


REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA

DIREZIONE CENTRALE INFRASTRUTTURE E TERRITORIO

AUTOVIE VENETE

S.p.A. Autovie Venete

Sede Legale: Via Vittorio Locchi n. 19, 34143 Trieste

 Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento da parte di
 Società Autostrade Alto Adriatico S.p.A.

**COLLEGAMENTO TRA LA S.S. 13 PONTEBBANA E LA A23
 TANGENZIALE SUD DI UDINE (II LOTTO)**
AGGIORNAMENTO PROGETTO DEFINITIVO
STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Elaborati integrativi

Vibrazioni - Documento Previsionale di Impatto Vibrazionale

TEMATICA

S

N. ALLEGATO e SUB.ALL.

08.05.0.0

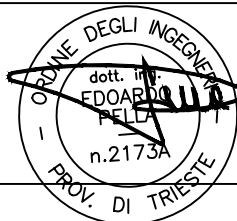
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
3					
2					
1					
0	10.06.2024	Richiesta integrazioni M.A.S.E. Prot. U0001089 del 29.01.2024	CL	EL	EP

COORDINAMENTO E PROGETTAZIONE GENERALE:

S.p.A. AUTOVIE VENETE :

dott. ing. Edoardo PELLA

dott. ing. Stefano DI SANTOLO



IL CAPO COMMESSA:

dott. ing. Edoardo PELLA

PROGETTAZIONE SPECIALISTICA:

Tematica : S.I.A.


 MATE Soc. Coop.va
 dott. ing. Elettra. LOWENTHAL


REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA

IL RUP:

dott.ssa Magda ULIANA

 NOME FILE:
 1207S08005000.pdf

 DATA PROGETTO:
30.08.2012
312TN

CODICE MASTRO

12

ANNO

07

N.PROGETTO

0

REVISIONE

INDICE

1	PREMESSA	2
2	SCOPO	2
3	NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO – UNI 9614:2017	4
4	METODO DI VALUTAZIONE	6
5	ANALISI DEL PROGETTO	9
6	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	13
7	ANALISI DELLE SORGENTI IMPIEGATE E DELLE LAVORAZIONI DI CANTIERE	14
8	INDIVIDUAZIONE DEGLI SCENARI DI MASSIMO DISTURBO VIBRAZIONALE	22
9	CALCOLO PREVISIONALE PER I DIVERSI SCENARI.....	23
10	INTERVENTI DI MITIGAZIONE E MONITORAGGI IN CORSO D'OPERA.....	40
11	ANALISI DELL'ALTERNATIVA 1	43
12	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	46
13	BIBLIOGRAFIA	46

ANNESSE I. Planimetria posizione scenari valutati

1 PREMESSA

Nel 2012 è stata avviata la progettazione definitiva da parte di Autovie Venete SpA, comprensiva delle elaborazioni per lo Studio di Impatto ambientale ed in data 29/12/2015 la documentazione è stata inviata alla Direzione centrale Infrastrutture e territorio.

Con l'entrata in vigore del D. Lgs. 50/2016 che abroga l'art. 1 comma 3bis della L. 443/01 e smi, la progettazione e la realizzazione dell'opera non hanno più potuto seguire le procedure straordinarie previste dalla legge obiettivo.

Stante l'interesse strategico dell'opera le amministrazioni comunali interessate dall'opera hanno convenuto di elaborare un accordo di programma che costituisca variante al PRGC vigente.

Il presente documento è stato prodotto da p.i. Rui Claudio e dott. Arnoffi Michele.

2 SCOPO

Nella presente relazione vengono trattati gli aspetti relativi al potenziale impatto vibrazionale generato dalle attività di cantiere previste dalla realizzazione del progetto di COLLEGAMENTO TRA LA S.S. 13 PONTEBBANA E LA A 23 (TANGENZIALE SUD DI UDINE – II LOTTO).

Il disturbo alle persone, definito in letteratura come annoyance, dipende dall'intensità e frequenza dell'evento disturbante e dal tipo di attività svolta. L'annoyance deriva dalla combinazione di effetti che coinvolgono la percezione uditiva e la percezione tattile delle vibrazioni. Gli effetti sulle persone sono estesi all'intero corpo e possono essere ricondotti genericamente ad un aumento dello stress, con conseguente attivazione di ripetute reazioni di orientamento e di adattamento, e con eventuale insorgenza o aggravamento di malattie ipertensive. Le vibrazioni possono in alcune situazioni, od in presenza di caratteristiche di estrema suscettività strutturale o di elevati/prolungati livelli di sollecitazione dinamica, causare danni agli edifici. Tali situazioni si verificano tuttavia in corrispondenza di livelli di vibrazione notevoli, superiori di almeno un ordine di grandezza rispetto ai livelli tipici dell'annoyance.

Il presente studio si articola nelle seguenti fasi di lavoro:

1. Analisi normativa e definizione dei valori limite applicabili;
2. Definizione del modello di calcolo;
3. Analisi del progetto e censimento dei ricettori;
4. Inquadramento geologico;
5. Analisi delle potenziali sorgenti vibrazionali e del cronoprogramma di cantiere;
6. Determinazione dell'area di influenza del potenziale disturbo;
7. Individuazione degli scenari di massimo disturbo vibrazionale;
8. Stima del livello vibrazionale ai ricettori;
9. Mitigazioni e monitoraggi in corso d'opera;

10. Considerazioni in merito alla proposta Alternativa 1.



FIGURA 1: VISTA DALL'ALTO DEL TRACCIATO DI PROGETTO

3 **NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO – UNI 9614:2017**

A differenza di quanto accade per il rumore al momento non sono presenti leggi nazionali che disciplinino il problema delle vibrazioni. Esiste tuttavia una serie completa di norme UNI che disciplinano l'intera problematica delle vibrazioni negli edifici in termini di disturbo agli utenti degli edifici e di danno strutturale e che individuano strumentazione, tecniche e modalità di misura del fenomeno vibratorio. Nel caso specifico l'analisi farà riferimento alla norma tecnica UNI 9614:2017 che viene descritta sommariamente nel proseguo del capitolo relativamente alle parti di interesse.

La norma definisce le metodologie di misura delle vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti interne o esterne agli edifici e i criteri di valutazione del disturbo delle persone all'interno degli edifici stessi e modifica in modo sostanziale la versione precedente (UNI 9614:1990) introducendo un approccio innovativo nelle modalità di valutazione del disturbo da vibrazione basato in parte sulla norma ISO 2631-2:2003 e in parte sulla norma norvegese NS 8176.E. La norma si applica a tutti i fenomeni che possono dare origine a vibrazioni sugli edifici quali traffico su gomma, rotaia, attività industriali, macchinari ed attività di cantiere ponendo come limitazione di banda inferiore il terzo di ottava con centro a 1 Hz.

La norma al punto 5 definisce diverse tipologie di sorgente vibrazionale classificandole per posizione, funzione e caratteristiche di durata della vibrazione prodotta. Tale classificazione non influisce tuttavia sui valori limite proposti dalla norma stessa, che dipendono invece dal periodo della giornata e dalla destinazione d'uso degli edifici.

La norma è stata redatta allo scopo di determinare per via strumentale il potenziale disturbo di un fenomeno vibratorio e pertanto contiene ai punti 6 e 7 informazioni relative alle grandezze da misurare (accelerazioni sui tre assi x-y-z), alle posizioni di misura all'interno dell'edificio, alla durata e al numero di acquisizioni, oltre che ai requisiti generali della strumentazione compreso il montaggio degli accelerometri, la calibrazione e la taratura della catena di misura.

Nel punto 8 vengono introdotti infine i parametri di riferimento tramite i quali effettuare un confronto con i valori limite definiti dalla norma stessa al punto 9. Il primo parametro di riferimento è l'accelerazione ponderata totale efficace definita per un generico istante t del segnale accelerometrico tramite la somma quadratica delle componenti di accelerazione ponderata secondo la curva W_m per ogni asse $a_{w,rms,x-y-z}$ e così definita:

$$a_w(t) = \sqrt{a_{w,rms,x}^2(t) + a_{w,rms,y}^2(t) + a_{w,rms,z}^2(t)} \quad [1]$$

La curva di ponderazione W_m è definita dalla norma UNI ISO 2631-2:2018 e va applicata indipendentemente dalla direzione di misura per ciascun asse di riferimento.

All'interno della procedura di misura la norma prevede che vengano isolati un certo numero di eventi vibratori, dove l'evento viene definito al punto 3.11 come elemento minimo del fenomeno vibratorio oggetto di misura, al quale viene associata, come descrittore della vibrazione, la massima accelerazione ponderata così definita:

$$a_{w,max,j} = \max(a_w(t)) \quad [2]$$

La massima accelerazione ponderata è calcolata pertanto come il massimo di tali valori all'interno del singolo j-esimo evento osservato. La norma prevede poi al punto 8.5 il calcolo della massima accelerazione statistica $a_{w,95}$ derivante da operazioni statistiche sui diversi eventi oggetti di misurazione e lo scorporo della componente di vibrazione residua. Tali procedure sono correlate alla post elaborazione di misure accelerometriche non inerenti al presente studio vibrazionale, che si configura come uno studio di tipo previsionale.

Il punto 9 della norma infine riporta i valori di massima accelerazione ponderata per le diverse destinazioni d'uso previste e, per gli ambienti abitativi, in funzione anche del giorno della settimana e dell'orario diurno/notturno:

TABELLA 1: VALORI LIMITE DI ACCELERAZIONE MASSIMA SECONDO UNI 9614:2017

Destinazione d'uso	Periodo	Valore limite	
		[mm/s ²]	[dB*]
Ambienti a uso abitativo	Diurno (06:00 – 22:00)	7.2	77.0
	Notturmo (22:00 – 06:00)	3.6	71.0
	Diurno festivo	5.4	74.5
Luoghi lavorativi	-	14	83.0
Ospedali, case di cura ed affini	-	2	66.0
Asili e case di riposo	-	3.6	71.0
Scuole	-	5.4	74.5

* Valori arrotondati a 0.5 dB con $a_{rif} = 0.001 \text{ mm/s}^2$

L'Appendice C della norma infine contiene informazioni relativa alla gestione di deroghe ai valori limite di riferimento, specificando che la deroga può essere concessa solo per attività temporanee o attività per le quali misure mitigative adeguate non siano implementabili o economicamente sostenibili, di fatto riconducendo le attività in oggetto ad operazioni di cantiere ovvero a quelle valutate nel presente studio.

A tal proposito viene riportato come per gran parte delle attività di cantiere (ad esempio demolizioni, battitura o infissione di pali, perforazioni per pali, scavi per diaframmi, impiego di esplosivi per scavi e demolizioni, vibro compattazione di terreni o rilevati, transito di veicoli pesanti su terreni sconnessi, etc.) non sia possibile ridurre il livello di vibrazioni indotto, pena la non efficacia della lavorazione stessa, quanto piuttosto sia possibile ridurre l'incidenza in termini temporali nell'arco della giornata, visto e considerato che da recenti ricerche emerge come le persone siano in generale meglio disposte a sopportare livelli più elevati di vibrazioni quanto più la loro durata è limitata nel tempo. Risulta pertanto preferibile come prima misura mitigativa evitare lavorazioni nel periodo notturno che possano disturbare il riposo delle persone coinvolte o nei periodi diurni nei luoghi dove è previsto il riposo (es. asili, case di cura, ospedali).

Si riportano a titolo informativo e non esaustivo nel seguito le principali norme tecniche di riferimento per l'analisi del fenomeno vibratorio. La norma 11048:2003 non è stata presa in considerazione poiché attualmente ritirata senza sostituzione.

TABELLA 2: ELENCO NORME TECNICHE VIBRAZIONI

UNI 11568:2015	Vibrazioni – Strumentazione e analisi per la misura delle vibrazioni – Strumentazione di misura
UNI EN ISO 8041- 1:2017	Risposta degli esseri umani alle vibrazioni – Strumenti di misurazione – Parte 1: Strumenti per la misura di vibrazioni di uso generale
UNI ISO 5348:2007	Vibrazioni meccaniche ed urti – Montaggio meccanico degli accelerometri
UNI 9916:2014	Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici
UNI 9614:2017	Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo
DIN 4150-3	Vibration in buildings. Part 3: Influence on constructions

4 METODO DI VALUTAZIONE

Le vibrazioni indotte da sorgenti antropiche nel terreno comportano la generazione di onde meccaniche che si propagano attraverso gli strati di terreno/roccia verso le fondazioni degli edifici presenti nell'area di indagine. Le vibrazioni si trasmettono dalla fondazione alla struttura in elevazione, dove si può verificare la massima ampiezza di vibrazione se vengono interessate le frequenze di risonanza degli elementi costitutivi dell'edificio (pareti e solai). Le vibrazioni indotte sugli edifici possono comportare in funzione di ampiezza e frequenza di sollecitazione a fenomeni di disturbo o annoyance con la generazione di rumore all'interno degli ambienti di vita.

Le tre tipologie di onde che trasportano energia vibrazionale sono:

- Onde di compressione tipo P
- Onde di taglio tipo S
- Onde di superficie verticali L e orizzontali R

Le onde tipo P e S sono onde di volume che si propagano radialmente in un mezzo monofase e isotropo quale un mezzo viscoelastico. La presenza di discontinuità in un mezzo omogeneo continuo determina le condizioni per l'esistenza di altri tipi di onde sismiche come le onde superficiali L ed R (onde di Love e di Rayleigh), che si propagano sull'interfaccia fra due strati con diverse proprietà meccaniche, ovvero sulla superficie di separazione tra terreno ed aria. La velocità di propagazione delle onde di compressione è di circa 2.5÷4 volte la velocità delle onde di taglio e delle onde R.

L'attenuazione della vibrazione nel mezzo in funzione della distanza si compone di due diversi fattori:

- **Attenuazione per divergenza geometrica:** analogamente a quanto accade per le onde sonore in campo libero, il fronte d'onda e l'energia della perturbazione si distribuiscono in funzione dell'aumento della distanza dalla sorgente su una superficie sempre maggiore ovvero sulla superficie di una semi-sfera per le onde di volume, mentre per le onde superficiali l'energia è distribuita su una superficie cilindrica. L'attenuazione per divergenza geometrica, dipende dal tipo di sorgente (puntuale o lineare), dalla localizzazione della stessa (in superficie o in profondità) e dalla distanza dalla sorgente
- **Attenuazione per dissipazione del mezzo:** l'attenuazione in oggetto tiene conto dei fenomeni di dissipazione di energia meccanica in calore e risulta direttamente proporzionale alla frequenza. Ne consegue pertanto che le alte frequenze vengano meglio attenuate rispetto alle basse. Tale fattore di attenuazione dipende dalle caratteristiche viscoelastiche del terreno e dalla frequenza considerata.

Il modello di propagazione delle vibrazioni impiegato nella presente valutazione si basa sull'equazione seguente e risulta valido per tutte e tre le tipologie di onde considerate (P, S, R):

$$a(d, f) = a(d_0, f) \left(\frac{d_0}{d}\right)^n e^{-2\pi f(\eta/c)(d-d_0)} + A_d + A_f \quad [3]$$

d ₀	Distanza di riferimento [m]
f	Frequenza di centro banda di terzo d'ottava 1÷80 [Hz]
η	Fattore di perdita del terreno [-]
c	Velocità di propagazione [m/s]
n	Esponente variabile in funzione del tipo di onda e sorgente [-]
d	Distanza [m]
A _d	Fattore di attenuazione per discontinuità del terreno
A _f	Fattore di accoppiamento terreno/edificio

Il primo termine rappresenta l'attenuazione per divergenza geometrica e per dissipazione del terreno, con il rapporto η/c che dipende dalla tipologia di terreno ovvero dalle caratteristiche intrinseche del mezzo in cui la sollecitazione vibrazionale si propaga. Non saranno considerati in questo studio ulteriori fattori di valutazione locali legati alle eventuali discontinuità del terreno (presenza di sottoservizi, orizzonti litologici non censiti, strutture sotterranee, presenza e livello della falda acquifera) e all'accoppiamento tra terreno e le diverse tipologie di fondazioni degli edifici coinvolti.

La letteratura tecnica indica per il parametro η/c la seguente categorizzazione in funzione della tipologia di terreno e della difficoltà dello stesso ad essere scavato.

TABELLA 3: CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI

Classe	Descrizione	η/c
I	Cedevole o tenero (terreno che può essere scavato facilmente)	$2 \times 10^{-4} \div 6 \times 10^{-4}$
II	Consolidato (terreno che può essere scavato con una pala)	$6 \times 10^{-5} \div 2 \times 10^{-4}$
III	Duro (terreno che non può essere scavato con una pala ma necessità di un piccone)	$6 \times 10^{-6} \div 6 \times 10^{-5}$
IV	Duro consolidato (terreno che viene difficilmente scavato con un martello)	$< 6 \times 10^{-6}$

Il termine n invece influisce sul termine di attenuazione per divergenza geometrica in funzione della tipologia di sorgente (puntuale o lineare) e della posizione della stessa (in profondità o in superficie) come riportato nella tabella che segue per la situazione di interesse (sorgenti puntuali).

TABELLA 4: VALORI DEL PARAMETRO n PER SORGENTI PUNTIFORMI

Posizione della sorgente	Tipo di sorgente	n
Superficiale	Puntuale	0.5
In profondità	Puntuale	1.0

Si fa notare che le vibrazioni indotte da una sorgente posta in profondità decadono più rapidamente con la distanza rispetto alle vibrazioni indotte dalla stessa sorgente posta in superficie, data la predominanza di onde di volume.

5 ANALISI DEL PROGETTO

Il tracciato del II° lotto della Tangenziale Sud di Udine si sviluppa per oltre 13 m (a partire dalla S.S. n.13 ad ovest di Basagliapenta, alla A23 “Palmanova-Tarvisio”), attraversa l’alta pianura friulana, nel quadrante sud-occidentale di Udine, interessando i territori dei comuni di Basiliano, Lestizza, Campoformido e Pozzuolo del Friuli. Il territorio è piatto, con unico leggero avvallamento in corrispondenza del torrente Cormor, dove si riscontrano dolci terrazzi di origine alluvionale.

Il tracciato si sviluppa nel suo asse principale in direzione ovest est in aree poste a distanza dai principali centri abitati dei comuni attraversati in un ambiente in cui è predominante la componente agricola. Le interconnessioni con la viabilità principale, per loro stessa funzione di collegamento con la viabilità esistente, si sviluppano invece maggiormente a ridosso di nuclei abitati. I collegamenti in oggetto sono:

- Connessione S.S. n. 13 ad ovest di Basagliapenta;
- Connessione S.P. n.95 del Ponte di Madrisio;
- Connessione S.P. n.89 di Basaldella e con la S.S. n.13 (bretella di Campoformido);
- Connessione S.R. n. 353 di Terenzano e Zugliano.

