



**Eni Sustainable Mobility S.p.A.**

**Raffineria di Venezia**

**Progetto “Steam Reforming”**

**Risposte alle richieste di integrazione  
Allegato 4 Valutazione d’impatto vibrazionale**

Data: Marzo 2023  
Integrazioni\_BioRaVe\_All4  
Progetto n° 2226287

|           |                                     |             |   |           |                                    |
|-----------|-------------------------------------|-------------|---|-----------|------------------------------------|
| Preparato | L. Nencini<br>L. Teti<br>Tea S.p.A. | Revisionato | M. Pellegatta<br>A. Iodice<br>HPC Italia S.r.l. | Approvato | A. Cappellini<br>HPC Italia S.r.l. |
|-----------|-------------------------------------|-------------|---|-----------|------------------------------------|

## SOMMARIO

|   |    |
|---|----|
| INTRODUZIONE .....  | 3  |
| NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....  | 3  |
| <b>UNI 9614:1990 “Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo”</b> .....  | 5  |
| <b>Aggiornamento con la norma UNI 9614:2017 e ISO 2631-2:2003</b> .....                                   | 6  |
| <b>UNI 9916:2014 “Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni degli edifici”</b> ..... | 8  |
| CARATTERISTICHE GENERALI DELL’ AREA DI STUDIO .....   | 10 |
| <b>Inquadramento territoriale</b> .....   | 10 |
| <b>Individuazione dei ricettori</b> .....   | 11 |
| VALUTAZIONE DELL’ENTITÀ DELLE VIBRAZIONI AI RICETTORI .....   | 12 |
| CONCLUSIONI .....   | 14 |

## Introduzione

Il presente allegato costituisce il documento di riferimento per l'analisi dei potenziali impatti associati alla fase di cantiere e di esercizio per il progetto "Steam Reforming" per la richiesta del MASE di cui al punto 9.1.

## Normativa di riferimento

In assenza di normativa nazionale che definisca metodi, indici e limiti al fenomeno vibratorio, la normativa di riferimento in materia di vibrazioni indotte sugli edifici e dei potenziali effetti sugli stessi e sulle persone all'interno è costituita rispettivamente dalla norma tecnica UNI 9916:2014 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni degli edifici" e dalla norma tecnica UNI 9614:1998 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo".

Intendendo con il termine **vibrazione** il fenomeno ondulatorio, costituito da una fluttuazione rapida intorno ad una posizione di equilibrio di un elemento solido, il cui movimento netto è nullo, le vibrazioni possono essere valutate utilizzando tre diverse modalità:

- in termini di **spostamento**, ovvero della variazione della posizione dell'elemento indagato rispetto alla posizione di quiete;
- in termini di **velocità**, ovvero della variazione dello spostamento rispetto al punto di riferimento, in un determinato intervallo di tempo;
- in termini di **accelerazione**, ovvero dalla derivata prima della velocità, che risulta anche la grandezza fisica più facilmente misurabile grazie alla disponibilità di strumenti inerziali efficienti che possiedono sensibilità, risposta in frequenza adeguate, robustezza e facilità d'impegno elevata.

In linea di principio il moto può essere misurato attraverso una qualunque delle grandezze cinematiche sopra elencate (accelerazione, velocità, spostamento), ma tra queste l'accelerazione è la grandezza più facilmente misurabile, mentre la velocità è la grandezza generalmente utilizzata per definire parametri e valori di riferimento nella valutazione del danno agli edifici. Dal punto di vista dei potenziali disturbi indotti dalle vibrazioni, i problemi si riscontrano quasi esclusivamente all'interno degli edifici, in quanto le vibrazioni percepite da persone che si trovano in ambiente esterno è raro che provochino lamentele. Per questi motivi, è prassi comune misurare direttamente l'accelerazione ed ottenere la velocità per integrazione del segnale.

Gli edifici subiscono effetti che si possono classificare in una scala da non percepibili (livelli di vibrazione bassi), a suoni a bassa frequenza e vibrazioni percepibili (livelli di vibrazione medi) fino a livelli tali da provocare danni alle strutture.

In generale, danni strutturali all'edificio attribuibili a fenomeni vibratorio sono estremamente rari e quasi sempre derivano dal concorso di altre cause. Affinché le vibrazioni possano arrecare danni strutturali è necessario che esse raggiungano livelli tali da causare prima fastidio e disturbo agli occupanti. Sono invece frequenti altre forme di danno, di entità definita "di soglia", che senza compromettere la sicurezza strutturale dell'edificio si presentano sotto forme di fessure negli intonaci o danneggiamenti di elementi architettonici, a cui segue una riduzione del valore economico dell'edificio stesso. A tal proposito, la norma tecnica UNI 9916:2014 definisce **danno di tipo architettonico** ogni effetto residuo delle vibrazioni in grado di determinare alterazione estetica o funzionale dell'edificio senza comprometterne la stabilità strutturale o la sicurezza degli

occupanti. La formazione di fessure più marcate, il distacco e la caduta di gesso o pezzi di intonaco, fino al danneggiamento di elementi strutturali, sono effetti che rientrano invece nella definizione di **danno maggiore**.

