

ITINERARIO CAIANELLO (A1) - BENEVENTO
ADEGUAMENTO A 4 CORSIE DELLA S.S. 372 "TELESINA"
DAL KM 0+000 AL KM 60+900
LOTTO 2: DAL KM 0+000 (SVINCOLO CAIANELLO (A1))
AL KM 37+000 (SVINCOLO DI S.SALVATORE TELESINO)

PROGETTO DEFINITIVO

COD. NA280

PROGETTAZIONE: A.T.I.: S.T.E. - ROCKSOIL - EDIN - KARRER

<p>RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE <i>Ing. Francesco M. La Camera</i></p> <hr/> <p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE <i>Ing. Francesco M. La Camera</i></p> <hr/> <p>IL GEOLOGO <i>Dott. Geol. Fiorenza Pennino</i></p> <hr/> <p>L'ARCHEOLOGA: <i>Dott.ssa Grazia Savino</i> <i>Elenco MIBACT n.3856 – archeologa di 1ª fascia ai sensi del D.M. 244/2019</i></p> <hr/> <p>IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO <i>Ing. Pompeo Vallario</i></p>	<p>GRUPPO DI PROGETTAZIONE</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">  S.T.E. s.r.l. Structure and Transport Engineering </div> <div style="text-align: right;"> Direttore Tecnico Ing. E. Moroni </div> </div> <hr/> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">  ROCKSOIL S.p.A </div> <div style="text-align: right;"> Direttore Tecnico Ing. G. Cassani </div> </div> <hr/> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">  E.D.IN. s.r.l. Società di Ingegneria </div> <div style="text-align: right;"> Direttore Tecnico Ing. G. Grimaldi </div> </div> <hr/> <p align="center">Prof. Arch. F. KARRER</p> <p align="right">Ordine Arch. Roma N. 12097</p>
---	---

STUDI ACUSTICO
Studio vibrazionale - Relazione

CODICE PROGETTO	NOME FILE	REVISIONE	SCALA
PROGETTO L0710F D 2101	T00_IA03_AMB_RE02_A CODICE ELAB. T00IA03AMBRE02	A	-
D			
C			
B			
A	EMISSIONE PER VERIFICA DI OTTEMPERANZA	<i>Feb.2022</i>	<i>PC</i>
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO VERIFICATO APPROVATO

INDICE

1	PREMESSA	3
2	IL QUADRO NORMATIVO	4
3	CONSIDERAZIONI COMPLESSIVE ED INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA DI STUDIO.....	10
4	STRUTTURA LOGICA DEL MODELLO DI ANALISI ADOTTATO.....	16
4.1	IDENTIFICAZIONE DEI POTENZIALI BERSAGLI.....	17
5	ANALISI DEI POTENZIALI EFFETTI NEGATIVI	20
6	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	22

1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto l'analisi dell'impatto della componente "vibrazioni" per la realizzazione dei lavori di adeguamento a 4 corsie della S.S. n. 372 "Telesina", con una progressiva di progetto dal Km 0+000 al Km 37+000, da Caianello allo Svincolo di San Salvatore Telesino.

Nel seguito saranno esaminate la normativa di settore, l'area di studio, il modello di analisi adottato, i potenziali effetti della componente in studio sui recettori potenzialmente impattati.

2 IL QUADRO NORMATIVO

Dal punto di vista normativo non è presente in Italia una legislazione vigente specifica per le vibrazioni, in quanto l'ordinamento giuridico non prevede norme specifiche che fissano gli stati limite di assunzione di onde vibrazionali da parte dell'uomo e degli edifici; nei casi di potenziale disturbo della proprietà, delle occupazioni a qualsiasi uso adibite ed alle persone, ci si deve riferire all'art. 844 del codice Civile ed art. 659 del Codice Penale riguardanti le immissioni; questi fissano il concetto di "superamento della normale tollerabilità" come discriminante dell'esistenza del disturbo ma non fissano limiti precisi da rispettare.

Escludendo il D.Lgs. n.187 del 19 agosto 2005 riguardante l'esposizione alle vibrazioni durante il lavoro, poi recepito nel testo unico 81/08, le uniche norme di carattere specifico a cui far riferimento sono pertanto le norme tecniche ISO ed UNI (Ente Italiano di Normazione) ovvero DIN, che riguardano la strumentazione di misura, la metodologia di indagine, nonché i valori limite scaturiti da prove tecniche e i criteri di valutazione dei livelli vibrazionali a partire dagli effetti provocati da queste sulle strutture edilizie.

Di seguito è riportato un breve elenco dei principali riferimenti normativi comunitari e nazionali, con sintesi dei rispettivi contenuti.

