

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

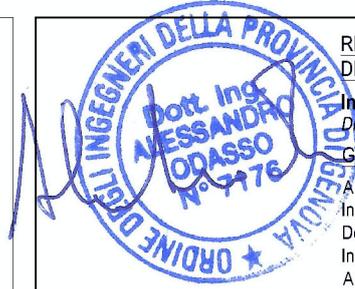
tel. +39 02.54019701 fax 010.54115512

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

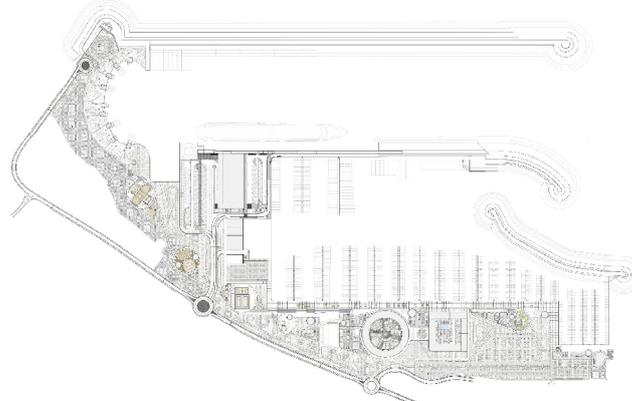
UNITÀ DI PROGETTO

Ing. Massimo GUIDI - Dirigente Comune di Fiumicino

## PORTO TURISTICO-CROCIERISTICO DI FIUMICINO ISOLA SACRA

CUP:F1122000320007

### PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA



00\_INQUADRAMENTO GENERALE  
AMBIENTE E PAESAGGIO

### STUDIO PREVISIONALE DI IMPATTO VIBRAZIONALE

COMMESSA	SERVIZIO LOTTO	OPERA	DISCIPLINA	TIPO	PROG.	REV.	SCALA
P0031150	D0	MP00	AM	REL	26	00	

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA
00	Emissione per integrazioni	A. SCIFO/D. DEL BUONO	M. FLORIO	M. COMPAGNINO	06/2024
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

NOME FILE: P0031150-D-0-MP00-AM-REL-26\_00

**INDICE**

	<b>Pag.</b>
<b>LISTA DELLE TABELLE</b>	<b>3</b>
<b>LISTA DELLE FIGURE</b>	<b>3</b>
<b>ABBREVIAZIONI E ACRONIMI</b>	<b>4</b>
<b>1 PRESENTAZIONE DELL'INIZATIVA</b>	<b>5</b>
1.1 BREVE DESCRIZIONE DELLE OPERE	5
1.2 CONTESTO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	7
<b>2 SCOPO DEL LAVORO</b>	<b>9</b>
<b>3 IL DISTURBO DA VIBRAZIONE: CARATTERI GENERALI</b>	<b>10</b>
3.1 RACCOMANDAZIONI GENERALI A LIVELLO DI COMUNICAZIONE	12
3.2 RACCOMANDAZIONI GENERALI A LIVELLO DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE	12
3.3 PREVISIONE DEL DISTURBO DA VIBRAZIONE	12
<b>4 INQUADRAMENTO DELL'AREA D'INTERVENTO</b>	<b>17</b>
4.1 AREE DI CANTIERE	18
4.2 INDIVIDUAZIONE DEI RICETTORI	20
4.3 CONTESTO GEOLOGICO	25
<b>5 METODI PER LA RIDUZIONE DELLE VIBRAZIONI</b>	<b>28</b>
<b>6 ANALISI IMPATTO VIBRAZIONALE IN FASE DI CANTIERE</b>	<b>29</b>
6.1 ANALISI IMPATTO VIBRAZIONALE GRUPPO DI EDIFICI R1	29
6.2 ANALISI IMPATTO VIBRAZIONALE GRUPPO DI EDIFICI R2	30
6.3 ANALISI IMPATTO VIBRAZIONALE GRUPPO DI EDIFICI R3	31
6.4 ANALISI IMPATTO VIBRAZIONALE GRUPPO DI EDIFICI R4 NORD	31
6.5 ANALISI IMPATTO VIBRAZIONALE GRUPPO DI EDIFICI R4 SUD:	32
6.6 ANALISI IMPATTO VIBRAZIONALE GRUPPO DI EDIFICI R5	32
6.7 INTERFERENZE VIBRAZIONALI CON SOTTOSUOLO	32
<b>7 MONITORAGGIO</b>	<b>34</b>
<b>8 CONCLUSIONI</b>	<b>35</b>

## LISTA DELLE TABELLE

Tabella 3-1: Numero minimo di eventi potenzialmente disturbanti da studiare per poter asserire l'esistenza di un disturbo da vibrazione per le persone.	10
Tabella 3-2: Relazioni tra PPV (Peak Particle Velocity) e distanza dalla sorgente di vibrazioni per diversi tipi di intervento. Valori tratti da BS 5228-2:2009 e Hiller e Crabb (2000).	14
Tabella 3-3: Valori di kp per diversi tipi di terreno.	14
Tabella 4.1: Sorgenti presenti nell'area di progetto durante la fase di cantiere per la realizzazione del Porto di Fiumicino Isola Sacra	20
Tabella 4.2: Identificazione del gruppo di ricettori R1 limitrofi all'area di cantiere	20
Tabella 4.3: Identificazione del gruppo di ricettori R2 limitrofi all'area di cantiere	21
Tabella 4.4: Identificazione del gruppo di ricettori R3 limitrofi all'area di cantiere	22
Tabella 4.5: Identificazione del gruppo di ricettori R4 area nord limitrofi all'area di cantiere	22
Tabella 4.6: Identificazione del gruppo di ricettori R4 area sud limitrofi all'area di cantiere	23
Tabella 4.7: Identificazione del gruppo di ricettori R5 limitrofi all'area di cantiere	24
Tabella 6-1: Riassunto delle distanze di attenzione per possibile superamento dei livelli di vibrazione potenzialmente dannosi per le strutture.	29
Tabella 6.2: Potenziale impatto nel gruppo dei ricettori R1 limitrofi all'area di cantiere	29
Tabella 6.3: Potenziale impatto nel gruppo dei ricettori R2 limitrofi all'area di cantiere	30
Tabella 6.4: Potenziale impatto nel gruppo dei ricettori R3 limitrofi all'area di cantiere	31
Tabella 6.5: Potenziale impatto nel gruppo dei ricettori R4 area nord limitrofi all'area di cantiere	31
Tabella 6.6: Potenziale impatto nel gruppo dei ricettori R4 area sud limitrofi all'area di cantiere	32
Tabella 6.7: Potenziale impatto nel gruppo dei ricettori R5 limitrofi all'area di cantiere	32

## LISTA DELLE FIGURE

Figura 1.1: Inquadramento area di Progetto	6
Figura 3-1 Valori della velocità particellare di picco per componente del moto (PCPV) ritenuti minimi per ipotizzare danno alle strutture. I valori si applicano alla vibrazione di 'breve durata' e al piano di fondazione (linee continue) o al piano alto dell'edificio (linee a tratteggio).	11
Figura 3-2 Valori della velocità particellare di picco per componente del moto (PCPV) ritenuti minimi per ipotizzare danno alle strutture. I valori si applicano alle vibrazioni di lunga durata e in qualsiasi posizione nell'edificio.	12
Figura 3-3: Rappresentazione grafica della formula empirica riportata in Tabella 3-2: per il caso dei pali vibroinfissi. Si è usato 10.7 kJ come energia nominale del percussore.	15
Figura 3-4: Decadimento della velocità particellare di picco con la distanza dalla sorgente per diversi sistemi di infissione di palancole (a percussione o vibroinfissione, in arancio, vs metodo silente a pressa idraulica, in blu) a confronto con i valori tipici di danno per diverse tipologie di strutture (fonte chimin.it).	16
Figura 4.1: Inquadramento generale dell'area di progetto	17
Figura 4.2: Inquadramento di dettaglio dell'area di progetto	18
Figura 4.3: Inquadramento aree di cantiere	19
Figura 4.4: Individuazione dei ricettori limitrofi all'area di cantiere	25
Figura 4.5: Stratigrafia della sequenza deposizionale tiberina	26
Figura 4.6: 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	27
Figura 6.1: Inquadramento aree di cantiere su carta geologica	33

## ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

<b>Comune</b>	Comune di Fiumicino
<b>FW</b>	Fiumicino Waterfront
<b>iCON</b>	iCON Infrastructure LLP
<b>IP</b>	Iniziative Portuali S.p.a.
<b>MATTM</b>	Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (attualmente MASE)
<b>MiTE</b>	Ministero della Transizione Ecologica (attualmente MASE)
<b>MASE</b>	Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica
<b>MIBACT</b>	Ministero per i beni e le attività culturali e per il turismo (attualmente MiC)
<b>MiC</b>	Ministero della Cultura
<b>PFTE</b>	Progetto di Fattibilità Tecnico Economica
<b>RCG</b>	Royal Caribbean Group srl
<b>SIA</b>	Studio di impatto ambientale
<b>UE</b>	Unione Europea
<b>USD</b>	Dollaro statunitense

## 1 PRESENTAZIONE DELL'INIZIATIVA

Lo sviluppo del **Porto turistico di Fiumicino Isola Sacra**, atto a ottimizzare e potenziare il Sistema Portuale Laziale, è un'iniziativa concepita nell'ultimo decennio degli anni Novanta e i cui lavori sono stati avviati nel 2010 e successivamente interrotti a causa del fallimento del Concessionario, la società Iniziative Portuali S.p.a. (IP). Ad oggi risulta realizzata solo una parte della diga foranea, senza che siano state realizzate né la marina, né le opere necessarie all'urbanizzazione dell'area in concessione, con un mancato raggiungimento degli standard urbanistici e senza la realizzazione dalle richieste previste a servizio di Isola Sacra, lasciando anzi le aree di progetto in un generale stato di degrado.

Il progetto come originariamente concepito, risulta ormai presso modo incompatibile con gli attuali sviluppi del mercato, politiche di sostenibilità e funzioni territoriali. Conseguentemente, tramite una sistematica rivisitazione dei profili di sostenibilità ambientale e di integrazione nel contesto, anche a seguito di approfondite interazioni con le Amministrazioni competenti, la presente iniziativa, ha lo scopo di rinnovare ed aggiornare il Progetto e in particolare di:

- ✓ stimolare uno sviluppo sostenibile dell'area portuale;
- ✓ allineare la capacità dell'iniziativa alle odierne e previste condizioni del mercato nautico e di quello immobiliare;
- ✓ ripristinare le aree degradate tramite la realizzazione di aree verdi e di interventi di rinaturalizzazione, con conseguente miglioramento della qualità ambientale e paesistica;
- ✓ riqualificare le funzioni sociali dell'area inserendo un elemento di attrattività e di qualità sia per gli utenti, che per gli abitanti dell'area.

L'iniziativa si basa quindi sull'opportunità individuata dal Royal Caribbean Group s.r.l. (RCG) di introdurre una funzione crocieristica all'interno del Porto di Fiumicino Isola Sacra come variante al progetto del già approvato (Progetto IP2009), mantenendo prevalente la funzione di porto turistico, riducendo contemporaneamente la superficie edilizia a vantaggio di una più estesa fruibilità pubblica dell'area concessa.

Considerate le evidenti potenzialità dell'iniziativa presentata, il fondo *iCON Infrastructure LLP* (iCON, specializzato in investimenti azionari a lungo termine in attività infrastrutturali private in Europa e Nord America con una raccolta di 3,6 miliardi di USD) e *Royal Caribbean Group* (RCG, secondo gruppo crocieristico mondiale con base a Miami, US) hanno costituito la *Fiumicino Waterfront s.r.l. (FW)* ed attraverso di essa, in qualità di nuovo concessionario subentrato ad IP, si sono impegnati alla realizzazione dell'opera e al suo aggiornamento in termini di fruibilità e sostenibilità in un quadro di rinnovata compatibilità finanziaria.

Nel seguito, si riporta una breve descrizione dell'iniziativa, la presentazione del Proponente, le motivazioni dell'opera e il contesto normativo di riferimento.

### 1.1 BREVE DESCRIZIONE DELLE OPERE

L'area è ubicata al margine Sud-occidentale dell'Isola Sacra, un'isola di circa 12 km<sup>2</sup> sorta presso la foce del Tevere, che si è andata formandosi artificialmente per l'allungamento della Fossa Traiana (oggi Canale di Fiumicino), di collegamento tra il fiume e l'antico porto Imperiale di Traiano.



Figura 1.1: Inquadramento area di Progetto

Il porto turistico-crociéristico di Fiumicino Isola Sacra andrà ad integrare la capacità complessiva del Sistema Portuale Laziale, che ad oggi e ancor di più in considerazione dell'attesa evoluzione del volume-passeggeri, sconta un ritardo quali-quantitativo di offerta rispetto ai concorrenti del Mediterraneo occidentale; analogamente, l'ampia offerta di approdi per Mega Yachts risponde ad una domanda che mostra segni di grande vitalità e presenta un alto grado di sinergia e compatibilità con la nuova funzione crociéristica; la marina infine conferma la sua capacità per circa mille imbarcazioni da diporto a fronte di una drastica riduzione delle cubature per residenza e servizi, sostituite da un'infrastruttura verde estesa su 150,000 mq.