Il progetto prevede la realizzazione di 16 opere d’arte principali (ponte sul Torrente Cormor, viadotti, sovrappassi, sottopassi e una galleria artificiale) e di una serie di opere d’arte minori (sottopassi agricoli e ciclabili, muri di sostegno, tombini scatolari, realizzazione di aree di compensazione). Sono previsti inoltre adeguamenti della viabilità ordinaria per la risoluzione delle interferenze con il nuovo tracciato, nello specifico:

- la S.C. Basagliapenta – Nespolo (asse 6)
- la S.P. n° 61 “di Bertiole” (asse 13)
- la S.P. n° 10 “del Medio Friuli” (assi 14 e 15)
- la S.P. n° 95 “del Madrisio” (asse 9)
- la S.C. Lestizza-Orgnano (asse 17)
- la S.C. Carpeneto-Orgnano (asse 24)
- la S.P. n° 89 “di Basaldella” (asse 25)

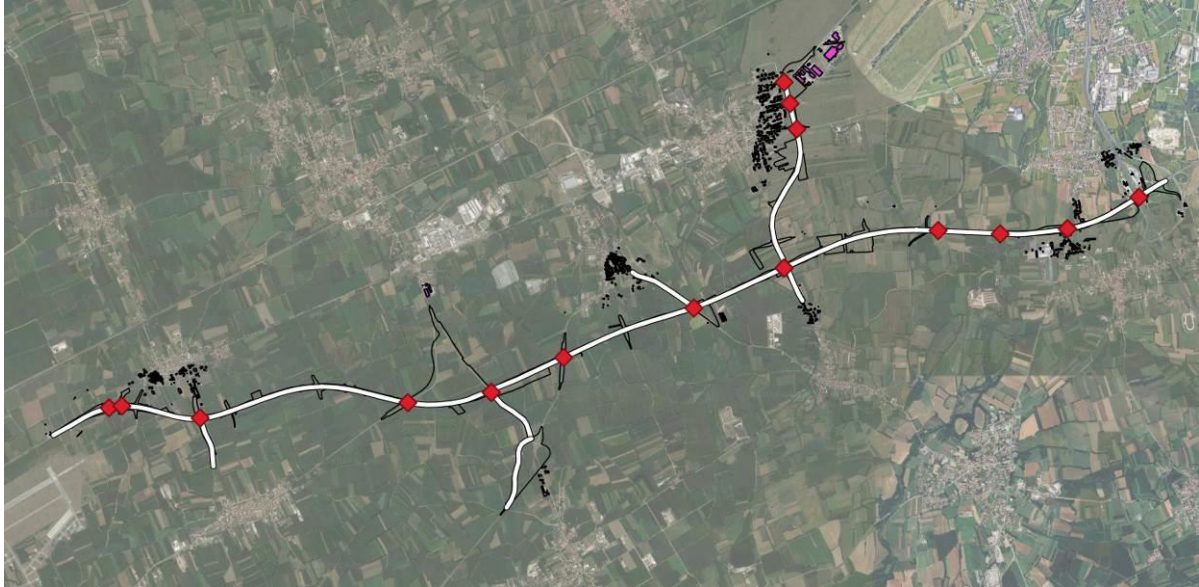


FIGURA 1: DISLOCAZIONE LUNGO IL TRACCIATO DELLE PRINCIPALI OPERE D'ARTE PREVISTE DAL PROGETTO

L'opera d'arte principale riguarda i due ponti sul torrente Cormor (opera 2 e opera 18) e il viadotto sull'autostrada A23 (opera 21). L'opera 18 sarà l'unica con fondazioni speciali a pali trivellati di grande diametro per la realizzazione di pile e spalle con fondazioni di tipo diretto per gli altri manufatti.

In alternativa al tracciato di tangenziale Sud di Udine come descritto sopra è chiesto di valutare una **proposta Alternativa 1** che prevede la deviazione del traffico di SS13 su infrastrutture stradali di aggiramento dei centri abitati di Basagliapenta e Campoformido. Inoltre, prevede la connessione allo svincolo con l'autostrada A23 con un nuovo tratto stradale di connessione con SR353 da località Terenzano – Zugliano. Il tracciato relativo ai singoli tratti costituenti l'Alternativa 1 sono riportati in rosso nella figura seguente.

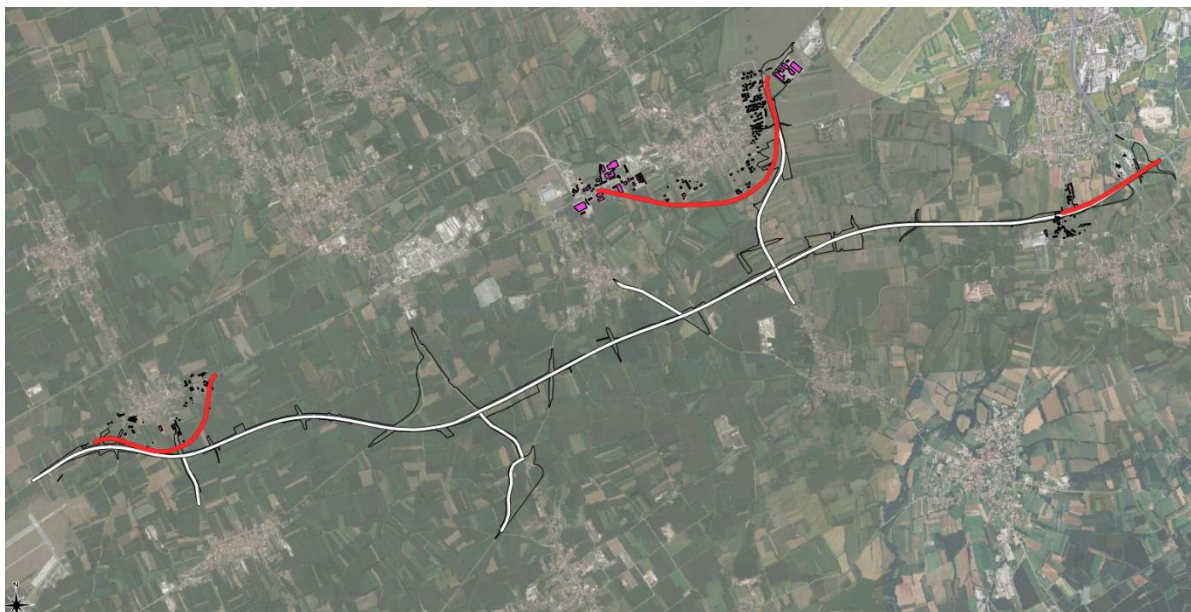


FIGURA 2: UBICAZIONE IN LINEE ROSSE DEI TRACCIATI DELLA PROPOSTA ALTERNATIVA 1

Per l'Alternativa 1, poiché non è disponibile allo stato attuale documentazione progettuale di dettaglio, nell'ambito del presente studio saranno effettuate valutazioni di tipo qualitativo e comparativo rispetto al progetto principale e saranno effettuate stime di calcolo limitatamente ad alcuni scenari. Le considerazioni relative all'Alternativa 1 saranno riportate ed analizzate al capitolo 11.

Per eventuali dettagli relativi all'opera in progetto qui valutata si rimanda alla documentazione progettuale completa.

5.1 CENSIMENTO DEI RICETTORI

L'identificazione e la classificazione tipologica dei ricettori è stata svolta nel corso della redazione della valutazione previsionale di impatto acustico presentata nel corso dei precedenti iter di valutazione di impatto ambientale. Il censimento è stato effettuato sulla base di sopralluoghi estesi a tutto l'ambito territoriale di studio interessato dall'asse principale e dalle infrastrutture secondarie che hanno permesso l'individuazione dei ricettori presenti in un buffer di estensione 250 m dal ciglio stradale e la loro classificazione secondo la destinazione d'uso principale.

L'analisi dei ricettori ha permesso di escludere la presenza di ricettori considerati sensibili ai sensi della norma UNI 9614:017 quali ospedali, case di cura e affini, asili e case di riposo e scuole.

Le destinazioni d'uso censite pertanto riguardano gli ambienti abitativi (edifici residenziali), i luoghi di lavoro (attività produttive) ed eventualmente attività di tipo commerciale o servizi, che in ogni caso ricadono sempre all'interno della categoria dei luoghi di lavoro secondo la categorizzazione della norma UNI 9614:2017.

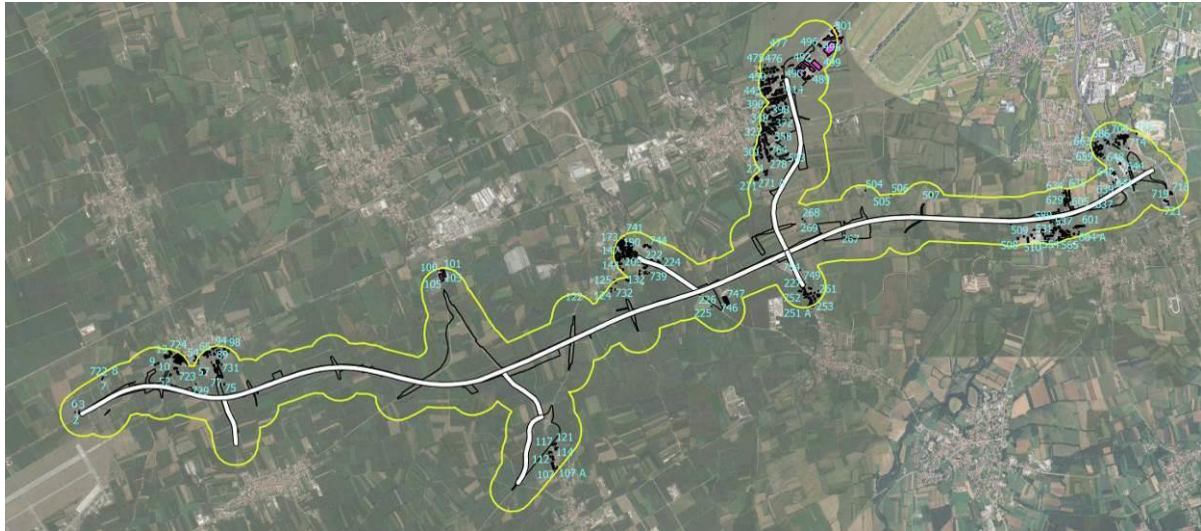


FIGURA 3: BUFFER AMPIEZZA 250 M E CENSIMENTO DEI RICETTORI

Nel presente studio vibrazionale saranno utilizzati gli stessi codici numerici già assegnati in fase di censimento e già utilizzati nell'ambito della valutazione previsionale di impatto acustico.

Si segnala inoltre che alcuni edifici censiti saranno oggetto di demolizione a seguito della realizzazione dell'asse principale del tracciato. I ricettori in oggetto sono collocati in prossimità dello svincolo con la S.R. n. 353 e vengono identificati con tratteggio nero nell'estratto riportato di seguito. Tali ricettori non saranno presi in considerazione nel presente studio.



FIGURA 4: RICETTORI OGGETTO DI DEMOLIZIONE NEI PRESSI DELL'INTERCONNESSIONE CON LA S.R. N.353

6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Sono state analizzate le planimetrie ed i profili geologici dell'area interessata e la relazione geologica allo scopo di reperire informazioni circa i litotipi presenti lungo il tracciato per desumere informazioni relative ai parametri di propagazione dei terreni.

Nello schema geolitologico presentato nella relazione geologica i terreni superficiali sono stati differenziati in 4 litotipi principali:

- Ghiaie grossolane ben graduate con scarso fino;
- Ghiaie grossolane ben graduate con scarso fino con lenti variamente cementate;
- Ghiaie grossolane con abbondante matrice sabbiosa e legante limoso argilloso;
- Sabbie mal graduate con scarso fino, con quantità variabili di ghiaia e ghiaino.

La maggior parte dei terreni attraversati è dunque costituita da depositi di ghiaie in matrice sabbioso-limosa più o meno abbondante con frequenti livelli sabbiosi a varia percentuale di limi e ghiaie a granulometria grossolana e disuniforme con presenza in profondità di lenti cementate. La falda acquifera non è presente alle profondità di interesse e lo strato superficiale di ricoprimento è costituito da terreni agrari limoso sabbiosi lungo tutta l'area di interesse.

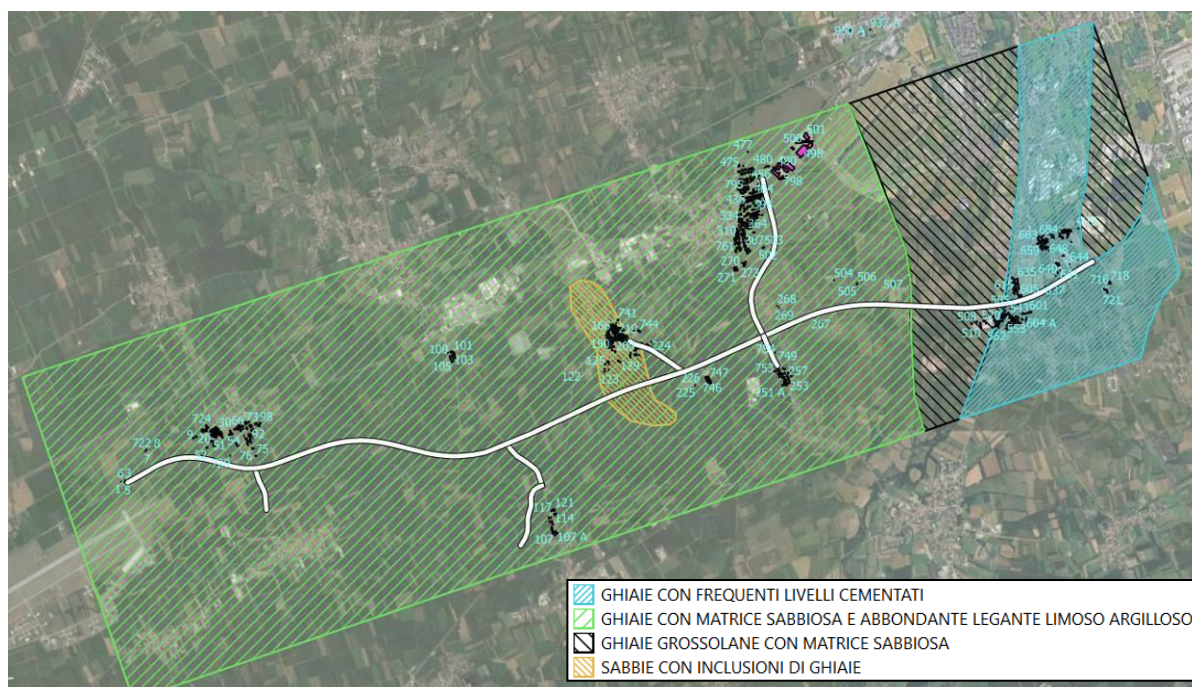


FIGURA 5: LITOTIPI PRINCIPALI LUNGO IL TRACCIATO ED IN CORRISPONDENZA DEI RICETTORI

7 ANALISI DELLE SORGENTI IMPIEGATE E DELLE LAVORAZIONI DI CANTIERE

Allo scopo di valutare con un adeguato margine di sicurezza gli scenari di cantiere maggiormente impattanti sotto il profilo vibrazionale è necessario reperire preliminarmente informazioni sulle lavorazioni previste dal progetto e sulle relative sorgenti vibrazionali utilizzate allo scopo. In funzione della tipologia di macchine utilizzate infatti sarà possibile successivamente determinare l'area di influenza di potenziale disturbo e valutare il numero e la posizione dei ricettori coinvolti.

7.1 ANALISI DELLE SORGENTI VIBRAZIONALI IMPIEGATE NEL CANTIERE

L'analisi congiunta della relazione tecnica di progetto, delle principali opere d'arte connesse con la realizzazione dell'infrastruttura e del cronoprogramma delle attività ha consentito di stilare un elenco dei principali mezzi d'opera che si prevede di utilizzare per l'esecuzione dei lavori.

L'elenco dei mezzi d'opera potenzialmente in grado di generare vibrazioni disturbanti durante le attività di cantiere sono elencati nella tabella seguente unitamente a una valutazione preliminare relativa al potenziale impatto vibrazionale intrinsecamente associato alla tipologia di lavorazione svolta e indipendente, pertanto, dal mezzo di propagazione e dalla distanza di valutazione. A ciascun mezzo d'opera viene assegnato un codice progressivo ID che sarà utilizzato nelle successive fasi di valutazione.

TABELLA 5: VALUTAZIONE PRELIMINARE DI IMPATTO VIBRAZIONALE PER I MEZZI D'OPERA UTILIZZATI

ID	Attrezzatura/mezzo d'opera	BASSO	MEDIO	ALTO
S1	Escavatore su cingoli			
S2	Escavatori con braccio demolitore			
S3	Pala caricatrice			
S4	Apripista			
S5	Rullo compattatore vibrante			
S6	Vibrofinitrice asfalto			
S7	Furgoni e autocarri			
S8	Autobetoniere			
S9	Macchina perforatrice			
S10	Altri mezzi gommati (dumper 4 assi, terne, grader)			

Da una prima analisi le lavorazioni maggiormente impattanti consistono nell'utilizzo dell'escavatore con braccio demolitore, del rullo compattatore vibrante e della macchina perforatrice. L'utilizzo di escavatore cingolato, macchina apripista e vibrofinitrice comporta un impatto potenziale medio, così come la pala caricatrice che pur essendo del tipo gommato, può comportare sollecitazioni vibrazionali in funzione del tipo di utilizzo che ne viene fatto (ad esempio quando la benna viene utilizzata per scotico/raschiamento). I mezzi d'opera rimanenti del tipo gommato, risultano nel complesso a basso rischio per la natura stessa del contatto elastico tra macchina e terreno. Per tali mezzi la generazione di vibrazioni potenzialmente disturbanti dipende esclusivamente dalle condizioni locali del manto stradale presso il quale le macchine si muovono e dalla presenza o meno di asperità, buche, sconnessioni e ostacoli.

Una volta noto l'elenco delle potenziali sorgenti vibrazionali, è necessario associare alle stesse le lavorazioni previste dal cronoprogramma in modo da definire in che zone risulteranno attive nel corso del cantiere, per quanto tempo, a che distanza dai ricettori e in quali condizioni di propagazione. Le lavorazioni associate reperite dal cronoprogramma delle attività vengono riportate nella tabella seguente.