I parametri fisici che influenzano le vibrazioni indotte da una sorgente esterna e che via terra raggiungono un edificio si possono dividere in tre categorie:

- **fattori legati alle sorgenti e alla modalità di operare** - questa categoria include tutti i parametri collegati ai macchinari il cui funzionamento costituisce sorgente di vibrazione. Per esempio, nelle attività connesse alla fase di escavazione e sbancamento si generano tipicamente livelli vibratorii di vari gradi in relazione ai macchinari e ai mezzi impiegati. Le attività che tipicamente generano livelli di vibrazioni significative sono associate all'uso di esplosivi e attrezzature d'impatto, quali per esempio la macchina battipalo o il perforatore;
- **geologia** - le condizioni del terreno hanno una forte influenza sui livelli vibratorii, in particolare la rigidità e lo smorzamento interno del terreno e la profondità del letto roccioso. Infatti, l'energia immessa nel terreno dalla sorgente genera onde che si propagano modificandosi per effetto delle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno attraversato. Il fenomeno si traduce nella generalità dei casi in un'attenuazione dell'intensità all'allontanarsi dalla sorgente, per effetto delle proprietà dissipative del terreno e per un effetto geometrico, ma fattori quali la stratificazione del terreno e la profondità delle falde acquifere possono avere effetti significativi. In generale, il fenomeno della propagazione nel terreno influenza le frequenze più alte e a distanze crescenti dalla sorgente si riscontra uno spettro caratterizzato da un contenuto spettrale sempre più ricco in basse frequenze;
- **edificio ricevitore** – le caratteristiche dell'edificio ricevitore stesso sono una componente fondamentale nella valutazione delle vibrazioni. I livelli di vibrazione dentro un edificio dipendono ovviamente dall'energia vibratoria che raggiunge le fondamenta, ma giocano un ruolo fondamentale anche l'accoppiamento tra le fondamenta e il terreno e la propagazione della vibrazione attraverso la struttura dell'edificio. Tali caratteristiche dinamiche dell'edificio dipendono a loro volta dalle caratteristiche costruttive, sia dell'edificio che delle fondazioni, e dallo stato di conservazione.

La durata, associata all'andamento temporale del fenomeno vibratorio, costituisce un elemento fondamentale per la valutazione del danno, perché da queste grandezze dipende in modo essenziale l'accumulo di danno per fatica dei materiali. In base a ciò si possono distinguere due categorie di vibrazioni indotte su un edificio ricevitore:

- **fenomeni di lunga durata (o persistenti)**, quando l'eccitazione è continua e presente per lunghi periodi (per es. il traffico stradale su strade di grande comunicazione) ed il fenomeno vibratorio è coincidente con la risposta forzata della struttura. Si annovera in questa categoria anche il caso in cui l'eccitazione sia costituita da una serie discreta di impulsi di durata più o meno variabile che si susseguono ad intervalli brevi (per es. l'eccitazione generata da magli, presse, punzonatrici etc);
- **fenomeni di breve durata**, quando l'eccitazione è indotta da una forzante di breve durata e che spesso si presenta come un fenomeno isolato (per es. il traffico ferroviario o le esplosioni di mine in una cava). In questi casi perde importanza il fenomeno della fatica e diviene prevalente l'importanza dell'ampiezza massima della sollecitazione indotta.

### **UNI 9614:1990 “Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo”**

La norma tecnica UNI 9614 definisce le metodologie di misura delle vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti interne o esterne agli edifici stessi. La misura della vibrazione viene effettuata al fine di una sua valutazione in termini di disturbo alle persone. In generale sono indicati i quattro parametri fisici per la determinazione del comportamento umano alle vibrazioni: intensità, frequenza, direzione e durata. All’interno del testo si fa specifico riferimento alle cause di vibrazioni che, oltre a quelle naturali (fenomeni sismici, ecc.), possono essere legate ad attività umane quali ad esempio il traffico di veicoli su gomma.