La realizzazione dell'intervento, prima con le opere funzionali al Giubileo 2025 e poi con i suoi stralci successivi fino al completamento nel 2035 che ne suggerirà la vocazione a destinazione di prestigio, permetteranno di recuperare e di restituire all'uso pubblico un'area attualmente degradata, sulla quale si estenderà un grande parco urbano lineare di circa 150,000 mq, al tempo stesso spina dorsale del progetto e confine denso, naturale e permeabile, che agisce da filtro nel passaggio dalla città al mare.

Il parco, punteggiato di servizi che ne supportano la fruibilità, accompagnerà e metterà in connessione senza soluzione di continuità la rinnovata area sud, ricca di identità culturale (il Vecchio Faro, i Bilancioni), e l'area nord, più legata al tessuto urbano contemporaneo della città di Fiumicino, passando per il centro infrastrutturale del porto, dedicato alla crociéristica e ai cantieri nautici, e per quello turistico-ricreativo, caratterizzato da spazi per eventi all'aperto, dall'edificio circolare dove sono stati concentrati i servizi alla marina, e l'hotel/aparthotel, per terminare con un'area parcheggio inserita nel verde e con gli spazi vocati alla nautica sociale e alla scuola velica.

Il **porto turistico**, improntato a principi di ecosostenibilità e integrazione con il territorio, concorre a qualificare la rete del diportismo nazionale. La struttura offrirà un ormeggio stanziale e stagionale, servizi di cantieristica, di sorveglianza, di connessione in rete, di banchine attrezzate per l'accoglienza e l'assistenza al cliente tutto l'anno. La struttura amplia la sua offerta ad utenti di una tipologia di imbarcazione medio-alta. Infatti, dei 1200 posti barca previsti almeno il 10% saranno rivolti a imbarcazioni superiori ai 40 m e con lunghezza fino a 110 m (super, mega

e giga yacht). Il **cantiere navale** costituirà uno dei tratti essenziali dell'identità del porto, in grado di garantire tanto assistenza "a secco" (per imbarcazioni fino a 40m), quanto "a bordo".

L'esistente porticciolo in subconcessione verrà spostato nell'area nord del porto, dove sorgerà anche la scuola velica. Il **vecchio faro** sarà ristrutturato e messo a disposizione del Comune di Fiumicino come area espositiva, i **bilancioni** verranno rivisitati mantenendone la peculiare tipologia architettonica e convertiti in spazi ricreativi, associativi e di ristorazione.

I volumi edilizi sono ora costituiti da un **hotel** da 250 stanze con aparthotel per soggiorni di maggiore durata e dagli edifici di servizio alla marina e alla crocieristica, ai quali si aggiungono una grande piazza pubblica coperta, luogo di ritrovo, spazio per eventi o mercato cittadino ed un'area a verde destinata a **parco pubblico** pari a 150,000 mq, disseminata di aree e edifici minori attrezzati per lo sport e attività ricreative intergenerazionali, ristoro e vita associativa (community hubs). È stata invece del tutto rimossa dal progetto la funzione residenziale, riducendo in modo sostanziale i volumi e la pressione urbanistica rispetto a quanto autorizzato per il progetto originale.

Via del Faro viene interamente adeguata e dotata di parcheggi pubblici nel tratto tra il faro e la Rotatoria Falcone, mentre ampie aree parcheggio sono previste nell'area in concessione, applicando un concetto green caratterizzato da superfici permeabili e alberature per ombreggiamento. Il drenaggio dell'area in concessione è improntato strettamente ai criteri dell'invarianza idraulica e del riuso. In generale, la progettazione è orientata alla conservazione delle risorse naturali attraverso strategie net-carbon e di autosufficienza energetica ed alla minimizzazione degli impatti residui. Oltre 12 milioni di euro sono previsti quale contributo speciale per interventi nell'area di Isola Sacra prevalentemente dedicati alla viabilità, da concordare con il Comune di Fiumicino in sede di Convenzione Urbanistica.

Per quanto riguarda il settore crocieristico, il progetto è altamente compatibile con il contesto attuale: il porto turistico-crocieristico di Fiumicino Isola Sacra, insieme al porto commerciale di Fiumicino Nord e a quello di Civitavecchia, può rappresentare un sistema di porti con offerta crocieristica complementari e non in competizione. Il fenomeno non è nuovo: in Liguria coesistono tre porti che offrono servizi crocieristici nell'arco di 150 km e con utenti che nelle previsioni per il 2024 si stanno riallineando al dato pre-covid del 2019. L'investimento prevede inoltre la realizzazione di un impianto di shore-power (o cold ironing) di ultima generazione che consente di spegnere i motori della nave ormeggiata, azzerandone le emissioni, contribuendo ad alimentare il traino vero la transizione ecologica del settore.

Le lavorazioni di realizzazione, saranno divise in lotti funzionali: il primo lotto di opere comprenderà la diga foranea (Molo Traiano), le parti funzionali del molo sottoflutto (Molo Adriano) e del molo di spina e di approdo crocieristico (Molo Claudio), le opere di dragaggio, colmata a terra e ripascimento (previsto a Fregene Nord, a completo carico del progetto e in aggiunta agli oneri di urbanizzazione), il risanamento del Vecchio Faro di Fiumicino e la realizzazione della parte meridionale del parco pubblico per circa un terzo del totale e delle principali opere di urbanizzazione.

La marina e la restante parte del parco e delle opere al servizio della cittadinanza, community hubs, servizi culturali, sportivi e ricreativi, verranno realizzati per stralci nei successivi 2 anni e 6 mesi, per essere completati con l'edificio servizi (Circular building) con il cantiere nautico entro ulteriori i dodici mesi. Hotel e Banchina Megayacht verranno realizzati nel 2035, quando le attività portuali saranno adeguatamente avviate per offrire questo tipo di servizi, propri di un porto con adeguato standing internazionale.

## 1.2 CONTESTO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Il progetto in studio ricade nella categoria dei progetti di competenza statale di cui **al punto 11 dell'Allegato II alla Parte Seconda del D.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii.** - ... porti con funzione turistica e da diporto quando lo specchio d'acqua è superiore a 10 ettari o le aree esterne interessate superano i 5 ettari oppure i moli sono di lunghezza superiore ai 500 metri. Terminali marittimi, da intendersi quali moli, pontili, boe galleggianti, isole a mare per il carico e lo scarico dei prodotti, collegati con la terraferma e l'esterno dei porti (esclusi gli attracchi per navi traghetto), che possono accogliere navi di stazza superiore a 1350 tonnellate, comprese le attrezzature e le opere funzionalmente connesse.

A conferma dell'importanza e della rilevanza strategica del progetto, a Giugno 2023, l'opera è stata ascrivita dal Governo italiano come strategica per il **Giubileo 2025** nell'ambito di intervento "Accoglienza per i pellegrini e i visitatori" in ragione della sua funzione di ulteriore via di pellegrinaggio e "porta" di accesso a Roma, ed inserita con la denominazione *Porto turistico-crocieristico di Fiumicino Isola Sacra* nella relativa lista del *Dpcm 8 giugno 2023* come scheda n.146. Dunque, il *Progetto di Fattibilità Tecnico Economica (PFTE)* e *Studio di Impatto Ambientale (SIA)* del *Porto Turistico-Crocieristico di Fiumicino Isola Sacra*, relativi al nuovo assetto proposto per l'area in

concessione verranno sottoposti a processo di approvazione secondo le procedure previste dal *Dpcm 8 giugno 2023*.

L'iter approvativo dell'opera sarà quindi svolto nell'alveo delle procedure speciali stabilite dal decreto, che risultano in un sostanziale contingentamento dei tempi per le procedure *VIA-VAS* e *Conferenza dei Servizi* per garantire l'esecuzione della stessa nei tempi necessari.

La *Conferenza dei Servizi* si svolgerà parallelamente alla procedura *VIA* e si chiuderà una volta recepito il parere *VIA/VAS*, determinando le condizioni per la stipula con il Comune di Fiumicino e con la Regione Lazio degli aggiornamenti di *Accordo di Programma* (con contestuale approvazione della relativa *Variante al PRG* del Comune di Fiumicino), *Convenzione Urbanistica* (per l'aggiornamento degli impegni del concessionario riguardo agli oneri urbanistici ed alle opere necessarie sul territorio) e *Concessione Demaniale Marittima*.

All'interno della procedura, il *Comune di Fiumicino* svolge il ruolo di soggetto "proponente" ed "attuatore", mentre *Fiumicino Waterfront* quello di soggetto "esecutore" e "finanziatore".

## 2 SCOPO DEL LAVORO

Il presente elaborato è stato prodotto per rispondere alla richiesta integrazioni della Commissione Tecnica PNRR-PNIEC (Prot. MASE-2024-0011678 del 09/02/2024) 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 nel SIA il Proponente afferma che gli effetti indotti sia in fase di cantiere che di esercizio possano ritenersi trascurabili, si richiede di integrare la documentazione illustrando lo studio e le valutazioni che determinano a tale affermazione".

Pertanto, il presente documento costituisce lo *Studio previsionale di impatto vibrazionale* 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 crociéristico e diportistico.

Per quanto riguarda le attività di cantiere, si evidenzia che, data la vocazione portuale del sito di intervento, nonché la tipologia di sorgenti, per il traffico terrestre indotto sulle strade di accesso alle operazioni di cantiere è assimilabile all'attuale impatto locale, di conseguenza le analisi di seguito descritte sono state incentrate sull'attività di cantiere operativo: si ritiene, infatti, che l'attività operativa che risulta potenzialmente maggiormente impattante sia rappresentata dall'infissione o scavo mediante vibrazioni.

Relativamente alla fase di esercizio dell'opera, dove la destinazione d'uso portuale è mantenuta e la variante è rappresentata dalla presenza non continuativa di una nave da crociera, si fa presente che il punto più vicino del canale di accesso e del molo di attracco destinato alle navi da crociera è posto a distanza di circa 200 metri dalla terraferma. Il progetto includerà l'elettrificazione della banchina crociéristica (impianto di shore-power o cold ironing) che consentirà alla nave ormeggiata di spegnere i motori, azzerando le emissioni durante la sosta in porto. Pertanto, durante il normale esercizio dell'opera, non è previsto il funzionamento di impianti con emissioni vibrazionali rilevanti.

Nel dettaglio, il presente documento riporta una previsione dei livelli vibrazionali generati dalle attività di cantiere, a corredo del progetto, per il tratto a terra. In particolare, viene valutata qualitativamente la compatibilità delle lavorazioni di cantiere nel contesto territoriale interessato dal progetto e si articola come segue:

- ✓ nel Capitolo 1 si riporta una descrizione dell'iniziativa;
- ✓ il Capitolo 2 è dedicato alla presente introduzione;
- ✓ nel Capitolo 3 vengono analizzati i caratteri generali relativi al disturbo da vibrazione;
- ✓ nel Capitolo 4 viene effettuato un inquadramento dell'area d'intervento;
- ✓ nel Capitolo 5 vengono riportati i metodi per la riduzione delle vibrazioni;
- ✓ nel Capitolo 6 viene effettuata una analisi di impatto vibrazionale;
- ✓ nel Capitolo 7 si riporta il monitoraggio proposto;
- ✓ nel Capitolo 8 si riportano le considerazioni conclusive dello Studio.

### 3 IL DISTURBO DA VIBRAZIONE: CARATTERI GENERALI

Nella valutazione dell'impatto conseguente a fenomeni vibratorii prodotti dall'uomo, tipicamente si distinguono e si analizzano in modo diverso le seguenti due classi di potenziale disturbo/danno:

- a. Vibrazioni potenzialmente disturbanti per le persone;
- b. Vibrazioni potenzialmente dannose per le strutture.

**Vibrazioni potenzialmente disturbanti per le persone.** Queste sono analizzate, in Italia, secondo le linee descritte nelle UNI-9614 (2017). Tali norme descrivono i criteri per la valutazione delle vibrazioni disturbanti per le persone e distinguono livelli diversi di disturbo in funzione dell'ambiente che ospita le persone (domestico, lavorativo, scolastico, ospedaliero, ecc.). Tali norme prevedono che il segnale vibratorio, acquisito da una terna accelerometrica, sia dapprima filtrato secondo una determinata "curva di sensibilità umana", successivamente integrato su finestre temporali tipiche per ricavarne una sorta di valore in termini di 'energia' (detta accelerazione efficace ponderata totale) e da ultimo tale valore viene messo a confronto con soglie di disturbo diverse in funzione dell'ambiente, dell'ora (periodo notturno o diurno) e delle giornate (feriali o festive).

La norma UNI-9614 (2017) prevede un'analisi statistica dei segnali disturbanti e stabilisce che possano ritenersi disturbanti solo le attività che implicano un certo numero di superamenti di soglia di disturbo al giorno, come dettagliato in Tabella 3-1:.

