore è costituita da sedimenti pelitici di piana inondabile, mentre quella inferiore è caratterizzata da sabbie di spiaggia, cordoni dunari e aree di interduna allineate parallelamente alla costa. Il fronte deltizio include l'attuale linea di costa sabbiosa e una scarpata lievemente pendente verso mare costituita da sabbie che passano sottopendio a sedimenti pelitici. Silt e argille sono i sedimenti sommersi presenti lungo la scarpata di prodelta.

4.3. MORFOLOGIA E STRATIGRAFIA OLOCENICA DELLA PIANA DELTIZIA

Circa 18 mila anni fa, in corrispondenza del culmine dell'ultima fase del periodo glaciale würmiano, si verificò una forte regressione del livello marino che determinò una grande erosione dei terreni depositi fino ad allora. Si stima che il livello del mare fosse di almeno 120 m al di sotto di quello attuale. Nell'area romana l'alveo del Tevere si approfondì fino a circa -50 / -70 m s.l.m., portando a giorno il substrato plio-pleistocenico e innescando una forte attività erosiva. In seguito, vi fu un repentino riscaldamento globale che fece sollevare il livello delle acque marine

fino al livello odierno, ed il probabile contemporaneo alluvionamento della valle tiberina. La ricostruzione paleogeografica dell'area costiera è stata ipotizzata secondo lo schema seguente:

- tra 18000 e 10000 anni fa il Tevere arretrò la sua foce all'interno di una laguna, depositando gran parte del suo carico sedimentario nella valle alluvionale;
- tra 10000 e 5000 anni fa la laguna costiera si ampliò in direzione NO-SE, e il Tevere spostò la sua foce sulla sinistra del vecchio corso costruendo per circa 3.000 anni il secondo corpo deltizio;
- intorno a 5000 anni fa, quando il livello marino era ormai pressoché stabilizzato, la foce del Tevere progredì rapidamente all'interno della laguna e raggiunse in breve la costa avviando la fase deltizia marina; successivamente si svilupparono due lagune isolate e dei cordoni litorali affiancati che chiudevano verso mare gli stagni;
- negli ultimi 2000 anni si è sviluppato progressivamente il fronte deltizio attuale, progredente verso la costa attraverso stati alterni di erosione ed accumulo. Gli imponenti lavori portuali realizzati dagli imperatori romani Claudio e Traiano, con l'apertura di un canale artificiale, sembrerebbero in qualche modo connessi al successivo sviluppo della foce odierna di Fiumicino.

In Figura 4.11, si riportano degli schemi paleogeografici che mostrano l'evoluzione del Tevere durante gli ultimi 15.000 anni (da Milli et al., 2016).

Nell'area più prossima al complesso deltizio del Tevere le ipotesi suddette hanno trovato conferma con le analisi stratigrafiche di superficie e del sottosuolo, attraverso riconoscimento di diverse litologie raggruppate in diverse litofacies, che costituiscono i depositi fluviali, di laguna costiera e marini. Tale breve ricostruzione dell'evoluzione recente dell'area fornisce un'efficace chiave di lettura dei depositi evidenziati nelle sezioni lito-stratigrafiche dell'area deltizia proposte da Bellotti et al. (1995) e mostrate in Figura 4.17. La sezione parallela alla costa più prossima all'area portuale indica la presenza di uno strato superficiale di sabbie, quindi un deposito di peliti sabbiose di notevole spessore che insistono su depositi fluviali pleistocenici.

RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA

P0031150-D-0-MP00-GI-REL-03_00

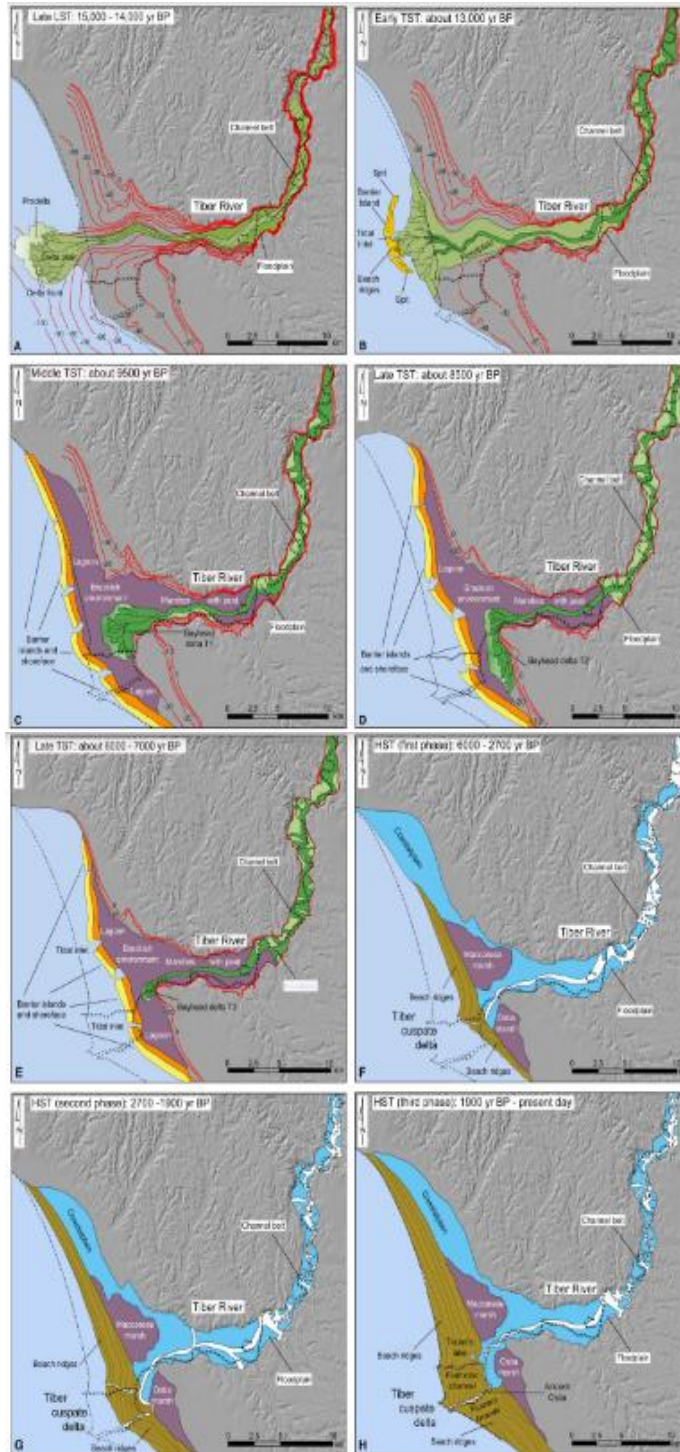
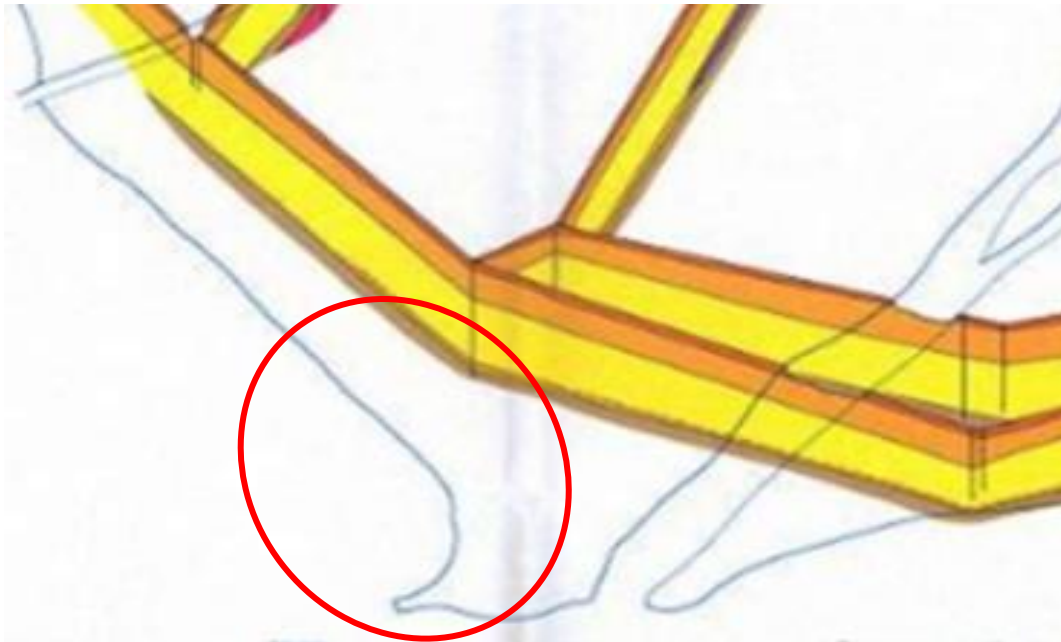


Figura 4.17: Schemi paleogeografici di evoluzione del Tevere (Milli et alii 2016).



a - Sabbie giallo-rossastre fini a stratificazione incrociata costituenti cordoni dunari attuali e recenti.

b - Sabbie grigie da medio-grossolane a medio-fini, per lo più ricche in feniici con conchiglie marine e detriti vegetali. Costituiscono un complesso di barriera costiera.

LITOFACIES 4

a - Reddish-yellow cross stratification fine sands (dune ridges). b - Medium to coarse and medium to fine sands, with heavy minerals, marine shells and vegetal detritus (coastal barrier complex).



Peltili sabbiose con frequenti intercalazioni di livelli bioclastici e resti vegetali che passano verso il basso, silt argillosi ed argille verdastre con faune marine. (Transizione - Piattaforma).

LITOFACIES 5

Sandy mud, muddy silt and olive clay with frequent intercalations of bioclastic beds, vegetal detritus and marine fauna (Transition-shelf).

LITOFACIES 5



Ghiaie incoerenti a granulometria varia con ciottoli talvolta appiattiti costituiti da calcari e subordinatamente da marne e selci policrome. Intercalazioni di sabbie e più raramente di argille. (Depositi fluviali pleistocenici).

LITOFACIES 6

Gravels made up by limestone, marl and polichrome chert with rare flat pebbles. Frequent intercalations of sand and most rarely of clay are present. (Pleistocene fluvial deposits).

LITOFACIES 6

Figura 4.18: Sezioni litostratigrafiche del delta del Tevere (Bellotti 1995)

4.4. LE AREE LAGUNARI

Le aree lagunari presenti ai lati del Tevere hanno avuto nel tempo estensioni variabili e comunicazioni più o meno ampie con il mare. Il bacino in riva destra al Tevere (stagno di Maccarese) si estendeva nell'area oggi parzialmente occupata dal sedime dell'Aeroporto di Fiumicino. Molto probabilmente, già nel 4000 a.C. tale palude doveva essere isolata dal mare e dal Tevere, ed alimentata solo da corsi d'acqua collinari retrostanti (Giraudi, 2004). Successivamente la sua estensione si ridusse progressivamente. Con i primi, rudimentali tentativi di bonifica, di epoca romana, la palude venne collegata artificialmente al mare tramite il canale di Focene. Il bacino in riva sinistra (stagno di Ostia) era situato alle spalle di Ostia antica e si estendeva verso Sud per almeno 6 km, ed aveva una comunicazione certa con il mare attraverso l'attuale Canale dello Stagno (o Canale dei Pescatori). Entrambi i bacini sono stati utilizzati come saline durante il periodo romano. La loro bonifica fu realizzata alla fine del XIX secolo. Ai bacini lagunari si è quindi sostituita una fitta rete di canali estesa fino ai confini interni della piana deltizia. In Figura 4.19 si riporta una cartografia storica del Delta tiberino con indicazione delle zone palustri nella seconda metà del XIX secolo, in cui sono inoltre indicati alcuni canali di progetto per la bonifica delle paludi.



Figura 4.19: Cartografia storica del Delta Tiberino

4.5. I CORDONI LITORALI

Nell'area deltizia tiberina è stato possibile distinguere e cartografare vari insiemi di cordoni litorali (Giraudi, 2004): ogni insieme può essere considerato come parte di una stessa fase di progradazione del delta. Alcune fasi tagliano le dune appartenenti alle fasi precedenti, a testimonianza dell'esistenza di periodi di parziale arretramento della linea di costa. Gli studi recenti (Giraudi, 2004) hanno individuato e circoscritto otto gruppi di cordoni dunari, la cui datazione è stata resa possibile anche grazie ai dati storici e preistorici:

- I cordoni dunari più antichi (I, II, III fase) sono i più interni, e risultano poco evidenti in prossimità del corso d'acqua attuale, essendo stati erosi o sommersi da sedimenti alluvionali; presentano andamento rettilineo, anche se non sempre allineato ai due lati del Tevere. La loro datazione è incerta;
- I cordoni di IV e V fase sono anch'essi più marcati a Nord e a Sud del Tevere, mentre risultano meno marcati o discontinui in prossimità dell'asta fluviale; presentano però una cuspidata più o meno evidente nei pressi del canale

di Fiumicino, che testimonia la posizione progradante dello sbocco a mare dell'antico corso del Tevere. I cordoni di IV fase sono datati al XIII-XII secolo a.C.; quelli di V fase potrebbero essere antecedenti al IV secolo a.C.;

- I cordoni di VI fase sono molto estesi a Nord del Tevere e completamente assenti a Sud di esso; presentano una cuspidata in corrispondenza del ramo principale del Tevere, poco a Ovest di Ostia antica, e una seconda cuspidata, meno evidente, nei pressi degli antichi porti imperiali, laddove i rilievi sono tagliati trasversalmente da un canale ora colmato. La loro datazione è antecedente al I secolo d.C. È molto probabile che la formazione dei cordoni di VI fase non sia stata continua, ma interrotta da un periodo di regressione della linea di costa;

- I cordoni della VII e VIII fase, i quali interessano l'area di progetto, delineano chiaramente la posizione del delta attuale, lungo il ramo principale del Tevere. Mentre le dune della VII fase sono di estensione alquanto ridotta, e sono attribuite al periodo XV-XVI secolo d.C., quelle dell'ottava fase costituiscono un insieme molto esteso, tanto da poter a loro volta suddivise in diverse sub-fasi. Esse testimoniano la progradazione della foce successivamente al XVI secolo;

In Figura 4.20 si riporta l'assetto geologico di superficie nell'area deltizia del Tevere, con indicazione dei cordoni dunari di ordine differente (da Giraudi, 2004). Con SA si identificano i sedimenti prevalentemente alluvionali, mentre con ASP si identificano i depositi alluvionali o di spiaggia o palustri.

Alla fine del XIX secolo iniziò una fase di arretramento, diventata ancora più evidente verso la metà del XX secolo (Bellotti, et al.1994), che è stata contrastata con opere di difesa costiera, quali pennelli e frangiflutti. Altri arretramenti della linea di costa erano già avvenuti nei periodi compresi tra la formazione dei cordoni della quinta e della sesta fase e tra quelli della sesta e della settima fase.

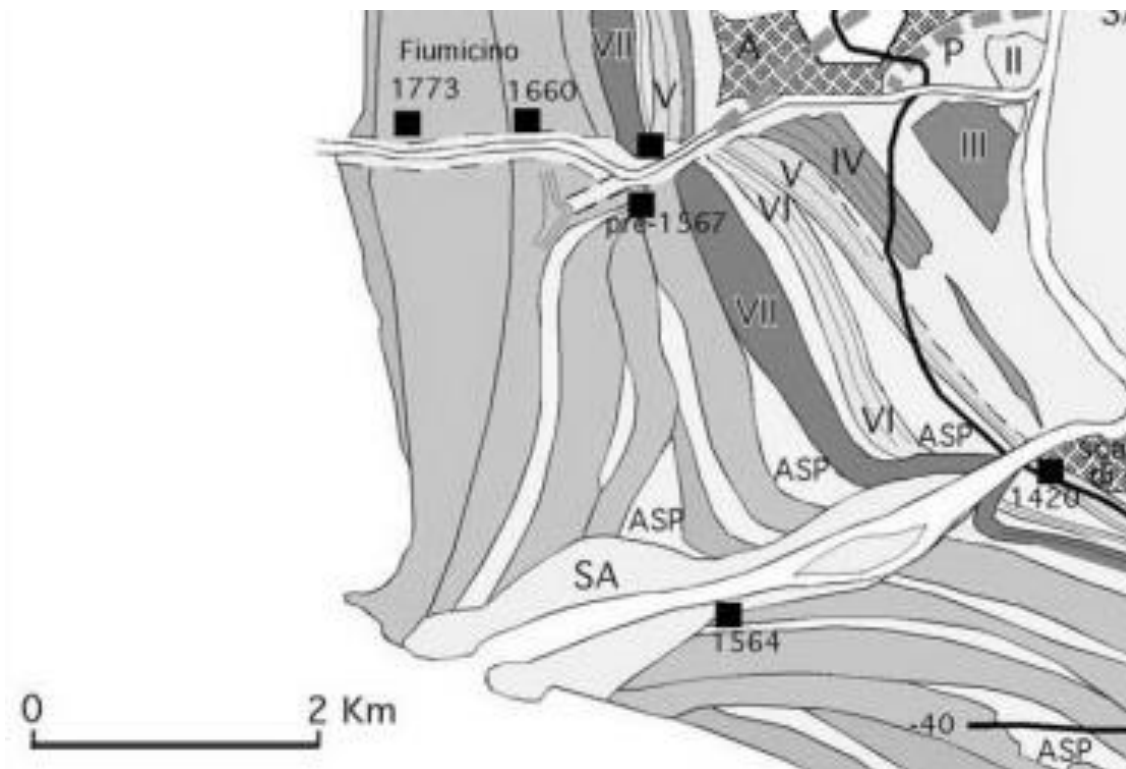


Figura 4.20: Cordonii dunari del Delta del Tevere (Giraudi 2004)

5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

A livello generale, il deflusso delle acque sotterranee nell'area costiera romana è fortemente condizionato dalla conformazione del territorio superficiale e dal sistema idrografico che lo caratterizza. I complessi idrogeologici sede di circolazione idrica sono connessi principalmente alla struttura idrogeologica del fiume Tevere e agli apparati vulcanici dei Colli Albani e del sistema Vulsinio - Sabatino. Negli apparati vulcanici, la maggior parte dell'acqua costituente gli acquiferi profondi proviene dalle zone interne alla cinta calderica; l'acqua, infiltrandosi, incontra a profondità relativamente poco elevate orizzonti stratigrafici ad elevata permeabilità (lave scoriacee o fratturate, scorie e sabbioni vulcanici), che favoriscono un deflusso radiale verso le zone esterne. In Figura 5.1 si riporta uno schema idrogeologico dell'area romana, in cui si evidenzia l'area di progetto (da Capelli et al., 1998-2001).