La misura della vibrazione viene effettuata al fine di una sua valutazione in termini di disturbo alle persone e come indicatore è suggerito il livello dell’accelerazione  $L_A$ , definito come  $L_A = 20 \cdot \log(a_{RMS}/a_0)$ , dove  $a_{RMS}$  è il valore efficace dell’accelerazione istantanea ponderata in frequenza e  $a_0$  è il valore di riferimento ( $a_0=10^{-6} \text{ m/s}^2$ ). I filtri di ponderazione tengono in considerazione che la sensibilità dell’uomo alle vibrazioni dipende dalla frequenza delle stesse. In questo senso, prendendo in considerazione frequenze tra 1 Hz e 80 Hz, i filtri di ponderazione rendono tutte le componenti dello spettro equivalenti in termini di percezione e quindi di disturbo. Poiché la sensibilità dell’uomo alle vibrazioni dipende anche dalla direzione di propagazione della stessa nel corpo, i filtri sono riportati separatamente per vibrazioni lungo l’asse z e lungo gli assi x e y.

Il livello dell’accelerazione così definito è utilizzato per definire tre tipi di vibrazione:

- **di livello costante**, quando il livello dell’accelerazione complessiva ponderata in frequenza rilevato mediante costante di tempo “slow” varia nel tempo in un intervallo di ampiezza inferiore a 5 dB;
- **di livello non costante**, quando il suddetto livello varia in un intervallo di ampiezza superiore a 5 dB;
- **impulsive**, quando sono originate da eventi di breve durata costituite da un rapido innalzamento del livello di accelerazione sino ad un valore massimo seguito da un decadimento che può comportare o meno, a seconda dello smorzamento della struttura, una serie di oscillazione che tendono ad estinguersi nel tempo.

La norma UNI 9614 infine suddivide la giornata secondo due periodi di riferimento, dalle 7:00 alle 22:00 (periodo diurno) e dalle 22:00 alle 7:00 (periodo notturno).

#### Limiti

Per effettuare una valutazione delle vibrazioni negli edifici ricettore, deve essere effettuata una classificazione di sensibilità dei ricettori individuati. Le classi di sensibilità devono essere definite sulla base della destinazione d’uso dell’immobile, in conformità con la norma UNI 9614, prescindendo da considerazioni delle caratteristiche dei singoli fabbricati quali, ad esempio, lo stato di conservazione e la tipologia costruttiva dell’immobile. Nella successiva tabella sono riportate le classi di sensibilità previste dalla norma UNI 9614.

Tabella 1 Classi di sensibilità

| n | Destinazione d'uso      | Classe di sensibilità |
|---|-------------------------|-----------------------|
| 1 | Aree critiche *         | Alta                  |
| 2 | Abitazioni              | Media                 |
| 3 | Uffici                  | Bassa                 |
| 4 | Fabbriche ed altre aree | Bassa                 |

\* Le aree critiche corrispondono alle aree archeologiche di importanza storico-monumentale, alle infrastrutture sanitarie, ai fabbricati scolastici di qualsiasi genere nonché alle attività industriali che impiegano macchinari di precisione.

La norma individua una soglia di percezione delle vibrazioni, che varia a seconda della frequenza considerata e dell'asse di riferimento, ed una soglia di percezione cumulativa da confrontarsi con i valori di accelerazione ponderata in frequenza secondo opportuni filtri di pesatura. Tale soglia di percezione cumulativa è riportata, in termini di Livello dell'accelerazione  $L_A$  nella successiva tabella.

Tabella 2 valori limite dei livelli delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza

| Destinazione d'uso            | Asse z | Assi x e y |
|-------------------------------|--------|------------|
| Aree critiche                 | 74 dB  | 71 dB      |
| Abitazioni – periodo notturno | 77 dB  | 74 dB      |
| Abitazioni - periodo diurno   | 80 dB  | 77 dB      |
| Uffici                        | 86 dB  | 83 dB      |
| Fabbriche ed altre aree       | 92 dB  | 89 dB      |

Per la valutazione del disturbo, i livelli dell'accelerazione equivalente ponderata in frequenza possono essere confrontati con i valori limite riportati nella tabella precedente. Fenomeni vibratori caratterizzati dal superamento di predetti valori limiti, possono essere considerati oggettivamente disturbanti per l'individuo esposto.

### **Aggiornamento con la norma UNI 9614:2017 e ISO 2631-2:2003**

La norma definisce il metodo di misurazione delle vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti interne o esterne agli edifici e i criteri di valutazione del disturbo delle persone all'interno degli edifici stessi. La norma modifica, in modo sostanziale, la versione precedente introducendo un approccio innovativo e profondamente diverso nelle modalità di valutazione dei disturbi da vibrazione.

Essa fa riferimento alla ISO 2631-2:2003, prevalentemente per i metodi di misurazione e valutazione.

La norma si applica a tutti i fenomeni che possono dare origine a vibrazioni negli edifici; a titolo esemplificativo e non esaustivo: traffico su gomma e su rotaia, attività industriali e funzionamento di macchinari, attività stradali e di cantiere di varia natura, esplosioni e scoppi, attività umane di qualsiasi natura.

La normativa UNI 9614:2017 e ISO 2631-2:2003 caratterizzano la vibrazione di livello non costante quale quella proveniente dal transito dei veicoli metropolitani attraverso l'espressione del livello di accelerazione "a".

Considerando cumulativo l'effetto di tutte le componenti di accelerazione per frequenze da 1 a 800 Hz vanno introdotti opportuni filtri di ponderazione che rendano tali componenti equivalenti dal punto di vista di percezione da parte dell'individuo (filtri di ponderazione forniti nell'Annex A del ISO 2631-2).

Il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza  $L_w$  è fornito dalla relazione:

$$L_w = 10 \cdot (\text{Log}_{10} \sum_i 10^{\frac{L_{i,W}}{10}})$$

Dove  $L_{i,w}$  sono i livelli di di vibrazione in accelerazione calcolati per terza di ottava.

### Limiti

Al fine di valutare il livello di disturbo si impiegano i valori limite riportati nelle tabelle nel seguito, rispettivamente per ambienti ad uso abitativo e casi particolari. UNI 9617-17 indica che l'orientamento del sistema di riferimento non influisce sul risultato delle elaborazioni successive, necessarie per la valutazione del disturbo, che fanno riferimento alla combinazione delle elaborazioni delle accelerazioni assiali.

Comunque, è suggerito il mantenimento della traccia delle singole componenti assiali dell'accelerazione misurata, per una miglior comprensione dei fenomeni meccanici che generano la vibrazione.

*Tabella 3 Valori (A) e livelli limite della massima accelerazione ponderata in frequenza (L) per ambienti ad uso abitativo*

| Uso abitativo                      | A (m/s <sup>2</sup> ) | L (dB) |
|------------------------------------|-----------------------|--------|
| Periodo diurno                     | $7,2 \cdot 10^{-3}$   | 77 dB  |
| Periodo notturno                   | $3,6 \cdot 10^{-3}$   | 71 dB  |
| Periodo notturno di giorni festivi | $5,4 \cdot 10^{-3}$   | 75 dB  |

*Tabella 4 Valori (A) e livelli limite della massima accelerazione complessiva ponderata in frequenza (L) per casi particolari*

| Casi particolari                 | A (m/s <sup>2</sup> ) | L (dB) |
|----------------------------------|-----------------------|--------|
| Luoghi lavorativi                | $14 \cdot 10^{-3}$    | 83 dB  |
| Ospedali, case di cura ed affini | $2 \cdot 10^{-3}$     | 66 dB  |
| Asili e case di riposo           | $3,6 \cdot 10^{-3}$   | 71 dB  |
| Scuole                           | $5,4 \cdot 10^{-3}$   | 75 dB  |

### **UNI 9916:2014 “Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni degli edifici”**

La norma tecnica UNI 9916:2014 descrive le metodologie appropriate per la misurazione, il trattamento dei dati finalizzati alla valutazione della potenzialità delle vibrazioni di causare danni di tipo architettonico agli edifici. La norma si applica in generale a tutte le tipologie di edifici e fornisce i valori indicativi di riferimento. Relativamente a tali valori di riferimento, la norma sottolinea che tali valori non possono essere considerati come limiti assoluti di accettabilità o non accettabilità del fenomeno vibratorio e che resta onere dello sperimentatore formulare il suo giudizio sulla base di una accurata valutazione di tutti i dati raccolti. Nel prosieguo del presente documento si utilizzerà il termine “limiti” per semplicità di lettura.

La norma considera per semplicità gamme di frequenza variabili da 0.1 Hz a 150 Hz. Tale intervallo interessa una grande casistica di edifici e di elementi strutturali di edifici sottoposti ad eccitazione naturale o causata dall'uomo (traffico, attività di costruzione, ecc.). In alcuni casi l'intervallo di frequenza delle vibrazioni può essere più ampio ma, tuttavia, le eccitazioni con contenuto in frequenza superiore a 150 Hz non sono tali da influenzare significativamente la risposta dell'edificio.

Agli scopi della norma è adottata la seguente classificazione in tipologie di **edificio**:

- costruzioni industriali e costruzioni strutturalmente simili;
- costruzioni residenziali e costruzioni strutturalmente simili;
- costruzioni che, per la loro sensibilità particolare alle vibrazioni, non rientrano nella precedente classificazione o sono di grande valore intrinseco (per es. edifici monumentali).

Le modalità di trattamento dei dati dipendono dalla natura dei segnali da analizzare, dalle finalità che l'elaborazione si prefigge e dall'accuratezza richiesta. Nel caso estremamente comune, della determinazione della velocità, secondo cui sono espressi i limiti previsti dalla norma, a partire da un segnale di accelerazione, la procedura di integrazione consigliata opera nel dominio del tempo con due passaggi successivi:

- uso di un filtro passa alto per l'eliminazione del rumore di natura elettrica a bassa frequenza;
- l'integrazione del segnale filtrato, per esempio con il metodo dei trapezi.

La **velocità di picco puntuale** (“peak particle velocity”, anche detta p.p.v.) è definita come il valore massimo del modulo vettore velocità misurato o ottenuto per integrazione in un dato punto. La determinazione della velocità di picco puntuale richiede la misurazione simultanea delle tre componenti mutuamente perpendicolari della velocità nel punto considerato. In particolare, le tre componenti devono essere combinate vettorialmente per determinare istante per istante il modulo della velocità risultante, che deve essere confrontato con il valore della velocità di soglia di riferimento.

La **velocità di picco di una componente puntuale** (“peak component particle velocity”, anche detta p.c.p.v.) è definita come il valore massimo del modulo di una delle tre componenti ortogonali misurate simultaneamente in un punto e ottenute mediante integrazione.

#### Limiti

Ai fini della valutazione della possibilità di danno architettonico, nei casi generali, la norma UNI 9916 raccomanda di fare riferimento alla norma tecnica DIN 4150 parte 3, la quale utilizza la



velocità di picco di una componente puntuale (p.c.p.v.) e stabilisce dei valori limite per ciascuna delle tre tipologie di edificio. Inoltre, la norma tecnica DIN 4150 parte 3 prevede, ove possibile, la misurazione della vibrazione sia alla base dell'edificio che ai piani superiori, con particolare riferimento al piano più elevato per quanto riguarda le componenti orizzontali della velocità.

I limiti, per quanto riguarda sia le misurazioni alla base dell'edificio sia le componenti orizzontali della velocità ai piani superiori sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 5 Valori di riferimento per la velocità di vibrazione al fine di valutare l'azione delle vibrazioni di breve durata sulle costruzioni

| Valori di riferimento per la velocità di vibrazione |   |                   |  |   |   |   |
|---|---|-------------------|--|---|---|---|
| p.c.p.v. in mm/s                                    |   |                   |  |   |   |   |
| Classe  | Tipo edificio   | Base (fondazioni) |  |   | Piano alto                                      | Solai                                     |
|   |   | 1 Hz ÷ 10 Hz      | 10 Hz ÷ 50 Hz                                    | 50 Hz ÷ 100 Hz                                    | Direzione orizzontale (X e Y)<br>Tutte le freq. | Direzione verticale (Z)<br>Tutte le freq. |
| 1   | Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili | 20                | Varia linearmente da 20 (f=10 Hz) a 40 (f=50 Hz) | Varia linearmente da 40 (f=50 Hz) a 50 (f=100 Hz) | 40  | 20  |
| 2   | Edifici residenziali e costruzioni simili   | 5                 | Varia linearmente da 5 (f=10 Hz) a 15 (f=50 Hz)  | Varia linearmente da 15 (f=50 Hz) a 20 (f=100 Hz) | 15  | 20  |
| 3   | Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 e                                 | 3                 | Varia linearmente da 3 (f=10 Hz) a 8 (f=50 Hz)   | Varia linearmente da 8 (f=50 Hz) a 10 (f=100 Hz)  | 8   | 3/4                                       |

## Caratteristiche generali dell'area di studio

### Inquadramento territoriale

La Raffineria di Venezia è situata nell'area industriale di Porto Marghera e occupa una superficie di circa 103 ettari. I centri abitati più vicini sono Mestre, a circa 1,2 km in direzione nord/ovest, Marghera, a circa 2,8 km in direzione sud/ovest, e Venezia, a circa 3,9 km in direzione sud/est.

La Raffineria è organizzata funzionalmente nelle seguenti aree produttive:

- Raffineria, dove si trovano stoccaggi di vari prodotti e tutti gli impianti di processo. Nella parte più a sud-ovest dell'area Raffineria si individua l'Area Produzione Lubrificanti, inattiva, (Area ex-APL), al cui interno verrà realizzato l'impianto SR in progetto;
- Isola dei Petroli, adibita prevalentemente allo stoccaggio del greggio;
- Zona nord-est, adibita allo stoccaggio ed alla spedizione via terra di prodotti finiti quali GPL, benzine, petroli, gasoli e oli combustibili, oltre al ricevimento via terra di greggio di provenienza nazionale.

Nella figura successiva è riportato un inquadramento generale dell'area di studio, con individuazione della Raffineria e delle diverse aree sopra elencate.



Figura 1 Inquadramento generale dell'area di studio ed individuazione della Raffineria di Venezia

Nel suo complesso, l'area della Raffineria di Venezia confina:

- a nord, con altre attività industriali di Porto Marghera;
- a ovest con il canale industriale Brentella;
- a est con un tratto di laguna e con il deposito di Petroven;

a sud con un tratto di laguna, di cui il canale Vittorio Emanuele III separa l'area di Raffineria dall'Isola dei Petroli.

### **Individuazione dei ricettori**

Ai fini della presente valutazione si sono considerati come edifici ricevitore tutti gli edifici censiti in sede di valutazione previsionale di impatto acustico, i quali risultano tutti a sensibilità bassa (uffici e industrie). Inoltre, in ragione dell'attenuazione dell'intensità del fenomeno vibratorio all'allontanarsi dalla sorgente, per effetto delle proprietà dissipative del terreno e per divergenza geometrica, ai fini del presente studio si è considerato unicamente il ricettore più vicino alle potenziali sorgenti di vibrazioni, ovvero il ricettore R1, che si trova a circa 300 m dal punto di confine più a nord dell'Area ex-APL e a circa 450 m dal centro della stessa, dato che in tale area saranno realizzate le attività di cantiere per la realizzazione dell'impianto Steam Reforming in progetto.

Le attività di cantiere saranno svolte esclusivamente nelle ore diurne; pertanto, è da escludersi un qualsiasi impatto notturno.

L'edificio ricevitore R1 è localizzato nella successiva Figura 2, in cui si riporta anche l'individuazione delle aree della Raffineria di Venezia.

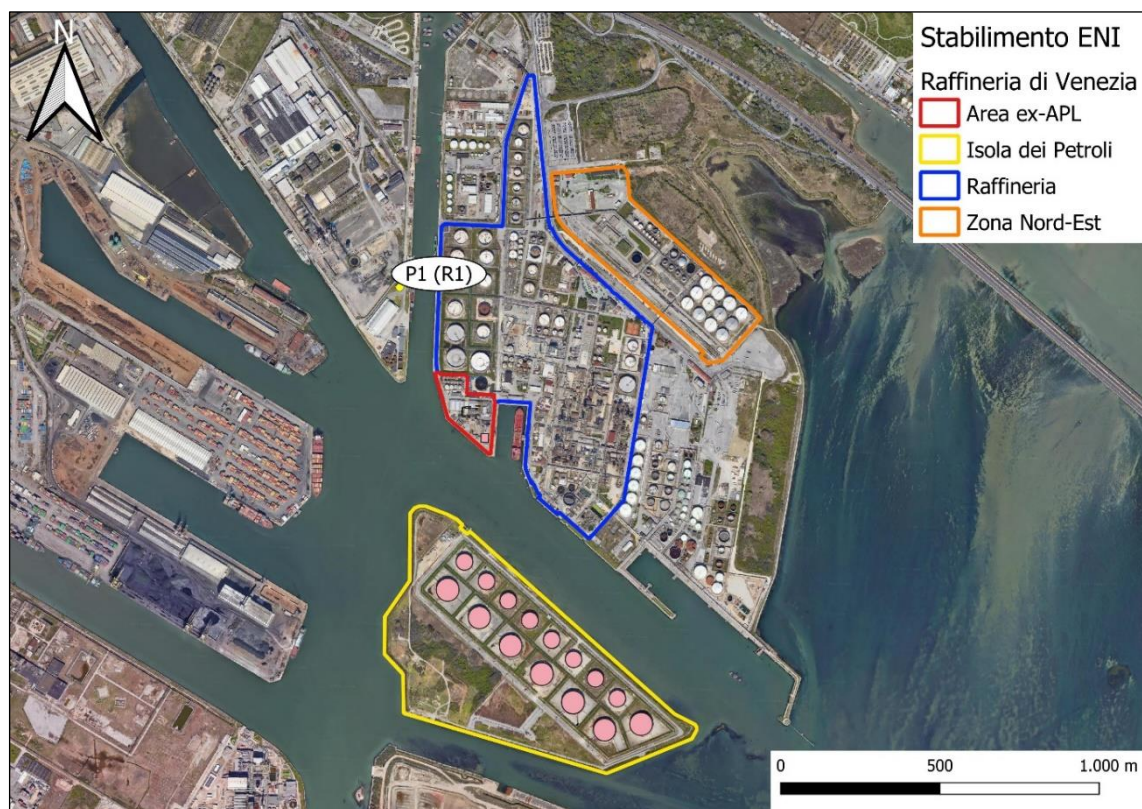


Figura 2 Edificio ricevitore R1

Di seguito si riportano i valori limite dei livelli delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza previsti dalla UNI 9614 per il ricettore R1, in base alla sua destinazione d'uso (uffici) e relativa classe di sensibilità (bassa).

*Tabella 6 valori limite dei livelli delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza*

| Destinazione d'uso | Classe sensibilità | Asse z | Assi x e y |
|--------------------|--------------------|--------|------------|
| Uffici             | Bassa              | 86 dB  | 83 dB      |

### **Valutazione dell'entità delle vibrazioni ai ricettori**

La valutazione previsionale per la stima dell'entità delle vibrazioni che possono essere indotte al ricettore R1 è stata effettuata mediante un modello di propagazione classico che considera un modello semplificato e che risulta cautelativo in assenza di particolari risonanze indotte dalla stratigrafia del terreno.

In particolare, si stima il livello delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza e si pone a confronto con i valori soglia di disturbo. Infatti, come già riportato nella parte introduttiva del presente studio, affinché le vibrazioni possano arrecare danni strutturali agli edifici, è necessario che esse raggiungano livelli tali da causare prima fastidio e disturbo agli occupanti. Per questo motivo, i valori limite per le vibrazioni al fine di valutare i potenziali effetti in termini di danni agli edifici sono generalmente più elevati di quelli utilizzati per valutare il disturbo alle persone.

Relativamente alla fase di esercizio del nuovo impianto di produzione di idrogeno dal metano mediante processo di "steam reforming", non è previsto l'esercizio di macchinari o la realizzazione di attività lavorative in grado di indurre significative vibrazioni nel terreno aggiuntive rispetto allo stato attuale (bianco). Si può quindi assumere che tutti i ricettori individuati non presentino criticità dal punto di vista vibrazionale e che durante l'esercizio si abbiano livelli di vibrazione inferiori alla soglia di disturbo, pari a 83 dB.

Per la stima delle vibrazioni indotte presso l'edificio ricevitore R1, durante la fase di cantiere, si individua nell'escavatore la tipologia di macchinario più impattante di cui è previsto l'utilizzo in cantiere, per il quale si può stimare un livello di vibrazione pari a  $L_{A,5m} = 90,0$  dB [rif. A. Farina "Valutazione dei livelli di vibrazioni in edifici residenziali, Normativa, tecniche di misura e di calcolo", neo- Eubios n. 16 (2006)] misurato a distanza di 5 m dal centro della sorgente. Considerando che è previsto l'utilizzo di n.3 escavatori e che cautelativamente è possibile associare il medesimo livello di vibrazione  $L_{A,5m}$  anche ai 4 dumper e ai 2 autocarri previsti in cantiere, si può stimare in  $L_{A,5m} = 99,5$  dB il livello di vibrazione dell'intera fase di cantiere, associandolo ad un'unica sorgente equivalente. Le principali attività di cantiere per la realizzazione dell'impianto Steam Reformer in progetto saranno realizzate nell'Area ex-APL, pertanto la suddetta sorgente equivalente è individuata al centro dell'Area ex-APL stessa, ovvero a 450 m di distanza dall'edificio ricevitore R1. Per semplicità di calcolo e senza venire meno al principio cautelativo si può assumere che la sorgente sia caratterizzata da uno spettro bianco, come mostrato in tabella.

Tabella 7 Frequenza (banda di ottava) della sorgente in fase di cantiere

| Frequenza (bande di ottava) | 1 Hz | 2 Hz | 4 Hz | 8 Hz | 16 Hz | 31,5 Hz | 63 Hz | Banda larga |
|-----------------------------|------|------|------|------|-------|---------|-------|-------------|
| $L_{A,5m}$ in dB            | 78,5 | 81,5 | 84,5 | 87,5 | 90,5  | 93,5    | 96,5  | 99,5        |

Alla vibrazione indotta da tale sorgente equivalente nel terreno si applica quindi il modello di propagazione per la stima del livello di accelerazione a distanza  $d$  mediante la relazione:

$$a(d, f) = a(d_0, f) \cdot \left(\frac{d_0}{d}\right)^n \cdot e^{-\alpha f(d-d_0)}$$

in cui  $a(d_0, f)$  è il valore dell'accelerazione alla distanza di riferimento  $d_0 = 5$  m e  $f$  è la frequenza considerata [Hz]. Il comportamento dissipativo del mezzo è pertanto funzione anche della frequenza  $f$ . L'esponente  $n$  varia a seconda del tipo di onda e di sorgente di vibrazioni ed il caso peggiore in quanto più cautelativo per il ricettore è  $n = 0.5$  (onde di superficie con sorgente puntiforme). Infine, il coefficiente di assorbimento  $\alpha$  assume il seguente valore:

$$\alpha = \frac{2\pi\mu}{c}$$

dove  $\mu$  è il fattore di perdita del terreno e  $c$  è la velocità di propagazione dell'onda [m/s]. Dalla precedente relazione si evince che nei terreni più soffici l'attenuazione intrinseca del mezzo di propagazione è maggiore di quella nelle rocce compatte; le frequenze più alte, inoltre, sono attenuate più di quelle basse. La migliore propagazione delle vibrazioni (equivalente ad attenuazione molto bassa), pertanto, si ha in presenza di terreno rigido e a basse frequenze (in tal caso infatti il termine  $f\mu/c$  assume valori bassi).

È possibile reperire in letteratura i valori relativi alla propagazione delle onde longitudinali generate da sorgente vibrazionale in terreni sabbiosi o terreni rocciosi riportati in tabella.

Tabella 8 Valori di propagazione per terreni sabbiosi e rocciosi

| Tipo di terreno | Velocità di propagazione in m/s | fattore di perdita $\mu$ |
|-----------------|---------------------------------|--------------------------|
| Roccia          | 3500                            | 0,01                     |
| Sabbia          | 600                             | 0,1                      |

Si può ipotizzare che nella realtà il terreno attraverso cui si propagheranno le onde vibrazionali sarà composto da depositi costituiti da materiali di riporto (es. laterizi, malte, ceramiche), sabbie limose e ghiaia. Pertanto, è stato effettuato il calcolo per la stima del livello di accelerazione in prossimità dell'edificio ricevitore R1, considerando entrambi i tipo di terreno. I risultati del calcolo, riportati nella seguente tabella, costituiscono i limiti inferiore e superiore al livello atteso.

Tabella 9 Livelli di accelerazione in prossimità del ricevitore R1

| Livello di accelerazione in prossimità del ricevitore R1 in caso di terreno roccioso |      |      |      |      |       |         |        |             |
|--|------|------|------|------|-------|---------|--------|-------------|
| Frequenza (bande di ottava)  | 1 Hz | 2 Hz | 4 Hz | 8 Hz | 16 Hz | 31,5 Hz | 63 Hz  | Banda larga |
| L <sub>A,5m</sub> in dB  | 58,9 | 61,8 | 64,7 | 67,4 | 69,8  | 71,8    | 72,6   | <b>77,3</b> |
| Livello di accelerazione in prossimità del ricevitore R1 in caso di terreno sabbioso |      |      |      |      |       |         |        |             |
| Frequenza (bande di ottava)  | 1 Hz | 2 Hz | 4 Hz | 8 Hz | 16 Hz | 31,5 Hz | 63 Hz  | Banda larga |
| L <sub>A,5m</sub> in dB  | 54,9 | 53,9 | 48,8 | 35,6 | 6,2   | -53,5   | -178,0 | <b>58,0</b> |

Dall'analisi della precedente tabella si evince che la parte di terreno roccioso contribuisce alla trasmissione delle frequenze più alte, mentre la parte di terreno sabbioso permette la propagazione principalmente delle basse frequenze.

In definitiva, anche considerando l'ipotesi più cautelativa che il terreno sia unicamente roccioso, **il livello dell'accelerazione in prossimità del ricevitore R1 risulta ampiamente inferiore ai relativi valori limite di disturbo per i luoghi lavorativi, pari a 83 dB.**

### Conclusioni

Alla luce delle analisi svolte nel presente studio previsionale il livello di vibrazione stimato sia in fase di esercizio che nella fase di cantiere sull'edificio ricevitore considerato è risultato inferiore ai valori limite di valutazione del disturbo (UNI 9614:2017); di conseguenza sono da escludersi anche potenziali effetti di danno architettonico agli stessi edifici (UNI 9916:2014).

Essendo gli altri edifici ricevitori a distanze maggiori rispetto a quelle considerate per i calcoli, anche per essi valgono le considerazioni di cui sopra.

In seguito alle considerazioni fatte e specificando che non è previsto l'esercizio di macchinari o la realizzazione di attività lavorative in grado di indurre significative vibrazioni nel terreno nella fase di esercizio, e che il rispetto dei limiti è ampiamente soddisfatto nella fase di cantiere, non si ritiene necessaria l'integrazione di un Piano di Monitoraggio Ambientale per nessuna delle due fasi.