**Tabella 3-1: Numero minimo di eventi potenzialmente disturbanti da studiare per poter asserire l'esistenza di un disturbo da vibrazione per le persone.**

Tipo di vibrazione	Esempio	Numero minimo di cicli da studiare
Elevato numero di eventi distinti	Traffico stradale, ferroviario, attività di cantiere e industriali	15
Attività umane dirette con eventi distinguibili		25
Fenomeni stazionari che non danno luogo ad eventi distinti	Attività umane con eventi non facilmente distinguibili	25
Fenomeni con basso numero di ripetizioni	Esplosioni di mina	5
Eventi molto rari		Non costituiscono disturbo stante la loro sporadicità

Poiché le attività di cantiere relative al progetto sono prevalentemente di natura discontinua, con sorgenti fisse non rilevanti, non si ritiene che tali attività possano generare vibrazioni permanenti o di lunga durata tali da arrecare disturbo alle persone con la significatività statistica prevista dalle norme e quindi non se ne prosegue trattazione di dettaglio.

Secondo le buone pratiche di cantiere, saranno comunque messe in atto tutte le buone norme per la sua riduzione, indipendentemente dal fatto che superi o meno i limiti normativi.

**Vibrazioni potenzialmente dannose per le strutture.** Queste sono analizzate, in Italia, secondo le linee descritte nelle UNI-9916 (2014), che si ispirano a loro volta alla ISO-4866, DIN-4150:3 (2016) e BS-7385. Le norme si applicano ad edifici a carattere abitativo, industriale e monumentale ma non a opere quali ponti o strutture sotterranee, gallerie e tubazioni e riguardano le vibrazioni prodotte da diverse sorgenti antropiche, escludendo quindi quelle da terremoto.

La norma prevede che dal segnale vibratorio al recettore di interesse, acquisito in velocità, si estraggano le epoche (intervalli di tempo superiori a 1 secondo) da analizzare. Ciascuna epoca viene trasformata ed analizzata nel dominio della frequenza e il valore di picco di velocità viene associato alla frequenza dominante nella stessa epoca. Tali coppie (valore di picco, frequenza) vengono rappresentate in grafici che riportano anche i valori di soglia potenzialmente dannosi secondo la norma, per diverse tipologie di struttura.

I valori da non superare per vibrazioni di breve durata sono dati in Figura 3-1.

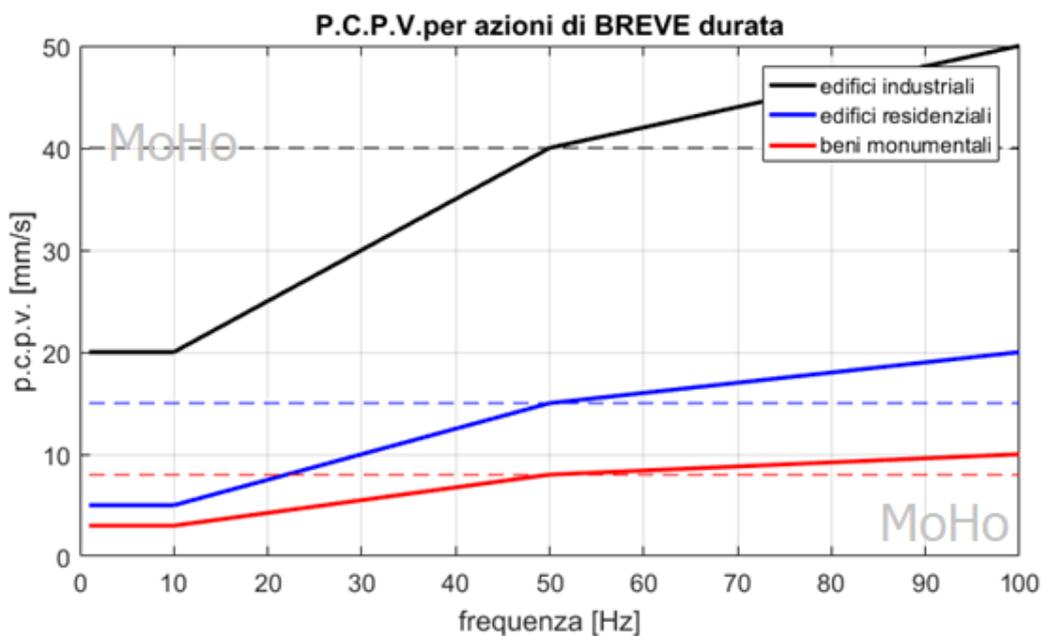
I valori da non superare per vibrazioni di lunga durata o permanenti sono dati in Figura 3-2.

Danno alle strutture può aversi anche per valori vibratorii inferiori alle soglie riportate in Figura 3-1 e Figura 3-2, in funzione del tipo (e adeguatezza) delle fondazioni della struttura interessata, della sua età, tipologia costruttiva, delle sue condizioni generali (con particolare riguardo alle fessure pre-esistenti, a modifiche o adeguamenti intervenuti nel tempo e in funzione delle frequenze proprie del fabbricato o delle sue parti rispetto a quelle eccitate dalla sorgente nonché, in ultima analisi, dalla durata dei lavori che comportano immissione di vibrazioni.

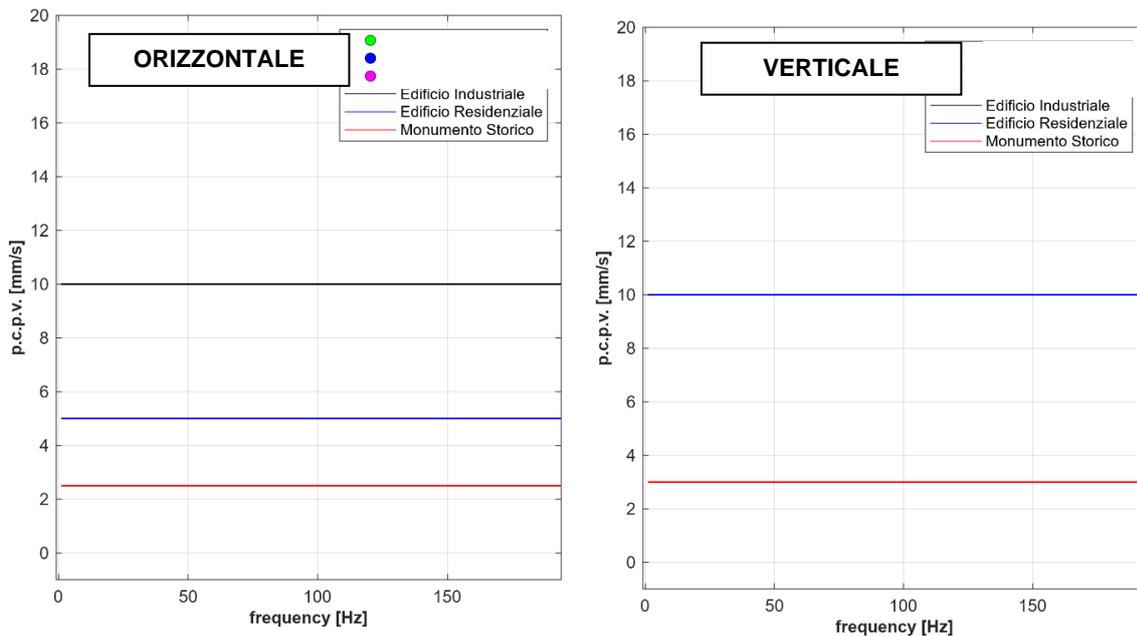
Nei capitoli successivi si terrà conto di questa variabilità e incertezza, operando le scelte più cautelative.

Si osserva sin da ora che le vibrazioni ritenute dannose per le strutture, sono certamente anche vibrazioni disturbanti per le persone.

La posizione più adatta per quantificare le prime è esternamente alle fondazioni, mentre la posizione più adatta per quantificare le seconde è internamente alla struttura.



**Figura 3-1** Valori della velocità partecellare di picco per componente del moto (PCPV) ritenuti minimi per ipotizzare danno alle strutture. I valori si applicano alla vibrazione di 'breve durata' e al piano di fondazione (linee continue) o al piano alto dell'edificio (linee a tratteggio).



**Figura 3-2 Valori della velocità particellare di picco per componente del moto (PCPV) ritenuti minimi per ipotizzare danno alle strutture. I valori si applicano alle vibrazioni di lunga durata e in qualsiasi posizione nell'edificio.**

### 3.1 RACCOMANDAZIONI GENERALI A LIVELLO DI COMUNICAZIONE

Maggiore è la durata delle operazioni di cantiere, maggiore la probabilità che le vibrazioni immesse rappresentino un disturbo (reale o solo percepito) dalla popolazione. La comunicazione con il pubblico quindi riveste un ruolo essenziale: al di là delle verifiche tecniche, i residenti locali saranno più disponibili ad accettare livelli maggiori di vibrazioni se saranno informati del fatto che si protrarranno per breve tempo. È quindi importante che le operazioni in sito si svolgano secondo il cronoprogramma di progetto e che la comunità locale sia informata della loro durata probabile.

Spesso la preoccupazione della popolazione è rivolta ai potenziali danni alle strutture. L'accettazione delle vibrazioni da parte dei residenti sarà maggiore se essi saranno informati del fatto che gli operatori staranno mettendo in pratica tutte le misure per evitare ogni vibrazione non necessaria e che sono state condotte apposite verifiche e analisi.

### 3.2 RACCOMANDAZIONI GENERALI A LIVELLO DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE

Il progetto esecutivo delle opere deve prevedere il numero minimo di operazioni che prevedano vibrazioni disturbanti e, dove queste siano necessarie, andranno possibilmente compiute nei luoghi più remoti e adottando le tecnologie di installazione meno disturbanti possibile. Restrizioni in questo senso andranno poste sin dai bandi di gara, che dovranno indicare le posizioni delle sorgenti di vibrazione, il tipo di macchinari da usare o metodi che garantiscano minor disturbo, la posizione delle aree maggiormente sensibili alle vibrazioni.

### 3.3 PREVISIONE DEL DISTURBO DA VIBRAZIONE

L'intensità delle vibrazioni in un punto di interesse dipende da molti fattori:

- ✓ energia per colpo o ciclo della sorgente;
- ✓ distanza sorgente-ricevitore;
- ✓ condizioni geologiche del sito, posizione della tavola d'acqua;
- ✓ interazione terreno-struttura;

- ✓ ubicazione del punto di misura (sulla superficie del terreno, sulla fondazione, su elementi strutturali interni).

A titolo di esempio, nei terreni teneri l'infissione di pali genera usualmente meno vibrazioni che in terreni rigidi. Nel primo caso la maggior parte dell'energia è impiegata per far avanzare il palo mentre nel secondo caso buona parte dell'energia è usata per vincere la resistenza alla penetrazione. Nel primo caso la sperimentazione (BS 5228-2: 2009) mostra che le vibrazioni prodotte sono caratterizzate da frequenze minori rispetto al secondo caso.

In Tabella 3-2: si riportano alcune relazioni empiriche, proposte da BS 5228-2:2009, a loro volta riprese da Hiller e Crabb (2000), che permettono di stimare PPV1 (Peak Particle Velocity, velocità massima istantanea raggiunta dall'elemento vibrante rispetto alla posizione di riposo) in funzione della distanza dalla sorgente per alcuni tipi di operazioni di cantiere (pali a percussione, pali a infissione, compattazione dinamica, escavazione di tunnel). Dove possibile è fornito anche una indicazione del livello di probabilità che tali valori siano superati.

Per il caso di maggiore disturbo e, quindi, maggiore interesse (pali vibroinfissi), si può far riferimento a delle espressioni empiriche di Tabella 3-2: e il relativo grafico in Figura 3-3, dove si può osservare che nel caso dei pali vibroinfissi ci si può attendere di superare i valori di vibrazione potenzialmente dannosi per strutture storiche entro 35 m di distanza dalla sorgente e per strutture residenziali non storiche entro 15 m dalla sorgente;

Il caso dei ricettori industriali, a cui sarebbero applicati limiti tollerabili di vibrazione molto maggiori, non sarà trattato come caso a sé stante in questo rapporto poiché è sempre possibile che all'interno degli impianti industriali si trovino parti maggiormente delicate. Anche in questo caso saranno adottati quindi i valori ritenuti tollerabili in ambiente residenziale.