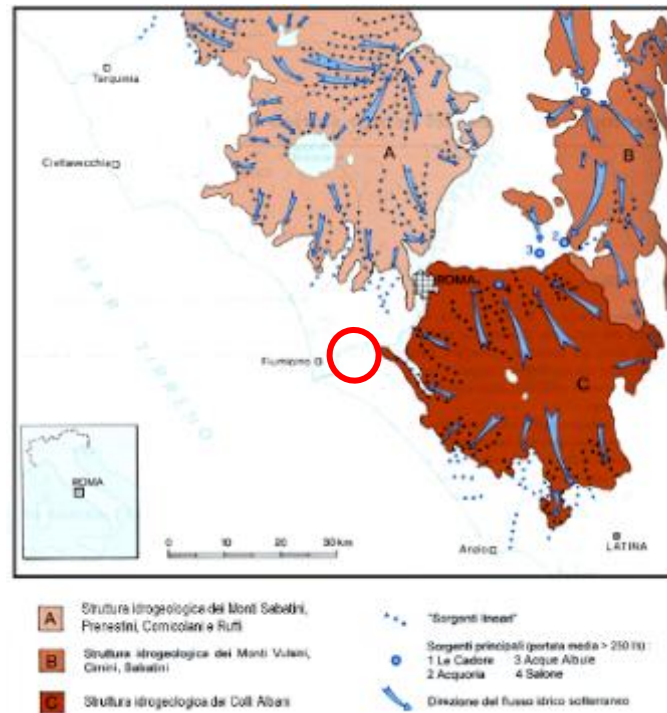


Figura 5.1: Schema idrogeologico dell'area Romana (Capelli et alii 1998).

Il fiume Tevere, diretto circa Est – Ovest lungo il tratto terminale, più prossimo all'area investigata, agisce come asse di drenaggio principale per le acque superficiali e profonde, provenienti dai rilievi circostanti. Le caratteristiche idrogeologiche dei litotipi risultano condizionate dall'estrema eterogeneità degli stessi e dalle loro specifiche situazioni giaciture. In area romana, i depositi argillosi marini pliocenici presenti in profondità (formazione "Monte delle Piche", unità di Monte Mario e Unità di Monte Vaticano) rappresentano il substrato impermeabile generale dell'area romana. Su questo substrato poggia - secondo una distinzione semplificata a grande scala - una successione di terreni di origine vulcanica (Complesso idrogeologico delle vulcaniti) e sedimentaria (Complesso dei depositi di copertura, Complesso dei depositi clastici indifferenziati e Complesso delle argille marine) (Capelli

et al., 2012). Tali macro unità idrostratigrafiche sono caratterizzate dal passaggio, sia in verticale che in orizzontale, di termini a permeabilità anche molto diversa tra loro: terreni poco o nulla permeabili come argille, limi, tufi argillificati, tufi litoidi non fratturati si sovrappongono e si affiancano a depositi permeabili sia per porosità (ghiaie, sabbie e depositi pozzolanacei), sia per fessurazione (tufi litoidi fratturati). I complessi idrogeologici di età quaternaria sono sede di varie circolazioni idriche sotterranee, le cui potenzialità di sfruttamento sono influenzate dai rapporti di giacitura esistenti tra i medesimi complessi permeabili ospitanti gli acquiferi e quelli impermeabili che ne delimitano i contorni.

5.1. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO LOCALE

Il basamento argilloso plio-pleistocenico costituisce il substrato impermeabile del complesso sistema di circolazione idrica sotterranea all'interno dei depositi del Delta del Tevere (Mazza et al., 2013). Nei settori pedecollinari retrostanti la piana deltizia (Ponte Galeria, sul fianco destro del Tevere, Acilia, sul fianco sinistro) la falda principale si colloca all'interno delle ghiaie e sabbie della formazione di Ponte Galeria, che sovrastano il basamento costituito dalle argille limose plio-pleistoceniche. L'acquifero presenta una permeabilità elevata e uno spessore di 8-10 m; esso risulta confinato verticalmente dai terreni limosi afferenti alle facies più fini della formazione di Ponte Galeria e delle successive formazioni medio-pleistoceniche. Procedendo verso Ovest, laddove si incontrano facies fluviali sabbiose da fini a grossolane, anche con lenti di ghiaia, la falda principale prosegue con continuità verticale e laterale, con una permeabilità variabile. Dove invece sono presenti facies pelitiche alluvionali e di laguna costiera, con torbe e sabbie fini, la falda risulta confinata nelle formazioni permeabili pleistoceniche più profonde. Verso la costa l'acquifero principale, ospitato dal complesso delle sabbie e ghiaie pleistoceniche, rimane confinato a profondità di circa 40 m (o maggiore, fino a 60 m e oltre, presso il corso attuale del Tevere), ed è ricaricato lateralmente dalle acque provenienti dalle alluvioni del Tevere e dalla formazione ghiaioso-sabbiosa di Ponte Galeria. Al di sopra si riconosce un livello a permeabilità molto bassa, dello spessore di circa 20-40 metri, costituito dalle peliti lagunari e/o marine in facies di piattaforma che svolgono la funzione di acquitaro. In area costiera litoranea, superiormente è presente un corpo superficiale a falda libera, costituito dal complesso delle sabbie dunari e di barriera costiera, con uno spessore indicativo di 15-20 metri, caratterizzato da una permeabilità da media a medio - bassa, con ricarica prevalentemente zenitale (Mazza et al., 2013). In Figura 5.2 si riporta uno stralcio della Carta delle Unità Idrogeologiche del territorio romano (da Capelli e Mazza, 2005). In arancio l'Unità Idrogeologica del Delta del Tevere, in verde l'Unità Idrogeologica di Ponte Galeria, in viola l'Unità Idrogeologica dei Colli Albani, in rosa l'Unità Idrogeologica dei Monti Sabatini, in azzurro l'Unità Idrogeologica dei depositi alluvionali recenti e attuali. In figura 5.3 si riporta invece uno stralcio della Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio (Capelli et al., 2012), in cui si evidenzia l'area di progetto. 1: Complesso dei depositi alluvionali recenti (potenzialità acquifera da bassa a medio-alta); 5: Complesso delle sabbie dunari (potenzialità acquifera medio-alta).



Figura 5.2: Stralcio carta delle unità idrogeologiche (Capelli e Mazza 2005) In arancio l'Unità Idrogeologica del Delta del Tevere, in verde l'Unità Idrogeologica di Ponte Galeria, in viola l'Unità Idrogeologica dei Colli Albani, in rosa l'Unità Idrogeologica dei Monti Sabatini, in azzurro l'Unità Idrogeologica dei depositi alluvionali recenti e attuali

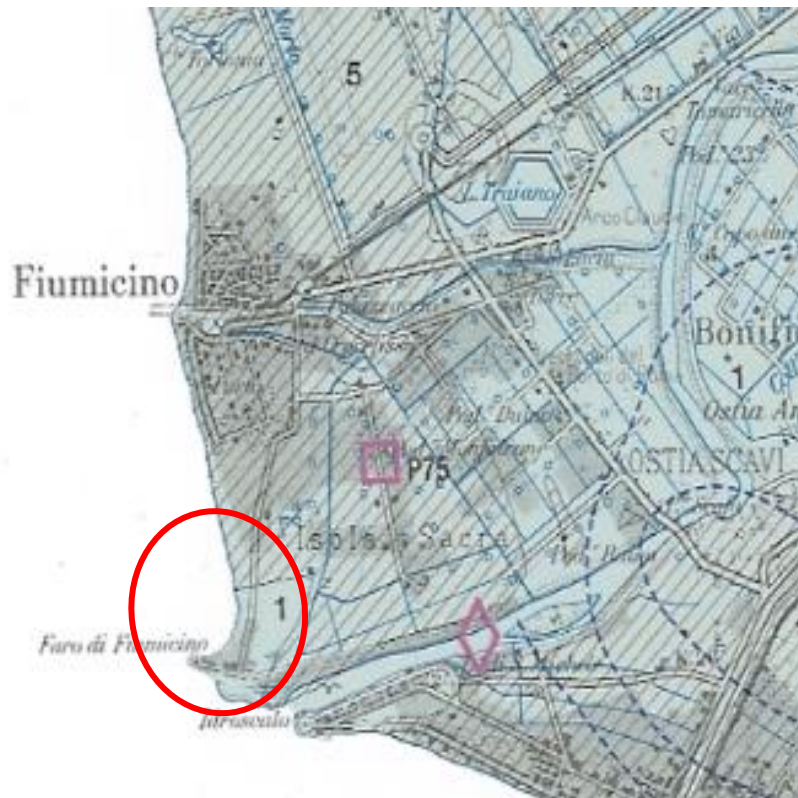


Figura 5.3: Stralcio carta idrogeologica della regione Lazio (Capelli et alii 2012) 1: Complesso dei depositi alluvionali recenti (potenzialità acquifera da bassa a medio-alta); 5: Complesso delle sabbie dunari (potenzialità acquifera medio-alta).

A livello sito specifico, nell'area di interesse dall'opera in oggetto, sulla base delle indagini geologiche disponibili e delle sezioni stratigrafiche ricostruite, è confermata la presenza di una falda a carattere libero entro i primi 10 metri di spessore all'interno di un livello sabbioso, poggiante su un livello a bassa permeabilità di natura limoso-argillosa di spessore pari a circa 30 metri che separa la falda freatica da quella a carattere confinato presente all'interno delle ghiaie di base.

Per quanto riguarda il campo di moto della falda freatica, pur non essendo disponibili dati ufficiali, la morfologia sub planare del territorio e la presenza di canali superficiali, indicano un deflusso della falda normale alla linea di costa con locali modifiche nella direzione di deflusso derivanti dalla presenza della Fiumara Grande che rappresenta un elemento alimentante o drenante la falda, a secondo dell'altezza idrometrica.

Nella figura seguente lo schema idrogeologico sito specifico con l'indicazione dei canali superficiali e della direzione principale di deflusso della falda freatica:

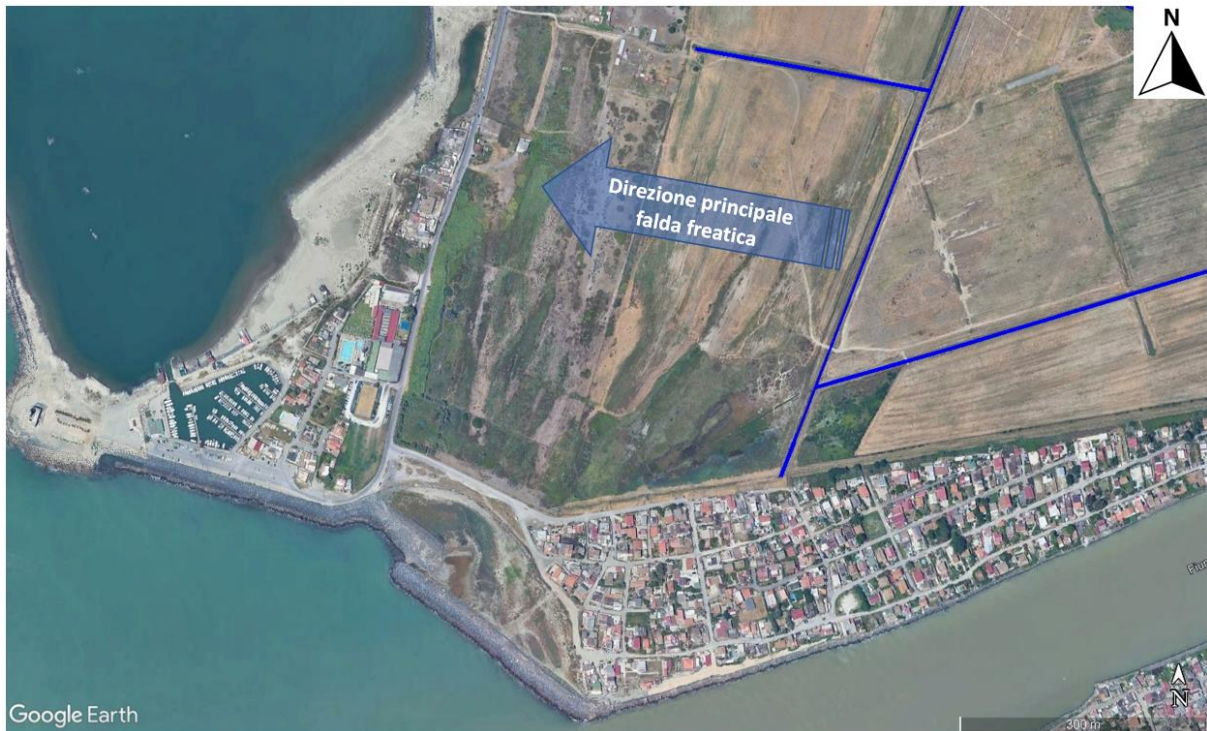


Figura 5.4: Foto Satellitare (Google Earth©) con indicazione dei canali della acque superficiali e della direzione principale di deflusso della falda freatica.

5.2. CUNEO SALINO

Per l'area in oggetto l'unico studio disponibile relativamente all'intrusione salina, è il lavoro svolto da Capelli et al., 2007 che tuttavia per l'area ricadente nel comune di Fiumicino, analizza soltanto il profilo del cuneo salino lungo l'asse mediano del Canale della Fiumara Grande, da Capo Due Rami alla foce, quindi senza fornire la ricostruzione dell'intrusione salina all'interno della falda freatica.

Anche per quanto riguarda i dati pubblicati da ARPAL (<https://www.arpalazio.it/ambiente/acqua/dati-acqua>), le stazioni di misura nel comune di Fiumicino sono un numero esiguo per un totale di 5 e la documentazione disponibile non permette di ricavare le concentrazioni saline nell'acqua di falda campionata e neanche il conducibilità elettrica; pertanto, i dati ARPAL non risultano utili nell'ambito dello studio dell'intrusione salina.

Sulla base di quanto riportato nello studio citato (Capelli et al.), i risultati sperimentali emersi dai rilievi dei parametri chimico fisici misurati all'interno della Fiumara Grande, mostrano una zona di interfaccia acqua dolce-acqua salata ad andamento sub orizzontale, a conferma di quanto già emerso negli anni '70 nell'ambito di uno studio IRSA (AA.VV., 1983) e descrivibile come un fenomeno di salt wedge, tipico degli estuari dove il movimento delle maree è molto debole, così come rappresentato nella figura seguente.