Normativa comunitaria

Direttiva Parlamento europeo e Consiglio Ue n. 2002/44/Ce :

- Esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti da vibrazioni - Testo consolidato

DIN 4150-1: Rilevamento preliminare delle grandezze caratteristiche delle oscillazioni

DIN 4150-2: Effetti sull'uomo negli edifici

DIN 4150-3: Effetti sui manufatti

ISO 4866: Vibrazioni meccaniche ed impulsi - Vibrazioni degli edifici - Guida per la misura delle vibrazioni e valutazione dei loro effetti sugli edifici;

Normativa nazionale

UNI 9614: Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo;

UNI 9916: Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici;

UNI 9513: vibrazioni ed urti – vocabolario

DM 9/1/1996 “Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”

Viene riportato in Fig. 1 lo schema previsto dalla norma Din Standard 4150 tedesca in riferimento alla percezione psicologica dell’uomo relativamente alle vibrazioni strutturali.

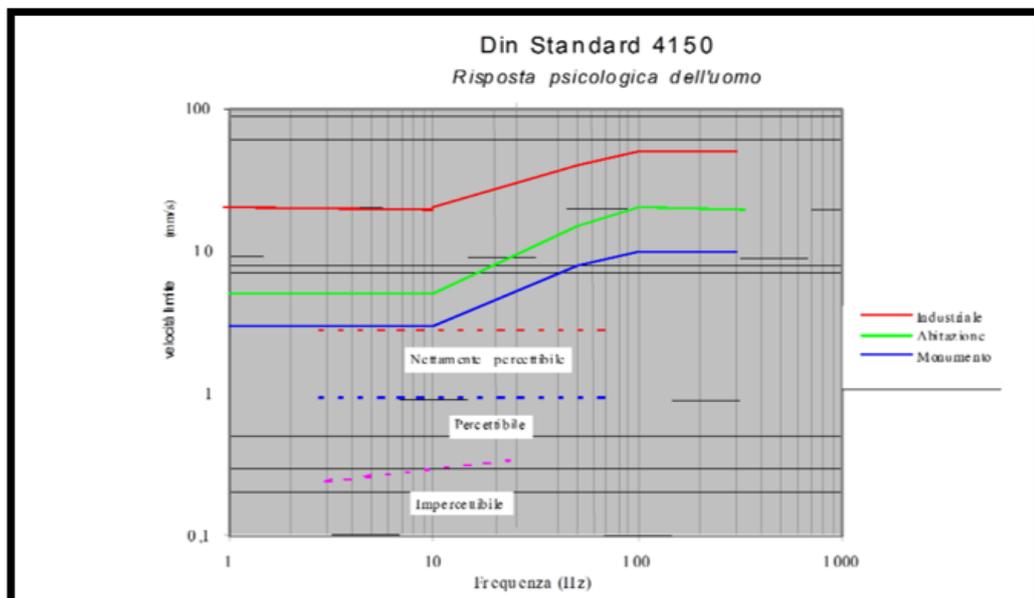


Fig. 1. Reazioni dell'uomo alle vibrazioni in funzione della frequenza

In Tabella 1 sono riportate le definizioni delle 4 classi in relazione alla velocità della particella.

Classe di livello	Velocità (cm / s)	Sensibilità psicologica (reazione statistica nell'uomo)
1	>0.30	Fastidiosa
2	>0.10	Nettamente percettibile
3	>0.03	Percettibile
4	<0.03	Impercettibile

Tabella 1 – definizione delle classi di impatto ambientale (DIN 4150)

Per quanto concerne le “accelerazioni critiche”, si può considerare quanto indicato nella UNI 9614 che propone i seguenti valori di soglia delle **accelerazioni complessive ponderate in frequenza** a cui fare riferimento.

Vengono considerate le seguenti tabelle riportate separatamente per asse Z e assi X e Y.

Destinazione d'uso	Accelerazione	
	m/s ²	dB
Aree critiche	5,0 10 ³	74
Abitazioni notte	7,0 10 ³	77
Abitazioni giorno	10,0 10 ³	80
Uffici	20,0 10 ³	86
Fabbriche	40,0 10 ³	92

Tabella 2 – Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza validi per l'asse Z (UNI 9614)

Destinazione d'uso	Accelerazione	
	m/s ²	dB
Aree critiche	3,6 10 ³	71
Abitazioni notte	5,0 10 ³	74
Abitazioni giorno	7,0 10 ³	77
Uffici	14,4 10 ³	83
Fabbriche	28,8 10 ³	89

*Tabella 3 - Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza
validi per assi X e Y (UNI 9614)*

Tali valori sono riferiti a vibrazioni di livello costante con periodi di riferimento diurni compresi tra le 7:00 e le 22:00 e notturni tra le 22:00 e le 7:00. La UNI 9614 definisce una **vibrazione di livello costante** quando il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza, rilevato mediante costante di tempo "slow" (variabilità di 1 s), varia nel tempo in un intervallo di ampiezza inferiore a 5 dB.