\*\*\*\*\*

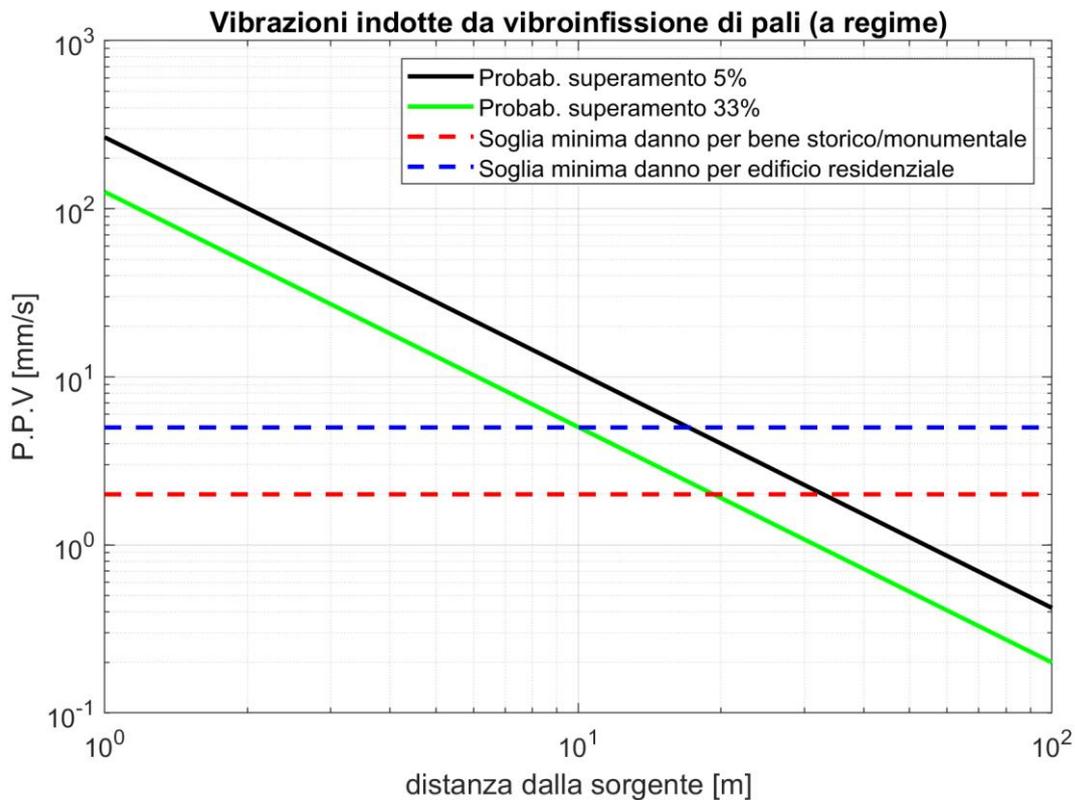
<sup>1</sup>  $PPV = \sqrt{V_x(t)^2 + V_y(t)^2 + V_z(t)^2}$  è il valore massimo istantaneo (all'interno di un'epoca di segnale scelto) del vettore velocità. Altre normative (es. l'italiana UNI-9916) fanno riferimento non al modulo del vettore ma alle singole componenti del moto.

**Tabella 3-2: Relazioni tra PPV (Peak Particle Velocity) e distanza dalla sorgente di vibrazioni per diversi tipi di intervento. Valori tratti da BS 5228-2:2009 e Hiller e Crabb (2000).**

Operazione	Equazione predittiva	Fattori di scala (probabilità che il valore predetto sia superato)	Intervallo del parametro
Vibrocompattazione (fase stazionaria)	$v_{res} = k_s \sqrt{n_d} \left[ \frac{A}{x + L_d} \right]^{1.5}$	$k_s = 75$ (50%) $k_s = 143$ (33.3%) $k_s = 276$ (5%)	$1 \leq n_d \leq 2$ $0.4 \leq A \leq 1.72$ mm $2 \leq x \leq 110$ m
Vibrocompattazione (fase di avvio e termine)	$v_{res} = k_s \sqrt{n_d} \left[ \frac{A^{1.5}}{(x + L_d)^{1.3}} \right]$	$k_t = 65$ (50%) $k_t = 106$ (33.3%) $k_t = 177$ (5%)	$0.75 \leq L_d \leq 2.2$ m
Pali a percussione	$v_{res} \leq k_p \left[ \frac{\sqrt{W}}{r^{1.3}} \right]$	Per pali a rifiuto: $k_p = 5$ Per pali non a rifiuto: $1 \leq k_p \leq 3$ a seconda del tipo di terreno (vedi Tabella 3-3:)	$1 \leq L \leq 27$ m $1 \leq x \leq 111$ m (dove $r^2 = L^2 + x^2$ ) $1.5 \leq W \leq 85$ kJ
Pali a vibroinfissione Cfr. Figura 3-3	$v_{res} = \frac{k_v}{x^\delta}$	$k_v = 60$ (50%) $k_v = 126$ (33.3%) $k_v = 266$ (5%)	$1 \leq x \leq 100$ m $1.2 \leq W \leq 10.7$ kJ $\delta = 1.3$ (tutte le operazioni) $\delta = 1.2$ (avviamento e spegnimento) $\delta = 1.4$ (funzionamento a regime)
Compattazione dinamica	$v_{res} \leq 0.037 \left[ \frac{\sqrt{W_h}}{x} \right]^{1.7}$		$5 \leq x \leq 100$ m $1.0 \leq W_h \leq 12$ MJ
<p>A, massima ampiezza della vibrazione del tamburo (mm) L, profondità della punta del palo (m) L<sub>d</sub>, ampiezza del tamburo rotante (m)</p>		<p>v<sub>res</sub>, velocità particellare di picco (PPV, mm/s) W, energia nominale del percussore (J) W<sub>c</sub>, energia per ciclo (kJ) W<sub>h</sub>, energia potenziale del tamper sollevato (J) x, distanza lungo la superficie del terreno (m)</p>	

**Tabella 3-3: Valori di k<sub>p</sub> per diversi tipi di terreno.**

Condizioni del terreno	k <sub>p</sub>
Tutti i pali a rifiuto	5
La punta del palo attraversa terreni molto coesivi, densi, con trovanti che ostacolano l'attraversamento del palo	3
La punta del palo non attraversa terreni molto coesivi, densi, riempimenti compattati	1.5
La punta del palo attraversa terreni teneri, sciolti, organici	1



**Figura 3-3: Rappresentazione grafica della formula empirica riportata in Tabella 3-2: per il caso dei pali vibroinfissi. Si è usato 10.7 kJ come energia nominale del percussore.**

Per quanto riguarda le vibrazioni attese durante l'infissione di palancole, queste dipendono chiaramente anche dal tipo di posa in opera che può avvenire per infissione tramite:

- ✓ percussore (tramite martelli a caduta libera, martelli diesel ecc.)
- ✓ vibro-infissione (il principio è la riduzione dell'attrito palancole-terreno per facilitare l'infissione tramite martello)
- ✓ presso-infissione (tramite pressa idraulica, silent piling)

Un confronto tra un possibile livello di vibrazioni indotte da sistema a percussione (arancio) contro sistema a presso-infissione (blu), confrontati con le soglie UNI-9916 di danno è dato in Figura 3-4. Si può inferire che il sistema a presso-infissione, ove applicabile, garantisce il minor livello di vibrazioni indotte.

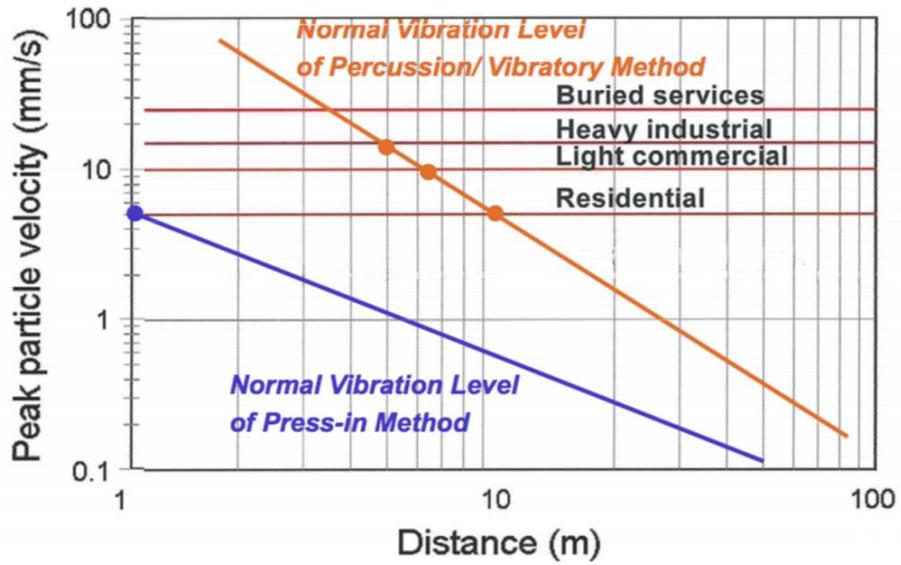


Figura 3-4: Decadimento della velocità particellare di picco con la distanza dalla sorgente per diversi sistemi di infissione di palancole (a percussione o vibroinfissione, in arancio, vs metodo silente a pressa idraulica, in blu) a confronto con i valori tipici di danno per diverse tipologie di strutture (fonte chimin.it).

## 4 INQUADRAMENTO DELL'AREA D'INTERVENTO

L'area di progetto è ubicata in località Isola Sacra, nel Comune di Fiumicino, lungo la fascia marino-costiera che si estende immediatamente a Nord della foce del Fiume Tevere. In particolare, l'Isola Sacra corrisponde all'area delimitata dai due corsi d'acqua della foce del fiume Tevere: il ramo di sinistra, chiamato Fiumara Grande, che forma la bocca naturale del fiume e costituisce il confine sud del territorio comunale di Fiumicino, ed il ramo di destra, costituito dal canale artificiale di Fiumicino o Fossa Traiana, che costituisce l'entrata del porto fluviale.

Allo stato attuale, nell'area è presente un tratto di moli sopraflutto e di sottoflutto e parte di alcune opere (pontile centrale, darsena e banchina di riva) realizzate nell'ambito del progetto non più realizzato, denominato "Porto della Concordia", la cui titolarità era della società IP Porto Romano Iniziative Portuali. Lo specchio acqueo antistante il litorale vede, in particolare, la presenza di una porzione di diga foranea, per una lunghezza di circa 800 m.

L'opera era stata avviata nel 2010 nella precedente fase di costruzione del "Porto della Concordia" in accordo al progetto definitivo di IP del 2009. Dopo alcuni mesi, le attività di cantiere per la realizzazione del progetto "Porto della Concordia" sono state interrotte.

In Figura 4.1 si riporta l'inquadramento generale dell'area di progetto, mentre In Figura 4.2 sene riporta un inquadramento di maggior dettaglio, utile a descrivere lo stato attuale a seguito della parziale realizzazione del "Porto della Concordia". In rosso è rappresentato il progetto del Porto turistico-crocieristico di Fiumicino Isola Sacra.

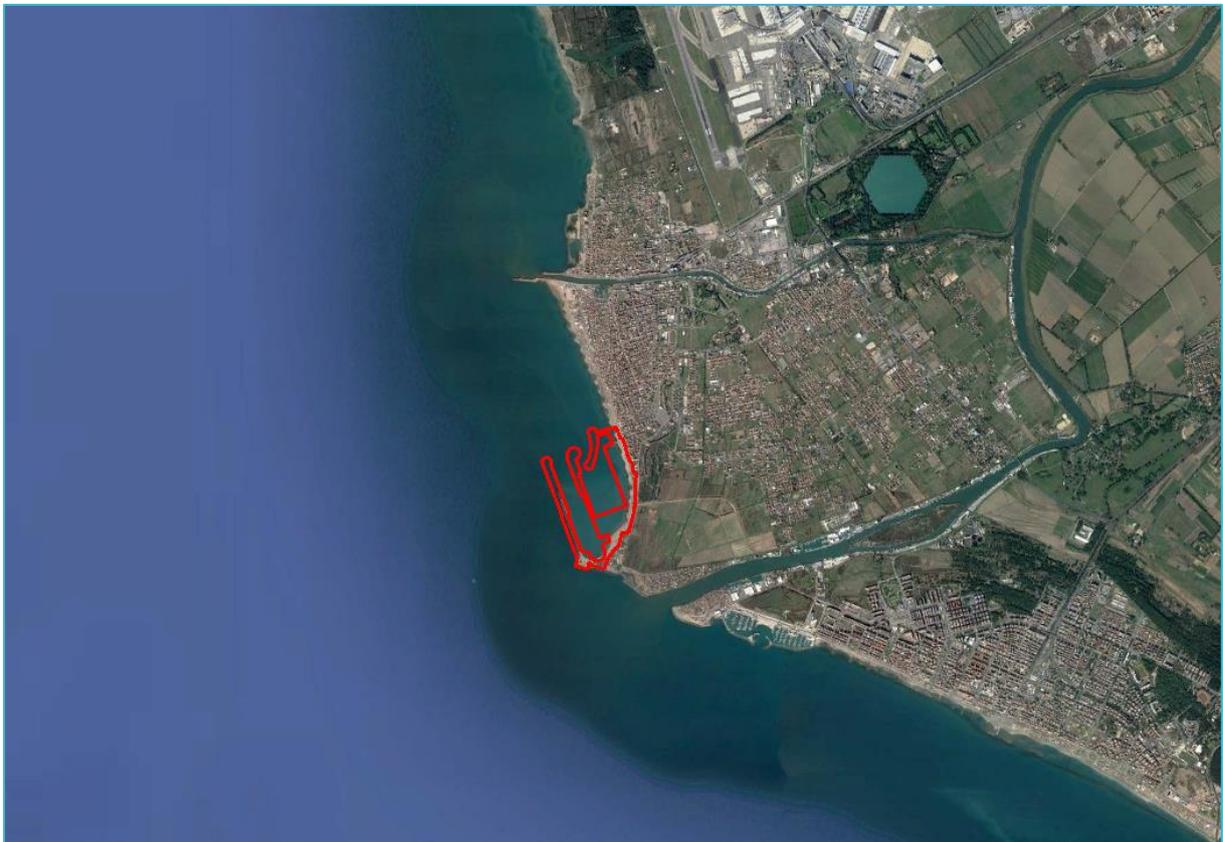


Figura 4.1: Inquadramento generale dell'area di progetto



Figura 4.2: Inquadramento di dettaglio dell'area di progetto

Lato terra, l'area di progetto confina a nord con l'abitato individuato tra il Lungomare della Salute e Via del Faro, a sud con un gruppo di edifici, a carattere prevalentemente residenziale, sviluppatosi tra Via del Faro e la linea di costa, attorno a Via Grave di Papadopoli. Nella stessa area insiste l'attuale marina denominata "Porticciolo del Faro". Nella parte intermedia, sul lato est dell'area di progetto è delimitata da Via del Faro, oltre la quale si estende l'area appartenente alla Rete Natura 2000 in quanto Zona Speciale di Conservazione ZSC IT2060024 "Isola Sacra".