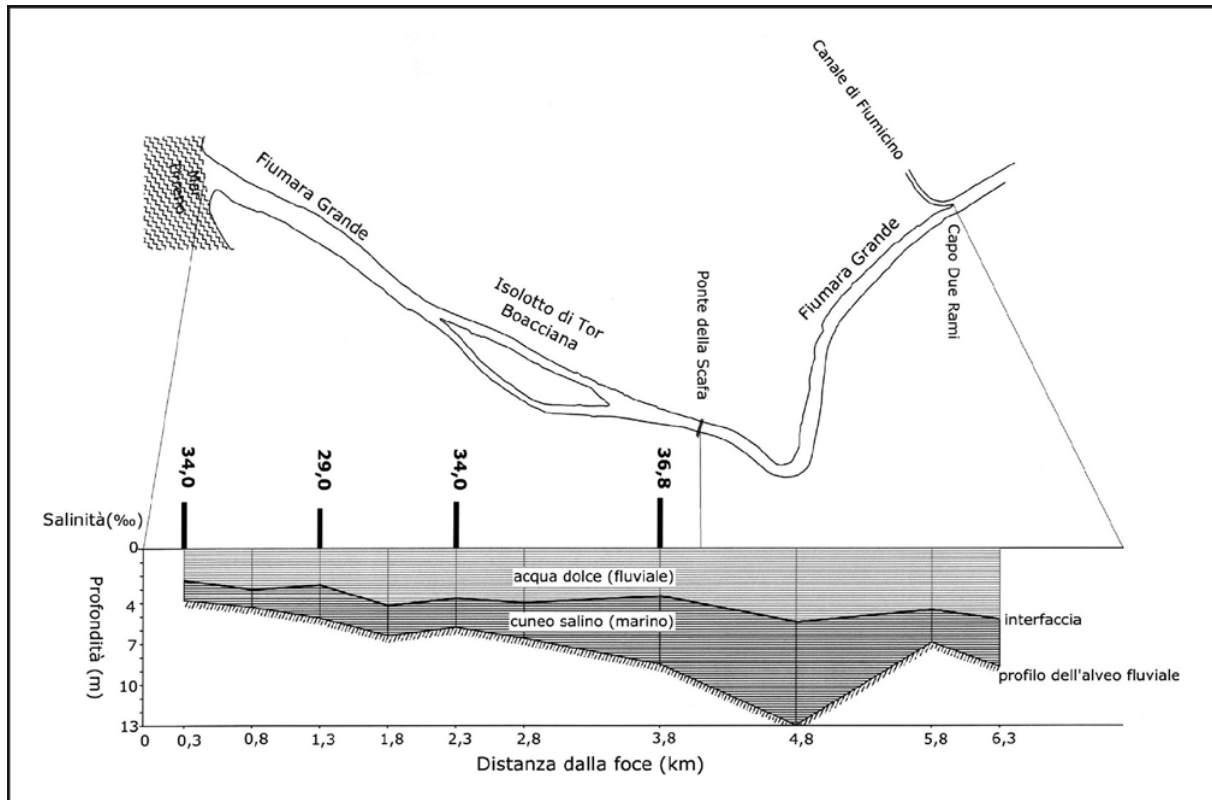


Figura 5.5: Profilo schematico del cuneo salino e della batimetria lungo l'asse della fiumara grande da Capo Due Rami alla foce (Capelli, Mazza , Papiccio 2007).

Pertanto, sulla base dei dati disponibili a livello idrogeologico, non è possibile quantificare e descrivere con precisione l'intrusione salina nella falda in oggetto; tuttavia, in termini generali e qualitativi, il quadro idrogeologico complessivo e la descrizione del progetto, permettono di effettuare una valutazione realistica se l'opera in oggetto può determinare un aumento o meno dell'intrusione salina nella falda.

Nello specifico, è utile riportare una sintesi sulle caratteristiche generali dell'interfaccia acque dolce-acqua salata.

Nella figura seguente è riportata una sezione tipo che rappresenta il rapporto idraulico tra l'acqua salata e quella dolce, secondo la nota relazione di Ghyben-Herberg (Badon Ghyben 1888 e Herberg 1901).

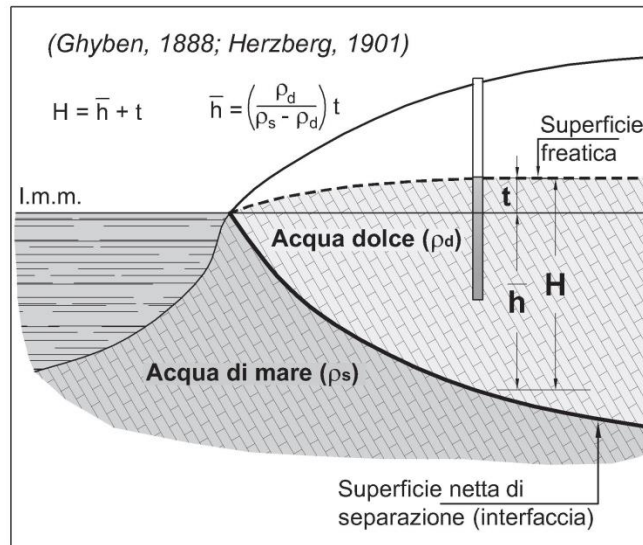


Figura 5.6: Condizioni di equilibrio idrostatico tra una falda di acqua dolce freatica e l'acqua di mare intrusa nel continente: relazione di Ghyben-Herzberg.

Le acque sotterranee dolci, essendo meno dense dell'acqua del mare (1 g/cm^3 contro $1,025 \text{ g/cm}^3$), tendono a galleggiare sopra quelle salate; nelle semplificazioni concettuali si ipotizza che l'acqua dolce si disponga sopra l'acqua salata definendo una linea di interfaccia netta.

Pertanto, si definisce "intrusione salina", il fenomeno di penetrazione di acqua salata nelle falde d'acqua dolce causato da fenomeni naturali o antropici in prossimità della costa, dove l'interfaccia acqua dolce-salata è meno profonda; il cuneo salino è una sorta di barriera naturale fra le acque salate e quelle dolci di falda.

Il rapporto fra la superficie dell'acqua dolce e quella salata è in equilibrio e ciò è dovuto al carico idraulico che non fa avanzare l'acqua salata nell'acquifero; se subentrano però fattori di disturbo o di stress e soprattutto se tali fattori provocano l'abbassamento del livello della falda (diminuzione del carico idraulico), il nuovo equilibrio viene raggiunto con lo spostamento verso l'interno (verso monte idraulico), del cuneo salino.

Gli interventi-fenomeni che generalmente determinano un aumento dell'intrusione salina, sono i seguenti:

- aumento del livello marino;
- eventi siccitosi con la conseguente diminuzione del carico idraulico della falda;
- diminuzione dei carichi idrometrici dei corsi d'acqua superficiali con conseguente aumento dei fenomeni di salt wedge;
- pompaggi da pozzi lungo la costa (fenomeni di up-coming).

Di contro, ci sono una serie interventi che possono essere eseguiti per mitigare l'intrusione salina, rappresentati sinteticamente nello schema seguente:

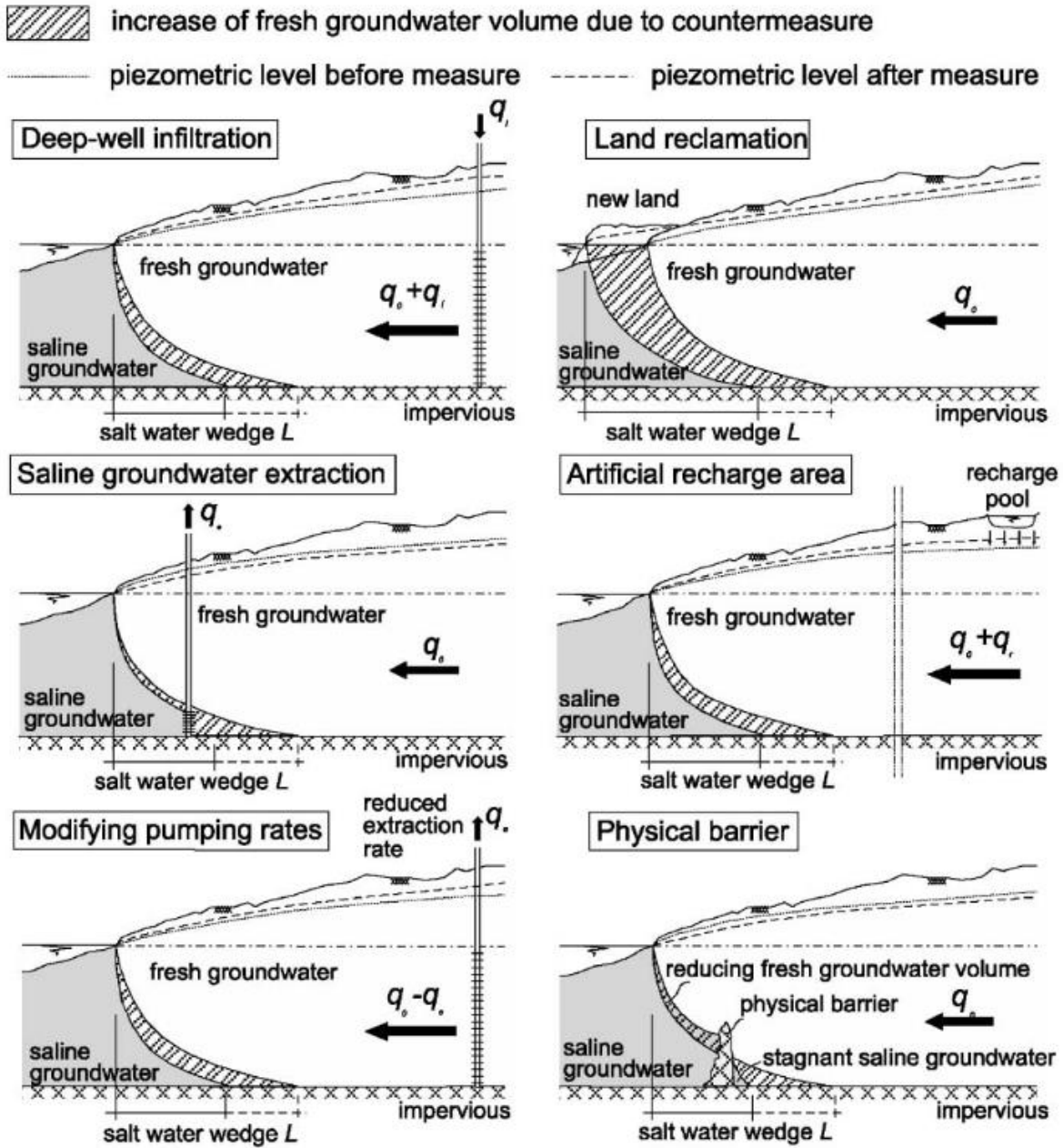


Figura 5.7: Interventi per mitigare l'intrusione salina (da "Improving fresh groundwater supply – Problems and solutions" – Gualbert H.P. Oude Essink, 2001 - DOI: 10.1016/S0964-5691(01)00057-6)

Nello specifico, lo spostamento verso mare della linea di costa, quindi con aree di rinterro, è un intervento che determina l'arretramento del cuneo salino e quindi la mitigazione dell'intrusione salina.

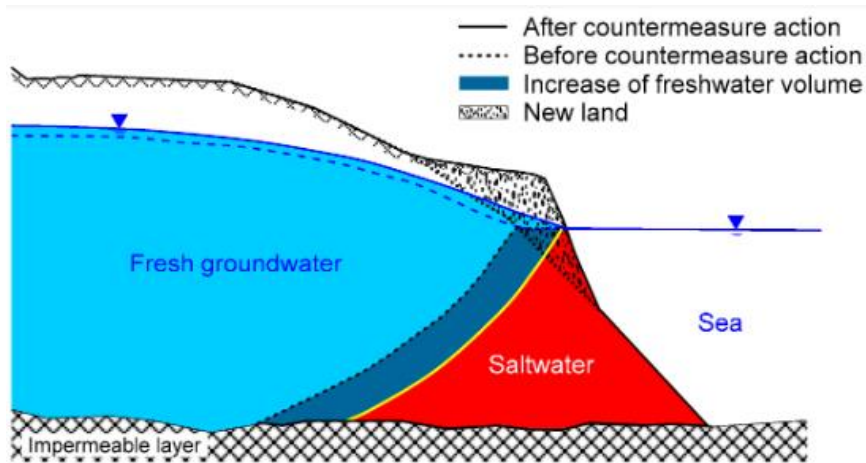


Figura 5.8: Arretramento del cuneo salino a seguito dello spostamento della linea di costa attraverso opere di rinterro (da “Management of Seawater Intrusione in Coastal Aquifer : A Review” – Mohammed S.Hussain et ali., Water 2019, 11(12), 2467; <https://doi.org/10.3390/w11122467>)

Analizzando gli elementi progettuali saliente del nuovo porto, si evidenziano una serie di opere che andranno a mitigare il fenomeno dell'intrusione salina; infatti, sono previste opere di rinterro lungo la costa, una serie di pali di fondazione (previsti per il terminal, per l'Hotel e per l'area dei Bilancioni) e per e lo stesso porto, mitigando il moto ondoso, può limitare l'intrusione salina durante gli eventi di mareggiata.

La presenza di aree sulle quali saranno effettuati i dragaggi, non comporta una criticità, in quanto le nuove profondità andranno a lambire il top dei livelli impermeabili (livelli limoso-argillosi), mantenendo quindi una perfetta separazione idraulica con la falda confinata presente all'interno delle ghiaie.

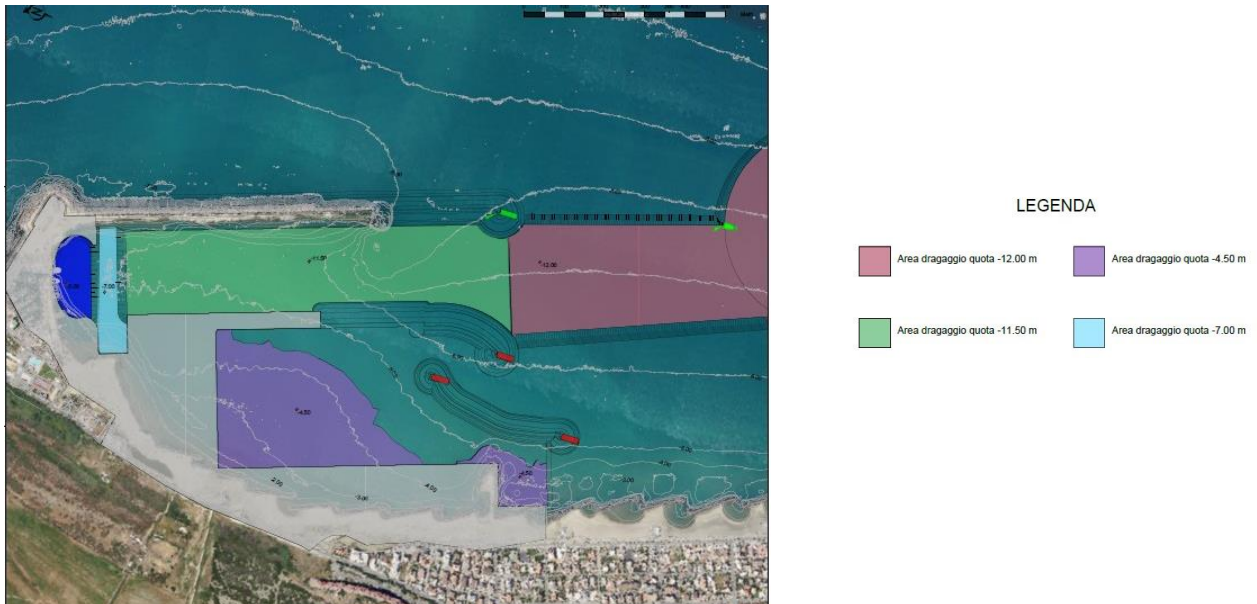


Figura 5.9: Planimetria dragaggi – reinterri di progetto

In conclusione, sulla base dei dati disponibili, non è possibile definire in termini quantitativi, l'intrusione salina nella falda in oggetto, tuttavia gli elementi progettuali per il nuovo porto, determineranno un miglioramento dell'intrusione salina e di conseguenza un arretramento del cuneo salino.

Si raccomanda, al fine anche di una migliore comprensione delle caratteristiche idrogeologiche sito specifiche, di predisporre, in sede di realizzazione delle opere, una rete di monitoraggio piezometrico con un numero minimo di piezometri pari a 3, localizzati a distanze maggiori rispetto alla costa, entro un massimo di 100 metri: i piezometri dovranno filtrare l'intero spessore saturo della falda freatica ed intestarsi all'interno del livello impermeabile limoso-argilloso.

Il programma di monitoraggio per i piezometri, deve prevedere per il primo anno, una misura mensile dei carichi idraulici e contestualmente l'esecuzione di log della conducibilità elettrica (con passo pari al metro), al fine di monitorare l'andamento dell'intrusione salina sito specifica.

6 PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

La zona di studio ricade interamente all'interno dell'area di pertinenza del Piano di Assetto Idrogeologico dell'appennino centrale ex PAI del Fiume Tevere, più in particolare nel Piano Stralcio per il Tratto Metropolitano del Tevere da Castel Giubileo alla Foce (PS5), approvato con DPCM del 3/5/2009 e a seguito dell'aggiornamento di giugno 2022. Lo stesso PAI coinvolge tutto il sedime a terra dell'area progettuale. Il progetto non si sviluppa su aree interessate da rischio idraulico a parte un'area marginale nella zona del faro e dell'attuale porticciolo che ricade aree a rischio R3 il quale ricade in un'area a rischio idraulico R3, precedentemente inserita in R2 (Figura 6.1).