Nel caso di **vibrazioni di livello non costante** (quando il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza, rilevato mediante costante di tempo "slow", varia nel tempo in un intervallo di ampiezza maggiore a 5 dB), il parametro fisico da misurare è l'accelerazione equivalente a_{w-eq} o il corrispondente livello in decibel, definiti dalla legge seguente:

$$a_{eq} = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right] \text{ in m/s}^2 \text{ oppure in dB} \quad ; \quad L_{w-eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{a_w(t)}{a_0} \right)^2 dt \right]$$

dove T è la durata del rilievo in secondi.

In tale caso i valori limite si considerano ancora quelli delle tabelle 2 e 3 precedenti.

La norma UNI 9614 definisce le vibrazioni impulsive quando sono generate 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.

Per tale tipologia di vibrazioni, se il numero di eventi giornalieri N è non maggiore di 3, il valore dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza va confrontato con i limiti riportati nella seguente tabella.

Destinazione d'uso	Accelerazione			
	Asse Z		Assi X, Y	
	m/s^2	dB	m/s^2	dB
Aree critiche	$5,0 \cdot 10^3$	74	$3,6 \cdot 10^3$	71
Abitazioni notte	$7,0 \cdot 10^3$	76	$5,0 \cdot 10^3$	74
Abitazioni giorno	0,30	109	0,22	106
Uffici	0,64	116	0,46	113
Fabbriche	0,64	116	0,46	113

Tabella 4 - Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza validi per vibrazioni impulsive (UNI 9614)

Nel caso in cui il **numero di impulsi giornaliero sia maggiore di 3**, i limiti della precedente tabella, relativamente alle "Abitazioni giorno", alle "Fabbriche" e agli "Uffici" vanno ridotti in base al numero di eventi e alla loro durata.

Non sono invece previste riduzioni in Aree critiche (ricettori sensibili, ovvero ricettori ove sia indispensabile il mantenimento al minimo possibile il valore di accelerazione strutturale) e per le Abitazioni nel periodo notturno (per la salvaguardia del sonno).

I limiti si ottengono in tal caso dai precedenti (espressi in m/s^2) moltiplicandoli per un coefficiente F definito come:

-Impulsi di durata inferiore ad un secondo : $F=1,7 N^{-0,5}$

-Impulsi di durata superiore ad un secondo : $F=1,7 N^{-0,5} t^k$

con:

N = numero di impulsi

T = durata dell'evento

k = 1,22 costante per pavimenti in calcestruzzo

k = 0,32 costante per pavimenti in legno

Qualora i limiti così calcolati fossero minori dei limiti previsti per le vibrazioni di livello costante dovranno essere adottati come limiti questi ultimi valori.

Nel caso in cui le vibrazioni misurate superino i valori limite riportati nelle tabelle precedenti, **i fenomeni vibratorii possono essere considerati oggettivamente disturbanti** per le strutture e/o per un individuo presente all'interno.

Il giudizio sull'accettabilità del disturbo può dunque essere emesso considerando la frequenza e la durata delle vibrazioni disturbanti.

3 CONSIDERAZIONI COMPLESSIVE ED INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA DI STUDIO

La valutazione dell'impatto vibrazionale generato dai mezzi e dalle progettate lavorazioni, sia in fase di realizzazione che nel periodo di vita dell'opera stradale che potranno generare condizioni di criticità, deve basarsi su distinti elementi di valutazione.

Nel presente capitolo si provvederà sia alla presentazione dell'approccio operativo che alla descrizione delle considerazioni tecniche adottate sulla base del modello di valutazione utilizzato.

Nel caso di studio si identifica la necessità di valutare gli impatti vibrazionali collegati sia alla fase di realizzazione dell'opera (associati alle lavorazioni più impattanti per la componente analizzata) che alla fase di utilizzo dell'opera.

Lo studio vibrazionale, essendo di natura previsionale rispetto a scenari futuri, deve in prima istanza identificare tutti gli aspetti o elementi che possano influenzare sia la genesi che la propagazione delle onde vibrazionali che saranno generate.

Dovranno inoltre essere identificati tutti i possibili bersagli che potranno subire gli eventuali effetti delle onde generate.

Si ritiene inoltre che l'efficacia di un modello previsionale come quello adottato in questo studio debba basarsi su semplici e ben definiti elementi in base sui quali sviluppare il quadro previsionale grazie al quale progettare una adeguata rete di monitoraggio e controllo.

Tali considerazioni guidano a identificare i seguenti elementi caratteristici dell'opera in base ai quali sviluppare il modello previsionale.