A circa 3 km in direzione nord est dell'area di progetto si sviluppa l'aeroporto di Roma Fiumicino, mentre a circa 350 m in direzione est, si sviluppa un agglomerato di edifici, sulla riva nord di ramo del Tevere Fiumara Grande, accessibile da est da Via Costalunga e da ovest da Via Scagliosi, prosecuzione di Via del Faro.

Nell'estremo sud-ovest dell'area di progetto si erge il Faro di Fiumicino.

L'area di progetto, la ZSC IT2060024 "Isola Sacra" e tutti gli edificati sopra descritti ricadono all'interno del territorio comunale di Fiumicino.

#### 4.1 AREE DI CANTIERE

L'intera fase di cantiere per la realizzazione del Porto di Fiumicino Isola Sacra in progetto è descritta in dettaglio nella "Relazione di cantierizzazione", Doc. N° P0031150-D-0-MP00-CA-REL-01\_01. Rimandando a tale documento per un'analisi completa del cronoprogramma e delle varie fasi in cui esso è costruito, ai fini della presente valutazione previsionale è necessario considerare che:

- ✓ è prevista un'operatività del cantiere su due turni di lavoro diurni per sei giorni alla settimana, *limitatamente al periodo di riferimento diurno*;
- ✓ le aree di cantiere saranno suddivise in:
  - **Cantiere Principale:** caratterizzato dalla presenza dagli uffici di cantiere, di un'area ristoro, degli spogliatoi ed i servizi igienico assistenziali per il personale,

- **Cantiere Logistico:** caratterizzato dall'area in cui avverrà la prefabbricazione dei tetrapodi e dove sarà posizionato l'impianto di betonaggio,
  - **Cantieri Operativi:** saranno in corrispondenza di dove di eseguiranno le varie sottofasi dei lavori per realizzare le opere previste;
- ✓ la fase che prevede più lavorazioni in contemporanea è quella operativa iniziale, durante la quale si svolgeranno le principali attività. In particolare, sono previste attività di:
- realizzazione di palancoi,
  - consolidamenti,
  - realizzazione di massicciate,
  - riempimenti di banchine,
  - realizzazione di fondazioni,
  - produzione e messa in opera di accropodi.

Si riporta di seguito uno stralcio delle aree di cantiere sopra descritte:

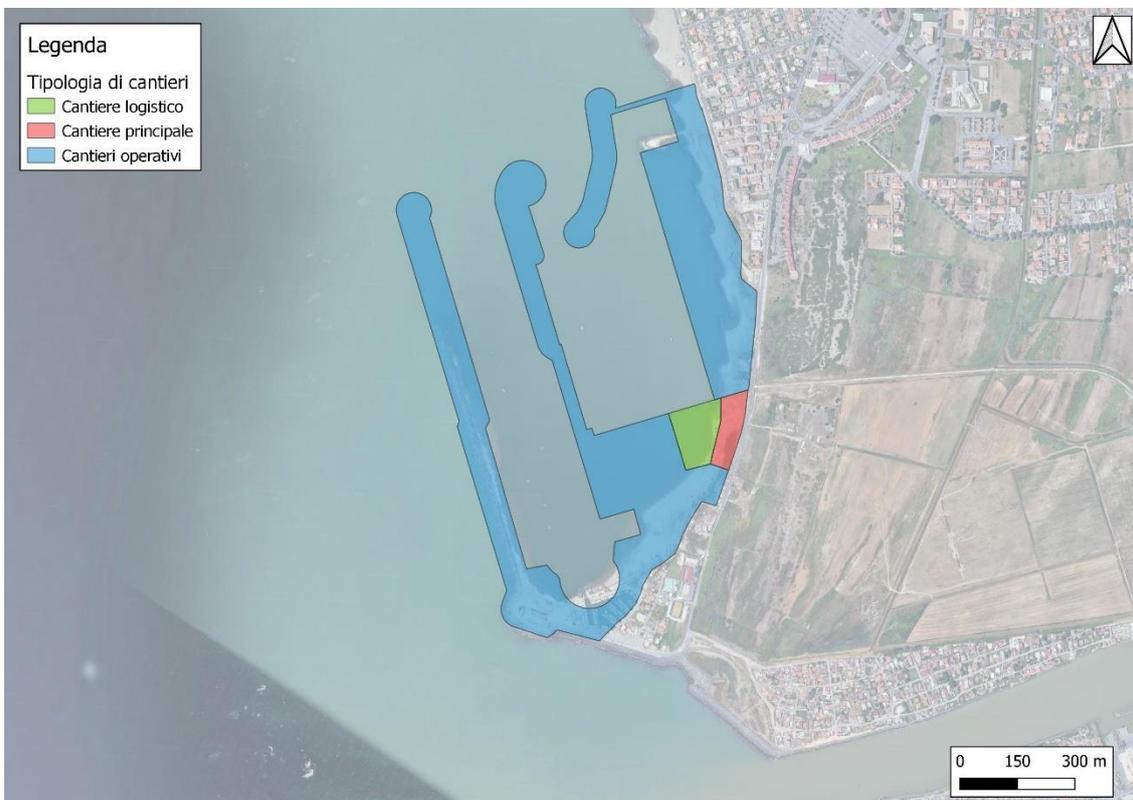


Figura 4.3: Inquadramento aree di cantiere

Per tali attività è prevista la presenza in cantiere dei macchinari elencati nella seguente tabella, dove si riporta per ciascun macchinario, la numerosità e la percentuale di utilizzo stimata rispetto alla durata dell'intero periodo di riferimento diurno, nonché, per completezza, il livello di potenza sonora.

**Tabella 4.1: Sorgenti presenti nell'area di progetto durante la fase di cantiere per la realizzazione del Porto di Fiumicino Isola Sacra**

ID	Macchinario	L <sub>w,A</sub> [dB(A)]	Tipologia	Numerosità	Percentuale di utilizzo
S1	Impianto di betonaggio per la produzione di CLS	98,3	FISSA	1	100%
S5	Autocarro	103,3	MOBILE	45	30%
S6	Dumper	106,5	MOBILE	18	75%
S7	Autobetoniera	95,2	MOBILE	5	60%
S8	Escavatore	104,0	MOBILE	5	50%
S9	Pala gommata	103,8	MOBILE	3	50%
S10	Pala cingolata	111,1	MOBILE	2	50%
S11	Autogrù	107,5	MOBILE	4	50%
S12	Carotatrice di piccolo diametro	112,2	MOBILE	6	50%

Analizzando nel dettaglio le attività di cantiere, i macchinari presenti saranno in movimento costante all'interno delle varie aree di lavoro; diversamente, l'impianto di betonaggio posizionato presso l'area di cantiere definita Cantiere Logistico, sarà una sorgente fissa.

## 4.2 INDIVIDUAZIONE DEI RICETTORI

Durante la fase di cantiere per la realizzazione del progetto, saranno presenti delle sorgenti vibrazionali temporanee e, in minore misura, fisse. Pertanto, i potenziali impatti vibrazionali delle suddette sorgenti interesseranno ricettori limitrofi all'area di cantiere come di seguito dettagliato.

Si evidenzia che, in linea con quanto eseguito per lo studio acustico (Doc. N° P0031150-D-0-MP00-AM-REL-16-00), sono stati presi in considerazione gli stessi gruppi di ricettori prospicienti il progetto e le aree individuate per la realizzazione dello stesso.

I ricettori risultano essere tutti assimilabili a residenziali, con edilizia degli anni 50-60. Nell'area non sono stati individuati edifici di carattere storico monumentale., ad eccezione della presenza del faro che risulta essere un "edificio di interesse culturale". In ragione della distanza dall'area di cantiere si individuano i seguenti ricettori:

- ✓ R1 – costituito dal gruppo di edifici, ad un piano fuori terra e a carattere prevalentemente residenziale, sviluppatosi tra Via del Faro e la linea di costa, attorno a Via Grave di Papadopoli.

**Tabella 4.2: Identificazione del gruppo di ricettori R1 limitrofi all'area di cantiere**

ID Ricettori	Distanza dai cantieri (m)		
	cantiere logistico	cantiere principale	cantieri operativi
R1_01	432,17	474,52	12,01
R1_02	431,52	471,89	25,75
R1_03	442,86	482,56	36,87
R1_04	441,04	477,07	56,55
R1_05	461,74	495,69	83,42
R1_06	450,01	482,91	83,97
R1_07	450,25	480,69	100,31
R1_08	439,59	468,96	102,75
R1_09	464,42	491,10	123,51

ID Ricettori	Distanza dai cantieri (m)		
	cantiere logistico	cantiere principale	cantieri operativi
R1_10	395,33	433,99	27,35
R1_11	417,20	452,30	59,94
R1_12	419,09	449,85	88,63
R1_13	399,84	430,01	84,28
R1_14	377,63	417,51	12,28
R1_15	373,27	410,89	23,42
R1_16	368,17	405,35	27,29
R1_17	349,46	388,52	15,77
R1_18	333,84	372,42	19,33
R1_19	339,78	371,18	56,57
R1_20	297,32	336,35	12,73
R1_21	307,34	343,13	31,18
R1_22	286,16	324,52	14,82
R1_23	291,21	327,59	28,59
R1_24	272,26	308,45	16,75
R1_25	257,33	292,34	9,17
R1_26	322,63	350,70	71,78
R1_27	290,53	308,17	63,87
R1_28	249,73	273,96	37,87
R1_29	163,35	170,51	41,04
R1_30	146,89	160,63	24,35
R1_31	140,35	152,26	23,71
R1_32	123,56	132,72	19,24
R1_33	123,24	126,39	26,05

- ✓ R2 – costituito dal gruppo di edifici che si sviluppa a sud est dell'area di progetto, sulla riva nord di ramo del Tevere Fiumara Grande. Come edificio rappresentativo dell'intero gruppo è stato considerato quello più ad ovest e quindi più vicino all'area di progetto.

**Tabella 4.3: Identificazione del gruppo di ricettori R2 limitrofi all'area di cantiere**

ID Ricettori	Distanza dai cantieri (m)		
	cantiere logistico	cantiere principale	cantieri operativi
R2_01	557,96	534,73	359,69
R2_02	571,27	546,24	380,51
R2_03	575,90	551,62	378,17
R2_04	565,52	538,76	391,04
R2_05	578,42	552,30	395,13
R2_06	583,08	557,25	395,48
R2_07	595,47	568,87	411,33
R2_08	570,09	542,68	402,21
R2_09	591,48	564,43	412,98

ID Ricettori	Distanza dai cantieri (m)		
	cantiere logistico	cantiere principale	cantieri operativi
R2_10	573,00	544,02	413,54
R2_11	599,62	571,34	430,32
R2_12	575,87	546,23	419,79
R2_13	589,40	560,13	430,08
R2_14	610,53	585,55	406,20
R2_15	610,92	584,63	418,38
R2_16	609,95	583,38	421,13
R2_17	624,82	599,11	422,86
R2_18	624,32	597,34	434,60
R2_19	619,00	591,63	435,42
R2_20	623,08	594,68	446,34
R2_21	629,49	602,06	442,11
R2_22	636,87	610,21	439,60

- ✓ R3 – costituito da un edificio a carattere residenziale di altezza variabile tra un minimo di 4 ed un massimo di 7 piani fuori terra, sito ad est di Via del Faro in prossimità del termine della zona abitata.