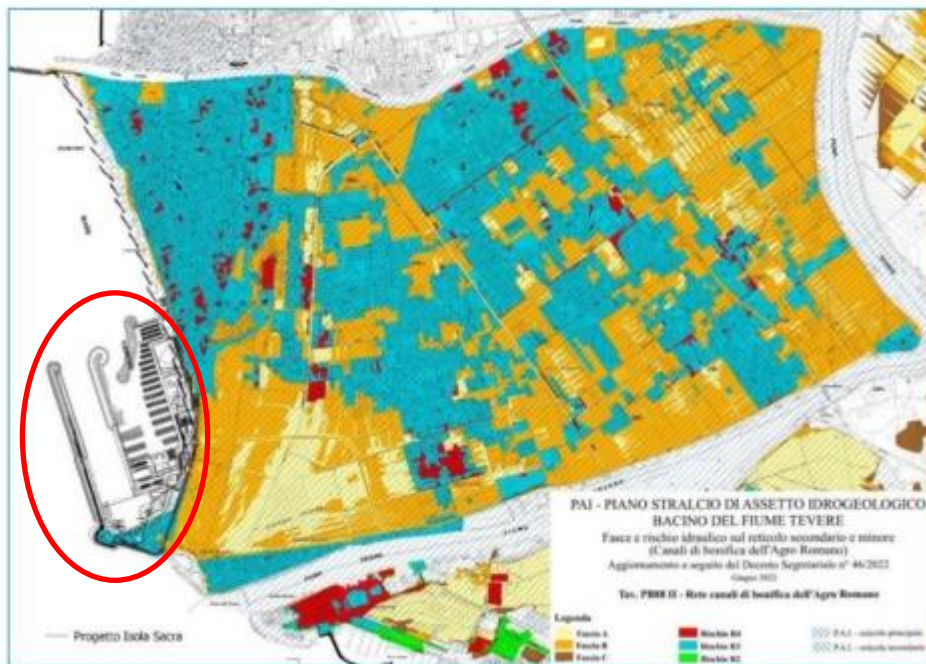


Figura 6.1: Stralcio carta del rischio esondativo del PAI Appennino centrale (Ex PAI Tevere) – 2022

Per quanto riguarda le cartografie della pericolosità del PAI l'area in esame ricade in aree caratterizzate da una bassa probabilità di eventi alluvionali.

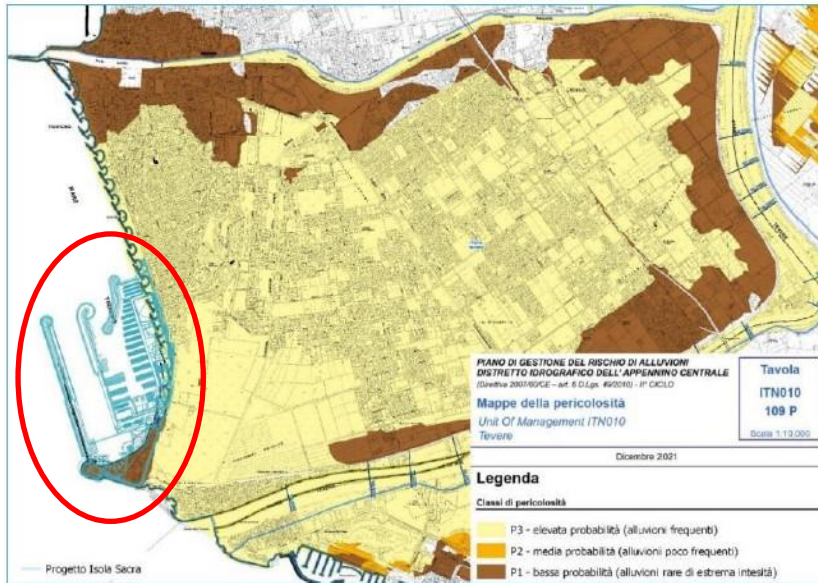


Figura 6.2: Stralcio carta della pericolosità di per eventi alluvionali del PAI Appennino centrale (Ex PAI Tevere)– 2021

Per maggiori dettagli rispetto alla compatibilità dell'intervento rispetto alle condizioni di rischio idraulico si rimanda alla Relazione di compatibilità idraulica (P0031150-D=-MP00-GI-REL-01_00) e alla relazione di compatibilità idraulica del reticolo minore (P0031150-D-0-MP00-GI-REL-02_00)

Si riporta inoltre uno stralcio della Carta Geomorfológica del territorio di Roma Capitale (Figura 6.3), in cui rientra l'area progettuale, redatta dal Dipartimento alle Politiche della Programmazione e Attuazione Urbanistica, nell'ambito del Piano Regolatore Generale sulla base dei dati del Piano Stralcio della Autorità di Bacino del Tevere.



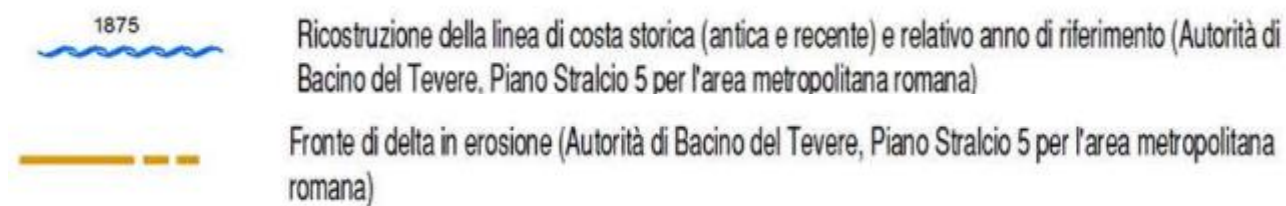


Figura 6.3: Stralcio carta geomorfologica del territorio di Roma Capitale (Ente Roma città metropolitana).

7 LA PRESENZA DI GAS NEL SOTTOSUOLO

La presenza di possibili sacche gassose interstiziali in profondità rappresenta un dato significativo strettamente connesso all'assetto stratigrafico dell'area di interesse. L'intera area deltizia tiberina è caratterizzata dalla presenza localizzata di sacche di gas, costituite principalmente da CO₂ e subordinatamente CH₄ e altre componenti, contenute generalmente in interstrati sabbiosi confinati all'interno degli strati argillosi e pelitici olocenici, o all'interno delle stesse ghiaie di base, normalmente a profondità maggiori di 30 m circa da p.c.. Manifestazioni di gas in superficie, oggetto anche di recente attenzione mediatica a scientifica (Ciotoli et al, 2013, Barberi et al. 2007), si sono avute nel corso di indagini o perforazioni geognostiche in mare aperto, poco fuori la costa di Fiumicino, o in aree urbane anche molto prossime al sedime aeroportuale, finanche nel corso di alcune indagini realizzate nel 2009 nell'area progettuale. La fuoriuscita di gas in pressione, causata dalla perforazione del tetto di copertura degli strati serbatoio, sovente ha mostrato tendenza a un rapido esaurimento; in altri casi è stato invece caratterizzato da pressioni considerevoli e getti di risalita duraturi. Alcune delle suddette manifestazioni gassose (generalmente più ricche in CH₄) potrebbero essere di natura organogena, legate all'accumulo di materiale organico nelle antiche aree lagunari retrocostiere, successivamente sepolte. In altre situazioni gli studi specialistici sembrano propendere per un'origine endogena profonda delle emanazioni gassose, eventualmente connesse alle manifestazioni dei Colli Albani e Sabatini, e prodotte da migrazioni dei fluidi interstiziali lungo i principali allineamenti morfostrutturali. Un recente studio (Maffucci, Ciotoli et alii, 2022) fornisce nuove informazioni sull'impostazione stratigrafica e tettonica dell'area e sui fattori geologici che controllano le emissioni di gas di origine naturale e antropica. Grazie a questo modello quindi è stato possibile realizzare mappe di pericolosità e potenziale rischio dell'area legate ad emissioni di gas (Figura 7.1).

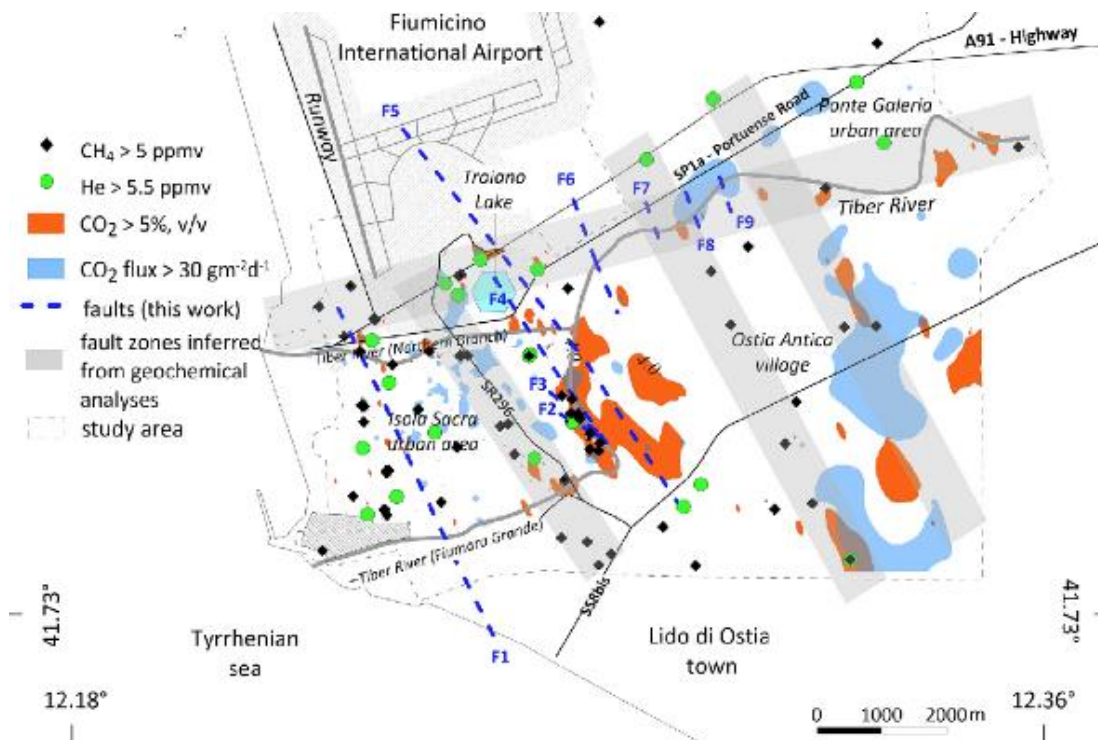


Figura 7.1: Mappa di pericolosità e rischio dell'emissione di gas (Maffucci, Ciotoli et alii, 2022)

8 SUBSIDENZA

I fenomeni della subsidenza sono storicamente noti nella piana di Fiumicino, e sono da ricondurre in primo luogo all'evoluzione litostratigrafica e morfodinamica dell'area indagata: il carico indotto da sedimenti alluvionali di evoluzione recente, prevalentemente fine e sovente torbosi, in un contesto deltizio in progressivo accrescimento provoca un accrescimento del cuneo di sedimenti, che sotto il proprio peso tendono a diminuire di spessore. Il fenomeno è ulteriormente amplificato in conseguenza del drenaggio e bonifica, che porta alla variazione dei carichi efficaci e alla consolidazione meccanica dei livelli saturi. Nell'area progettuale l'analisi dei cedimenti osservati è comunque da imputarsi principalmente agli incrementi di carico conseguenti la realizzazione di opere e infrastrutture, trasmessi ai sedimenti compressibili sottostanti. Sulla base delle analisi condotte per conto di Aeroporti di Roma finalizzate alla valutazione delle problematiche della subsidenza presso l'Aeroporto Leonardo da Vinci, rilevate attraverso l'analisi di dati radar satellitari e il monitoraggio periodico delle infrastrutture di terra (Studio Geotecnico Italiano, 2011) e confrontando i rilievi satellitari, riferiti ai periodi di osservazione 1992-2000 (sensori ERS) e 2003-2009 (sensori RSAT), con i risultati delle livellazioni topografiche di monitoraggio condotte da Aeroporti di Roma nel periodo dal 1998 al 2009, sono stati ottenuti i seguenti elaborati, in cui rientra l'area di progetto ed in cui si riportano le velocità medie annue dei punti di misura individuati al suolo: in rosso i cedimenti maggiori, in verde le zone stabili, in blu le eventuali zone di sollevamento (Figura 8.1).

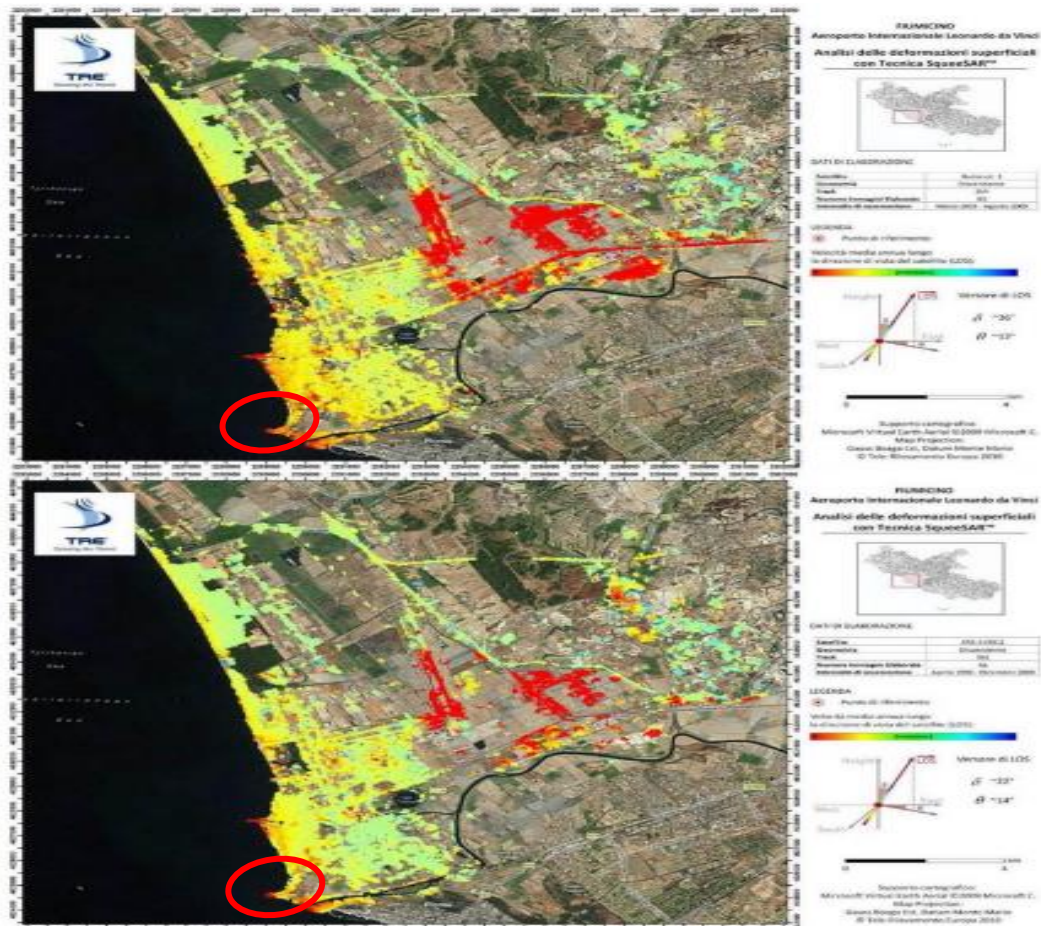


Figura 8.1: Velocità medie di subsidenza - in rosso i cedimenti maggiori, in verde le zone stabili, in blu le eventuali zone di sollevamento (SGI 2011).

9 SISMICITA'

9.1. SISMICITA' DELL'AREA ROMANA

Il Dipartimento della Protezione Civile (DPC) ha adottato, con ordinanza del Presidente del Consiglio n° 3274 del 20/03/2003, la nuova riclassificazione sismica nazionale con le nuove normative tecniche per gli edifici, i ponti e le opere di fondazione e sostegno dei terreni.

Il terremoto può trasmettere sia sollecitazioni dinamiche con fenomeni di amplificazione locale o dare luogo a fenomeni di instabilità dinamica con cedimenti, liquefazione e frane. Pertanto in fase di progettazione di opere in zone sismiche, è necessario partire dall'ipotesi di un "terremoto di progetto", basato sulla conoscenza della sismicità della zona.

Le caratteristiche geologiche e tettoniche sono in stretto contatto con quella che è l'attività sismica di un'area, sia in termini di intensità sia in termini di frequenza dei terremoti.

Le prime indicazioni di eventi sismici risalgono all'epoca romana, più tardi in pieno medioevo, si hanno notizie più precise, ma soltanto nell'ultimo secolo sono stati registrati in maniera scientifica.

In Figura 8.1 e 8.2 sono stati riportati gli effetti risentiti nel comune di Fiumicino, così come estratti dal DBMI14, il Database delle Osservazioni Macrosismiche dei Terremoti Italiani utilizzate per la compilazione del Catalogo Parametrico CPTI14 (sito internet: <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI14/>).

Gli unici eventi sismici importanti risentiti sono quello della campagna romana del 1985 in cui fu registrata una intensità massima risentita di VI grado MCS e quello della costa laziale del 2005 in cui fu registrata una intensità risentita a Fiumicino del V-VI grado MCS.

Dall'analisi di tali informazioni risulta che, nell'area di Fiumicino, la maggior parte degli eventi è compresa tra il secondo e il quinto grado della scala Mercalli-Sieberg, mentre soltanto raramente le scosse hanno raggiunto il sesto grado. L'elenco aggiornato al 1984 indica un numero di scosse pari a 42.

Tale attività sismica ha sede essenzialmente nella struttura profonda di questo settore dell'Italia Centrale ed è dovuta, presumibilmente, all'intensa fratturazione presente nel basamento carbonatico, causata dai movimenti compressivi e distensivi che hanno favorito l'instaurarsi dei fenomeni vulcanici.

