

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 1 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle
DN 300 (12"), DP 24 bar
e opere connesse

STUDIO DI IMPATTO VIBRAZIONALE

0	Emissione	Sergenti	Brunetti	Mattei	Apr. '23
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 2 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

INDICE

1	GENERALITÀ	4
1.1	Opere in progetto	4
1.2	Territorio attraversato	5
2	SCOPO DEL LAVORO	7
3	DEFINIZIONI TECNICHE	8
4	RIFERIMENTI NORMATIVI	9
4.1	Normative sulle vibrazioni	9
4.2	La recente norma UNI 9614:2017	9
5	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ	12
5.1	Attività di cantiere con scavo a cielo aperto	12
5.2	Costruzione delle condotte in progetto	12
5.3	Dismissione delle condotte esistenti	14
5.4	Attività di cantiere realizzate con metodologia trenchless	14
6	CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE	19
6.1	Campagna di misure di vibrazioni residue Ante Operam	19
6.2	I parametri vibrazionali misurati	25
6.3	La strumentazione utilizzata	26
6.4	I risultati delle misure accelerometriche	27
7	RISULTATI DELLO STUDIO VIBRAZIONALE	29
7.1	Il modello di propagazione nel terreno delle onde vibrazionali	29
7.2	La propagazione delle vibrazioni negli edifici	30
7.3	Accoppiamento terreno-edificio	33

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 3 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

7.4 I valori vibrazionali puntuali per il tracciato di progetto	35
7.5 I valori vibrazionali puntuali per il tracciato di dismissione	38
7.6 Le mappe di isolivello vibrazionale	40
8 CONCLUSIONI.....	42

ALLEGATI

Allegato 1: Certificati di taratura della strumentazione usata per le misure

Allegato 2: Individuazione dei punti di misura sul territorio

Allegato 3: Monitoraggio vibrazioni residue

Allegato 4: Ricettori considerati ai fini dei calcoli del tracciato di Progetto

Allegato 5: Ricettori considerati ai fini dei calcoli del tracciato di Dismissione

Allegato 6: Tavole di propagazione delle vibrazioni sul territorio del tracciato di Progetto

Allegato 7: Tavole di propagazione delle vibrazioni sul territorio del tracciato di Dismissione

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 4 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

1 GENERALITÀ

1.1 Opere in progetto

Il progetto denominato "Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse" prevede, come intervento principale, la messa in opera di una nuova condotta DN 300 (12") di lunghezza pari a 35,050 km, che sostituirà l'attuale metanodotto "Derivazione per Porto Empedocle DN 250 (10"), MOP 24 bar" attualmente in esercizio e che verrà dismesso.

La nuova infrastruttura, in generale, garantirà un livello di sicurezza ottimale incrementando l'affidabilità e la flessibilità di trasporto della rete esistente. In alcuni tratti verranno impiegati avanzati metodi di costruzione trenchless (senza scavo di trincea).

Fanno parte del progetto in esame anche la messa in opera di 9 linee secondarie, di diametro variabile e quasi sempre molto inferiore alla linea principale, e la corrispondente rimozione di 9 linee secondarie esistenti.

Tabella 1.1/A - Metanodotti in progetto

Metanodotti in progetto	Lungh. (km)
Rif. Met. Der. per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar	35,050
Rif. All. Comune di Campofranco DN 100 (4"), DP 24 bar	0,070
Rif. All. M&A Rinnovabili DN 100 (4"), DP 24 bar	0,245
Ric. All. Comune di Comitini DN 100 (4"), DP 24 bar	0,030
Rif. All. Comune di Aragona DN 150 (6"), DP 24 bar	0,050
Rif. Coll. Rid. Joppolo a PIDI Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar	0,280
Ric. Der. per Bompensiere DN150 (6"), DP 24 bar	1,770
Rif. Dir. per Agrigento DN 150 (6"), DP 24 bar	4,045
Rif. All. Laterizi Akragas DN 100 (4"), DP 24 bar	0,110
Rif. All. Comune di Agrigento DN 100 (4"), DP 24 bar	1,240

Tabella 1.1/B - Metanodotti in dismissione

Metanodotti in dismissione	Lungh. (km)
Met. Der. per Porto Empedocle DN 250 (10"), MOP 24 bar	39,230
All Comune di Campofranco DN 100 (4"), MOP 24 bar	0,080
All. M&A Rinnovabili DN 100 (4"), MOP 24 bar	0,010
All. Com. di Comitini DN 100 (4"), MOP 24 bar	0,010
All. Com. di Aragona DN 150 (6"), MOP 24 bar	0,030
Coll. Imp. Riduzione di Joppolo DN 200 (8"), MOP 24 bar	0,275
Der. per Bompensiere DN 150 (6"), MOP 24 bar	2,510
Dir. per Agrigento DN 150 (6"), MOP 24 bar	4,140
All. Laterizi Akragas DN 100 (4"), MOP 24 bar	0,030
All. Com. di Agrigento DN 100 (4"), MOP 24 bar	1,115

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 5 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

Tabella 1.1/C - Attraversamenti trenchless

Nome	Tecnologia	Prog. (km) (°)	Lungh. (km)	Ostacolo
Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), in progetto				
Cozzo Don Michele	Microtunnel	0,265	520	ITA050006
Fiume Platani (1° attr.)	TOC	3,405	290	Corso d'acqua
Fiume Platani (2° attr.)	Microtunnel	5,940	460	Corso d'acqua
Fiume Platani (3° attr.)	TOC	6,705	340	Corso d'acqua
Fiume Platani (4° attr.)	TOC	7,230	385	Corso d'acqua
Vallone Portavò	TOC	10,840	315	Corso d'acqua
Vallone Portavò Aragona	TOC	11,560	205	Corso d'acqua
Vallone Aragona	TOC	12,000	340	Corso d'acqua
Vallone Cacici	TOC	23,470	365	Corso d'acqua
Monte Mavaro	Microtunnel	27,310	445	Collina, strada
Ricollegamento All. Comune di Bompensiere DN 150 (6"), in progetto				
Contrada Palermitano	TOC	0,660	935	Collina
Rifacimento Dir. per Agrigento DN 150 (6"), in progetto				
Contrada Pipitone	TOC	3,150	530	Colture, strada
Rifacimento All. Comune di Agrigento DN 100 (4"), in progetto				
Fiume Drago (Akragas)	TOC	0,750	200	Corso d'acqua

(°) Progressiva chilometrica imbocco di monte (procedendo nel senso del flusso del gas)

1.2 Territorio attraversato

Il tracciato della condotta principale in progetto DN 300 (12") si estende tra gli impianti Snam Rete Gas esistenti ubicati nei comuni di: Campofranco (CL), Casteltermini (AG), Aragona (AG), Joppolo Giancaxio (AG), Raffadali (AG), Agrigento (AG) e Porto Empedocle (AG). Il tracciato in progetto si colloca nella parte sud-ovest della regione Sicilia e attraversa le province di Caltanissetta e Agrigento. Il territorio attraversato è caratterizzato da una morfologia collinare e da fondivalle generalmente ampi e con versanti poco acclivi.

La definizione del tracciato è stata effettuata seguendo criteri di buona progettazione, finalizzati a minimizzare l'impatto dell'opera sul territorio, sfruttando, ove possibile, corridoi formati da infrastrutture esistenti e collocandolo prevalentemente in zone agricole.

Il nuovo tracciato fiancheggia, infatti, l'attuale metanodotto "Derivazione per Porto Empedocle DN 250 (10"), MOP 24 bar" in esercizio, divergendo dalla linea esistente solo in alcuni tratti in cui si allontana dal corridoio percorso dalla tubazione in esercizio, per seguire un percorso maggiormente ottimizzato in funzione delle condizioni attuali dei luoghi.

La condotta in progetto passa anche nelle vicinanze di due aree naturali protette della rete Natura 2000, ITA050006 "Monte Conca" e ITA040008 "Maccalube di Aragona" (vedi Figura 1.2/A). Per dettagli sulle aree si veda il documento NQR20133-REL-AMB-E-03028 "Studio di incidenza ambientale".

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 6 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034



Figura 1.2//A – Inquadramento territoriale dell’opera (rosso = progetto, verde = dismissione), con indicazione dei comuni attraversati (bianco) e delle aree Natura 2000 avvicinate (azzurro)

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 7 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

2 SCOPO DEL LAVORO

Scopo del presente documento è la valutazione degli impatti che saranno indotti sulla componente vibrazione nelle aree interessate dalla realizzazione del progetto. Le emissioni vibrazionali sono determinate principalmente dalle fasi di cantiere previste per la posa della condotta in oggetto e la dismissione della condotta esistente. Tali operazioni richiederanno l'impiego di mezzi pesanti di rumorosità rilevante che lavoreranno, in modo transitorio, con scavi a cielo aperto lungo quasi tutta l'estensione del metanodotto. Lungo il tracciato sono anche previsti tratti di posa in sotterraneo con l'utilizzo di metodi di scavo diversificati (tecnologia trenchless), quali microtunnel (MT) e trivellazioni orizzontali controllate (TOC). Nello studio saranno caratterizzate le principali fasi di cantiere per la realizzazione di tali opere e stimati gli impatti associati alla fase più critica.

Al termine delle attività per la realizzazione dell'opera, il metanodotto non produrrà emissioni vibrazionali percepibili, pertanto il presente studio riguarda solamente la fase in corso d'opera.

Lo studio è stato articolato nelle seguenti fasi:

- analisi dei riferimenti normativi;
- analisi del contesto territoriale, individuazione dei ricettori potenzialmente impattati;
- analisi della situazione vibrazionale Ante Operam;
- analisi delle principali sorgenti vibrazionali delle fasi di cantiere;
- stima degli impatti acustici con calcoli previsionali;
- verifica del rispetto dei limiti di legge.

L'indicatore ambientale delle vibrazioni, tratto dalla norma UNI 9614:2017 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo", è il valore vettoriale della massima accelerazione statistica ($a_{W,95}$), risultante dalle 3 componenti X, Y e Z delle accelerazioni pesate attraverso la curva W_m .

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 8 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

3 DEFINIZIONI TECNICHE

- Accelerazione; $a(t)$: Valore istantaneo del modulo del vettore accelerazione in un punto, calcolato come somma vettoriale delle sue tre componenti cartesiane.
- Accelerazione assiale; $a_x(t)$, $a_y(t)$, $a_z(t)$: Valore istantaneo di ciascuna delle tre componenti cartesiane del vettore accelerazione in un punto.
- Accelerazione assiale "band limited"; $a_{bl,j}(t)$: Valore istantaneo dell'accelerazione ottenuta filtrando l'accelerazione $a_j(t)$ con un filtro passabanda.
- Accelerazione ponderata assiale $a_{w,j}(t)$: Valore istantaneo dell'accelerazione ponderata in frequenza nel dominio del tempo per il j-esimo asse, ottenuta utilizzando la curva W_m secondo quanto previsto dalla norma UNI EN ISO 8041-1.
- Accelerazione ponderata assiale efficace; $a_{w,rms}(t)$: Valore efficace valutato all'istante t di $a_{w,j}(t)$, calcolato in conformità alla UNI EN ISO 8041-1 :2017.
- Accelerazione ponderata totale efficace; $a_w(t)$: Valore efficace totale valutato all'istante t sui tre assi.
- Ambiente di misura: Ambiente significativo in termini di permanenza del soggetto esposto delle attività svolte o ambiente nel quale il soggetto esposto lamenta il maggior disturbo.
- Disturbo: Sensazione personale legata ai livelli di vibrazioni che determinano irrequietezza, fastidio, ansia, irritazione.
- Edificio: Costruzione utilizzata come abitazione o per altre attività umane, inclusi uffici, fabbriche, ospedali, scuole, luoghi ricreativi e di culto, spazi commerciali.
- Evento: Elemento minimo del fenomeno vibratorio oggetto di misura, al quale viene associata, come descrittore della vibrazione, la massima accelerazione ponderata.
- Giornate festive: Giorni di domenica e giornate festive ufficialmente riconosciute dalla legislazione e regolamentazione nazionale e locale.
- Massima accelerazione ponderata; $a_{w,max}$: Il più elevato dei valori efficaci dell'accelerazione ponderata $a_w(t)$ misurati durante uno specifico evento.
- Massima accelerazione statistica; $a_{w,95}$: stima del 95° percentile della distribuzione cumulata di probabilità della massima accelerazione ponderata $a_{w,max}$, misurata sui singoli eventi.
- Periodo di attività: periodo di permanenza dei fenomeni vibratorii, definito dall'orario di inizio e dall'orario di fine.
- Periodo diurno: fascia oraria fra le ore 06.00 e le ore 22.00.
- Periodo notturno: fascia oraria fra le ore 22.00 e le ore 06.00.
- Punti singolari: punti dell'ambiente di misura caratterizzati da condizioni strutturali, di vincolo e di modi di vibrare che li rendano unici rispetto al resto dell'ambiente e quindi non rappresentativi della situazione generale.
- Valutazione del disturbo: Insieme delle attività di misurazione delle vibrazioni, di calcolo dei descrittori del disturbo e di confronto con i limiti di riferimento suggeriti.
- Vibrazioni della sorgente, V_{sor} : Vibrazioni immesse nell'edificio dalla specifica sorgente oggetto di indagine. Se la sorgente è di tipo stazionario, sono caratterizzate dal valore dell'accelerazione $a_{w,95}$.
- Vibrazioni residue, V_{res} : Vibrazioni presenti nell'edificio in assenza della specifica sorgente oggetto di indagine. Sono caratterizzate dal valore dell'accelerazione $a_{w,95}$.
- Vibrazioni immesse, V_{imm} : Vibrazioni che vengono immesse nell'edificio da tutte le sorgenti attive di qualsiasi origine (V_{sor} , e V_{res}). Sono caratterizzate dal valore dell'accelerazione $a_{w,95}$.

