



COMUNE DI VENEZIA
CITTÀ METROPOLITANA DI VENEZIA

**MONITORAGGI PALIFICAZIONE A COMPATTAZIONE LATERALE
-- FDP - FULL DISPLACEMENT PILE --**

<i>Committente</i>	<i>Timbro e Firma del committente</i>
Venice LNG S.p.A. Via Della Geologia, 11 Porto Marghera - Venezia	
 INGEGNERIA PER L'AMBIENTE del Porto, 1 - 40122 Bologna Tel 051/266075 - Fax 266401 e-mail: info@airis.it	 Dott. Juri ALBERTAZZI* <i>Responsabile di commessa</i> Ing. Enrico MANZI* * tecnico acustico competente, abilitato ai sensi della legge 447/95

MONITORAGGIO VIBRAZIONI IMMESSE NELL'INTORNO DEL CANTIERE	N. Elaborato Unico
	Scala: Varie

C									
B									
A	2022-02-23	Relazione tecnica							
Revisione	Data	Descrizione	Dimensioni	Sigla	Firma	Sigla	Firma	Sigla	Firma
				Redazione		Controllo-emissione		autorizzazione	

Nome file: Vari	Codice commessa: 22075MAVR	Data: Febbraio 2022
-----------------	----------------------------	---------------------

INDICE

1	PREMESSA.....	2
1.1	POSTAZIONI DI RILEVAZIONE DELLE VIBRAZIONI	3
2	STRUMENTAZIONE DI MISURA E SOFTWARE IMPIEGATI	10
3	RILIEVI SECONDO LA NORMA UNI 9614:2017	12
3.1	DEFINIZIONE DEI TERMINI E DELLE GRANDEZZE	12
3.2	VIBRAZIONI PRODOTTE DA ATTIVITÀ DI CANTIERE (APPENDICE A.4)	13
3.3	GRANDEZZA DI VALUTAZIONE E DIREZIONI DI MISURA	13
3.4	POSTAZIONI DI MISURAZIONE	13
3.5	DURATA DELLE MISURAZIONI	14
3.6	ELABORAZIONI DELLE MISURE E CALCOLO DEI PARAMETRI DEL DISTURBO.....	14
3.7	MISURAZIONE DELLE VIBRAZIONI COMPLESSIVE E RESIDUE	15
3.8	ELABORAZIONE DELLE INDAGINI STRUMENTALI EFFETTUATE	16
3.8.1	Risultati delle rilevazioni svolte	16
3.8.2	Calcolo della vibrazione residua diurna e notturna.....	21
3.9	CALCOLO DELL'ACCELERAZIONE ASSOCIATA ALLA PALIFICAZIONE	21
4	RILIEVI SECONDO LA NORMA UNI 9916:2014	23
4.1	NATURA DEL FENOMENO DI ECCITAZIONE.....	23
4.2	CARATTERIZZAZIONE DELLA SORGENTE E DURATA DELLA MISURAZIONE.....	23
4.3	GRANDEZZA DI VALUTAZIONE E DIREZIONI DI MISURA	23
4.4	PUNTI DI MISURAZIONE.....	23
4.5	PARAMETRI DA ACQUISIRE PER LA VALUTAZIONE DEL DANNO.....	24
4.6	RISULTATO DELL'ANALISI DEGLI EVENTI MISURATI	24
5	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	25

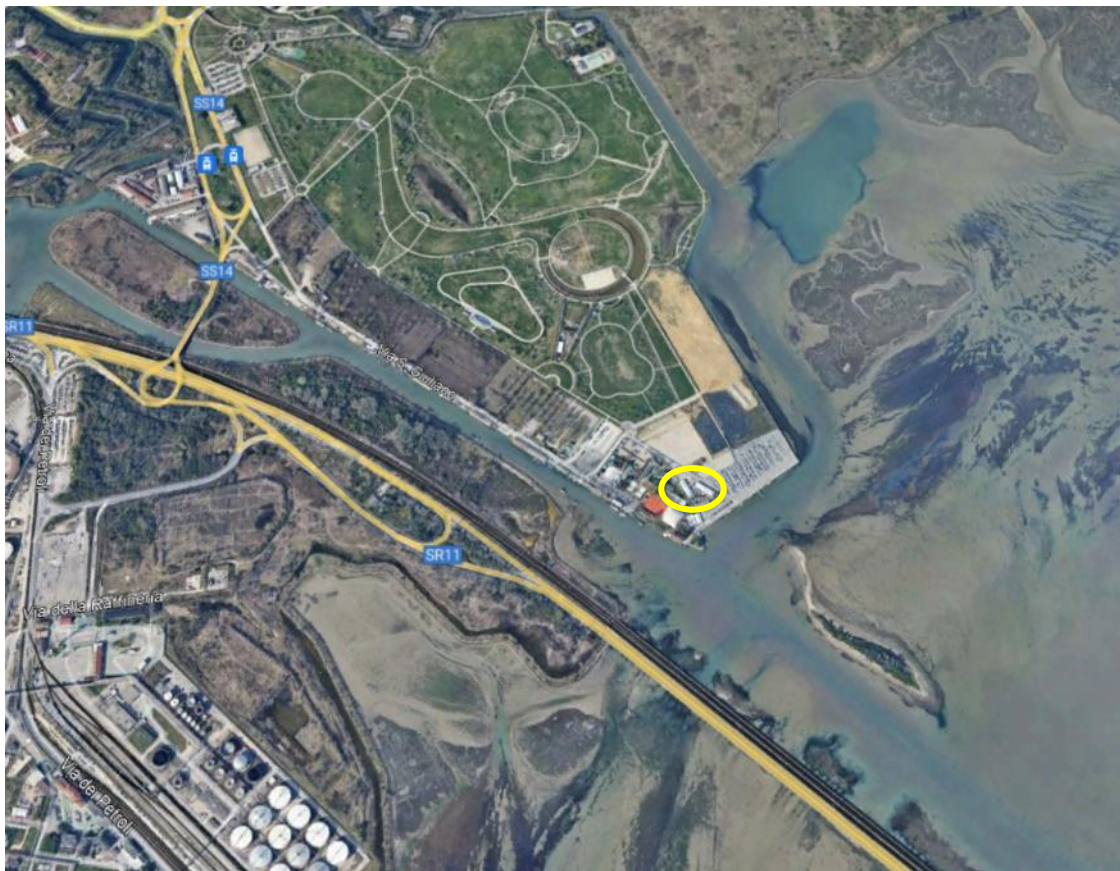
ALLEGATI

1. Rapporti dei rilievi di vibrazione (Disturbo e Danno)
2. Certificati di taratura della strumentazione
3. Scheda tecnica Palificatrice ENTECO tipo E4080_SP180
4. Tavola di progetto n. S_01_00 "CARPENTERIA PALI E PLATEA" con collocazione punti di Palificazione

1 PREMESSA

Il presente studio è finalizzato alla valutazione delle vibrazioni generate da attività di palificazione tramite trivellazione con compattazione laterale (FDP - Full Displacement Pile) mediante ENTECO tipo E4080_SP180. Le misurazioni in sito sono state svolte presso il cantiere "Aree verdi parco S. Giuliano: Riordino del Polo Nautico ed opere complementari" in prossimità del Circolo dei Canottieri di MESTRE nel Comune di Venezia. Le specifiche verifiche sono state richieste dalla committenza al fine di valutare l'impatto vibrazionale dovuto alla specifica lavorazione.

Img. 1.1 – Individuazione Area presso la quale sono state svolte le rilevazioni



La prestazione professionale ha previsto di effettuare indagini strumentali per la misura delle vibrazioni immesse nell'intorno del cantiere in differenti postazioni di misura, rilevando distinti punti di palificazione a varie distanze.

L'indagine è stata orientata alla quantificazione strumentale dell'apporto vibrazionale immesso nelle postazioni di verifica, al fine valutare l'eventuale il superamento delle soglie previste dalle normative tecniche di settore.

L'indagine si è svolta secondo i seguenti passi:

- Valutazione iniziale, finalizzata ad individuare le postazioni dove svolgere le rilevazioni. La scelta delle postazioni è stata svolta sulla base della distanza rispetto alle lavorazioni, sulla necessità di collocare le sonde su strutture rigidamente solidali al terreno nonché l'opportunità di rilevare in corrispondenza del fabbricato posto a minore distanza;
- Rilevazione delle vibrazioni in 4 distinte postazioni durante l'intero processo di lavorazione funzionale realizzazione di un palo tramite con compattazione laterale (FDP - Full Displacement Pile) mediante tre sensori accelerometrici secondo la normativa tecnica UNI 9614:2017;
- Rilevazione delle vibrazioni nelle medesime 4 postazioni in assenza di trivellazione al fine di rilevare le vibrazioni residue;
- Contemporaneamente alla verifica del disturbo da vibrazione secondo la norma UNI 9614:2017, tramite una sonda velocimetrica triassiale sono stati acquisiti i valori di velocità di picco non ponderata per verificare gli eventuali superamenti della soglia di danno alle strutture secondo la norma UNI 9916:2014.

Sia per la verifica del disturbo che per la verifica del danno alle strutture, i monitoraggi sono stati svolti contemporaneamente sui tre assi cartesiani. L'asse z di misura è stato scelto perpendicolare al suolo, e gli assi orizzontali x e y rispettivamente perpendicolare e parallelo alla sorgente eccitante.

L'analisi dei risultati ha permesso di individuare, nell'arco dell'intero processo di realizzazione di un palo di fondazione (circa 2,5 minuti), i fenomeni più intensi. Per ogni misura sono stati determinati i 15 eventi con il più elevato apporto vibrazionale, al fine di determinare l'accelerazione ponderata massima statistica V_{sor} , secondo normativa tecnica.

Occorre da subito specificare che gli eventi vibratorii rilevati non fanno riferimento alla specifica attività di perforazione ma ad attività complementari di cantiere quali caduta di oggetti metallici, movimentazioni tramite escavatori, transito di mezzi, percussioni tramite mazzetta etc etc. Alcuni degli eventi rilevati, soprattutto nelle postazioni poste a maggiore distanza dal cantiere sono invece correlati alle attività che si svolgono nell'intorno nonché alla presenza di persone nell'intorno. Al fine di rendere la valutazione cautelativa, nel presente documento si restituiscono anche i dati completi delle rilevazioni, ovvero valori non strettamente correlati alla palificazione.

La valutazione è stata effettuata nel luogo, nel momento e nelle condizioni in cui si manifesta il fenomeno dovuto alla lavorazione in oggetto. Di seguito si riporta la descrizione della collocazione dei punti di misura.

1.1 Postazioni di rilevazione delle vibrazioni

Nella seguente immagine è stata riportata, su foto aerea, il confine dell'area di cantiere con la collocazione dei punti di palificazione indagati. Per semplificazione sono indicati solamente i pali durante i quali sono state svolte le misurazioni. I punti di palificazione sono stati estratti dalla planimetria di cantiere allegata alla presente relazione.

Nella seguente immagine si riportano inoltre la collocazione delle 4 postazioni di misura svolte in prossimità dell'areale di cantiere e nell'intorno.

Img. 1.2 – Postazioni di misura e Punti sorgente (Pali)



Di seguito, per ogni postazione di misura, si riporta una breve descrizione e la documentazione fotografica con la collocazione delle due sonde utilizzate per il monitoraggio, dell'analizzatore e del punto nel quale avveniva la perforazione.

In tutte le postazioni di misura è stata svolta sia una misura durante le attività di palificazione che una misura in assenza di specifiche lavorazioni al fine di rilevare le vibrazioni residue.

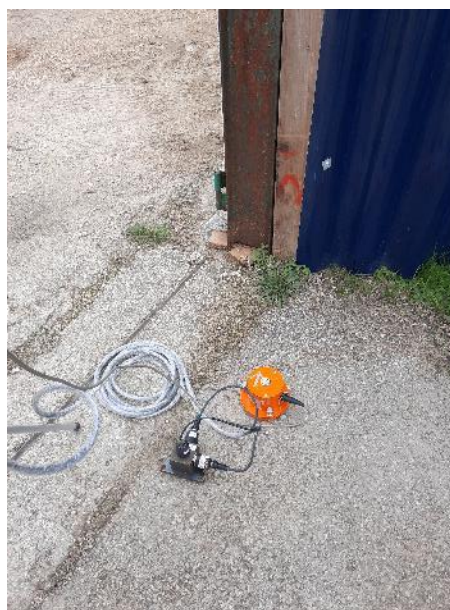
Postazione P1 – Punto Palificazione 54

La postazione di misura P1 è stata collocata all'interno dell'area di cantiere in prossimità della recinzione Nord/Est. Sia la terna accelerometrica che il velocimetro triassiale sono stati collocati su una porzione di infrastruttura stradale posta a margine del cantiere, elemento rigidamente connesso al terreno. Durante le rilevazioni nella postazione P1 è stato possibile rilevare l'intero processo di palificazione nel punto 54 posto alla distanza di 17 metri rispetto alle sonde.



Postazione P2 – Punto Palificazione 52

La postazione di misura P2 è stata collocata in prossimità del cancello di ingresso al cantiere. Sia la terna accelerometrica che il velocimetro triassiale sono stati collocati sulla strada di accesso al Circolo Velico Casanova, elemento rigidamente connesso al terreno. Durante le rilevazioni nella postazione P2 è stato possibile rilevare l'intero processo di palificazione nel punto 52 posto alla distanza di 8.5 metri rispetto alle sonde.



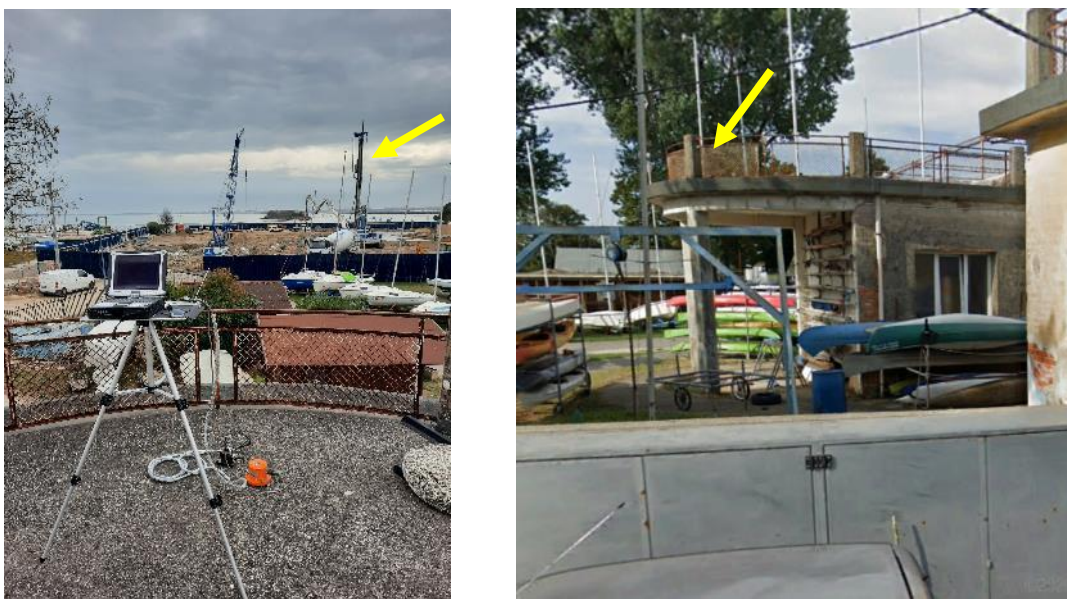
Postazione P3 – Punto Palificazione 201

La postazione di misura P3 è stata collocata al di sotto del portico del Circolo Velico Casanova sito al civico 15 di via S. Giuliano. Sia la terna accelerometrica che il velocimetro triassiale sono stati collocati sulla pavimentazione del portico, elemento rigidamente connesso al terreno. Durante le rilevazioni nella postazione P3 è stato possibile rilevare l'intero processo di palificazione nel punto 201 posto alla distanza di 95 metri rispetto alle sonde.