L'attività sismica è concentrata nei territori di comuni dei Colli Albani e si presenta con un caratteristico sciame sismico del I° tipo di UTSU, distribuito uniformemente in sequenza ed intervallato da periodi di maggiore attività, con epicentri molto superficiali da poche centinaia di metri a qualche chilometro di profondità. La modesta profondità ipocentrale ha fatto sì che eventi di bassa e/o media magnitudo, compresa tra i 3 e i 5,2, abbiano causato sismi di intensità elevata fino al VII° della scala MS.

La frequenza degli eventi sismici e la modesta variazione della magnitudo all'aumentare del tempo di ritorno, fanno ritenere che la massima intensità registrata storicamente (VIII°MS), sia la massima compatibile in relazione alla struttura tettonica della regione.

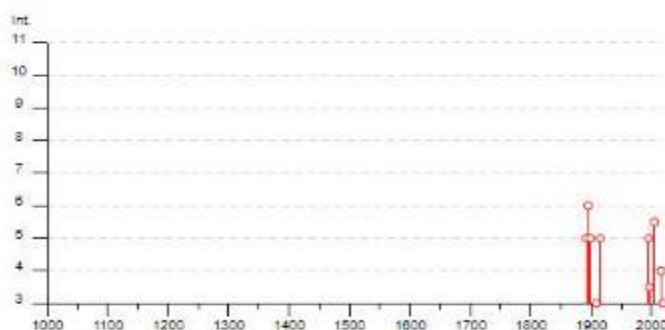


Figura 9.1: Distribuzione delle intensità risentite al sito (I_s) dei terremoti verificatisi nel comune di Fiumicino dal 1000 al 2002 (Banca dati INGV).

Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
5	1892	01	22				Colli Albani	81	7	5.14
6	1895	11	01				Campagna romana	94	6-7	4.83
5	1899	07	19	13	18	5	Colli Albani	122	7	5.10
NF	1901	04	24	14	20		Sabina	44	8	5.25
NF	1906	02	21	20	49		Colli Albani	42	5	4.08
3	1909	08	31	13	41		Roma	44	5	4.15
NF	1911	04	10	09	43		Colli Albani	79	6	4.74
5	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
5	1995	06	12	18	27	4	Campagna romana	125	5-6	3.79
3-4	1997	09	26	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
5-6	2005	08	22	12	02	0	Costa laziale	57	5-6	4.78
4	2016	10	26	19	18	0	Valnerina	77		6.07
3	2019	06	23	20	43	4	Colli Albani	40	5	3.76

Figura 9.2: Catalogo sismico di sito riferito al comune di Fiumicino. Dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2011. (I_0 =intensità epicentrale; M_w =magnitudo; I_s =intensità risentita al sito). (Banca dati INGV).

Le mappe probabilistiche della pericolosità sismica del territorio nazionale, fornite da INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>), esprimono lo scuotimento $a(g)$ (accelerazione orizzontale massima del suolo secondo OPCM 3519/2006) su una griglia regolare a passo 0.05° . Nel sito più prossimo a Fiumicino, secondo quanto risulta dall'analisi di disaggregazione delle elaborazioni eseguite, la magnitudo media attesa per eventi sismici con

probabilità di superamento del 5% in 50 anni – $T_r = 1000$ anni, è pari a 4.9 Mw, ad una distanza di 22 km dall'area di Fiumicino.

9.2. NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA

L'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 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", suddivide il territorio italiano in 4 zone sismiche con diversi livelli di accelerazione sismica di progetto. Secondo tale Ordinanza, come indicato nella figura che segue, il comune di Frosinone è stato identificato in zona 2.

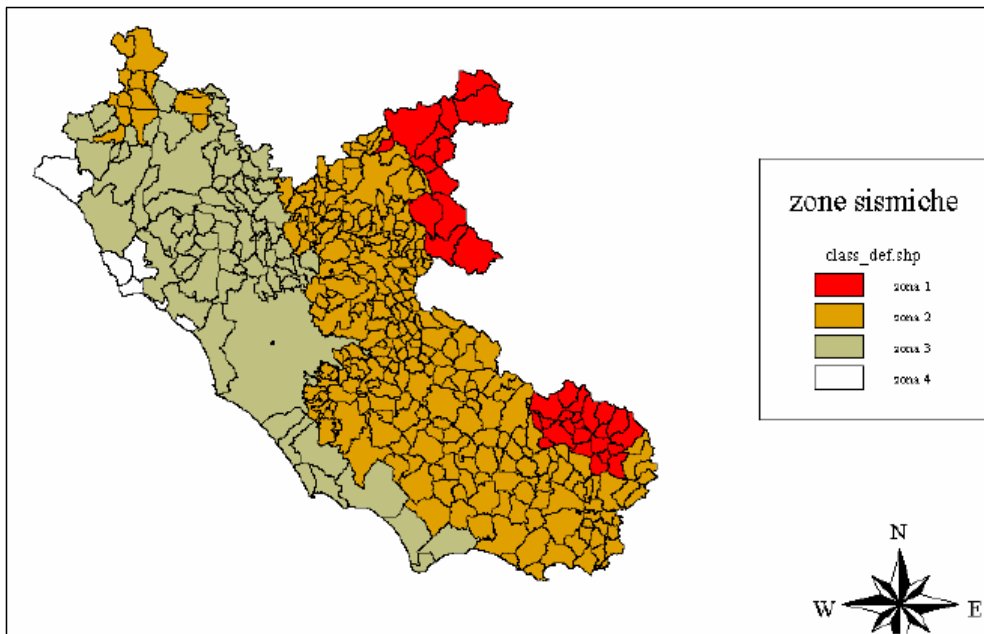


Figura 9.3: Nuova Classificazione Sismica della Regione Lazio proposta dal "GdL-Regione Lazio" secondo i "criteri" contenuti nell'Ordinanza P.C.M. – n. 3274 del 20.03.2003.

Nel corso del 2006 una nuova Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" - ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 quale riferimento ufficiale ed ha definito i criteri nazionali che ciascuna Regione deve seguire per l'aggiornamento della classificazione sismica del proprio territorio. Questo strumento normativo, per la prima volta, ha portato a valutare la classificazione sismica del territorio secondo parametri sismologici svincolati dal solo criterio politico del limite amministrativo utilizzato fino a quel momento.

Con Delibera 387 del 22 Maggio 2009 la Giunta Regionale del Lazio stabilisce una "Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 Aprile 2006 e della DGR Lazio 766/03". Secondo tale Delibera sono state istituite le sottozone sismiche 2A, 2B, 3A, e 3B ai fini pianificatori urbanistici, territoriali e di emergenza per l'esecuzione dei futuri studi di Microzonazione Sismica.

La nuova riclassificazione sismica si basa soltanto su 3 Zone sismiche a differenza delle 4 della precedente classificazione del 2003, con la scomparsa della zona sismica 4. La Zona Sismica 1, quella più gravosa in termini di pericolosità sismica, non presenta sottozone in quanto il valore di a_g previsto per il Lazio non giustifica ulteriori suddivisioni. Pertanto la creazione di sottozone ha interessato soltanto le zone sismiche 2 e 3, con la suddivisione in 4 sottozone sismiche (dalla 2A, ovvero la maggiore sottozona della zona sismica 2, fino alla sottozona sismica 3B, corrispondente alla sottozona meno pericolosa della zona sismica 3) come si evidenzia dalla Tabella 2. Nella Regione Lazio, infatti, i valori di accelerazione a_g dell'elaborato all'84° percentile dell'INGV-DPC sono compresi fra 0.278g e 0.062g, ai quali si possono correlare empiricamente soltanto tre zone sismiche e quattro sottozone escludendo, quindi, totalmente la zona sismica 4. Secondo tale Delibera il comune di Fiumicino interessato dal progetto in esame ricade in zona 3B.

ZONA SISMICA	SOTTOZONA SISMICA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g)
1		$0.25 \leq a_g < 0,278g$ (val. Max per il Lazio)
2	A	$0.20 \leq a_g < 0.25$
	B	$0.15 \leq a_g < 0.20$
3	A	$0.10 \leq a_g < 0.15$
	B	(val. min.) $0.062 \leq a_g < 0.10$

Comune	Nuova Zona sismica	Zona sismica ai sensi della OPCM 3274/03 e precedente DGR 766/03
Fiumicino	Zona 3B	Zona 3

Figura 9.4: Classificazione sismica del Comune di Fiumicino (DGRL 387/2009).

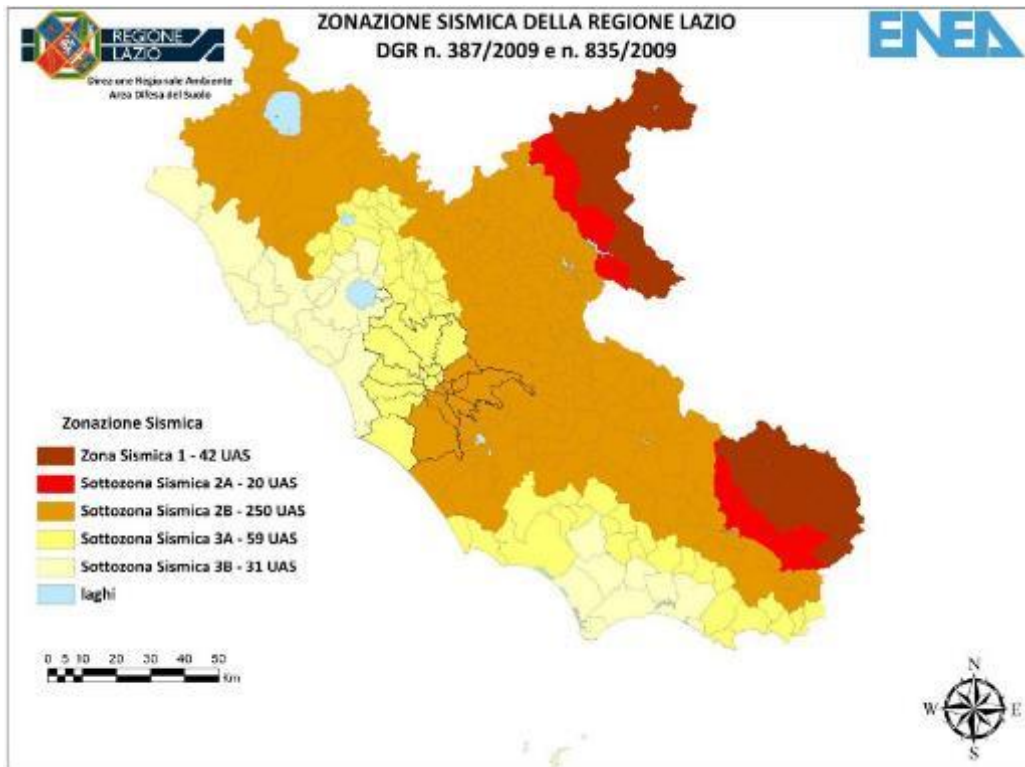


Figura 9.5: Nuova Classificazione Sismica della Regione Lazio secondo il DGR n. 387/2009 e n. 835/2009.

Alle Norme Tecniche per le Costruzioni elaborate dal Consiglio Superiore dei Lavori è allegato un documento sulla pericolosità sismica (allegato A), che prevede che l'azione sismica di riferimento per la progettazione venga definita sulla base dei valori di pericolosità sismica di base, più semplicemente chiamata pericolosità sismica.

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle N.T.C., dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale. Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento; cfr. Figura 5, Tr 475 anni), i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni).

La Figura che segue riporta i valori di pericolosità sismica secondo l'OPCM 3519 del 28 aprile 2006, All. 1b per l'area in esame. Nella mappa vengono rappresentati i valori medi (con deviazione standard) corrispondenti ad una

probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni) della PGA (acronimo di Peak Ground Acceleration). Dalla figura è possibile evincere che l'area in oggetto ha una PGA dell'ordine di 0.050 - 0.100g.

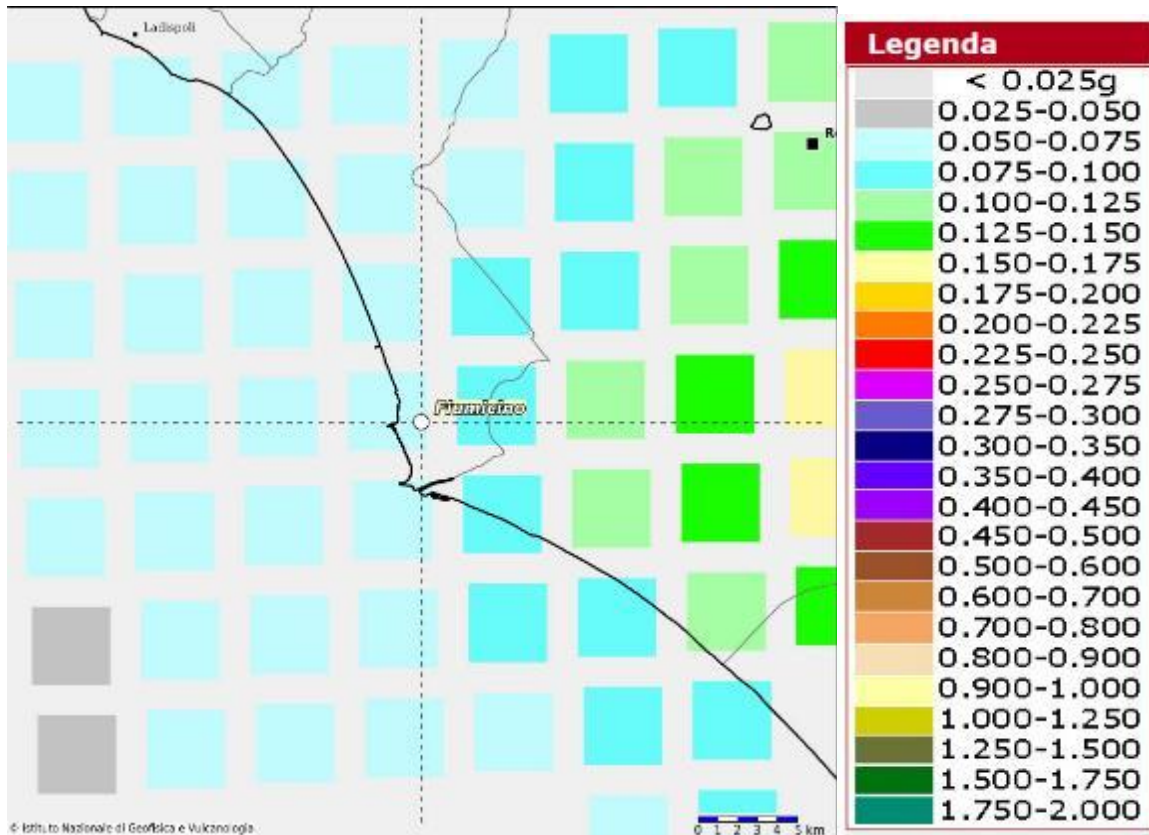


Figura 9.6: Valori di pericolosità sismica (OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b) espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, punto A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005 (Banca dati INGV).

9.3. CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI IN BASE ALLA VS

La nuova normativa sismica italiana O.P.C.M. n. 3274/2003 e successive modifiche ed integrazioni, la normativa tecnica europea (Eurocodici EC 7 e EC 8) e le più avanzate normative internazionali, attribuiscono la giusta importanza alla caratterizzazione sismica del terreno su cui dovranno essere realizzate opere di qualunque natura (edifici residenziali e industriali, opere di sostegno e di stabilizzazione di versanti, rilevati stradali, opere infrastrutturali, argini, dighe e opere idrauliche, gallerie, ponti e opere strutturali di grandi dimensioni).

La caratterizzazione del terreno dal punto di vista sismico in particolare e dinamico in generale, richiede come elemento indispensabile la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio V_s degli strati di terreno presenti

nel sito, fino alla profondità di almeno 30 m dal piano campagna, secondo quanto richiesto dalle sopracitate normative. Il profilo delle onde di taglio Vs nei primi 30 m di profondità risulta necessario per:

- valutare l'azione sismica di progetto al livello delle fondazioni di qualunque struttura
- valutare il rischio di liquefazione del terreno in sito
- valutare rischi di instabilità dei pendii e/o delle opere di sostegno
- valutare i cedimenti dei rilevati stradali, delle opere di sostegno, delle fondazioni degli edifici

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio Vs è possibile determinare una velocità equivalente rappresentativa del sito in esame, che consente di classificare il sito secondo la nuova normativa sismica italiana o secondo la normativa europea Eurocodice 8.