- *Geologia*

- *Struttura dell'opera*
- *Tipologia di lavorazioni*
- *Tipologia di bersaglio*
- *Distanza del bersaglio dall'opera*

Contesto geologico - La geologia ricopre un ruolo di primaria importanza. Le onde generate raggiungono i potenziali bersagli viaggiando attraverso il terreno, le cui caratteristiche elastiche e meccaniche determinano in modo sostanziale la capacità di trasmissione energetica del treno di onde generato.

Formazioni litoidi o sedimentarie si caratterizzano quindi per un comportamento assai diverso determinando una differente attenuazione dell'ampiezza del treno di onde con conseguente riduzione del grado di accelerazione rilevabile in corrispondenza del bersaglio. La litologia, influenzando la propagazione delle onde, influenza quindi anche la distanza alla quale gli effetti di questo risultano non riconoscibili.

Il tracciato in esame, a partire dallo svincolo di San Salvatore Telesino, km 37+000, fino allo svincolo di Caianello, km 0+000, attraversa per ampie porzioni il fondovalle dei fiumi Volturno e Calore, costituiti da terreni recenti che mascherano la presenza di zone in faglia, ricoperte da importanti spessori di depositi alluvionali.

Nel complesso, il tracciato della S.S. 372 "Telesina" Lotto 2 è costituito dai seguenti tratti stradali:

- la prima tratta, compresa tra Caianello e Pietravairano, si trova ad est del vulcano di Roccamonfina, ed è interessata dai terreni alluvionali sabbioso-limosi (di tipo continentale) con inclusi piroclastici (di tipo vulcanico) di età Olocenica e Pleistocenica;

- la seconda tratta, compresa tra Pietravairano e San Salvatore Telesino, è caratterizzato dalla presenza dei depositi fluviali-alluvionali del Fiume Volturno (di tipo continentale) di età Olocenica.

Dal punto di vista geologico – strutturale generale di seguito si riportano le seguenti considerazioni per l'area a progetto:

- Nella catena appenninica è possibile distinguere due strutture arcuate principali: l'Arco Appenninico settentrionale e l'Arco Appenninico meridionale, caratterizzati da stili di deformazione, entità di raccorciamento e di rotazione differenti.
- I due archi si congiungono in corrispondenza della linea Ortona-Roccamonfina, che rappresenta uno svincolo trasversale con movimento trascorrente destro.
- Nell'ambito dell'Arco appenninico settentrionale è possibile distinguere due settori con stili di deformazione differente:
 - o l'Appennino centrale
 - o l'arco Appenninico meridionale.

Il tracciato in esame rientra nel secondo settore, comprende il Bacino del Volturno e la porzione sud-orientale del bacino del Liri-Garigliano, che presenta uno stile tettonico dato da un "sistema duplex", nel quale un complesso di "thrust sheets" carbonatici, derivanti dalla deformazione dell'avampaese apulo, è sepolto al di sotto di una serie di coltri di provenienza interna.

Il tracciato in studio della S.S. 372 percorre, per gran parte della sua lunghezza, il fondovalle del Fiume Volturno.

Non è stata identificata nessuna formazione litoide significativa.

Lo studio guida quindi a riconoscere un contesto geologico costituito da unità sedimentarie simili e quindi in grado di garantire lungo tutto il tracciato di studio un comportamento geomeccanico omogeneo.

Nella figura seguente viene presentato un estratto della carta geologica del CARG, in scala 1: 100.000 con l'ubicazione approssimativa del tracciato.