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 9 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

4 RIFERIMENTI NORMATIVI

4.1 Normative sulle vibrazioni

- UNI 9614:2017 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo"
- UNI 9916:2014 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici"
- UNI 11568:2015 "Vibrazioni – Strumentazione e analisi per la misura delle vibrazioni – Strumenti di misura.
- UNI ISO 5348:2021 "Mechanical vibration and shock - Mechanical mounting of accelerometers"
- ISO 2631-1:1997 Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 1: General requirements
- ISO 2631-2:2003 Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz)
- ISO 20283-5:2016 - Mechanical vibration — Measurement of vibration on ships — Part 5: Guidelines for measurement, evaluation and reporting of vibration with regard to habitability on passenger and merchant ships
- ISO 8041-1:2017 Human response to vibration — Measuring instrumentation — Part 1: General purpose vibration meters
- ISO 2041:2009 Mechanical vibration, shock and condition monitoring – Vocabulary
- ISO 10055:1996 Mechanical vibration -- Vibration testing requirements for shipboard equipment and machinery components
- ISO 19201:2013. Mechanical vibration – Methodology for selecting appropriate machinery vibration standards.
- ISO 20816-1:2016 Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration — Part 1: General guidelines
- ISO 20816-2:2017 Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration — Part 2: Land-based gas turbines, steam turbines and generators in excess of 40 MW, with fluid-film bearings and rated speeds of 1 500 r/min, 1 800 r/min, 3 000 r/min and 3 600 r/min
- ISO 20816-3:2022 Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration — Part 3: Industrial machinery with a power rating above 15 kW and operating speeds between 120 r/min and 30 000 r/min
- ISO 20816-4:2018 Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration — Part 4: Gas turbines in excess of 3 MW, with fluid-film bearings
- ISO 5348:1987. Mechanical mounting of accelerometers for measuring mechanical vibration and shock
- ISO 5349-1:2001. Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration – Part 1: General requirements
- ISO 5349-2:2001. Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration – Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace
- European Directive 89/656/EEC on the Minimum Health and Safety Requirements for the Use by Workers of Personal Protective Equipment at the Workplace

4.2 La recente norma UNI 9614:2017

In Italia, a differenza di quanto avviene per il rumore, non esiste una legislazione specifica sulla problematica vibrazioni, per cui è necessario rifarsi a normative tecniche, siano queste

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 10 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

italiane o internazionali.

La recente UNI 9614 del 2017 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo" prende spunto dalla norma internazionale ISO 2631-2:2003 e dalla norma norvegese NS 8176.E.

L'accelerazione misurata sui tre assi $a_x(t)$, $a_y(t)$, $a_z(t)$ deve essere filtrata con un filtro passa banda (band-limiting) con le caratteristiche riportate nella ISO 2631-2 e UNI EN ISO 8041-1:2017 punto 5.6.2, e successivamente con il filtro di ponderazione W_m . Si ottiene per l' j -esimo asse, l'accelerazione ponderata $a_{w,j}(t)$.

Per l'intera storia temporale del segnale ponderato viene calcolato l'andamento nel tempo del valore efficace dell'accelerazione ponderata, per ogni singolo asse cartesiano [$a_{w,rms,j}(t)$]

$$a_{w,rms,j}(t) = \frac{1}{\tau} \sqrt{\int_{t-\tau}^t a_{w,j}^2(\epsilon) d\epsilon} \quad (1)$$

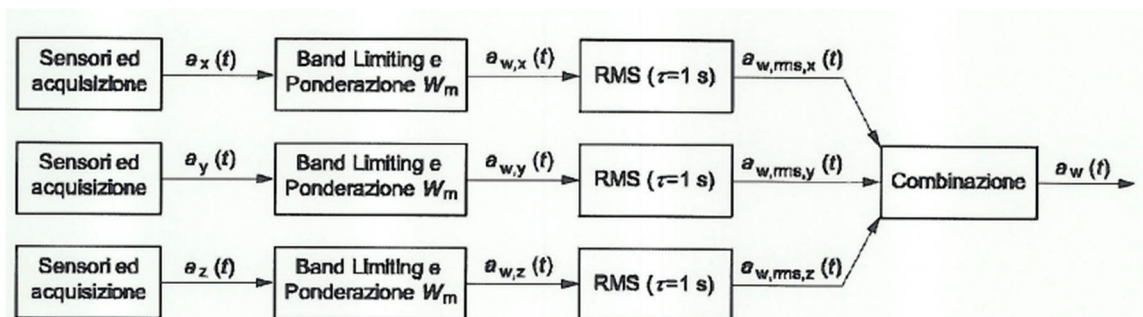
Dove j indica l'asse di misura (x , y o z).

Il tempo di integrazione τ è pari a 1 secondo.

Il calcolo dell'accelerazione totale ponderata $a_w(t)$ sarà ottenuta dalla somma vettoriale dei valori sui tre assi x , y e z , attraverso la relazione

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

Secondo lo schema riportato qui sotto



Di questo valore variabile nel tempo, verrà considerato il valore massimo dell' i -esimo evento.

$$a_{w,max,i} = \max(a_w(t)) \quad (3)$$

La massima accelerazione statistica $a_{w,95}$ sarà ottenibile dalla relazione

$$a_{w,95} = \overline{a_{w,max}} + 1,8 \cdot \sigma \quad (4)$$

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 11 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

Dove

$\overline{a_{w,max}}$ è la media dei valori massimi degli eventi considerati

σ è lo scarto tipo dei valori massimi degli eventi considerati.

In questo modo è quindi calcolabile il valore di accelerazione vibrazionale immessa nell'ambiente abitativo, ma il valore associato alla sorgente viene ricavato come differenza quadratica rispetto alle vibrazioni residue presenti.

Le vibrazioni residue andranno misurate con lo stesso principio seguito per la misura delle vibrazioni immesse.

$$V_{sor} = \sqrt{V_{imm}^2 - V_{res}^2} \quad (5)$$

Per questo motivo si è resa necessaria una campagna di misure Ante Operam al fine di determinare i valori delle vibrazioni residue sul territorio.

La valutazione del disturbo viene a differenziarsi in base alla destinazione d'uso degli edifici per cui si esegue tale valutazione.

Nel nostro caso non essendovi ricettori sensibili (come ospedali o case di riposo), i valori limite saranno quelli per gli ambienti ad uso abitativo limitatamente al periodo diurno e quindi un valore di $V_{sor} = 7,2 \text{ mm/s}^2$.

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 12 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

5 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ

5.1 Attività di cantiere con scavo a cielo aperto

Le attività di cantiere per la realizzazione di un metanodotto consistono principalmente nell'installazione delle nuove tubazioni, o rimozione di quelle sostituite, tramite scavo a cielo aperto, lungo la grande maggioranza della sua estensione.

La valutazione di impatto vibrazionale dovuto a questo tipo di attività tiene conto del fatto che si tratta di un cantiere mobile, in cui i mezzi operativi lavorano in fasi sequenziali lungo il tracciato.

Il treno di lavoro, lungo l'asse del metanodotto, procede con una velocità media di circa 300 m al giorno per le attività di costruzione della nuova linea del metanodotto e per le attività di dismissione della condotta esistente. Tale velocità può essere significativamente ridotta nel caso di orografia complessa, ma l'attività resta comunque transitoria, per un totale di pochi giorni effettivi presso ogni punto del metanodotto.

Tutte le fasi di lavoro vengono svolte esclusivamente nel periodo diurno (06:00 – 22:00), per un'operatività complessiva massima di circa 10 ore giornaliere.

5.2 Costruzione delle condotte in progetto

Le principali fasi di costruzione delle condotte in progetto sono descritte di seguito:

- **Apertura pista** – Lo svolgimento dei lavori richiede l'apertura di un'area di passaggio che deve essere per quanto possibile continua e di larghezza tale da garantire la massima sicurezza nei lavori e il transito dei mezzi di servizio e di soccorso. Contestualmente è eseguita, ove presente, la salvaguardia dello strato superficiale che, accantonato con adeguata protezione al margine della fascia di lavoro, sarà riposizionato nella sede originaria durante la fase dei ripristini. Verranno realizzate talune opere provvisorie per garantire il deflusso naturale delle acque, come tombini o guadi. Per permettere l'accesso alla fascia di lavoro o la continuità lungo la stessa, in corrispondenza di alcuni tratti può essere necessario ricorrere all'apertura di piste di passaggio di ridotte dimensioni.
- **Sfilamento e saldatura dei tubi** – L'attività di sfilamento consiste nel trasporto con mezzi pesanti dei tubi in acciaio dalle aree di deposito, posizionandoli testa a testa lungo la fascia di lavoro. I tubi saranno successivamente collegati mediante saldatura ad arco elettrico, impiegando motosaldatrici a filo continuo (norma UNI EN 1594).
- **Scavo della trincea** – Lo scavo destinato ad accogliere la condotta viene aperto con l'utilizzo di macchine escavatrici opportunamente attrezzate (benne in terreni sciolti, martelloni in roccia). Il materiale di risulta dello scavo è depositato lateralmente allo scavo stesso, lungo la fascia di lavoro, per essere riutilizzato in fase di rinterro.
- **Posa delle tubazioni** – Ultimata la verifica della perfetta integrità del rivestimento, la condotta saldata è sollevata e posata nello scavo con l'impiego di trattori posatubi (*sideboom*). Nel caso in cui il fondo dello scavo presenti asperità tali da poter

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 13 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

compromettere l'integrità del rivestimento, sarà realizzato un letto di posa con materiale inerte (sabbia, ecc.).

- Rinterro dello scavo – La condotta posata è ricoperta utilizzando totalmente il materiale di risulta accantonato lungo la fascia di lavoro all'atto dello scavo della trincea.
- Ripristino dei luoghi – Si procede alle sistemazioni generali di linea, che consistono nella riprofilatura dell'area interessata dai lavori e nella riconfigurazione delle pendenze preesistenti, ricostituendo la morfologia originaria del terreno e provvedendo alla riattivazione di fossi e canali irrigui. A conclusione delle operazioni di rinterro si provvede a ridistribuire sulla superficie il terreno vegetale accantonato.

L'entità degli impatti vibrazionali varia con la fase del progetto, alla quale è legata la composizione dei mezzi di cantiere che sono contemporaneamente in movimento. Nella tabella seguente (vedi Tabella 5.2/A) si schematizzano le principali sorgenti di vibrazioni (mezzi e macchinari pesanti) che operano tipicamente nelle fasi principali.

I valori di vibrazione prodotti nel terreno sono stati ricavati da misure eseguite nel passato su mezzi analoghi.

Tabella 5.2/A – Sorgenti di vibrazione tipiche per le fasi di costruzione del metanodotto

Macchinario	Fase di lavorazione				
	Apertura pista	Sfilamento e saldatura	Scavo	Posa	Rinterro e ripristino
Escavatore cingolato			2	1	2
Pala meccanica	2			1	1
Autocarro		1		1	
Autogrù		1			
Motosaldatrice		1			
Posatubi				6	

In tutte le fasi del cantiere, inoltre, è previsto l'impiego di pulmini e fuoristrada per la gestione degli aspetti logistici. Il numero di tali mezzi e dei viaggi giornalieri che effettuano in media è tale da non determinare impatti significativi sul clima vibrazionale delle aree.

La stima dell'impatto vibrazionale è stata impostata prendendo come riferimento la fase che determina la maggiore movimentazione di mezzi pesanti e quindi la più impattante dal punto di vista delle vibrazioni, individuata come da tabella precedente nella fase di **scavo del terreno** con il massimo impiego di escavatori. In tal modo si ottengono stime, comunque, conservative.

I livelli di vibrazioni trasmessi al terreno dai macchinari usati durante le attività di scavo della condotta dipendono dalla varietà tipologica e dimensionale dei mezzi impiegati e dalla tipologia del terreno.

Per valutare più cautelativamente le vibrazioni generate dalle attività di cantiere nel suo complesso, sono state fatte delle considerazioni sulla contemporaneità di utilizzo dei macchinari impattanti distribuendoli sul tracciato.

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 14 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

5.3 Dismissione delle condotte esistenti

Per la dismissione della condotta esistente si susseguono fasi analoghe a quelle descritte nel capitolo precedente relativamente alla costruzione, fatta eccezione per la fase di posa delle tubazioni, che in questo caso è di estrazione delle vecchie tubazioni dismesse. Di seguito le principali fasi:

- Apertura pista (come per la costruzione);
- Scavo della trincea (come per la costruzione);
- Rimozione delle tubazioni (taglio in tronconi ed estrazione della tubazione dismessa, da trasportare in seguito con autocarri a impianti di smaltimento);
- Rinterro dello scavo (come per la costruzione);
- Ripristino dei luoghi (come per la costruzione).

In generale, essendo la condotta di diametro inferiore rispetto a quella in progetto ed essendo le attività meno complesse, verrà utilizzato un dispiegamento di mezzi inferiore rispetto a quello utilizzato per la posa. In queste situazioni il parco mezzi, con relativa potenza acustica tipica, è composto da:

- 2 escavatori;
- 1 pala meccanica, attiva soltanto per 2 ore giornaliere.

Considerando che il tracciato della condotta di dismissione, in alcune aree, varia notevolmente rispetto a quella di progetto, le due attività verranno trattate in modo separato.

5.4 Attività di cantiere realizzate con metodologia trenchless

Dove le condizioni dei luoghi lo richiedono, alcuni tratti limitati della condotta saranno realizzati in sotterraneo tramite tecnologia trenchless.

Tali tipi di lavorazioni non producono vibrazioni consistenti in superficie lungo il territorio attraversato in sotterraneo. Eventuali vibrazioni di superficie potrebbero esserci in corrispondenza delle due aree di cantiere previste in corrispondenza delle due estremità. Le tecniche trenchless utilizzate sono:

- Microtunnel (MT)
- Trivellazione orizzontale controllata (TOC)

Nello specifico sono previste 10 TOC e 3 microtunnel di lunghezze variabili tra 200 m e 900 m circa (vedi Tabella 1.1/C). A queste si aggiungono numerosi attraversamenti stradali realizzati con tecnica spingitubo.