Il calcolo della Vs equivalente viene eseguito utilizzando la seguente formula:

dove:

- hi spessore dell'i-esimo strato
- Vsi velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato
- N numero di strati

-H profondità del substrato definito come terreno molto rigido, caratterizzato da Vs non

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

quella formazione costituita da roccia o inferiori a 800 m/sec

La classificazione si effettua sulla base dei propagazione delle onde di taglio entro i primi

nel caso si sia in presenza di un substrato sismico ($v_s > 800$ m/sec) a profondità inferiori di 30 m. Per le fondazioni superficiali tale profondità è riferita al piano d'imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni la profondità è riferita al piano d'imposta della fondazione.

valori della velocità equivalente Vs di 30 m di profondità o entro profondità inferiori

In data 17 gennaio 2018 è stato pubblicato il decreto del Ministero delle infrastrutture dei trasporti n. 8/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni" entrato in vigore il 22 marzo 2018 che ha leggermente modificato le categorie eliminandone alcune e prevedendo che nei casi in cui le condizioni di sottosuolo non siano classificabili nelle categorie A,B,C,D ed E è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica

Classificazione del tipo di suolo secondo le Nuove NORME tecniche sulle costruzioni

NTC 17/01/2018

Suolo	Descrizione geotecnica	Vs30(m/s)
-------	------------------------	-----------

RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA

P0031150-D-0-MP00-GI-REL-03_00

A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori ad 800 m/sec eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessori massimo pari a 3 m	>800
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 fra 360 e 800 m/sec.	360÷800
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 equivalenti compresi fra 180 e 360 m/sec	180÷360
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 fra 100 e 180 m/sec	100÷180
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D con profondità del substrato non superiore a 30 m.	

Nell'area in esame sono state eseguite le seguenti indagini geofisiche :

- N. 1 prospezione down hole nel foro del sondaggio ST14 della campagna del 2014
- N. 2 prospezioni masw eseguite nella campagna del 2023

Nella tabella che segue si riportano i risultati delle sopraelencate indagini che non hanno mai incontrato il substrato sismico entro la profondità di mt 30 dal p.c.

PROVA	Vs30 = Vseq	Classificazione secondo NTC 17/01/2018
MASW 1	VsEq = 238 m/s	C
MASW 2	VsEq = 209 m/s	C
S1-14 DH	VsEq = 207 m/s	C

In generale i valori di velocità delle onde S emersa dalla prova Down Hole sono risultate tendenzialmete più basse di quelle valutate dalle prove Masw. In accordo con i progettisti geotecnici sono state eseguite anche una serie di correlazioni con i risultati delle numerose prove penetrometriche continue eseguite che hanno consentito di valutare, per i litotipi argillosi presenti al letto della unità sabbiosa, valori di velocità delle onde S più bassi di quelli emersi dalla indagini geofisiche masw e simile a quelli emersi dalla prova Down hole. Tali valutazioni hanno spinto il gruppo di progettazione ad adottare una scelta progettualmente più cautelativa assumendo una categoria del sito e dei suoli di tipo D.

Nell'ambito delle attività sono state eseguite anche tre valutazioni di risposta sismica locale relative rispettivamente

- Al modello stratigrafico della prova down hole eseguita nelle vicinanze del faro
- Al modello stratigrafico delle due prove masw eseguite sulla costa
- Al modello geologico adottato di un suolo di categoria D

Per i risultati delle valutazioni di risposta sismica locale si rimanda allo specifico elaborato(P0031150DOMP00GIREP0200).

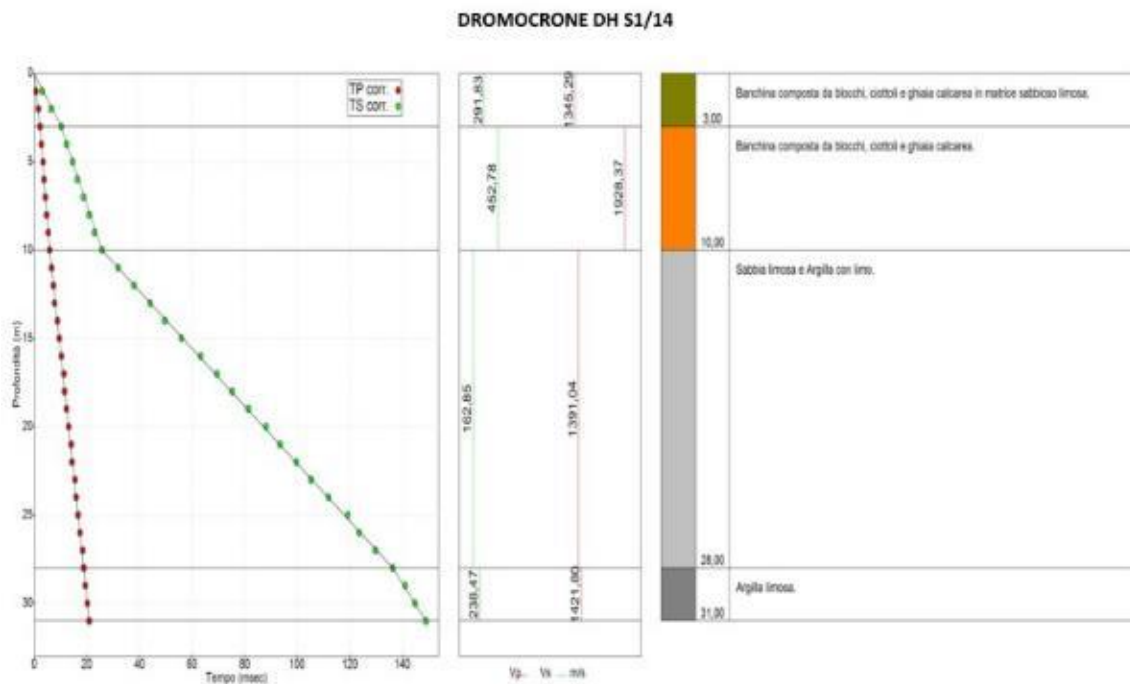


Figura 9.7: Risultati prova Down hole St1-14 (campagna 2014)

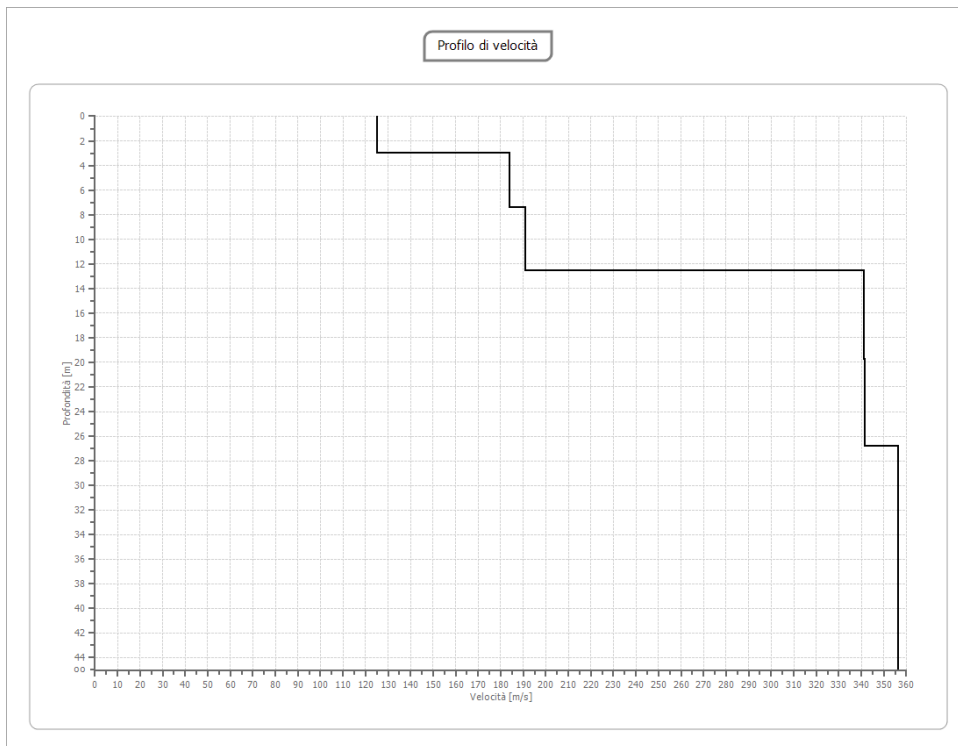


Figura 9.8: Risultati prova Masw 1 (campagna 2023)

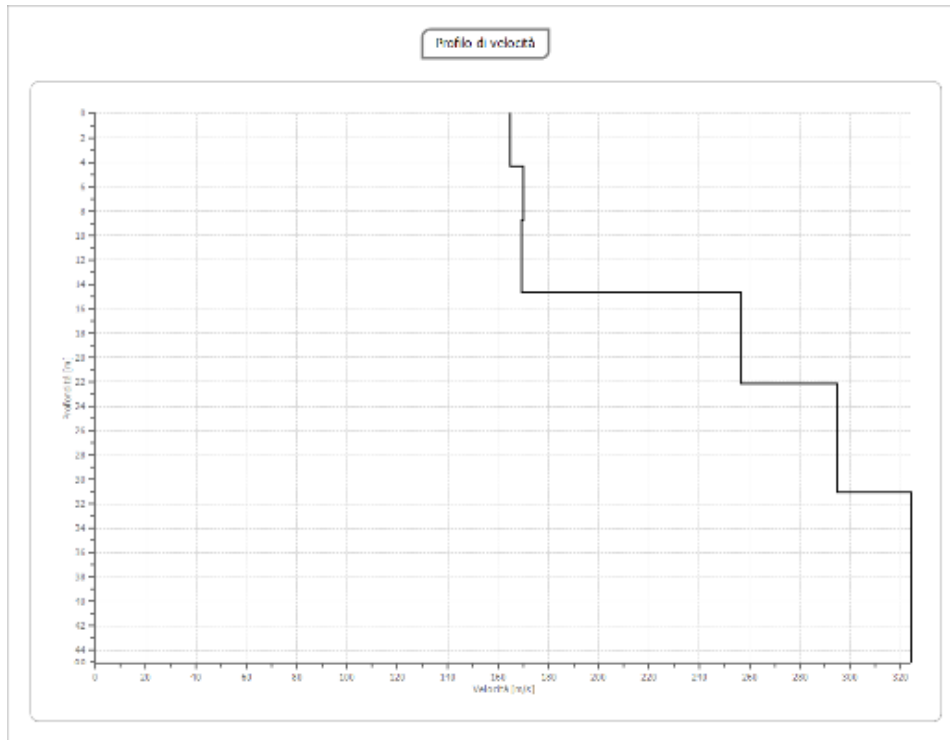


Figura 9.9: Risultati prova Masw 2 (campagna 2023)

9.4. COEFFICIENTE TOPOGRAFICO

La normativa prevede che per condizioni topografiche complesse debbano essere predisposte specifiche analisi di risposta sismica locale mentre per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione .

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

Le su descritte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste e dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza superiore a 30 m.

La morfologia dell'area in esame consente di identificare una categoria topografica T1 in funzione della quale si valuta un coefficiente di amplificazione topografica S_t uguale ad 1.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S _T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

9.5. MICROZONAZIONE SISMICA DI I LIVELLO

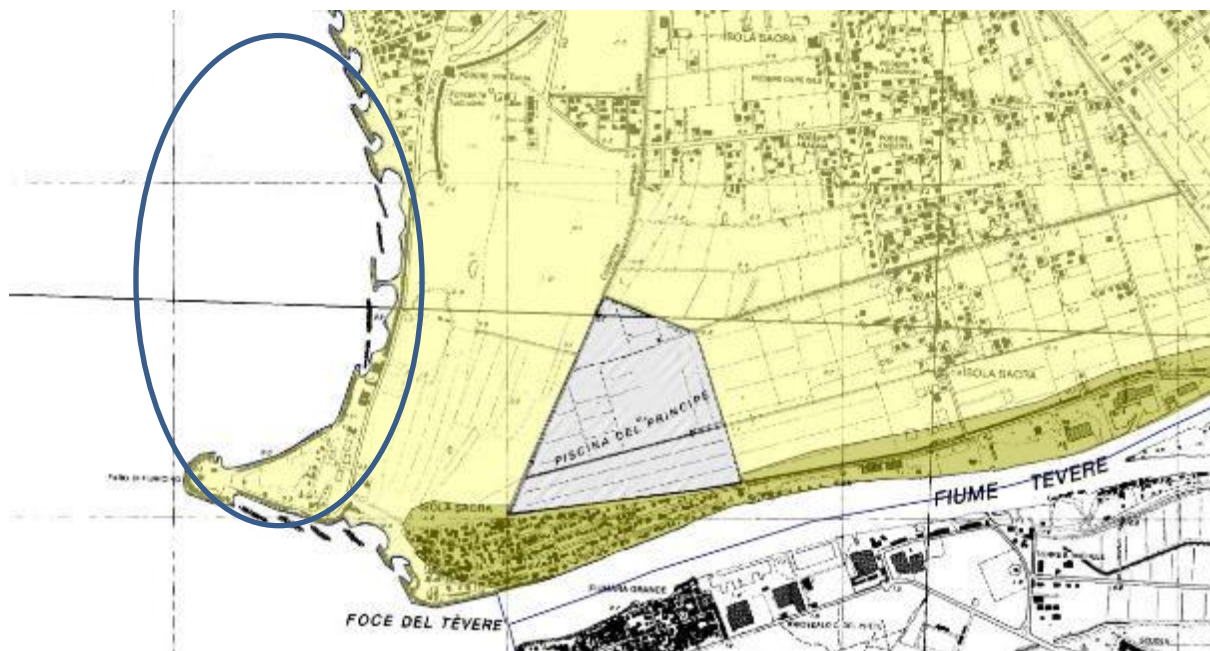
Il territorio del comune di Fiumicino è stato interessato, da uno studio di Microzonazione sismica di I livello eseguito dai Geol Pio Sella, Luca Mengarellie Francesco M Botti dello studio Geomagellan e successivamente validato dalla regione Lazio.

Tale studio ha consentito di elaborare la "carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica". Tale elaborato fa ricadere l'area in esame in una area stabile ma suscettibile di amplificazioni sismiche locali.

Di seguito si riporta uno stralcio della suddetta carta con un estratto della legenda originaria

RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA

P0031150-D-0-MP00-GI-REL-03_00



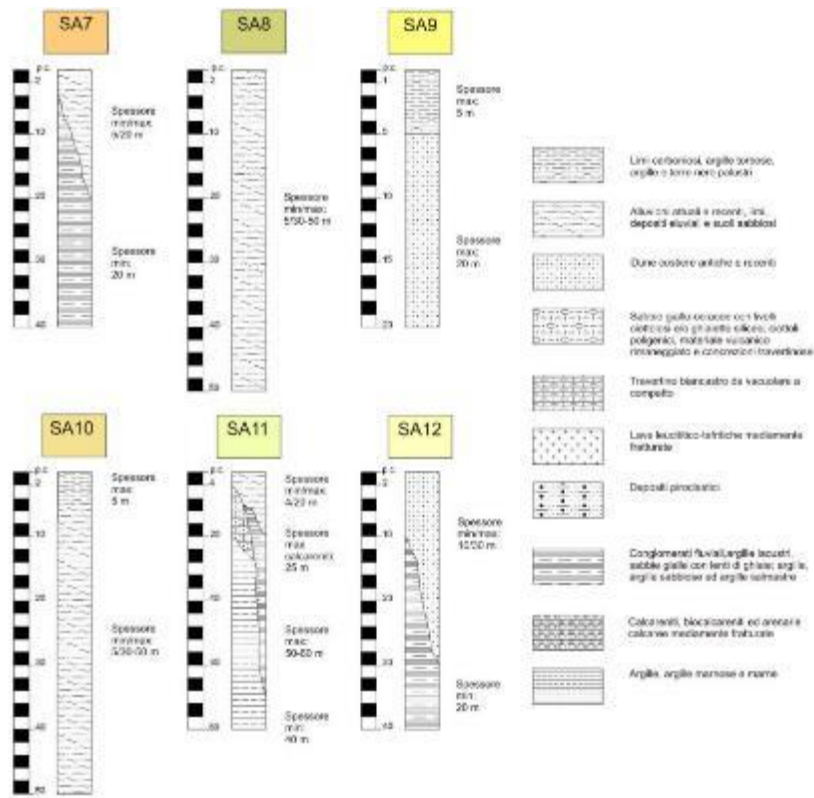


Figura 9.10: Stralcio carta delle MOPS – Studio Geomagellan

BIBLIOGRAFIA

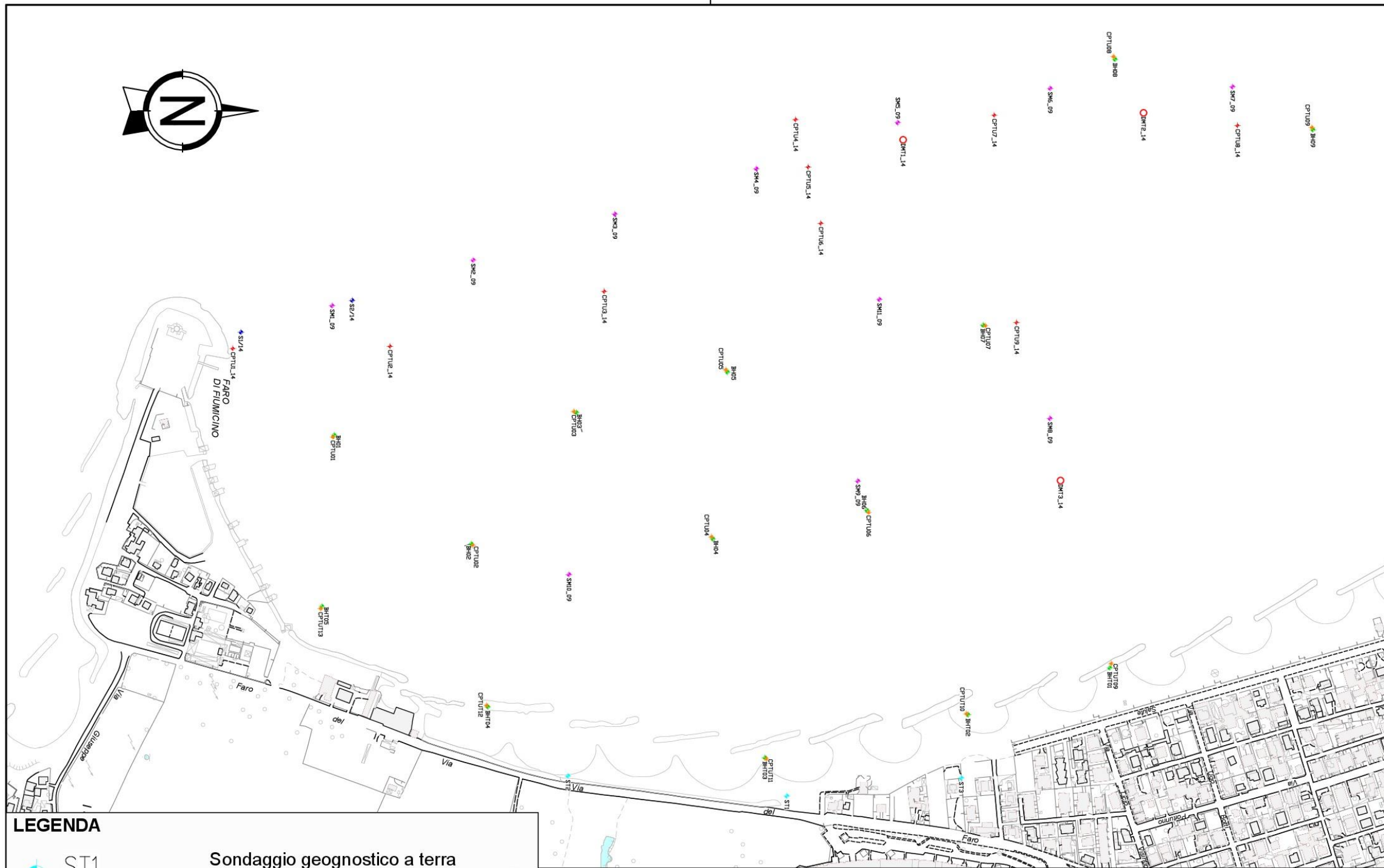
- [1] Amenduni G. (1884). *Sulle opere di bonificazione della plaga litoranea dell'agro romano che comprende le paludi e gli stagni di Ostia, Porto, Maccarese e delle terre vallive di Stracciacappa, Baccano, Pantano, Lago dei Tartari*. Tip. Eredi Botta, 1884 - Tavola 1. Estratto da Archivio Storico Capitolino (<http://www.archiviocapitolinorisorsedigitali.it/>)
- [2] A., Milli, S., 2001. Late Quaternary depositional architecture of Po and Tevere river deltas (Italy) and worldwide comparison with coeval deltaic successions. *Sedimentary Geology* 144.
- [3] APAT (2005). Progetto IFFI. *Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia*. <http://www.ispra.it> Autorità di Bacino del Tevere (2012).
- [4] Piano di Assetto Idrogeologico del Fiume Tevere - Piano Stralcio per il Tratto Metropolitano del Tevere da Castel Giubileo alla Foce (PS5). *Relazione di Sintesi- Tav. P5cf_2: Fasce fluviali e Zone di Rischio*. Autorità dei Bacini Regionali del Lazio (2012).

- [5] Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico. Tav. 2_11-Nord: Arre sottoposte a tutela per dissesto idrogeologico.
- [6] Barberi F. Carapezza M.L., Ranaldi M. Tarchini L (2007). Gas blowout from shallow boreholes at Fiumicino (Rome): induced hazard and evidence of deep CO₂ on the Thyrrenian margin of Central Italy. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 165, 17-31.
- [7] Barrella M., Tesi Laurea Magistrale in Geologia Applicata all'Ingegneria, al Territorio e ai Rischi, "Integrazione di dati stratigrafici e di interferometria satellitare per lo studio dei fenomeni di subsidenza nella piana di Fiumicino", 2014.
- [8] Bellotti P., Carboni M. G., Milli S., Tortora P. & Valeri P. (1989). La piana deltizia del Fiume Tevere: analisi di facies ed ipotesi evolutiva dall'ultimo low stand glaciale all'attuale. *Giornale di Geologia*, 51,71-91.
- [9] Bellotti P., Caputo C., Ciccacci S., De Rita D., Donati S., Fredi P., Funiciello R., La Monica G. B., Landini B., Marra F., Milli S., Parotto M. & Pugliese F. (1997). Fundaments for a geomorphological overview on Roma and its surroundings. *Supplementi di Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, III (2), 105-121.
- [10] Bellotti P., Sedimentologia ed evoluzione olocenica della laguna costiera presente un tempo alla foce del Tevere, *Atti del X Congresso A.I.O.L., Allassio, 1992.*
- [11] Bellotti P., Tortora P., Il delta del Tevere: lineamenti batimetrici, morfologici e tessiturali della conoide sommersa e delle aree limitrofe, *Boll. Soc. Geol. It.* 104, 1985.
- [12] Bellotti P., Biagi P.F., Tortora P., Valeri P., Il delta del Tevere: caratteri morfologici e sedimentologici della piana deltizia, *Giornale di Geologia*, ser. 3a, vol. 49/1, 1987.
- [13] Bellotti P., Milli S., Tortora P., Valeri P., Physical stratigraphy and sedimentology of the Late Pleistocene-Holocene Tiber Delta depositional sequence, *Sedimentology* (1995) 42.
- [14] Bellotti P., Calderoni G., Carboni M. G., Di Bella L., Tortora P., Valeri P., Zernitskaya V., Late Quaternary landscape evolution of the Tiber River delta plain (Central Italy): new evidence from pollen data, biostratigraphy and C dating, *Z. Geomorph. N. F.*, 00/4, Berlin-Stuttgart, december 2007.
- [15] Belluomini G., Iuzzolini P., Manfra L., Mortari R., Zalaffi M., Evoluzione recente del delta del Tevere, *Geologica Romana*, 25 (1986), Roma.
- [16] Boni C.F., Bono P., Capelli G. (1986). Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale. *Mem. Soc. Geol. It.* , 35 (2): 991-1012. Capelli G., Mazza M., Gazzetti G. (2005). Strumenti e strategie per la tutela e l'uso compatibile della risorsa idrica nel Lazio. Gli acquiferi vulcanici. Pitagora Editrice Bologna.
- [17] Capelli G, Mastrorillo L, Mazza R, Petitta M (2012). Carta delle Unità Idrogeologiche della Regione Lazio, scala 1:250.000. Tav. III
- [18] Capelli G. e Mazza R. Papiccio C. (2007). Intrusione salina nel Delta del Fiume Tevere. *Geologia, Idrologia e idrogeologia del settore romano della piana costiera Giornale di geologia Applicata* 5(2007)

- [19] Capelli G. e Mazza R. (2008). Intrusione salina nel Delta del Fiume Tevere. Evoluzione del fenomeno nei primi anni del terzo millennio. Memorie descrittive della carta Geologica d'Italia Volume LXXX Parte seconda, 237- 260
- [20] Caputo et Alii, Physiographic characteristics and dynamics of the shores of Roma (Italy), In Proceeding of the first International Conference of Geomorphology, Part. I, Editor: V. Giardino International Geomorphology, 1987.
- [21] Ciotoli G., Etiope G., Florindo F., Marra F., Ruggiero L., Sauer P.E. (2013). Sudden deep gas eruption nearby Rome's Airport of Fiumicino. Geophysical Research Letters. Vol 40, 1-5.
- [22] Comune di Fiumicino (2012). Microzonazione sismica di Livello 1 (Dgr 545/2010). Relazione.
- [23] Conato V., Esu D., Malatesta A., Zarlenga F., New data on the Pleistocene of Rome, Quaternaria XXII, 1980, Roma.
- [24] Dai Pra G., Le linee di costa tirreniane del litorale laziale dal fiume Tevere a Tarquinia, Geologia Applicata e Idrogeologia (1978), 13.
- [25] Dragone F., Maino A., Malatesta A. & Segre A. G. (1967), Note illustrative del foglio 149 Cerveteri, Serv. Geol. d'It., 93 p., Roma.
- [26] Feroci M., Funicello R., Marra F., Salvi S., Evoluzione tettonica e paleogeografica plio-pleistocenica dell'area di Roma, Il Quaternario 3 (2), 1990.
- [27] Funicello R., Parotto M., Il substrato sedimentario nell'area dei Colli Albani: considerazioni geodinamiche e paleografiche sul margine tirrenico dell'Appennino centrale, Geologica Romana 17, 1978.
- [28] Giraudi C. (2004): Evoluzione tardo olocenica del Delta del Tevere. il Quaternario, 17(212), 2004, 477-492
- [29] Gruppo di Lavoro (1999). Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale. Ingegneria Sismica, 16, 1, 5-14
- [30] INGV - DISS Working Group (2010). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas (<http://diss.rm.ingv.it/diss/>)
- [31] INGV (2004). Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica. Rapporto conclusivo.
- [32] INGV - (a cura di) Locati M., Camassi R., Stucchi E. (2011). DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>)
- [33] INGV (2013). ISIDE (Italian Seismic Instrumental and parametric Data-basE. (<http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/index.jsp>)
- [34] Ibanez, C., Pont, D. and Prat, N. 1997. Characterization of the Ebre and Rhone estuaries: A basis for defining and classifying salt-wedge estuaries. Limnol. Oceanogr. 42: 89-101 -

-
- [35] SPRA (2011). Progetto ITHACA - Catalogo delle faglie capaci <http://www.isprambiente.gov.it/>
- [36] Manassero M., Dominijanni A., Riqualfica strutturale di un sistema di piste aeroportuali, Rivista Italiana di Geotecnica 3/2010
- [34] Marra F., Stratigrafia e assetto geologico-strutturale dell'area romana tra il Tevere e il Rio Galeria, Geologica Romana 29, 1993.
- [35] Mazza R., Mastrorillo L., Manca F. (2013). Idrogeologia del delta del Tevere. <http://romatevere.hypotheses.org/237>
- [36] Milli S. (1997) - Depositional setting and high-frequency sequence stratigraphy of the Middle-Upper Pleistocene to Holocene deposits of the Roma Basin. Geologica Romana 33, 99-136.
- [40] Milli S., Depositional setting and high-frequency sequence stratigraphy of the middle-upper Pleistocene to Holocene deposits of the roman basin, Geologica Romana 33, 1997.
- [37] Milli S. et.al., The transition from wave-dominated estuary to wave-dominated delta: The Late Quaternary stratigraphic architecture of Tiber River deltaic succession (Italy), Sedimentary Geology (2013).
- [38] Palombo M.R., Milli S., Carlo R. (2003-2004). Remarks on the Bbiochronology of the late middle Pleistocene Mammalian Faunal Complexes of the Campagna Romana (Latium, Italy). Geologica Romana 37, 135-143
- [39] Rattray, M. Jr and Mitsuda, E. 1974. Theoretical analysis and conditions in a salt wedge. Estuarine and Coastal Marine Science 2: 375-394
- [40] Santarelli G. (1887). Planimetria generale del delta del Tevere con indicazione dei canali progettati dall'Ing. Canevari. Tavola 2, in " Le bonifiche di Ostia e Maccarese". Estratto da Archivio Storico Capitolino (<http://www.archiviocapitolinorisorsedigitali.it/>)
- [41] Ventriglia U., Geologia del territorio del Comune di Roma, a cura dell'Amministrazione Provinciale di Roma, Roma, 2002.

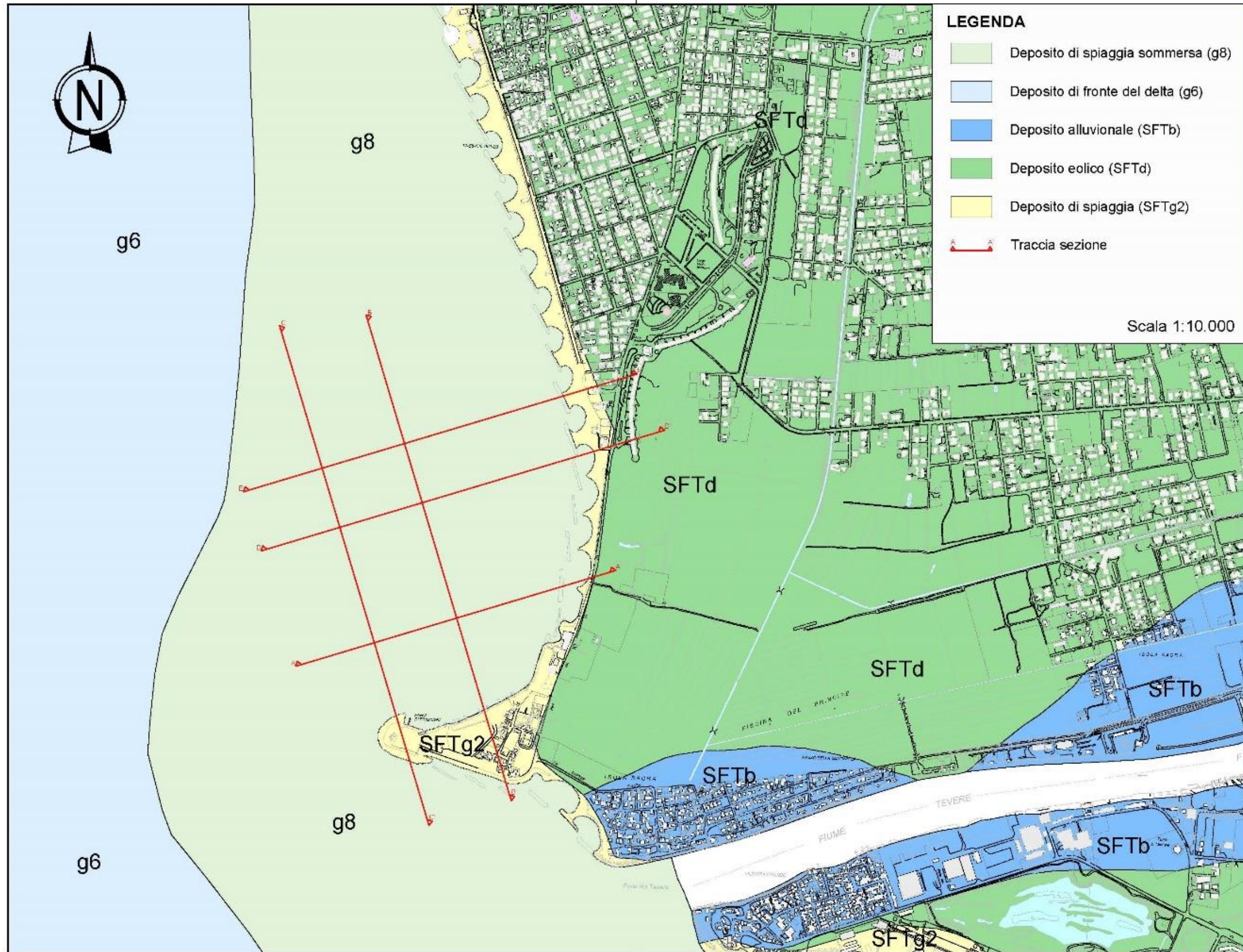
**APPENDICE A: CARTA UBICAZIONE INDAGINI, CARTA GEOLOGICA, CARTA GEOMORFOLOGICA, CARTA IDROGEOLOGICA,
CARTA DELLE ACCLIVITA', SEZIONI GEOLOGICHE (A-A'/B-B'/C-C'/D-D'/E-E')**



LEGENDA

- | | | | | | |
|---|---------|--|---|----------|--|
|  | ST1 | Sondaggio geognostico a terra
Campagna 2009 |  | CPTU9_14 | Prova penetrometrica statica a mare
Camoagna 2014 |
|  | SM8_09 | Sondaggio geognostico a mare
Campagna 2009 |  | CPTUT11 | Prova penetrometrica statica a mare
Campagna 2022 |
|  | S2/14 | Sondaggio geognostico a mare
Campagna 2014 |  | BHT03 | Sondaggio geognostico a mare
Campagna 2022 |
|  | DMT3_14 | Prova dilatometrica a mare
Camoagna 2014 | | | |