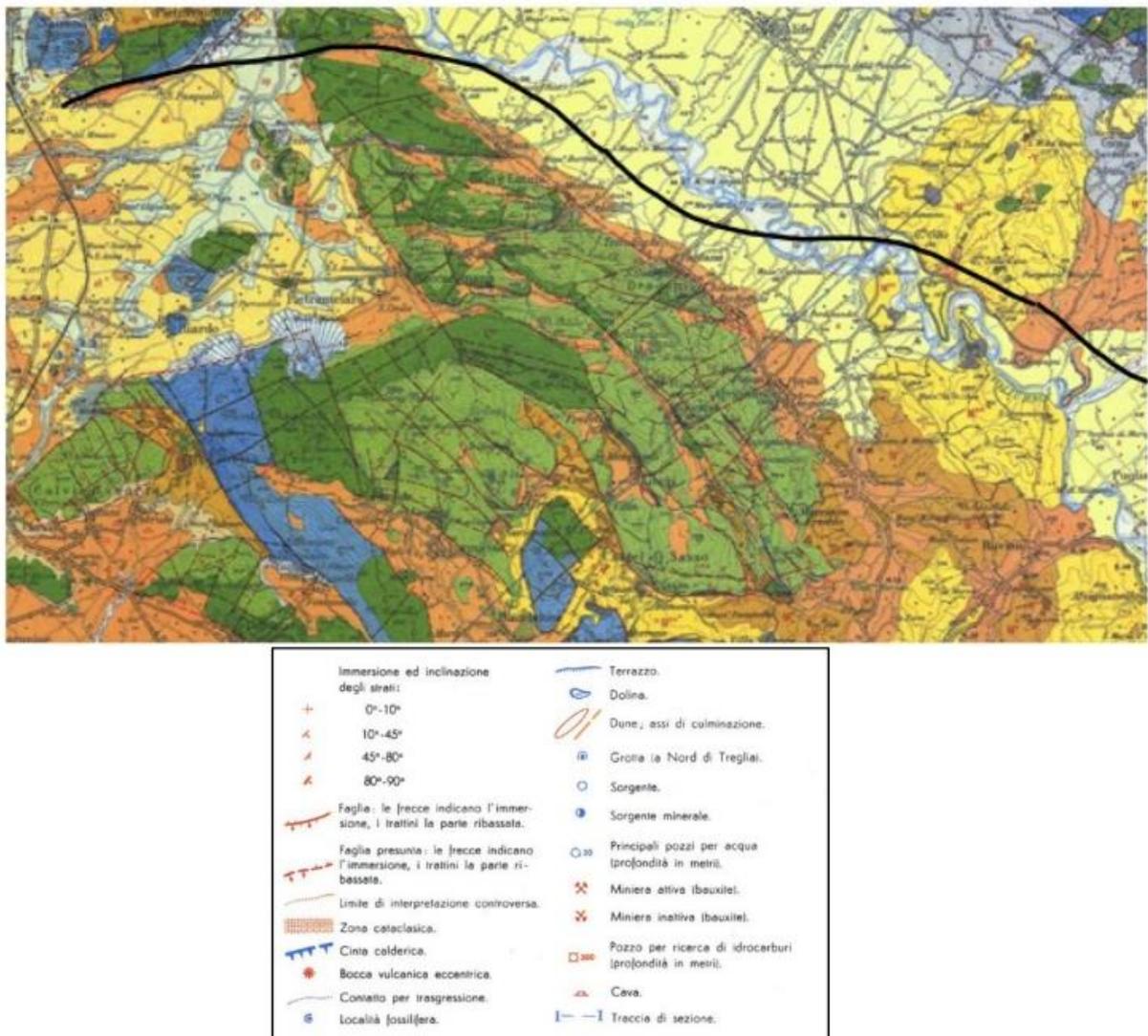


Figura 2 - Carta geologica, foglio 172 Caserta - CARG, scala 1:100000; in nero la prima parte del tracciato di progetto (indicativo)

Struttura dell'opera – La struttura dell'opera, dovuta alla differente rigidità delle

soluzioni tecniche adottate, influenza sia la genesi delle vibrazioni che la loro trasmissione al terreno.

- *Rilevato*
- *Trincea*
- *Ponte, cavalcavia, sottovia*

In particolare il tracciato oggetto di studio si sviluppa prevalentemente in rilevato ad eccezione di limitate tratte in viadotto ed in trincea.

Le situazioni legate alle strutture specifiche saranno valutate in modo puntuale attraverso degli indici di sensibilità all'aspetto vibrazioni.

Tipologia di bersaglio – Secondo un approccio generalmente condiviso e adottato anche per studi sulla componente rumore, i bersagli sono classificati secondo il seguente schema.

- *Istituto scolastico*
- *Residenziale*
- *Industriale*
- *Commerciale*
- *Agricolo*
- *Luogo di culto*
- *Rudere*

Anche per questi viene proposto un livello di "sensibilità" atto a verificare quale

indice ("peso") possa essere associato a ciascun elemento costruttivo in base alla potenziale risposta dello stesso alle sollecitazioni vibrazionali.

Nei prossimi capitoli si indicherà, in base alla adozione del modello proposto, la tipologia di ciascun elemento critico identificato.

Distanza del bersaglio dall'opera - Trattandosi di onde sismiche, l'impatto di queste sul potenziale bersaglio è strettamente collegato all'energia dell'onda e quindi, a parità di contesto geologico e strutturale dell'opera, direttamente correlato con la distanza tra il bersaglio e la sorgente che ha generato l'onda stessa (asse della strada o distanza dalle strutture da realizzare).

Considerando che l'elemento energizzante lungo una strada è rappresentato dai mezzi che vi transitano, e che questi possono quindi essere considerati elementi "puntuali" e distribuiti lungo tutto il tracciato, la distanza tra il tracciato stesso ed il bersaglio si identifica come parametro di riferimento.

In modo analogo anche per le strutture che dovranno essere realizzate la distanza dai bersagli rappresenterà un importante parametro di selezione.

Il "peso" in questo caso corrisponde semplicemente alla distanza della "sorgente lineare" (infrastruttura stradale) dal recettore.