**Tabella 4.4: Identificazione del gruppo di ricettori R3 limitrofi all'area di cantiere**

ID Ricettori	Distanza dai cantieri (m)		
	cantiere logistico	cantiere principale	cantieri operativi
R3_01	377,17	328,38	102,15
R3_02	460,01	418,48	115,13
R3_03	501,16	461,46	126,87
R3_04	512,91	473,60	132,24
R3_05	532,37	493,58	142,63
R3_06	541,09	502,46	148,02
R3_07	561,38	523,09	159,51
R3_08	581,65	543,56	169,88
R3_09	622,36	583,82	183,82
R3_10	642,67	603,65	191,92
R3_11	657,67	617,45	207,29

- ✓ R4 – costituito dagli edifici dell'abitato individuato tra il Lungomare della Salute e Via del Faro, divisi tra edifici a nord ed edifici a sud come riportato nelle seguenti tabelle:

**Tabella 4.5: Identificazione del gruppo di ricettori R4 area nord limitrofi all'area di cantiere**

ID Ricettori	Distanza dai cantieri (m)		
	cantiere logistico	cantiere principale	cantieri operativi
R4nord_01	586,93	566,90	26,17
R4nord_02	587,98	565,40	47,45
R4nord_03	602,01	576,67	72,55

ID Ricettori	Distanza dai cantieri (m)		
	cantiere logistico	cantiere principale	cantieri operativi
R4nord_04	605,90	577,65	97,11
R4nord_05	615,86	594,85	31,57
R4nord_06	626,76	601,40	80,15
R4nord_07	636,98	617,72	28,66
R4nord_08	640,44	617,08	59,08
R4nord_09	650,94	625,23	85,37
R4nord_10	664,85	645,28	40,87
R4nord_11	675,14	650,18	88,68
R4nord_12	688,89	670,65	34,09
R4nord_13	694,86	673,58	52,68
R4nord_14	700,28	675,32	93,69
R4nord_15	708,50	691,50	23,62
R4nord_16	712,03	693,05	46,74
R4nord_17	717,35	696,41	66,48
R4nord_18	729,60	706,58	89,81
R4nord_19	724,38	699,50	105,70
R4nord_20	742,99	718,57	105,59
R4nord_21	741,63	725,44	25,62
R4nord_22	753,84	733,97	65,92
R4nord_23	756,80	739,45	39,98
R4nord_24	753,93	735,67	50,10
R4nord_25	767,76	748,47	63,58
R4nord_26	773,17	757,48	29,43
R4nord_27	781,50	762,99	59,88
R4nord_28	796,51	777,25	73,28
R4nord_29	802,83	784,63	64,33
R4nord_30	814,50	799,96	25,32
R4nord_31	822,32	804,30	62,19
R4nord_32	840,08	823,32	54,17

Tabella 4.6: Identificazione del gruppo di ricettori R4 area sud limitrofi all'area di cantiere

ID Ricettori	Distanza dai cantieri (m)		
	cantiere logistico	cantiere principale	cantieri operativi
R4sud_01	367,11	334,70	34,14
R4sud_02	387,28	355,16	36,63
R4sud_03	402,89	373,10	29,90
R4sud_04	428,88	399,42	31,55
R4sud_05	449,21	421,27	33,23
R4sud_06	470,06	443,01	37,09
R4sud_07	496,48	471,58	43,45

ID Ricettori	Distanza dai cantieri (m)		
	cantiere logistico	cantiere principale	cantieri operativi
R4sud_08	516,46	492,56	46,49
R4sud_09	541,13	519,11	28,14
R4sud_10	562,59	538,77	53,10
R4sud_11	552,78	524,18	85,04
R4sud_12	568,33	541,68	75,86
R4sud_13	566,50	534,87	109,31

- ✓ R5 – costituito da un edificio ad uso residenziale di un piano fuori terra interno alla ZSC IT2060024 “Isola Sacra”.

**Tabella 4.7: Identificazione del gruppo di ricettori R5 limitrofi all’area di cantiere**

ID Ricettori	Distanza dai cantieri (m)		
	cantiere logistico	cantiere principale	cantieri operativi
R5_01	86,05	51,12	23,32
R5_02	130,40	81,99	78,40
R5_03	217,58	160,51	178,60
R5_04	220,50	161,40	196,36
R5_05	181,44	122,20	151,02
R5_06	198,24	137,61	157,28
R5_07	256,72	197,71	220,15

Nel seguito si riporta la posizione dei ricettori rispetto alle aree di cantiere previste:



Figura 4.4: Individuazione dei ricettori limitrofi all'area di cantiere

## 4.3 CONTESTO GEOLOGICO

### 4.3.1.1 Inquadramento geologico

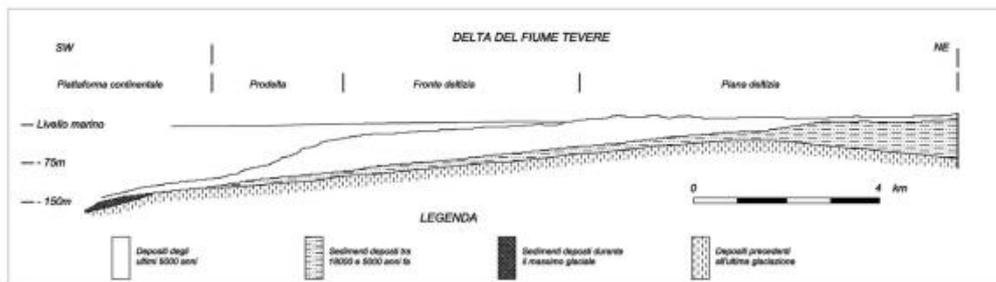
Dal punto di vista geologico l'area oggetto del presente studio, collocata a sud ovest dell'abitato di Fiumicino, appartiene al comprensorio del Delta tiberino, il maggiore dell'area tirrenica.

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 (come da Doc. N° P0031150-D-0-MP00-AM-REL-01-01):

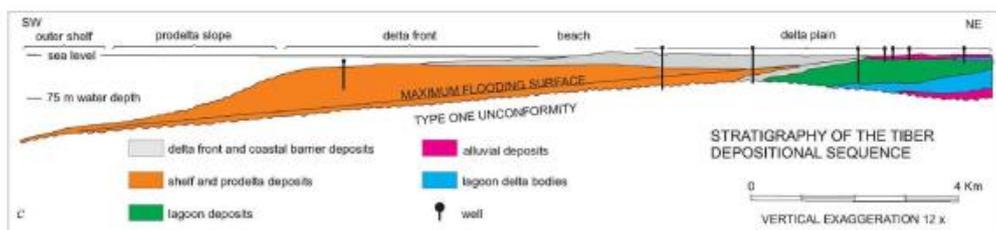
- ✓ periodo di stazionamento basso del mare (circa 20.000 anni fa), quando la piattaforma continentale era in gran parte emersa;
- ✓ risalita del livello del mare con completa erosione del paleo-delta di basso stazionamento e forte sedimentazione all'interno della valle glaciale incisa dal fiume Tevere. 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 progredazione recente che ha determinato un avanzamento di circa 4 km dell'apice del delta. La progredazione 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 km<sup>2</sup> e con la parte sommersa per circa 500 km<sup>2</sup> e presenta uno spessore massimo del corpo sedimentario di poco superiore a 80 m.

Nelle sezioni geologiche riportate nella seguente figura, 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.



Sezione schematica SW-NE dell'intero delta tiberino, prevalentemente costruita utilizzando i dati di sondaggio eseguiti nell'attuale piana deltizia e quelli della sismica ad alta risoluzione realizzata nell'area di prodelta. Sono indicati i diversi corpi sedimentari depositi in corrispondenza delle fasi di stazionamento basso del livello marino (depositi più antichi di 18.000 anni), del periodo di risalita del livello marino (fra -18.000 e -5.000 anni) e infine dell'intervallo compreso tra il momento della quasi raggiunta stabilità (-5.000 anni) fino al raggiungimento della quota attuale. (DA BELLOTTI, 1998).



Stratigrafia della sequenza deposizionale tiberina. Dettaglio di fig. 8a, arricchita di dati sedimentologici (Da BELLOTTI et alii, 1994, ridisegnato)

Figura 4.5: Stratigrafia della sequenza deposizionale tiberina

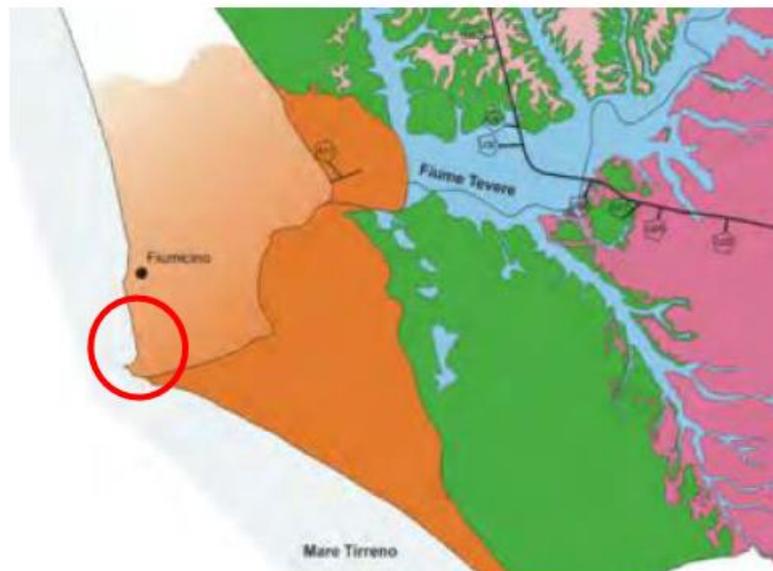
#### 4.3.1.2 Inquadramento idrogeologico

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 acquitardo. 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).

Nella seguente figura 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 4.6:** 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

## 5 METODI PER LA RIDUZIONE DELLE VIBRAZIONI

In questo capitolo si riportano alcune possibili soluzioni da mettere in pratica per ridurre l'impatto da vibrazioni ove necessario. I suggerimenti elencati nel seguito sono secondari alla cura nella scelta del sistema di avanzamento/infissione, come dettagliato nel Capitolo 4.

**Trincee.** Una trincea (un taglio nel terreno) interrompe la propagazione diretta delle onde P e S tra la sorgente e il ricevitore. Vi sono tuttavia limiti importanti: la schermatura è efficace solo per vibrazioni in alta frequenza, tali da generare lunghezze d'onda confrontabili o minori con la dimensioni della trincea, e prevalentemente per le onde di superficie (che comunque sono generalmente quelle con maggior ampiezza). Per essere efficace la trincea dovrebbe essere collocata quanto più possibile in prossimità dei ricevitori e, quando particolarmente profonda, può costituire un pericolo per le persone nel caso di rifluimento, che può essere sostenuto dalle vibrazioni stesse.

Al termine del lavoro la trincea andrà riempita.

**Riduzione dell'energia immessa per colpo.** Come si desume dalla Tabella 3-2, esiste una dipendenza tra PPV e l'energia immessa da un palo battuto. È pertanto possibile ridurre il livello di vibrazioni immesse diminuendo l'energia al meglio. Per converso saranno necessari un numero maggiore di colpi a energia minore per infiggere i pali alla profondità richiesta. Tale relazione non è necessariamente di tipo lineare.

Si potrà ad esempio iniziare l'infissione a bassa energia e incrementarla progressivamente quando il palo sarà già infisso a profondità superiori. Il compromesso tra numero di colpi e loro energia potrà essere studiato in sito installando un sistema di monitoraggio in prossimità del recettore sensibile o della macchina operatrice.

**Riduzione della resistenza alla penetrazione.** Quando l'infissione o battitura di un palo rischia di creare eccessive vibrazioni all'intorno, si può valutare la realizzazione di un pre-foro che rimuova parte del terreno che dovrebbe essere, diversamente, spostato nei primi istanti di infissione del palo stesso.

L'uso di fanghi bentonitici, oltre a sostenere il foro, può avere una azione lubrificante e ridurre le vibrazioni immesse nella costruzione dei pali trivellati.

Una modesta quantità di acqua può avere lo stesso effetto su pali infissi.

**Uso di vibratorii a momento variabile.** I vibratorii operano per mezzo di masse eccentriche contro-ruotanti, disposte in modo che le forze dinamiche generate dalla loro rotazione siano allineate in senso verticale. Durante l'avvio e l'arresto delle operazioni, la frequenza rotazionale varia continuamente e si osserva generalmente che le vibrazioni sono maggiori durante i momenti di avvio e rallentamento che durante la vibrazione stazionaria.

In generale, oltre ad usare dispositivi tali per cui le masse eccentriche diano risultanti opposte in verso durante le fasi di avvio e arresto, bilanciandosi, è sempre opportuno valutare anche l'intervallo di frequenze prodotto dai sistemi vibranti e confrontarlo con le frequenze caratteristiche dei terreni.

Hiller e Crabb (2000) e Castellaro et al., (2013) hanno infatti mostrato che le armoniche prodotte da una sorgente che siano prossime alle armoniche esaltate dal sottosuolo (frequenze di risonanza) vengono trasmesse a distanze maggiori rispetto alla sorgente delle altre.

## 6 ANALISI IMPATTO VIBRAZIONALE IN FASE DI CANTIERE

Nel presente capitolo sono analizzati i possibili ricettori impattati dalle attività di cantiere previste dal progetto in base alle attività che prevedono immissione di vibrazioni.

Come anticipato, si ritiene che l'attività di cantiere operativo che risulta maggiormente impattante sia rappresentata dall'infissione o scavo mediante vibrazioni.