Postazione P4 – Punto Palificazione 175

La postazione di misura P4 è stata collocata sul lastrico solare del Circolo Velico Casanova sito al civico 15 di via S. Giuliano. Sia la terna accelerometrica che il velocimetro triassiale sono stati collocati sulla pavimentazione del lastrico, elemento in elevazione rispetto al piano campagna. Durante le rilevazioni nella postazione P4 è stato possibile rilevare l'intero processo di palificazione nel punto 175 posto alla distanza di 85 metri rispetto alle sonde.



Tutte le perforazioni sono state svolte tramite trivellazione con compattazione laterale (FDP - Full Displacement Pile) con macchinario tipo E4080_SP180 (In allegato si riporta scheda tecnica).

Nella seguente immagine si riporta fotografia della Palificatrice ENTECO mod. E4080_SP180 svolta in cantiere e immagine estratta dalla scheda tecnica.

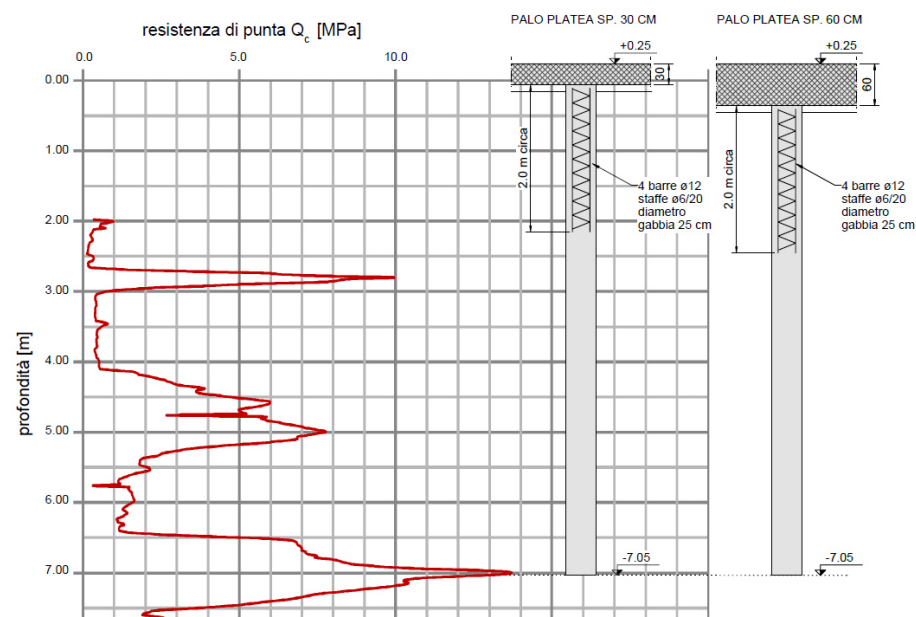
Img. 1.3 – Postazioni di misura e Punti sorgente (Pali)



Le perforazioni indagate hanno avuto la profondità di 7 metri per ogni palo, come indicato nella planimetria allegata, di cui si riporta un estratto nell'immagine seguente.

Img. 1.4 – Profondità perforazione

SEZIONE PALO - CPTU 1
SCALA 1:50



Per una migliore interpretazione dei risultati di seguito esplicitati, occorre specificare che, dal punto di vista stratigrafico è possibile suddividere il sottosuolo dell'area veneziana in due complessi deposizionali diversi:

- a. quello lagunare-litoraneo olocenico prevalentemente sabbioso-limoso con presenza di resti di conchiglie che testimoniano l'ingressione marina;
- b. quello, sottostante al primo, continentale pleistocenico, rappresentato da alternanze di orizzonti argilloso-limosi, subordinatamente sabbiosi, con frequenti intercalazioni torbose, le cui caratteristiche tessiturali e paleontologiche rivelano il carattere continentale.

I due complessi, continentale del pleistocene superiore e lagunare-costiero dell'olocene, sono ben separati tra loro da un orizzonte di argilla, che per la prolungata emersione ha subito un processo di sovraconsolidazione e ossidazione subaerea. Tale orizzonte è conosciuto con il termine locale di "caranto", litologicamente rappresentato da un'argilla grigio-giallastra, generalmente molto compatta.

L'area in oggetto si colloca nella bassa pianura costiera situata a ridosso della Laguna di Venezia, dove affiorano sedimenti prevalentemente medi o fini (sabbie, limi ed argille), riferibili alla porzione distale del megafan pleistocenico del Brenta.

Secondo la carta dei suoli del Veneto l'area di San Giuliano, ove sono state svolte le misurazioni, si trova in una pianura alluvionale indifferenziata, costituita prevalentemente da limi.

2 STRUMENTAZIONE DI MISURA E SOFTWARE IMPIEGATI

La catena di misura è costituita da:

- **Sistema di acquisizione Sinus modello Soundbook MK2 8ch** - analizzatore Real-Time a 8 canali, con 8 x A/D converter a 24 bit munito e frequenza di campionamento impostabile dall'utente. Si tratta di un analizzatore dedicato alle analisi delle vibrazioni, in conformità alla norma UNI EN ISO 8041-1.

La catena di misura dispone di risposta in frequenza, dinamica, rumore di fondo conforme a quanto previsto dalla UNI EN ISO 8041-1 e dalla UNI 9614:2017.

La risposta in frequenza della catena di misura, comprensiva dell'acquisitore, è lineare entro una tolleranza inferiore al $\pm 5\%$ nel range di frequenza da 0,5 Hz a 250 Hz.

Il rumore auto generato è $< 2.2 \mu\text{V(Z)} @ 0.1 \text{ Hz} \dots 40 \text{ kHz}$.

La frequenza di campionamento impostata è pari a 2,5 kHz.

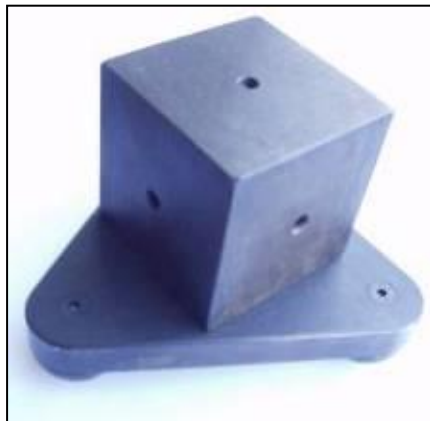
L'accelerazione acquisita sui tre assi $a_x(t)$, $a_y(t)$, $a_z(t)$ è filtrata con un filtro passa banda (band-limiting) secondo quanto previsto dalla ISO 2631-2 e dalla UNI EN ISO 8041-1:2017, e successivamente con il filtro di ponderazione W_m .

La velocità di vibrazione acquisita sui tre assi $v_x(t)$, $v_y(t)$, $v_z(t)$ è stata elaborata secondo quanto previsto dalla metodica riportata nella DIN 4150.

- **Software di elaborazione e di calcolo Samurai**, con "opzione HVMA" per la misura ed analisi delle vibrazioni secondo la curva di ponderazione e i metodi di calcolo previsti dalla UNI 9614:2017 e DIN 4150 (versione 3).
- **N°3 Accelerometri ICP® PCB modello 393A03** – sensibilità nominale 1000 mV/g, in grado di fornire una tensione elettrica riferibile alla grandezza fisica di accelerazione della superficie del supporto sulla quale sono posizionati. Gli accelerometri sono stati avvitati su una massa metallica di circa 3 kg, in modo da garantire una trasmissione rigida del moto in un'ampia banda in frequenza, facendo riferimento alla UNI ISO 5348 ed alle indicazioni fornite dal produttore nella scheda tecnica degli accelerometri. Ogni



accelerometro è stato collegato con un cavo di lunghezza da 5 metri agli ingressi dell'analizzatore. L'intera catena di misura è stata controllata prima e dopo la misura mediante il calibratore M394C06, in grado di generare un livello di vibrazione stabile che possa essere usato come riferimento per misurazioni assolute.



- **Calibratore accelerometrico portatile PCB modello M394C06** – sorgente portatile di vibrazione, conforme a UNI EN ISO 8041-1; assicura in campo, prima e dopo i rilievi, prova certa dei valori assoluti misurati; genera una vibrazione di frequenza pari a 1000 rad/s e con un'ampiezza di 9,81 m/s² rms.



- **Velocimetro triassiale Sinus modello 902219.7** - Sensibilità nominale: 29 volt/m/s; campo di frequenze da 0,5 Hz a 315 Hz; peso 1,5 kg; dimensioni 120x120x80 mm. Alimentazione di tipo ICP. Cavo di prolunga da 2,5 metri.



- **Software di elaborazione Noise&Vibration WORKS.**- Software di post-elaborazione per Soundbook, per la valutazione degli eventi/transiti misurati, secondo quanto previsto dalle normative di riferimento (versione 2).

3 RILIEVI SECONDO LA NORMA UNI 9614:2017

La norma UNI 9614:2017 definisce il metodo di misurazione delle vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti esterne agli edifici e i criteri di valutazione del disturbo delle persone all'interno degli edifici stessi. Nel caso specifico le misure sono state svolte nell'intorno delle lavorazioni, su elementi rigidamente solidali al terreno, per restituire una stima dell'apporto vibratorio su potenziali immobili posti alla medesima distanza dalla sorgente.

La norma UNI 9614:2017 è una revisione radicale della precedente UNI 9614:1990, resa necessaria per tener conto di un più moderno approccio alla valutazione del disturbo da vibrazioni.

La norma si applica a tutti i fenomeni che possono dare origine a vibrazioni negli edifici, tra i quali le attività di cantiere.

I principali riferimenti normativi contenuti nella UNI 9614:2017 sono:

- 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 per uso generale.
- UNI ISO 5348 Vibrazioni meccaniche ed urti - Montaggio meccanico degli accelerometri.
- 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)
- NS 8176.E Vibration and shock – Measurement of vibration in buildings from land based transport and guidance to evaluation of its effects on human beings.

3.1 Definizione dei termini e delle grandezze

- **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 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 di ponderazione in frequenza denominata W_m .
- **Accelerazione ponderata assiale efficace $a_{w,rms,j}(t)$** : valore efficace valutato all'istante t di $a_{w,j}(t)$, 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.
- **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.
- **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. 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 $a_{w,95}$.
- **Disturbo:** sensazione personale legata ai livelli di vibrazioni che determinano irrequietezza, fastidio, ansia, irritazione.
- **Edificio:** costruzione utilizzata come abitazione o per altre attività umane.
- **Evento:** elemento minimo del fenomeno vibratorio oggetto di misura, al quale viene associata, come descrittore della vibrazione, la massima accelerazione ponderata.
- **Abitante:** persona con permanenza anche temporanea all'interno di un edificio ed esposta.

3.2 Vibrazioni prodotte da attività di cantiere (Appendice A.4)

Le attività di cantiere quali: il passaggio di veicoli pesanti, le demolizioni, la battitura di pali, lo scoppio di mine, ecc. costituiscono una sorgente di disturbo con caratteristiche molto diverse da caso a caso; nella maggioranza dei casi, tuttavia, si tratta di fenomeni transitori di breve durata facilmente isolabili nella storia temporale dell'attività.

È necessario, comunque, che i valori misurati siano raggruppati per tipologia di attività o quantomeno di scenario di cantiere. All'interno di un'attività o scenario di cantiere, il numero minimo di eventi da considerare è 15.

L'attività di cantiere è comunque per sua natura limitata a periodi di breve o media durata e i limiti di riferimento considerati accettabili in tutti gli altri casi potrebbero essere oggetto di deroghe qualora non fosse tecnicamente possibile o economicamente giustificato mettere in atto soluzioni lavorative differenti.

3.3 Grandezza di valutazione e direzioni di misura

La grandezza cinematica scelta per la valutazione del disturbo è l'accelerazione assoluta rilevata tramite la misura diretta con 3 sensori accelerometrici ad alta sensibilità, lungo le tre direzioni ortogonali; il sistema di assi ortogonali è riferito alla sorgente, con asse z verticale e asse x in direzione della sorgente.

3.4 Postazioni di misurazione

Non essendo presente un vero e proprio ambiente di misura ove svolgere le rilevazioni sono stati individuati 4 punti significativi al fine di caratterizzare in maniera adeguata l'apporto vibrazionale imputabile alla sorgente oggetto di verifica.

Le superfici sulle quali si sono posizionati i sensori erano rigidamente solidali al terreno e, per quanto possibile, prive di discontinuità.

3.5 Durata delle misurazioni

La durata complessiva di ogni misurazione è stata tale da rilevare l'intero processo di trivellazione funzionale alla realizzazione di un palo, con avvio della misura alcuni istanti prima dell'inizio dell'attività e interruzione della misura alcuni istanti dopo il termine. La durata delle misure risulta essere compresa tra 2 e 4 minuti.

Il fenomeno in esame è caratterizzato dall'assenza di eventi distinti in quanto la perforazione FDP non crea apporti impattivi. Le misure risultano essere caratterizzate da eventi non strettamente correlati alla trivellazione ma ad attività complementari alla lavorazione quali movimentazione materiali, operatori che circolano in prossimità della lavorazione, circolazione di mezzi nonché altre attività di cantiere. Al fine di rendere la valutazione cautelativa, come previsto dalla UNI 9614:2017, appendice A.3, sono stati acquisiti i segnali relativi ad almeno 15 eventi pur consapevoli che il valore di *Vibrazione sorgente* ottenuto non risulta strettamente correlato alla palificazione.

3.6 Elaborazioni delle misure e calcolo dei parametri del disturbo

Il metodo di calcolo previsto dalla UNI 9614:2017 è lo stesso per tutti i tipi di sorgente e l'elaborazione del segnale corrispondente ad ogni singolo evento comporta una serie di passaggi da eseguirsi nella sequenza indicata.

L'accelerazione misurata sui tre assi $a_x(t)$, $a_y(t)$, $a_z(t)$ è filtrata con un filtro passa banda (band-limiting) come previsto dalle norme ISO 2631-2 e UNI EN ISO 8041-1:2017, e successivamente con il filtro di ponderazione W_m definito dalla ISO 2631-2, indipendentemente dalla direzione di misura, fino ad ottenere, per il j-esimo asse, l'andamento temporale dell'accelerazione ponderata $a_{w,rms,j}(t)$, per l'intera storia temporale della misura:

$$a_{w,rms,j}(t) = \left(\frac{1}{\tau} \times \int_{t-\tau}^t a_{w,j}^2(\xi) \times d\xi \right)^{0,5}$$

ove j indica l'asse cartesiano di misura (x, y e z); il tempo di integrazione (lineare) è $\tau = 1$ s.