TABELLA 6: LAVORAZIONI ASSOCIATE AI MEZZI D'OPERA A POTENZIALE VIBRAZIONALE MEDIO - ALTO

ID	Attrezzatura/mezzo d'opera	Lavorazioni associate
S1	Escavatore su cingoli	Scavo rampe, scavo fondazioni spalle e pile, sbancamento con allontanamento
S2	Escavatore con braccio demolitore	Demolizione e dismissione rilevato stradale esistente
S3	Pala caricatrice	Scotico e sbancamento con allontanamento, riprofilatura e consolidamento sponde, realizzazione rilevato stradale, muri in terra armata
S4	Apripista	Scotico e sbancamento con allontanamento
S5	Rullo compattatore vibrante	Stesa conglomerato bituminoso
S6	Vibrofinitrice asfalto	Stesa conglomerato bituminoso
S9	Macchina perforatrice	Diaframmatura – Pali trivellati spalle e pile
S10	Altri mezzi gommati (dumper 4 assi, terne, grader)	Scotico e sbancamento con allontanamento, riprofilatura e consolidamento sponde, realizzazione rilevato stradale, muri in terra armata

In merito alla distribuzione delle lavorazioni potenzialmente impattanti nel dominio di analisi, si può intuire facilmente che parte delle lavorazioni censite saranno attive lungo tutto il tracciato (stesa conglomerato bituminoso e attività generali di movimento terra), mentre altre saranno localizzate in prossimità di opere d'arte puntuali di varia tipologia (diaframmatura e pali trivellati) o presso zone di interferenza con la viabilità esistente (demolizione sede stradale o dismissione di tratte a seguito di variante).

Alla luce di quanto osservato e riportato in Tabella 5 e Tabella 6 in merito alla severità della vibrazione potenzialmente indotta, nel proseguo sarà analizzato il potenziale impatto vibrazionale delle seguenti sorgenti e delle lavorazioni associate alle stesse, ritenute maggiormente critiche secondo lo scopo del presente studio:

- **S1 – Escavatore su cingoli** durante operazioni di scavo rampe, scavo fondazioni spalle e pile, sbancamento con allontanamento;
- **S2 – Escavatore con braccio demolitore** durante operazioni di dismissione e demolizione del rilevato stradale esistente;
- **S5 – Rullo compattatore vibrante** durante stesa conglomerato bituminoso;
- **S9 – Macchina perforatrice** durante operazioni di diaframmatura e realizzazione pali trivellati.

Nel prossimo paragrafo saranno elencati per ciascuna sorgente gli spettri di riferimento utilizzati per la valutazione e l'applicazione del modello di calcolo.

7.2 SPETTRI DI RIFERIMENTO PER LE SORGENTI VIBRAZIONALI CONSIDERATE

In assenza di dati specifici forniti dai costruttori dei mezzi d’opera relativamente alle vibrazioni indotte dal terreno in condizioni controllate e a distanze note e ai relativi spettri di emissione vibrazionale associati, nei calcoli previsionali si farà riferimento a dati forniti da pubblicazioni, letteratura tecnica o da analisi e rilievi vibrazionali eseguiti ai sensi della UNI 9614:2017.

I diversi dati reperiti da diverse fonti utili al presente studio sono stati analizzati, uniformati e riassunti in Tabella 6 sotto forma di valori di accelerazione ponderata vettoriale a_w espressi in mm/s^2 in bande di terzi di ottava da 1 Hz a 80 Hz. La normalizzazione dei dati si è resa necessaria poiché spesso i dati forniti in bibliografia differiscono per distanza di misura dalla sorgente, per ponderazione utilizzata (W_m o lineare) e per il numero di assi considerati. Solitamente l’asse Z risulta quello maggiormente sollecitato e le osservazioni sperimentali mostrano che generalmente le sollecitazioni massime nelle direzioni x e y risultano pari al più a 0.5 volte il valore massimo lungo l’asse Z. I livelli di accelerazione riportati sono da intendersi come livelli massimi relativi agli istanti di massima sollecitazione vibrazionale poiché la norma UNI 9614:2017 prevede che siano proprio i livelli massimi a dover essere valutati nel procedimento di verifica del disturbo.

I dati relativi alla sorgente S1 sono stati reperiti da misure in campo mentre i rimanenti sono stati reperiti da pubblicazioni specifiche o da dati di letteratura.

TABELLA 7: SPETTRI ASSOCIATI ALLE SORGENTI VIBRAZIONALI DI CANTIERE SELEZIONATE PER L’ANALISI

ID sorgente e descrizione		Livelli di accelerazione ponderata vettoriale a_w in mm/s^2 per bande di terzi di ottava																			
		1	1.2 5	1.6	2	2.5	3.1 5	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80
S1	Escavatore su cingoli durante operazioni di movimentazione con benna	1.7	3.0	2.4	3.5	2.4	3.5	4.4	3.5	6.1	4.5	3.1	5.0	4.3	27.0	11.5	19.9	17.9	8.8	7.2	10.6
S2	Escavatore cingolato con braccio demolitore (martellone idraulico)	5	6	2	4	5	13	10	20	23	26	17	15	15	16	22	22	14	10	6	5
S5	Rullo compattatore vibrante	2.0	4.4	4.6	4.6	6.7	8.5	8.0	8.6	8.7	9.0	10.1	50.3	22.0	6.7	24.1	10.8	43.1	18.9	12.9	8.3
S9	Macchina perforatrice diaframmatrice/pali trivellati	2.8	4.4	3.9	3.1	4.5	8.5	14.0	16.5	20.8	39.9	15.3	9.1	13.2	19.9	22.3	21.6	19.4	11.9	8.1	5.5

Gli spettri riportati nella tabella vengono rappresentati graficamente nell’immagine seguente nel seguito per il campo di frequenze 1-80 Hz e per le diverse tipologie di sorgenti che saranno analizzate.

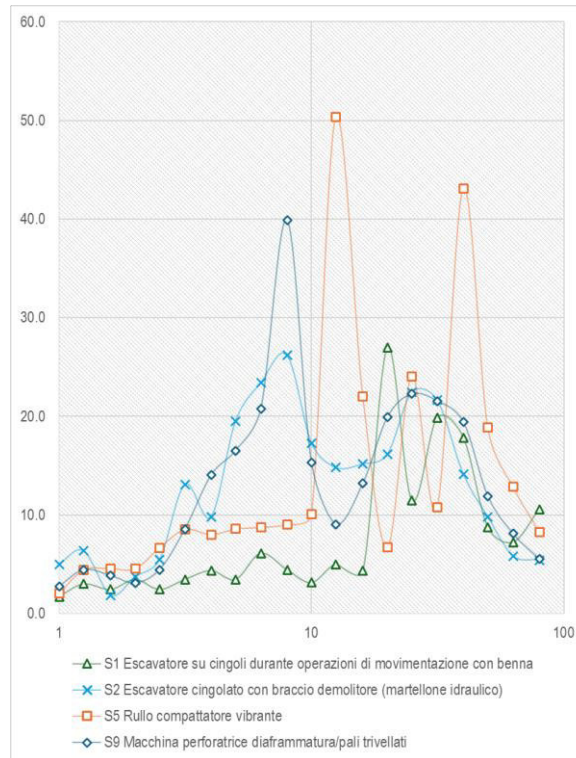


FIGURA 6: SPETTRI IN FREQUENZA PER LE SORGENTI VIBRAZIONALI CONSIDERATE

7.3 CALCOLO DELL'AREA DI INFLUENZA DEL POTENZIALE DISTURBO VIBRAZIONALE

A partire dagli spettri associati a ciascuna sorgente vibrazionale è possibile applicare il modello di propagazione per la valutazione del parametro di accelerazione ponderata totale definito dalla UNI 9614:2017 per una prima stima dell'area di influenza del potenziale disturbo. Le sorgenti vibrazionali saranno valutate singolarmente poiché la contemporaneità di funzionamento delle stesse è generalmente prevista in fasi temporalmente diverse nel corso del cantiere. È stata pertanto applicata l'equazione a due variabili riportata al capitolo 4 inserendo gli spettri delle sorgenti S1-S2-S5-S9 e con i seguenti parametri:

d_0	5 m	Distanza di riferimento
η/c	1×10^{-4}	Rapporto tra fattore di perdita e velocità di propagazione per terreni prevalentemente ghiaiosi
n	0.5	Esponente relativo a sorgenti puntuali poste in superficie

Si riportano nel seguito le curve di propagazione in frequenza dei livelli di accelerazione ponderata totale a_w ottenute per le sorgenti vibrazionali relative alle sorgenti S1-S2-S5-S9 e le distanze di influenza potenziale.

Le aree di potenziale influenza sono state determinate in funzione del rispetto del valore limite di riferimento riportato dalla norma UNI 9614 per il periodo diurno feriale, corrispondente a 77 dB o 7.2 mm/s^2 , in assenza di informazioni specifiche allo stato attuale relativamente all'operatività notturna o durante giorni festivi del cantiere (eccezione fatta per la realizzazione del viadotto sulla

A23 per il quale sono previste lavorazioni notturne ma dove non sono presenti ricettori in un ragionevole intorno dal cantiere.

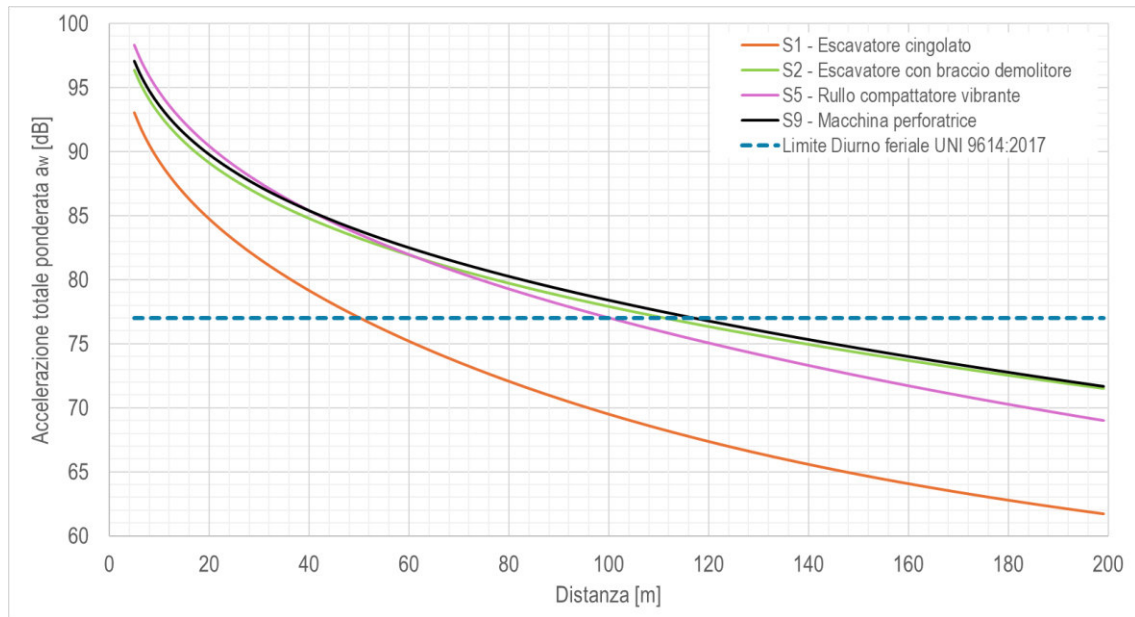


FIGURA 7: AREE DI INFLUENZA PER LE SORGENTI VIBRAZIONALI CONSIDERATE

TABELLA 8: DISTANZE DI INFLUENZA PER LE SORGENTI VIBRAZIONALI CONSIDERATE E LE RELATIVE VIBRAZIONI

ID	Attrezzatura/mezzo d'opera	Lavorazioni associate	Distanza di influenza
S1	Escavatore su cingoli	Scavo rampe, scavo fondazioni spalle e pile, sbancamento con allontanamento	50 m
S2	Escavatore con braccio demolitore	Demolizione e dismissione rilevato stradale esistente	115 m
S5	Rullo compattatore vibrante	Stesa conglomerato bituminoso	100 m
S9	Macchina perforatrice	Diaframmatura – Pali trivellati spalle e pile	120 m

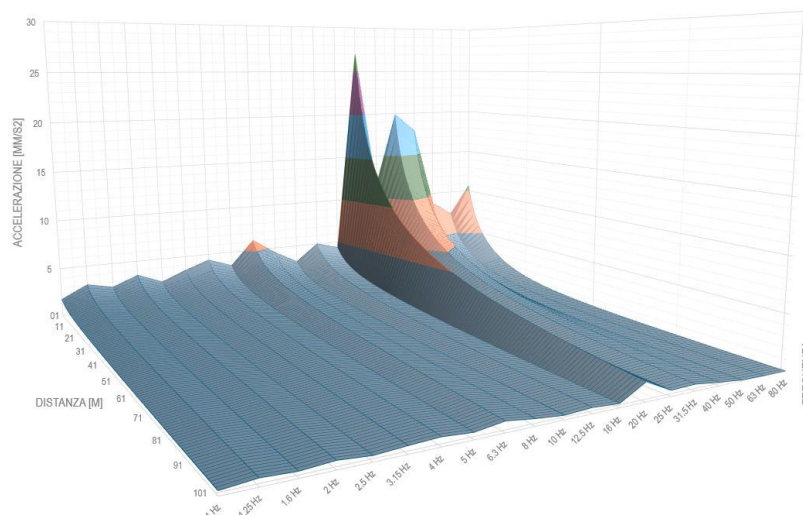


FIGURA 8: PROFILO DI DECADIMENTO DISTANZA/FREQUENZA PER LA SORGENTE S1 - ESCAVATORE

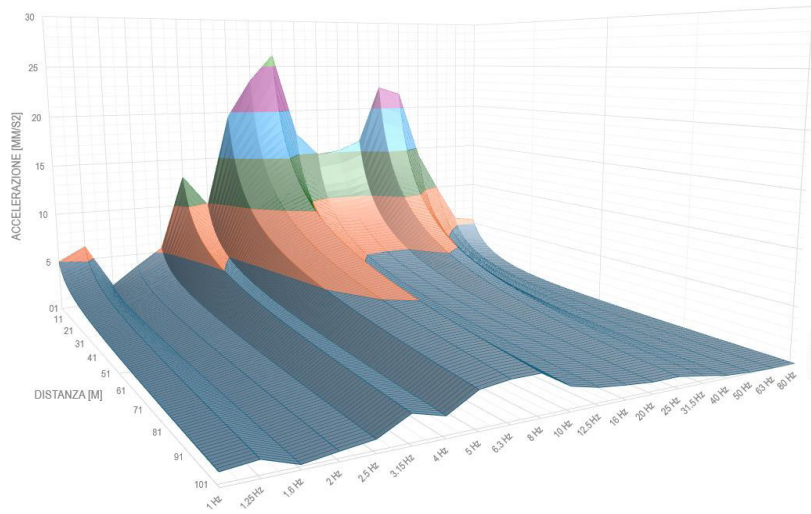


FIGURA 9: PROFILO DI DECADIMENTO DISTANZA/FREQUENZA PER LA SORGENTE S2 – ESCAVATORE CON DEMOLITORE

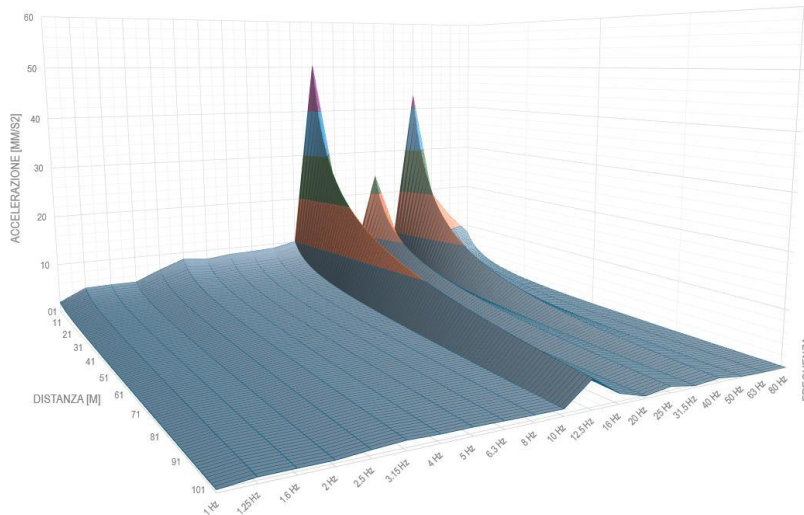


FIGURA 10: PROFILO DI DECADIMENTO DISTANZA/FREQUENZA PER LA SORGENTE S5 – RULLO COMPATTATORE

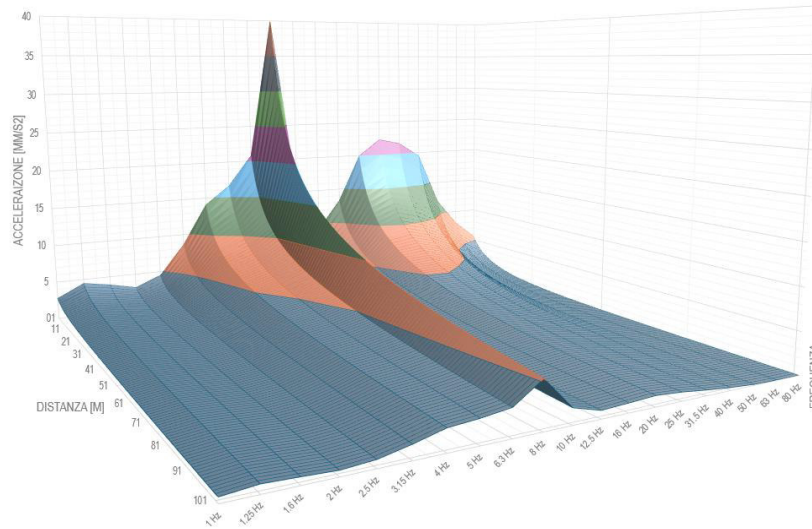


FIGURA 11: PROFILO DI DECADIMENTO DISTANZA/FREQUENZA PER LA SORGENTE S9 – MACCHINA PERFORATRICE

Analizzando le distanze di potenziale influenza calcolate si osserva come la sorgente maggiormente impattante sia la macchina perforatrice S9, seguita dall'escavatore con demolitore S2. Entrambe le sorgenti saranno attive localmente presso le aree di realizzazione di manufatti e opere d'arte. Il rullo compattatore vibrante S5 sarà utilizzato invece lungo tutto il tracciato infrastrutturale così come l'escavatore cingolato S1. L'estensione massima del buffer per la ricerca di potenziali ricettori impattati può essere pertanto assunto pari a 150 m dall'asse stradale, considerando la larghezza del tracciato di progetto e la possibilità che le macchine si posizionino nell'immediato intorno dello stesso.

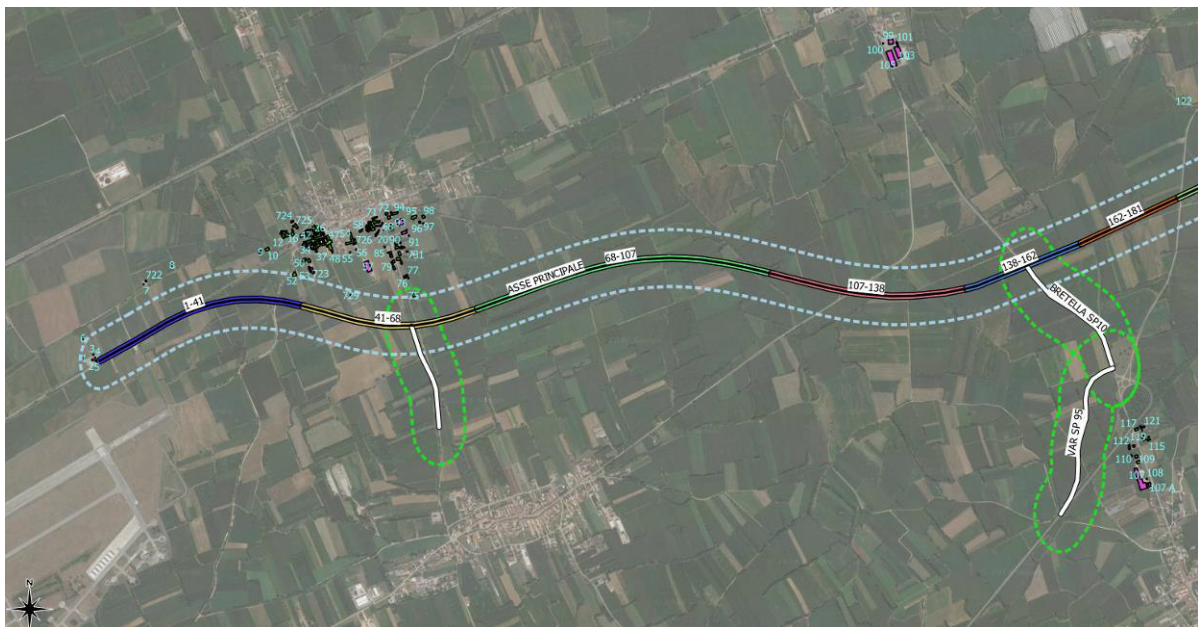


FIGURA 12: BUFFER ASSE PRINCIPALE E ASSI SECONDARI FINO ALLA SEZIONE 181

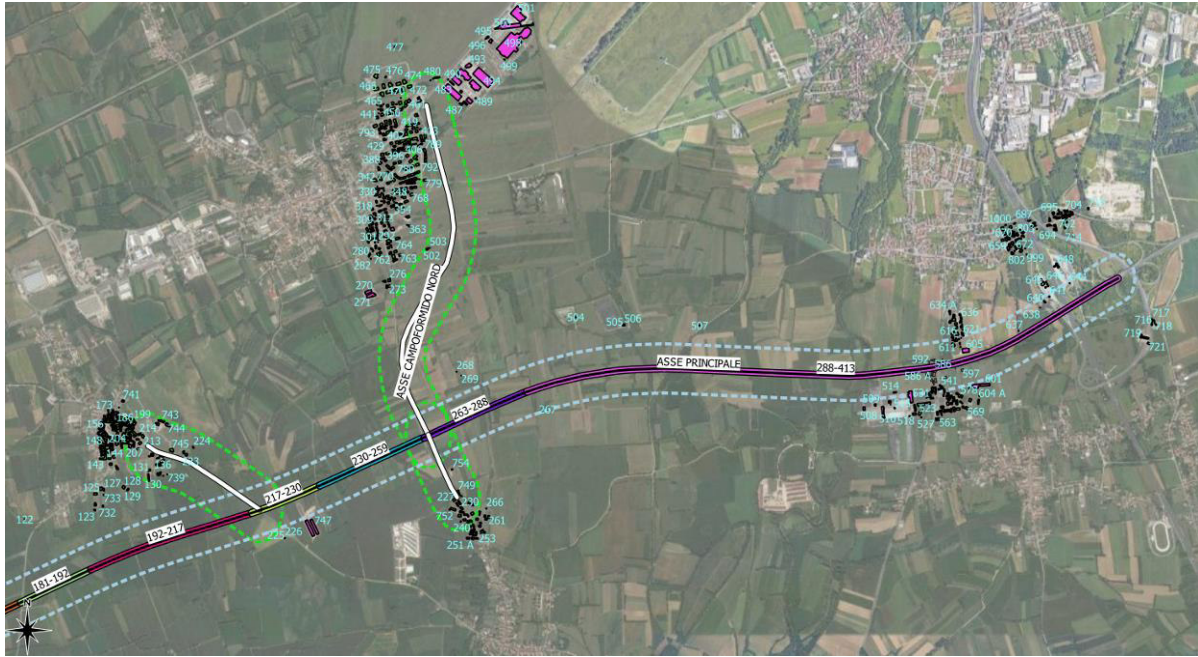


FIGURA 13: BUFFER ASSE PRINCIPALE E ASSI SECONDARI DALLA SEZIONE 181 AL TERMINE DELL'INFRASTRUTTURA

8 INDIVIDUAZIONE DEGLI SCENARI DI MASSIMO DISTURBO VIBRAZIONALE

Alla luce di quanto analizzato al capitolo 7 e tramite la definizione dei buffer di potenziale disturbo vibrazionale, sono stati individuati una serie di scenari di valutazione che in base al tipo di lavorazioni svolte e alla presenza di potenziali ricettori risultano rappresentativi per il presente studio.

Gli scenari in oggetto vengono riassunti nel prospetto seguente con indicazione della posizione dell'opera in cantiere e dei ricettori interessati unitamente alla lavorazione di riferimento e la relativa sorgente vibrazionale associata (cfr. Tabella 6).

TABELLA 9: ELENCO DEGLI SCENARI DI VALUTAZIONE

ID scenario	Manufatto/Opera/Posizione	Ricettori interessati	Lavorazione	Sorgente
B1	Opera n.3 - Sottopasso agricolo	Ricettore 52 a nord dell'asse principale	Diaframmatrice	S9
B2	Opera n.4 - Sovrappasso agricolo	Ricettori 75-76 a nord dell'asse principale	Diaframmatrice	S9
B3	Opera n.19 - Viadotto rotatoria S.S. 353	Ricettori 537 541 542 a sud asse principale	Demolizioni	S2
B4	Opera n.23 - Sottopasso via Vecchia Postale	Ricettori a est var. SP 89	Diaframmatrice	S9
B5	Opera n.24 - Sottopasso S.S. 13	Ricettori a est var. SP 89	Diaframmatrice	S9
B6	Asse 24 - Var. S.C. Carpeneto-Orgnano	Ricettori 738-745-223	Conglomerato bituminoso	S5
B7	Asse 9 - Var S.P. 95	Ricettore 117	Demolizioni	S2
B8	Opera n.24 - Sottopasso S.S. 13	Ricettori a est var. SP 89	Scavo delle rampe	S1
B9	Asse sud S.P. 89 a sud Opera n.15	Ricettori 749-750-227	Conglomerato bituminoso	S5
B10	Asse principale - da sez 288 a sez 413	Ricettori 605-606	Conglomerato bituminoso	S5
B11	Opera n.23 - Sottopasso via Vecchia Postale	Ricettori a est var. SP 89	Conglomerato bituminoso	S5
B12	Opera n.24 - Sottopasso S.S. 13	Ricettori a est var. SP 89	Conglomerato bituminoso	S5
B13	Opera n.23 - Sottopasso via Vecchia Postale	Ricettori a est var. SP 89	Scavo delle rampe	S1

Nel prossimo capitolo gli scenari B1÷B14 saranno valutati singolarmente allo scopo di valutare in via previsionale i potenziali livelli vibrazionali durante le attività di progetto presso i ricettori maggiormente esposti.

La posizione degli scenari nel quadro territoriale dell'area di progetto è riportata in Annesso 1.

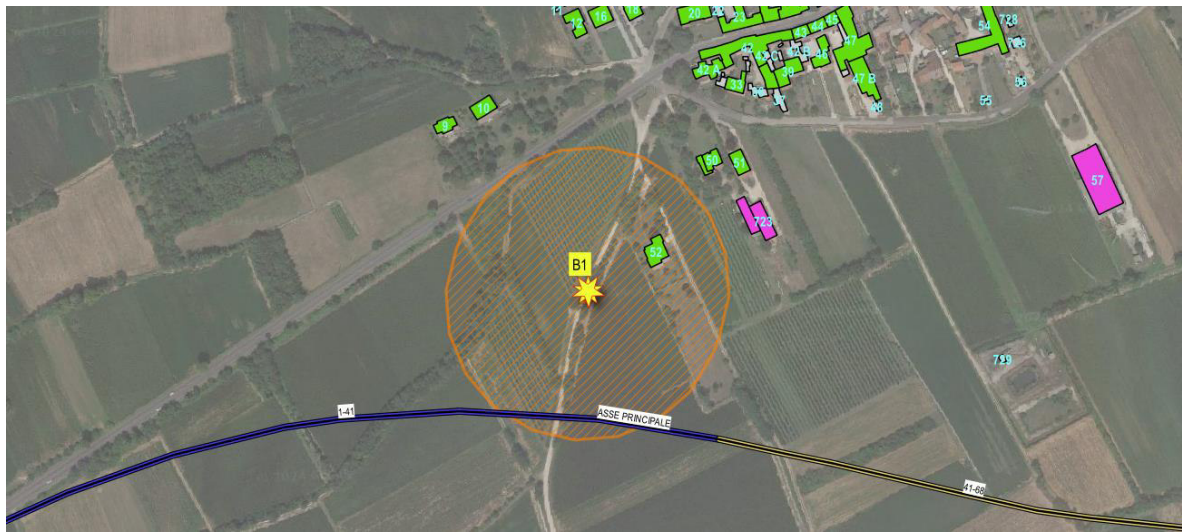
9 CALCOLO PREVISIONALE PER I DIVERSI SCENARI

Vengono presentati nel seguito i calcoli previsionali vibrazionali relativi agli scenari descritti al capitolo 8 presso i ricettori censiti e maggiormente esposti espressi in termini di accelerazione ponderata totale massima in dB per un confronto con il valore limite diurno feriale.

Ciascuna scheda descrittiva riporta l'individuazione su ortofoto e sul tracciato di progetto dell'ambito di analisi, con la sovrapposizione dei ricettori interessati e di un buffer di influenza relativo ad un possibile avanzamento del cantiere su una base di riferimento temporale orientata sulla mezza giornata. Vengono riportati poi i parametri utilizzati nel modello di calcolo e alcuni dati relativi ai ricettori (nr. di piani e stato di conservazione).

I ricettori indicati in verde risultano del tipo residenziale, in viola del tipo produttivo e in grigio di altra tipologia che sarà dettagliata nelle note.

ID scenario	Manufatto/Opera/Posizione	Ricettori interessati	Lavorazione	Sorgente
B1	Opera n.3 - Sottopasso agricolo	52	Diaframmatura	S9 – macchina perforatrice



Litotipo	η/c	n	Ampiezza del buffer
Ghiaie con matrice sabbiosa e abbondante legante limoso argilloso	1×10^{-4}	1	120 m

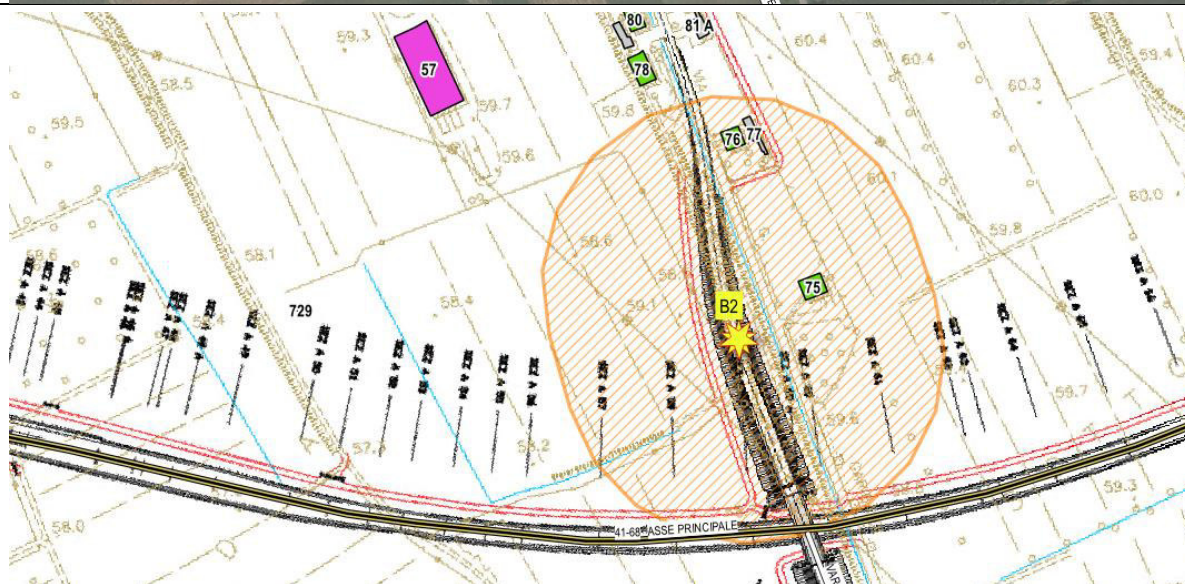
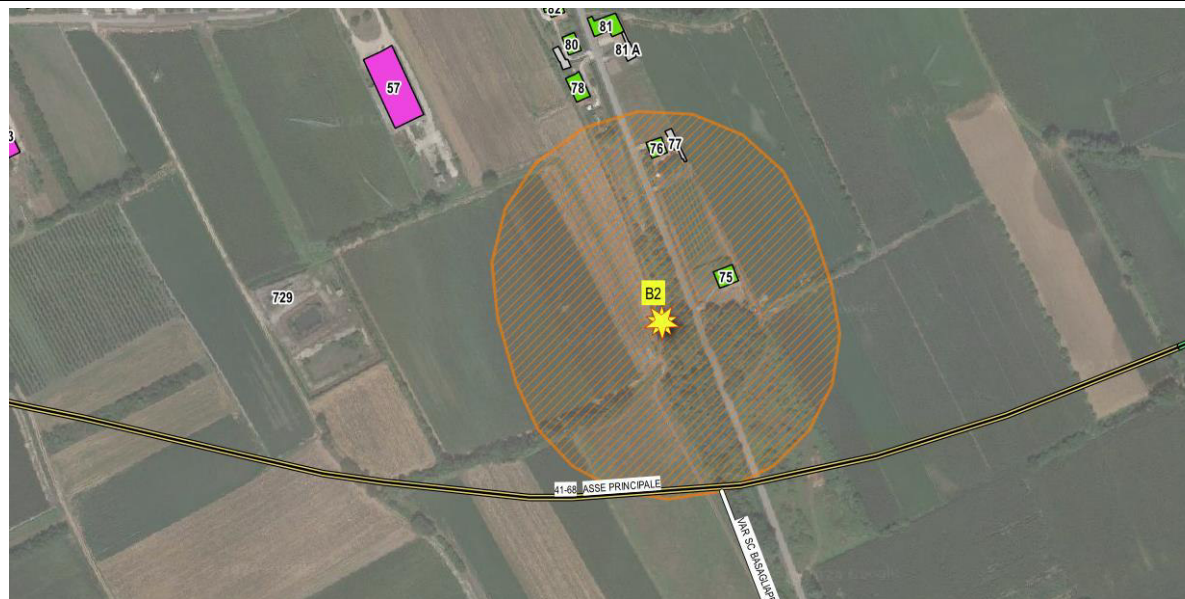
Risultati del calcolo previsionale

Ricettore	Tipologia	Nr. piani	Stato	a_w [dB]	Valore limite diurno feriale [dB]
52	Residenziale	2	Buono	83.2	77.0

Note

Il superamento dei valori limite è limitato al solo ricettore 52

ID scenario	Manufatto/Opera/Posizione	Ricettori interessati	Lavorazione	Sorgente
B2	Opera n.4 - Sovrappasso agricolo	75-76	Diaframmatura	S9 – macchina perforatrice



Litotipo	η/c	n	Ampiezza del buffer
Ghiaie con matrice sabbiosa e abbondante legante limoso argilloso	1×10^{-4}	1	120 m

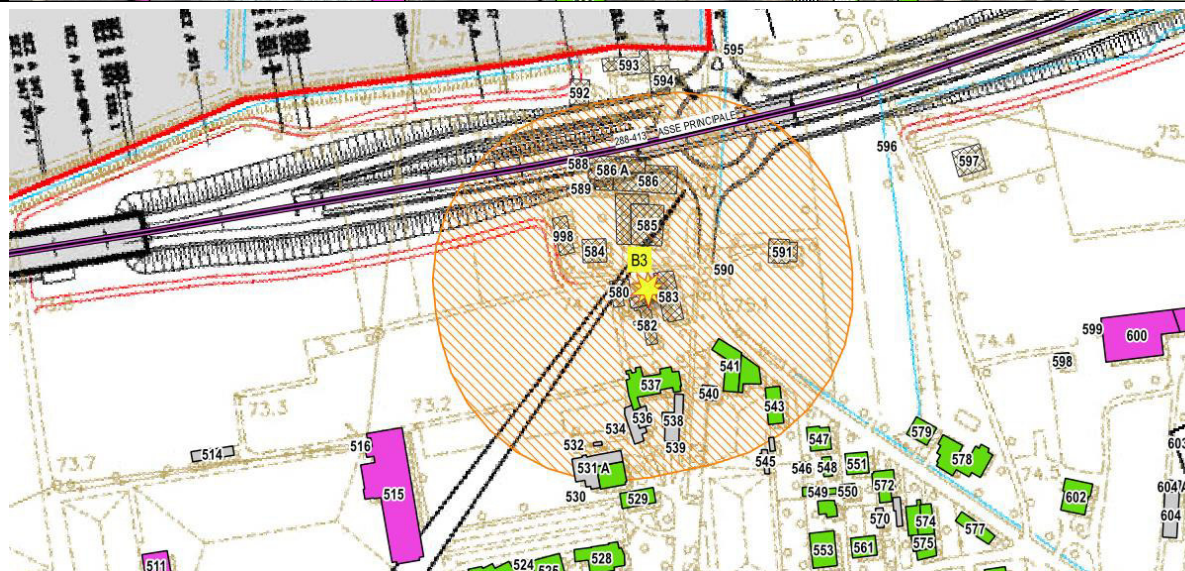
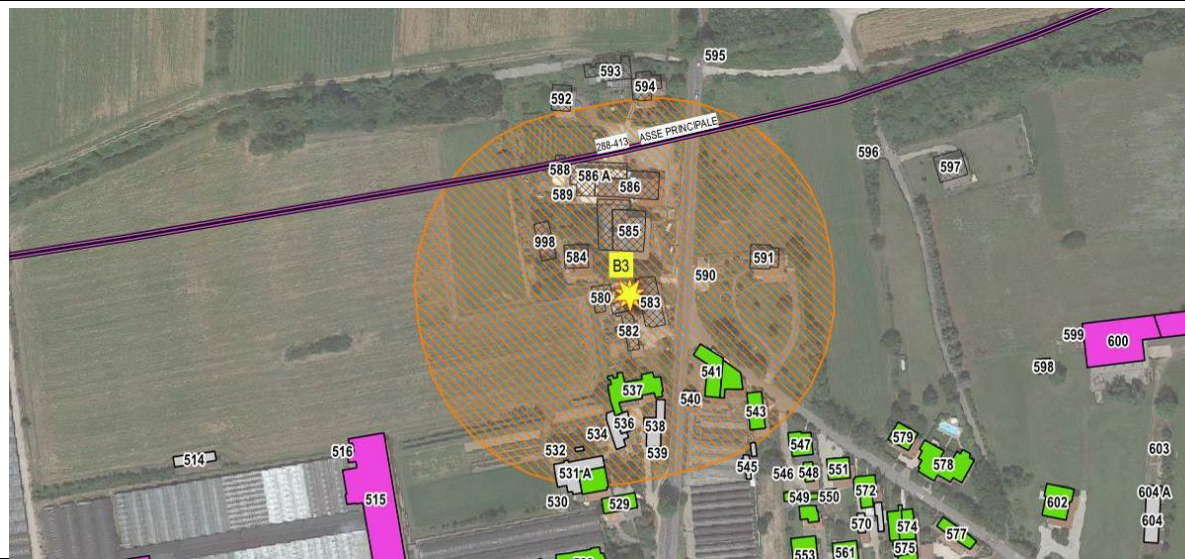
Risultati del calcolo previsionale

Ricettore	Tipologia	Nr. piani	Stato	a_w [dB]	Valore limite diurno feriale [dB]
75	Residenziale	2	Buono	84.4	77.0
76	Residenziale	2	Buono	77.6	77.0

Note

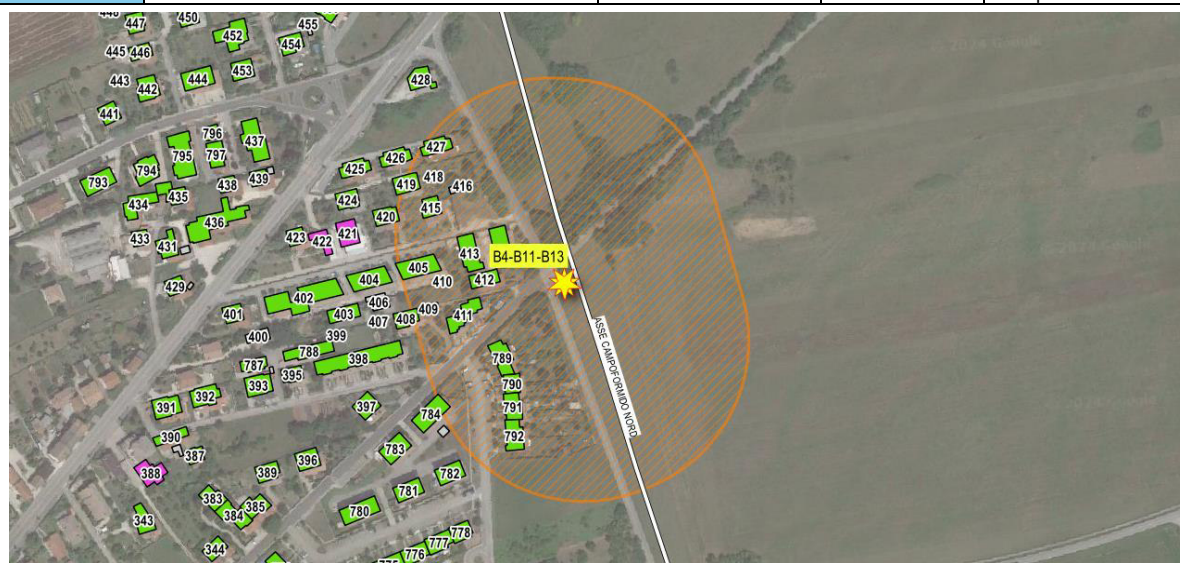
Il ricettore R77 non è stato considerato (baracca), per cui si ipotizzano superamenti limitati a due soli ricettori. Considerando il fronte delle lavorazioni potrebbero verificarsi dei superamenti anche presso R78.

ID scenario	Manufatto/Opera/Posizione	Ricettori interessati	Lavorazione	Sorgente
B3	Opera n.19 - Viadotto rotatoria S.S. 353	537-541-543	Demolizioni	S2 – Escavatore con braccio demolitore



Litotipo		η/c	n	Ampiezza del buffer	
Ghiaie con frequenti livelli cementati		1.4×10^{-4}	1	95 m	
Risultati del calcolo previsionale					
Ricettore	Tipologia	Nr. piani	Stato	a_w [dB]	Valore limite diurno feriale [dB]
537	Residenziale	2	Parzialmente abitato	84.0	77.0
541	Residenziale	2	Discreto	83.1	77.0
543	Residenziale	2	Buono	77.5	77.0
Note					
Il ricettore 537 è parzialmente abitato e parzialmente in disuso. Gli altri edifici non sono stati considerati (baracche e tettoie). Considerando il fronte delle lavorazioni potrebbero verificarsi dei superamenti anche presso i ricettori 551-547-531.					

ID scenario	Manufatto/Opera/Posizione	Ricettori interessati	Lavorazione	Sorgente
B4	Opera n.23 - Sottopasso via Vecchia Postale	405-411-412-413-414-415 419-427-789-790-791-792	Diaframmatrice	S9 – macchina perforatrice



Litotipo	η/c	n	Ampiezza del buffer
Ghiaie con matrice sabbiosa e abbondante legante limoso argilloso	1×10^{-4}	1	120 m

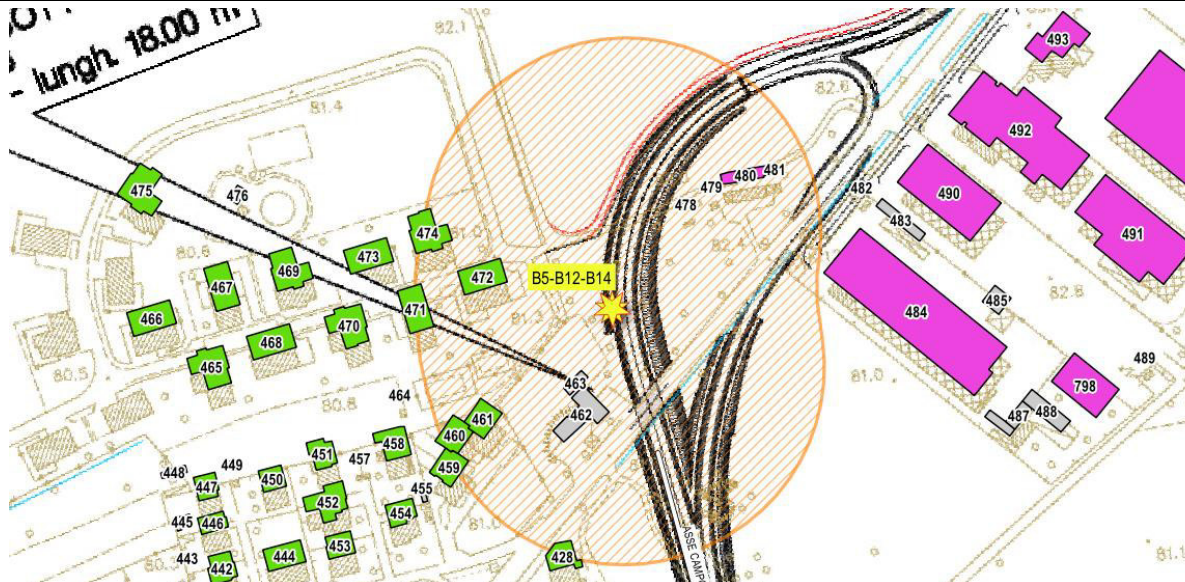
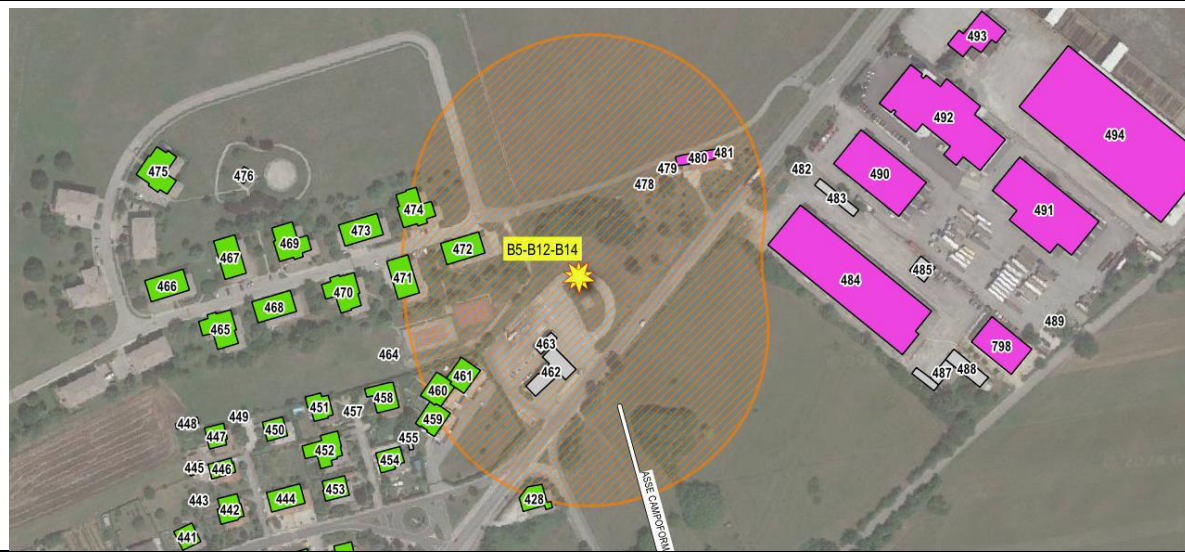
Risultati del calcolo previsionale

Ricettore	Tipologia	Nr. piani	Stato	a_w [dB]	Valore limite diurno feriale [dB]
414	Residenziale	2	Buono	85.4	77.0
412	Residenziale	2	Buono	83.8	77.0
789÷792	Residenziale	2	Buono	83.2	77.0

Note

Diversi ricettori di tipo residenziale risultano potenzialmente interessati dall'impatto vibrazionale. Considerando la distanza dal fronte di cantiere e l'esecuzione in tempistiche diverse di altre lavorazioni potenzialmente impattanti si rimanda all'esecuzione di rilievi vibrazionali in corso d'opera come meglio dettagliato al paragrafo 10.1.

ID scenario	Manufatto/Opera/Posizione	Ricettori interessati	Lavorazione	Sorgente
B5	Opera n.24 - Sottopasso S.S. 13	428-459-460-461 471-472-474	Diaframmatrice	S9 – macchina perforatrice

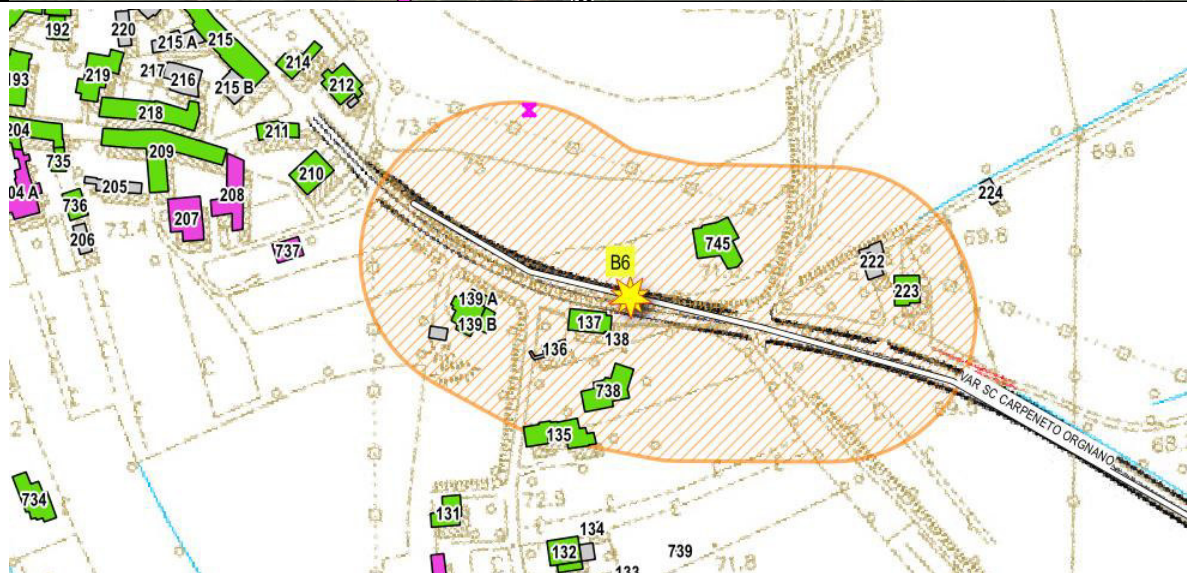
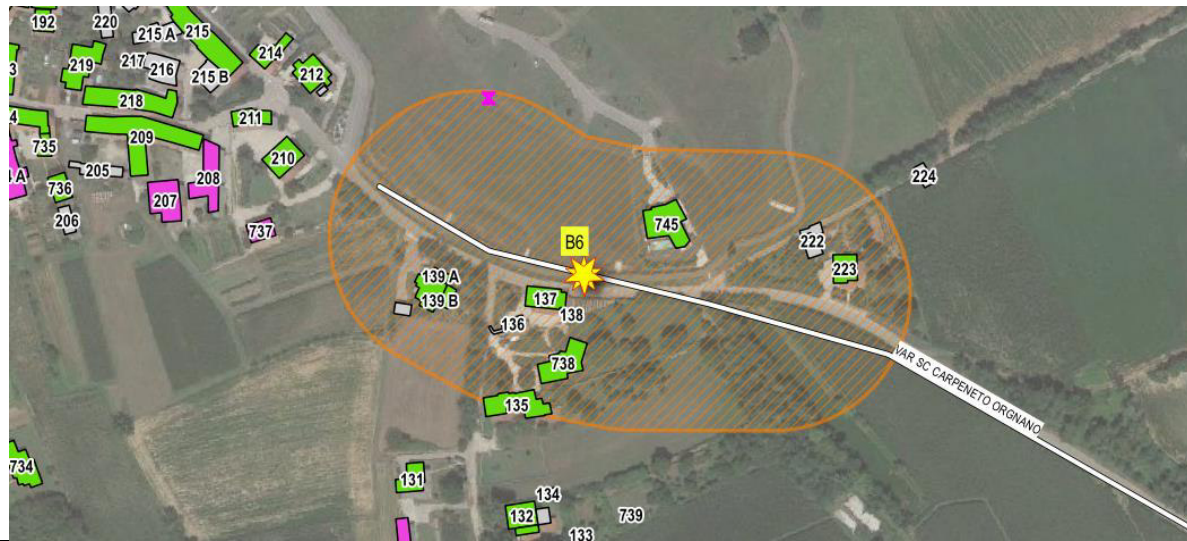


Litotipo	η/c	n	Ampiezza del buffer
Ghiaie con matrice sabbiosa e abbondante legante limoso argilloso	1×10^{-4}	1	120 m

Risultati del calcolo previsionale					
Ricettore	Tipologia	Nr. piani	Stato	a_w [dB]	Valore limite diurno feriale [dB]
460-461	Residenziale	2	Buono	79.0	77.0
472	Residenziale	3	Buono	81.2	77.0
471-474	Residenziale	3	Buono	78.4	77.0

Note
I ricettori 462-463, che risultano quelli maggiormente prossimi al fronte del cantiere, coincidono con un distributore di carburante e non saranno considerati.

ID scenario	Manufatto/Opera/Posizione	Ricettori interessati	Lavorazione	Sorgente
B6	Asse 24 - Var. S.C. Carpeneto-Orgnano	135-137-139-738-745-223	Stesa conglomerato bituminoso	S5 – rullo compattatore vibrante



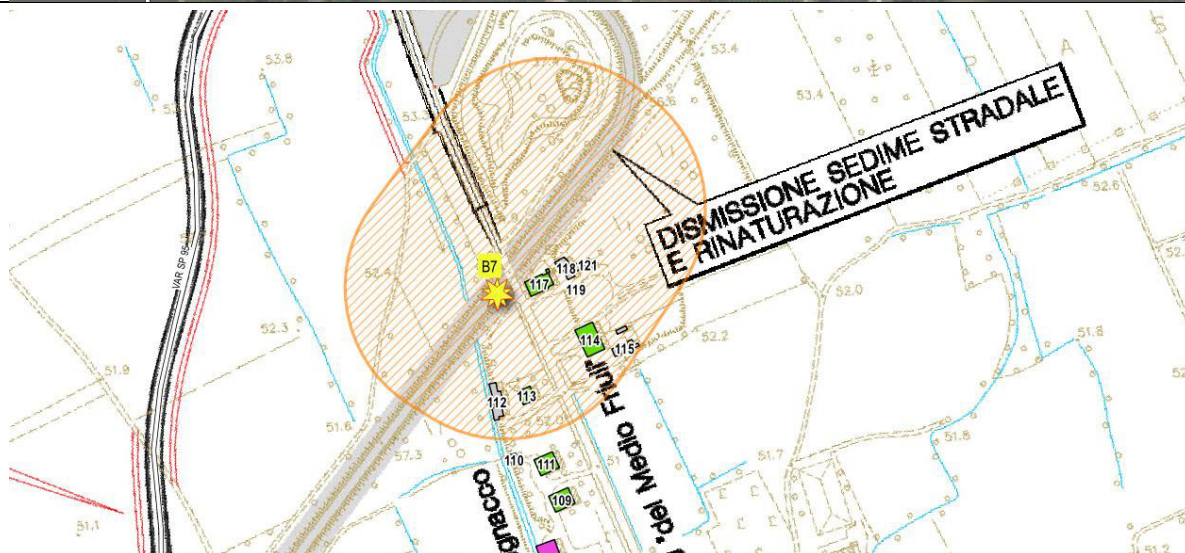
Litotipo	η/c	n	Ampiezza del buffer
Sabbie con inclusioni di ghiaie	2×10^{-4}	1	70 m

Risultati del calcolo previsionale					
Ricettore	Tipologia	Nr. piani	Stato	a_w [dB]	Valore limite diurno feriale [dB]
137	Residenziale	2	Ottimo	94.0	77.0
139	Residenziale	2	Buono	88.9	77.0
738-745	Residenziale	2	Buono	85.4	77.0

Note

Diversi ricettori sono potenzialmente esposti a disturbo vibrazionale, con particolare riguardo al ricettore 137 che si trova a distanza ravvicinata dall'attuale viabilità, anche se l'impatto risulta limitato nel tempo rispetto ad altri tipi di lavorazione.

ID scenario	Manufatto/Opera/Posizione	Ricettori interessati	Lavorazione	Sorgente
B7	Asse 9 - Var S.P. 95	113-114-117	Demolizioni	S2 – Escavatore con braccio demolitore



Litotipo	η/c	n	Ampiezza del buffer
Ghiaie con matrice sabbiosa e abbondante legante limoso argilloso	1×10^{-4}	1	110 m

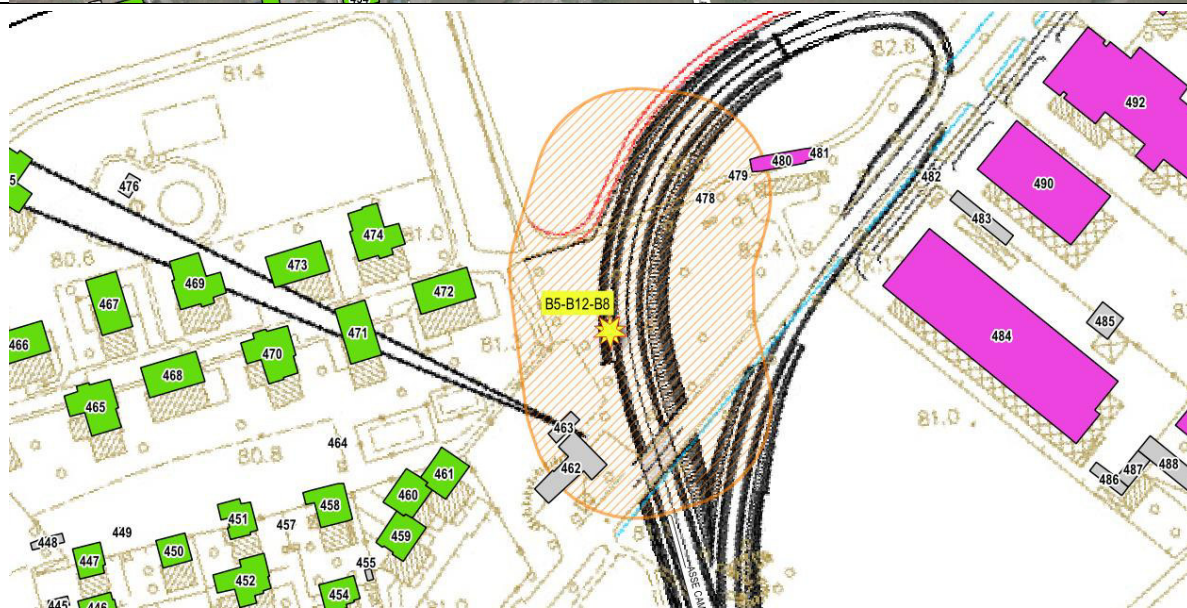
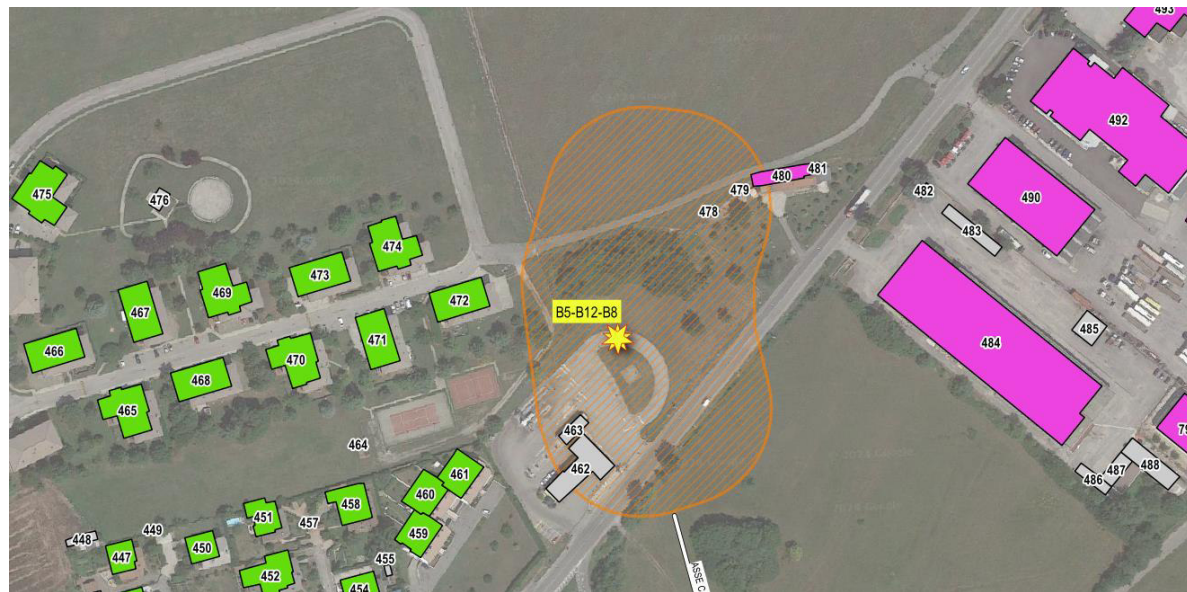
Risultati del calcolo previsionale

Ricettore	Tipologia	Nr. piani	Stato	a_w [dB]	Valore limite diurno feriale [dB]
117	Residenziale	2	Ottimo	89.1	77.0
114	Residenziale	2	Buono	80.8	77.0
113	Residenziale	3	Buono	80.2	77.0

Note

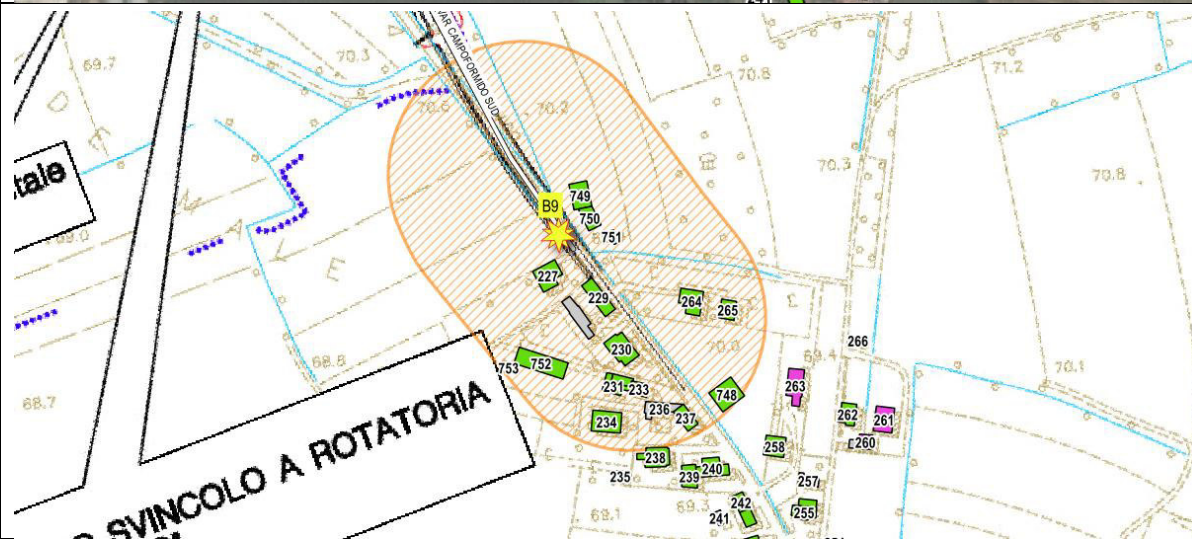
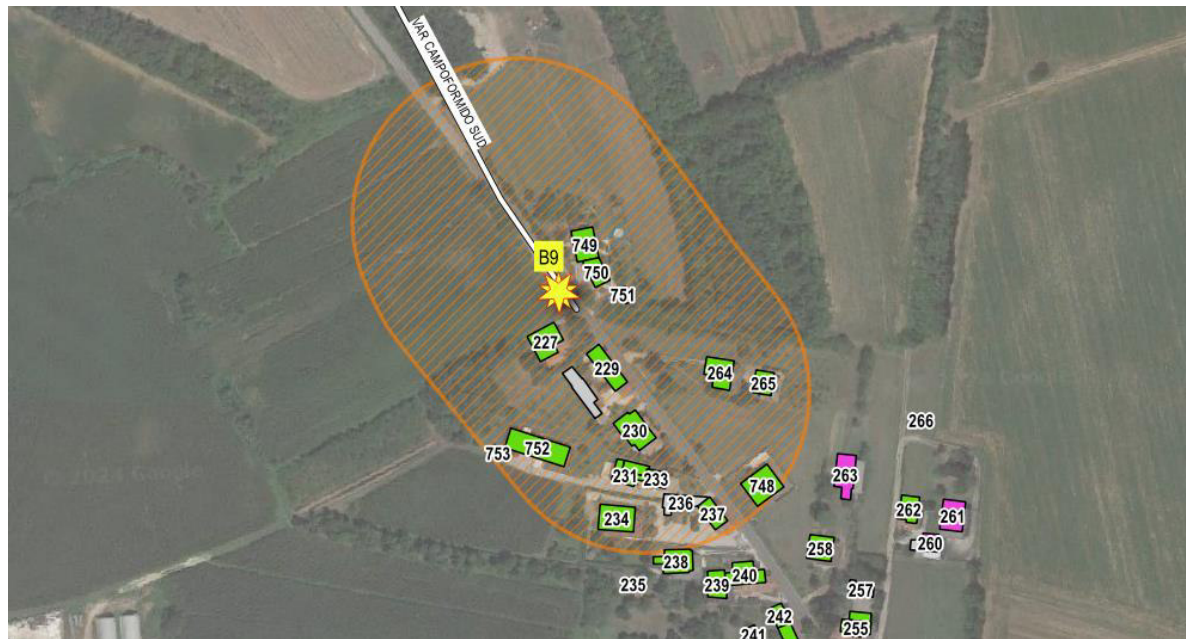
Lavorazioni di demolizione del sedime stradale esistente (che si sviluppa in rilevato). Il resto dei fabbricati è stato censito come baracche/tettoie e pertanto non sarà considerato.

ID scenario	Manufatto/Opera/Posizione	Ricettori interessati	Lavorazione	Sorgente
B8	Opera n.24 - Sottopasso S.S. 13	428-459-460-461 471-472-474	Scavo delle rampe	S1 – Escavatore cingolato



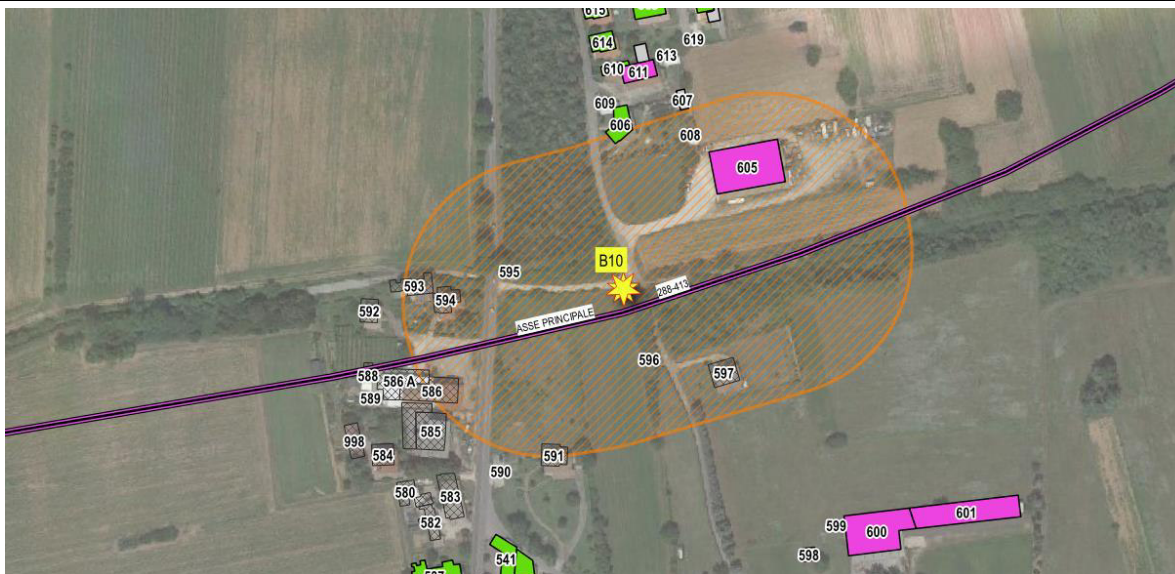
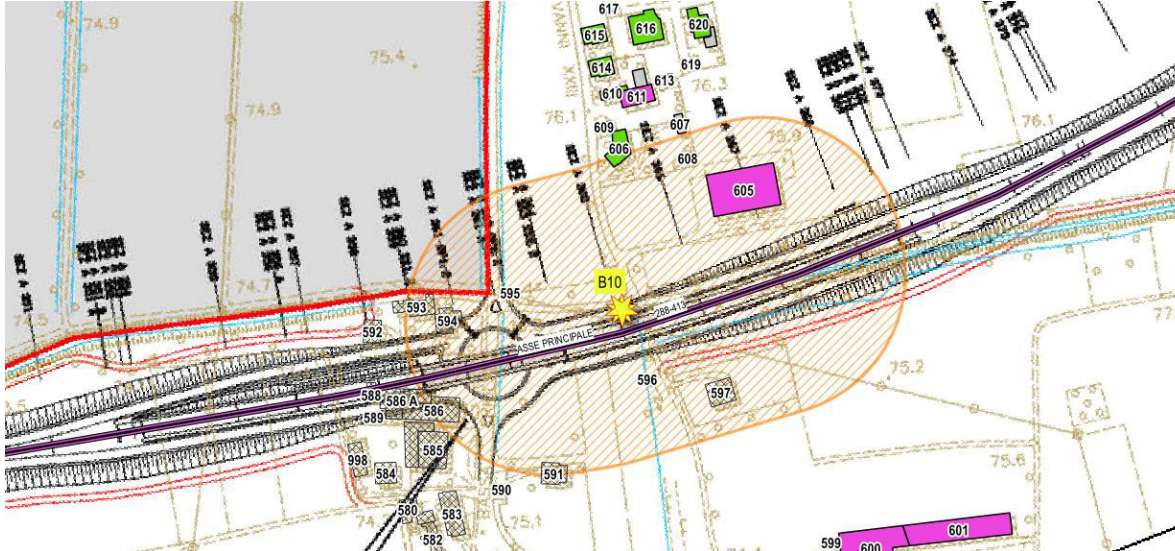
Litotipo		η/c	n	Ampiezza del buffer	
Ghiaie con matrice sabbiosa e abbondante legante limoso argilloso		1×10^{-4}	1	50 m	
Risultati del calcolo previsionale					
Ricettore	Tipologia	Nr. piani	Stato	a_w [dB]	Valore limite diurno feriale [dB]
472	Residenziale	2	Buono	75.0	77.0
461	Residenziale	2	Buono	72.0	77.0
Note					
Lavorazioni di scavo delle rampe – non si ipotizzano superamenti del valore limite per tale attività.					

ID scenario	Manufatto/Opera/Posizione	Ricettori interessati	Lavorazione	Sorgente
B9	Asse sud S.P. 89 a sud Opera n.15	749-750-227-229-230-231-232-233-264	Stesa conglomerato bituminoso	S5 – rullo compattatore vibrante



Litotipo		η/c	n	Ampiezza del buffer	
Ghiaie con matrice sabbiosa e abbondante legante limoso argilloso		1×10^{-4}	1	85 m	
Risultati del calcolo previsionale					
Ricettore	Tipologia	Nr. piani	Stato	a_w [dB]	Valore limite diurno feriale [dB]
749-750	Residenziale	2	Ottimo	94.4	77.0
229	Residenziale	2	Buono	98.3	77.0
230	Residenziale	2	Buono	96.5	77.0
Note					

Diversi ricettori sono potenzialmente esposti a disturbo vibrazionale, con diversi edifici a distanza ravvicinata dalla futura sede stradale. Per la lavorazione in oggetto tuttavia l'impatto risulta limitato nel tempo rispetto ad altri tipi di lavorazione.

ID scenario	Manufatto/Opera/Posizione	Ricettori interessati	Lavorazione	Sorgente	
B10	Asse principale - da sez 288 a sez 413	Ricettori 605-606	Stesa conglomerato bituminoso	S5 – rullo compattatore vibrante	
					
					
Litotipo		η/c	n	Ampiezza del buffer	
Ghiaie con frequenti livelli cementati		1.4×10^{-4}	1	85 m	
Risultati del calcolo previsionale					
Ricettore	Tipologia	Nr. piani	Stato	a_w [dB]	Valore limite diurno feriale [dB]
606	Residenziale	2	Discreto	76.7	77.0
605	Produttivo	2	Discreto	86.6	83.0

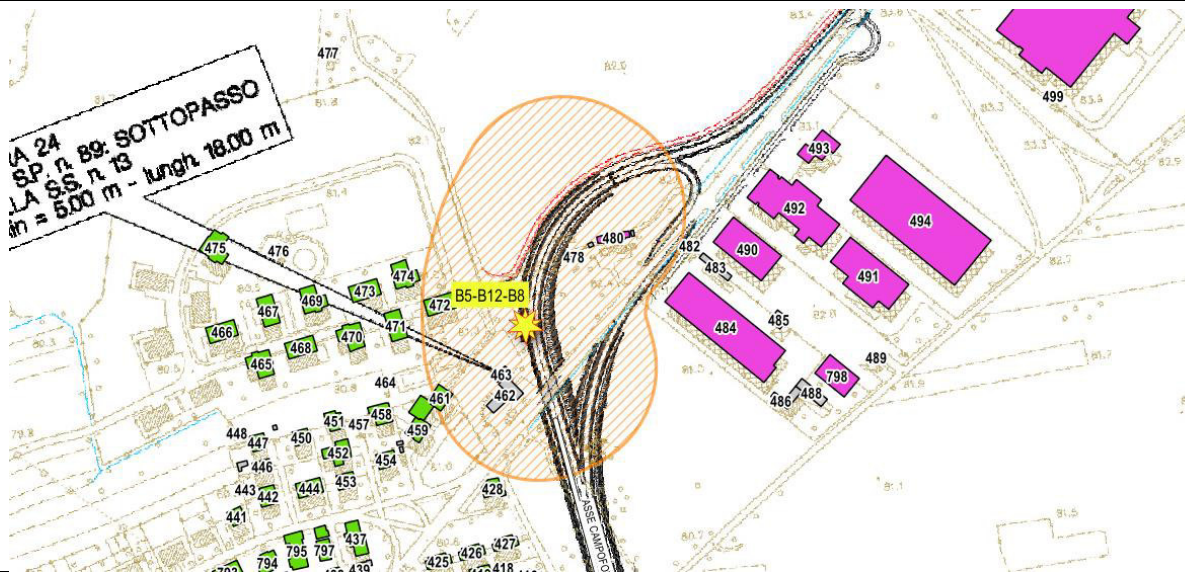
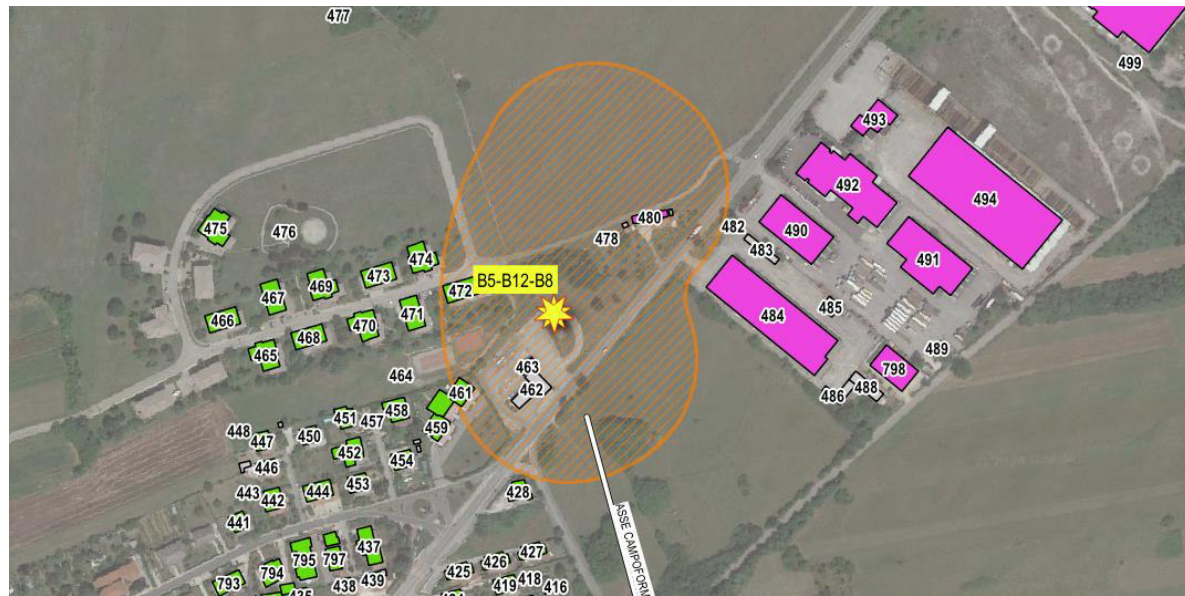
Note

Per il contesto analizzato si segnala un superamento potenziale del valore limite destinato ai luoghi produttivi in corrispondenza del fabbricato ad uso artigianale/industriale 605.

ID scenario	Manufatto/Opera/Posizione	Ricettori interessati	Lavorazione	Sorgente	
B11	Opera n.23 - Sottopasso via Vecchia Postale	427-428-411-412-413-414-789-790-791-792	Stesa conglomerato bituminoso	S5 – rullo compattatore vibrante	
Litotipo		η/c	n	Ampiezza del buffer	
Ghiaie con matrice sabbiosa e abbondante legante limoso argilloso		1×10^{-4}	1	100 m	
Risultati del calcolo previsionale					
Ricettore	Tipologia	Nr. piani	Stato	a_w [dB]	Valore limite diurno feriale [dB]
414	Residenziale	2	Buono	85.4	77.0
412	Residenziale	2	Buono	83.6	77.0
789÷792	Residenziale	2	Buono	80.7	77.0
Note					

Diversi ricettori di tipo residenziale risultano potenzialmente interessati dall’impatto vibrazionale. Considerando quanto riportato per lo scenario B4 relativamente ad altre lavorazioni previste potenzialmente impattanti rimanda all’esecuzione di rilievi vibrazionali in corso d’opera come meglio dettagliato al paragrafo 10.1.

ID scenario	Manufatto/Opera/Posizione	Ricettori interessati	Lavorazione	Sorgente
B12	Opera n.24 - Sottopasso S.S. 13	472-461	Stesa conglomerato bituminoso	S5 – rullo compattatore vibrante



Litotipo				η/c	n	Ampiezza del buffer
Ghiaie con matrice sabbiosa e abbondante legante limoso argilloso				1×10^{-4}	1	100 m
Risultati del calcolo previsionale						
Ricettore	Tipologia	Nr. piani	Stato	a_w [dB]		Valore limite diurno feriale [dB]

461	Residenziale	2	Buono	78.7	77.0
472	Residenziale	3	Buono	82.0	77.0
Note					
I ricettori 462-463 coincidono con un distributore di carburante e non saranno considerati. Si ipotizzano superamenti potenziali presso soli due ricettori con un impatto limitato nel tempo rispetto ad altri tipi di lavorazione.					

ID scenario	Manufatto/Opera/Posizione	Ricettori interessati	Lavorazione	Sorgente	
B13	Opera n.23 - Sottopasso via Vecchia Postale	414	Scavo delle rampe	S1 – Escavatore cingolato	
					
					
Litotipo		η/c	n	Ampiezza del buffer	
Ghiaie con matrice sabbiosa e abbondante legante limoso argilloso		1×10^{-4}	1	50 m	
Risultati del calcolo previsionale					
Ricettore	Tipologia	Nr. piani	Stato	a_w [dB]	Valore limite diurno feriale [dB]
414	Residenziale	2	Buono	81.6	77.0
Note					
Il superamento dei valori limite è limitato al solo ricettore 414					

9.1 SINTESI DEI RISULTATI

Viene proposta nel seguito in Tabella 10 una sintesi dei risultati ottenuti dai calcoli previsionali presentati al capitolo 9 per i diversi scenari unitamente ad una classificazione proposta del grado di potenziale criticità vibrazionale delle attività di cantiere.

Il grado di potenziale criticità è ponderato in funzione di diversi parametri quali il livello vibrazionale stimato presso i ricettori, il numero di ricettori e bersagli coinvolti, la durata delle lavorazioni, l'esecuzione presso la stessa area di altre lavorazioni impattanti e di altri fattori quali la compresenza di altre fonti di impatto (rumore/polveri) e la risposta attesa della popolazione coinvolta sulla base di esperienze pregresse maturate nell'ambito di attività simili.

L'ultima colonna riporta alcune indicazioni relative alla necessità di monitoraggio in corso d'opera, che saranno dettagliate al capitolo 10.

TABELLA 10: ELENCO DEGLI SCENARI DI VALUTAZIONE

ID scenario	Manufatto/Opera/Posizione	Lavorazione	Grado di potenziale criticità vibrazionale	Monitoraggio in corso d'opera
B1	Opera n.3 - Sottopasso agricolo	Diaframmatrice	Basso	No
B2	Opera n.4 - Sovrappasso agricolo	Diaframmatrice	Basso	No
B3	Opera n.19 - Viadotto rotatoria S.S. 353	Demolizioni	Medio	Si
B4	Opera n.23 - Sottopasso via Vecchia Postale	Diaframmatrice	Alto	Si
B5	Opera n.24 - Sottopasso S.S. 13	Diaframmatrice	Basso	Si
B6	Asse 24 - Var. S.C. Carpeneto-Orgnano	Conglomerato bituminoso	Basso	No
B7	Asse 9 - Var S.P. 95	Demolizioni	Medio	No
B8	Opera n.24 - Sottopasso S.S. 13	Scavo delle rampe	Nulla	No
B9	Asse sud S.P. 89 a sud Opera n.15	Conglomerato bituminoso	Basso	No
B10	Asse principale - da sez 288 a sez 413	Conglomerato bituminoso	Basso	No
B11	Opera n.23 - Sottopasso via Vecchia Postale	Conglomerato bituminoso	Basso	No
B12	Opera n.24 - Sottopasso S.S. 13	Conglomerato bituminoso	Medio	No
B13	Opera n.23 - Sottopasso via Vecchia Postale	Scavo delle rampe	Basso	No

10 INTERVENTI DI MITIGAZIONE E MONITORAGGI IN CORSO D'OPERA

L'Appendice C della norma UNI 9614:2017 prevede che la deroga ai limiti vibrazionali definiti possa essere concessa solo per attività temporanee o attività per le quali misure mitigative adeguate non siano implementabili o economicamente sostenibili, di fatto riconducendo le attività in oggetto ad operazioni di cantiere. Le criticità per le fasi di cantiere possono di norma essere mitigate attraverso accorgimenti esecutivi legati alla scelta delle macchine e soprattutto alle modalità di condotta delle stesse da parte del personale addetto nonché alla migliore programmazione delle singole fasi operative. Per le attività qui analizzate che comportano la generazione di vibrazioni non è possibile, tuttavia, ridurre il livello di vibrazioni indotto, pena la non efficacia della lavorazione stessa. Risulta possibile piuttosto ridurre l'incidenza in termini temporali nell'arco della giornata per garantire un adeguato periodo di riposo ai residenti coinvolti.

Al fine di contenere i livelli vibrazionali generati dalle attività di cantiere è necessario agire in generale sulle modalità di utilizzo dei medesimi e sulla loro tipologia adottando accorgimenti quali ad esempio evitare lo stazionamento a motore acceso e il mantenimento della massima distanza possibile dai ricettori ove sia possibile. La definizione di tali misure è demandata all'Appaltatore, che per definirle dovrà basarsi sulle caratteristiche dei macchinari in dotazione.

In linea generale, si suggerisce nelle fasi successive preliminari all'avvio dei lavori e all'avvio delle attività di procedere con riferimento agli scenari ritenuti maggiormente critici B3 e B4 con:

- Approfondimenti e raccolta di documentazione fotografica relativamente ai ricettori individuati con conferma della destinazione d'uso dell'edificio, delle attività in esso svolte e delle caratteristiche costruttive e di conservazione.
- Attività informativa preventiva ovvero informazione alla popolazione interessata allo scopo di aumentare il grado di tolleranza della stessa nei confronti dei fenomeni disturbanti. L'informazione deve comprendere i livelli di disturbo attesi e la durata delle lavorazioni previste e deve essere effettuata in modo chiaro e in anticipo sufficiente rispetto all'avvio delle lavorazioni. L'attività informativa dovrà essere rivolta anche ad attività artigianali e industriali i cui cicli produttivi possano essere disturbati dalle vibrazioni indotte dal cantiere (es. industrie che utilizzano macchine per la meccanica di precisione, macchine per controlli dimensionali, macchine di stampa, centri di lavoro, macchine CNC in generale, etc.).
- Si raccomanda l'esecuzione di monitoraggi in corso d'opera, con l'esecuzione di misure di controllo all'inizio di ciascuna delle tipologie di lavorazioni potenzialmente disturbanti che consentiranno di validare le stime di impatto vibrazionale. In caso di esposti o lamenti si dovranno effettuare misure specifiche in conformità alla norma stessa. Maggiori informazioni relative ai monitoraggi sono riportate al paragrafo 10.1.
- Mitigazioni: in generale dovranno essere dichiarati gli orari di attività, le interruzioni per il rispetto del riposo e l'eventuale predisposizione di modalità alternative e meno impattanti per l'esecuzione dei lavori.
- Controlli: dovranno essere precisati tempi e modalità di controllo con indicazione dei nominativi delle persone coinvolte in coerenza con quanto disposto da piani di monitoraggio ambientale già predisposti nell'ambito di altri procedimenti (ad esempio Valutazione di Impatto Ambientale).

10.1 MONITORAGGI IN CORSO D'OPERA

Trattandosi di impatti a carattere completamente reversibile e temporaneo e considerate le notevoli incertezze insite in questo tipo di valutazioni, si ritiene necessario invocare il ricorso ad un sistema strumentale di monitoraggio, da effettuarsi durante le lavorazioni, al fine di verificare l'entità del fenomeno durante le attività più critiche anche in relazione alla durata prevista per le stesse.

Sono state pertanto individuate allo scopo 3 aree dove eseguire il monitoraggio vibrazionale in corso d'opera durante le lavorazioni individuate come maggiormente impattanti. Si suggerisce una durata del monitoraggio compresa tra le 4 e le 8 ore da effettuarsi preferibilmente all'interno dei locali dei ricettori maggiormente esposti o in alternativa presso le pertinenze esterne degli stessi. Le misure potranno essere eseguite presso più posizioni in parallelo in modo da ricavarne informazioni utili per la validazione del modello di calcolo. Il fronte del cantiere e la posizione esatta delle sorgenti vibrazionali dovrà essere nota e documentata.

La posizione dei punti di monitoraggio sarà definita in situ sulla base dell'effettiva posizione del fronte di cantiere e della disponibilità delle aree all'interno dei riquadri individuati in FIGURA 14 e FIGURA 15.

TABELLA 11: INDICAZIONI CIRCA LE AREE DI MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA

ID scenario	Manufatto/Opera/Posizione	Lavorazione	ID punto di monitoraggio	Ricettori di riferimento
B3	Opera n.19 Viadotto rotatoria S.S. 353	Demolizioni	VIB_01	537-541-543
B4	Opera n.23 Sottopasso via Vecchia Postale	Diaframmatrice	VIB_02	405-411-412-413-414- 415-419-427-789-790- 791-792
B5	Opera n.24 Sottopasso S.S. 13	Diaframmatrice	VIB_03	428-459-460-461 471-472-474

Le attività di monitoraggio vibrazionale saranno svolte secondo le modalità definite dalla norma UNI 9614:2017. In caso di superamento dei valori limite relativi alle soglie di disturbo potranno essere valutati anche i parametri legati al danno architettonico disciplinato dalla UNI 9916:2014.

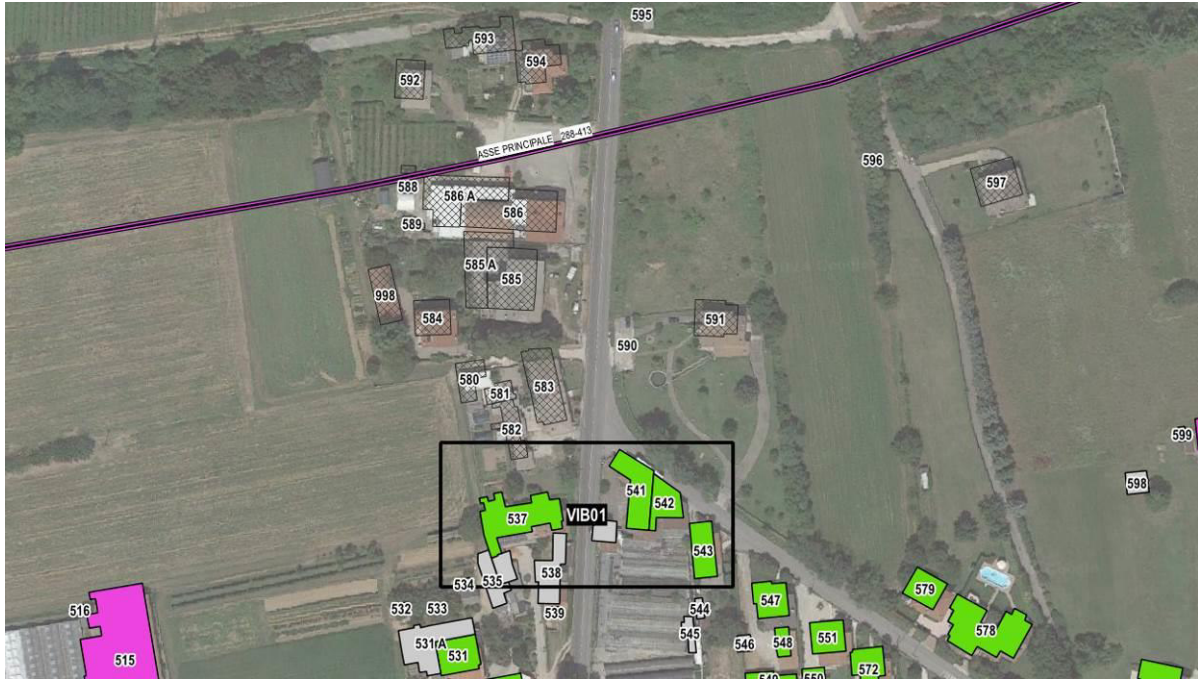


FIGURA 14: AREA DI MONITORAGGIO VIB_01 – SCENARIO B3

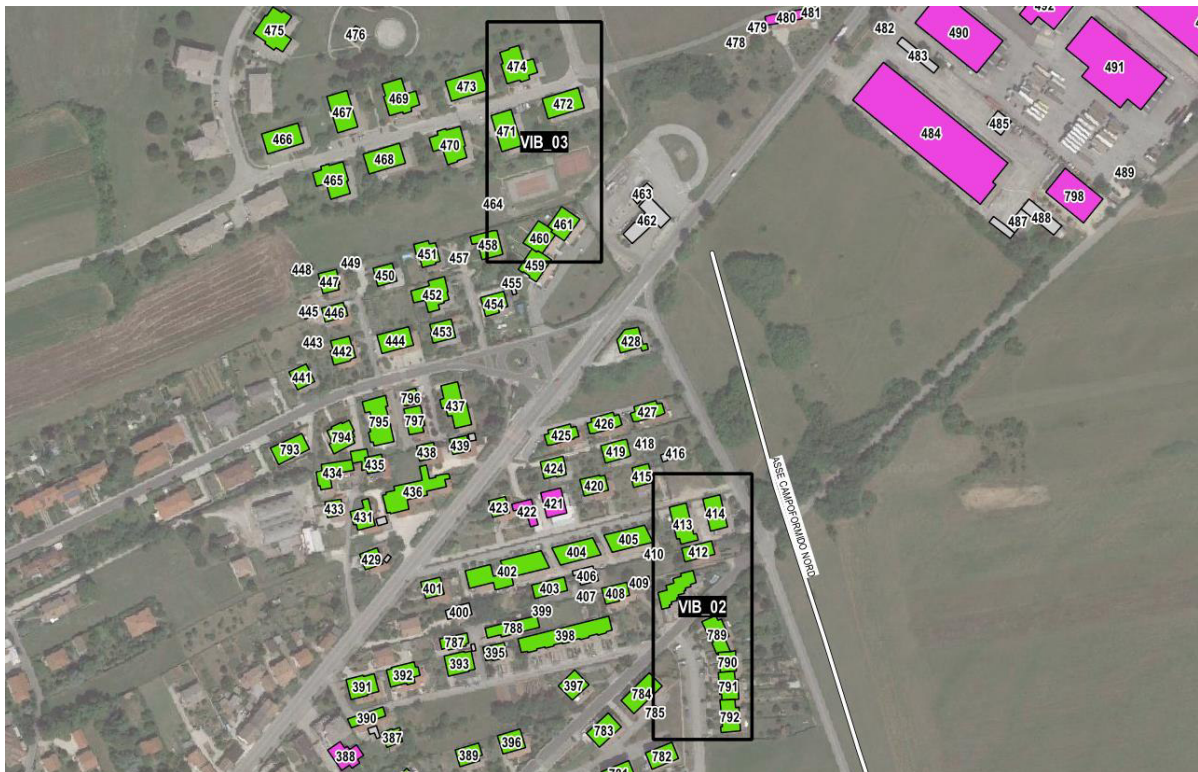


FIGURA 15: AREE DI MONITORAGGIO VIB_02 E VIB_03 – SCENARI B4 E B5

11 ANALISI DELL'ALTERNATIVA 1

In alternativa al tracciato di tangenziale Sud di Udine è chiesto di valutare una proposta Alternativa 1 che, con riferimento alla denominazione dei singoli tratti riportata in FIGURA 16 prevede la deviazione del traffico della S.S. n.13 su infrastrutture stradali di aggiramento dei centri abitati di Basagliapenta (A), di Campoformido (B) e la connessione allo svincolo con l'autostrada A23 con un nuovo tratto stradale di connessione con la S.R. n.353 da località Terenzano – Zugliano (C).

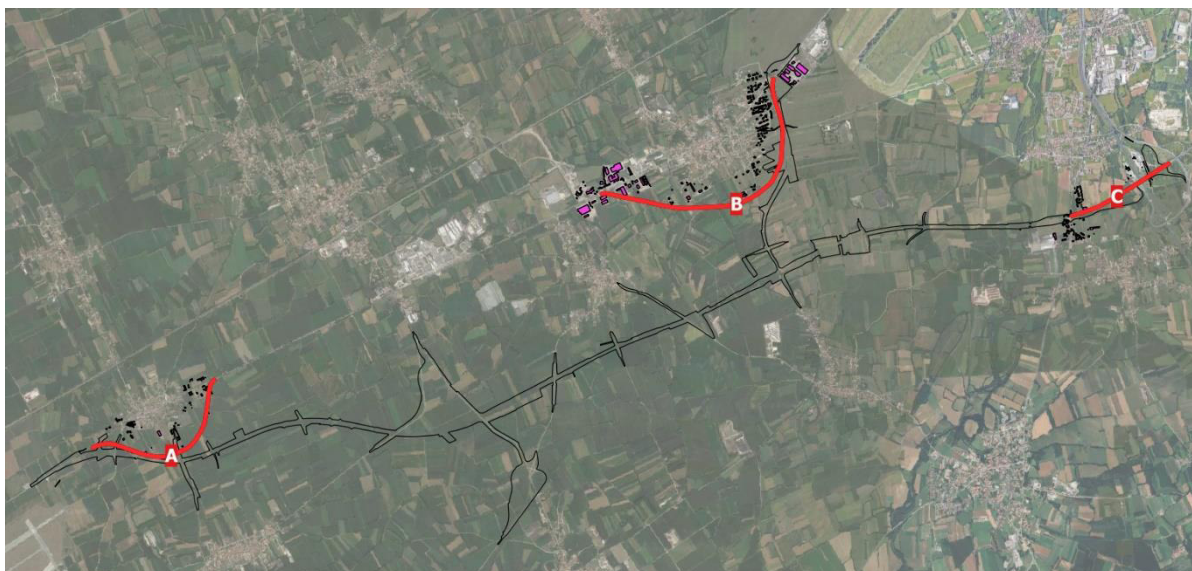
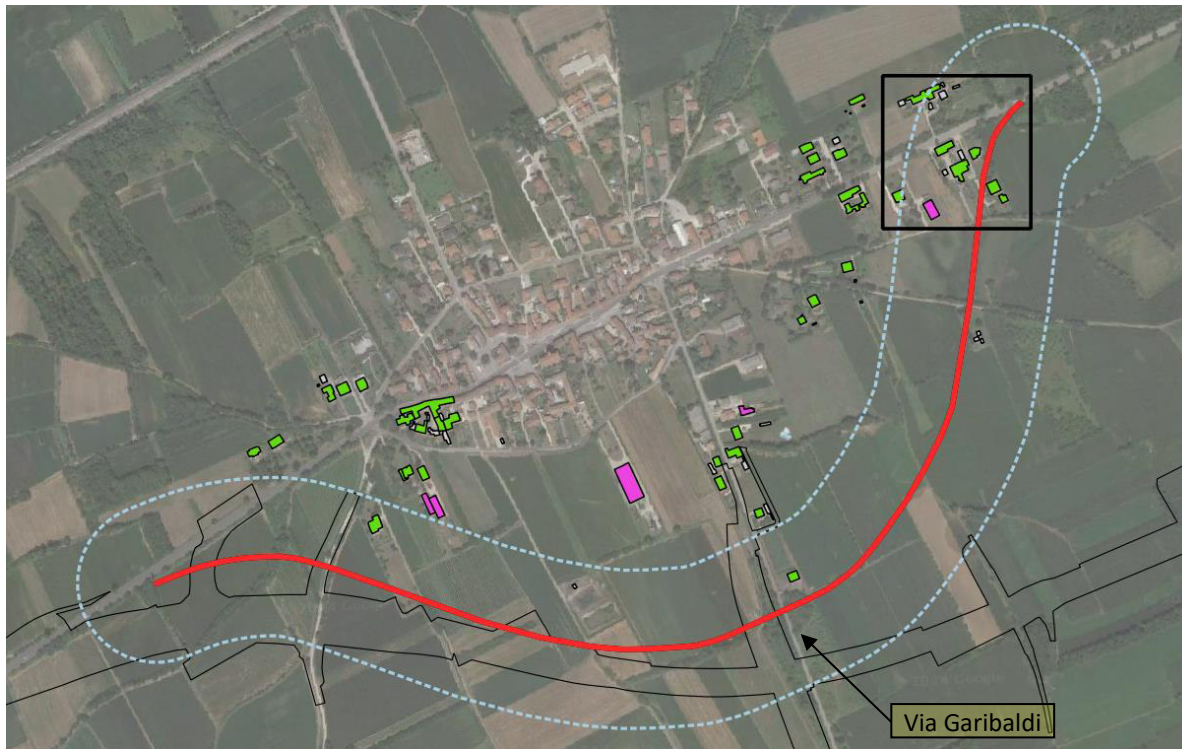


FIGURA 16: SINGOLE TRATTE IN LINEA ROSSA COSTITUENTI LA PROPOSTA ALTERNATIVA 1 (IN LINEA NERA VIENE RIPORTATO IL TRACCIATO DI PROGETTO ORIGINALE).

Nel proseguo saranno effettuate considerazioni generali sul potenziale impatto vibrazionale relativo alle tratte A-B. La tratta C non sarà considerata in quanto del tutto sovrapponibile con il tracciato di progetto originale.

Non essendo disponibili informazioni di dettaglio circa le opere civili di cantiere per la proposta Alternativa 1 saranno svolte per ciascuna tratta A-B considerazioni di tipo qualitativo, considerando in via cautelativa un buffer di estensione pari a 120 m da entrambi i lati del tracciato. Il censimento dei ricettori interessati dal potenziale impatto vibrazionale di cantiere è stato eseguito con le medesime modalità riportate al paragrafo 5.1.

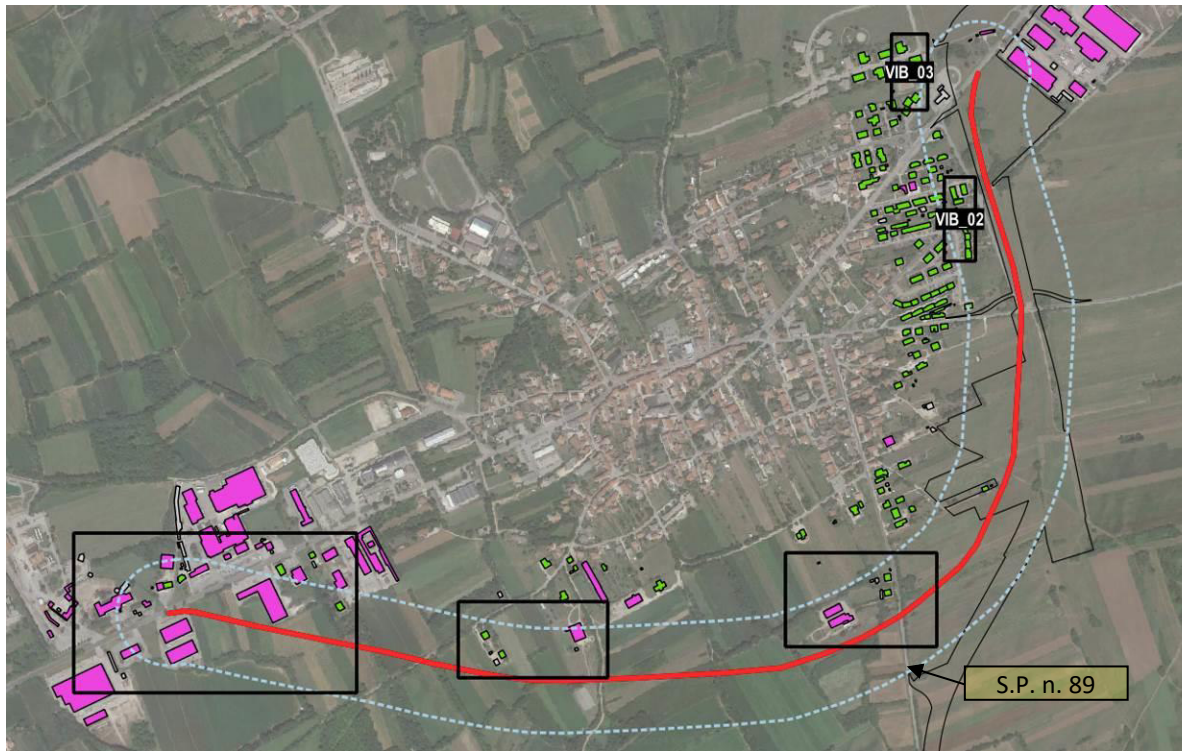
Tratta A – Circonvallazione di Basagliapenta



Note e commenti

Metà del tracciato si sviluppa in modo analogo al tracciato principale di progetto, deviando dallo stesso nella parte centrale. Come per il tracciato principale non vi sono criticità fino all'altezza dell'intersezione con via Garibaldi. Nella parte centrale si segnala la presenza del ricettore 75 all'interno del buffer calcolato, che tuttavia potrebbe essere oggetto di demolizione. In modo analogo si segnala l'area posta nel rettangolo nero in figura come potenzialmente critica con presenza di ricettori abitativi che si trovano in asse con il tracciato alternativo e che dunque potrebbero essere oggetto di demolizione. Nel complesso il potenziale impatto vibrazionale può considerarsi **BASSO**.

Tratta B – Circonvallazione di Campoformido



Note e commenti

Il tracciato della tratta B converge verso il tracciato principale di progetto ad est dell'intersezione con la S.P. 98. Nella tratta precedente tale intersezione si segnalano numerosi edifici ad uso produttivo con presenza di ricettori abitativi molto prossimi all'asse del buffer con potenziali scenari di criticità nelle aree segnalate con il rettangolo nero ad ovest della S.P. n.89. Gli scenari di criticità ad est della S.P. n. 89 coincidono con quelli già analizzati per il progetto principale (aree VIB_01 e VIB_02).

Nel complesso il potenziale impatto vibrazionale può considerarsi **MEDIO** per le aree ad ovest della S.P. 89 e **ALTO** per le aree VIB_01 e VIB_02, assumendo le medesime attività di cantiere analizzate per il tracciato principale.

12 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [1] 1207C0100000_Relazione geologica/geotecnica
- [2] 1207C0200000_Planimetria geologica
- [3] 1207C0300000_Profilo geologico
- [4] 1207E0400000_Planimetria generale
- [5] 1207S0205700_Censimento_Ricettori
- [6] 12071S020210 Valutazione previsionale impatto acustico (Tangenziale SUD UD) rev02
- [7] 1207E0100000_Relazione tecnica
- [8] Quaderno Programma_rev0
- [9] 1207E0902100_Cronoprogramma 1
- [10] 1207E0902200_Cronoprogramma 2
- [11] 1207E0902300_Cronoprogramma 3
- [12] 1207E0903001_Infrastrutture fisse di cantiere_aggiornato

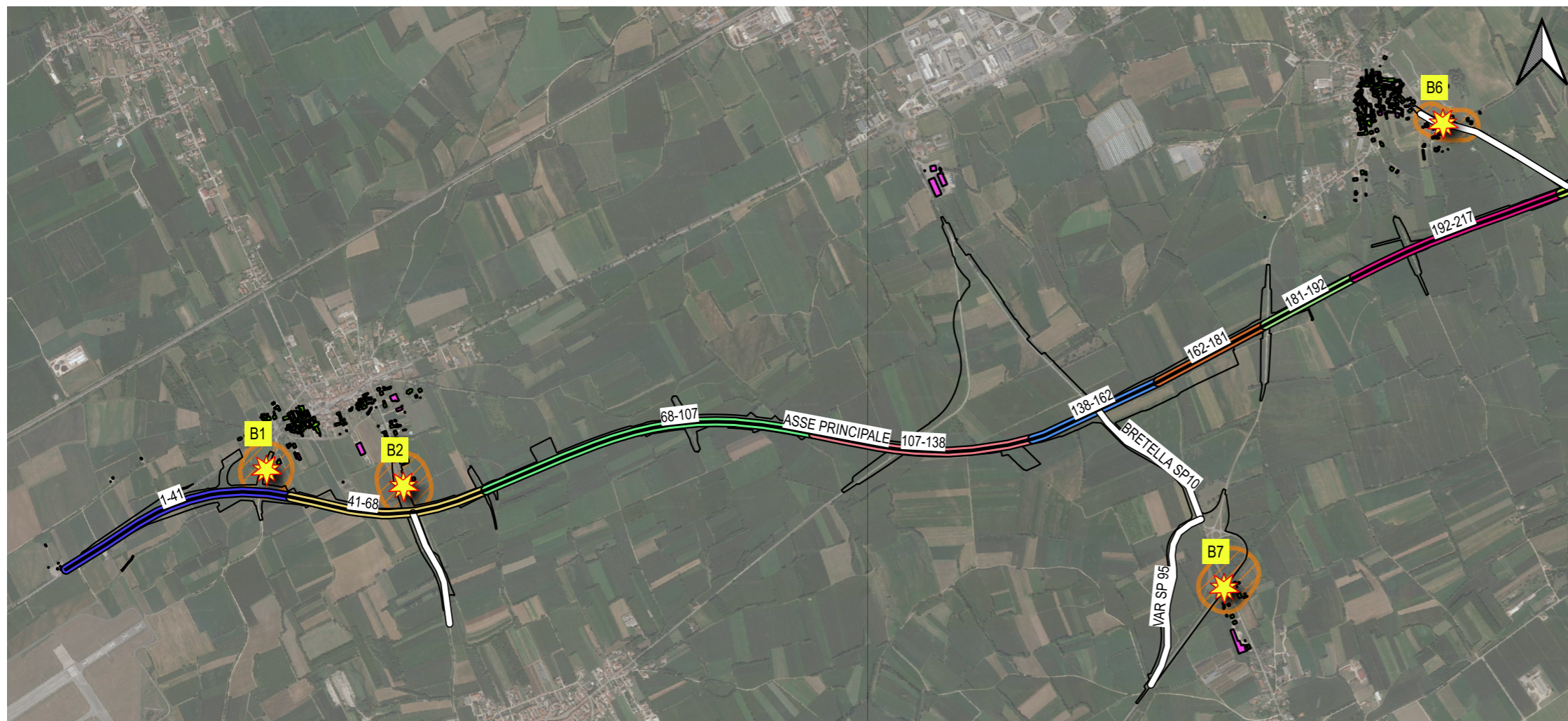
13 BIBLIOGRAFIA

- *Valutazione dei livelli di vibrazioni in edifici residenziali – Normativa, tecniche di misura e di calcolo* – Prof. Angelo Farina – Dipartimento di Ingegneria Industriale Università degli Studi di Parma – Rivista Neo-EUBIOS, n. 16. Maggio 2006 - ISSN 1825-5515
- *Environmental impact of roads and traffic* – L.H. Watkins – Appl. Science Publ.
- *Quadro di riferimento ambientale componente rumore e campi elettromagnetici – Corso di formazione ISPRA su Valutazione di Impatto Ambientale 2012* – Enrico Mazzocchi, Francesca Sacchetti, Rosalba Silvaggio – ISPRA
- *Acustica e vibrazioni: riduzione del disturbo, miglioramento del comfort* – in Dossier UNI 4 Aprile 2018 – Bottio, R.
- *Groundborne vibration caused by mechanized construction works* – UK Transport Research Laboratory, 2000 – D.M. Hiller, G.I. Crabb.
- *Origine, propagazione e modelli previsionali delle vibrazioni dei mezzi di trasporto* – Pisani R.
- *Ponte sullo Stretto di Messina – Progetto Definitivo – Studio sulle vibrazioni, 2011* – EUROLINK S.C.p.A.

ANNESSO I

Planimetria posizione scenari valutati





Sezioni 0+192 Scala 1:25.000







Sezioni 192+413 Scala 1:25.000

REGIONE FRIULI-
VENEZIA GIULIA

PROVINCIA DI
UDINE

Oggetto:	COLLEGAMENTO TRA LA S.S. 13 PONTEBBANA E LA A 23 (TANGENZIALE SUD DI UDINE – II LOTTO).
Elaborato:	Valutazione previsionale di impatto vibrazionale fase di cantiere
Allegato:	Localizzazione degli scenari di valutazione B1+ B14

LEGENDA

-  Scenari di valutazione
-  Edifici residenziali
-  Edifici produttivi
-  Edifici di altra tipologia
-  Edifici oggetto di demolizione
-  Buffer di influenza scenari



A3	MAGGIO 2024	PRIMA EMISSIONE
Formato	Data	Oggetto della revisione