4 STRUTTURA LOGICA DEL MODELLO DI ANALISI ADOTTATO

L'identificazione dei bersagli che nei futuri scenari potranno risentire di effetti vibrazionali, si sviluppa secondo una procedura logica che tiene in considerazione tutti gli elementi ed aspetti descritti nei capitoli precedenti.

Applicando un modello logico legato alla "somma degli effetti" sviluppato secondo la sequenza logica descritta nello schema di seguito riportato, si procede alla identificazione dei possibili bersagli e del livello di criticità applicabile a ciascuno di essi.

SCHEMA LOGICO DI IDENTIFICAZIONE DEI BERSAGLI CRITICI

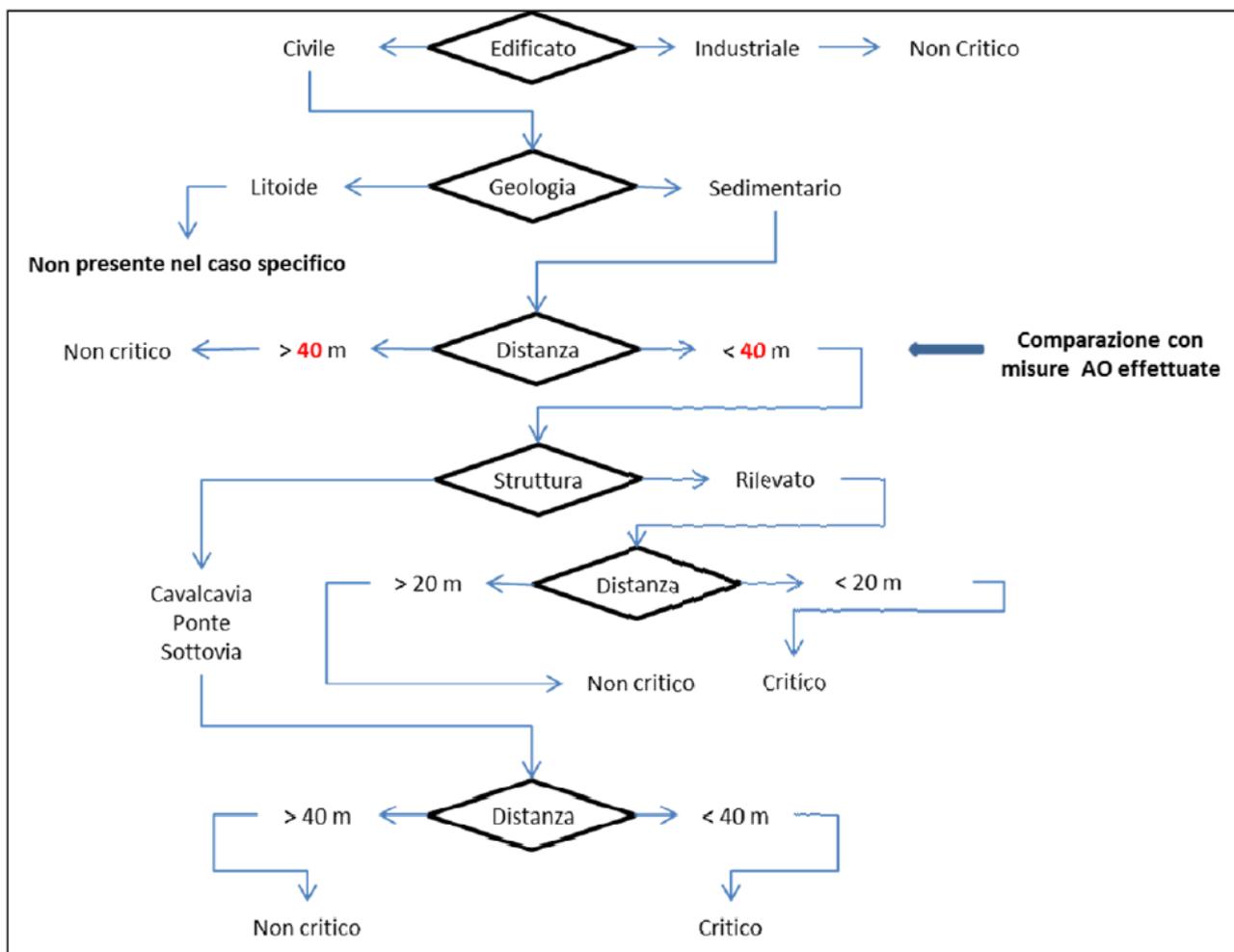


Fig. 3. Schema logico di identificazione dei bersagli critici

Secondo tale criterio il "bersaglio critico" si definisce come quel recettore che rientra nei criteri di valutazione del rischio e dunque potrebbe essere significativamente influenzato sotto l'aspetto della matrice vibrazioni e per cui pertanto se ne raccomanda la valutazione del rischio di dettaglio attraverso un monitoraggio. In tale criterio rientra la valutazione della "sensibilità del recettore", definita come il potenziale danno (strutturale e alle persone) in risposta alla sollecitazione vibrazionale ricevuta (pertanto un edificio maggiormente sensibile risulta essere quello che, sollecitato dall'azione delle vibrazioni, risponde con un potenziale ritenuto significativo in termini di danno strutturale e alle persone).