Successivamente, il calcolo dell'accelerazione ponderata totale efficace $a_w(t)$ è stato eseguito combinando, istante per istante, le tre accelerazioni assiali ponderate calcolate, mediante l'equazione:

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

La massima accelerazione ponderata, calcolata come il massimo di tali valori all'interno di ogni singolo j-esimo evento, è data da:

$$a_{w,max,j} = \max (a_w(t))$$

La massima accelerazione statistica, $a_{w,95}$, è data dall'equazione:

$$a_{w,95} = \overline{a_{w,max}} + 1,8 \times \sigma$$

Il valore medio della massima accelerazione ponderata calcolato mediante la media aritmetica delle massime accelerazioni ponderate $a_{w,max,j}$ con $j = 1 \dots N$, relative agli N eventi considerati è dato dall'equazione:

$$\overline{a_{w,max}} = \frac{\sum_{i=1}^N a_{w,max,j}}{N}$$

Lo scarto tipo della distribuzione delle massime accelerazioni ponderate $a_{w,max,j}$ è calcolato mediante l'equazione:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (a_{w,max,j} - \overline{a_{w,max}})^2}{N-1}}$$

3.7 Misurazione delle vibrazioni complessive e residue

Le vibrazioni associate alla sorgente ritenuta fonte di disturbo sono state quantificate mediante l'accelerazione ponderata massima statistica della sorgente, V_{sor} , calcolata a partire dalla accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni immesse, V_{imm} e dalla accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni residue, V_{res} , con la seguente equazione:

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

Le vibrazioni residue sono state misurate negli stessi punti scelti per la misura delle vibrazioni complessive e con le medesime modalità e criteri in momenti nei quali non sussistevano attività di palificazione.

3.8 Elaborazione delle indagini strumentali effettuate

A seguire si riportano i risultati delle indagini svolte per la valutazione del disturbo da vibrazioni, svolte durante la giornata di Venerdì 4 Febbraio 2022 durante le regolari attività di Palificazione presso il cantiere "Aree verdi parco S. Giuliano: Riordino del Polo Nautico ed opere complementari" sito in prossimità del Circolo Canottieri di Mestre. Le misurazioni sono state svolte in quattro postazioni distinte, durante altrettante attività di Palificazione in diverse aree del cantiere.

Le misurazioni sono state svolte con un analizzatore dedicato Soundbook MK2 a 8 canali e n. 3 accelerometri avvitati su una base triassiale inerziale. La descrizione dettagliata della strumentazione adottata e dei software relativi è riportata nel Capitolo 2.

L'indagine è stata orientata alla quantificazione strumentale dell'apporto vibrazionale immesso nelle postazioni di verifica, al fine valutare l'eventuale il superamento delle soglie previste dalle normative tecniche di settore.

Come già più volte specificato gli eventi vibratorii presenti sull'areale non fanno riferimento alla specifica attività di perforazione ma ad attività complementari di cantiere quali caduta di oggetti metallici, movimentazioni tramite escavatori, transito di mezzi, percussioni tramite mazzetta etc etc. Alcuni degli eventi rilevati, soprattutto nelle postazioni poste a maggiore distanza dal cantiere sono invece correlati alle attività che si svolgono nell'intorno. Al fine di rendere la valutazione cautelativa, nel presente documento si restituiscono anche i dati completi delle rilevazioni, ovvero valori non strettamente correlati alla palificazione.

3.8.1 Risultati delle rilevazioni svolte

Nelle seguenti tabelle, per ogni postazione, è riportata la lista di dettaglio dei 15 eventi di maggiore entità rilevati. Per ogni evento si riporta, la numerazione progressiva dell'evento, l'orario dell'evento, il suo valore di $a_{w,max}$. Sulla base dello scarto e della media dei valori del campione degli eventi, nell'ultima riga della tabella è stato calcolato il valore di $a_{w,95}$, utile a determinare il valore di V_{imm} .

Al fine di restituire un valore di impatto vibratorio riconducibile alla specifica ed esclusiva attività di trivellazione/palificazione, nell'ultima riga delle tabelle si riporta il valore di $a_{w,max}$ (SUM) estrapolato dalle Time History di rilievo in un periodo in assenza di eventi correlati alle attività complementari. Tale valore corrisponde con buona approssimazione al valore di Vibrazioni immesse dovute esclusivamente alla lavorazione specifica.

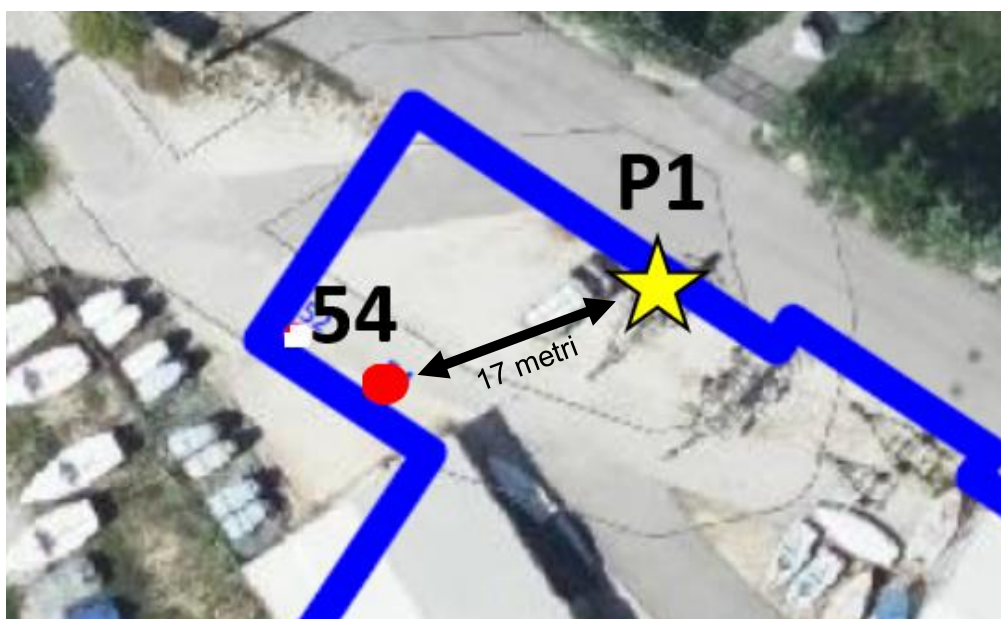
Per ogni postazione di misura si riporta estratto planimetrico con la collocazione del punto di misura, del punto di palificazione e la relativa distanza sorgente/ricevente.

In allegato al presente documento si riporta la Time History relative alle misure di Vibrazioni immesse rilevate durante l'attività di trivellazione.

Tab. 3.1 – Valori vibrazioni immesse Postazione P1

VIBRAZIONE IMMESSA POSTAZIONE P1 – Palo 54		
N. evento	Data e ora	$a_{w,max}$ [mm/s ²]
1	04/02/2022 09:55	0,6
2	04/02/2022 09:55	1,0
3	04/02/2022 09:56	0,7
4	04/02/2022 09:56	0,7
5	04/02/2022 09:56	0,8
6	04/02/2022 09:56	0,7
7	04/02/2022 09:56	0,6
8	04/02/2022 09:56	0,8
9	04/02/2022 09:57	1,9
10	04/02/2022 09:57	0,6
11	04/02/2022 09:57	0,9
12	04/02/2022 09:57	1,3
13	04/02/2022 09:58	0,9
14	04/02/2022 09:58	0,9
15	04/02/2022 09:58	0,6
	Media	0,9
	Scarto	0,4
V_{imm}	$a(w,95)$	1,5
$a_{w,max}$ (SOR) – Solo Palificazione		0,5

Img. 3.1 – Collocazione P1 – Palo 54 e relativa distanza



Tab. 3.2 – Valori vibrazioni immesse Postazione P2

VIBRAZIONE IMMESSA POSTAZIONE P2 – Palo 52		
N. evento	Data e ora	$a_{w,max}$ [mm/s ²]
1	04/02/2022 10:44	1,3
2	04/02/2022 10:45	0,8
3	04/02/2022 10:45	0,7
4	04/02/2022 10:45	1,8
5	04/02/2022 10:46	0,9
6	04/02/2022 10:46	1,0
7	04/02/2022 10:46	1,2
8	04/02/2022 10:46	1,0
9	04/02/2022 10:46	0,9
10	04/02/2022 10:47	0,8
11	04/02/2022 10:47	0,9
12	04/02/2022 10:47	0,9
13	04/02/2022 10:47	1,9
14	04/02/2022 10:47	2,3
15	04/02/2022 10:47	2
	Media	1,2
	Scarto	0,5
V_{imm}	a(w,95)	2,2
a_{w,max} (SOR) – Solo Palificazione		0,9

Img. 3.2 – Collocazione P2 – Palo 52 e relativa distanza



Tab. 3.3 – Valori vibrazioni immesse Postazione P3

VIBRAZIONE IMMESSA POSTAZIONE P3 – Palo 201		
N. evento	Data e ora	$a_{w,max}$ [mm/s ²]
1	04/02/2022 11:10	2,3
2	04/02/2022 11:10	0,8
3	04/02/2022 11:11	0,6
4	04/02/2022 11:11	0,5
5	04/02/2022 11:11	0,5
6	04/02/2022 11:11	1,1
7	04/02/2022 11:12	1,1
8	04/02/2022 11:12	0,7
9	04/02/2022 11:12	1,1
10	04/02/2022 11:12	0,5
11	04/02/2022 11:12	0,6
12	04/02/2022 11:12	0,9
13	04/02/2022 11:13	0,9
14	04/02/2022 11:13	0,7
15	04/02/2022 11:13	0,6
	Media	0,9
	Scarto	0,5
V_{imm}	$a(w,95)$	1,7
	$a_{w,max}$ (SOR) – Solo Palificazione	0,4

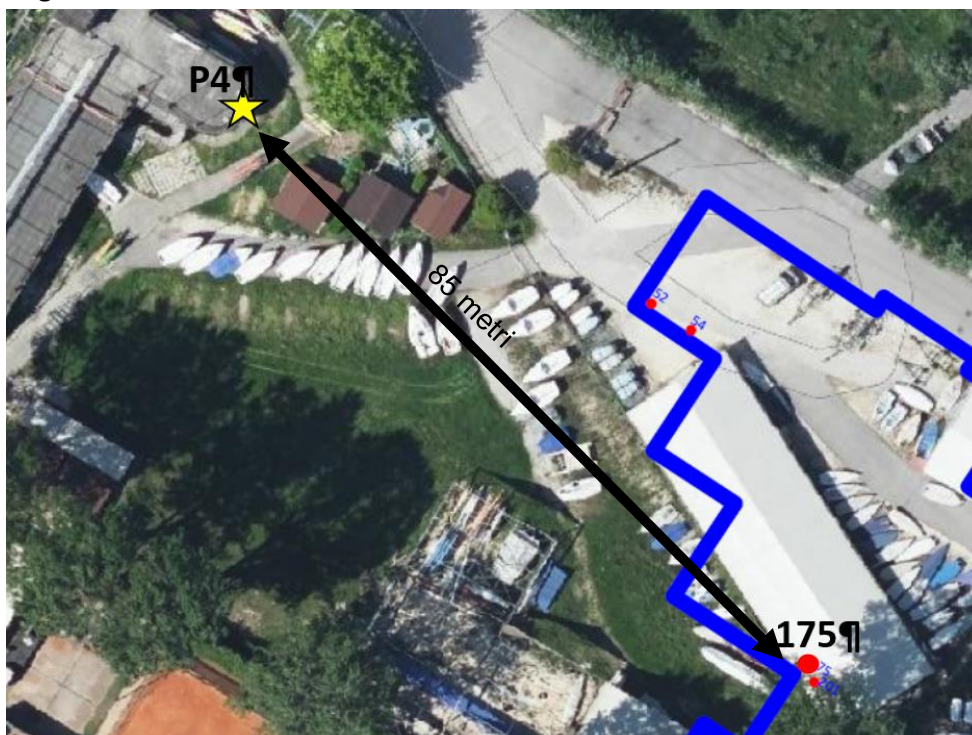
Img. 3.3 – Collocazione P3 – Palo 201 e relativa distanza



Tab. 3.4 – Valori vibrazioni immesse Postazione P4

VIBRAZIONE IMMESSA POSTAZIONE P4 – Palo 175		
N. evento	Data e ora	$a_{w,max}$ [mm/s ²]
1	04/02/2022 11:38	0,4
2	04/02/2022 11:38	0,3
3	04/02/2022 11:39	0,3
4	04/02/2022 11:39	0,3
5	04/02/2022 11:40	0,3
6	04/02/2022 11:40	0,3
7	04/02/2022 11:40	0,4
8	04/02/2022 11:40	1,3
9	04/02/2022 11:40	0,7
10	04/02/2022 11:40	0,8
11	04/02/2022 11:40	0,9
12	04/02/2022 11:40	0,4
13	04/02/2022 11:40	0,5
14	04/02/2022 11:41	0,3
15	04/02/2022 11:41	0,4
		0
	Media	0,5
	Scarto	0,3
V_{imm}	a(w,95)	1,0
	$a_{w,max}$ (SOR) – Solo Palificazione	0,3

Img. 3.4 – Collocazione P4 – Palo 175 e relativa distanza



3.8.2 Calcolo della vibrazione residua diurna e notturna

Per il calcolo delle vibrazioni associate alla sorgente oggetto di verifica si è proceduto alla valutazione delle vibrazioni residue rispetto a quelle generate dalle lavorazioni oggetto di indagine. Per tale fine, successivamente a ogni misura è stata rilevata una frazione temporale durante la quale non sussistevano lavorazioni. Nella seguente tabella, per ogni postazione, si riporta il valore V_{res} che ricomprende anche eventi vibratorii dovuti alle attività di cantiere non correlate alla trivellazione e, analogamente a quanto riportato per le vibrazioni immesse, si riporta il valore di $a_{w,max}$ (SUM) estrapolato dalle Time History di rilievo del residuo, in un periodo in assenza di eventi correlati alle attività complementari di cantiere.

Tab. 3.5 – Valori vibrazioni residue

Postazione	Tipologia dato	Valore rilevato [mm/s ²]
P1	$V_{res} - a_{(w,95)}$	0,8
	$a_{w,max}$ (SUM)	0,2
P2	$V_{res} - a_{(w,95)}$	0,7
	$a_{w,max}$ (SUM)	0,3
P3	$V_{res} - a_{(w,95)}$	1,3
	$a_{w,max}$ (SUM)	0,3
P4	$V_{res} - a_{(w,95)}$	0,3
	$a_{w,max}$ (SUM)	0,2

In allegato si riporta la Time History relative alle misure di “bianco” in assenza di attività di trivellazione.

3.9 Calcolo dell'accelerazione associata alla palificazione

Dai valori riportati nelle precedenti tabelle si è calcolata l'accelerazione associata alle attività di palificazione, come previsto dalla norma UNI 9614:2017.

La vibrazione associata agli eventi è quantificata mediante l'accelerazione ponderata massima statistica V_{sor} , calcolata a partire dalla accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni immesse dalla sorgente (vibrazioni compressive), V_{imm} e dalla accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni residue, V_{res} , e calcolata attraverso la seguente equazione:

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

La medesima equazione è stata utilizzata anche per la stima delle vibrazioni effettivamente emesse dalle attività di palificazione epurata da tutti gli eventi correlati alle attività di

cantiere, come dettagliatamente specificato in precedenza. Ovvero il valore è stato calcolato sulla base del valore di $a_{w,max}$ (SUM) estrapolato dalle Time History di rilievo.

Sostituendo nella formula i valori riportati nelle precedenti tabelle, si ottengono i seguenti risultati finali.