Microtunnel

La tecnologia del microtunnel si basa sull'avanzamento di uno scudo cilindrico con un sistema di scavo frontale, spinto in avanti da martinetti idraulici che premono su un anello di spinta. Lo scudo avanza in profondità grazie all'aggiunta periodica di nuovi elementi tubolari davanti all'anello di spinta. Lo scavo è guidato da un sistema laser per garantire la traiettoria. Le fasi operative principali, necessariamente consecutive, sono:

- Realizzazione delle postazioni di spinta e di ricezione ai due estremi del tunnel

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 15 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

- Perforazione del tunnel
- Saldatura e inserimento della condotta nel tunnel, tramite tiraggio o spinta

In tutti i casi, la postazione dove avvengono le lavorazioni rumorose più intense è quella di spinta, che pertanto verrà presa in considerazione in questo studio. In particolare, nella fase di realizzazione delle postazioni, la sottofase più impattante dal punto di vista delle vibrazioni è quella dell'infissione delle palancole. Le dimensioni dello scavo palancoleto dove alloggerà l'anello di spinta si prevedono di 8 x 12 x 6 m.



Figura 5.4/A – Esempio di stazione di spinta per microtunnel con scavo palancoleto

La realizzazione delle postazioni e l'inserimento della condotta avverranno nel normale orario di cantiere, quindi esclusivamente nel periodo diurno (06:00 – 22:00), per un'operatività complessiva massima di circa 10 ore giornaliere. La perforazione, invece, per esigenze tecniche sarà realizzata in modo continuativo e all'occorrenza può protrarsi ininterrottamente anche nel periodo notturno (22:00-06:00).

Nella tabella seguente (vedi Tabella 5.4/A) si schematizzano le principali sorgenti di vibrazione (mezzi e macchinari pesanti) che operano nelle tre fasi.

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 16 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

Tabella 5.4/A – Sorgenti di vibrazioni nelle fasi di realizzazione dei microtunnel

Macchinario	Fase di lavorazione		
	Infissione palancole	Perforazione	Inserimento condotta
Escavatore	1		
Autogrù		1	
Gru tralicciata cingolata	1		
Vibroinfissore con generatore 250 hp	1		
Dissabbiatore		1	
Pompa bentonite		1	
Gruppo elettrogeno	1	1	
Gruppo idraulico		1	
Filtropressa		1	
Escavatore con benna			1
Autogrù 60 t			1
Autocarro 4x4 attrezzato per fasciatura			1
Motosaldatrice 400 A			1
Paywelder automatica			1

Come da tabella, nel periodo diurno la fase più impattante dal punto di vista vibrazionale risulta essere quella dell'infissione palancole, sostanzialmente a causa dell'elevata energia impressa al terreno dal vibroinfissore. La fase di perforazione può protrarsi per tutto il periodo diurno.

Trivellazione orizzontale controllata

La tecnologia della trivellazione orizzontale controllata (TOC) si basa su un impianto di perforazione (rig) simile a quelli utilizzati nella trivellazione dei pozzi petroliferi. L'impianto è costituito da una rampa inclinata sulla quale trasla un carrello mobile che provvede alla rotazione, alla spinta, alla tensione e all'immissione dei fanghi necessari alla perforazione. Il rig provvede poi anche al traino della condotta. Le fasi operative principali, necessariamente consecutive per una condotta di queste dimensioni, sono:

- Realizzazione del foro pilota
- Alesatura (allargamento) del foro tramite alesatore trainato dal rig
- Inserimento della condotta tramite tiraggio dal rig

Nelle prime due fasi di attività del cantiere avvengono le lavorazioni che generano le vibrazioni più intense nell'area dove è installato il rig. Nella terza fase assume rilevanza anche il cantiere all'estremità opposta, dove la condotta da inserire, preferibilmente già assemblata in un'unica tratta, viene temporaneamente alloggiata in un'area di varo e guidata con trattori posatubi mentre il rig la traina. Le due estremità della TOC sono in genere abbastanza lontane da poter trascurare la sovrapposizione degli effetti vibrazionali dei due cantieri.

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 17 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034



Figura 5.4/B – Esempio di impianto di perforazione (rig) per TOC

La perforazione del foro pilota va realizzata in modo continuativo e all'occorrenza può protrarsi ininterrottamente per tutto il periodo diurno (06:00 – 22:00) e il periodo notturno (22:00 – 06:00). La fase di alesatura si considera assimilabile e non più impattante della precedente. La fase di inserimento della condotta avverrà esclusivamente nel periodo diurno (06:00 – 22:00), per un'operatività complessiva massima di circa 10 ore giornaliere.

Nella tabella seguente (vedi Tabella 5.4/B) si schematizzano le principali sorgenti di vibrazioni (mezzi e macchinari pesanti) che operano nella fase di perforazione, considerando il cantiere principale, e nella fase di inserimento, considerando i cantieri a entrambe le estremità.

Tabella 5.4/B – Sorgenti di vibrazioni nelle fasi di realizzazione delle TOC

Macchinario	Fase di lavorazione		
	Perforazione	Inserimento	
		Cantiere principale	Area di varo
Posatubi			4
Autocarro	1		1
Fuoristrada			1
Compressore	1	1 (5h)	
Autogrù	1	1 (5h)	
Impianto di perforazione (rig)	1	1	
Generatore	1	1	

Come da tabella, nel periodo diurno la fase più impattante dal punto di vista vibrazionale risulta essere quella dell'inserimento, relativamente all'area di varo. Tuttavia, il dispiegamento di mezzi coinvolto è inferiore a quello analizzato per la posa a cielo aperto.

Le attività di trivellazione comportano un incremento vibrazionale in corrispondenza dell'area specifica di cantiere, come è possibile osservare nelle mappe previsionali di impatto (vedi Allegato 6). Di seguito un esempio di mappa ottenuta dallo studio con modello previsionale (vedi Figura 5.4/C e Allegato 6-Area 4).

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 18 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

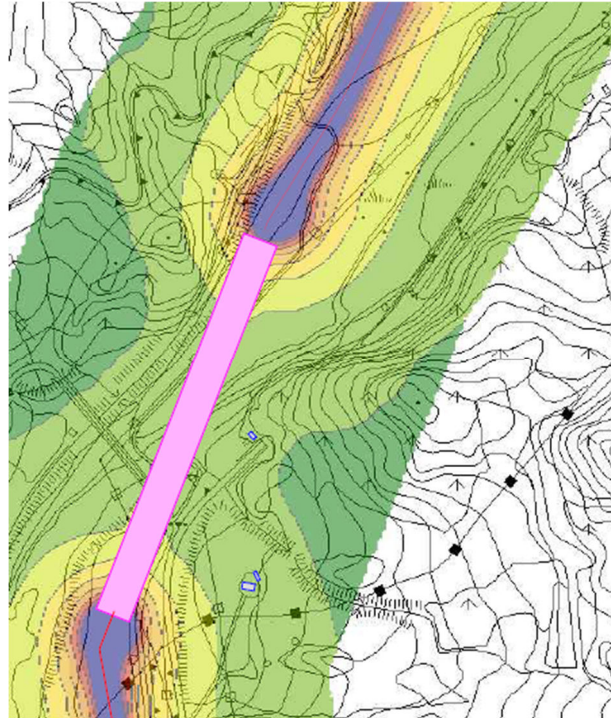


Figura 5.4/C – Emissioni vibrazionali più elevate in funzione delle attività di trivellazione

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 19 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

6 CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE

6.1 Campagna di misure di vibrazioni residue Ante Operam

Il territorio attraversato dal metanodotto è prevalentemente collinare e a destinazione agricola. La linea in progetto non passa praticamente mai nelle vicinanze di centri abitati, ma in molte occasioni passa a meno di 100 m da abitazioni sparse, in tutti i comuni attraversati. Non viene mai interferito alcun ricettore particolarmente sensibile, ad esempio di tipo scolastico o sanitario;

Per quanto riguarda le aree naturali protette della Rete Natura 2000, il tracciato in lavorazione attraversa soltanto la Zona Speciale di Conservazione (ZSC) e Zona di Protezione Speciale (ZPS) ITA050006 "Monte Conca", per poche centinaia di metri di posa in microtunnel e di dismissione. La posa a cielo aperto e il cantiere di spinta del microtunnel "Cozzo Don Michele" si trovano vicine al confine della ITA050006. Non ci sono altre aree protette a distanza vibrazionalmente rilevante; l'area ITA040008 si trova a distanza minima di 650 m dal tracciato, sufficiente a escludere un impatto significativo. Per dettagli su tali aree si veda il documento NQR20133-REL-AMB-E-03028 "Studio di incidenza ambientale".

I punti di misura sono stati scelti in funzione della vicinanza delle abitazioni al tracciato di scavo per valutare la situazione vibrazionale residua, così come richiesto dalla UNI 9614:2017.

In località isolate senza presenza di ricettori tali vibrazioni non sono state rilevate.

Nelle immagini seguenti (vedi Figure da 6.1/A a 6.1/I) sono riportati i 37 punti di misura, mentre nell'Allegato 2 vengono riportati su tavole in scala 1:5000.

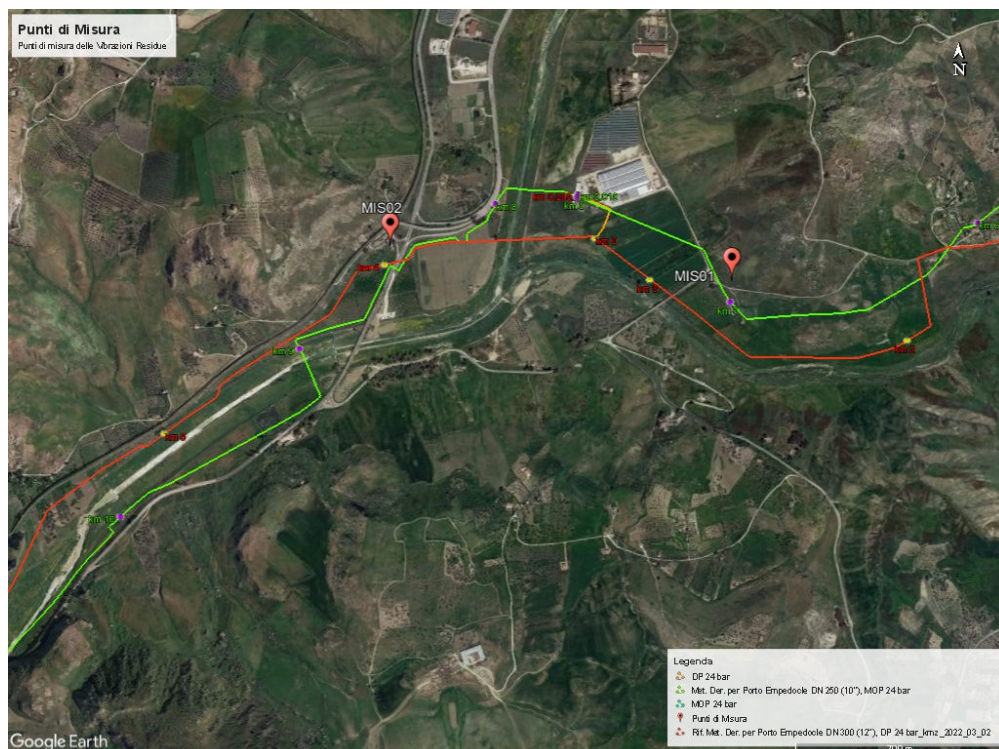


Figura 6.1/A – Punti di misura da 1 e 2

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fig. 20 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034



Figura 6.1/B – Punto di misura 3

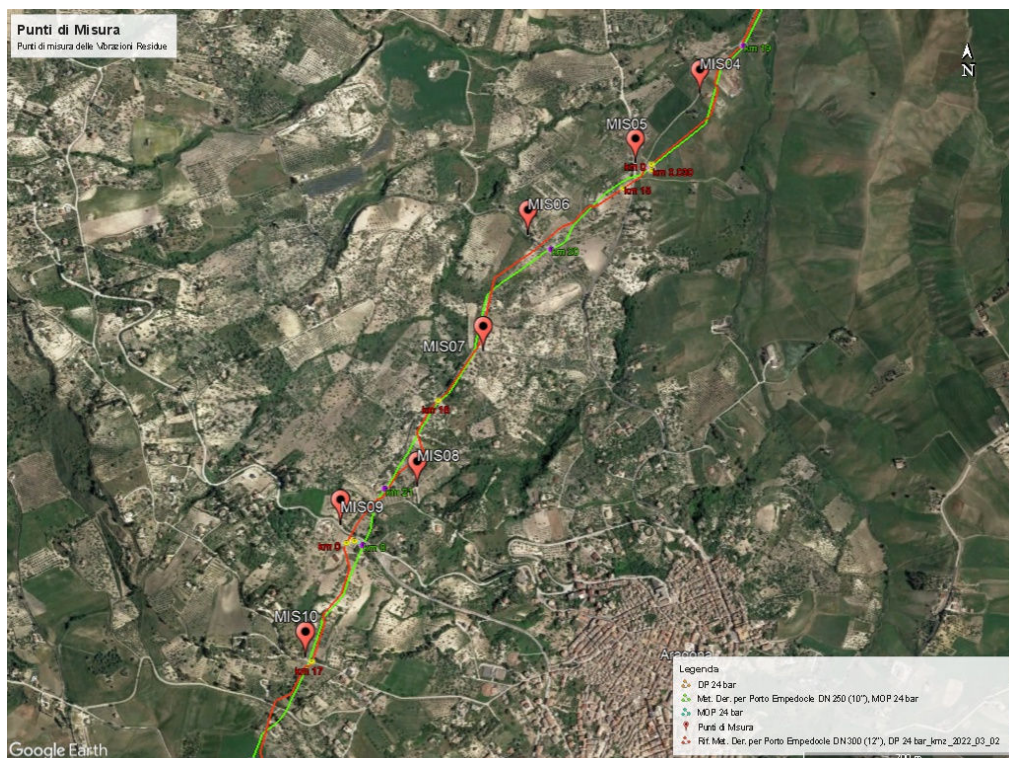


Figura 6.1/C – Punti di misura da 4 a 10

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 21 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

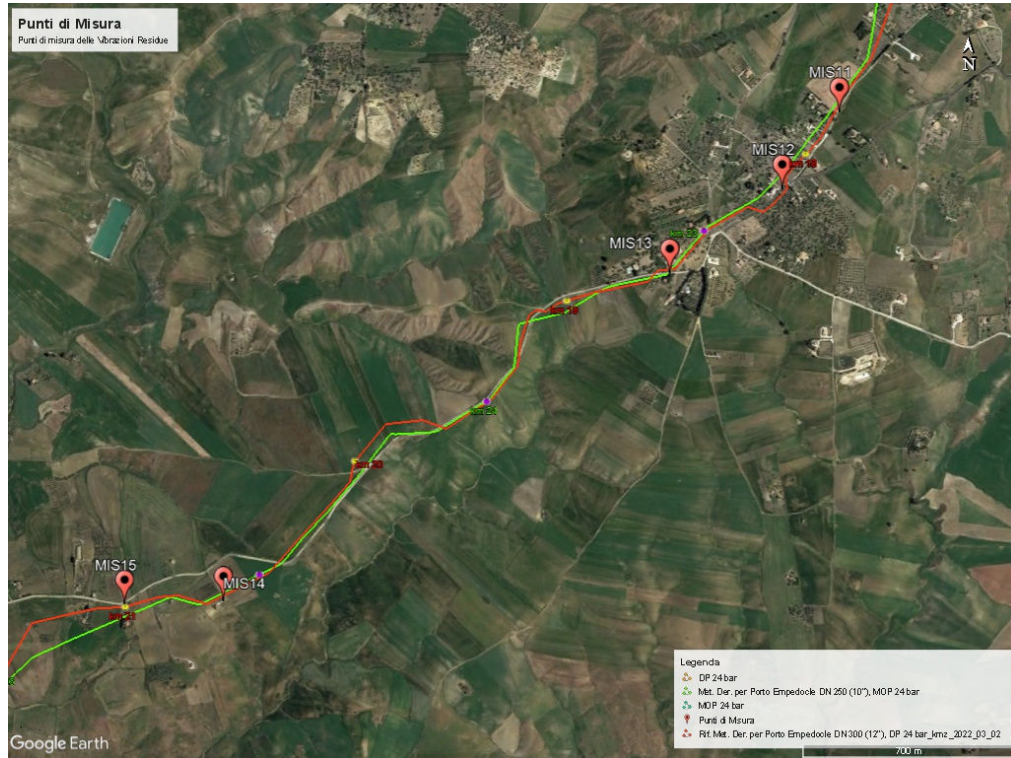


Figura 6.1/D – Punti di misura da 11 a 15

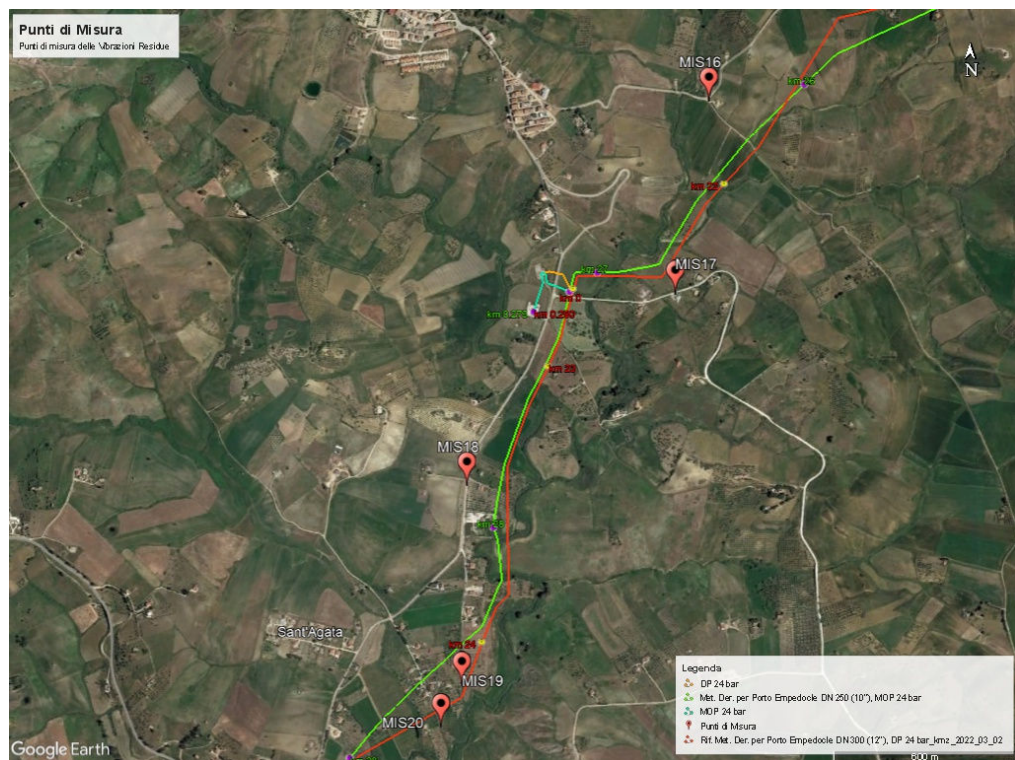


Figura 6.1/E – Punti di misura da 16 a 20

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 22 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

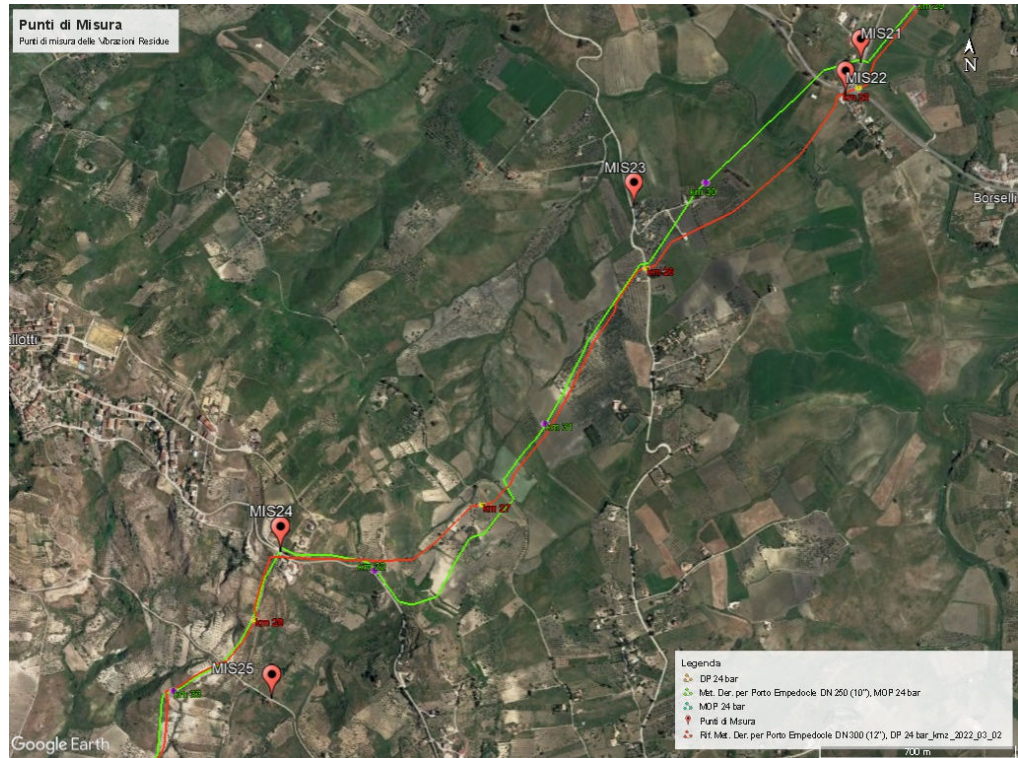


Figura 6.1/F – Punti di misura da 21 a 25

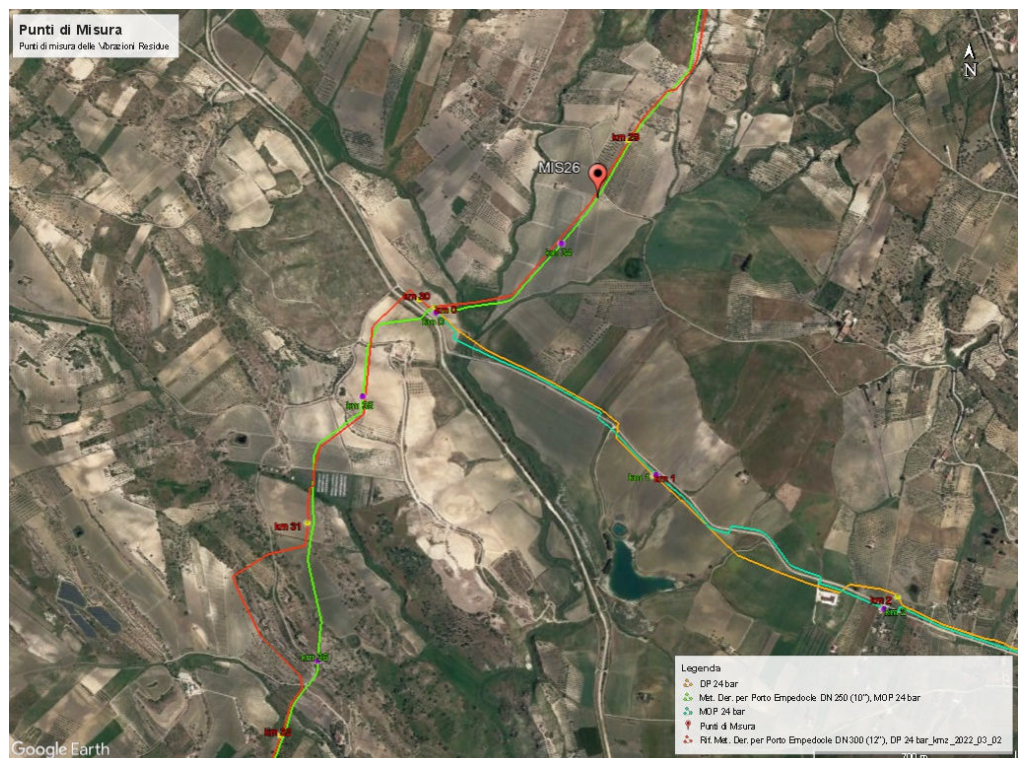


Figura 6.1/G – Punto di misura 26

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 23 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

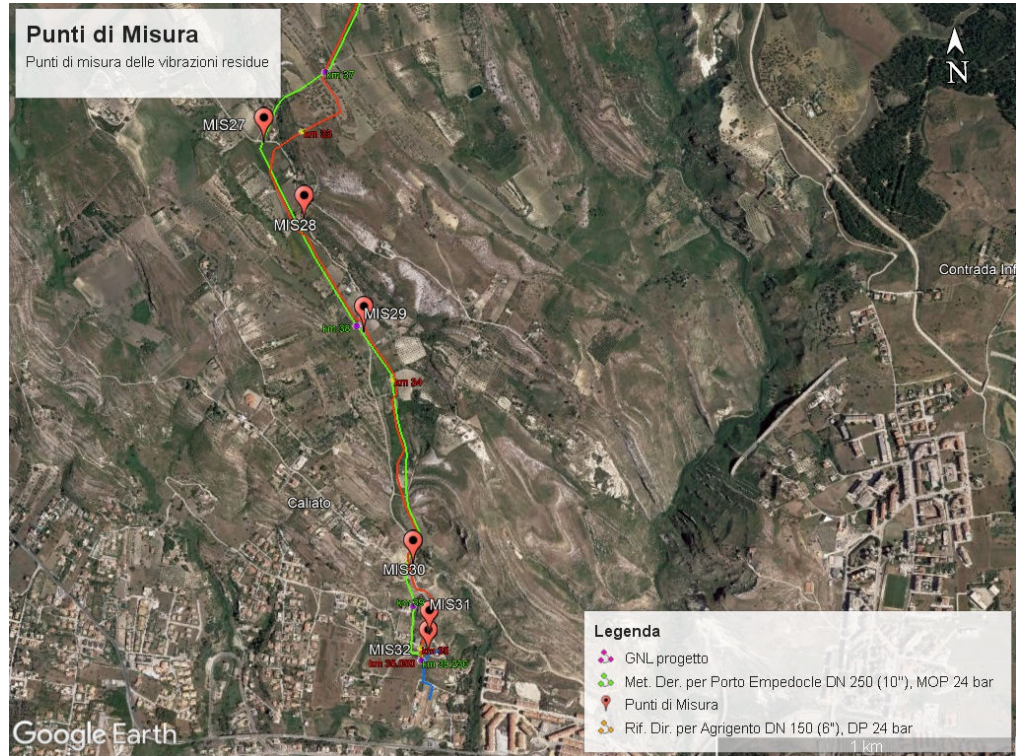


Figura 6.1/H – Punti di misura da 27 a 32

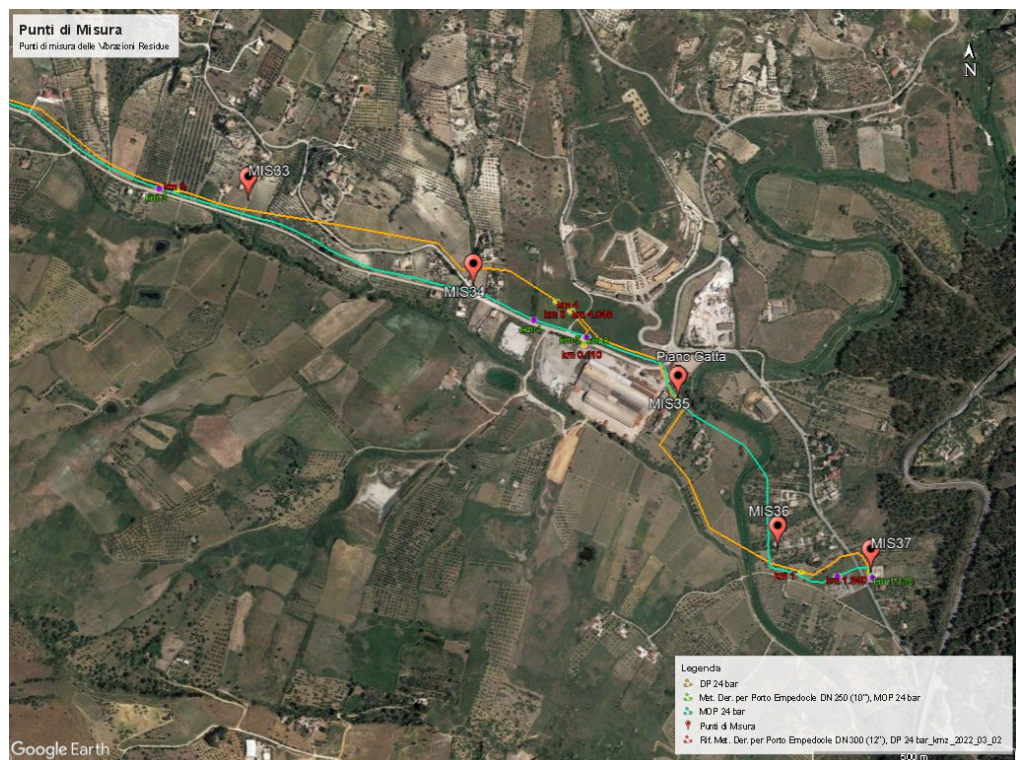


Figura 6.1/I – Punti di misura da 33 a 37

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 24 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

Per valutare l'impatto vibrazionale che le operazioni di costruzione del nuovo metanodotto avranno sull'area interessata dall'intervento sono stati selezionati una quantità di ricettori, rappresentativi delle zone maggiormente affette dalle immissioni vibratorie. Al fine di stimare le modifiche che i lavori apporteranno alla situazione attuale, in prossimità di questi ricettori sono stati effettuati i rilievi vibrazionali, per conoscere la vibrazione residua attualmente presente da sottrarre al valore immesso calcolato. In questo modo sarà possibile determinare la Vibrazione della sorgente V_{sor} .

La scelta dei ricettori è stata basata principalmente sulla minore distanza delle attività di scavo dalle abitazioni.

I punti di misura realizzati e mostrati nelle immagini soprastanti, sono etichettati con un numero crescente e sono elencati nella tabella seguente (vedi Tabella 6.1/A).

Tabella 6.1/A – Coordinate dei punti di misura

Punto di misura	Longitudine (°Est)	Latitudine (° Nord)
MIS01	13.69657778	37.49370278
MIS02	13.68292222	37.49550556
MIS03	13.65156667	37.464325
MIS04	13.61965	37.42405278
MIS05	13.61719722	37.42195833
MIS06	13.61311944	37.41974722
MIS07	13.61145833	37.41626389
MIS08	13.60904722	37.41230278
MIS09	13.60628889	37.41121389
MIS10	13.60513611	37.40750833
MIS11	13.60178889	37.40093889
MIS12	13.59977778	37.39873889
MIS13	13.59563056	37.39625833
MIS14	13.57896667	37.38651667
MIS15	13.57515278	37.38636389
MIS16	13.56675833	37.38334722
MIS17	13.56548889	37.37745
MIS18	13.55748056	37.37156389
MIS19	13.55729167	37.36540278
MIS20	13.55648611	37.36410556
MIS21	13.55078056	37.36128611
MIS22	13.55018056	37.36029722
MIS23	13.54198333	37.35682778
MIS24	13.52883333	37.34647778
MIS25	13.52826667	37.34191389
MIS26	13.52028611	37.33620833
MIS27	13.50328611	37.3119
MIS28	13.50465278	37.30960833
MIS29	13.50669444	37.30631667
MIS30	13.50818889	37.299375
MIS31	13.50866944	37.29720278
MIS32	13.50859167	37.29660278
MIS33	13.54400556	37.31990556
MIS34	13.55024444	37.31801111
MIS35	13.55598333	37.31553611
MIS36	13.55879444	37.31219167
MIS37	13.56138056	37.31168333

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 25 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

6.2 I parametri vibrazionali misurati

Come richiesto dalla UNI 9614:2017 le misure sono state eseguite con accelerometri triassiali in modo da ottenere i valori di accelerazione vibrazionale su X, Y e Z.

La metodologia di fissaggio degli accelerometri è attraverso una massa sismica di adeguato peso e tale da garantire un appoggio isostatico, come previsto dalla UNI ISO 5348:2021.

Dai tre valori di accelerazione pesati con la curva W_m prescritta nella ISO 8041:2017, si ottiene il vettore di somma quadratica. Nella figura seguente (vedi Figura 6.2/A) è possibile osservare uno stralcio di un report di misura, i quali sono riportati nello specifico allegato (vedi Allegato 3).

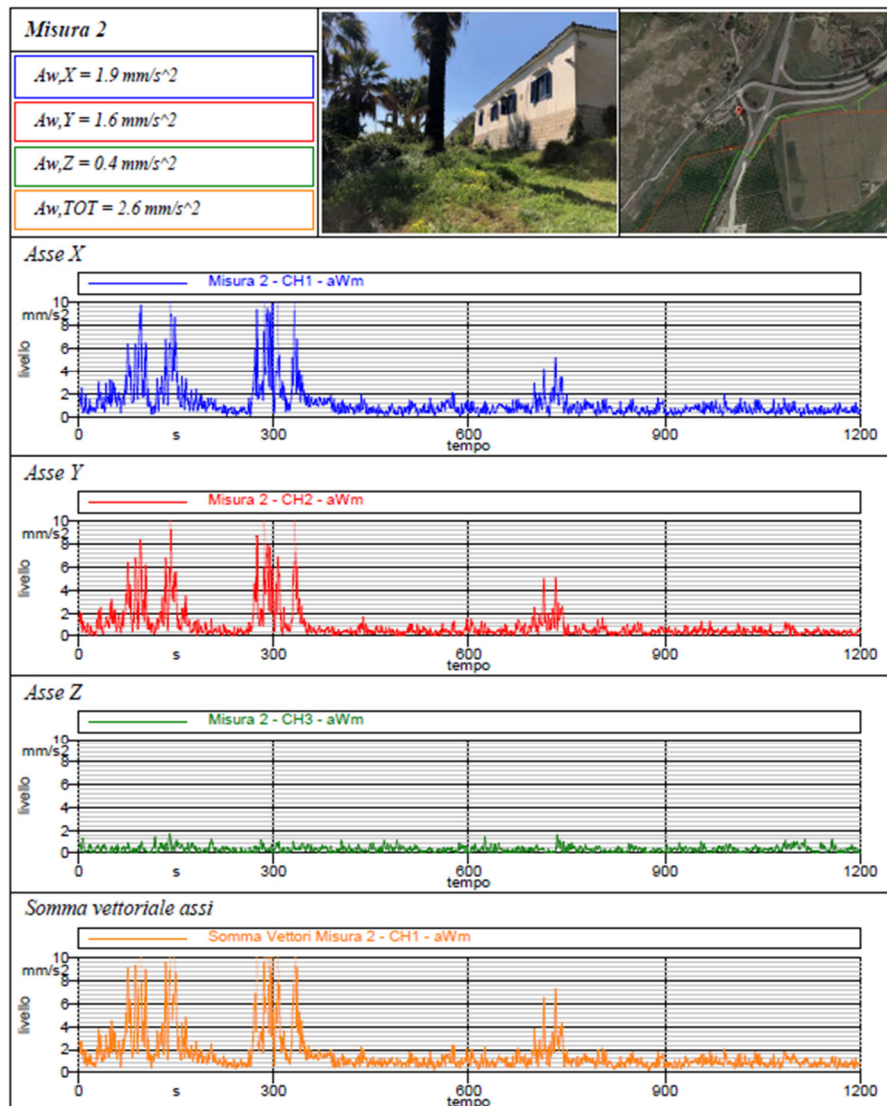


Figura 6.2/A – Esempio di report di misura

I valori di accelerazione totale, nell'ultimo grafico del report, vengono ottenuti dalla somma quadratica dei valori di accelerazione sui tre assi.

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 26 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

$$A_{w,Tot} = \sqrt{a_{w,x}^2(t) + a_{w,y}^2(t) + a_{w,z}^2(t)} \quad (6)$$

La misurazione dei livelli di vibrazione residua è stata condotta per un tempo statisticamente riproducibile (20 minuti a punto).

6.3 La strumentazione utilizzata

Come richiesto dalla UNI 9614:2017 le misure sono state eseguite con accelerometri triassiali ad alta sensibilità ($1 \text{ V/g} \sim 100 \text{ mV/m/s}^2$), connessi direttamente al sistema di analisi (analizzatore in tempo reale a 4 canali).

La catena di misura era così costituita:

- Analizzatore Svantek a 4 canali modello 948;
- Accelerometro ad alta sensibilità Dytran modello 3233A



Figura 6.3/A – Catena di misura

L'intera catena di misura, costituita dall'accelerometro, dall'analizzatore e dal calibratore accelerometrico, è stata certificata presso un Centro di Taratura Accreditato (LAT) ed i relativi Certificati vengono riportati in Allegato 1, mentre nella tabella che segue riportiamo gli estremi.

Tabella 6.3/A – Estremi dei certificati della catena di misura

Strumento	Modello	Costruttore	Matricola	Certificato	Data certificato
Misuratore di vibrazioni Accelerometro triassiale	SVAN 948 3233A	Svantek Dytran	8871 123	LAT068-49354-V	2022-07-05
Calibratore accelerometrico	394C06	PCB	1773	LAT068-49298-V	2022-06-28

Il rilevatore di vibrazioni con il suo accelerometro è stato verificato per ogni asse con il calibratore accelerometrico, prima e dopo ogni sessione di misura, senza riscontrare variazioni superiori al 2%.

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 27 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034



Figura 6.3/B – Calibratore accelerometrico

La strumentazione risponde alle richieste della norma ISO 8041:2017 richiamate dalla UNI 9614:2017.

L'accelerometro triassiale ad alta sensibilità Dytran mod. 3233A consente misurazioni a bassi livelli vibratori, il suo rumore elettrico, nella banda di frequenza considerata per le misurazioni (circa 1-100 Hz), è di $12 \mu\text{m/s}^2$.

Equivalent Electrical Noise		0.00008	g rms	0.00078	m/s^2 rms
Spectral Noise	1Hz	12	$\mu\text{g rms} / \sqrt{(\text{Hz})}$	118	$\mu\text{m/s}^2 \text{ rms} / \sqrt{(\text{Hz})}$
	10Hz	4	$\mu\text{g rms} / \sqrt{(\text{Hz})}$	39	$\mu\text{m/s}^2 \text{ rms} / \sqrt{(\text{Hz})}$
	100Hz	1.2	$\mu\text{g rms} / \sqrt{(\text{Hz})}$	12	$\mu\text{m/s}^2 \text{ rms} / \sqrt{(\text{Hz})}$
	1000Hz	0.5	$\mu\text{g rms} / \sqrt{(\text{Hz})}$	5	$\mu\text{m/s}^2 \text{ rms} / \sqrt{(\text{Hz})}$

Figura 6.3/C – Dati del rumore elettrico dell'accelerometro usato

6.4 I risultati delle misure accelerometriche

Come richiesto dalla UNI 9614:2017 le verifiche sono state eseguite attraverso una misura dei livelli di vibrazione sui tre assi X, Y e Z, pesati con la curva W_m descritta nella 8041:2017, per poi ottenere il valore di somma vettoriale a_w .

Come riferimento, la direzione dell'asse X è stata considerata lungo l'asse del tracciato del gasdotto, anche se di fatto tale distinzione non ha importanza in quanto tutti gli assi vengono pesati con la stessa curva e non vi sono fattori moltiplicativi specifici per le differenti direzioni.

Nella tabella seguente (vedi Tabella 6.4/A) riportiamo i valori distinti sui 3 assi ed il vettore risultante.

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 28 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

Tabella 6.4/A – Valori di vibrazione misurati

Punto di misura	Asse X (mm/s ²)	Asse Y (mm/s ²)	Asse Z (mm/s ²)	Vettore (mm/s ²)
MIS01	1.4	0.4	1.1	1.8
MIS02	1.9	1.6	0.4	2.6
MIS03	0.6	0.3	0.6	0.9
MIS04	0.7	0.3	0.6	1
MIS05	0.7	0.4	0.7	1
MIS06	1.1	0.3	0.6	1.3
MIS07	0.6	0.3	0.5	0.8
MIS08	1.8	2.1	0.9	2.9
MIS09	1.3	1.5	1.1	2.3
MIS10	0.9	0.5	0.7	1.3
MIS11	0.7	0.4	0.7	1
MIS12	0.9	0.5	0.8	1.3
MIS13	0.9	0.4	1.2	1.6
MIS14	0.9	0.6	0.7	1.3
MIS15	2.2	3.1	1.6	4.1
MIS16	0.7	0.8	0.5	1.2
MIS17	1.4	0.8	0.8	1.8
MIS18	0.6	0.3	0.6	0.9
MIS19	0.6	0.6	0.5	1
MIS20	0.4	0.3	0.5	0.7
MIS21	0.5	0.3	0.7	0.9
MIS22	0.7	0.3	1	1.2
MIS23	0.5	0.2	0.7	0.9
MIS24	1.4	1.2	1.4	2.3
MIS25	0.5	0.3	0.5	0.7
MIS26	0.6	0.4	0.7	1
MIS27	0.6	0.4	0.8	1.1
MIS28	0.7	0.3	0.8	1.1
MIS29	1.1	0.4	0.8	1.4
MIS30	0.9	0.7	0.9	1.5
MIS31	0.9	1	0.9	1.6
MIS32	0.8	0.4	0.8	1.2
MIS33	1.8	0.8	1.2	2.3
MIS34	0.9	0.5	1.5	1.8
MIS35	0.3	0.2	0.3	0.5
MIS36	0.4	0.3	0.4	0.6
MIS37	0.9	0.4	1.5	1.8

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 29 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

7 RISULTATI DELLO STUDIO VIBRAZIONALE

7.1 Il modello di propagazione nel terreno delle onde vibrazionali

Lo studio della propagazione vibratoria sui terreni vede la concorrenza di due fenomeni che interagiscono tra di loro:

- l'attenuazione materiale del mezzo, legata alle caratteristiche dissipative del terreno all'interno del quale avviene la propagazione di energia vibratoria. L'attenuazione materiale del mezzo è un fenomeno complesso (dipende ad esempio dalla frequenza e ampiezza del moto), risultante dalla interazione di diversi meccanismi tra cui le perdite di energia di natura viscosa per attrito tra le particelle di terreno e le dissipazioni dovute al movimento relativo tra fasi solida e fluida.
- l'attenuazione geometrica, legata al fenomeno di propagazione dell'energia vibratoria entro volumi di terreno sempre crescenti con l'aumentare della distanza dalla sorgente. In un mezzo omogeneo essa è legata alla geometria della sorgente (puntuale, lineare, etc.), alla sua profondità, alle caratteristiche del dominio sede dei fenomeni propagatori (presenza di ostacoli, discontinuità, etc.). L'attenuazione geometrica dipende poi dal particolare tipo di campo vibratorio studiato e si manifesta in modo diverso per le onde di volume rispetto alle onde di superficie o di interfaccia.

L'approccio scelto per creare un modello propagativo delle vibrazioni nel terreno durante le attività per la realizzazione del gasdotto parte dalle relazioni presenti in letteratura, definendo poi i parametri specifici del terreno in modo che vi sia una buona rispondenza tra i valori misurati alle diverse distanze e i valori teorici. In questo senso possiamo fare alcune considerazioni (visibili anche nei grafici precedenti) per cui:

- la sorgente specifica, il cantiere che si sviluppa lungo la linea del gasdotto è assumibile come una sorgente di tipo lineare;
- l'attenuazione dissipativa del mezzo è stata calcolata nell'ipotesi di mezzo debolmente dissipativo e campo vibratorio costituito in prevalenza da onde di volume nelle vicinanze della sorgente, e di superficie di tipo Rayleigh per distanze maggiori;
- l'attenuazione geometrica pertinente alla sorgente puntuale nel campo vicino è stata assunta proporzionale a r^{-1} , mentre nel campo lontano si è considerata una prevalenza di onde di Rayleigh con una legge di attenuazione proporzionale a r^n , dove n varia in funzione della distanza.

Pertanto, l'attenuazione delle vibrazioni è stata calcolata in condizioni di campo libero mediante la seguente espressione:

$$A(r, f) = A(r_0, f) \cdot \left(\frac{r_0}{r}\right)^n \cdot e^{-2\mu f \varepsilon / c(r-r_0)} \quad (7)$$

dove

$A(r, f)$ è il valore dell'accelerazione alla frequenza f misurabile alla distanza r dalla sorgente;

$A(r_0, f)$ è il valore dell'accelerazione alla frequenza f misurato alla distanza r_0 dalla sorgente;

ε è un parametro legato alle caratteristiche geotecniche del terreno;

c è la velocità di propagazione dell'onda vibratoria nel terreno.

Nel nostro caso, ε e c variano in funzione dell'area considerata lungo la linea di sviluppo del gasdotto.

	PROGETTISTA:		COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ:	Regione Sicilia		REL-AMB-E-03034
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fig. 30 di 42	Rev. 0	

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

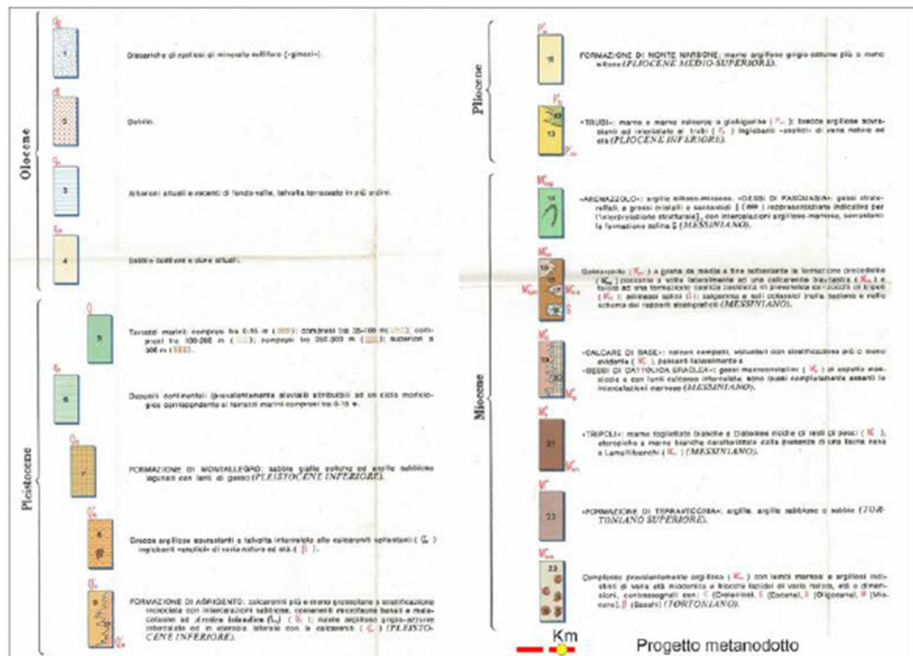
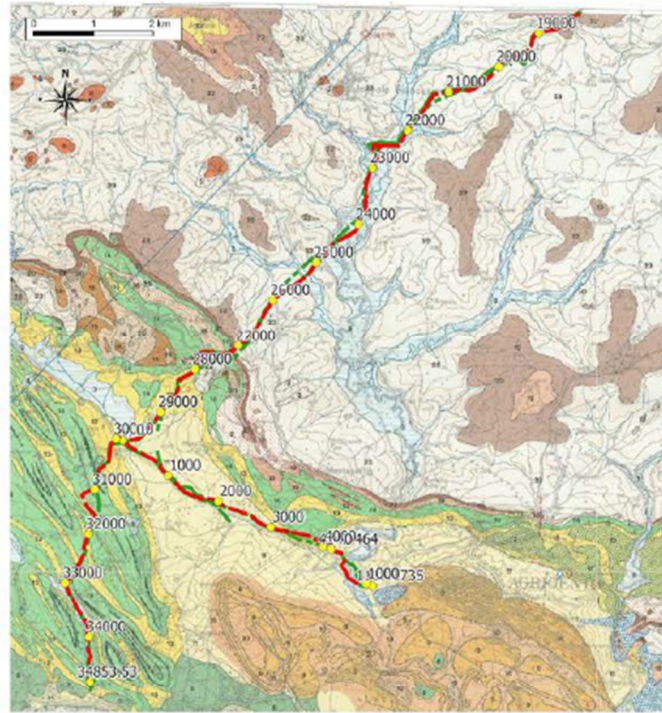


Figura 7.1/A – Estratto della Carta Geologica d'Italia

7.2 La propagazione delle vibrazioni negli edifici

La propagazione delle vibrazioni negli edifici e la risposta di pareti e solai dipende dalle caratteristiche costruttive dell'edificio. Al fine delle valutazioni è importante separare due aspetti fondamentali del fenomeno:

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 31 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

- l'interazione suolo-fondazioni
- la propagazione nel corpo dell'edificio

Il primo aspetto è legato al fatto che la mancanza di solidarietà all'interfaccia terreno-struttura dà luogo a fenomeni dissipativi, configurandosi come un fenomeno limitante della trasmissione. Detto fenomeno è perciò condizionato dalla tipologia delle fondazioni (fondazioni a platea, fondazioni su plinti isolati, pali di fondazioni, ecc.).

Nel caso di fondazioni a platea la grande area di contatto con il terreno determina una perdita di accoppiamento praticamente nulla alle basse frequenze fino alla frequenza di risonanza della fondazione.

Per le altre tipologie di fondazioni possono essere utilizzate curve empiriche che consentono la stima dei livelli di vibrazione della fondazione in funzione dei livelli di vibrazione del terreno.

La propagazione nel corpo dell'edificio è determinante sia per gli abitanti sia per le strutture in quanto i pavimenti, pareti e soffitti degli edifici sono soggetti a significative amplificazioni delle vibrazioni rispetto a quelle trasmesse dalle fondazioni. In molti casi la risonanza delle strutture orizzontali può causare un'amplificazione delle vibrazioni nel campo di frequenze comprese tra 10 e 30 Hz. I problemi maggiori si verificano quando la frequenza di risonanza dei solai coincide con la frequenza di picco dello spettro di vibrazione del terreno.

Negli edifici multipiano un valore di attenuazione delle vibrazioni da piano a piano è approssimativamente pari a 3 dB. I risultati di misure sperimentali svolti da Ishii e Tachibana in un edificio a 10 piani fuori terra con struttura in calcestruzzo armato e acciaio mostrano un'attenuazione di circa 1 dB alle basse frequenze in corrispondenza dei piani alti e maggiore di 3 dB ai primi piani.

La norma DIN 4150 riferisce che, nel caso di vibrazioni orizzontali le frequenze proprie dei piani di un edificio seguono all'incirca la legge $f = 10/n$, essendo n il numero del piano. Per la componente verticale si hanno circa $f = 10$ Hz per pavimenti poco rigidi e $f = 30$ Hz per pavimenti molto rigidi. Gli incrementi per risonanza possono essere dell'ordine di 3÷8 volte, con rari casi di incrementi fino a 15 volte.

Risultati analoghi sono stati ottenuti nel corso di misure eseguite dalle Ferrovie Svizzere: generalmente si ha un'attenuazione nelle componenti orizzontali x e y ($f = 0\div 80$ Hz) tra suolo e piano terra degli edifici ma si verifica un'amplificazione della componente verticale z tra suolo e piano terra e suolo-primo piano.

Mediamente l'amplificazione sul pavimento è di 5 dB per frequenze di risonanza di circa 20 Hz, ma può arrivare anche a 20 dB nel caso del pavimento del piano terra con frequenza di risonanza di circa 40 Hz.

Le caratteristiche strutturali degli edifici che influiscono sulla propagazione delle vibrazioni trasmesse dal terreno alla fondazione vengono considerate composte da due componenti:

- propagazione da piano a piano;
- amplificazione degli orizzontamenti.

I due fenomeni comportano evidentemente due effetti contrari, il primo di attenuazione, il secondo di amplificazione. In relazione alle condizioni specifiche che caratterizzano gli immobili, uno dei due effetti può prevalere sull'altro, come pure i due effetti si possono elidere vicendevolmente.

In generale i fenomeni si differenziano in relazione al campo di frequenza in cui hanno specifica rilevanza.

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 32 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

Le vibrazioni, prevalentemente verticali in corrispondenza del sistema fondazionale dell'edificio, si propagano verso l'alto con una attenuazione progressiva da piano a piano.

Nella seguente tabella riportiamo tale attenuazione in funzione della frequenza per altezze di interpiano sino a 3.2 m e per 3 orizzontamenti.

Il primo orizzontamento connota la posizione di minima attenuazione che viene considerata nelle verifiche previsionali.

Tabella 7.2/A – Attenuazioni di interpiano (espressi in dB)

Piano	Frequenze in terzi d'ottava (Hz)								
	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80
1° Orizzontamento	-2	-2	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3
2° Orizzontamento	-4	-4	-4	-4	-5	-5	-5	-5.5	-6
3° Orizzontamento	-6	-6	-6	-6	-7	-7	-7	-7	-7.5

Per ciò che riguarda la propagazione delle vibrazioni nel corpo della struttura i problemi maggiori riguardano i solai: la vibrazione può essere amplificata in corrispondenza della frequenza fondamentale degli orizzontamenti, che dipende dalla luce del solaio e dalla loro tipologia costruttiva.

L'amplificazione dei solai spazia in un ambito che va da 5 dB per frequenze proprie di circa 20 Hz a valori limite di 20 dB per frequenze proprie di circa 40 Hz. Le frequenze proprie degli orizzontamenti più diffusi si situano tra 10 Hz e 20 Hz.

Per le frequenze orizzontali, come già citato, la norma DIN 4150 suggerisce di calcolare le frequenze proprie ai vari piani con la formula $f = 10/n$, dove n è il numero del piano.

Per le frequenze connesse a modi verticali, la frequenza propria di un solaio si può esprimere come:

$$f_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (\text{Hz}) \quad (8)$$

dove "k" viene assunto approssimativamente come la rigidezza per carichi concentrati in mezzera ed "m" come la massa della striscia di solaio considerata (il calcolo preciso proviene dalla risoluzione di un integrale di Duhamel).

Nella figura seguente sono riportati, a titolo esemplificativo, i valori di amplificazione attesi per orizzontamenti in latero-cemento di classico dimensionamento per differenti luci.

Le curve tabellate fornite dalla letteratura indicano che non sono attese amplificazioni per le componenti in frequenza superiori a 50 Hz.

Nel caso di struttura portante orizzontale in acciaio e legno, sono messe in conto, in relazione ai minori smorzamenti strutturali che caratterizzano tali materiali costruttivi, maggiori amplificazioni, dell'ordine del 10% per l'acciaio e del 20% per il legno.

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 33 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

Tabella 7.2/B – Amplificazioni in funzione della luce del solaio (espressi in dB)

Luce del solaio	Frequenze in terzi d'ottava (Hz)								
	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80
Luce da 4 m	1.5	2,6	4.4	8.4	20	4.1	-	-	-
Luce da 5 m	4.3	8.7	20	4.8	-	-	-	-	-
Luce da 6 m	20	3.7	-	-	-	-	-	-	-
Luce da 7 m	4.8	-	-	-	-	-	-	-	-

7.3 Accoppiamento terreno-edificio

La differenza tra il livello di vibrazione del terreno e quello delle strutture di fondazione è detta attenuazione per perdita di accoppiamento (coupling loss).

Dal punto di vista fondazionale, gli edifici possono essere classificati come edifici su fondazione diretta (plinti isolati o travi continue) ed edifici su fondazioni profonde (pali, pozzi, diaframmi, ecc).

La figura seguente (vedi Figura 7.3/A) fornisce i valori sperimentali medi della perdita di accoppiamento in funzione della frequenza per fondazioni su pali nel terreno o su plinti di edifici in muratura, con o senza intelaiatura.

Per gli edifici con struttura portante verticale in muratura, in relazione alla maggiore massa, viene messa in conto una maggiore attenuazione pari a 2 dB. Per edifici con struttura portante verticale in acciaio, in relazione alla minore massa in gioco, viene messa in conto una riduzione di attenuazione, rispetto al caso di struttura portante in cemento armato, pari a 2 dB.

Per fondazioni a platea generale dato che la vibrazione della stessa può essere considerata simile a quella che si verificherebbe nel terreno senza la presenza della platea, la perdita di accoppiamento è zero alle basse frequenze fino alla frequenza di risonanza della platea.

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 34 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

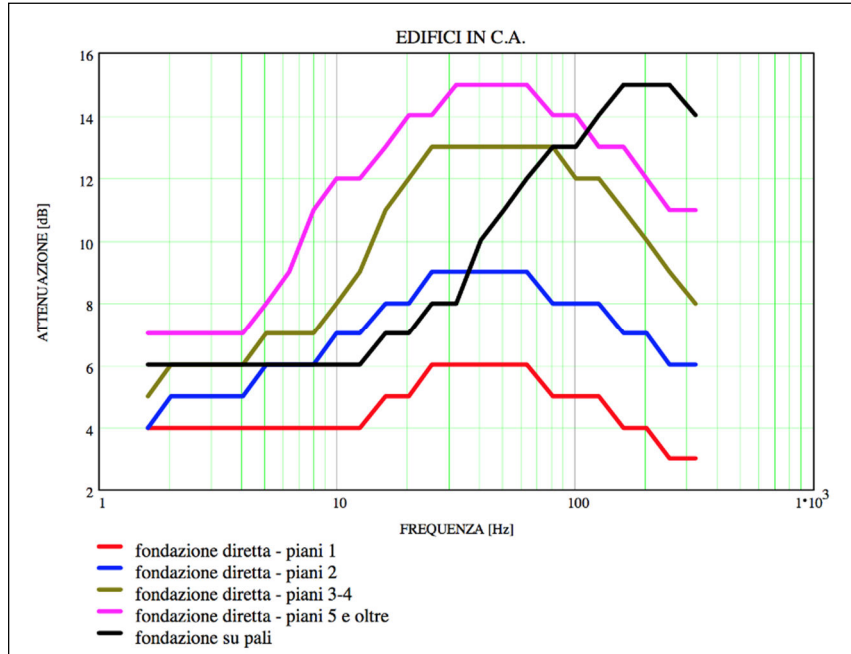


Figura 7.3/A – Attenuazioni legate all'accoppiamento terreno-fondazioni

Il comportamento varia se le fondazioni della costruzione non sono in cemento armato. Nella figura seguente (vedi Figura 7.3/B) è possibile osservare la differenza di attenuazione per accoppiamento tra i diversi tipi di fondazioni.

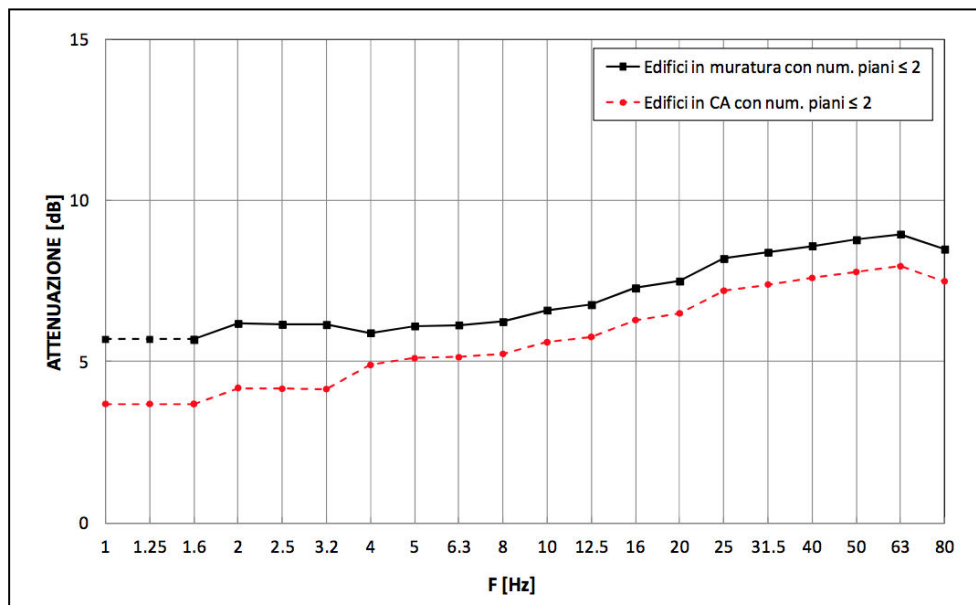


Figura 7.3/B – Attenuazioni legate all'accoppiamento terreno-fondazioni

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 35 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

7.4 I valori vibrazionali puntuali per il tracciato di progetto

I ricettori considerati ai fini del calcolo previsionale sono stati scelti in base alla minor distanza rispetto alla linea di lavorazione del gasdotto e saranno quindi le situazioni più critiche dell'area.

I punti di misura delle vibrazioni residue sono rappresentativi delle aree studiate, per cui un punto di misura può essere utilizzato per un'area di studio dove vi sono più ricettori calcolati. Nella tabella riassuntiva vengono riportati i punti di misura considerati ai fini del calcolo del livello delle vibrazioni della sorgente.

Gli edifici considerati ai fini del calcolo della vibrazione immessa per il tracciato di Progetto, sono riportati in una scala adeguata nelle tavole specifiche (vedi Allegato 4) come, ad esempio, nella seguente figura (vedi Figure da 7.4/A).

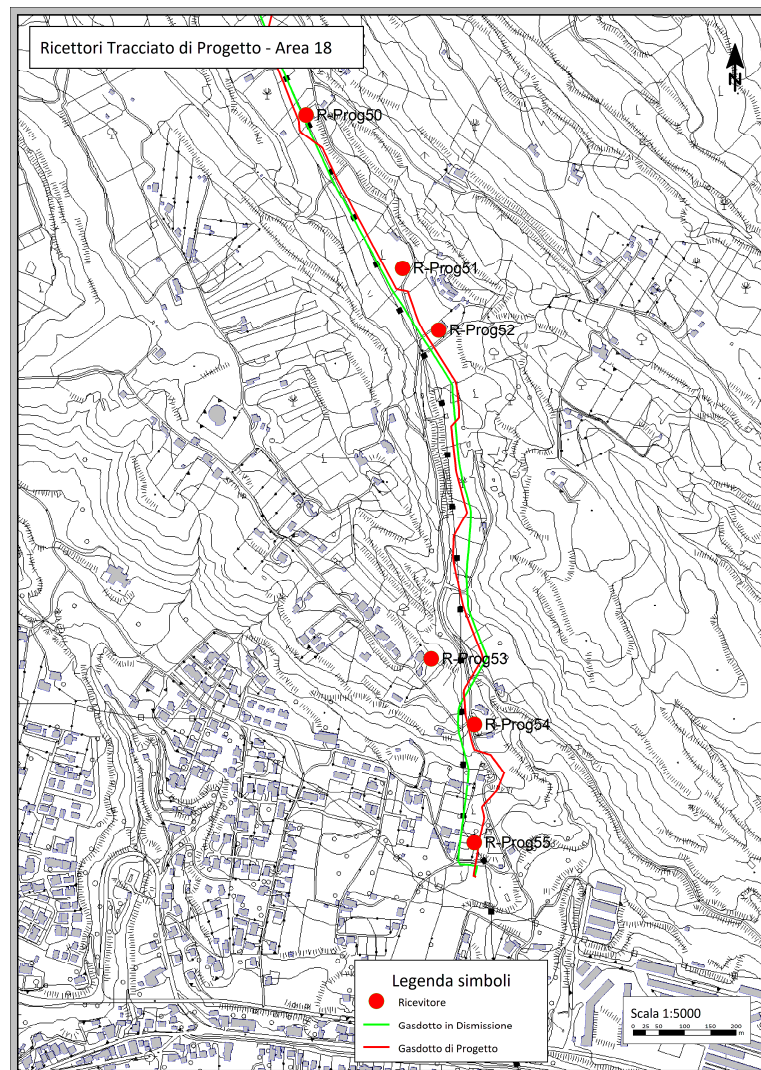


Figura 7.4/A – Esempio di mappa dei ricettori riportata nell'allegato

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 36 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

Nella seguente tabella (vedi Tabella 7.4/A) vengono riportati i valori stimati del livello di vibrazione vettoriale per i diversi ricettori considerati.

Tabella 7.4/A – Valori di vibrazione stimati ai ricettori

Ricettore	Vibrazioni Immesse (mm/s ²)	Vibrazioni Residue (mm/s ²)	Misura presa a riferimento	Vibrazioni Sorgente (mm/s ²)
R-Prog01	13.8	1.8	MIS01	13.7
R-Prog02	9.9	1.8	MIS01	9.7
R-Prog03	5.6	1.8	MIS01	5.3
R-Prog04	7.9	1.8	MIS01	7.6
R-Prog05	11.6	1.8	MIS01	11.5
R-Prog06	5.4	2.6	MIS02	4.7
R-Prog07	4.4	0.9	MIS03	4.3
R-Prog08	2.6	0.9	MIS03	2.4
R-Prog09	5.8	0.9	MIS03	5.7
R-Prog10	11.0	1.0	MIS04	10.9
R-Prog11	8.9	1.0	MIS05	8.9
R-Prog12	10.5	1.0	MIS05	10.4
R-Prog13	8.1	1.0	MIS05	8.1
R-Prog14	8.4	1.3	MIS06	8.3
R-Prog15	11.0	1.3	MIS06	10.9
R-Prog16	12.6	1.3	MIS06	12.5
R-Prog17	12.0	1.3	MIS06	12.0
R-Prog18	13.5	1.3	MIS06	13.4
R-Prog19	10.0	0.8	MIS07	10.0
R-Prog20	5.1	2.9	MIS08	4.2
R-Prog21	12.3	2.3	MIS09	12.1
R-Prog22	9.7	2.3	MIS09	9.4
R-Prog23	10.1	1.3	MIS10	10.0
R-Prog24	8.5	1.3	MIS10	8.4
R-Prog25	5.8	1.0	MIS11	5.7
R-Prog26	4.7	1.0	MIS11	4.6
R-Prog27	4.1	1.0	MIS11	3.9
R-Prog28	6.2	1.0	MIS11	6.1
R-Prog29	6.0	1.0	MIS11	5.9
R-Prog30	8.5	1.3	MIS12	8.4
R-Prog31	5.8	1.3	MIS12	5.7
R-Prog32	9.4	1.3	MIS12	9.4
R-Prog33	6.8	1.3	MIS12	6.6
R-Prog34	8.4	1.6	MIS13	8.3
R-Prog35	5.6	1.6	MIS13	5.4

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 37 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

R-Prog36	12.7	1.3	MIS14	12.7
R-Prog37	6.3	1.2	MIS16	6.2
R-Prog38	9.9	1.2	MIS16	9.8
R-Prog39	3.3	1.8	MIS17	2.8
R-Prog40	8.3	0.9	MIS18	8.3
R-Prog41	2.1	0.9	MIS18	1.9
R-Prog42	3.9	1.0	MIS19	3.8
R-Prog43	12.0	0.7	MIS20	12.0
R-Prog44	5.4	1.2	MIS22	5.2
R-Prog45	9.5	0.7	MIS25	9.5
R-Prog46	3.3	1.0	MIS26	3.2
R-Prog47	3.0	1.0	MIS26	2.8
R-Prog48	2.8	1.0	MIS26	2.6
R-Prog49	9.0	1.0	MIS26	9.0
R-Prog50	11.7	1.1	MIS28	11.7
R-Prog51	7.4	1.1	MIS28	7.3
R-Prog52	9.5	1.4	MIS29	9.4
R-Prog53	3.6	1.5	MIS30	3.3
R-Prog54	14.0	1.5	MIS30	13.9
R-Prog55	16.8	1.6	MIS31	16.7
R-Prog56	3.3	1.0	MIS26	3.2
R-Prog57	11.7	1.0	MIS26	11.7
R-Prog58	6.6	1.0	MIS26	6.5
R-Prog59	8.5	1.0	MIS26	8.5
R-Prog60	7.8	1.8	MIS34	7.6
R-Prog61	9.2	2.3	MIS33	8.9
R-Prog62	7.7	1.8	MIS34	7.5
R-Prog63	7.2	1.8	MIS34	7.0
R-Prog64	8.2	0.5	MIS35	8.2
R-Prog65	6.8	0.6	MIS36	6.7
R-Prog66	8.7	0.6	MIS36	8.7
R-Prog67	7.2	0.6	MIS36	7.1

Nella soprastante tabella sono stati eseguiti i calcoli richiesti dalla UNI 9614:2017 al fine di ottenere il valore della vibrazione della sorgente da confrontare con i limiti indicati nella stessa norma.