4.1 IDENTIFICAZIONE DEI POTENZIALI BERSAGLI

Le distanze utilizzate per la selezione dei potenziali bersagli sono state identificate sulla base di dati bibliografici e di un confronto con lo studio vibrazionale fatto su un terreno con caratteristiche geologiche simili al lotto in oggetto (vedi "Ampliamento della A4 con la terza corsia, tratto Alvisopoli – Gonars").

Da queste esperienze è stato possibile trarre le seguenti conclusioni riguardo alle distanze dai bersagli:

- **Distanza di selezione bersagli sensibili (40 m)** – Nello studio vibrazionale fatto sul progetto precedentemente citato, è stato posizionato un punto di misura vibrazionale nel monitoraggio Ante Operam a 40m dalla strada. Tale stazione non ha fornito alcun elemento di criticità, non riscontrando alcun livello di interesse per l'aspetto legato alle vibrazioni. È stato quindi possibile assumere

che tutti i manufatti, anche in uno scenario futuro, posti a distanza maggiore, possano essere considerati come *non critici* e, dunque, non valutati.

Pertanto la distanza massima alla quale tale valutazione è stata effettuata risulta pari proprio a 40 m.

- **Distanza di attenzione per bersagli prossimi al rilevato stradale (20 m)** – Viene preso in considerazione sempre lo studio sul progetto precedente citato. In tale studio, la distanza di 20 m tra la postazione del punto di misura Ante operam ed il rilevato è risultata essere la peggiore posizione possibile dei ricettori rispetto all'infrastruttura.
- **Distanza di attenzione per bersagli prossimi ad opere (ponti, viadotti, sottovia)** – Questi settori sono identificati come aree da porre sotto particolare osservazione.

Per tale motivo si identificano come critiche le strutture poste ad una distanza inferiore a quella massima (40 m).

- **Distanza di attenzione per bersagli prossimi alle aree di cantiere (20 m)** – Si identificano come critiche le strutture poste ad una distanza inferiore di 20 m dalle aree di cantiere; in tali zone, interessate da attività legate alla realizzazione delle opere stradali, si prevedono emissioni di vibrazioni che, nel range di 20 m, vengono considerate critiche per gli edifici coinvolti.
- **Distanza di attenzione per bersagli prossimi ai percorsi di collegamento alle aree di stoccaggio (20 m)** – La viabilità di collegamento alle diverse aree di stoccaggio sarà interessata dalle movimentazioni di mezzi pesanti demandati

al trasporto dei materiali che possono provocare vibrazioni critiche per i bersagli posti ad una distanza minore di 20 m dalle strade in oggetto.

Secondo lo schema proposto, tutti i bersagli posti oltre i 40 m sono stati considerati come non critici e dunque non oggetto di potenziale condizione di rischio vibrazionale per le strutture.

Dunque, il range di distanza del recettore dall'infrastruttura, entro il quale il presente studio analizza il potenziale impatto da vibrazioni, risulta essere fra 0 e 40m per tutta l'infrastruttura in progetto.

5 ANALISI DEI POTENZIALI EFFETTI NEGATIVI

Per produrre un effetto significativo, le sorgenti di vibrazioni devono essere prossime agli edifici (in genere a non più di qualche decina di metri per la tipologia di geologia che caratterizza il territorio attraversato dall'infrastruttura in progetto).

Per quanto concerne gli effetti, le vibrazioni negli edifici possono costituire un disturbo per le persone esposte e, se di intensità elevata, possono arrecare danni architettonici o strutturali agli edifici stessi.

Il problema delle vibrazioni degli edifici assume sempre maggiore importanza sia in relazione alla diversa tipologia strutturale delle costruzioni moderne (strutture più leggere grazie all'utilizzo dei materiali con migliori caratteristiche di resistenza meccanica), sia in relazione al moltiplicarsi delle fonti di vibrazione, in special modo quelle generate dalle attività dell'uomo (quali infrastrutture di trasporto concorrenti nella stessa area). Sorgenti di vibrazione quali attività di cantiere e traffico stradale e ferroviario, possono essere causa di disturbo per gli abitanti di edifici oltre alla possibile causa di potenziali danni alle strutture, soprattutto in presenza di edifici particolarmente critici (per conformazione strutturale e/o per utilizzo).

In generale danni strutturali all'edificio nel suo insieme attribuibili a fenomeni vibratorii sono estremamente rari e quasi sempre derivano dal concorso di altre cause.

Affinché le vibrazioni possano arrecare danni strutturali è comunque necessario che le vibrazioni raggiungano livelli tali da comportare fastidio e disturbo agli abitanti.

Altre forme di danno riguardano livelli vibrazionali definiti "di soglia", che, senza compromettere la sicurezza strutturale degli edifici, ne possono determinare una riduzione del valore d'uso.

I danni di soglia si presentano sottoforma di fessure nell'intonaco, accrescimenti di fessure già esistenti, danneggiamenti di elementi architettonici.

Il problema è particolarmente sentito con riguardo alla conservazione degli edifici monumentali.

Le vibrazioni possono essere anche causa di danneggiamenti o malfunzionamenti di apparecchiature all'interno degli edifici. Particolare attenzione occorre prestare alla valutazione di tali effetti per edifici sensibili come gli ospedali dove, nelle sale operatorie, ad esempio, vibrazioni strutturali potrebbero comportare effetti negativi sulle attività da svolgere.

In generale la norma **UNI 9916** pur non fornendo limiti ben definiti, evidenzia una guida relativa al metodo di valutazione degli effetti dei fenomeni vibratorii sugli edifici, con riferimento alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica.

La norma classifica le definizioni di danno in funzione degli effetti che le vibrazioni provocano agli edifici secondo la seguente terminologia:

- **danno di soglia:** 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.

6 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'analisi di rischio si basa sulla possibilità che la realizzazione e l'esercizio dell'infrastruttura di progetto possano generare sollecitazioni alle strutture edificate insistenti nelle adiacenze della stessa.

Nei capitoli precedenti sono stati individuati i criteri di individuazione delle situazioni critiche da porre sotto attenzione, sui quali si basa lo studio previsionale.

Tale analisi ha portato a giudicare che ci possa essere un **"effetto critico"**:

- entro i primi 20 m dall'infrastruttura, durante l'esercizio dell'opera;
- entro i primi 40 m dalle opere maggiormente critiche durante l'esercizio dell'opera.
- entro i primi 20 m dalle aree di cantiere e dai percorsi di accesso alle aree di stoccaggio per quanto riguarda la fase di realizzazione dell'opera

Inoltre tale criterio ha individuato che le situazioni critiche in termini di "sensibilità dei recettori" (come definite al par. 1.3) sono risultate principalmente le costruzioni di tipo residenziale, con alcuni casi di tipo artigianale e commerciale e con presenza anche di ruderi.

Di seguito si riporta la griglia di criticità risultante dallo studio.

TIPOLOGIA BERSAGLIO	ENTRO 20 m <u>DALLA STRADA</u>	ENTRO 40 m <u>DALL'OPERA</u>	ENTRO 20 m <u>DALLE AREE DI CANTIERE PRINCIPALI</u>
RESIDENZIALE	R5 - R38 - R47 - R49 - R53 - R55 - R83 - R93 - R104 - R105 - R133 - R144 - R150	R11 - R12 - R16 - R31 - R44 - R48 R67 - R76 - R79 - R86 - R130 - R149 - R167 - R168	R78
INDUSTRIALE		R21 - R118	
CULTO	R50		
RUDERE	R43 - R62 - R137		
COMMERCIALE	R14	R20 - R123 - R160	

Griglia di criticità secondo lo studio effettuato

I dati sui bersagli critici riassunti sopra si possono evincere anche dalle tavole

“Studio vibrazionale - Planimetria ubicazione ricettori e fasce di influenza vibrazioni”
in allegato dove sono state tracciate in azzurro le distanze dal tracciato di 20 m, in
verde le distanze dal tracciato di 40 m.

La numerazione dei recettori si riferisce a quella del censimento fatto per la
componente rumore (sono state redatte al riguardo tavole di localizzazione e
schede di censimento dei recettori censiti alle quali si rimanda).

Si ritiene utile prevedere un piano di monitoraggio della componente vibrazioni che
possa valutare la reale potenziale criticità delle opere da realizzare sulle
infrastrutture edificate individuate.

I punti di monitoraggio consigliati come rappresentativi delle varie situazioni in base
a quanto esposto in precedenza saranno i recettori R12 (vicino al cantiere operativo
CO_01 e relativa viabilità di cantiere, rientra nella fascia di 40 m dal ciglio stradale
esistente), R17 (vicino al cantiere operativo CO_01), R78 (vicino al cantiere operativo
CO_02), R83 (vicino al nuovo cavalcavia CV04 e rientra nella fascia di 20 m dal ciglio
stradale), R104 (vicino al nuovo cavalcavia CV08 e rientra nella fascia di 20 m dal
ciglio stradale), R133 (vicino al nuovo cavalcavia CV16 e rientra nella fascia di 20 m
dal ciglio stradale), R150 (vicino al nuovo cavalcavia CV20 e rientra nella fascia di 20
m dal ciglio stradale).