Tab. 3.6 – Risultati finali di impatto vibratorio dovuto alle lavorazioni indagate

Postazione	Distanza dalla sorgente	Tipologia dato	Valore di vibrazione immessa [mm/s ²]
P1	17 metri	V_{sor} - Totale attività palificazione	1,2
		V_{sor} – solo trivellazione	0,5
P2	8,5 metri	V_{sor} - Totale attività palificazione	2,1
		V_{sor} – solo trivellazione	0,8
P3	95 metri	V_{sor} - Totale attività palificazione	1,1
		V_{sor} – solo trivellazione	0,3
P4	85 metri	V_{sor} - Totale attività palificazione	1,5
		V_{sor} – solo trivellazione	0,5

I valori di V_{sor} così determinati sono confrontati con i valori limite di disturbo per la massima accelerazione ponderata della sorgente per il periodo di riferimento diurno (non festivo), riportati nella UNI 9614:2017 per un ambiente abitativo:

$$\text{Limite di } V_{sor} \text{ nel periodo diurno} = 7,2 \text{ mm/s}^2$$

I valori di vibrazione determinati alle varie distanze dalle lavorazioni indagate sono di entità molto più ridotta rispetto ai limiti previsti dalla UNI 9614:2017.

4 RILIEVI SECONDO LA NORMA UNI 9916:2014

La normativa di riferimento per le misure di velocità di vibrazione sulle strutture richiama i seguenti documenti:

- UNI 9916:2014 – Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici.
- DIN 4150-3 – Vibrazioni nelle costruzioni Parte 3: Effetti sui manufatti.
- ISO 4866:2010 – Mechanical vibration and shock -- Vibration of fixed structures -- Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on structures. La norma indica i metodi di misura ma non fornisce valori di riferimento, demandando il compito alle normative nazionali.

4.1 Natura del fenomeno di eccitazione

La UNI 9916:2014 e la DIN 4150 distinguono i fenomeni vibratori in due principali categorie: i fenomeni di lunga durata (con un'eccitazione persistente nel tempo) e i fenomeni di breve durata (con un'eccitazione limitata nel tempo); le attività di cantiere possono essere considerate come un fenomeno di breve durata.

La distinzione non modifica la metodica di indagine strumentale da adottare, ma è considerata per il corretto confronto con i limiti previsti; inoltre tale osservazione può essere utile ai fini della valutazione dei fenomeni di fatica delle componenti degli edifici limitrofi, esposti per brevi periodi alle sollecitazioni.

4.2 Caratterizzazione della sorgente e durata della misurazione

Per quanto riguarda la natura del fenomeno osservato, si è ritenuto opportuno considerare un monitoraggio della durata dell'intero processo di palificazione su 4 distinti punti di trivellazione.

4.3 Grandezza di valutazione e direzioni di misura

La grandezza cinematica scelta per la valutazione del danno alle strutture è la velocità di picco non ponderata, rilevata tramite la misura diretta di un velocimetro triassiale ad alta sensibilità, lungo le tre direzioni ortogonali; il sistema di assi ortogonali è riferito alla struttura dell'edificio, con asse z verticale e assi x e y ortogonali tra loro, e con l'asse y parallelo alla parete che volge verso la sorgente di vibrazione.

4.4 Punti di misurazione

I punti di misurazione sono i medesimi nei quali sono state condotte le misure per la valutazione del disturbo (vedi capitolo 3). Come si evince dalle immagini riportate nel paragrafo 1.1, la sonda velocimetrica è stata collocata in prossimità della terna accelerometrica.

4.5 Parametri da acquisire per la valutazione del danno

La norma UNI 9916 del novembre 1991 è stata aggiornata con una nuova edizione del 2004 e successivamente nel 2014; essa rimanda ai limiti massimi di velocità di picco puntuale di una componente vibrazionale (p.c.p.v.) indicati nella DIN 4150-3. I valori misurati, a titolo cautelativo, sono stati confrontati con il valore di riferimento massimo ammissibile per le vibrazioni permanenti su edifici particolarmente sensibili (2,5 mm/s).

Le vibrazioni prodotte dalle lavorazioni oggetto di verifica sono asseverabili a transienti, caratterizzati in genere da repentini eventi dovuti a sollecitazioni del suolo.

Per l'analisi di questi fenomeni, si è proceduto per passi successivi, come riportato nell'appendice D2 della DIN 4150:

- Ricerca dei valori massimi della velocità di oscillazione v_i negli andamenti temporali $v_i(t)$ (dove con i si intende l'asse di misura x , y e z);
- Calcolo delle frequenze predominanti f_i degli andamenti temporali $v_i(t)$;
- Confronto della velocità massima di oscillazione v_i con il valore di riferimento indicato, in corrispondenza della frequenza predominante f_i .

4.6 Risultato dell'analisi degli eventi misurati

Le indagini svolte per la valutazione del danno sono state svolte con le medesime tempistiche di quelle svolte per la valutazione del disturbo.

Al fine di rendere la valutazione cautelativa, la strumentazione è stata imposta a una soglia di rilevabilità pari a 1 mm/s. Dalle verifiche svolte sono emersi valori di velocità di picco estremamente contenute con livelli che **non hanno mai superato il valori di soglie impostato (1 mm/s)**.

Limite cautelativo di V_i secondo la UNI 9916:2014 e la DIN 4150: = 2,5 mm/s

Come si può vedere dall'analisi delle Time History della velocità, riportate in allegato i valori riscontrati risultano essere molto più contenute della soglia di rilevabilità impostata, intatti non si riscontrano apporti di vibrazione superiori a 0,1 mm/s.

Il limite ammesso per le soglie del danno NON è superato.

5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente studio ha avuto lo scopo di valutare le vibrazioni generate da attività di palificazione con compattazione laterale (FDP - Full Displacement Pile) mediante ENTECO tipo E4080_SP180. Le misurazioni in sito sono state svolte presso il cantiere "*Aree verdi parco S. Giuliano: Riordino del Polo Nautico ed opere complementari*" in prossimità del Circolo dei Canottieri di MESTRE nel Comune di Venezia. Le specifiche verifiche sono state richieste dalla committenza al fine di valutare l'impatto vibrazionale dovuto alla specifica lavorazione sia in termini di disturbo alla popolazione che in termini di potenziale danno alle strutture.

Per quanto riguarda il disturbo da vibrazioni (UNI 9614:2017), i livelli di accelerazione riscontrati sono risultati di entità estremamente ridotta. I principali apporti di vibrazione sono riconducibili ad attività complementari alla lavorazione indagata e non alla specifica lavorazione correlata alla trivellazione per la realizzazione dei pali di fondazione. Nei punti di misura, anche posti a distanza minima dalla lavorazione (8 metri) non sono mai stati riscontrati valori di vibrazione della sorgente (V_{sor}) superiori a $2,1 \text{ mm/s}^2$. A tale distanza l'apporto massimo dovuto all'esclusiva trivellazione (epurando da eventi dovuti ad attività complementari) si attesta su $0,8 \text{ mm/s}^2$.

Per quanto riguarda il possibile danno alle strutture (UNI 9916:2014), i livelli di velocità di vibrazione riscontrati sono molto al di sotto delle soglie di potenziale danno indicate dalla normativa tecnica di riferimento.

ALLEGATI

1. Rapporti dei rilievi di vibrazione (Disturbo e Danno)
2. Certificati di taratura della strumentazione
3. Scheda tecnica Palificatrice ENTECO tipo E4080_SP180
4. Tavola di progetto n. S_01_00 "CARPENTERIA PALI E PLATEA" con collocazione punti di Palificazione

ALLEGATO

- 1 Rapporti dei rilievi di vibrazione (Disturbo e Danno)
- 2 Certificati di taratura della strumentazione

REPORT DI MISURA DI DISTURBO DA VIBRAZIONI

Nome misura: Palificazione_P1_Palo54
Data e ora misura: 04/02/2022 09:55:40
Durata: 179.0 s

Località: Porto Marghera
Operatore: Dott. Juri Albertazzi
Strumentazione: SoundBook MK2 8ch S/N: 7175

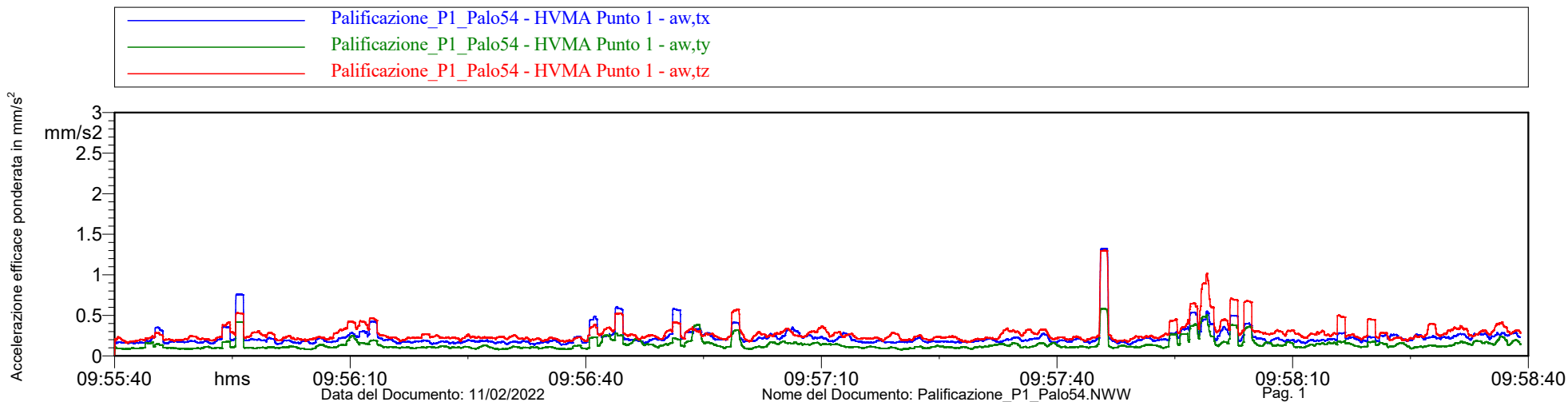
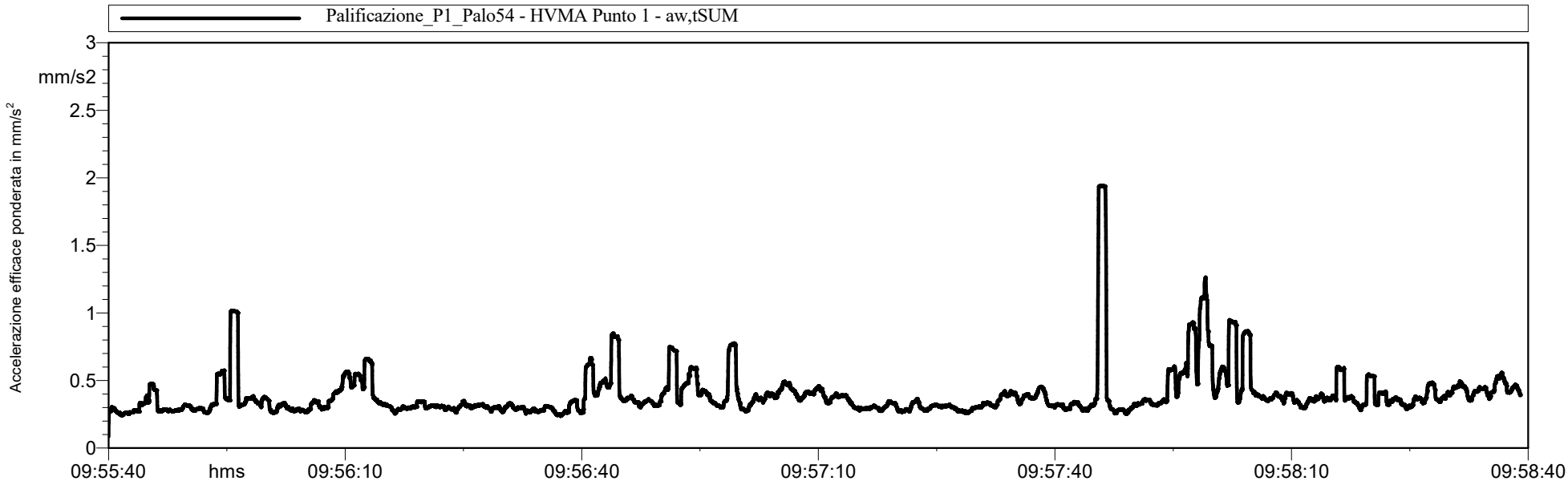
Tipo trasduttore: 3 x 393A03 su base di fissaggio
Pesatura asse X, Y, Z: Wm

$a_{w,eq} X: 0.3 \text{ mm/s}^2$
 $a_{w,eq} Y: 0.2 \text{ mm/s}^2$
 $a_{w,eq} Z: 0.3 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,max} X: 1.3 \text{ mm/s}^2$
 $a_{w,max} Y: 0.6 \text{ mm/s}^2$
 $a_{w,max} Z: 1.3 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,min} X: 0.08 \text{ mm/s}^2$
 $a_{w,min} Y: 0.03 \text{ mm/s}^2$
 $a_{w,min} Z: 0.01 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,eq} (SUM): 0.4 \text{ mm/s}^2$
 $a_{w,max} (SUM): 1.9 \text{ mm/s}^2$

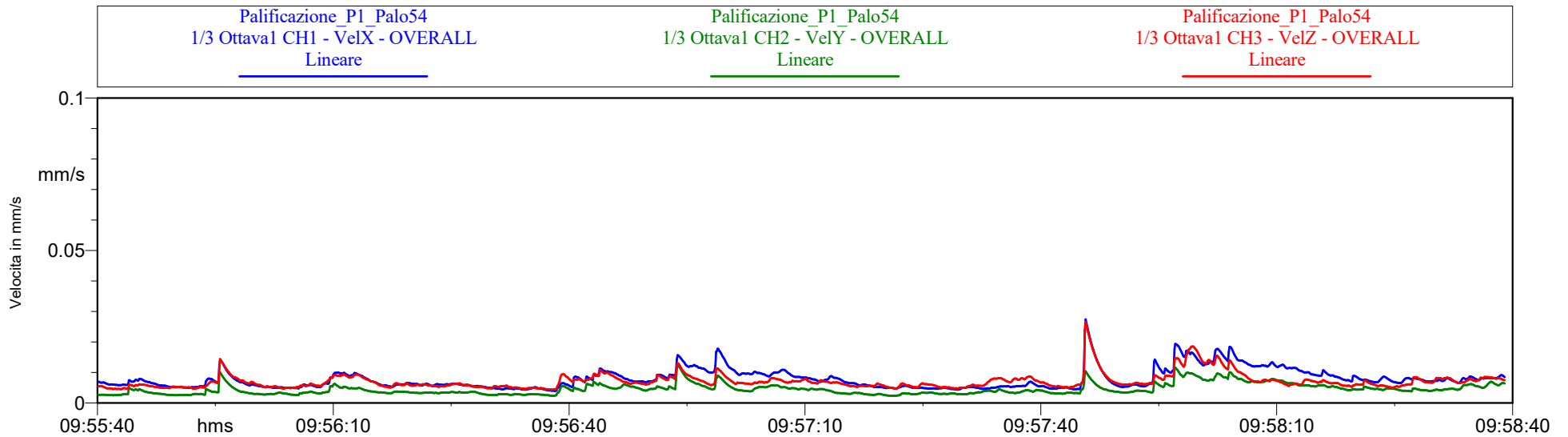


REPORT DI MISURA DI DANNO DA VIBRAZIONI

Nome misura: Palificazione_P1_Palo54
Data e ora misura: 04/02/2022 09:55:40
Durata: 179.0 s