Per questo tipo di attività, come indicato nel Capitolo relativo al disturbo da vibrazione, sono state indicate delle distanze di attenzione.

**Tabella 6-1: Riassunto delle distanze di attenzione per possibile superamento dei livelli di vibrazione potenzialmente dannosi per le strutture.**

Attività	Distanza di attenzione	
	Bene storico/monumentale	Edilizia residenziale
Infissione pali e palancole	35 m	15 m
Scavo con produzione di vibrazioni	35 m	15 m

Come riportato nel capitolo di "individuazione dei ricettori", i ricettori risultano essere tutti assimilabili a residenziali, con edilizia degli anni 50-60. Ad eccezione della presenza del faro (edificio di interesse culturale), nell'area non sono stati individuati edifici di carattere storico monumentale.

Riguardo quest'ultimo si evidenzia che la presenza del faro si ritiene ininfluenza da un punto di vista degli impatti da vibrazioni; tale edificio, infatti, in accordo alla concessione esistente, sarà oggetto di un dedicato restauro conservativo atto a tutelarne le apparenze, ma anche a garantire una messa in sicurezza strutturale capace di consolidarne gli elementi portanti al fine di garantire la sua agibilità, nonché, in generale, la sua conservazione nel tempo. In accordo a questo aspetto, si può assimilare tale manufatto a un edificio più moderno simile, per parametri agli edifici residenziali.

In ragione della distanza dall'area di cantiere operativo si presenta l'analisi per ciascun gruppo dei ricettori della distanza cautelativa di attenzione (15m) rispetto al totale di ricettori residenziali presenti nel singolo gruppo individuato. Si riporta per completezza anche la distanza dalle altre tipologie di cantiere.

### 6.1 ANALISI IMPATTO VIBRAZIONALE GRUPPO DI EDIFICI R1

**Tabella 6.2: Potenziale impatto nel gruppo dei ricettori R1 limitrofi all'area di cantiere**

ID Ricettori	Distanza dai cantieri (m)			Potenziale impatto vibrazionale
	cantiere logistico	cantiere principale	cantieri operativi	
R1_01	432,17	474,52	12,01	SI
R1_02	431,52	471,89	25,75	NO
R1_03	442,86	482,56	36,87	NO
R1_04	441,04	477,07	56,55	NO
R1_05	461,74	495,69	83,42	NO
R1_06	450,01	482,91	83,97	NO
R1_07	450,25	480,69	100,31	NO
R1_08	439,59	468,96	102,75	NO
R1_09	464,42	491,10	123,51	NO
R1_10	395,33	433,99	27,35	NO
R1_11	417,20	452,30	59,94	NO
R1_12	419,09	449,85	88,63	NO
R1_13	399,84	430,01	84,28	NO

ID Ricettori	Distanza dai cantieri (m)			Potenziale impatto vibrazionale
	cantiere logistico	cantiere principale	cantieri operativi	
R1_14	377,63	417,51	12,28	SI
R1_15	373,27	410,89	23,42	NO
R1_16	368,17	405,35	27,29	NO
R1_17	349,46	388,52	15,77	NO
R1_18	333,84	372,42	19,33	NO
R1_19	339,78	371,18	56,57	NO
R1_20	297,32	336,35	12,73	SI
R1_21	307,34	343,13	31,18	NO
R1_22	286,16	324,52	14,82	SI
R1_23	291,21	327,59	28,59	NO
R1_24	272,26	308,45	16,75	NO
R1_25	257,33	292,34	9,17	SI
R1_26	322,63	350,70	71,78	NO
R1_27	290,53	308,17	63,87	NO
R1_28	249,73	273,96	37,87	NO
R1_29	163,35	170,51	41,04	NO
R1_30	146,89	160,63	24,35	NO
R1_31	140,35	152,26	23,71	NO
R1_32	123,56	132,72	19,24	NO
R1_33	123,24	126,39	26,05	NO

## 6.2 ANALISI IMPATTO VIBRAZIONALE GRUPPO DI EDIFICI R2

Tabella 6.3: Potenziale impatto nel gruppo dei ricettori R2 limitrofi all'area di cantiere

ID Ricettori	Distanza dai cantieri (m)			Potenziale impatto vibrazionale
	cantiere logistico	cantiere principale	cantieri operativi	
R2_01	557,96	534,73	359,69	NO
R2_02	571,27	546,24	380,51	NO
R2_03	575,90	551,62	378,17	NO
R2_04	565,52	538,76	391,04	NO
R2_05	578,42	552,30	395,13	NO
R2_06	583,08	557,25	395,48	NO
R2_07	595,47	568,87	411,33	NO
R2_08	570,09	542,68	402,21	NO
R2_09	591,48	564,43	412,98	NO
R2_10	573,00	544,02	413,54	NO
R2_11	599,62	571,34	430,32	NO
R2_12	575,87	546,23	419,79	NO
R2_13	589,40	560,13	430,08	NO
R2_14	610,53	585,55	406,20	NO
R2_15	610,92	584,63	418,38	NO
R2_16	609,95	583,38	421,13	NO
R2_17	624,82	599,11	422,86	NO
R2_18	624,32	597,34	434,60	NO
R2_19	619,00	591,63	435,42	NO
R2_20	623,08	594,68	446,34	NO
R2_21	629,49	602,06	442,11	NO
R2_22	636,87	610,21	439,60	NO

### 6.3 ANALISI IMPATTO VIBRAZIONALE GRUPPO DI EDIFICI R3

Tabella 6.4: Potenziale impatto nel gruppo dei ricettori R3 limitrofi all'area di cantiere

ID Ricettori	Distanza dai cantieri (m)			Potenziale impatto vibrazionale
	cantiere logistico	cantiere principale	cantieri operativi	
R3_01	377,17	328,38	102,15	NO
R3_02	460,01	418,48	115,13	NO
R3_03	501,16	461,46	126,87	NO
R3_04	512,91	473,60	132,24	NO
R3_05	532,37	493,58	142,63	NO
R3_06	541,09	502,46	148,02	NO
R3_07	561,38	523,09	159,51	NO
R3_08	581,65	543,56	169,88	NO
R3_09	622,36	583,82	183,82	NO
R3_10	642,67	603,65	191,92	NO
R3_11	657,67	617,45	207,29	NO

### 6.4 ANALISI IMPATTO VIBRAZIONALE GRUPPO DI EDIFICI R4 NORD

Tabella 6.5: Potenziale impatto nel gruppo dei ricettori R4 area nord limitrofi all'area di cantiere

ID Ricettori	Distanza dai cantieri (m)			Potenziale impatto vibrazionale
	cantiere logistico	cantiere principale	cantieri operativi	
R4nord_01	586,93	566,90	26,17	NO
R4nord_02	587,98	565,40	47,45	NO
R4nord_03	602,01	576,67	72,55	NO
R4nord_04	605,90	577,65	97,11	NO
R4nord_05	615,86	594,85	31,57	NO
R4nord_06	626,76	601,40	80,15	NO
R4nord_07	636,98	617,72	28,66	NO
R4nord_08	640,44	617,08	59,08	NO
R4nord_09	650,94	625,23	85,37	NO
R4nord_10	664,85	645,28	40,87	NO
R4nord_11	675,14	650,18	88,68	NO
R4nord_12	688,89	670,65	34,09	NO
R4nord_13	694,86	673,58	52,68	NO
R4nord_14	700,28	675,32	93,69	NO
R4nord_15	708,50	691,50	23,62	NO
R4nord_16	712,03	693,05	46,74	NO
R4nord_17	717,35	696,41	66,48	NO
R4nord_18	729,60	706,58	89,81	NO
R4nord_19	724,38	699,50	105,70	NO
R4nord_20	742,99	718,57	105,59	NO
R4nord_21	741,63	725,44	25,62	NO
R4nord_22	753,84	733,97	65,92	NO
R4nord_23	756,80	739,45	39,98	NO
R4nord_24	753,93	735,67	50,10	NO
R4nord_25	767,76	748,47	63,58	NO
R4nord_26	773,17	757,48	29,43	NO
R4nord_27	781,50	762,99	59,88	NO
R4nord_28	796,51	777,25	73,28	NO

ID Ricettori	Distanza dai cantieri (m)			Potenziale impatto vibrazionale
	cantiere logistico	cantiere principale	cantieri operativi	
R4nord_29	802,83	784,63	64,33	NO
R4nord_30	814,50	799,96	25,32	NO
R4nord_31	822,32	804,30	62,19	NO
R4nord_32	840,08	823,32	54,17	NO

## 6.5 ANALISI IMPATTO VIBRAZIONALE GRUPPO DI EDIFICI R4 SUD:

Tabella 6.6: Potenziale impatto nel gruppo dei ricettori R4 area sud limitrofi all'area di cantiere

ID Ricettori	Distanza dai cantieri (m)			Potenziale impatto vibrazionale
	cantiere logistico	cantiere principale	cantieri operativi	
R4sud_01	367,11	334,70	34,14	NO
R4sud_02	387,28	355,16	36,63	NO
R4sud_03	402,89	373,10	29,90	NO
R4sud_04	428,88	399,42	31,55	NO
R4sud_05	449,21	421,27	33,23	NO
R4sud_06	470,06	443,01	37,09	NO
R4sud_07	496,48	471,58	43,45	NO
R4sud_08	516,46	492,56	46,49	NO
R4sud_09	541,13	519,11	28,14	NO
R4sud_10	562,59	538,77	53,10	NO
R4sud_11	552,78	524,18	85,04	NO
R4sud_12	568,33	541,68	75,86	NO
R4sud_13	566,50	534,87	109,31	NO

## 6.6 ANALISI IMPATTO VIBRAZIONALE GRUPPO DI EDIFICI R5

Tabella 6.7: Potenziale impatto nel gruppo dei ricettori R5 limitrofi all'area di cantiere

ID Ricettori	Distanza dai cantieri (m)			Potenziale impatto vibrazionale
	cantiere logistico	cantiere principale	cantieri operativi	
R5_01	86,05	51,12	23,32	NO
R5_02	130,40	81,99	78,40	NO
R5_03	217,58	160,51	178,60	NO
R5_04	220,50	161,40	196,36	NO
R5_05	181,44	122,20	151,02	NO
R5_06	198,24	137,61	157,28	NO
R5_07	256,72	197,71	220,15	NO

In considerazione dei ricettori individuati, si prevede di eseguire idoneo monitoraggio (si veda Capitolo 7 della presente relazione) in fase ante operam e in corso d'opera, nelle varie fasi realizzative, per verificare lo stato delle strutture edilizie e la loro risposta alle potenziali vibrazioni previste dalle attività di cantiere.

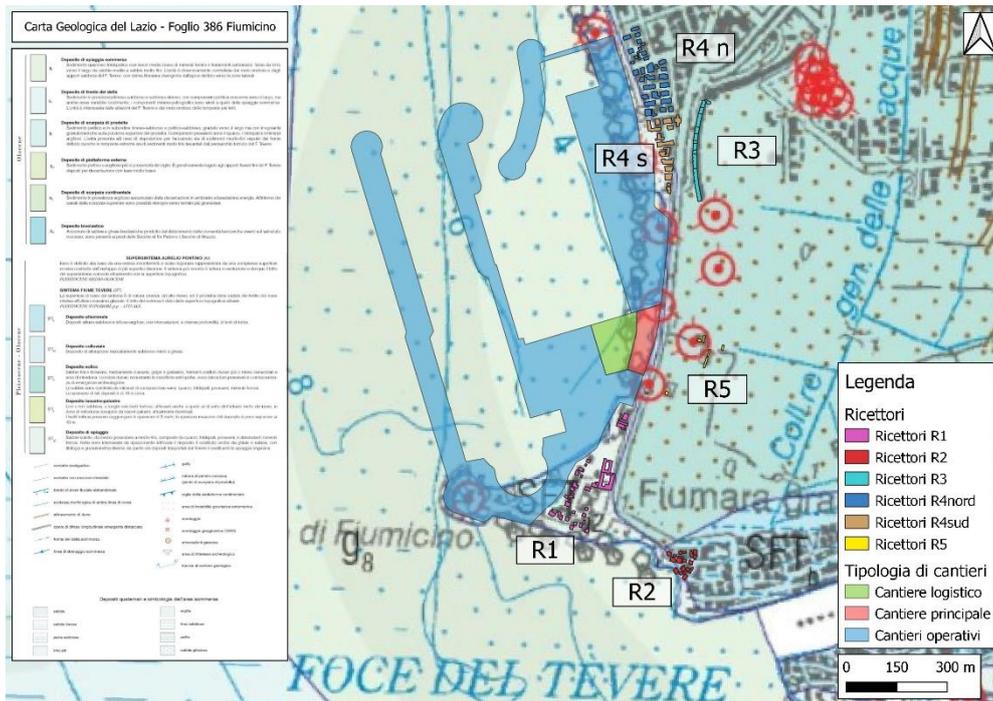
## 6.7 INTERFERENZE VIBRAZIONALI CON SOTTOSUOLO

Come già indicato, il cantiere operativo risulta potenzialmente impattante per la componente vibrazionale, in quanto nella fase operativa iniziale sono previste più lavorazioni in contemporanea, durante le quali si svolgeranno le principali attività, tra cui: realizzazione di palancolati, consolidamenti, realizzazione di massicciate, riempimenti di banchine, realizzazione di fondazioni e produzione e messa in opera di accropodi.