I valori sono stimati al piano terra del centro edificio, considerando l'accoppiamento terreno-edificio descritto nel paragrafo 7.3.

Sono stati segnati in colore rosso i valori stimati di vibrazione eccedenti il limite diurno dei 7,2 mm/s².

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 38 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

7.5 I valori vibrazionali puntuali per il tracciato di dismissione

Per i ricettori considerati ai fini del calcolo previsionale sul tracciato di dismissione valgono le stesse considerazioni fatte per il tracciato di progetto.

Gli edifici considerati ai fini del calcolo della vibrazione immessa sono riportati in una scala adeguata nelle tavole specifiche (vedi Allegato 5).

Nella seguente tabella (vedi Tabella 7.5/A) vengono riportati i valori stimati del livello di vibrazione vettoriale per i diversi ricettori considerati.

Tabella 7.5/A – Valori di vibrazione stimati ai ricettori

Ricettore	Vibrazioni Immesse (mm/s ²)	Vibrazioni Residue (mm/s ²)	Misura presa a riferimento	Vibrazioni Sorgente (mm/s ²)
R-Dism01	6.1	0.9	MIS03	6.0
R-Dism02	6.7	0.9	MIS03	6.6
R-Dism03	5.5	0.9	MIS03	5.4
R-Dism04	8.7	0.9	MIS03	8.7
R-Dism05	6.5	0.9	MIS03	6.5
R-Dism06	6.6	0.9	MIS03	6.5
R-Dism07	7.1	0.9	MIS03	7.0
R-Dism08	4.1	0.9	MIS03	4.0
R-Dism09	5.1	0.9	MIS03	5.0
R-Dism10	3.9	0.9	MIS03	3.8
R-Dism11	4.5	0.9	MIS03	4.4
R-Dism12	7.2	1.8	MIS01	6.9
R-Dism13	2.3	2.6	MIS02	2.6
R-Dism14	2.5	2.6	MIS02	2.6
R-Dism15	1.5	0.9	MIS03	1.2
R-Dism16	2.1	0.9	MIS03	1.9
R-Dism17	7.5	1.0	MIS04	7.4
R-Dism18	5.1	1.0	MIS05	5.0
R-Dism19	6.0	1.3	MIS06	5.9
R-Dism20	3.4	0.8	MIS07	3.3
R-Dism21	6.0	0.8	MIS07	5.9
R-Dism22	7.9	0.8	MIS07	7.9
R-Dism23	8.7	0.8	MIS07	8.7
R-Dism24	5.0	2.9	MIS08	4.0
R-Dism25	6.0	2.9	MIS08	5.3
R-Dism26	5.8	2.3	MIS09	5.3
R-Dism27	7.7	2.3	MIS09	7.3
R-Dism28	5.7	1.3	MIS10	5.5
R-Dism29	4.3	1.3	MIS10	4.1
R-Dism30	6.1	1.3	MIS10	6.0

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 39 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

R-Dism-31	7.6	1.0	MIS11	7.5
R-Dism-32	1.9	1.0	MIS11	1.6
R-Dism-33	2.6	1.0	MIS11	2.4
R-Dism-34	6.0	1.0	MIS11	5.9
R-Dism-35	2.2	1.3	MIS12	1.8
R-Dism-36	7.9	1.3	MIS12	7.7
R-Dism-37	5.4	1.3	MIS12	5.2
R-Dism-38	4.4	1.6	MIS13	4.1
R-Dism-39	6.6	1.6	MIS13	6.4
R-Dism-40	3.3	1.6	MIS13	2.9
R-Dism-41	4.9	1.3	MIS14	4.7
R-Dism-42	2.7	1.2	MIS16	2.4
R-Dism-43	1.6	1.8	MIS17	1.8
R-Dism-44	3.3	1.8	MIS17	2.7
R-Dism-45	2.6	0.9	MIS18	2.5
R-Dism-46	3.2	1.0	MIS19	3.1
R-Dism-47	6.9	0.7	MIS20	6.9
R-Dism-48	8.6	0.7	MIS20	8.6
R-Dism-49	7.6	1.2	MIS22	7.5
R-Dism-50	7.7	0.7	MIS25	7.6
R-Dism-51	2.8	0.7	MIS25	2.7
R-Dism-52	1.9	1.0	MIS26	1.7
R-Dism-53	1.9	1.0	MIS26	1.6
R-Dism-54	2.5	1.0	MIS26	2.2
R-Dism-55	4.2	1.1	MIS28	4.0
R-Dism-56	9.7	1.1	MIS28	9.6
R-Dism-57	3.4	1.4	MIS29	3.1
R-Dism-58	3.8	1.4	MIS29	3.6
R-Dism-59	1.7	1.5	MIS30	0.8
R-Dism-60	4.4	1.5	MIS30	4.2
R-Dism-61	4.8	1.6	MIS31	4.5
R-Dism-62	1.8	1.0	MIS26	1.4
R-Dism-63	3.5	1.0	MIS26	3.3
R-Dism-64	2.8	1.0	MIS26	2.6
R-Dism-65	3.1	1.0	MIS26	3.0
R-Dism-66	4.9	2.3	MIS33	4.3
R-Dism-67	3.0	1.8	MIS34	2.4
R-Dism-68	3.9	1.8	MIS34	3.5
R-Dism-69	2.9	1.8	MIS34	2.3
R-Dism-70	2.9	0.5	MIS35	2.9

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 40 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

R-Dism-71	1.7	0.5	MIS35	1.7
R-Dism-72	5.8	0.6	MIS36	5.8
R-Dism-73	3.0	0.6	MIS36	2.9

Nella soprastante tabella sono stati eseguiti i calcoli richiesti dalla UNI 9614:2017 al fine di ottenere il valore della vibrazione della sorgente da confrontare con i limiti indicati nella stessa norma.

I valori sono stimati al piano terra del centro edificio, considerando l'accoppiamento terreno-edificio descritto nel paragrafo 7.3.

Sono stati segnati in colore rosso i valori stimati di vibrazione eccedenti il limite diurno dei 7,2 mm/s².

7.6 Le mappe di isolivello vibrazionale

Al fine di comprendere l'impatto vibrazionale sul territorio, attraverso i calcoli di propagazione descritti nel paragrafo 7.1, sono state realizzate una serie di mappe di isolivello vibrazionale, allegate alla relazione (vedi Allegato 6 per le mappe relative all'attività di progetto e Allegato 7 per quanto riguarda la fase di dismissione).

In questo modo è possibile individuare la propagazione sul territorio stesso delle onde vibrazionali. Di seguito si riporta un esempio di mappa di isolivello vibrazionale (vedi Figura 7.6/A).

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 41 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

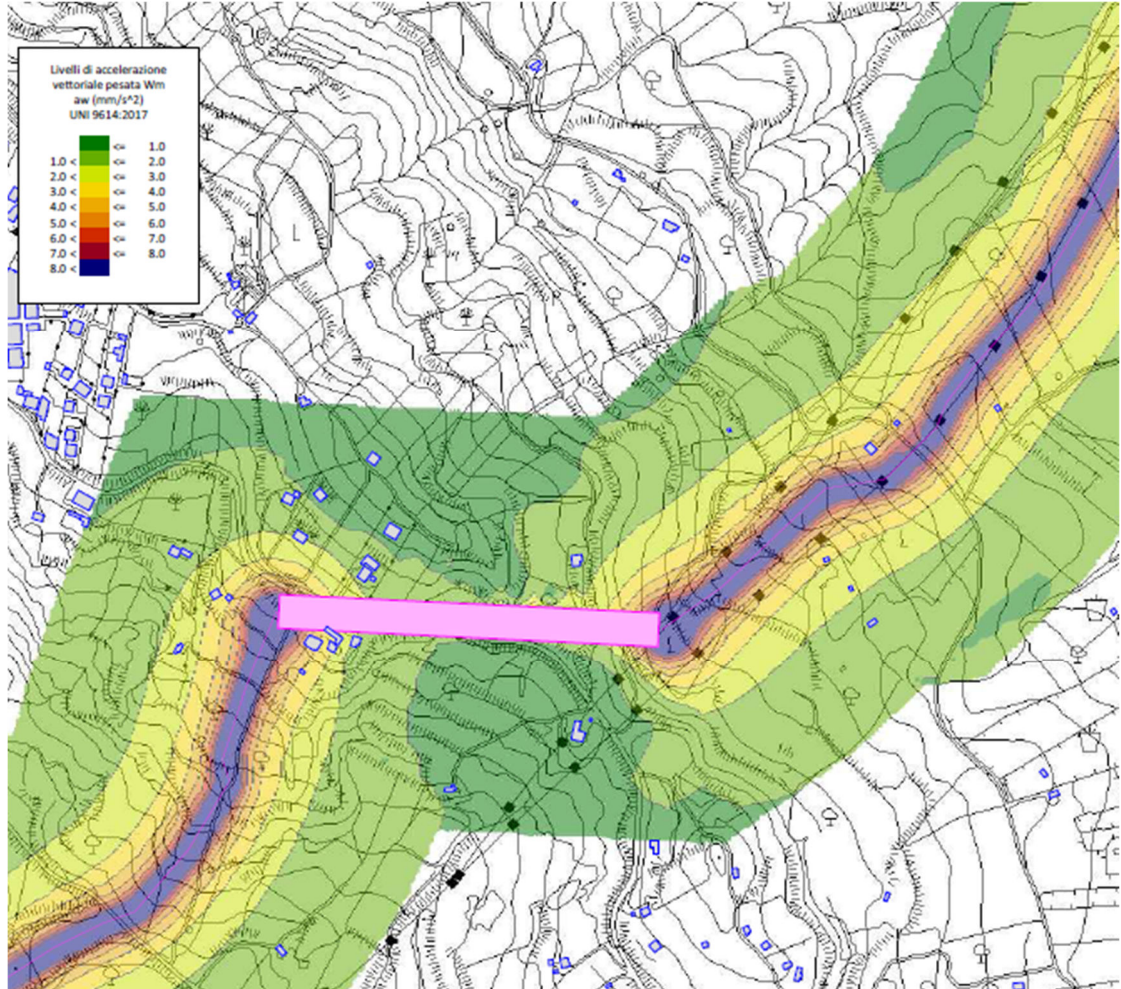


Figura 7.6/A – Stralcio di una mappa di isolivello vibrazionale

	PROGETTISTA: 	COMMESSA NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ: Regione Sicilia	REL-AMB-E-03034	
	PROGETTO / IMPIANTO Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse	Fg. 42 di 42	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-105-SPC-LA-E-83034

8 CONCLUSIONI

Al fine di valutare correttamente il futuro impatto del cantiere per la realizzazione del nuovo gasdotto per la componente vibrazioni, è stata valutata la situazione esistente sul territorio in termini di vibrazioni residue, come richiesto dalla recente norma in materia UNI 9614:2017 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo", attraverso una minuziosa campagna di misure sul territorio.

Successivamente attraverso i calcoli previsionali, sono stati stimati i valori delle vibrazioni immesse agli edifici presenti sul territorio dalle attività di cantiere, sia attraverso mappe isovibrazionali, sia con valori puntuali sui ricettori.

Dal confronto tra i valori vibrazionali del cantiere presso i ricettori considerati, ottenuti come differenza quadratica tra i valori immessi stimati e le vibrazioni residue, sono emerse alcune criticità, chiaramente dovute alla vicinanza tra il tracciato del gasdotto e gli edifici.

Visto che le attività di cantiere analizzate sono riconducibili ad attività di carattere temporaneo, infatti, interesseranno i ricettori solo per un numero limitato di giorni, si rende necessario la richiesta di deroga in Comune come indicato nella stessa UNI 9614:2017 all'appendice C, dove nella parte C.1 Generalità si dice:

"Deroghe ai limiti di riferimento possono essere concesse solo per attività temporanee o attività per le quali misure mitigative adeguate non sono implementabili o non sono economicamente sensate, quando viste all'interno della breve durata dell'attività disturbante.

Le attività con queste caratteristiche sono, nei fatti, le sole attività di cantiere o, più in generale, le attività legate a alcune lavorazioni temporanee all'interno o all'esterno dell'edificio ricettore.

Le operazioni di cantiere che danno luogo a vibrazioni sono diverse.

Si riportano qui alcuni esempi:

- *demolizioni;*
- *battitura o infissione di pali;*
- *perforazioni per pali;*
- *scavi per diaframmi;*
- *impiego di esplosivi per scavi o demolizioni;*
- *vibro-compattazione di terreni o rilevati;*
- *movimento di veicoli pesanti su terreni sconnessi."*

Come azioni mitigative è possibile pensare all'utilizzo di mezzi più piccoli, in particolare per gli escavatori, per quelle aree di cantiere più vicine ai ricettori.

Si evidenzia inoltre che, data la natura dinamica e stocastica delle sorgenti di cantiere, sono state fatte diverse ipotesi cautelative che sovrastimano l'effettivo impatto, in particolare considerando i diversi macchinari concentrati contemporaneamente in prossimità del ricettore per l'intera giornata lavorativa. È ragionevole attendersi che i livelli di emissione reali siano meno intensi rispetto alle simulazioni, le quali rappresentano i casi peggiori.