Località: Porto Marghera
Operatore: Dott. Juri Albertazzi
Strumentazione: SoundBook MK2 8ch S/N: 7175

Tipo trasduttore: Velocimetro triassiale Sinus
Soglia velocità: 1 mm/s



Nessun superamento soglia di velocità

REPORT DI MISURA DI DISTURBO DA VIBRAZIONI

Nome misura: Palificazione_P1_Palo54_Bianco Località: Porto Marghera

Data e ora misura: 04/02/2022 10:03:11

Operatore: Dott. Juri Albertazzi

Tipo trasduttore: 3 x 393A03 su base di fissaggio

Durata: 35.2 s

Strumentazione: SoundBook MK2 8ch S/N: 7175

Pesatura asse X, Y, Z: Wm

$a_{w,eq} X: 0.2 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,max} X: 0.5 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,min} X: 0.01 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,eq} (SUM): 0.3 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,eq} Y: 0.1 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,max} Y: 0.3 \text{ mm/s}^2$

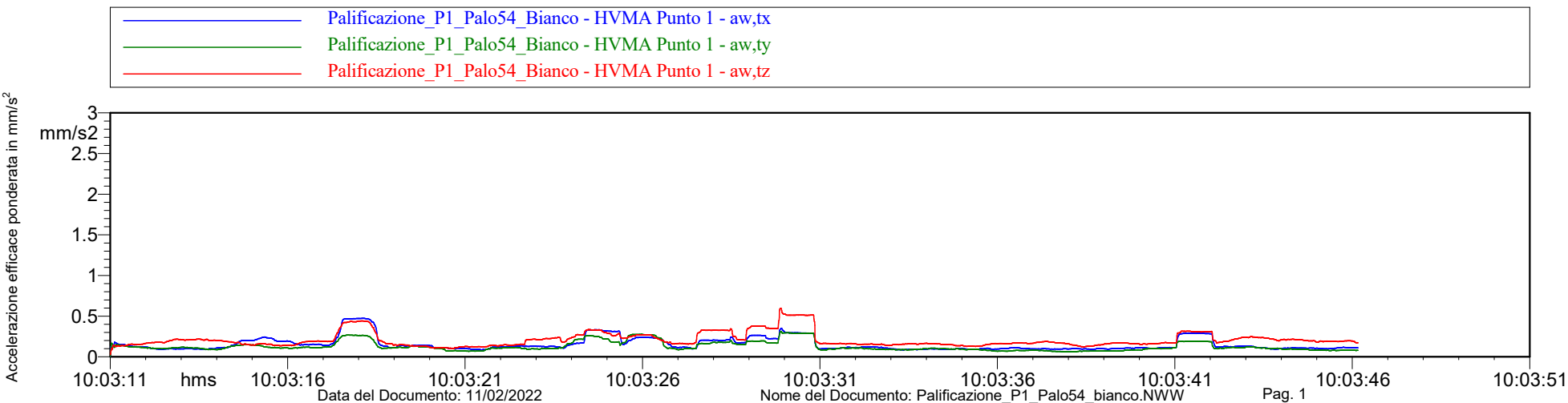
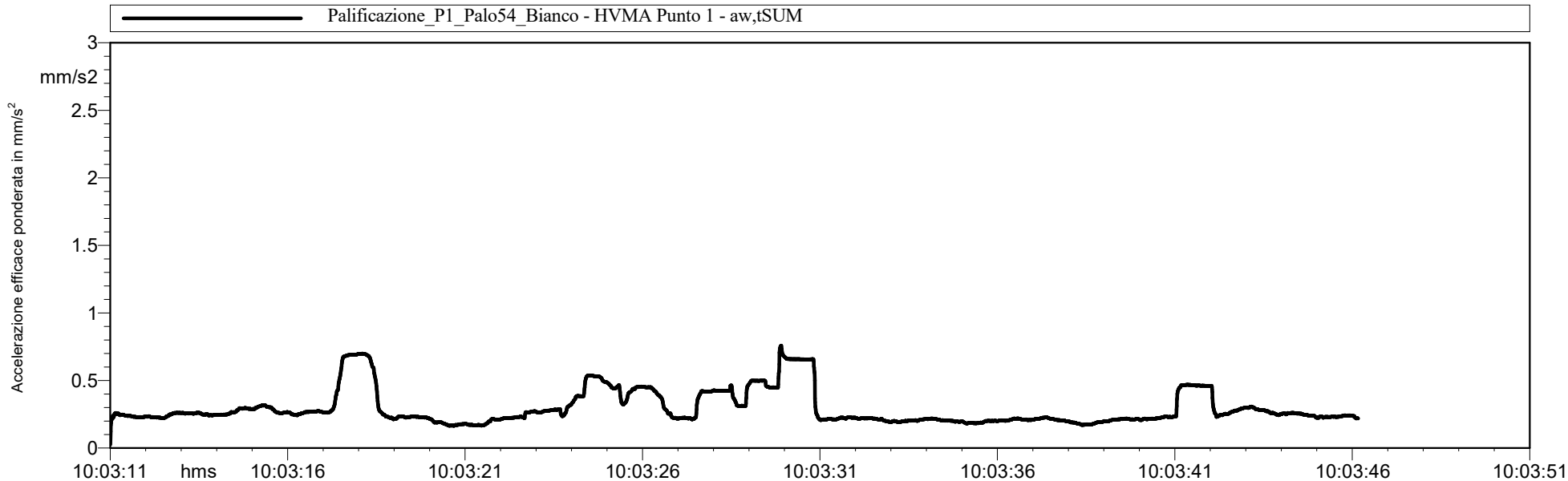
$a_{w,min} Y: 0.01 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,max} (SUM): 0.8 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,eq} Z: 0.2 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,max} Z: 0.6 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,min} Z: 0.03 \text{ mm/s}^2$

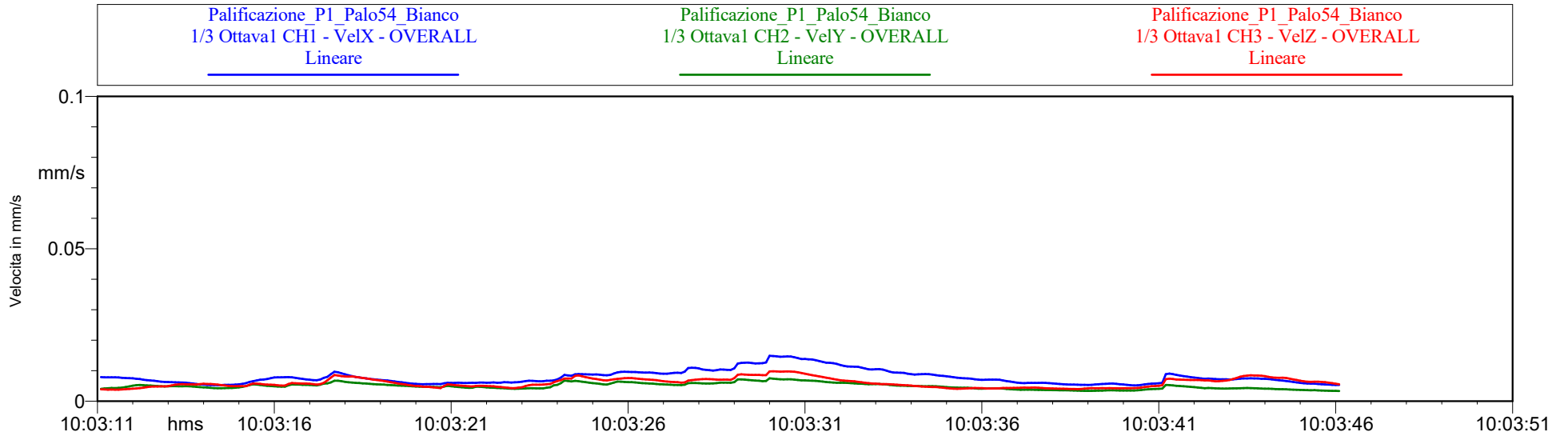


REPORT DI MISURA DI DANNO DA VIBRAZIONI

Nome misura: Palificazione_P1_Palo54_Bianco
Data e ora misura: 04/02/2022 10:03:11
Durata: 35.1 s

Località: Porto Marghera
Operatore: Dott. Juri Albertazzi
Strumentazione: SoundBook MK2 8ch S/N: 7175

Tipo trasduttore: Velocimetro triassiale Sinus
Soglia velocità: 1 mm/s



Nessun superamento soglia di velocità

REPORT DI MISURA DI DISTURBO DA VIBRAZIONI

Nome misura: Palificazione_P2_Palo52
Data e ora misura: 04/02/2022 10:44:40
Durata: 191.9 s

Località: Porto Marghera
Operatore: Dott. Juri Albertazzi
Strumentazione: SoundBook MK2 8ch S/N: 7175

Tipo trasduttore: 3 x 393A03 su base di fissaggio
Pesatura asse X, Y, Z: Wm

$a_{w,eq} X: 0.6 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,max} X: 1.9 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,min} X: 0.19 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,eq} (SUM): 0.7 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,eq} Y: 0.2 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,max} Y: 0.7 \text{ mm/s}^2$

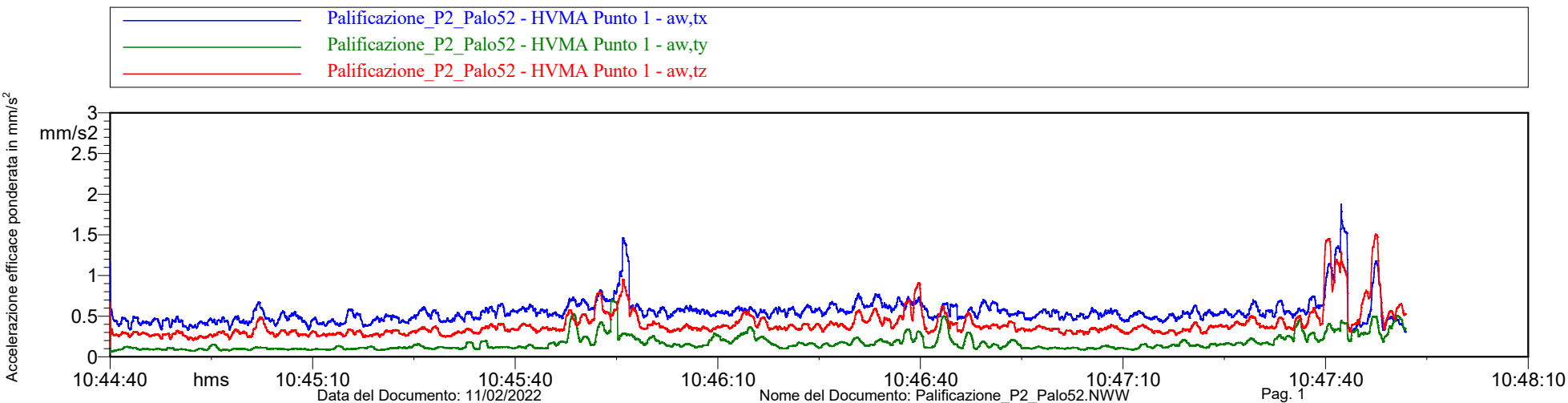
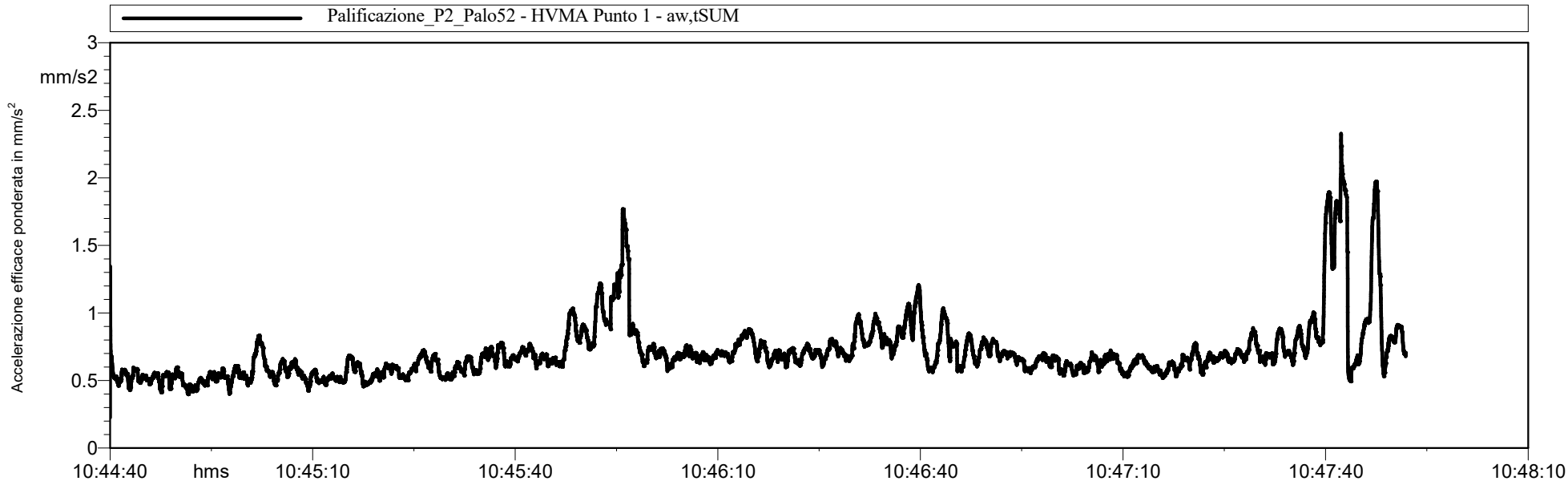
$a_{w,min} Y: 0.04 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,max} (SUM): 2.3 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,eq} Z: 0.4 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,max} Z: 1.5 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,min} Z: 0.12 \text{ mm/s}^2$

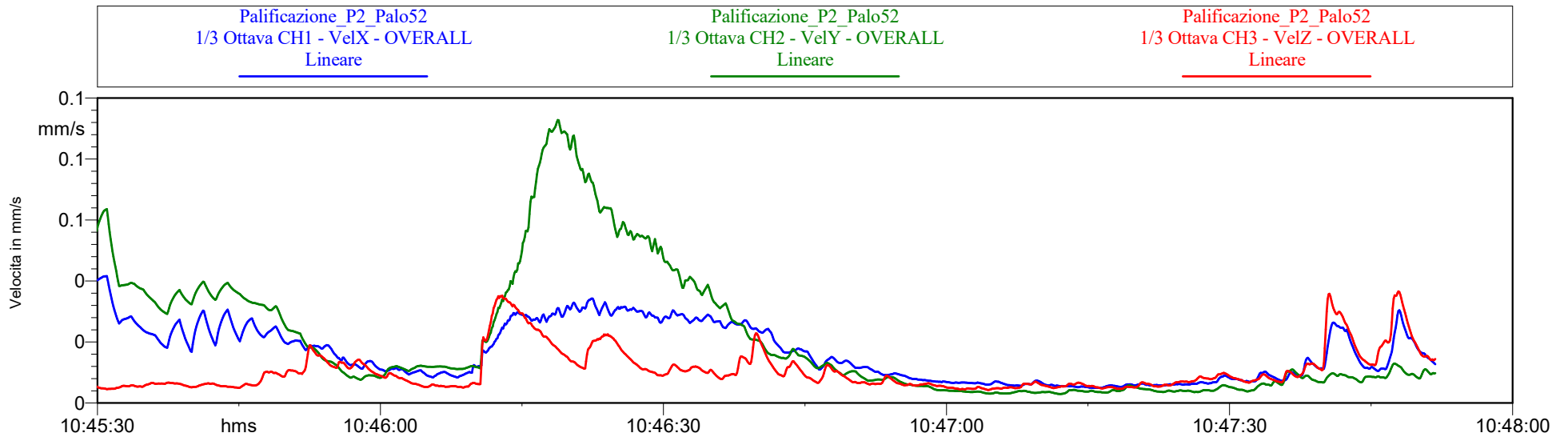


REPORT DI MISURA DI DANNO DA VIBRAZIONI

Nome misura: Palificazione_P2_Palo52
Data e ora misura: 04/02/2022 10:44:40
Durata: 191.8 s

Località: Porto Marghera
Operatore: Dott. Juri Albertazzi
Strumentazione: SoundBook MK2 8ch S/N: 7175

Tipo trasduttore: Velocimetro triassiale Sinus
Soglia velocità: 1 mm/s



Nessun superamento soglia di velocità

REPORT DI MISURA DI DISTURBO DA VIBRAZIONI

Nome misura: Palificazione_P2_Palo52_Bianco Località: Porto Marghera

Data e ora misura: 04/02/2022 10:55:30

Operatore: Dott. Juri Albertazzi

Tipo trasduttore: 3 x 393A03 su base di fissaggio

Durata: 53.6 s

Strumentazione: SoundBook MK2 8ch S/N: 7175

Pesatura asse X, Y, Z: Wm

$a_{w,eq}$ X: 0.2 mm/s²

$a_{w,max}$ X: 0.4 mm/s²

$a_{w,min}$ X: 0.06 mm/s²

$a_{w,eq}$ (SUM): 0.3 mm/s²

$a_{w,eq}$ Y: 0.1 mm/s²

$a_{w,max}$ Y: 0.4 mm/s²

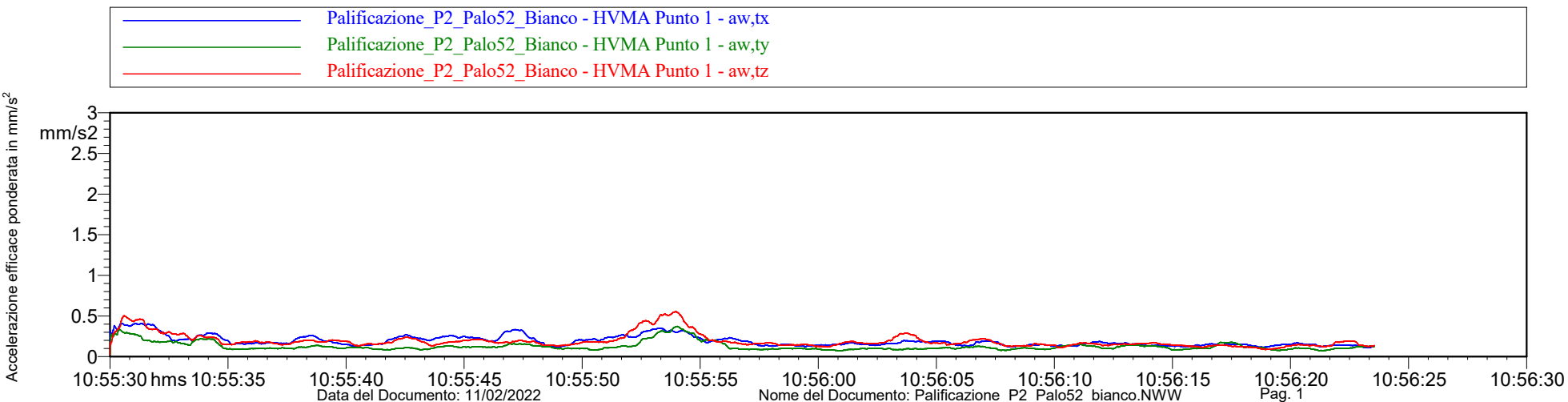
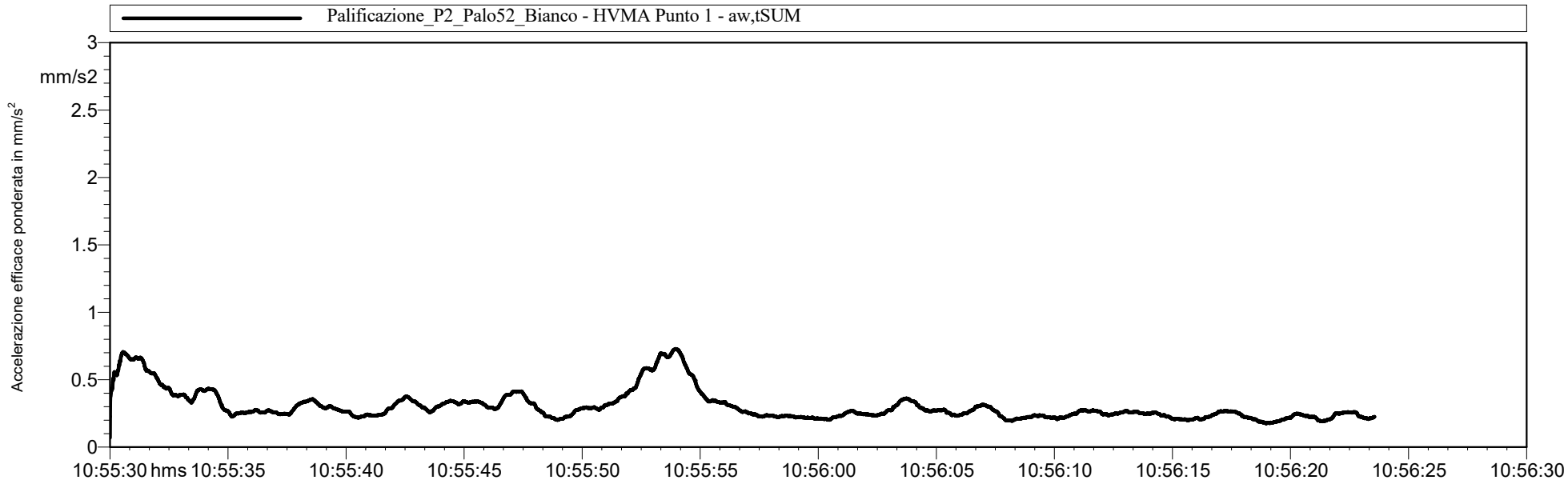
$a_{w,min}$ Y: 0.03 mm/s²

$a_{w,max}$ (SUM): 0.7 mm/s²

$a_{w,eq}$ Z: 0.2 mm/s²

$a_{w,max}$ Z: 0.6 mm/s²

$a_{w,min}$ Z: 0.02 mm/s²

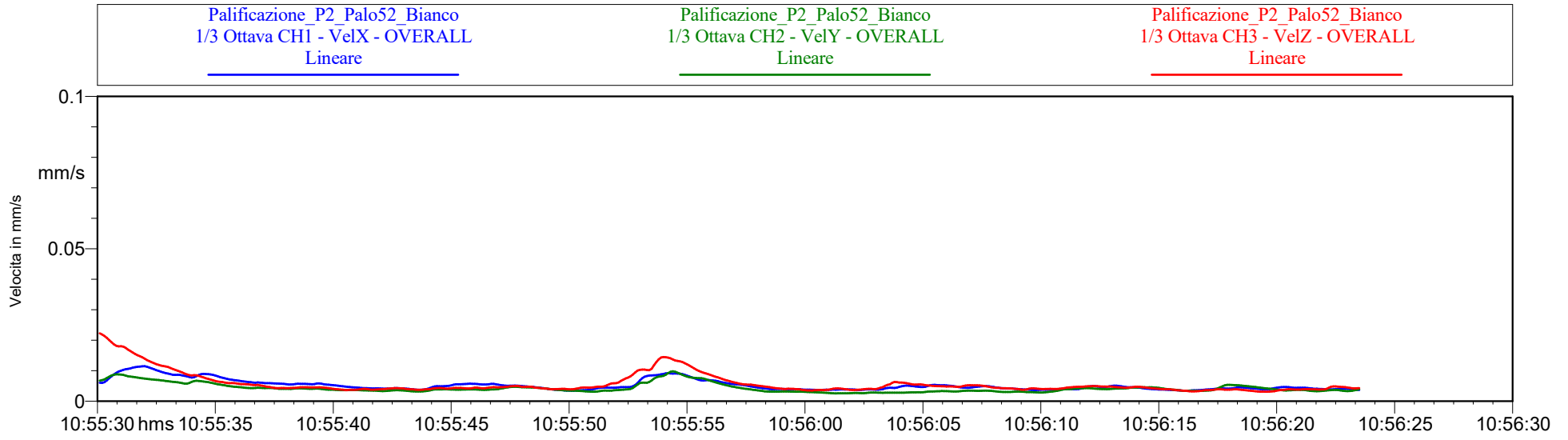


REPORT DI MISURA DI DANNO DA VIBRAZIONI

Nome misura: Palificazione_P2_Palo52_Bianco
Data e ora misura: 04/02/2022 10:55:30
Durata: 53.5 s

Località: Porto Marghera
Operatore: Dott. Juri Albertazzi
Strumentazione: SoundBook MK2 8ch S/N: 7175

Tipo trasduttore: Velocimetro triassiale Sinus
Soglia velocità: 1 mm/s



Nessun superamento soglia di velocità

REPORT DI MISURA DI DISTURBO DA VIBRAZIONI

Nome misura: Palificazione_P3_Palo201
Data e ora misura: 04/02/2022 11:10:34
Durata: 175.9 s

Località: Porto Marghera
Operatore: Dott. Juri Albertazzi
Strumentazione: SoundBook MK2 8ch S/N: 7175

Tipo trasduttore: 3 x 393A03 su base di fissaggio
Pesatura asse X, Y, Z: Wm

$a_{w,eq} X: 0.3 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,max} X: 1.7 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,min} X: 0.02 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,eq} (SUM): 0.5 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,eq} Y: 0.2 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,max} Y: 0.9 \text{ mm/s}^2$

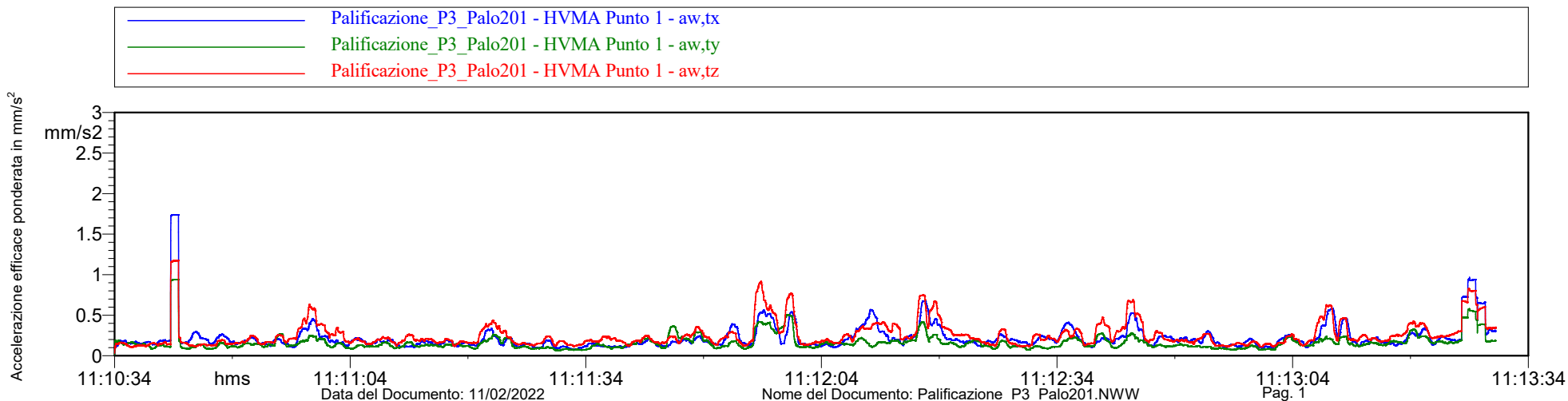
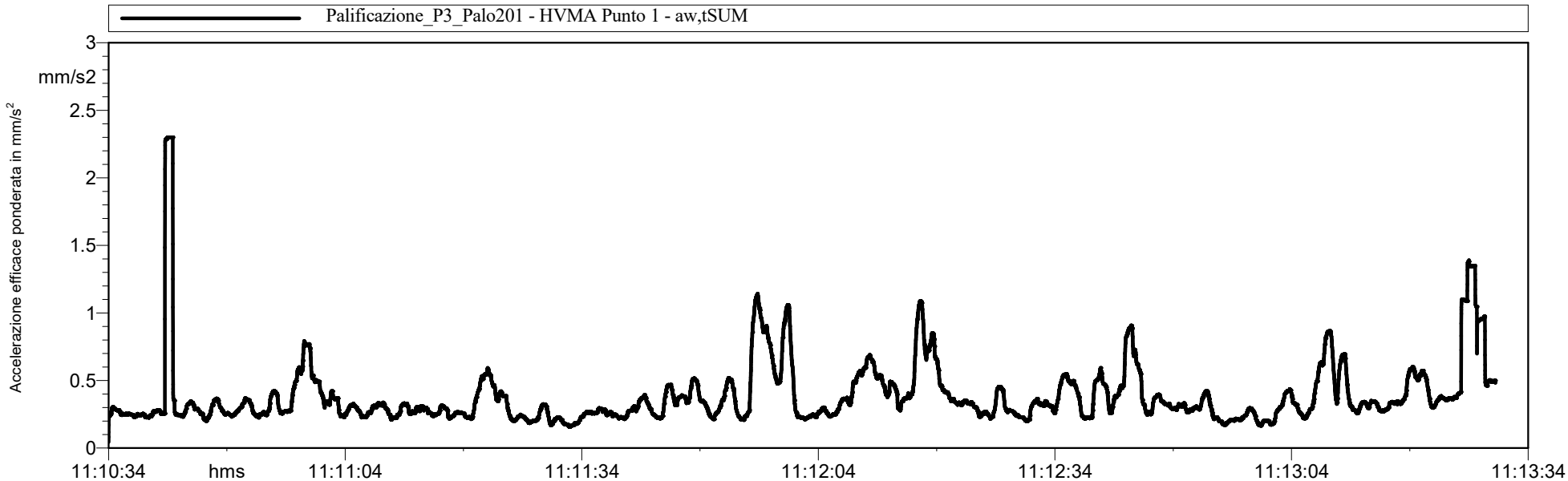
$a_{w,min} Y: 0.02 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,max} (SUM): 2.3 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,eq} Z: 0.3 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,max} Z: 1.2 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,min} Z: 0.03 \text{ mm/s}^2$