Si evidenzia che tale tipo di impatto, per le modalità operative previste, ed in considerazione della tipologia di sorgenti puntuali considerate, risulta essere di natura discontinua, temporanea, e a scala spaziale limitata al sito di intervento.

Sulla base del contesto geolitologico ed idrogeologico dell'area di intervento, nonché, in considerazione di quanto riportato nel capitolo 4, dove per i terreni "teneri" l'infissione di pali genera usualmente meno vibrazioni che in terreni rigidi, si può ragionevolmente ritenere che le caratteristiche dell'area sopradescritte non favoriscano, in maniera sostanziale, la potenziale propagazione delle vibrazioni dalle aree di cantiere di entità tale da indurre impatti agli edifici limitrofi ai siti di intervento.

Si riporta nella seguente figura la posizione dell'area di progetto e dei ricettori individuati rispetto ad un estratto della carta Geologica del Lazio – Foglio 386 Fiumicino (fonte ISPRA).



**Figura 6.1: Inquadramento aree di cantiere su carta geologica**

Secondo le buone pratiche di cantiere, saranno in ogni caso messe in atto tutte le buone norme per la sua riduzione, indipendentemente dal fatto che superi o meno i limiti normativi.

## 7 MONITORAGGIO

Il monitoraggio dei ricettori posti entro la distanza di attenzione rispetto al cantiere andrà eseguito per mezzo di terne velocimetriche (solo in subordine accelerometriche) da disporre in prossimità del recettore stesso, all'altezza del piano campagna e preferibilmente nell'immediato intorno del piano di fondazione.

Le fondazioni, più rigide del terreno circostante, hanno la caratteristica di attenuare il moto che si registra al di sopra di esse (Castellaro et al., 2022 e referenze ivi contenute), pertanto è preferibile eseguire il monitoraggio nell'immediato intorno delle fondazioni stesse.

Qualora non sia possibile disporre i sensori in prossimità del recettore, sarà possibile disporli nel punto più periferico del cantiere e più prossimo al recettore stesso. Il non superamento delle soglie di attenzione in questo punto, sarà garanzia che con ogni probabilità la vibrazione non supererà le soglie di attenzione nemmeno in corrispondenza del recettore.

Le vibrazioni sono infatti determinate da onde sismiche (in massima parte onde di superficie, di tipo Rayleigh e Love, che si propagano secondo fronti cilindrici lungo la superficie della Terra) che attenuano con la distanza in ragione di fenomeni anelastici e dell'espansione del fronte d'onda (quindi per ragioni geometriche).

In presenza di brusche variazioni geologiche e in particolare se le onde passano dall'attraversare strati molto rigidi ad attraversare strati molto teneri (es. transizione roccia → sedimento), le onde rallentano ed aumentano l'ampiezza del loro moto (ossia la velocità particellare e di conseguenza anche la PPV, la velocità particellare di picco). Pertanto, laddove non sia possibile monitorare direttamente il recettore ma solo la vibrazione prodotta in prossimità del cantiere, un raffronto con le carte geologiche locali o altra informazione geologica disponibile potrà suggerire se ci si trovi in un caso di questo tipo.

L'installazione delle terne velocimetriche dovrà evitare ogni tipo di interfaccia sensore-terreno non necessaria, inclusi blocchetti di ancoraggio, mensole o altri dispositivi che alterano la misura, modificando l'altezza del baricentro del sensore, tipicamente amplificando le velocità particellari registrate o deamplificandola quando le piastre di accoppiamento sono molto larghe e di piccolo spessore (analogamente all'effetto fondazione sopra descritto).

Il monitoraggio delle vibrazioni andrà predisposto per tutta la durata delle attività entro la distanza di attenzione e potrà essere corredato di segnalazioni acustiche/visive/via notifiche su smartphone o simili, per avvenuto superamento di soglia, in modo che gli operai e/o il direttore lavori possano immediatamente sospendere le attività potenzialmente dannose e mettere in atto strategie di mitigazione quali quelle descritte al Capitolo 5 o altre, adatte agli specifici macchinari in uso in quel tratto.

Poiché l'intervallo di frequenza di interesse per la valutazione del danno strutturale è normalmente inteso tra 1 e 100-200 Hz, il monitoraggio andrà condotto con una frequenza di campionamento dei segnali di almeno 400 Hz (teorema di Nyquist). La norma UNI-9916 raccomanda 1500 Hz ma ammette diverse modalità operative se opportunamente argomentate. A tal proposito si può argomentare che molto difficilmente il segnale sopra qualche centinaio di Hz non sarà contaminato dalle autofrequenze proprie dei sensori (intese come frequenze del contenitore dei sensori) e che in ultima analisi se l'intervallo di frequenze disturbanti arriva sino a 200 Hz, dal punto di vista dell'analisi dei segnali campionare a poco più di 400 Hz è sufficiente. Oltre queste frequenze si ricade nel disturbo di tipo acustico, che è trattato in altri rapporti tecnici.

Le frequenze maggiormente attivate nell'infissione di pali/palancole si attestano normalmente attorno a 10-100 Hz. Frequenze maggiori di 200 Hz corrispondono a lunghezze d'onda di pochi metri o frazione di metro, in funzione della velocità di propagazione nei terreni, che tendono quindi ad attenuare rapidamente con la distanza.

Tutti questi elementi possono essere valutati rapidamente in sito da operatori esperti, che adatteranno pertanto i dettagli del monitoraggio alla specificità geologica e cantieristica locale.

Con specifico riferimento all'edificio del faro, avente carattere di "edificio di interesse culturale", come indicato al precedente Capitolo, durante la fase di cantiere operativo, oltre a tutte le buone pratiche di cantiere atte a limitare le interazioni con l'opera, sarà comunque valutata la necessità di un *dedicato monitoraggio preventivo* che garantisca ulteriori tutele.

## 8 CONCLUSIONI

È stata condotta una analisi preliminare del potenziale impatto delle vibrazioni indotte dalle attività di cantiere inerenti al progetto “*Progetto per la realizzazione del Porto turistico-crociéristico di Fiumicino - Isola Sacra*”.

L'analisi ha riguardato i potenziali impatti vibrazionali per la fase di cantiere che prevede:

- ✓ un'operatività del cantiere su due turni di lavoro diurni per sei giorni alla settimana, *limitatamente al periodo di riferimento diurno*;
- ✓ le aree di cantiere saranno suddivise in:
  - **Cantiere Principale:** caratterizzato dalla presenza dagli uffici di cantiere, di un'area ristoro, degli spogliatoi ed i servizi igienico assistenziali per il personale,
  - **Cantiere Logistico:** caratterizzato dall'area in cui avverrà la prefabbricazione dei tetrapodi e dove sarà posizionato l'impianto di betonaggio,
  - **Cantieri Operativi:** saranno in corrispondenza di dove di eseguiranno le varie sottofasi dei lavori per realizzare le opere previste;

Si ritiene che l'attività di cantiere operativo che risulta maggiormente impattante sia rappresentata dall'infissione o scavo mediante vibrazioni.

Non essendoci ancora – a questo stadio – dati di progetto quantitativi sulle opere sopra elencate, è stata svolta una analisi dei dati di letteratura relativi a monitoraggi di vibrazioni a distanza crescente dalla sorgente, per le sorgenti sopra menzionate. Tale analisi ha portato all'identificazione delle formule empiriche riassunte in Tabella 3-2., che includono anche, dove possibile, una indicazione sulla loro incertezza.

Sulla base di tali espressioni, si è compilata la Tabella 6-1: che riassume le distanze dal cantiere entro le quali è opportuno procedere:

- ✓ o con accorgimenti in sede di lavoro per ridurre le vibrazioni (es. lavorando a presso-infissione o adottando altri accorgimenti quali quelli suggeriti nel Capitolo 5);
- ✓ e/o monitorando i livelli di vibrazione presso i ricettori per sincerarsi che rimangano sotto i valori di soglia (Figura 3-1, Figura 3-2).

In ragione della distanza dall'area di cantiere è stata effettuata l'analisi per ciascun gruppo dei ricettori della distanza cautelativa di attenzione (15m) rispetto al totale di ricettori presenti nel singolo gruppo individuato. Il dettaglio dei gruppi di ricettori individuati e potenzialmente impattati è riportato nel Capitolo 6.

In estrema sintesi, le strutture edilizie, che sono risultate tutte a carattere prevalente residenziale, che ricadono entro 15 m dall'area di cantiere saranno oggetto, ove possibile, di tutela/monitoraggio, in quanto ricadenti in una fascia di attenzione e sorveglianza e andranno messe in opera tutte le possibili risorse per la riduzione delle vibrazioni potenzialmente provenienti dal cantiere.

Con questa ottica, per l'intervento in esame in esame sono stati individuati:

- ✓ Gruppo R1: 5 ricettori ubicati entro 15 m dall'area di cantiere;
- ✓ Gruppo R2: 0 ricettori ubicati entro 15 m dall'area di cantiere;
- ✓ Gruppo R3: 0 ricettori ubicati entro 15 m dall'area di cantiere;
- ✓ Gruppo R4 nord: 0 ricettori ubicati entro 15 m dall'area di cantiere;
- ✓ Gruppo R4 sud: 0 ricettori ubicati entro 15 m dall'area di cantiere;
- ✓ Gruppo R5: 0 ricettori ubicati entro 15 m dall'area di cantiere;

Di conseguenza, sono stati individuati 5 ricettori posti a una distanza tale da poter essere interessati dall'attività di cantiere operativo che potenzialmente produce vibrazioni.

Per tali edifici, si andrà ad incrociare la posizione delle strutture potenzialmente vulnerabili identificate con la posizione effettiva dei siti in cui sono previste opere di costruzione che producano vibrazioni consistenti, anche alla luce delle litologie locali su cui si interverrà e ove ritenuto necessario e attuabile, si potrà procedere con dedicati monitoraggi.

Nell'area non sono stati individuati edifici di carattere storico monumentale. Con riferimento alla presenza del faro (edificio di interesse culturale), si evidenzia che la presenza di tale edificio si ritiene ininfluenza da un punto di vista degli impatti da vibrazioni. L'edificio, infatti, in accordo alla concessione esistente, sarà oggetto di un dedicato restauro conservativo atto a tutelarne le apparenze e una messa in sicurezza strutturale capace di consolidarne gli

elementi portanti al fine di garantire la sua agibilità, nonché, in generale, la sua conservazione nel tempo. Oltre a tutte le buone pratiche di cantiere atte a limitare le interazioni con l'opera, sarà comunque valutata la necessità di un dedicato monitoraggio preventivo che garantisca ulteriori tutele.

Sono quindi riportati nel Capitolo 5 alcuni suggerimenti per la riduzione delle vibrazioni e nel Capitolo 7 le indicazioni per il monitoraggio degli edifici sensibili.

Relativamente alla fase di esercizio dell'opera, dove la destinazione d'uso portuale è mantenuta e la variante è rappresentata dalla presenza non continuativa di una nave da crociera, si fa presente che il punto più vicino del canale di accesso e del molo di attracco destinato alle navi da crociera è posto a distanza di circa 200 metri dalla terraferma. Il progetto includerà l'elettificazione della banchina crocieristica (impianto di shore-power o cold ironing) che consentirà alla nave ormeggiata di spegnere i motori, azzerando le emissioni durante la sosta in porto. Pertanto, durante il normale esercizio dell'opera, non è previsto il funzionamento di impianti con emissioni vibrazionali rilevanti.

*In conclusione, dall'analisi degli effetti indotti in fase di cantiere e quanto sopra riportato in merito alla fase di esercizio, gli eventuali impatti vibrazionali possano ritenersi trascurabili.*

## **APPENDICE 1**

### ***NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO***

- BS 5228-2 (2009). Code of practice for noise and vibration control on construction and open sites, Part 2: Vibration.
- BS 7385-2 (1993). Evaluation and measurement for vibration in buildings. Guide to damage levels from groundborne vibration,
- Castellaro S., Alessandrini G., Musinu G., 2022. Seismic Station Installations and Their Impact on the Recorded Signals and Derived Quantities, *Seismological Research Letters*, 93(6), 3348–3362.
- Castellaro S., Mulargia F., L.A Padron Hernandez, 2013. The different response of apparently identical structures: a far-filed lesson from the Mirandola 20<sup>th</sup> May 2012 earthquake, *Bull. Earthq. Eng.*, 12, 2481-2493, DOI 10.1007/s10518-013-9505-9.
- DIN 4150:3 (1999). Erschütterungen in Bauwesen – Einwirkungen auf baulichen Anlagen.
- Hill D.R. e Crabb G.I., 2000. *Groundborne vibration caused by mechanised construction works*, trL report 429., Wokingham.
- ISO 4866 (2010). Mechanical vibration and shock. Vibration of fixed structures. Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on structures.
- UNI 9614 (2017). Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo.
- UNI 9916 (2014). Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici.