



**EUROPEAN COMMISSION**  
JOINT RESEARCH CENTRE

Directorate G - Nuclear Safety & Security  
G.III.9 - JRC Nuclear Decommissioning

# Studio di Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE

## Allegato 10

### Stima previsionale dell'impatto delle vibrazioni del cantiere Demolizioni convenzionali del Complesso INE

**Numero documento:** NE.40.1225.A.004

ND.40.0401013.A.003

**Data:** Settembre 2021

# INDICE

<b>APPENDICI .....</b>	<b>4</b>
<b>TABELLE .....</b>	<b>4</b>
<b>FIGURE .....</b>	<b>4</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>7</b>
<b>ACRONIMI .....</b>	<b>8</b>
<b>1 INTRODUZIONE.....</b>	<b>9</b>
1.1 Normativa di riferimento.....	9
1.2 Documentazione di riferimento .....	17
1.3 Struttura del documento .....	17
<b>2 LA PROPAGAZIONE DELLE ONDE E I RELATIVI MODELLI PREVISIONALI</b>	<b>18</b>
2.1 Cenni sulla propagazione delle onde.....	18
2.2 Trasmissione delle vibrazioni.....	19
2.2.1 Disturbo e/o danni alle persone .....	20
2.2.2 Effetti e/o danni agli edifici .....	21
2.3 Modello di propagazione .....	22
<b>3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E RECETTORI INDIVIDUATI .....</b>	<b>24</b>
3.1 Inquadramento geologico .....	24
3.2 Individuazione dei recettori .....	25
<b>4 STATO DELL’AREA E ATTIVITÀ DI PROGETTO .....</b>	<b>26</b>
4.1 Stato attuale dell’area di intervento .....	26
4.2 Attività di smantellamento del Complesso INE .....	27
4.3 Attività di demolizione convenzionale .....	27
4.4 Demolizione del camino di ventilazione (Edificio 88).....	28
4.5 Demolizione della struttura di contenimento del reattore ESSOR (Ed. 80) e del carroponte circolare.....	29

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 00	Studio di Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE – Stima previsionale dell'impatto delle vibrazioni	3 of 41
---	---------	--	---------

4.6	Demolizione dell'Edificio 81 .....	30
4.7	Demolizione degli altri edifici civili .....	30
<b>5</b>	<b>STUDIO DEI FENOMENI VIBRATORI INDOTTI ATTESI IN FASE DI DEMOLIZIONE DEL COMPLESSO INE.....</b>	<b>31</b>
5.1	Esiti dello studio .....	35
<b>6</b>	<b>PIANO DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>36</b>
6.1	Strumentazione necessaria .....	36
6.2	Metodologie di rilevamento e campionamento.....	37
6.3	Parametri da monitorare.....	38
6.4	Punti di campionamento .....	39
6.5	Monitoraggio ante operam .....	40
6.6	Monitoraggio in corso d'opera .....	40

## APPENDICI

### APPENDICE 1: SCHEDE RECETTORI

## TABELLE

TABELLA 1-1. DISTURBO DOVUTO A VIBRAZIONI DI LIVELLO COSTANTE E NON COSTANTE (UNI 9614:1990)	12
TABELLA 1-2. DISTURBO DOVUTO A VIBRAZIONI DI LIVELLO IMPULSIVO (UNI 9614:1990)	12
TABELLA 1-3. VALORI DI RIFERIMENTO PER LA VELOCITÀ DI VIBRAZIONE (P.C.P.V.) AL FINE DI VALUTARE L'AZIONE DELLE VIBRAZIONI DI BREVE DURATA SULLE COSTRUZIONI (UNI 9916:2004 – DIN 4150)	15
TABELLA 1-4. VALORI DI RIFERIMENTO PER LA VELOCITÀ DI VIBRAZIONE (P.C.P.V.) AL FINE DI VALUTARE L'AZIONE DELLE VIBRAZIONI DI BREVE DURATA SULLE COSTRUZIONI (UNI 9916:2004 – DIN 4150)	16
TABELLA 1-5. VALORI DI RIFERIMENTO DELLA VELOCITÀ DI VIBRAZIONE (P.P.V.) AL FINE DI VALUTARE L'AZIONE DELLE VIBRAZIONI TRANSITORIE SULLE COSTRUZIONI BS 5228 - PART 4	16
TABELLA 3-1. RECETTORI IDENTIFICATI ALL'ESTERNO DEL SITO JRC-ISPRA	25
TABELLA 5-1. SEQUENZA GENERALE DELLE ATTIVITÀ PER LE DEMOLIZIONI CONVENZIONALE DEL COMPLESSO INE	31
TABELLA 5-2. STIMA UTILIZZO MEZZI DI CANTIERE	31
TABELLA 5-3. VALORI "N" MISURATI E SUGGERITI IN BASE ALLA CLASSE DEL SUOLO	33
TABELLA 5-4. PPV PER ATTREZZATURE DA COSTRUZIONE	34
TABELLA 5-5 PPV PER ATTREZZATURE DA COSTRUZIONE CALCOLATI A 600 M	34
TABELLA 5-6 CONFRONTO CON I LIMITI DI RIFERIMENTO	35
TABELLA 6-1. PUNTI DI MONITORAGGIO PER LA COMPONENTE VIBRAZIONI	39

## FIGURE

FIGURA 1-1. ASSI DI PROPAGAZIONE DELLE VIBRAZIONI.	11
FIGURA 2-1. RAPPRESENTAZIONE ESEMPLIFICATIVA DELLE ONDE.	19
FIGURA 2-2. ATTENUAZIONE DOVUTA A DIVERSI TIPI DI FONDAZIONE (A SINISTRA ) E DA UN PIANO AL SUCCESSIVO (A DESTRA)	23
FIGURA 2-3. AMPLIFICAZIONE PRODOTTA DAI SOLAI	23
FIGURA 3-1. ESTRATTO TAVOLA 11, CARTA GEOLOGICA DELLA LOMBARDIA (FONTE: CARTA GEOLOGICA REGIONE LOMBARDIA (SCALA 1:250.000), RIELABORAZIONE JRC)	24
FIGURA 4-1. SEQUENZA DI DEMOLIZIONE DELLE STRUTTURE CIVILI E LOCALIZZAZIONE DELLE STRUTTURE E INFRASTRUTTURE SOTTOPOSTE ALLE ATTIVITÀ DI SMANTELLAMENTO (JRC, DICEMBRE 2019)	27
FIGURA 6-1. ESEMPI DI ACCELEROMETRI (A SINISTRA ACCELEROMETRO TRIASSIALE, A DESTRA TRE ACCELEROMETRI TRIASSIALI)	36
FIGURA 6-2. ESEMPIO DI GEOFONO TRIASSIALE	37
FIGURA 6-3. STUMENTI PER DIGITALIZZAZIONE SEGNALE	37
FIGURA 6-4. RECETTORI E PUNTI DI MONITORAGGIO DELLA COMPONENTE VIBRAZIONI.	40

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 00	Studio di Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE – Stima previsionale dell'impatto delle vibrazioni	5 of 41
---	---------	--	---------

## SOMMARIO

Il presente documento propone alcune considerazioni e valutazioni qualitative e quantitative relative al comparto delle vibrazioni ambientali indotte dalle attività di disattivazione (“decommissioning”) e demolizione del Complesso nucleare INE, che si estende per 4,5 ettari all'interno del sito JRC-Ispra (Joint Research Centre, Ispra, Varese).

Il presente documento è stato redatto in conformità con norme tecniche UNI 9614:1990 “Effetto delle vibrazioni sull'organismo umano” e UNI 9916:2004 “Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici”, così come richiesto dal MITE nella nota prot. 74448/MATTM del 09 luglio 2021, punto 7. Lo scopo del presente documento è quello di fornire una stima previsionale dell'impatto dovuto alle vibrazioni in prossimità degli edifici più vicini ritenuti più impattati dalle vibrazioni generate nella fase più critica del cantiere (Fase 9 - demolizione delle opere civili).

Si sottolinea che le attività in progetto sono finalizzate alla restituzione dell'area allo stato di “green field”, privo cioè da vincoli di natura radiologica e ambientale; pertanto, non si prevedono rischi per la salvaguardia delle zone sottoposte a vincolo ambientale secondo la pianificazione urbanistica territoriale.

Il Complesso INE attualmente include le seguenti principali strutture ed edifici, che saranno interessati dalle attività di demolizione: reattore ESSOR, laboratorio ADECO, piscina del combustibile irraggiato, laboratorio PERLA, laboratorio ATFI, laboratorio ETHEL e camino di ventilazione.

Le attività di demolizione/rimozione riguarderanno:

- tutte le strutture civili degli edifici ed i manufatti fuori terra presenti all'interno del perimetro del Complesso INE, a meno dell'Edificio 87 Laboratorio Punita e dell'edificio attiguo 87c – Locale tecnico;
- tutte le strutture orizzontali e verticali di sostegno e le pareti divisorie di piani e livelli interrati degli edifici, verificando in corso d'opera, dal punto di vista statico, caso per caso, la necessità di apprestare opere provvisorie di puntellamento delle pareti e delle strutture di contenimento laterali al di sotto della quota di -1 metro dal piano di posa del pavimento del piano terra;
- tutte le strutture di fondazione comprese entro una profondità di 1 metro da p.c.;
- nel caso di edifici con piani e livelli interrati la demolizione sarà spinta in profondità sino alla quota di rilascio; nel caso in cui alla quota di rilascio radiologica fossero riscontrate delle evidenze di contaminazione ambientale (quali tracce visibili di idrocarburi) si provvederà all'approfondimento della demolizione per un ulteriore metro;
- i sottoservizi (qualora non funzionali ad altre unità del JRC-Ispra), costituiti dalle reti di utilities a servizio delle aree sorvegliate, i quali risultano ubicati nell'orizzonte tra il piano strada e – 1 metro da piano campagna (p.c.);
- le pavimentazioni dei piazzali e della viabilità interna al Complesso INE.

In fase di inquadramento e definizione del sistema, sono stati identificati n. 2 recettori per i quali effettuare la valutazione previsionale di impatto delle vibrazioni del cantiere di Demolizione convenzionale.

In particolare, si tratta di due recettori collocati all'esterno del sito JRC-Ispra (Direzione Sud ed Est), corrispondenti ai più vicini edifici abitativi, siti nel Comune di Cadrezzate. Allo stato di fatto si tratta di edifici bassi a non più di due piani (Recettori di tipo RVx).

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 00	Studio di Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE – Stima previsionale dell'impatto delle vibrazioni	6 of 41
---	---------	--	---------

I calcoli effettuati mostrano valori di PPV (peak particle velocity) a 600 m inferiori ai limiti di riferimento, pertanto le vibrazioni potenzialmente generate dalle attività di demolizione convenzionale non generano criticità per i recettori presenti.

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 00	Studio di Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE – Stima previsionale dell'impatto delle vibrazioni	7 of 41
---	---------	--	---------

## BIBLIOGRAFIA

- ARPA-Lombardia. (2013). *Linee guida sui serbatoi interrati*.
- California Department of Transportation (settembre 2013) "Transportation and Construction Vibration Guidance Manual"
- Comune di Cadrezzate. (2011). *Documento di Piano 07 - Caratteri del sistema insediativo*.
- Comune di Cadrezzate. (2011). *Documento di Piano 08 - Carta delle Valenze ecologiche e Paesaggistiche*.
- Comune di Cadrezzate. (2011). *Documento di Piano 11\_ Carta dei vincoli territoriali*.
- Comune di Cadrezzate. (2011). *Piano di Governo del Territorio*.
- Comune di Cadrezzate. (2014). *Piano di Governo del Territorio*.
- Comune di Ispra. (2014). *Piano di Governo del Territorio*.
- Dott. Colombetti. (1999). *Indagine sulle caratteristiche idrogeologiche dell'area 40 del sito CCR Ispra*.
- Idrogea S.r.l. (2014). *Studio Idrogeologico delle aree 40 e 52 Relazione idrogeologica e modello di flusso*.
- Idrogea S.r.l. (2017). *Relazione Idrogeologica e aggiornamento del modello numerico di flusso*.
- JRC. (2008). *Ispra Site Initial Environmental Review UNI EN ISO 14001:2004*.
- JRC. (2013). *OI 4.4.6\_01 - Gestione amministrativa dei rifiuti prodotti*.
- JRC. (2013). *OI 4.4.6\_02 - Gestione dei depositi temporanei*.
- JRC. (2013). *OI 4.4.6\_07 - Gestione dei rifiuti prodotti da appaltatori e ditte esterne*.
- JRC. (2013). *P02- Gestione dei rifiuti del sito JRC di Ispra (v3.0\_20130906)*.
- JRC. (2013). *Ref. Ares(2013)2488676 - Appendix 1\_JRC Ispra site environmental legal statement*.
- JRC. (2014). *OI\_4.4.6\_04 - Gestione ambientale aree cantiere*.
- JRC. (2014). *OI\_4.4.6\_05 - Gestione materiali da scavo*.
- JRC. (2014). *OI\_4.4.6\_06 - Gestione rifiuti costruzione e demolizione*.
- JRC. (2019). *Piano di Disattivazione Complesso INE*.
- JRC. (Dicembre 2019). *NE.40.1225.A005 Piano Demolizioni convenzionali: Disattivazione Complesso INE*.
- JRC. (Dicembre 2019). *NE.94.2800.A.001 Piano di Disattivazione Complesso INE*.
- JRC. (Febbraio 2020). *NE.40.1225.A.004 - Studio di Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE*.
- Norma UNI 9614:2017
- Norma UNI 9916:2014
- Norma ISO 4866:2010
- Norma tedesca DIN 4150:1999
- Norma BS 7385:1993
- Norma ISO 1683:2015
- Norma ISO 5348: 2021
- Norma ISO 5347: 1993 Provincia di Varese. (2007). *Studio idrogeologico ed idrochimico del territorio della provincia di Varese a supporto delle scelte di gestione delle risorse idropotabili*.
- Regione Lombardia. (2017). *Programma di Tutela e Uso delle Acque della Regione Lombardia*.
- SNPA. (2019). *Linea guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo*.

## ACRONIMI

ADECO	Atelier de Démantèlement Eléments Combustibles Orgel
ATFI	Atelier Tubes de Force Irradiés
BS	British Standards
D&WM	Decommissioning and Waste Management
DIN	Deutsche Industrial Norms (German standards agency)
DPR	Decreto del Presidente della Repubblica
ESSOR	ESSai ORGEL
EURATOM	European Atomic Energy Community
Hz	Hertz
INE	Impianto Nucleare ESSOR
ISPRA	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
JRC	Joint Research Centre
MITE	Ministero della Transizione Ecologica (ex MATTM - Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare)
m	metri
mm	millimetri
n.	numero
PCPV	peak component particle velocity
PPV	peak particle velocity
PUNITA	PUlserd Neutron Interrogation Test Assembly
s/sec.	Secondo
SIA	Studio di Impatto Ambientale
UNI	Ente Nazionale Italiano di Unificazione
VA	Varese
VAS	Valutazione Ambientale Strategica
VIA	Valutazione di Impatto Ambientale

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 00	Studio di Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE – Stima previsionale dell'impatto delle vibrazioni	9 of 41
---	---------	--	---------

## 1 INTRODUZIONE

- 1.0.0.1 Negli anni il Joint Research Centre (JRC) di Ispra (VA) ha avviato un programma di disattivazione degli impianti nucleari e gestione dei relativi rifiuti (D&WM) finalizzato alla rimozione delle installazioni nucleari. Una di queste installazioni è rappresentata dal Complesso INE.
- 1.0.0.2 La presente relazione contiene le valutazioni sulla componente vibrazioni condotte con riferimento alle fasi di lavoro del cantiere inerente alle demolizioni convenzionali degli edifici del Complesso INE, ovvero la fase finale del Progetto degli interventi per la disattivazione del Complesso stesso (NE.40.1225.A005 - Piano Demolizioni Convenzionali: Disattivazione Complesso INE) allo scopo di fornire una stima previsionale dell'impatto dovuto alle vibrazioni in prossimità degli edifici più vicini ritenuti più impattati dalle vibrazioni generate nella fase più critica del cantiere (Fase 9 - demolizione delle opere civili).
- 1.0.0.3 In particolare la presente relazione tiene conto delle richieste di integrazione dal Ministero della Transizione Ecologica con nota prot. 79483/MATTM del 20/07/2021 e da riscontro alla richiesta integrazioni al punto 7, che riporta quanto segue:
- 1.0.0.4 *“Si ritiene opportuno effettuare una stima previsionale dell'impatto dovuto alle vibrazioni (UNI 9916:2014 - UNI 9614:2017) in prossimità degli edifici più vicini ritenuti più impattati dalle vibrazioni generate nella fase più critica del cantiere (Fase 9 - demolizione delle opere civili), fornendo, oltre ai parametri di emissione dei singoli macchinari impiegati, la caratterizzazione della sorgente in termini di modalità, di fasi di cantiere ed attività, indicando inoltre il contributo dovuto ai mezzi di trasporto per la movimentazione dei materiali, indicando:*
1. *i dati di input dell'eventuale modello previsionale utilizzato, descritti e tabellati;*
  2. *evidenza della taratura del modello;*
  3. *i livelli vibratori stimati dal modello di calcolo previsionale, per la verifica del rispetto dei limiti indicati dalle norme UNI 9614:2017 e UNI 9916:2014.*
- 1.0.0.5 *I risultati della summenzionata stima previsionale, devono essere riportati in tabelle di sintesi dei ricettori censiti e potenzialmente impattati dalle attività di cantiere, la loro tipologia, distanza dal cantiere e, per gli edifici, il numero dei piani e relativa sensibilità alle vibrazioni al fine di verificare il rispetto dei limiti indicati dalle norme tecniche di settore.”*
- 1.0.0.6 *“Nel documento presentato dal Proponente Studio di Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE - Allegato 4 - Piano di Monitoraggio Ambientale Analisi dello stato dell'ambiente (scenario di base) - doc. NE.40.1225.A.004 del Febbraio 2020, la componente vibrazioni non è stata presa in considerazione. Si ritiene opportuno prevedere un monitoraggio per la Componente Vibrazioni (Fase 9 - Demolizione opere civili), con adeguati rilievi di accelerazione nelle tre direzioni fondamentali e con caratterizzazione in termini di analisi settoriale ed occorrenza temporale secondo le modalità previste dalla Normativa (UNI 9614:2017 e UNI 9916:2014), per la verifica delle modifiche dei livelli vibrazionali presso i ricettori potenzialmente impattati, affinché venga garantito il rispetto dei limiti previsti.”*

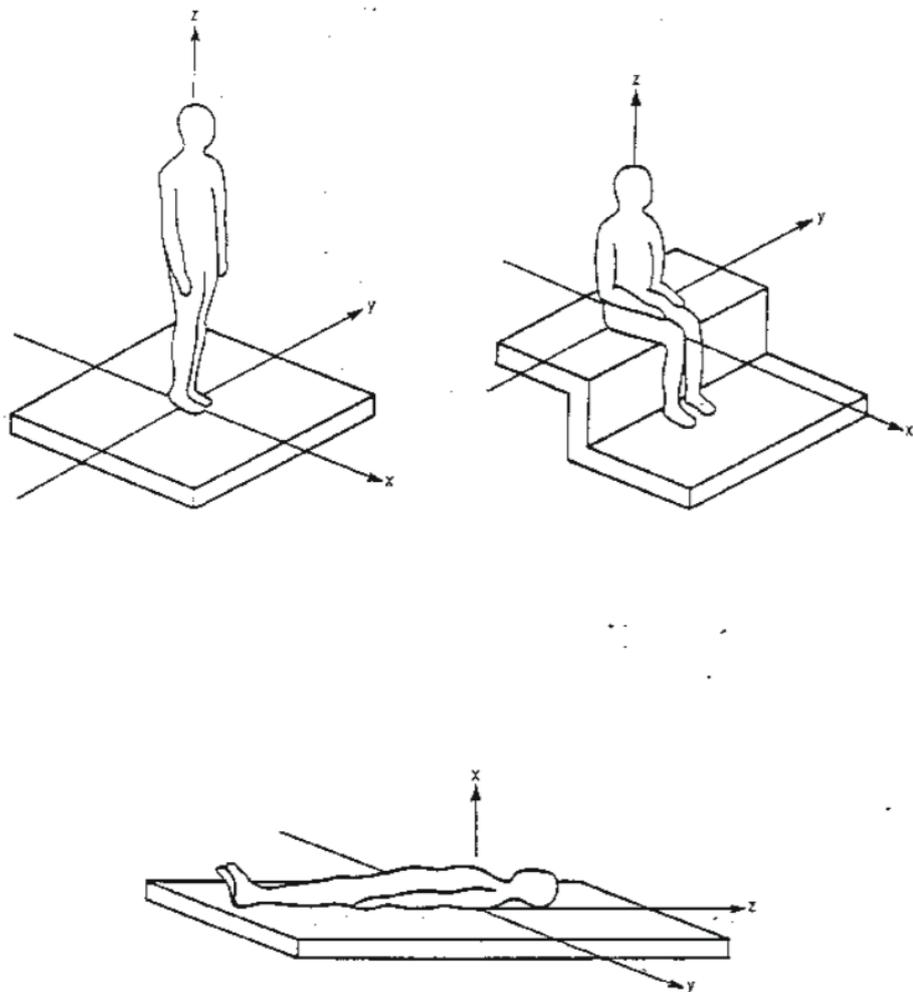
### 1.1 Normativa di riferimento

- 1.1.0.1 Da un punto di vista normativo in Italia non sono previste norme specifiche che fissano limiti di assunzione di onde vibrazionali da parte dell'uomo e degli edifici. Le uniche norme di carattere

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 00	Studio di Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE – Stima previsionale dell'impatto delle vibrazioni	10 of 41
---	---------	--	----------

specifico a cui far riferimento sono pertanto le norme tecniche ISO ed UNI (Ente Italiano di Unificazione) e per la precisione:

- 1.1.0.2 Da un punto di vista normativo in Italia non sono previste norme specifiche che fissano limiti di assunzione di onde vibrazionali da parte dell'uomo e degli edifici. Le uniche norme di carattere specifico a cui far riferimento sono pertanto le norme tecniche ISO ed UNI (Ente Italiano di Unificazione) e per la precisione:
- 1.1.0.3 Norma UNI 9614:1990 "Effetto delle vibrazioni sull'organismo umano";
- 1.1.0.4 Norma UNI 9916:2004 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici" (derivante dalla norma tedesca DIN 4150).
- 1.1.0.5 La norma UNI 9614 del 1990 (aggiornata al 2017) prevede metodi di misura e valutazione differenti a seconda che le vibrazioni siano a livello costante/variabile o impulsive, che seono definite come:
- vibrazioni di livello costante, quando il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza rilevato mediante costante di tempo "slow" (1s) varia nel tempo in un intervallo di ampiezza inferiore a 5 dB;
  - vibrazioni di livello non costante, quando il livello suddetto varia in un intervallo di ampiezza superiore a 5 dB;
  - vibrazioni impulsive, quando sono originate da eventi di breve durata costituiti 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 oscillazioni che tendono ad estinguersi nel tempo.
- 1.1.0.6 Gli assi di propagazione delle vibrazioni vengono riferiti al soggetto esposto: l'asse x passa per la schiena ed il petto, l'asse y per le due spalle, l'asse z per i piedi e la testa (per i glutei e la testa se il soggetto è seduto), Figura 1 1.



**Figura 1-1. Assi di propagazione delle vibrazioni.**

- 1.1.0.7 L'asse verticale di un edificio coincide con l'asse z se il soggetto è in piedi o seduto, con l'asse x se il soggetto è disteso.
- 1.1.0.8 I locali o gli edifici in cui vengono immesse le vibrazioni vengono classificati secondo la loro destinazione d'uso in:
- aree critiche (ospedali, scuole, etc...);
  - abitazioni;
  - uffici;
  - fabbriche.
- 1.1.0.9 Per le misurazioni la giornata viene suddivisa in due periodi di tempo: diurna (7:00-22:00) e notturna (22:00-7:00).
- 1.1.0.10 La grandezza fisica che misura le vibrazioni è il valore efficace (rms) dell'accelerazione (a) che viene espresso in  $m/s^2$ , oppure vengono espresse in termine di livello di accelerazione espresso in dB.
- 1.1.0.11 La norma, in appendice, indica i valori limite oltre i quali le vibrazioni sono da ritenersi oggettivamente disturbanti all'interno degli uffici, fabbriche ed abitazioni, la Tabella 1-1 riporta i valori per sorgenti costanti/non costanti, mentre la

1.1.0.12 Tabella 1-2 riporta i valori per le sorgenti impulsive.

**Tabella 1-1. Disturbo dovuto a vibrazioni di livello costante e non costante (UNI 9614:1990)**

Edifici/locali	Asse Z		Assi X e Y	
	a	L	a	L
	(Valore efficace dell'accelerazione) m/s <sup>2</sup>	(livello di accelerazione) dB	(Valore efficace dell'accelerazione) m/s <sup>2</sup>	(livello di accelerazione) dB
Aree critiche	5,0x10E-03	74	3,6x10E-03	71
Abitazioni (notte)	7,0x10E-03	77	5,0x10E-03	74
Abitazioni (giorno)	10,0x10E-03	80	7,2x10E-03	77
Uffici	20,0x10E-03	86	14,4x10E-03	83
Fabbriche	40,0x10E-03	92	28,8x10E-03	89

**Tabella 1-2. Disturbo dovuto a vibrazioni di livello impulsivo (UNI 9614:1990)**

Edifici/locali	Asse Z	Assi X e Y
	a	a
	(Valore efficace dell'accelerazione) m/s <sup>2</sup>	(Valore efficace dell'accelerazione) m/s <sup>2</sup>
<b>Aree critiche</b>	<b>5,0x10E-03</b>	<b>3,6x10E-03</b>
<b>Abitazioni (notte)</b>	<b>7,0x10E-03</b>	<b>5,0x10E-03</b>
<b>Abitazioni (giorno)</b>	<b>0,3</b>	<b>0,22</b>
<b>Uffici e fabbriche</b>	<b>0,64</b>	<b>0,46</b>
<b>Fabbriche</b>	<b>40,0x10E-03</b>	<b>92</b>

1.1.0.13 All'Art. 5, la stessa norma fornisce i valori di accelerazione e livello relativi alla soglia di percezione per un individuo che staziona all'interno di un edificio interessato da vibrazioni, soglia che risulta:

- asse verticale  $a_z = 5,0 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$  ( $L_z = 74 \text{ dB}$ );
- assi orizzontali  $a_{x,y} = 3,6 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$  ( $L_z = 71 \text{ dB}$ ).

1.1.0.14 L'analisi in frequenza delle vibrazioni va effettuata in bande di 1/3 di ottava nel campo da 1 a 80 Hz (estremi inclusi).

1.1.0.15 Nel settembre 2017 è stato emanato l'aggiornamento della norma UNI 9614:1990.

1.1.0.16 La nuova norma 9614:2017 distingue i tipi di sorgenti in base a:

- posizione: interna o esterna agli edifici;
- funzione: per sorgenti legate ad "attività essenziali" di pubblico servizio, per le quali un'eventuale disattivazione potrebbe generare un'interruzione di pubblico servizio con danni a persone, cose o attività, possibili pericoli o problemi di ordine pubblico, ecc

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 00	Studio di Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE – Stima previsionale dell'impatto delle vibrazioni	13 of 41
---	---------	--	----------

(ospedali, gasdotti, elettrodotti, acquedotti, ecc); per sorgenti legate ad “attività non interrompibili”, per le quali, a meno di interventi di manutenzione programmata o straordinaria, non è possibile interrompere in tempi rapidi l'attività senza produrre danni o pericoli o alterazioni di prodotto (sorgenti industriali e/o a ciclo continuo, impianti di produzione/distribuzione di energia, sistemi di trasporto pubblico); per sorgenti “di altra natura”;

- caratteristiche di durata delle vibrazioni prodotte: per sorgenti continue o semicontinue (impianti industriali); per sorgenti intermittenti presenti per gran parte della giornata (strade, metropolitane, ferrovie); per sorgenti intermittenti presenti per una parte limitata della giornata (ascensori interni a un edificio); per sorgenti temporanee presenti per gran parte della giornata (cantieri); per sorgenti temporanee presenti per una parte limitata del giorno.
- 1.1.0.17 La grandezza cinematica di riferimento rappresentativa del disturbo è individuata nell'accelerazione assoluta, che necessita di una misura diretta per mezzo di sensori accelerometrici, con misura simultanea sui tre assi ortogonali di riferimento per la struttura dell'edificio o del corpo umano (per convenzione: asse Z verticale).
- 1.1.0.18 Le postazioni di misura vanno individuate sulla base delle reali condizioni di utilizzo degli ambienti da parte degli abitanti, escludendo quindi eventuali ambienti di servizio. Le misure per la valutazione del disturbo alla persona vanno eseguite, in generale, sui pavimenti o, in subordine, su elementi strutturali che possono essere a diretto contatto con il corpo umano durante la normale attività all'interno dell'ambiente o su superfici di appoggio per mobili utilizzati per il riposo.
- 1.1.0.19 L'appendice A della norma fornisce criteri generali per l'individuazione degli eventi da prendere in considerazione nel caso di fenomeni connessi a traffico tramviario o stradale, attività di cantiere, sorgenti industriali, attività umane dirette e vibrazioni stazionarie ed ergodiche. Per le misure, resta comunque fondamentale la verifica dell'effettiva ed esaustiva rappresentatività della situazione in esame.
- 1.1.0.20 La norma fornisce comunque indicazioni generali sul numero minimo consigliato di eventi da prendere in considerazione per i singoli casi:
- per fenomeni caratterizzati da un elevato numero di eventi distinti: almeno 15 eventi;
  - per fenomeni generati da attività umane dirette con eventi distinguibili: almeno 25 eventi;
  - per fenomeni stazionari, ergodici o assimilabili che non danno luogo ad eventi distinti (attività industriali o attività umane dirette con eventi non facilmente distinguibili): almeno 25 eventi;
  - per fenomeni caratterizzati da un ridotto numero di eventi si possono eseguire misurazioni anche in giorni diversi per acquisire complessivamente i segnali relativi ad almeno 5 eventi;
  - gli eventi molto rari (indicativamente con occorrenza inferiore a un evento ogni due settimane) sono considerati “non disturbanti” ai fini della UNI 9614:2017, in virtù della loro scarsa incidenza temporale.
- 1.1.0.21 Per la determinazione del presunto disturbo vibrazionale generato da una specifica sorgente devono essere misurate sia le vibrazioni immesse che quelle residue. Le vibrazioni residue vanno misurate nello stesso punto e con le stesse modalità e criteri utilizzati per le vibrazioni immesse, considerando ricomprese nella componente residua le vibrazioni eventualmente rilevate in ambiente lavorativo e connesse all'attività produttiva o agli impianti al suo servizio.
- 1.1.0.22 Nel caso di sorgenti continue classificabili come attività essenziali di pubblico servizio, non è ovviamente possibile la misura delle vibrazioni residue, rendendo accettabile la misura delle sole vibrazioni immesse, ma mantenendo la possibilità di eseguire rilievi di vibrazioni residue in occasione di fermi per manutenzioni programmate o nel corso di fasi di ridotta attività, al fine di ottenere almeno una stima della componente vibrazionale residua. Per le attività non

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 00	Studio di Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE – Stima previsionale dell'impatto delle vibrazioni	14 of 41
---	---------	--	----------

interrompibili, ma non essenziali, la misura delle vibrazioni residue è invece richiesta mediante una disattivazione programmata delle sorgenti, previa una valutazione preliminare cautelativa della significatività delle vibrazioni residue stesse e del loro peso rispetto alle vibrazioni immesse. Per sorgenti semi-continue, intermittenti o temporanee la misura delle vibrazioni residue è invece obbligatoria.

- 1.1.0.23 La strumentazione da utilizzare per la valutazione del disturbo da vibrazioni deve permettere, oltre che l'acquisizione e la registrazione del segnale accelerometrico, anche l'elaborazione in linea dei dati.
- 1.1.0.24 Per l'elaborazione delle misure ed il calcolo dei parametri del disturbo, la norma UNI 9614:2017 suggerisce un metodo sequenziale valido per tutti i tipi di sorgente ed adeguato a coprire sia fenomeni di media e breve durata, sia fenomeni impulsivi caratterizzati da un fattore di cresta molto elevato.
- 1.1.0.25 La norma UNI 9916 del 2004 (aggiornata al 2014), dedicata ai criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, fa riferimento alla norma internazionale ISO 4866 e tedesca DIN 4150.
- 1.1.0.26 La norma fornisce una guida relativa ai metodi di misura, di trattamento dei dati, di valutazione dei fenomeni vibratorii allo scopo di permettere la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, con riferimento alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica.
- 1.1.0.27 La norma classifica le definizioni di danno in funzione degli effetti che le vibrazioni provocano agli edifici secondo la seguente terminologia:
- danno di soglia o architettonico: formazione di fessure filiformi sulle superfici dei muri a secco o accrescimento di fessure già esistenti sulle superfici intonacate o sulle superfici di muri a secco; inoltre, formazione di fessure filiformi nei giunti a malta delle costruzioni in mattoni e in calcestruzzo;
  - danno minore: formazione di fessure più aperte, distacco e caduta di gesso o pezzi di intonaco di muri a secco; formazione di fessure in blocchi di mattoni o di calcestruzzo;
  - danno maggiore: danneggiamento di elementi strutturali; fessure nelle colonne di supporto; apertura di giunti; serie di fessure nella muratura.
- 1.1.0.28 La durata delle eccitazioni è suddivisa nelle due categorie:
- continua: quella che agisce sull'edificio continuativamente per una durata superiore a  $5T$ , dove  $T$  è la costante di tempo associata alla frequenza di risonanza più bassa dell'edificio;
  - transitoria: quella che agisce sull'edificio per una durata inferiore a  $5T$ ;
  - impulsiva: quella che agisce sull'edificio per un tempo estremamente breve.
- 1.1.0.29 L'Appendice D.2 della norma riporta i valori di riferimento per la valutazione degli effetti delle vibrazioni, riprendendo le indicazioni essenziali delle DIN 4150 e BS7385.
- 1.1.0.30 La norma considera n. 3 classi di edifici:
- edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili;
  - edifici residenziali e costruzioni simili;
  - costruzioni che non appartengono alle prime due categorie e sono degne di essere tutelate (per esempio monumenti storici).
- 1.1.0.31 La norma prevede la misurazione ed il controllo del livello di vibrazione sia in fondazione (per tutte e tre le componenti) che ai piani superiori, con particolare riferimento al piano più elevato per quanto riguarda le componenti orizzontali della velocità.

1.1.0.32 Per vibrazioni di breve durata, la norma indica per la componente verticale dei singoli solai p.c.p.v. (peak component particle velocity) un valore di riferimento di 20 mm/s limitatamente alle prime due classi di edifici. Tale valore è indipendente dal contenuto in frequenza della registrazione e può essere inferiore per la terza classe di edifici. Per i singoli piani i valori di riferimento sono riportati in Tabella 1-3.

**Tabella 1-3. Valori di riferimento per la velocità di vibrazione (p.c.p.v.) al fine di valutare l'azione delle vibrazioni di breve durata sulle costruzioni (UNI 9916:2004 – DIN 4150)**

Classe	Tipo di edificio	Valori di riferimento per la velocità di vibrazione p.c.p.v in mm/s				
		Fondazioni			Piano alto	Solai componente verticale
		Da 1 HZ fino a 10 Hz	Da 10 HZ fino a 50 Hz	Da 50 HZ fino a 100 Hz*	Per tutte le frequenze	Per tutte le frequenze
1	Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili	20	Varia linearmente da 20 ( $f=10$ Hz) fino a 40 ( $f=50$ Hz)	Varia linearmente da 40 ( $f=50$ Hz) fino a 50 ( $f=100$ Hz)	40	20
2	Edifici residenziali e costruzioni simili	5	Varia linearmente da 5 ( $f=10$ Hz) fino a 15 ( $f=50$ Hz)	Varia linearmente da 15 ( $f=10$ Hz) fino a 20 ( $f=50$ Hz)	15	20
3	Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 che sono degne di essere tutelate (per esempio monumenti storici)	3	Varia linearmente da 3 ( $f=10$ Hz) fino a 8 ( $f=50$ Hz)	Varia linearmente da 8 ( $f=10$ Hz) fino a 10 ( $f=50$ Hz)	8	3/4

\* Per frequenze oltre 100 Hz possono essere usati valori di riferimento per 100 Hz

1.1.0.33 I valori da utilizzare per il confronto con i limiti di **Tabella 1-3** sono ottenuti attraverso la seguente procedura:

- misurare la velocità e valutarne il massimo valore in assoluto. Se il fenomeno non è ripetitivo, avere cura di prendere in esame la registrazione che presenta i valori più elevati;
- estrarre la parte in cui il segnale raggiunge il maggiore valore;
- applicare al segnale la finestra di Hanning;
- calcolare la trasformata di Fourier discreta sul segnale ottenuto;
- calcolare la frequenza cui corrisponde l'ampiezza maggiore;
- associare il valore massimo ricavato alla frequenza del punto precedente;
- comparare il valore ottenuto con i limiti di Tabella 1-3.

1.1.0.34 In presenza di vibrazioni continue che possano indurre fenomeni di fatica o amplificazioni dovute a risonanza nella struttura interessata, i valori di riferimento per le componenti

orizzontali del moto sono indicati in Tabella 1-4 e sono indipendenti dal contenuto in frequenza del segnale. Per la componente verticale dei singoli solai, la norma indica come valore di riferimento per la p.c.p.v. 10 mm/s limitatamente alle prime due classi di edifici (costruzioni industriali e edifici residenziali). Tale limite è indipendente dal contenuto in frequenza della registrazione e può essere inferiore per la terza classe di edifici.

**Tabella 1-4. Valori di riferimento per la velocità di vibrazione (p.c.p.v.) al fine di valutare l'azione delle vibrazioni di breve durata sulle costruzioni (UNI 9916:2004 – DIN 4150)**

Classe	Tipo di edificio	Valori di riferimento per la velocità di vibrazione p.c.p.v in mm/s (per tutte le frequenze)
1	Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili	10
2	Edifici residenziali e costruzioni simili	5
3	Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 che sono degne di essere tutelate (per esempio monumenti storici)	2,5

1.1.0.35 Limitatamente alle prime due classi di edifici, per la componente verticale dei singoli solai la norma indica 10 mm/s come valore di riferimento della p.c.p.v. Tale valore è indipendente dal contenuto in frequenza.

1.1.0.36 La BS 5228, Part 4 (“Noise control on construction and open sites – Code of practice for noise and vibration control applicable to piling operations” – 1992) riguarda il caso di vibrazioni prodotte dalla battitura di pali, ove si considera la velocità di picco della particella, cioè il picco nel tempo del modulo del vettore velocità. I valori riportati in **Tabella 1-5** costituiscono i limiti al di sotto dei quali si ritiene che non si verifichino danni minori (cosmetic). Se la vibrazione è continua i valori indicati devono essere ridotti del 50%.

**Tabella 1-5. Valori di riferimento della velocità di vibrazione (p.p.v.) al fine di valutare l'azione delle vibrazioni transitorie sulle costruzioni BS 5228 - part 4**

Classe	Tipo edificio	Valori di riferimento per la velocità di vibrazione p.p.v in mm/s		
		Fondazioni		
		Da 1 HZ fino a 10 Hz*	Da 10 HZ fino a 50 Hz	Da 50 HZ fino a 100 Hz*
A	Edifici residenziali costruiti a regola d’arte ed in buono stato di conservazione	5	10	20
B	Edifici costruiti per uso industriale e commerciale con struttura snella	10	20	40
C	Edifici massicci e rigidi costruiti per uso industriale e commerciale	15	30	60

+) indicazioni fornite per estrapolazione. I dati relativi all’installazione dei pali indicano che le frequenze di vibrazione prevalenti sono contenute nell’intervallo da 10 Hz a 50 Hz

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 00	Studio di Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE – Stima previsionale dell’impatto delle vibrazioni	17 of 41
---	---------	--	----------

## 1.2 Documentazione di riferimento

1.2.0.1 This Per quanto riguarda maggiori approfondimenti riguardo il progetto di Disattivazione del Complesso INE si rimanda ai documenti:

- “Studio di Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE”, Doc. n° NE.40.1225.A.004 (JRC, Febbraio 2020);
- “Piano Demolizioni Convenzionali: Disattivazione Complesso INE”, Doc. n° NE.40.1225.A.004, (JRC, Dicembre 2019);
- “Piano di Disattivazione: Complesso INE”, Doc. n° NE.94.2800.A.001, (JRC, Dicembre 2019).

## 1.3 Struttura del documento

1.3.0.1 La presente relazione è composta dai seguenti Capitoli:

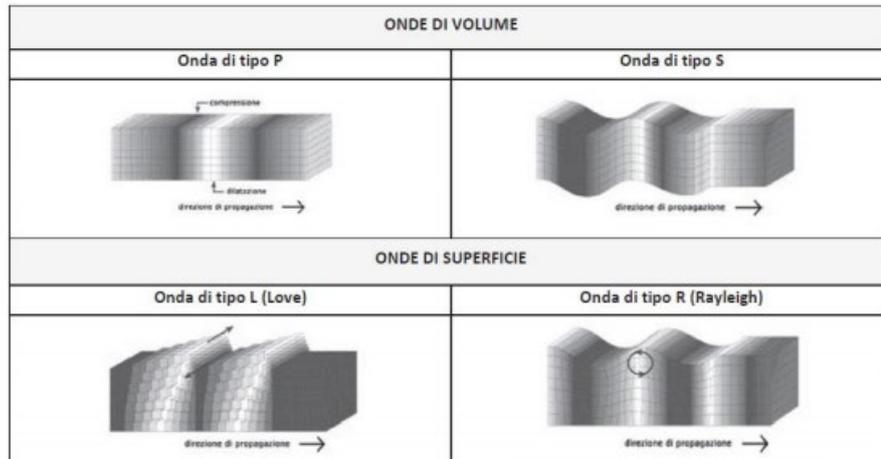
- introduzione (Capitolo 1): in cui si definisce lo scopo e la struttura del documento;
- la propagazione delle vibrazioni ed i relativi modelli previsionali (Capitolo 2): in cui si riporta una sintesi della tipologia di onde e della loro propagazione all’interno dei mezzi solidi e il modello di propagazione delle stesse;
- inquadramento geologico e recettori individuati (Capitolo 3): in cui si riporta una sintesi del quadro geologico dell’area e si identificano i recettori più prossimi;
- stato dell’area e attività di progetto (Capitolo 4): in cui si riporta una descrizione dello stato attuale dell’area di progetto e una descrizione delle attività previste dal piano di smantellamento del Complesso INE;
- studio dei fenomeni vibratorii indotti in fase di demolizione del complesso INE (Capitolo 5): in cui si calcolano le vibrazioni attese dai macchinari utilizzati in sito;
- piano di monitoraggio (Capitolo 6): in cui si riporta il Piano di monitoraggio ante operam e post operam previsto per il sito.

## 2 LA PROPAGAZIONE DELLE ONDE E I RELATIVI MODELLI PREVISIONALI

- 2.0.0.1 Le vibrazioni rappresentano una propagazione di energia attraverso un mezzo solido e/o liquido. Conseguentemente, prima di esaminare possibili effetti connessi alla generazione, propagazione e ricezione di energia vibrazionale prodotta a seguito della messa in esercizio di una specifica opera o impianto, appare interessante presentare una descrizione generale dei fenomeni di generazione e di propagazione delle onde nei mezzi solidi e, in particolare, della trasmissione delle vibrazioni, intese come fenomeni fisici, e della loro previsione.
- 2.0.0.2 Le grandezze utilizzate per la descrizione di uno stato vibratorio sono rappresentate dai seguenti parametri:
- ampiezza, ossia valore dello spostamento lineare rispetto alla posizione di equilibrio (mm);
  - velocità, con la quale il corpo si sposta rispetto al punto di equilibrio (m/s);
  - accelerazione, alla quale il corpo è sottoposto in relazione alle continue variazioni di velocità (m/s<sup>2</sup>);
  - frequenza, ossia il numero delle oscillazioni che un corpo compie nell'unità di tempo (Hz).

### 2.1 Cenni sulla propagazione delle onde

- 2.1.0.1 L'oscillazione è il movimento che un punto mobile compie per ritornare alla posizione di partenza. Il tempo che intercorre tra due passaggi nel punto di equilibrio (o punto di partenza) è detto periodo (o ciclo). Il numero di periodi al secondo costituisce la frequenza di una vibrazione, espressa in Hertz (Hz).
- 2.1.0.2 In funzione degli effetti fisiopatologici sull'uomo, le vibrazioni sono suddivise in tre principali bande di frequenza:
- 0-2 Hz oscillazioni a bassa frequenza, generate dai mezzi di trasporto (terrestri, aerei, marittimi)
  - 2-20 Hz oscillazioni a media frequenza, generate da macchine ed impianti industriali
  - >20-30 Hz oscillazioni ad alta frequenza, generate da un'ampia gamma di strumenti vibranti diffusi in ambito industrial
- 2.1.0.3 Le vibrazioni si propagano in un mezzo solido con onde le cui caratteristiche dipendono solo dalle proprietà fisiche ed elastiche del mezzo stesso. È possibile distinguere le onde di volume o "body-waves" (onde Primarie e Secondarie) e le onde di superficie (onde di Rayleigh ed onde di Love); le prime si propagano rispettivamente longitudinalmente (onde P) e trasversalmente (onde S) alla direzione di avanzamento, mentre le seconde si propagano solamente nel primo strato superficiale in direzione trasversale (onde L) o, nel caso di onde R, lungo la direzione longitudinale alla propagazione (Figura 2 1).



**Figura 2-1. Rappresentazione esemplificativa delle onde.**

- 2.1.0.4 La velocità di propagazione dei diversi tipi di onde non è la stessa: le onde di compressione (onde P) sono le più veloci, mentre le onde di taglio e di superficie viaggiano con velocità più basse, in dipendenza del valore del modulo di Poisson del terreno.
- 2.1.0.5 Per questo motivo, quando viene imposto sul terreno un prefissato livello di vibrazione, questo si propaga nel mezzo, subendo una attenuazione dipendente da natura del terreno, frequenza del segnale, distanza tra sorgente e ricevitore.

## 2.2 Trasmissione delle vibrazioni

- 2.2.0.1 Le vibrazioni rappresentano una forma di energia in grado di provocare disturbo o danni psicofisici all'uomo, oltre che danni sulle cose e sugli animali.
- 2.2.0.2 Gli effetti delle vibrazioni sull'organismo umano possono essere di tipo biomeccanico, psico-sensoriale e fisiologico.
- 2.2.0.3 Gli effetti bio-meccanici dipendono dalle frequenze e possono colpire vari organi ed apparati, in misura tanto più grave quanto più la frequenza si avvicina alla risonanza specifica di ciascuno di essi.
- 2.2.0.4 Gli effetti di tipo psico-sensoriale sono regolati da vibroricettori cutanei e/o dalle terminazioni nervose libere del derma.
- 2.2.0.5 Gli effetti fisiologici si risentono soprattutto sul sistema cardiocircolatorio e sul sistema nervoso centrale, con aumento della pressione arteriosa, della frequenza cardiaca e del consumo di ossigeno, per quanto riguarda il primo; inibizione dei riflessi ed effetti soporiferi per quanto riguarda il secondo.
- 2.2.0.6 Le vibrazioni possono inoltre provocare danni agli edifici ed ai manufatti in genere, sia per la loro propagazione alle strutture, attraverso i terreni, sia per gli assestamenti del terreno stesso e, quindi, per eventuali suoi cedimenti. Quest'ultimo effetto è spesso il più pericoloso quando ci si trova in presenza di terreni a bassa densità e, particolarmente, nel caso delle terre sciolte incoerenti, quali sabbie e ghiaie; inoltre, si evidenzia come la presenza di acqua aggravi tale fenomeno.
- 2.2.0.7 Poiché gli assestamenti diminuiscono allontanandosi dalla sorgente delle vibrazioni, i cedimenti prodotti lungo una costruzione non sono uniformi e possono quindi portare ad inclinazioni e danni alle sovrastrutture.

2.2.0.8 Le attività che generalmente sono oggetto di valutazione sono: esplosioni, operazioni effettuate da macchine battipalo, demolizioni e perforazioni o scavi in prossimità di strutture particolarmente sensibili.

2.2.0.9 I livelli d'impulso e di vibrazione di grande ampiezza devono essere valutati con riferimento ai loro potenziali effetti sui fabbricati e sulle strutture. La definizione di un limite di sicurezza per la velocità di vibrazione non è univoca, il più cautelativo è quello di Edwards e Northwood, con valori della velocità compresi tra 0.025 e 5 cm/s ed ampiezza di vibrazione variabili da 0.025 ad alcuni mm.

### 2.2.1 **Disturbo e/o danni alle persone**

2.2.1.1 I rilievi delle vibrazioni verticali, orizzontali e trasversali vanno eseguiti preferibilmente simultaneamente.

2.2.1.2 Secondo la norma UNI 9614, la sensibilità umana alle vibrazioni è diversa lungo i tre assi, e quindi, per ottenere l'accelerazione ponderata, occorrerebbe applicare a ciascuno dei tre segnali un diverso filtraggio, prima di sommarli.

2.2.1.3 In genere, tuttavia, il possibile ricettore si troverà esposto indifferentemente su uno dei tre assi, a seconda della sua giacitura, che non è, ovviamente, predeterminata e risulta variabile nel corso delle 24 ore. In tali casi, la Norma UNI 11048 prevede l'impiego di una curva di ponderazione per asse generico (o meglio, per asse non definibile).

2.2.1.4 In pratica quindi, per valutare il disturbo sulle persone, si effettua un opportuno filtraggio in frequenza del segnale, applicando un filtro.

2.2.1.5 Sia la Norma UNI 9614 che la UNI 11048 prevedono di valutare il livello complessivo di accelerazione ponderata nell'intervallo da 1 ad 80 Hz; se il segnale disturbante è caratterizzato da una emissione concentrata entro una singola banda di 1/3 di ottava, è sufficiente correggere il valore misurato applicando la correzione.

2.2.1.6 Se, viceversa, lo spettro è continuo ed esteso a più bande, occorre anzitutto calcolare il livello di accelerazione corretto a ciascuna frequenza; successivamente le componenti ponderate  $a_{w,i}$  vanno sommate tra loro in termini quadratici, al fine di ottenere l'accelerazione ponderata in frequenza  $a_{w,i}$  secondo la relazione:

$$a_w = \sqrt{\sum_i a_{w,i}^2}$$

2.2.1.7 Se le componenti per bande di 1/3 di ottava sono espresse in dB, ai livelli delle singole componenti  $L_{w,i}$  vanno sommati i guadagni indicati nella tabella sopra riportata. Il livello dell'accelerazione ponderata in frequenza  $L_w$  è quindi dato da:

$$L_w = 10 \log \sum_i 10^{0.1L_{w,i}}$$

2.2.1.8 dove ovviamente  $L_{w,i}$  sono i livelli equivalenti delle componenti per bande di 1/3 di ottava ponderati in frequenza.

2.2.1.9 In alternativa, le vibrazioni possono anche essere rilevate direttamente; in questo caso, va però utilizzato uno strumento dotato del filtro di ponderazione combinato  $W_m$ , tali filtri rendono tutte le componenti dello spettro equivalenti in termini di percezione quindi di disturbo, impiegando la costante di tempo slow (costante di tempo pari ad 1s).

$$L_{acc} = 20 \log \left( \frac{a}{a_0} \right) \qquad L_{vel} = 20 \log \left( \frac{v}{v_0} \right)$$

2.2.1.10 In tali relazioni compaiono i seguenti valori di riferimento (ISO 1683):

$$a_0 = 0.001 \text{ mm/s}^2$$

$$v_0 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ mm/s}$$

- 2.2.1.11 Può essere utile memorizzare la time history di tale valore con elevata frequenza di campionamento, per meglio analizzare il fenomeno e meglio comprendere la sua propagazione; in tal modo, si ottiene l'accelerazione ponderata in frequenza  $L_{aw}$ , oppure il livello dell'accelerazione ponderata in frequenza  $L_w$ .
- 2.2.1.12 Per la valutazione delle vibrazioni si considera il valore più elevato dei tre valori rilevati sui tre assi, ossia il valore massimo determinato sull'asse dominante (in genere quello verticale). La Norma UNI 11048, per l'appunto, definisce l'asse Z quale asse principale.
- 2.2.1.13 La soglia di percezione delle vibrazioni si pone convenzionalmente (UNI 9614:2017) pari a:  $a_{soglia,z} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$  corrispondente a 74 dB (per  $a_0 = 10^{-6} \text{ m/sec}^2$ ) per l'asse z e  $a_{soglia,x/y} = 3.6 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$  corrispondente a 71 dB (per  $a_0 = 10^{-6} \text{ m/sec}^2$ ) per gli assi x e y (Tabella 1-1 e Tabella 1-2).

## 2.2.2 Effetti e/o danni agli edifici

- 2.2.2.1 La valutazione delle vibrazioni in funzione del possibile instaurarsi di danni strutturali viene effettuata integrando i segnali provenienti dalla terna accelerometrica (filtro con pendenza decrescente di 6 dB/ottava) su tutto il range di frequenza, in modo da ottenere un segnale di velocità di vibrazione, anziché di accelerazione.
- 2.2.2.2 Dopo il filtraggio integratore, si sommano vettorialmente le tre componenti cartesiane, ottenendo il valore istantaneo della velocità di vibrazione:

$$|v| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

- 2.2.2.3 Va comunque sottolineato che in questo caso la composizione cartesiana viene fatta sui valori istantanei delle velocità, non sui valori medi efficaci come invece si fa per la valutazione del disturbo alle persone. Infine, si va a memorizzare il valore massimo di picco della forma d'onda, che in genere è significativamente più elevato del valore medio efficace della stessa. Si definisce infatti come "fattore di cresta" la differenza fra il valore massimo di picco di una forma d'onda ed il suo valore efficace.
- 2.2.2.4 La risposta di un edificio o dei suoi elementi strutturali sottoposti ad una eccitazione dinamica e quindi il danno potenziale che questa può produrre, dipende, oltre che dal contenuto spettrale dell'eccitazione, dalle caratteristiche dell'edificio.
- 2.2.2.5 È dunque fondamentale ottenere una documentazione completa sull'edificio, prima di fornire una valutazione del rischio di danno connesso con il fenomeno vibratorio, in particolare l'attenzione dovrà essere posta sui seguenti aspetti:
- caratteristiche costruttive dell'edificio;
  - stato di conservazione;
  - caratteristiche delle fondazioni ed interazione col terreno.

## 2.3 Modello di propagazione

2.3.0.1 Il modello di propagazione, valido per tutti i tipi di onde, si basa sulla seguente formula:

$$a(d, f) = a(d_0, f) \cdot \left( \frac{d_0}{d} \right)^n \cdot e^{-2 \cdot \pi \cdot f \cdot \eta / c \cdot (d - d_0)}$$

2.3.0.2 In cui  $\eta$  è il fattore di perdita del terreno,  $c$  la velocità di propagazione in m/s,  $f$  la frequenza in Hz,  $d$  la distanza in m, e  $d_0$  la distanza di riferimento a cui è noto lo spettro di emissione.

2.3.0.3 L'esponente  $n$ , invece, varia a seconda del tipo di onda e di sorgente di vibrazioni. In relazione al tipo di onda, si ottiene:

$n = 1$  per onde di volume di tipo P

$n = 2$  per onde di volume di tipo L

$n = 0.5$  per onde di volume di tipo R

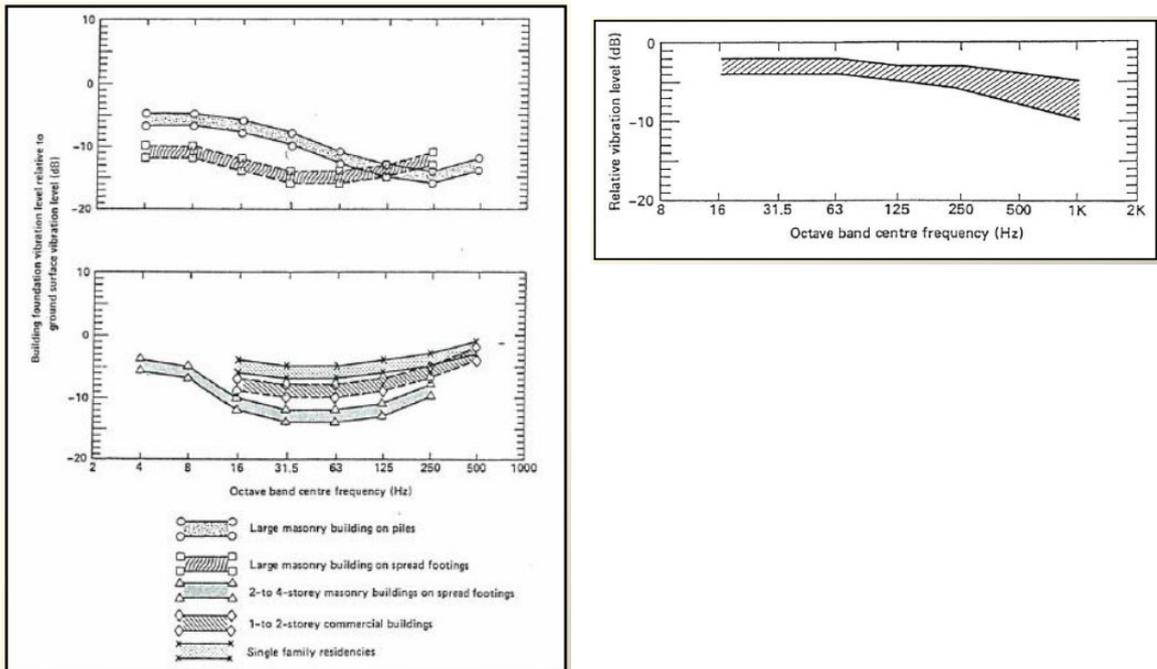
2.3.0.5 Il comportamento dissipativo del mezzo (damping properties) è, pertanto, funzione anche della frequenza  $f$ .

2.3.0.6 Ciò fa sì che le alte frequenze si estinguano dopo un breve percorso, mentre le frequenze più basse si propagano a distanze maggiori.

2.3.0.7 Il rapporto  $\eta/c$  dipende dal particolare tipo di terreno considerato, ed assume valori elevati nel caso di terreno coltivato soffice, mentre assume valori molto modesti nel caso di pavimentazioni rigide in CLS. Pertanto, la migliore propagazione delle vibrazioni (equivalente ad attenuazione molto bassa), si ha in presenza di terreno rigido e a basse frequenze (in tal caso, infatti, il termine  $f \eta / c$  assume valori bassi).

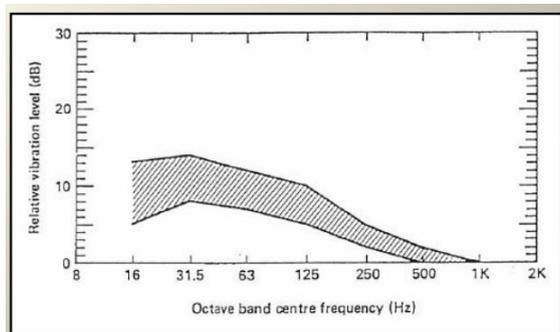
2.3.0.8 Il modello semplificato di propagazione si riferisce ai soli fenomeni che avvengono nel terreno supposto omogeneo ed isotropo (perlomeno all'interno di ogni strato).

2.3.0.9 In presenza di edifici dalla struttura complessa, collegati al terreno mediante sistemi di fondazione di vario genere, accade che i livelli di accelerazione riscontrabili all'interno degli edifici stessi possono presentare sia attenuazioni, sia amplificazioni rispetto ai livelli sul terreno.



**Figura 2-2. Attenuazione dovuta a diversi tipi di fondazione (a sinistra ) e da un piano al successivo (a destra)**

2.3.0.10 Va inoltre preso in esame il fenomeno della risonanza strutturale di elementi dei fabbricati, in particolare dei solai: allorché la frequenza di eccitazione coincide con la frequenza naturale di oscillazione libera della struttura, la stessa manifesta un rilevante aumento dei livelli di vibrazione rispetto a quelli presenti alla base della stessa.



**Figura 2-3. Amplificazione prodotta dai solai**

### 3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E RECETTORI INDIVIDUATI

3.0.0.1 Di seguito si riportano le informazioni relative alla stratigrafia del sito e i recettori individuati.

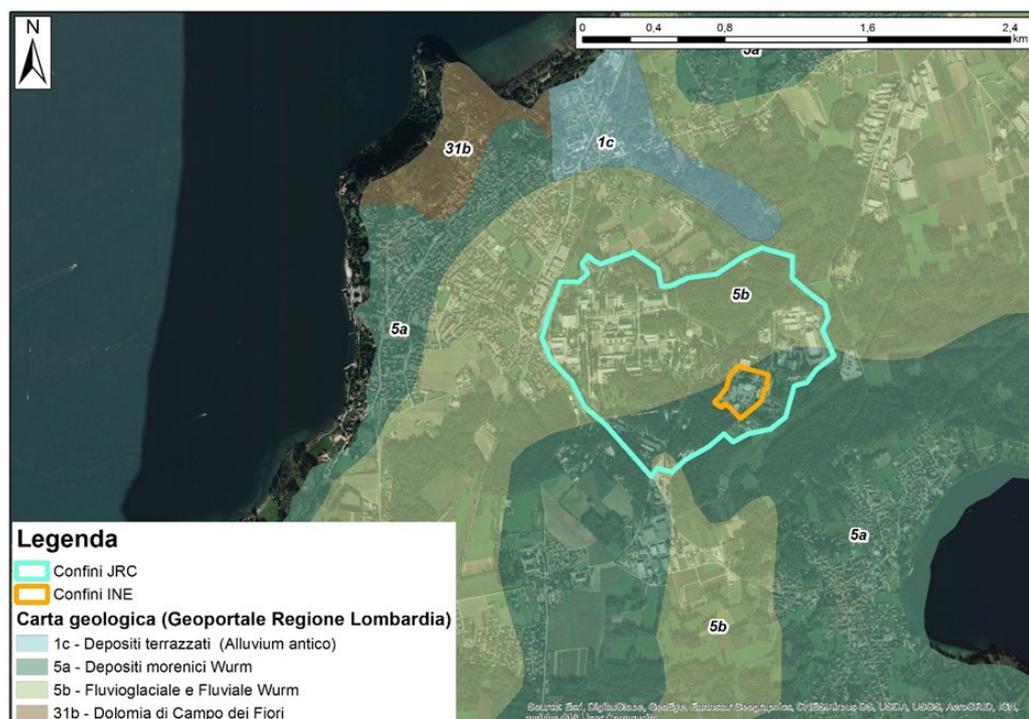
#### 3.1 Inquadramento geologico

3.1.0.1 Il territorio del Comune di Ispra rientra in senso geologico-strutturale nel dominio delle Alpi Meridionali, caratterizzate nel settore del varesotto da strutture compressive di età alpina, che formano una serie di pieghe e pieghe faglie embricate con direzione Est-Nord/Est-Ovest Sud/Ovest, esterne al territorio comunale.

3.1.0.2 La Figura 3-1 riporta lo stralcio della carta geologica delle Regione Lombardia dalla quale si evince che il JRC-Ispra insiste sulle seguenti unità geologiche:

- Fluvioglaciale e Fluviale Wurm: Quaternario recente (0,01 Ma): si tratta di depositi postglaciali nelle valli abbandonate dai torrenti dipendenti dall'ablazione glaciale collegatesi con il Diluviale del piano generale della valle padana;
- Morenico Wurm: Quaternario antico (0,12 Ma): si tratta di depositi interglaciali delle valli delle Tresa e della Valtravaglia.

3.1.0.3 Nel dettaglio il Complesso INE ricade quasi interamente all'interno dell'unità geologica appartenente al Morenico Wurm.



**Figura 3-1. Estratto Tavola 11, Carta geologica della Lombardia (Fonte: Carta Geologica Regione Lombardia (scala 1:250.000), rielaborazione JRC)**

3.1.0.4 Nello specifico, in corrispondenza del JRC-Ispra, così come riportato all'interno dello studio "Indagine sulle caratteristiche idrogeologiche dell'Area 40 del sito JRC Ispra" (Dott. Colombetti, 1999), e nei documenti Idrogea "Relazione idrogeologica e modello idrogeologico numerico di flusso e trasporto" (Idrogea S.r.l., 2014) e "Relazione Idrogeologica e aggiornamento del modello numerico di flusso" (Idrogea S.r.l., 2017) relativi alle aree 40 e 52 del JRC-Ispra, l'unica unità stratigrafica presente è riconducibile a: "Unita' a sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille) e ghiaie", dove si osserva la seguente successione stratigrafica:

- 0 – 2/5 m Strato superficiale con terreni naturali di riporto a granulometria eterogenea dai limi alle ghiaie;
- 2/5 – 20/30 m Alternanza di strati limoso – sabbiosi con intercalazioni di sabbie con ghiaie;
- 20/30 – 50/60 m Terreni a granulometria fine, limi con sabbie subordinate e ghiaie;
- 50/60 – 80/110 Terreni con elementi a granulometria grossolana in lenti di limite;
- >80/110 Strato di base a bassa permeabilità.

### 3.2 Individuazione dei recettori

- 3.2.0.1 In fase di inquadramento e definizione del sistema, sono stati identificati n. 2 recettori per i quali effettuare la valutazione previsionale di impatto delle vibrazioni del cantiere di Demolizione convenzionale.
- 3.2.0.2 In particolare, si tratta di due recettori collocati all'esterno del sito JRC-Ispra (Direzione Sud ed Est), corrispondenti ai più vicini edifici abitativi, siti nel Comune di Cadrezzate. Allo stato di fatto si tratta di edifici bassi a non più di due piani (Recettori di tipo RVx).
- 3.2.0.3 La tabella successiva identifica i recettori individuati.

**Tabella 3-1. Recettori identificati all'esterno del sito JRC-Ispra**

Recettore	Destinazione d'uso	Comune di appartenenza	Distanza in linea d'aria dall'impianto (baricentro area) [m]
RV1	Residenziale esistente Abitazione isolata lato Sud	Cadrezzate (VA)	610
RV2	Residenziale esistente Abitazione isolata lato Sudest	Cadrezzate (VA)	630

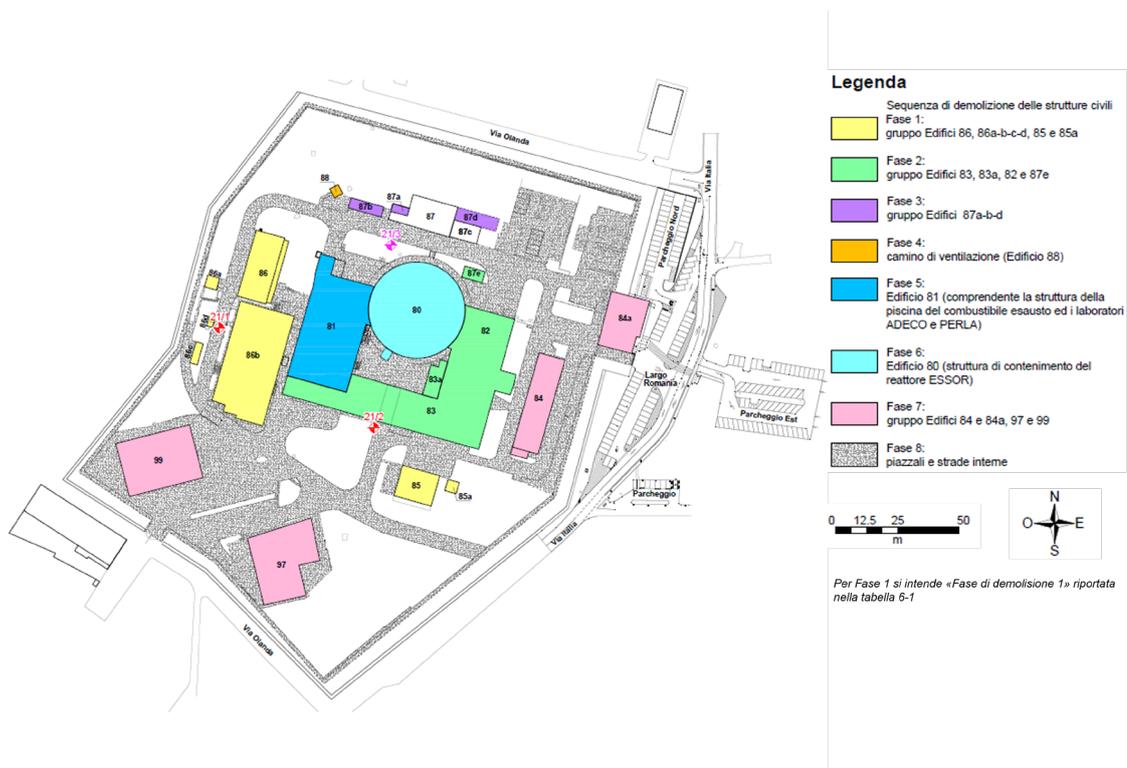
NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 00	Studio di Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE – Stima previsionale dell'impatto delle vibrazioni	26 of 41
---	---------	--	----------

## 4 STATO DELL'AREA E ATTIVITÀ DI PROGETTO

- 4.0.0.1 Come precedentemente riportato nell'ambito della presente relazione, il JRC - Ispra ha avviato un programma di disattivazione degli impianti nucleari e gestione dei relativi rifiuti (D&WM) finalizzato alla rimozione delle installazioni nucleari.
- 4.0.0.2 Una delle installazioni nucleari soggette al programma di D&WM è il Complesso INE.
- 4.0.0.3 Le attività di demolizione convenzionale avranno luogo una volta che tutte le aree e le strutture del Complesso INE saranno libere da vincoli di natura radiologica, ossia al completamento delle attività previste dal "Piano di disattivazione (Decommissioning)".
- 4.0.0.4 Il Piano di Disattivazione prevede infatti la decontaminazione e lo smantellamento degli impianti del sito nucleare e l'allontanamento dei materiali di risulta; al termine di tali operazioni è previsto un monitoraggio finale "final survey" atto a verificare l'effettiva assenza di contaminazione dei luoghi ed a sancire il rilascio incondizionato del sito (stato di green field).
- 4.0.0.5 Le attività di demolizione convenzionale avverranno in un lasso di tempo di circa 10 anni.

### 4.1 Stato attuale dell'area di intervento

- 4.1.0.1 Come rappresentato in **Figura 4-1**, il Complesso INE attualmente include le seguenti principali strutture ed edifici, che saranno interessati dalle attività di demolizione: reattore ESSOR, laboratorio ADECO, piscina del combustibile irraggiato, laboratorio PERLA, laboratorio ATFI, laboratorio ETHEL e camino di ventilazione.
- 4.1.0.2 Secondo quanto definito nelle "Prescrizioni per l'esercizio vigenti del reattore ESSOR", allo stato attuale il reattore si trova in condizione di arresto di lunga durata (4R).
- 4.1.0.3 Lo stato generale del reattore ESSOR è pertanto il seguente:
- il reattore è stato totalmente scaricato degli elementi di combustibile e dell'acqua pesante;
  - i sistemi principali sono conservati al solo fine di mantenere l'integrità strutturale ed assicurare il contenimento della contaminazione interna residua;
  - i sistemi d'impianto rilevanti per la sicurezza sono mantenuti in servizio al fine di garantire il mantenimento in sicurezza dell'installazione e dei suoi sistemi e lo svolgimento delle attività di manutenzione;
  - il reattore continua ad essere sottoposto alla vigilanza definita nelle Prescrizioni Tecniche applicabili (Prescrizioni per l'esercizio vigenti del reattore ESSOR).
- 4.1.0.4 Il camino di ventilazione (Edificio 88), che si trova a Nordovest dell'Edificio Reattore a circa 45 m dal punto più vicino dello stesso, è stato realizzato in cemento armato ed è alto 80 m (dal suolo). Il suo diametro alla base è pari a 4,18 m esternamente e 3,41 m internamente; nella parte superiore il diametro è 2,40 m esternamente e 2,00 m internamente.
- 4.1.0.5 I laboratori ADECO (Edificio 81), PERLA (Edificio 81), ATFI (Edificio 82) ed ETHEL (Edificio 86b), allo stato attuale, sono perlopiù inattivi.



**Figura 4-1. Sequenza di demolizione delle strutture civili e localizzazione delle strutture e infrastrutture sottoposte alle attività di smantellamento (JRC, Dicembre 2019)**

## 4.2 Attività di smantellamento del Complesso INE

4.2.0.1 Le attività previste dal progetto di smantellamento del Complesso INE risultano suddivise in:

- disattivazione del Complesso INE (decommissioning): decontaminazione e smantellamento degli impianti del sito nucleare e allontanamento dei materiali di risulta. Al termine di tali operazioni è previsto un monitoraggio finale (“*final survey*”) atto a verificare l’effettiva assenza di contaminazione dei luoghi e a sancire il rilascio incondizionato del sito (“*privo da vincoli radiologici*”);
- demolizioni convenzionali del Complesso INE: smantellamento delle installazioni e degli edifici civili a valle del rilascio radiologico del sito (assenza di vincoli di natura radiologica).

4.2.0.2 Nello specifico la descrizione di dettaglio delle attività di disattivazione viene trattata nel documento “Piano di Disattivazione: Complesso INE”, Doc. n° NE.94.2800.A.001 (JRC, Dicembre 2019), mentre per quanto riguarda le demolizioni convenzionali si fa riferimento al documento “Piano Demolizioni Convenzionali: Disattivazione Complesso INE”, Doc. n° NE.40.1225.A.004 (JRC, Dicembre 2019).

## 4.3 Attività di demolizione convenzionale

4.3.0.1 Di particolare interesse ai fini del presente documento risultano le attività di demolizione convenzionale, che di fatto rappresentano la fase di “*worst case*” per la componente di vibrazioni.

4.3.0.2 Le attività di demolizione/rimozione riguarderanno:

- tutte le strutture civili degli edifici ed i manufatti fuori terra presenti all’interno del perimetro del Complesso INE, a meno dell’Edificio 87 Laboratorio Punita e dell’edificio attiguo 87c – Locale tecnico;

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 00	Studio di Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE – Stima previsionale dell'impatto delle vibrazioni	28 of 41
---	---------	--	----------

- tutte le strutture orizzontali e verticali di sostegno e le pareti divisorie di piani e livelli interrati degli edifici, verificando dal punto di vista statico, caso per caso, in corso d'opera, la necessità di apprestare opere provvisorie di puntellamento delle pareti e delle strutture di contenimento laterali al di sotto della quota di – 1 metro dal piano di posa del pavimento del piano terra;
- tutte le strutture di fondazione comprese entro una profondità di 1 metro da p.c.;
- nel caso di edifici con piani e livelli interrati – la demolizione sarà spinta in profondità sino alla quota di rilascio; nel caso in cui alla quota di rilascio radiologica fossero riscontrate delle evidenze di contaminazione ambientale (quali tracce visibili di idrocarburi) si provvederà all'approfondimento della demolizione per un ulteriore metro;
- i sottoservizi (qualora non funzionali ad altre unità del JRC-Ispra), costituiti dalle reti di utilities a servizio delle aree sorvegliate, i quali risultano ubicati nell'orizzonte tra il piano strada e – 1 metro da piano campagna (p.c.);
- le pavimentazioni dei piazzali e della viabilità interna al Complesso INE.

4.3.0.3 La rimozione dei sottoservizi avverrà progressivamente e contestualmente alle attività di demolizione delle strutture fuori terra, nelle diverse aree oggetto di intervento.

4.3.0.4 Non si prevede la demolizione delle gallerie tecniche, in quanto localizzate a profondità maggiori rispetto a -1 m dal piano strada. Tuttavia, qualora nell'ambito delle attività di demolizione delle strutture degli edifici fossero intercettate delle gallerie, si provvederà alla messa in sicurezza permanente delle stesse.

#### **4.4 Demolizione del camino di ventilazione (Edificio 88)**

4.4.0.1 Il camino (Edificio 88) è collegato alla condotta di ventilazione principale ed alla stanza che ospita la stazione di misurazione radiologica.

4.4.0.2 Il camino è realizzato interamente in cemento armato ed il fusto in elevazione è alto complessivamente 80 metri dal piano strada. Il diametro alla base del camino è 4,18 m esternamente e 3,41 m internamente; il diametro alla cima è 2,4 m esternamente e 2,0 m internamente.

4.4.0.3 Si prevede che la demolizione del camino di ventilazione avvenga per decostruzione per sezioni top-to down, ovvero dai livelli a quote maggiori sino a quota -1m dal piano campagna, procedendo per sezionamenti successive a partire dalla sommità sino alla base.

4.4.0.4 In particolare, in conformità con le buone prassi operative, si prevede che i lavori di demolizione del camino vengano eseguiti mediante:

- il sezionamento dall'alto verso il basso, a partire dalla sommità sino alla quota di circa 20-25 metri, di conci di dimensione variabile in funzione della consistenza del calcestruzzo, della quantità di armature e dello spessore del fusto, per livelli paralleli orizzontali, mediante l'utilizzo di piattaforme mobili oppure di impalcature circolari; i conci sezionati ed asportati saranno posati a terra;
- successivamente, fino alla base, con metodologie tradizionali a mezzo di escavatore dotato di braccio standard o lungo e pinza frantumatrice o di martello demolitore.

4.4.0.5 Il sezionamento in quota del fusto del camino potrà essere eseguito mediante pinza frantumatrice oppure mediante mini-escavatori con configurazione polare "a ragno", movimentati mediante autogrù.

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 00	Studio di Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE – Stima previsionale dell’impatto delle vibrazioni	29 of 41
---	---------	--	----------

- 4.4.0.6 Non si esclude ad oggi il ricorso ad eventuali soluzioni operative tecnologicamente avanzate, quali l'utilizzo di sistemi di demolizione "Fly" (Fly demolition systems), ossia di macchinari radio-video controllati in grado di operare autonomamente in quota, minimizzando i rischi per gli addetti ai mezzi.
- 4.4.0.7 Non sarà invece consentito il ricorso a metodologie facenti uso di esplosivi e/o che prevedano la demolizione del camino per caduta.

#### **4.5 Demolizione della struttura di contenimento del reattore ESSOR (Ed. 80) e del carro ponte circolare**

- 4.5.0.1 L'Edificio 80 si compone di una struttura di contenimento esterna a tenuta stagna e di strutture interne in cemento armato. Il rivestimento è in acciaio saldato con uno spessore variabile tra 17 e 18 mm. Si tratta di un cilindro verticale con un diametro di 45 m, una cupola sferica ed una base piana che poggia sulla platea di fondazione, per un'altezza totale di 45 m. La sezione di contenimento collocata al di sotto del livello del terreno è circondata da una struttura cilindrica in cemento armato che costituisce il corridoio chiamato "cuvelage".
- 4.5.0.2 L'Edificio 80 risulta suddiviso in quattro piani posti rispettivamente alle quote: -11,00 m, - 6,00 m, 0,00 m e + 5,00 m.
- 4.5.0.3 Contestualmente alla demolizione convenzionale della struttura di contenimento del reattore ESSOR (Edificio 80), sarà condotto lo smontaggio del carro ponte circolare (o gru polare) presente nella sala del reattore stesso.
- 4.5.0.4 Per la demolizione della cupola si procederà al taglio delle lamiere metalliche (ad oggi si ipotizzano tecniche di taglio idrodinamico "a freddo", ossia mediante getti d'acqua ad alta pressione e/o di taglio al plasma "a caldo) ed alla successiva movimentazione dei pezzi mediante idonei accessori di sollevamento, imbracature e gru a torre precedentemente installata.
- 4.5.0.5 Per la demolizione della struttura civile (pareti circolari) in elevazione dell'Edificio, si procederà dall'esterno mediante escavatori a braccio lungo/standard dotati di idonei utensili (pinze e cesoie). Trattandosi di una struttura estremamente tenace in cemento baritico, non si esclude la necessità di dover ricorrere ad attrezzature tipo spaccaroccia meccanici (a cuneo divaricatore o a pistoni idraulici trasversali), così da creare linee di frattura preferenziali.
- 4.5.0.6 Per la demolizione delle strutture interrate si procederà top-to down, ovvero dai livelli a quote maggiori via via fino alla profondità di -1m dal piano campagna, secondo un'esatta sequenza operativa che sarà definita in fase di progettazione esecutiva degli interventi e avendo cura che i detriti man mano accumulati ai vari solai intermedi non generino sovraccarichi.
- 4.5.0.7 Saranno utilizzate apposite attrezzature di taglio e demolizione per il c.a. ed i materiali metallici; in particolare, per le strutture in c.a. si ipotizza il ricorso a tecniche di taglio con filo e/o disco diamantato.
- 4.5.0.8 Per la movimentazione dei materiali e dei detriti potranno essere installati/impiegati anche argani e gru semoventi.
- 4.5.0.9 Per lo smontaggio del carro ponte circolare, si prevede una sequenza operativa inversa a quella seguita in fase di montaggio, durante la costruzione dell'impianto. Una volta demolita la cupola, verrà utilizzato un mezzo di sollevamento esterno (es. la stessa gru edile utilizzata per la cupola) procedendo all'estrazione in primo luogo del carrello e, successivamente, delle travi del ponte previo taglio; in caso di impossibilità o difficoltà di rimozione delle travi complete, queste potranno essere segmentate all'interno in parti più piccole.

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 00	Studio di Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE – Stima previsionale dell'impatto delle vibrazioni	30 of 41
---	---------	--	----------

## 4.6 Demolizione dell'Edificio 81

4.6.0.1 L'Edificio 81 si trova sul lato ovest rispetto alla struttura di contenimento del reattore ESSOR (Edificio 80) ed include:

- piscina combustibile esausto;
- laboratorio ADECO;
- laboratorio PERLA;
- camere adibite ai sistemi di ventilazione della struttura di contenimento, della piscina, di ADECO e PERLA;
- camere utilizzate per i sistemi ausiliari di INE;
- camere adibite alle varie attività sperimentali, tra cui il laboratorio di fisica attualmente operativo;
- aree Uffici.

4.6.0.2 A livello del suolo l'Edificio 81 si sviluppa in pianta per circa 52 m x 29 m. Verticalmente, esso si estende su diversi piani posti tra - 8,00 m e +14,00 m di elevazione.

4.6.0.3 La struttura portante dell'edificio è realizzata in travi di cemento armato e colonne, mentre la superficie esterna è in mattoni, e il tetto in travi e lastre composite.

4.6.0.4 In linea generale, si procederà top-to down, ovvero dai livelli a quote maggiori sino a quota -1 m dal piano campagna dando precedenza alle parti in elevazione e poi – per le parti interrato – dai livelli a quote maggiori via via fino a quota -1 m dal piano campagna, avendo cura che i detriti man mano accumulati ai vari solai intermedi non generino sovraccarichi.

4.6.0.5 Si ipotizza un fronte di avanzamento dei lavori di demolizione in direzione sud-nord verso nord, ossia procedendo prima alla demolizione dei laboratori ADECO e PERLA e degli uffici e, successivamente, passando alla demolizione delle strutture civili delle vasche della piscina.

## 4.7 Demolizione degli altri edifici civili

4.7.0.1 Per la demolizione degli altri edifici civili oggetto di intervento, si procederà mediante l'utilizzo di escavatori di adeguata taglia, dotati di braccio avente lunghezza idonea in funzione dell'altezza delle strutture in elevazione e degli ingombri volumetrici.

4.7.0.2 I bracci operativi saranno dotati di pinza per l'intervento su strutture latero-cementizie ed in cemento armato e di cesoia per le strutture in carpenteria metallica: combinando questi utensili, installabili sul medesimo mezzo operativo, è possibile ottimizzare la sequenza operativa di demolizione.

4.7.0.3 Per la demolizione delle solette di fondazione ubicate entro la profondità di 1 metro da p.c., si utilizzeranno appositi martelli demolitori montati su escavatori di idonee dimensioni.

## 5 STUDIO DEI FENOMENI VIBRATORI INDOTTI ATTESI IN FASE DI DEMOLIZIONE DEL COMPLESSO INE

5.0.0.1 Le attività di demolizioni delle strutture del Complesso INE seguiranno le fasi riportate nella seguente tabella.

**Tabella 5-1. Sequenza generale delle attività per le demolizioni convenzionale del complesso INE**

<b>Demolizioni(Convenzionale)</b>	ATTIVITÀ' 9
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fase 1: Allestimento cantiere e attività preliminari;</li> <li>• Fase 2: Demolizioni ETHEL, torri raffreddamento ed edifici ausiliari, Sala Diesel ed adiacente struttura ausiliaria;</li> <li>• Fase 3: Demolizioni ATFI, Sala Comando e stazione di stoccaggio intermedia rifiuti radioattivi;</li> <li>• Fase 4: Demolizioni edifici ausiliari del laboratorio PUNITA (non è considerata la demolizione del laboratorio PUNITA e dell'attiguo locale tecnico);</li> <li>• Fase 5: Demolizione camino;</li> <li>• Fase 6: Demolizioni Laboratorio ADECO, Laboratorio PERLA e piscina;</li> <li>• Fase 7: Demolizioni Reattore ESSOR;</li> <li>• Fase 8: Demolizioni Uffici, Magazzino e Officina;</li> <li>• Fase 9: Demolizioni piazzali e strade;</li> <li>• Fase 10: Attività di ripristino e smobilitazione.</li> </ul>

5.0.0.2 Per le demolizioni delle strutture del Complesso INE è previsto l'utilizzo delle attrezzature riportate nella seguente tabella.

**Tabella 5-2. Stima Utilizzo Mezzi Di Cantiere**

TIPOLOGIA MEZZI/ATTREZZATURE	NUMERO	GIORNI DI UTILIZZO	FASI DI UTILIZZO	NOTE
<u>Escavatori idraulici</u>	2	491	1+2+3+4+5+6+7+8+9+10	
con relative attrezzature				
pinze frantumatrici	1	271	2+3+4+5+6+7+8	
cesoie idrauliche	1	271	2+3+4+5+6+7+8	
martelli demolitori	2	44	9	
benna	2	176	1+10	
<u>Impianti mobili trattamento inerti (frantoi)</u>	2	484	2+3+4+5+6+7+8+9	
<u>Attrezzature abbattimento polveri</u>				
Fog cannon	2	440	2+3+4+5+6+7+8	Elettrico
Sistemi dust buster con autocisterna	1	440	2+3+4+5+6+7+8	Elettrico
<u>Eventuali attrezzature speciali</u>				
attrezzature per idrotaglio	1	44	7	Elettrico

TIPOLOGIA MEZZI/ATTREZZATURE	NUMERO	GIORNI DI UTILIZZO	FASI DI UTILIZZO	NOTE
miniescavatori a ragno	1	22	5	Elettrico
FLY demolition systems	1	22	5	Elettrico
Seghe a disco diamantato	1	73	6+7	Elettrico
Spaccaroccia meccanici	1	44	7	Elettrico
Gru a torre	1	132	7	Elettrico
Autogrù	1	132	5+6	
Gru semoventi	1	209	3+4+7	
<u>Autocarro (5 viaggi/giorno, lunghezza media viaggio 500 m + 500m di ritorno)</u>	1	440	2+3+4+5+6+7+8	
<u>Autocarro (16 viaggi/giorno, lunghezza media viaggio 500 m + 500m di ritorno)</u>	2	132	10	
<u>Autocisterna per sistemi dust buster (5 viaggi/giorno, media viaggio 500 m + 500m di ritorno)</u>	1	440	2+3+4+5+6+7+8	
<u>Bilico per il trasporto dei rifiuti dal sito verso l'esterno (10 viaggi/giorno, lunghezza media viaggio interno al sito 1 km)</u>	1	138	2+3+4+5+6+7+8+9	
<u>Bilico per approvvigionamento dei materiali per il ripristino del sito da esterno (16 viaggi/giorno, lunghezza media viaggio interno al sito 1 km)</u>	1	132	10	

- 5.0.0.3 Per calcolare le emissioni di vibrazioni attese come generate dalle macchine previste nel cantiere, si è fatto riferimento qui riferimento a dati disponibili in bibliografia.
- 5.0.0.4 Specificatamente tali dati sono stati reperiti da California Department of Transportation "Transportation and Construction Vibration Guidance Manual" (settembre 2013), che una guida pratica agli ingegneri, progettisti e consulenti del dipartimento dei trasporti della California che devono affrontare i problemi di vibrazione associati alla costruzione.
- 5.0.0.5 Per valutare la possibilità che le vibrazioni infastidiscano le persone e provochino danni alle strutture, nel manuale viene descritto un metodo semplice per prevedere la velocità di vibrazione da attrezzature per l'edilizia, in termini di PPV (peak particle velocity), per una varietà di fonti di vibrazione e tipi di terreno.
- 5.0.0.6 Le informazioni circa i battipalo sono tratte da letteratura (Martin 1980; Wood and Theissen 1982; Wiss 1967, 1974, 1981; Dowding 1996; Federal Transit Administration 1995; Woods 1997; Schexnayder and Ernzen 1999) e informazioni fornite dai produttori (Preston 2002; Morris 1991, 1996, 1997). In particolare il PPV da battipalo a impatto può essere stimato dalla seguente equazione:

$$PPV_{Impact\ Pile\ Driver} = PPV_{Ref} (25/D)^n \times (E_{equip}/E_{Ref})^{0.5}$$

5.0.0.7 Dove:

PPVRef = 0.65 in/sec per battipalo di riferimento a 25 ft.

D = distanza del battipalo dal ricevitore in ft.

n = un valore relativo al tasso di attenuazione delle vibrazioni attraverso il terreno (**Tabella 5-3**)

ERef = 36,000 ft-lb (energia nominale del battipalo di riferimento)

Eequip = energia nominale del battipalo in ft-lbs.

**Tabella 5-3. Valori "n" misurati e suggeriti in base alla classe del suolo**

<b>Soil Class</b>	<b>Description of Soil Material</b>	<b>Value of "n" measured by Woods and Jedele</b>	<b>Suggested Value of "n"</b>
<i>I</i>	<i>Weak or soft soils: loose soils, dry or partially saturated peat and muck, mud, loose beach sand, and dune sand, recently plowed ground, soft spongy forest or jungle floor, organic soils, top soil. (shovel penetrates easily)</i>	<i>Data not available</i>	1,4
<i>II</i>	<i>Competent soils: most sands, sandy clays, silty clays, gravel, silts, weathered rock. (can dig with shovel)</i>	1,5	1,3
<i>III</i>	<i>Hard soils: dense compacted sand, dry consolidated clay, consolidated glacial till, some exposed rock. (cannot dig with shovel, need pick to break up)</i>	1,5	1,1
<i>IV</i>	<i>Hard, competent rock: bedrock, freshly exposed hard rock. (difficult to break with hammer)</i>	<i>Data not available</i>	1,0

5.0.0.8 In assenza di informazioni sulle ampiezze di vibrazione misurate dai demolitori idraulici il manuale, date le similitudini con i battipali, ragionevolmente utilizza l'approccio presentato precedentemente, utilizzando la formula:

$$PPV_{Impact\ Pile\ Driver} = PPV_{Ref} (25/D)^n \times (E_{equip}/E_{Ref})^{0.5}$$

5.0.0.9 Dove:

PPVRef = 0.24 in/sec per demolitore idraulico di riferimento a 25 ft.

D = distanza del demolitore idraulico dal ricevitore in ft.

n = un valore relativo al tasso di attenuazione delle vibrazioni attraverso il terreno (**Tabella 5-3**)

ERef = 5,000 ft-lb (energia nominale del demolitore idraulico di riferimento)

Eequip = energia nominale del demolitore idraulico in ft-lbs.

5.0.0.10 La letteratura disponibile indica informazioni limitate sui livelli della sorgente di vibrazione delle attrezzature edili generali.

5.0.0.11 L'elenco più completo delle ampiezze delle sorgenti di vibrazione è fornito nel documento "Transit Noise and Vibration Impact Assessment" (Federal Transit Administration 2006), in **Tabella 5-4** si riassumono per vari tipi di macchine edili le vibrazioni della sorgente a 25 ft.

**Tabella 5-4. PPV per attrezzature da costruzione**

Equipment	Reference PPV at 25 ft. (in/sec)
Rulli vibranti - Vibratory roller	0,210
Bulldozer di grandi dimensioni - Large bulldozer	0,089
Camion carichi - Loaded trucks	0,076
Martello pneumatico - Jackhammer	0,035
Bulldozer di dimensioni ridotte - Small bulldozer	0,003

Sources: Federal Transit Administration 1995 (except Hanson 2001 for vibratory rollers).

5.0.0.12 Utilizzando questi livelli di sorgente, è possibile stimare le vibrazioni per le attrezzature da costruzione di **Tabella 5-4** dalla seguente formula:

$$PPV_{Equipment} = PPV_{Ref} (25/D)^n \quad (in/sec)$$

5.0.0.13 Dove:

PPV<sub>Ref</sub> = PPV di riferimento a 25 ft.

D = distanza delle attrezzature dal ricevitore in ft.

n = un valore relativo al tasso di attenuazione delle vibrazioni attraverso il terreno (Tabella 5-3)

5.0.0.14 Utilizzando le formule sopra riportate è possibile calcolare i seguenti PPV a una distanza di 600 m (distanza minima a cui sono posti i primi ricettori).

**Tabella 5-5 PPV per attrezzature da costruzione calcolati a 600 m**

	D ref	PPV Ref	E ref	E equip	n	D	PPV Equipment
	ft	in/sec	ft-lb	ft-lb	Weak or soft soils	m	mm/sec
Demolitori idraulici - Hydraulic Breakers	25	0,24	5000	15000*	1,4	600	0,041
Rulli vibranti - Vibratory roller	25	0,21			1,4	600	0,012
Bulldozer di grandi dimensioni - Large bulldozer	25	0,09			1,4	600	0,005
Camion carichi - Loaded trucks	25	0,08			1,4	600	0,004
Martello pneumatico - Jackhammer	25	0,04			1,4	600	0,002
Bulldozer di dimensioni ridotte - Small bulldozer	25	0,00			1,4	600	0,0002

\*Equip considerato più conservativo

5.0.0.15 Di seguito si riporta il confronto con i limiti definiti da BS 5228 - part 4 riportati in **Tabella 5-6** per gli edifici residenziali.

**Tabella 5-6 confronto con i limiti di riferimento**

	PPV Equipment	PPV di riferimento mm/sec		
	mm/sec	Da 1 Hz fino a 10 Hz	Da 10 Hz fino a 50 Hz	Da 50 Hz fino a 100 Hz
Demolitori idraulici - Hydraulic Breakers	0,041	5	10	20
Rulli vibranti - Vibratory roller	0,012	5	10	20
Bulldozer di grandi dimensioni - Large bulldozer	0,005	5	10	20
Camion carichi - Loaded trucks	0,004	5	10	20
Martello pneumatico - Jackhammer	0,002	5	10	20
Bulldozer di dimensioni ridotte - Small bulldozer	0,0002	5	10	20

## 5.1 Esiti dello studio

- 5.1.0.1 Lo studio realizzato ha permesso di calcolare le vibrazioni attese dai ricettori posti ad una distanza minimo di 600 m dalle fonti di origine delle vibrazioni.
- 5.1.0.2 I calcoli effettuati sulla base di dati di letteratura mostrano valori di PPV a 600 m inferiori ai limiti di riferimento, pertanto le vibrazioni generate dalle attività di demolizione convenzionale non generano criticità né per le persone né per gli edifici.

## 6 PIANO DI MONITORAGGIO

6.0.0.1 Come richiesto dal MITE nella nota prot. 74448/MATTM del 09 luglio 2021, punto 7 criticità 2, nel seguente capitolo si riporta la proposta di monitoraggio per la componente Vibrazioni.

6.0.0.2 Le modalità di monitoraggio saranno sostanzialmente le stesse nelle differenti fasi (ante operam / ante esercizio, costruzione ed esercizio) e saranno costituite da sopralluoghi e da misure dei livelli vibrazionali su recettori identificati nella **Figura 6-4**.

### 6.1 Strumentazione necessaria

6.1.0.1 La strumentazione necessaria per realizzare le misure sono:

- accelerometri triassiali;
- un sistema di acquisizione dati multicanale;
- software di elaborazione delle tracce temporali acquisite in grado di operare gli opportuni filtraggi spettrali e, se necessario, l'integrazione nel tempo.

6.1.0.2 Il sensore è costituito da una terna accelerometrica, quindi in sostanza tre sensori monoassiali disposti secondo un opportuno riferimento cartesiano. È possibile impiegare sia un singolo accelerometro triassiale, che tre accelerometri monoassiali fissati ad un supporto cubico, come mostrato nella seguente figura.



**Figura 6-1. Esempi di accelerometri (a sinistra accelerometro triassiale, a destra tre accelerometri triassiali)**

6.1.0.3 L'uso di tre accelerometri ad alta sensibilità è solitamente raccomandato per misure in ambiente abitativo, in cui i livelli da misurare sono bassi, e vengono captati con difficoltà dagli accelerometri triassiali. Questi ultimi sono invece largamente impiegati in ambito industriale e per la misurazione delle vibrazioni mano-braccio sulla impugnatura degli utensili, causa la loro minor sensibilità.

6.1.0.4 In alcuni casi vengono anche usati misuratori di velocità, anziché di accelerazione, denominati comunemente "geofoni".



**Figura 6-2. Esempio di geofono triassiale**

6.1.0.5 I segnali provenienti dai tre canali del sensore debbono in ogni caso essere digitalizzati. A questo scopo si possono impiegare registratori DAT multicanale, schede di acquisizione dati collegate ad un PC, oppure veri e propri analizzatori portatili.



**Figura 6-3. Strumenti per digitalizzazione segnale**

## 6.2 Metodologie di rilevamento e campionamento

- 6.2.0.1 Preventivamente alle misurazioni verrà effettuato un sopralluogo nel corso del quale verranno caratterizzate le postazioni di misura definendone tutti i dati anagrafici per la sua identificazione univoca.
- 6.2.0.2 Particolare attenzione è dedicata al rilevamento delle caratteristiche strutturali degli edifici che possono trasmettere, amplificare o attenuare il fenomeno vibratorio.
- 6.2.0.3 Per poter descrivere in maniera adeguata e valutare correttamente gli effetti delle vibrazioni si opera una classificazione degli edifici sulla base degli elementi descritti nelle ISO 9916:2014, che concorrono a determinare la reazione di una struttura sottoposta agli effetti delle vibrazioni meccaniche (es. categoria struttura e fondazioni).
- 6.2.0.4 Il fissaggio dei trasduttori agli elementi strutturali degli edifici sarà conforme alle indicazioni del costruttore o alla norma ISO 5348:2021 per gli accelerometri. Le modalità adottate saranno indicate nel rapporto di prova.
- 6.2.0.5 Nei limiti del possibile dovranno essere evitati elementi di supporto del trasduttore; in ogni caso l'elemento di supporto deve potersi considerare rigido nel campo di frequenze di interesse. Esso può essere fissato all'elemento strutturale per mezzo di viti o resine incollanti ad essiccazione rapida. Il fissaggio diretto del captatore è sempre preferibile. Sono ammessi il collegamento meccanico con viti, l'incollaggio ed il fissaggio magnetico; in ogni caso il

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 00	Studio di Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE – Stima previsionale dell'impatto delle vibrazioni	38 of 41
---	---------	--	----------

metodo adottato non deve causare alterazioni della grandezza da misurare nel campo di frequenza di interesse.

- 6.2.0.6 Per valutare la risposta globale della struttura i trasduttori non devono essere fissati vicino o in corrispondenza di punti singolari, ossia di zone della struttura ove variazioni di rigidità locali, discontinuità accentuate od altro possono influire in modo significativo sulla risposta misurata.
- 6.2.0.7 Le misure di vibrazione ed i dati rilevati sono memorizzati su supporto informatico e successivamente inserite in un database, analizzate ed elaborate. Relativamente ad ogni fase di monitoraggio, in corrispondenza di ciascuna sezione o postazione di misura sono quindi compilate le schede di monitoraggio.
- 6.2.0.8 I sensori di misura sono trasduttori atti a misurare grandezze fisiche (siano esse cinematiche, meccaniche o di altro tipo) sia in campo statico sia in campo dinamico. Generalmente il trasduttore è collegato ad un circuito elettronico di condizionamento in grado di fornire un segnale elettrico legato alla grandezza da misurare; il segnale può essere acquisito e registrato per le necessarie elaborazioni.
- 6.2.0.9 La catena complessiva di misura (trasduttori, apparecchi per il condizionamento del segnale ed il sistema di registrazione dati) deve essere calibrata in accordo con le specifiche del costruttore od alla norma ISO 5347:1993.

### 6.3 Parametri da monitorare

- 6.3.0.1 Come indicatore ambientale per la componente vibrazioni si valuta la velocità di vibrazione misurata in mm/s negli edifici. I parametri sono quindi le componenti della velocità delle vibrazioni  $v_x$ ,  $v_y$  e  $v_z$ , analizzate ed interpretate secondo le norme della UNI 9916:2014.
- 6.3.0.2 Dalla velocità misurata può essere determinato il valore di riferimento  $a_w$  (accelerazione ponderata) secondo UNI 9614:2017 ed il livello acustico secondario  $LA,max$  per la valutazione e il monitoraggio del benessere della popolazione residente nelle vicinanze del cantiere.
- 6.3.0.3 Per ogni campagna di misura o rilievo saranno elaborati documenti contenenti i seguenti parametri ed informazioni:
- data di inizio e durata di esecuzione dell'indagine;
  - ricettori oggetto dell'indagine;
  - strumentazione di misura utilizzata;
  - modalità di fissaggio dei trasduttori;
  - direzione assi di sensibilità degli strumenti di misura rispetto alle coordinate di riferimento;
  - tipo di acquisizione (manuale o automatica);
  - frequenza di campionamento;
  - durata singola acquisizione;
  - numero acquisizioni per le differenti fasce orarie e differenti condizioni di disturbo esterno.
- 6.3.0.4 Rapporto tecnico delle misure contenente:
- localizzazione, descrizione e valutazione delle sorgenti di disturbo;
  - descrizione delle caratteristiche ambientali influenti sui processi di propagazione delle vibrazioni;

- descrizione e classificazione dei ricettori ai sensi della UNI 9916;
- descrizione dei punti, delle modalità e delle condizioni di misura;
- descrizione delle modalità di acquisizione e di elaborazione dei dati per la valutazione delle grandezze di riferimento (indicatori).

6.3.0.5 L'elaborazione dei dati rilevati è svolta per mezzo di opportuni programmi informatici per l'analisi di segnali in campo dinamico ed è finalizzata a restituire gli elaborati necessari a documentare in modo esaustivo le rilevazioni effettuate riassumendo per mezzo di indicatori di sintesi i principali risultati conseguiti in campo vibrazionale. I programmi consentiranno il trattamento dei dati sia nel dominio del tempo che nel dominio delle frequenze operando confronti con dati pregressi sia di previsione che di monitoraggio.

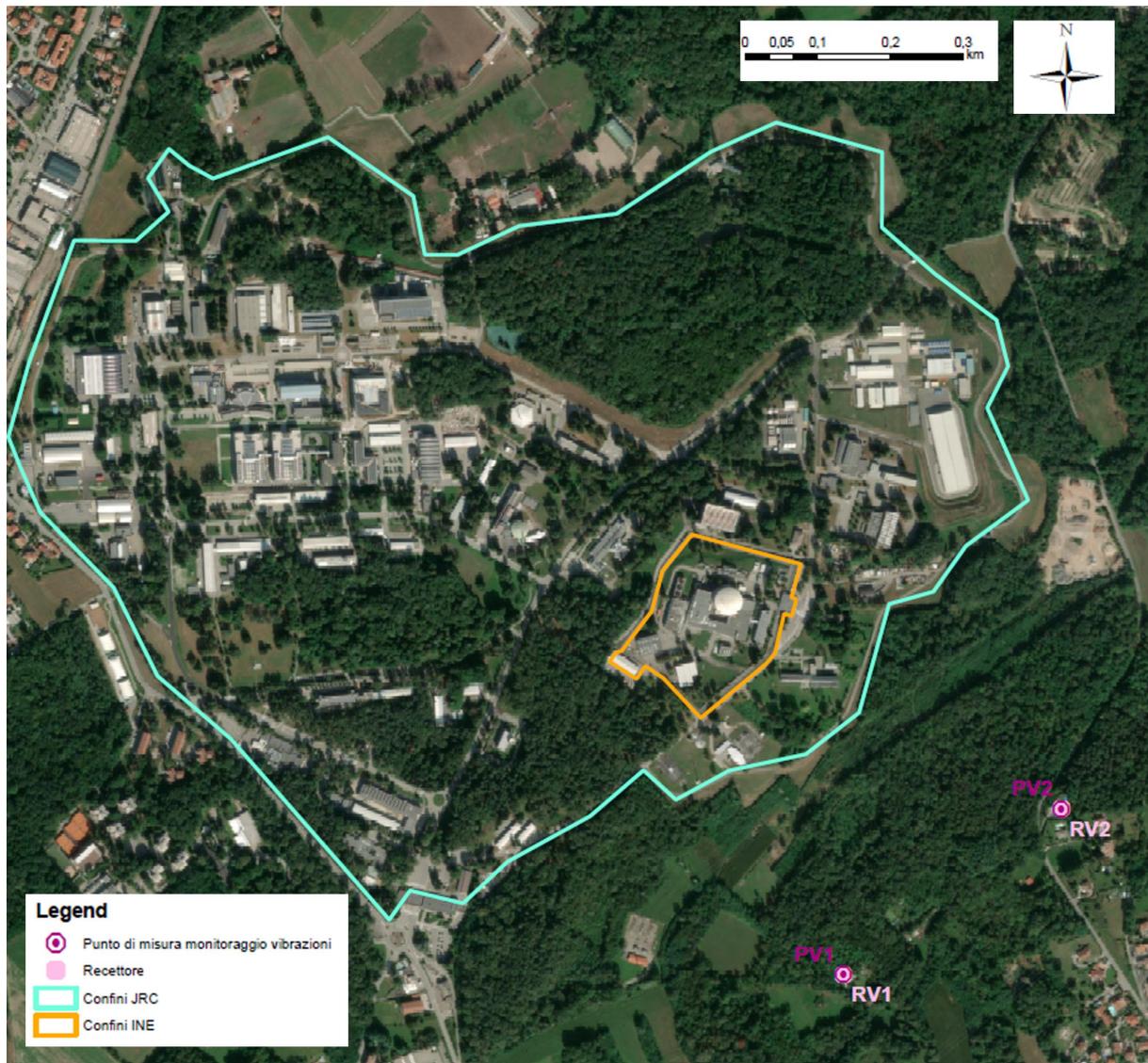
## 6.4 Punti di campionamento

6.4.0.1 I recettori scelti per il monitoraggio delle vibrazioni corrispondono ai recettori esterni identificati al par. 3.2.

6.4.0.2 Tali recettori sono stati identificati anche tra i recettori valutati nella valutazione acustica.

**Tabella 6-1. Punti di monitoraggio per la componente vibrazioni**

Punto di monitoraggio	Destinazione d'uso	Comune di appartenenza	Distanza in linea d'aria dall'impianto (baricentro area) [m]
PV1	Residenziale esistente Abitazione isolata lato Sud (RV1)	Cadrezzate (VA)	610
PV2	Residenziale esistente Abitazione isolata lato Sudest (RV2)	Cadrezzate (VA)	630



**Figura 6-4. Recettori e punti di monitoraggio della componente vibrazioni.**

## 6.5 Monitoraggio ante operam

- 6.5.0.1 Prima dell'esecuzione del progetto, è prevista per ciascun recettore una misura da effettuarsi in una sessione delle 7:00 alle 22:00 (periodo diurno), allo scopo di individuare eventuali vibrazioni esistenti nel periodo diurno durante il quale potrebbero essere effettuati i lavori di demolizione.
- 6.5.0.2 L'acquisizione dei dati in continuo prevede l'esecuzione di registrazioni ad intervalli di tempo regolari con cadenza ogni 30 minuti, oltre alla contemporanea registrazione in automatico al superamento di determinati valori di soglia.

## 6.6 Monitoraggio in corso d'opera

- 6.6.0.1 La determinazione dei livelli di vibrazione in fase di cantiere e di esercizio verrà effettuata mediante una serie di rilievi o monitoraggi intesi come misure prolungate nel tempo con acquisizione automatica dei livelli vibrazionali ad intervalli di tempo regolari ed al superamento

NE.40.1225.A.004 ND.40.0401013.A.003	Rev. 00	Studio di Impatto Ambientale: Disattivazione Complesso INE – Stima previsionale dell'impatto delle vibrazioni	41 of 41
---	---------	--	----------

di determinati valori di soglia in un numero di punti di misura relativi ai ricettori individuati/selezionati internamente alle aree di monitoraggio selezionate.

- 6.6.0.2 È bene precisare che il posizionamento dei punti, in questa fase di redazione del piano, è basato sulle conoscenze del territorio allo stato attuale e che non è da escludersi che i risultati delle analisi e delle misure condotte, già in ante operam, potranno portare a una ridefinizione della localizzazione o delle tempistiche di monitoraggio.
- 6.6.0.3 L'articolazione temporale e la frequenza dei rilievi sono pertanto connesse al programma di dettaglio delle attività di cantiere.
- 6.6.0.4 In linea di massima si prevede l'esecuzione di almeno due campagne di rilievi nel corso di ogni annualità.
- 6.6.0.5 La durata temporale prevista dell'acquisizione dati in continuo (intesa come esecuzione di registrazioni ad intervalli di tempo regolari con cadenza di 30 minuti (n. 2 rilievi per ogni ora) oltre alla contemporanea registrazione in automatico del superamento di determinati valori di soglia), è dell'ordine di una giornata lavorativa al fine di cogliere per le diverse lavorazioni gli effetti di eventuali differenti modalità procedurali di impiego delle macchine operatrici che potrebbero condizionare i risultati delle misure.
- 6.6.0.6 L'acquisizione dei dati in continuo potrà determinare l'eventuale presenza di vibrazioni di tipo impulsivo generate dall'attività di cantiere per la cui valutazione si potrà fare riferimento alla norma UNI 9614:2017.

## **APPENDICE 1 – SCHEDE RECETTORI**

Qui di seguito sono riportate le schede dei recettori considerati per la valutazione dell'impatto per la componente vibrazioni, che verranno considerati nella fase di monitoraggio.

In dettaglio in fase di indagine sono stati identificati n. 2 recettori , collocati all'esterno del sito JRC-Ispra (Direzione Sud ed Est), corrispondenti ai più vicini edifici abitativi, tutti siti nel Comune di Cadrezzate.. Allo stato di fatto si tratta di edifici bassi a non più di due piani.

Si rimanda alla **Tabella 6-1** per l'identificazione dei recettori (RVx), che corrispondono anche ai punti di monitoraggio (PVx) e alla **Figura 6-4** per la loro ubicazione.

## Recettore V1 – Punto di monitoraggio PV1



### Caratteristiche del recettore

Indirizzo: Via alle Motte 496 – Cadrezzate (VA)

Coordinate (wgs84/utm32):

X	Y
471913,0939	5072209,677

Tipologia: Residenziale esistente – abitazione isolata

Numero di piani: 2 piani

Ubicazione: esterno al JRC-Ispra, lato Sud di INE

Distanza in linea d'aria dall'impianto (baricentro area): 610 m

## Recettore V2 – Punto di monitoraggio PV2



### Caratteristiche del recettore

Indirizzo: Via Brebbia 658 – Cadrezzate (VA)

Coordinate (wgs84/utm32):

X	Y
471913,0939	5072209,677

Tipologia: Residenziale esistente – abitazione isolata

Numero di piani: 2 piani

Ubicazione: esterno al JRC-Ispra, lato Sudest di INE

Distanza in linea d'aria dall'impianto (baricentro area): 630 m