Scala 1:5.000



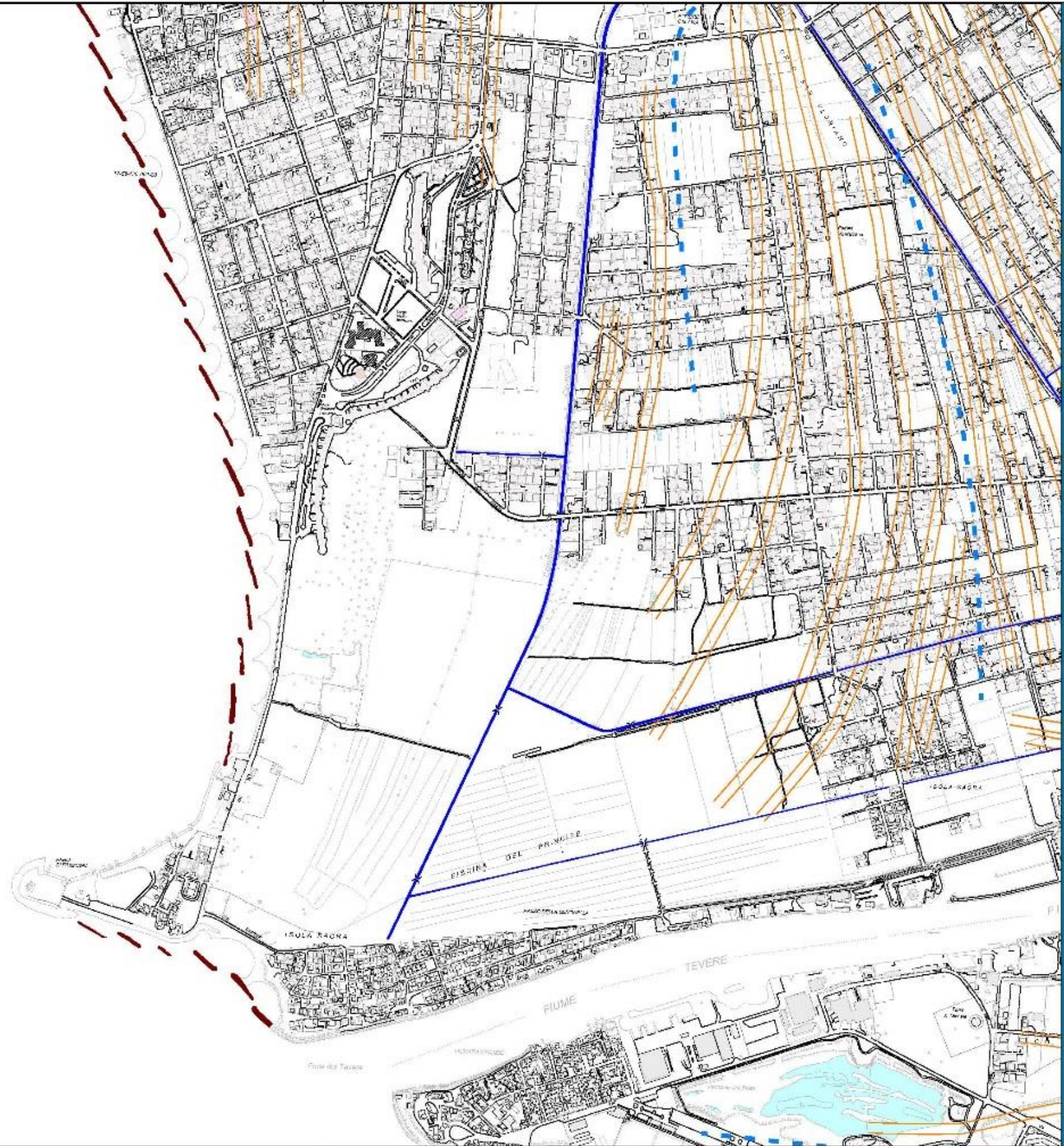
CARTA GEOLOGICA



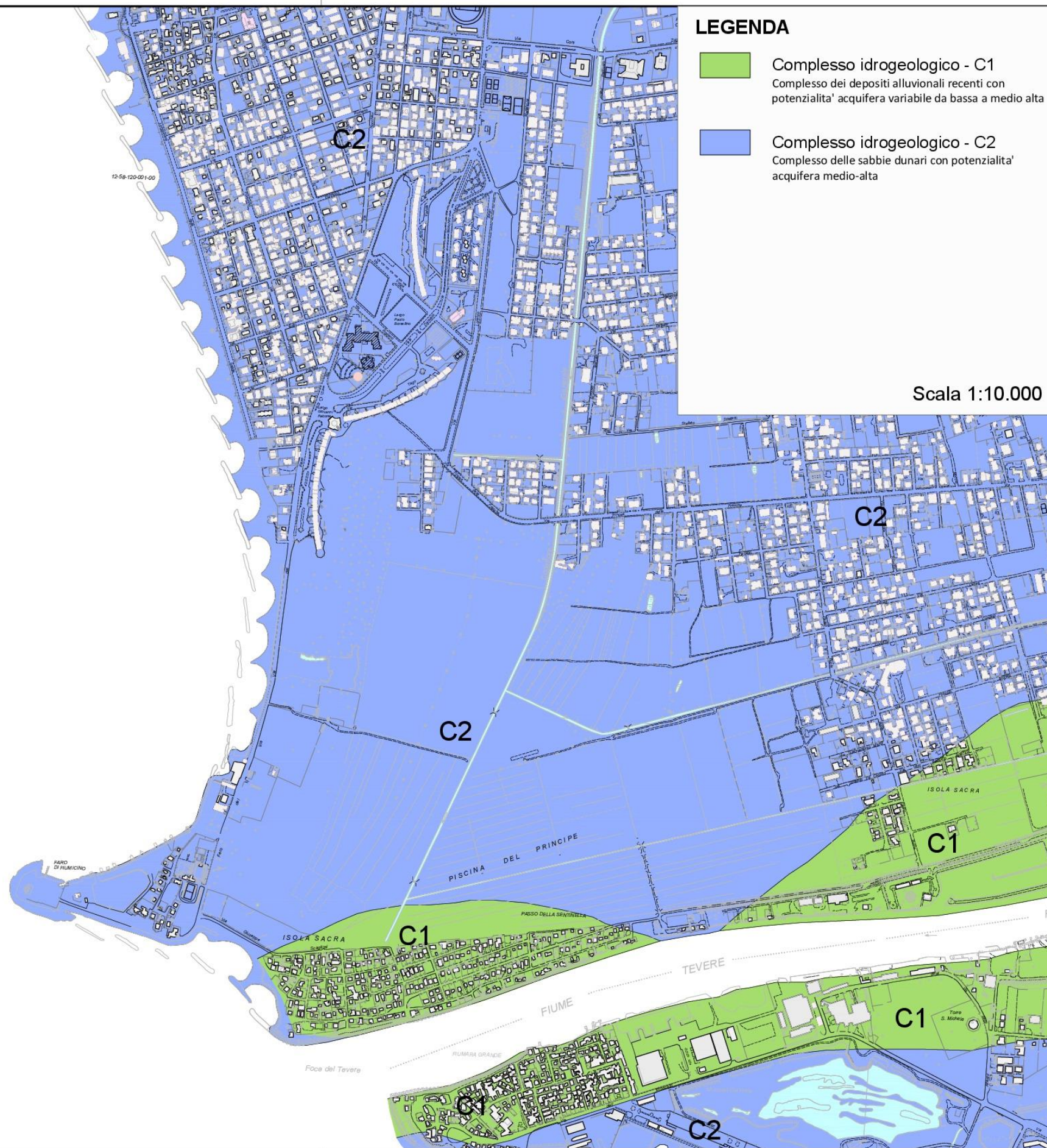
LEGENDA

-  Allineamento di dune
-  Reticolo idrografico principale (Collettori)
-  Evidenza morfologica di antica linea di costa
-  Opera di difesa longitudinale emergente distaccata

Scala 1:10.000



CARTA GEOMORFOLOGICA



CARTA IDROGEOLOGICA



LEGENDA

PENDENZA (%)

0% - 10%

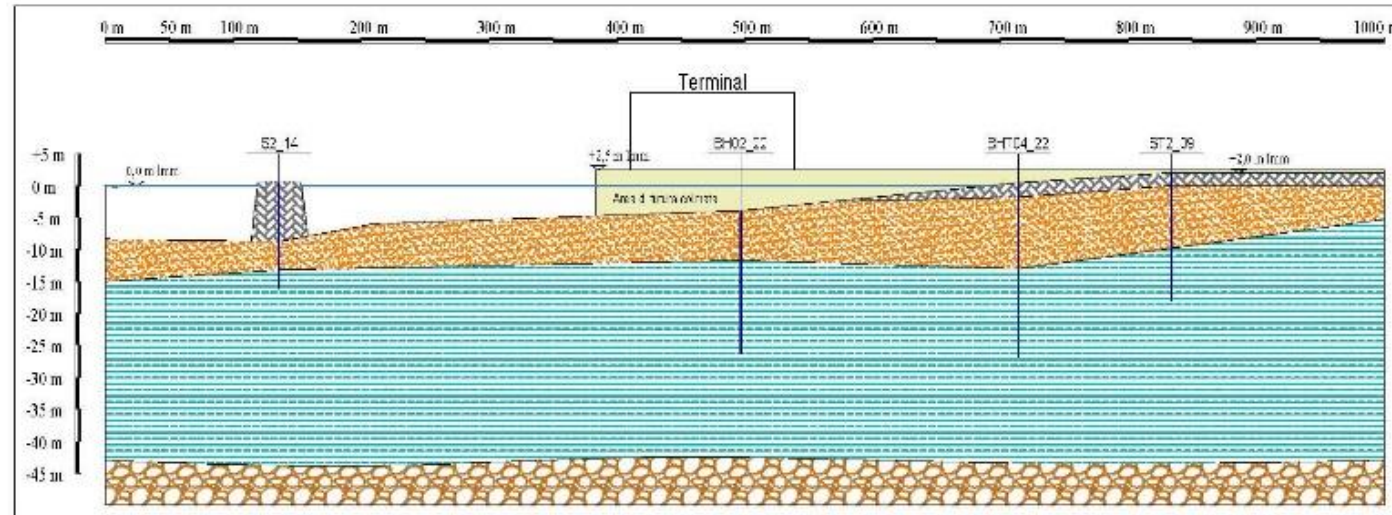
Scala 1:10.000

CARTA DELLE ACCLIMITA'

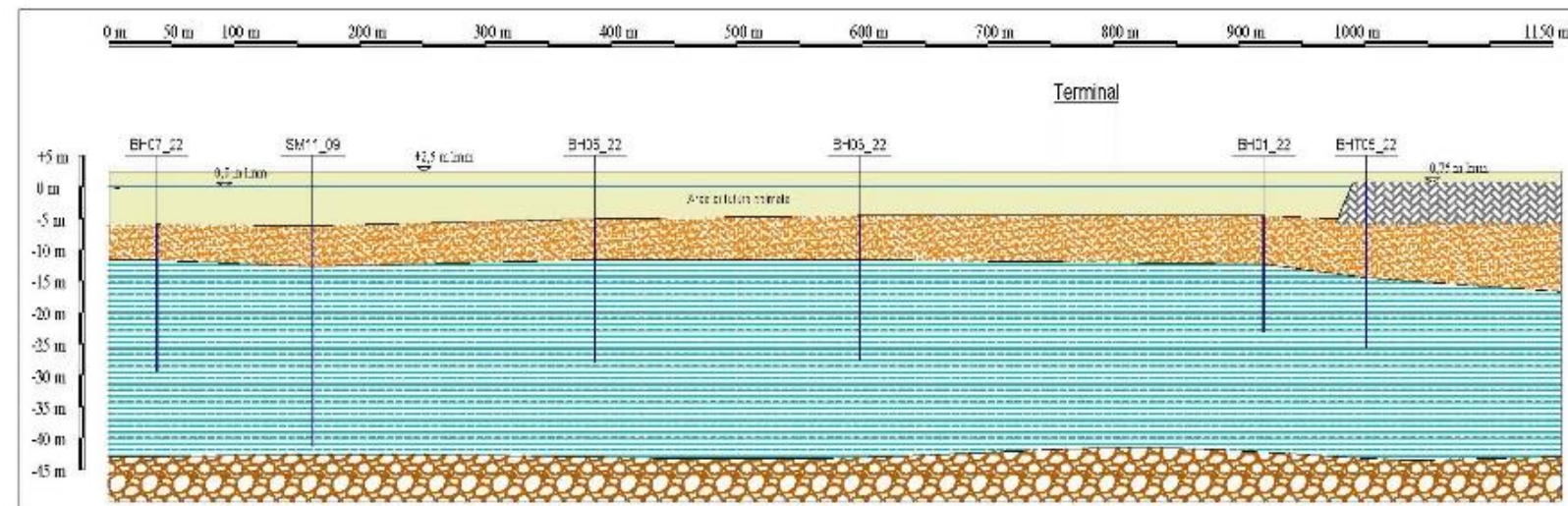
LEGENDA

-  Depositi antropici
-  Depositi sabbiosi di spiaggia emersa e sommersa
-  Argille e limi
-  Ghiaie

SEZIONE A-A' (Terminal)



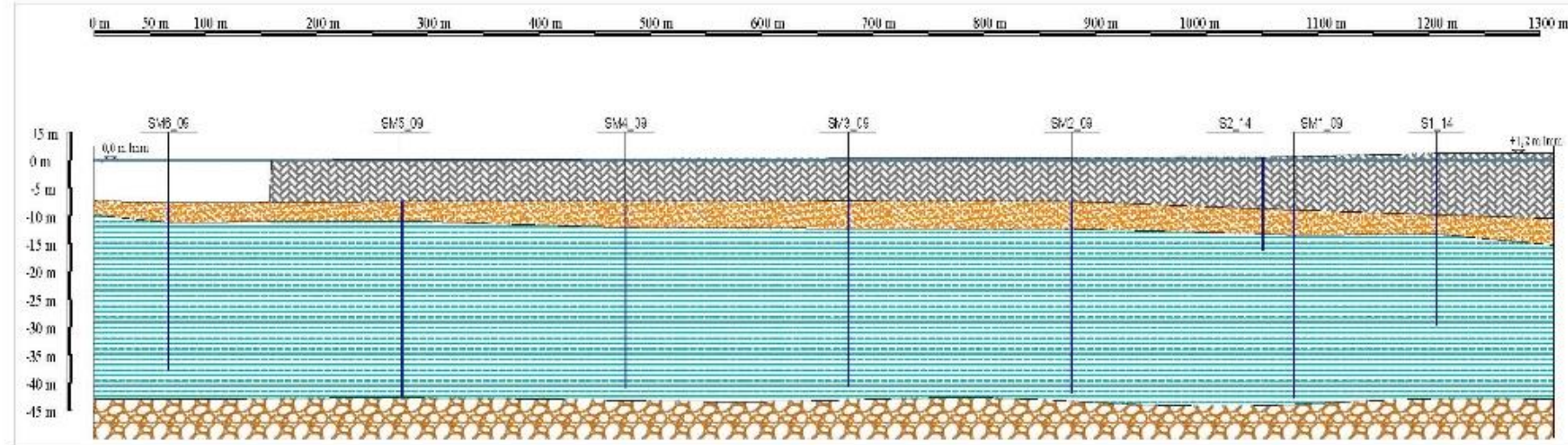
SEZIONE B-B' (Molo Claudio)



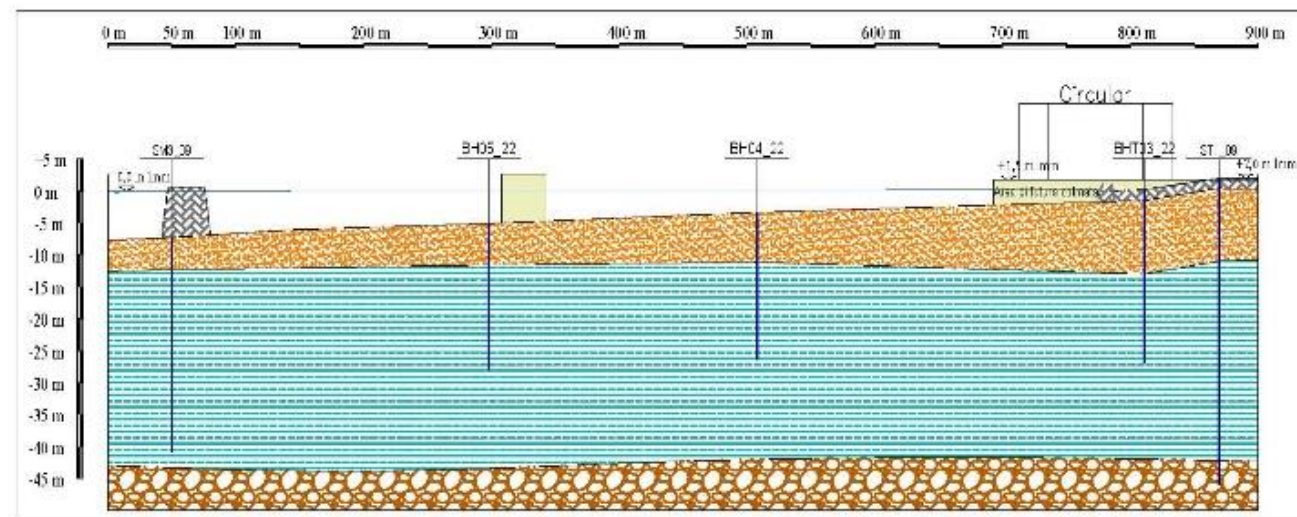
LEGENDA

-  Depositi antropici
-  Depositi sabbiosi di spiaggia emersa e sommersa
-  Argille e limi
-  Ghiaie

SEZIONE C-C' (Molo Traiano)



SEZIONE D-D' (Circular)



LEGENDA

-  Depositi antropici
-  Depositi sabbiosi di spiaggia emersa e sommersa
-  Argille e limi
-  Ghiaie

SEZIONE E-E' (Hotel)