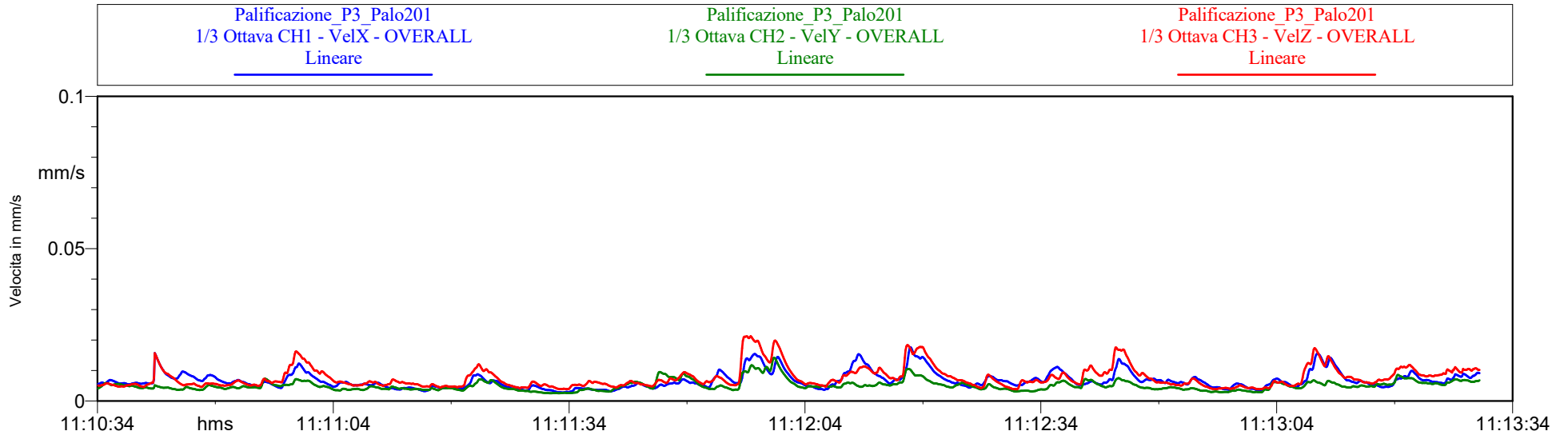


REPORT DI MISURA DI DANNO DA VIBRAZIONI

Nome misura: Palificazione_P3_Palo201
Data e ora misura: 04/02/2022 11:10:34
Durata: 175.8 s

Località: Porto Marghera
Operatore: Dott. Juri Albertazzi
Strumentazione: SoundBook MK2 8ch S/N: 7175

Tipo trasduttore: Velocimetro triassiale Sinus
Soglia velocità: 1 mm/s



Nessun superamento soglia di velocità

REPORT DI MISURA DI DISTURBO DA VIBRAZIONI

Nome misura: Palificazione_P3_Palo201_Bianco Località: Porto Marghera

Data e ora misura: 04/02/2022 11:16:12

Operatore: Dott. Juri Albertazzi

Tipo trasduttore: 3 x 393A03 su base di fissaggio

Durata: 36.4 s

Strumentazione: SoundBook MK2 8ch S/N: 7175

Pesatura asse X, Y, Z: Wm

$a_{w,eq}$ X: 0.3 mm/s²

$a_{w,max}$ X: 0.7 mm/s²

$a_{w,min}$ X: 0.02 mm/s²

$a_{w,eq}$ (SUM): 0.5 mm/s²

$a_{w,eq}$ Y: 0.2 mm/s²

$a_{w,max}$ Y: 0.5 mm/s²

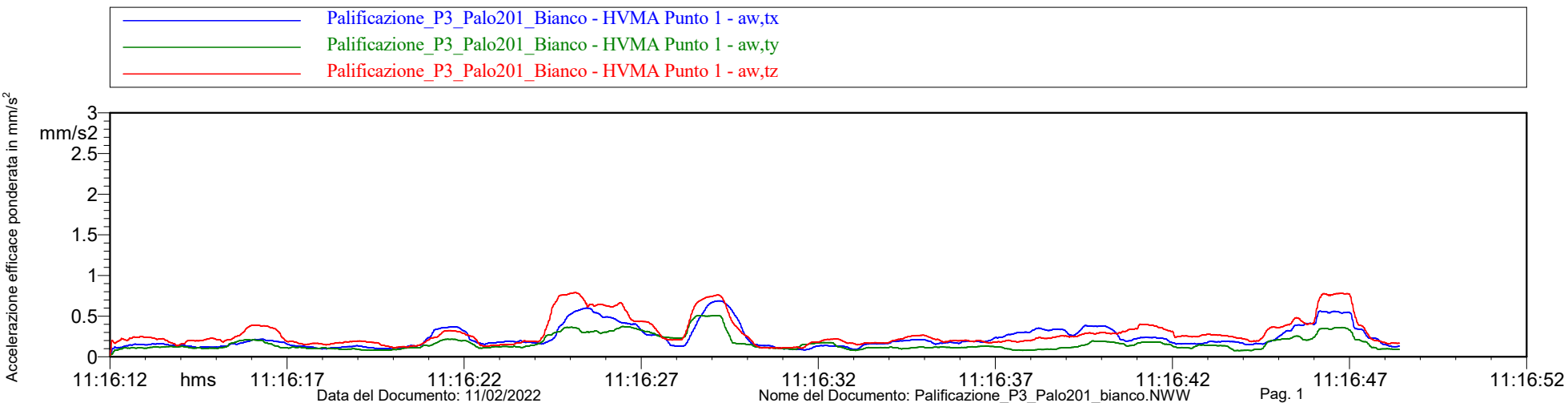
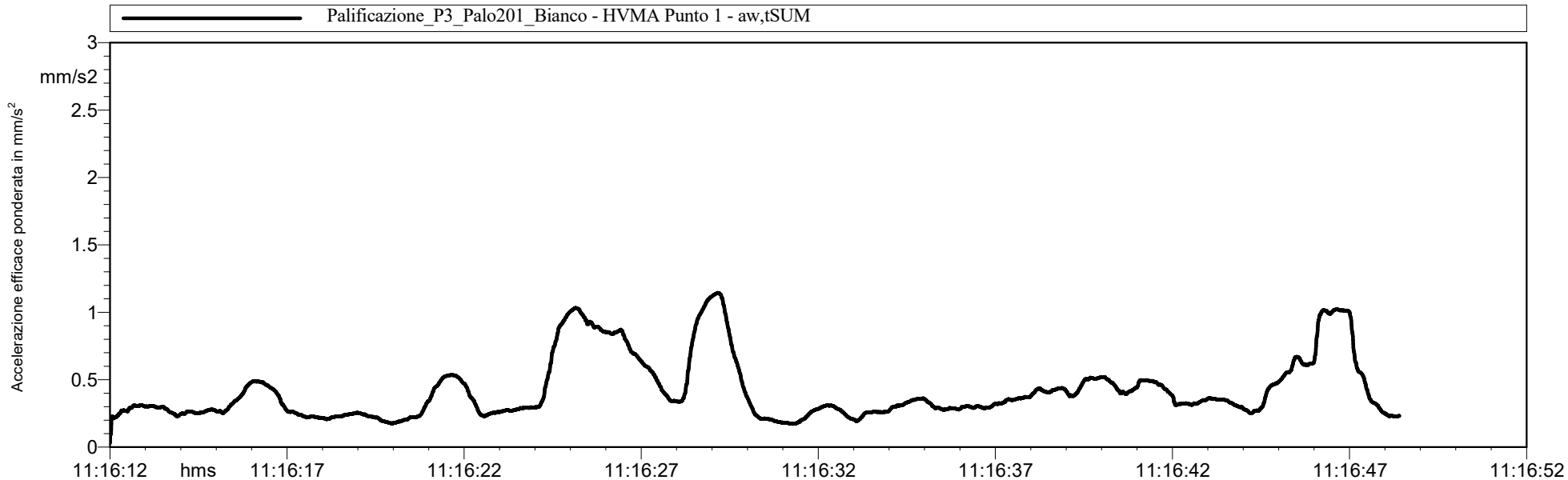
$a_{w,min}$ Y: 0.01 mm/s²

$a_{w,max}$ (SUM): 1.1 mm/s²

$a_{w,eq}$ Z: 0.3 mm/s²

$a_{w,max}$ Z: 0.8 mm/s²

$a_{w,min}$ Z: 0.02 mm/s²



REPORT DI MISURA DI DANNO DA VIBRAZIONI

Nome misura: Palificazione_P3_Palo201_Bianco Località: Porto Marghera

Tipo trasduttore: Velocimetro triassiale Sinus

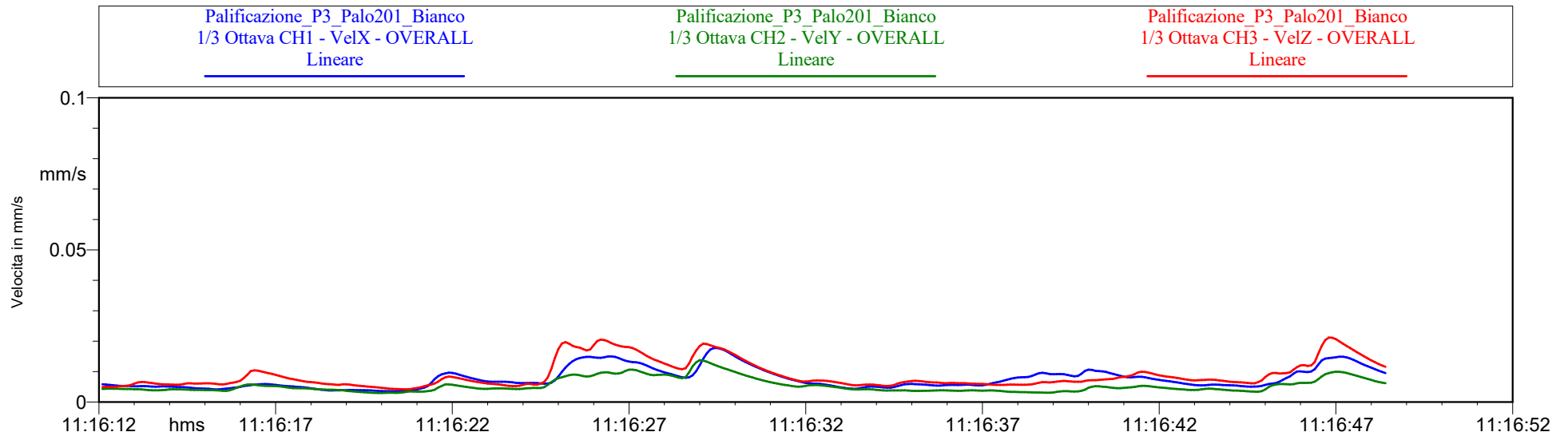
Data e ora misura: 04/02/2022 11:16:12

Operatore: Dott. Juri Albertazzi

Soglia velocità: 1 mm/s

Durata: 36.4 s

Strumentazione: SoundBook MK2 8ch S/N: 7175



Nessun superamento soglia di velocità

REPORT DI MISURA DI DISTURBO DA VIBRAZIONI

Nome misura: Palificazione_P4_Palo175
 Data e ora misura: 04/02/2022 11:38:36
 Durata: 171.6 s

Località: Porto Marghera
 Operatore: Dott. Juri Albertazzi
 Strumentazione: SoundBook MK2 8ch S/N: 7175

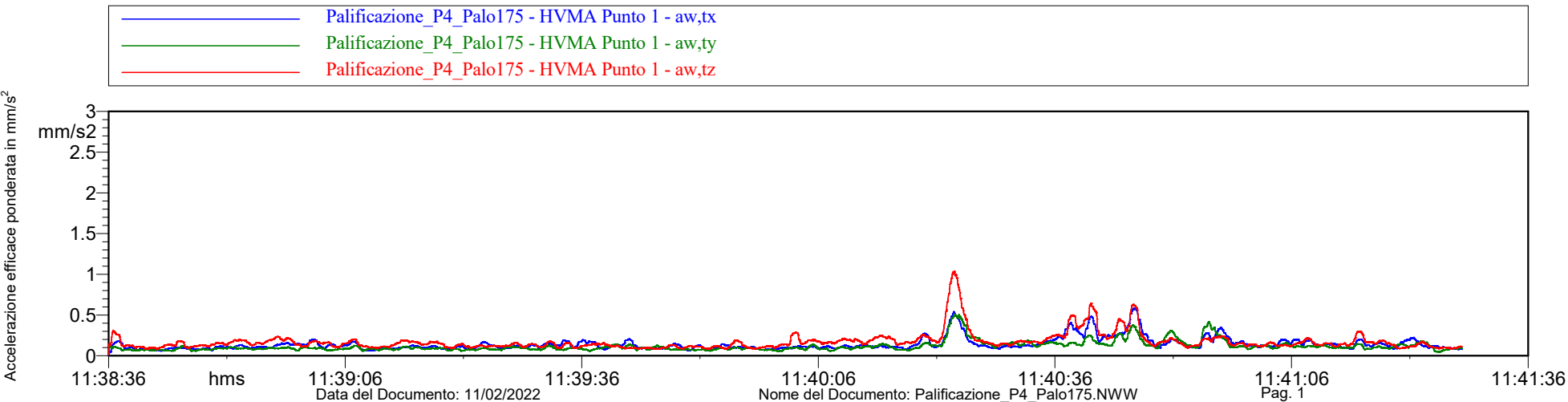
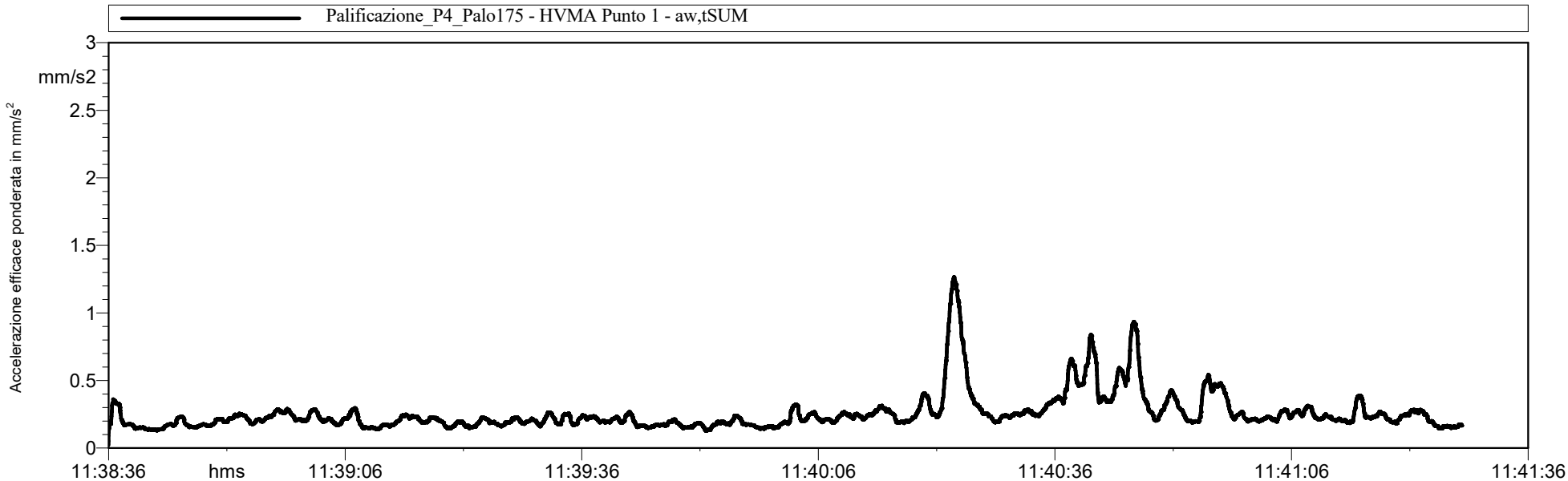
Tipo trasduttore: 3 x 393A03 su base di fissaggio
 Pesatura asse X, Y, Z: Wm

$a_{w,eq}$ X: 0.2 mm/s²
 $a_{w,eq}$ Y: 0.1 mm/s²
 $a_{w,eq}$ Z: 0.2 mm/s²

$a_{w,max}$ X: 0.6 mm/s²
 $a_{w,max}$ Y: 0.5 mm/s²
 $a_{w,max}$ Z: 1.0 mm/s²

$a_{w,min}$ X: 0.01 mm/s²
 $a_{w,min}$ Y: 0.02 mm/s²
 $a_{w,min}$ Z: 0.01 mm/s²

$a_{w,eq}$ (SUM): 0.3 mm/s²
 $a_{w,max}$ (SUM): 1.3 mm/s²

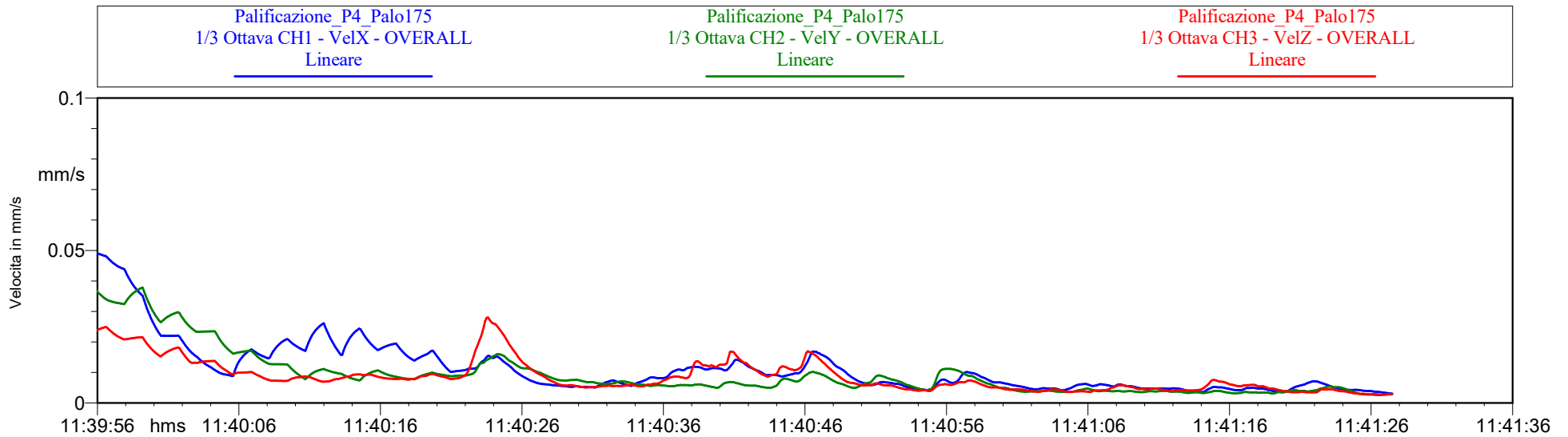


REPORT DI MISURA DI DANNO DA VIBRAZIONI

Nome misura: Palificazione_P4_Palo175
Data e ora misura: 04/02/2022 11:38:36
Durata: 171.5 s

Località: Porto Marghera
Operatore: Dott. Juri Albertazzi
Strumentazione: SoundBook MK2 8ch S/N: 7175

Tipo trasduttore: Velocimetro triassiale Sinus
Soglia velocità: 1 mm/s



Nessun superamento soglia di velocità

REPORT DI MISURA DI DISTURBO DA VIBRAZIONI

Nome misura: Palificazione_P4_Palo175_Bianco Località: Porto Marghera

Data e ora misura: 04/02/2022 11:48:00

Operatore: Dott. Juri Albertazzi

Tipo trasduttore: 3 x 393A03 su base di fissaggio

Durata: 53.5 s

Strumentazione: SoundBook MK2 8ch S/N: 7175

Pesatura asse X, Y, Z: Wm

$a_{w,eq} X: 0.1 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,max} X: 0.2 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,min} X: 0.00 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,eq} (SUM): 0.2 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,eq} Y: 0.1 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,max} Y: 0.1 \text{ mm/s}^2$

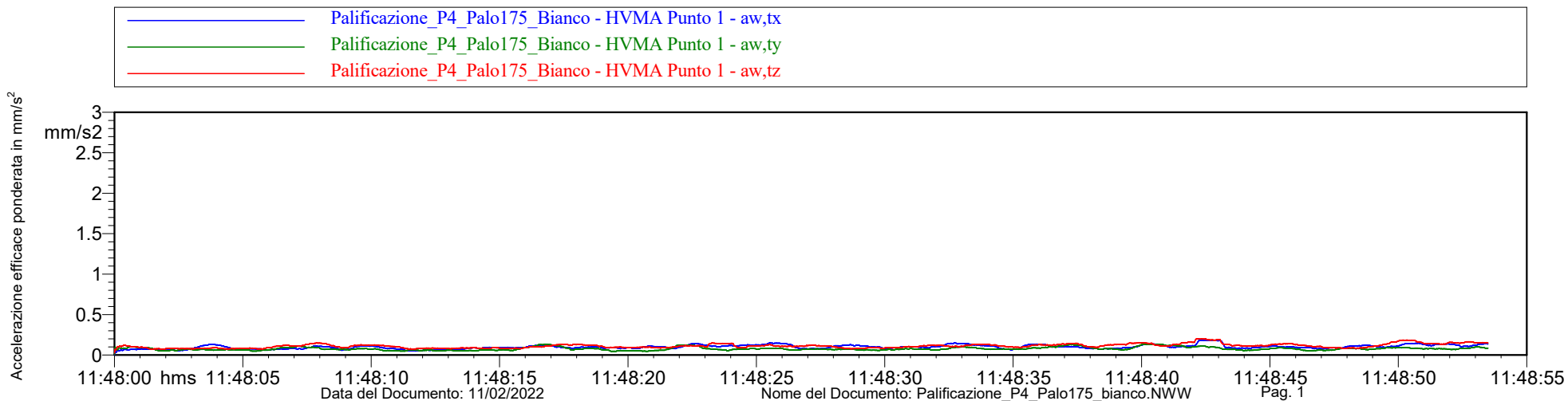
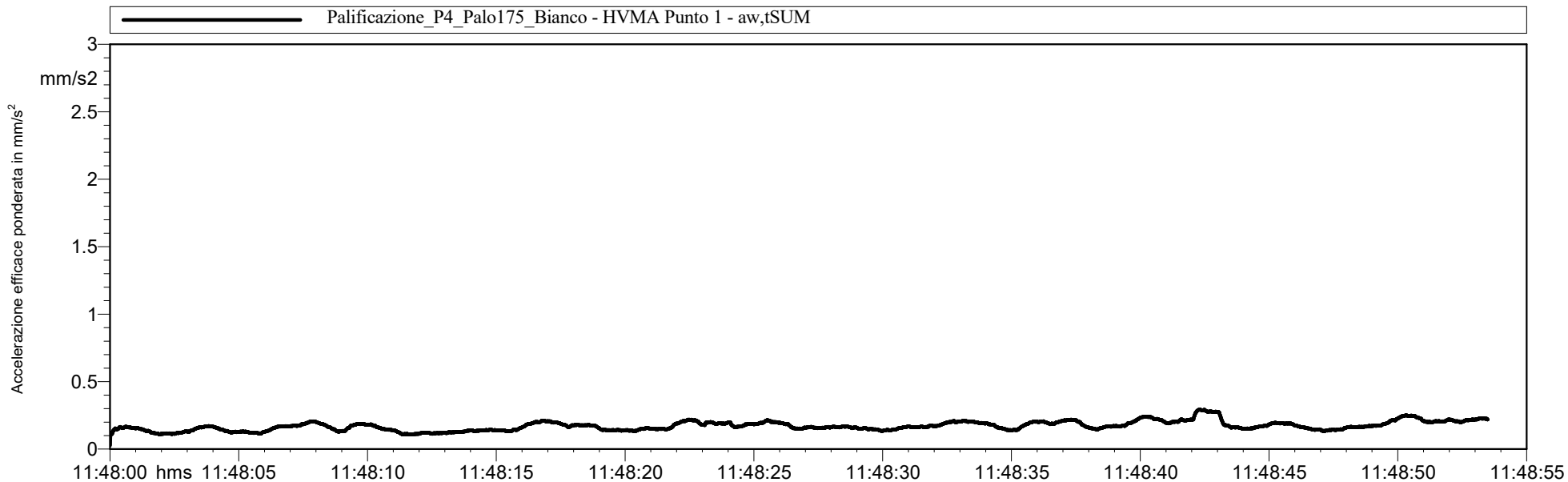
$a_{w,min} Y: 0.01 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,max} (SUM): 0.3 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,eq} Z: 0.1 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,max} Z: 0.2 \text{ mm/s}^2$

$a_{w,min} Z: 0.03 \text{ mm/s}^2$



REPORT DI MISURA DI DANNO DA VIBRAZIONI

Nome misura: Palificazione_P4_Palo175_Bianco Località: Porto Marghera

Tipo trasduttore: Velocimetro triassiale Sinus

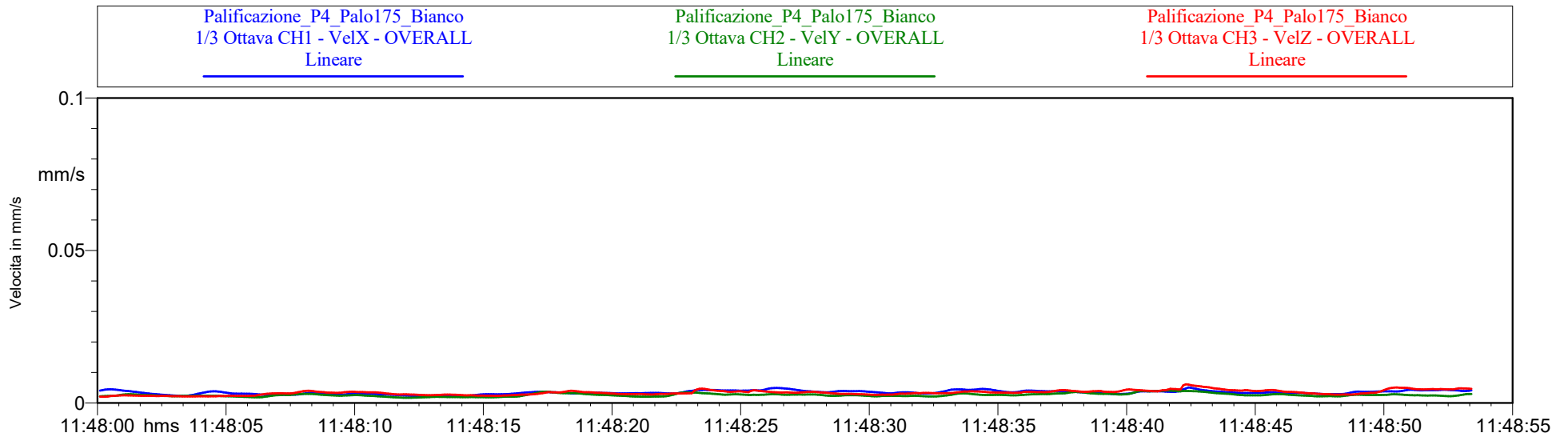
Data e ora misura: 04/02/2022 11:48:00

Operatore: Dott. Juri Albertazzi

Soglia velocità: 1 mm/s

Durata: 53.4 s

Strumentazione: SoundBook MK2 8ch S/N: 7175



Nessun superamento soglia di velocità

I.N.R.I.M.

ISTITUTO NAZIONALE DI RICERCA METROLOGICA
Strada delle Cacce, 91 - 10135 TORINO (Italia)



+39 011 3919.1
+39 011 346384
inrim@inrim.it - www.inrim.it

pag. 1/3

CERTIFICATO DI TARATURA

N. 19-0827-01 emesso il 2019-11-20

Oggetto Catena accelerometrica

Modello/Tipo Accelerometro 393A03
Condizionatore scheda soundbook

Identificazione Accelerometro vedi tabella
Condizionatore vedi tabella

Costruttore Accelerometro PCB
Condizionatore Sinus

Data della taratura 2019-11-13

Procedura applicata PT-AUV.21.4-02

Registro di laboratorio Registro tarature 2019 pag. 077

Committente AIRIS

Indirizzo Via del Porto, 1
40122 Bologna



Responsabile Attività

Fabrizio Mazzoleni

Firmatario autorizzato
Responsabile di divisione

Michela Segà

Il presente certificato attesta la riferibilità delle misure ai Campioni Nazionali (D.M. n. 591/1993) e alle unità di misura realizzate all'INRIM o in altri Istituti Metrologici Primari ai sensi della Legge n. 273/1991.
I risultati qui riportati si riferiscono esclusivamente agli oggetti descritti e alle condizioni di misura specificate.
L'autenticità del presente certificato è attestata dall'apposizione in originale delle firme e del timbro a secco. La riproduzione del presente certificato è ammessa solo in copia conforme integrale; la riproduzione in copia conforme parziale è ammessa solo su autorizzazione scritta rilasciata dall'INRIM, da riportare con il numero di protocollo sulla riproduzione.

I.N.R.I.M.

ISTITUTO NAZIONALE DI RICERCA METROLOGICA
Strada delle Cacce, 91 - 10135 TORINO (Italia)



+39 011 3919.1

+39 011 346384

inrim@inrim.it - www.inrim.it

pag. 1/3

CERTIFICATO DI TARATURA

N. 19-0827-03 emesso il 2019-11-20

Oggetto Calibratore accelerometrico

Modello/Tipo 699A02

Identificazione 1940

Costruttore IMI

Data della taratura 2019-11-12

Procedura applicata PT-AUV.21.1-01

Registro di laboratorio Registro tarature 2019 pag. 077

Committente AIRIS

Indirizzo Via del Porto, 1
40122 Bologna

Responsabile Attività

Fabrizio Mazzoleni



Firmatario autorizzato
Responsabile di divisione

Michela Segà

Il presente certificato attesta la riferibilità delle misure ai Campioni Nazionali (D.M. n. 591/1993) e alle unità di misura realizzate all'INRIM o in altri Istituti Metrologici Primari ai sensi della Legge n. 273/1991.
I risultati qui riportati si riferiscono esclusivamente agli oggetti descritti e alle condizioni di misura specificate.
L'autenticità del presente certificato è attestata dall'apposizione in originale delle firme e del timbro a secco. La riproduzione del presente certificato è ammessa solo in copia conforme integrale; la riproduzione in copia conforme parziale è ammessa solo su autorizzazione scritta rilasciata dall'INRIM, da riportare con il numero di protocollo sulla riproduzione.

**CERTIFICATO DI TARATURA**

N. 19-0827-02 emesso il 2019-11-20

Oggetto Catena accelerometrica

Modello/Tipo Velocimetro 902219
Condizionatore scheda soundbook

Identificazione Velocimetro #503941
Condizionatore vedi tabella

Costruttore Accelerometro SINUS
Condizionatore Sinus

Data della taratura 2019-11-13

Procedura applicata PT-AUV.21.4-02

Registro di laboratorio Registro tarature 2019 pag. 077

Committente AIRIS

Indirizzo Via del Porto, 1
40122 Bologna



Responsabile Attività

Fabrizio Mazzoleni

Firmatario autorizzato
Responsabile di divisione

Michela Segà

ALLEGATO

- 3 Scheda tecnica Palificatrice ENTECO tipo E4080_SP180

E4080

SP180

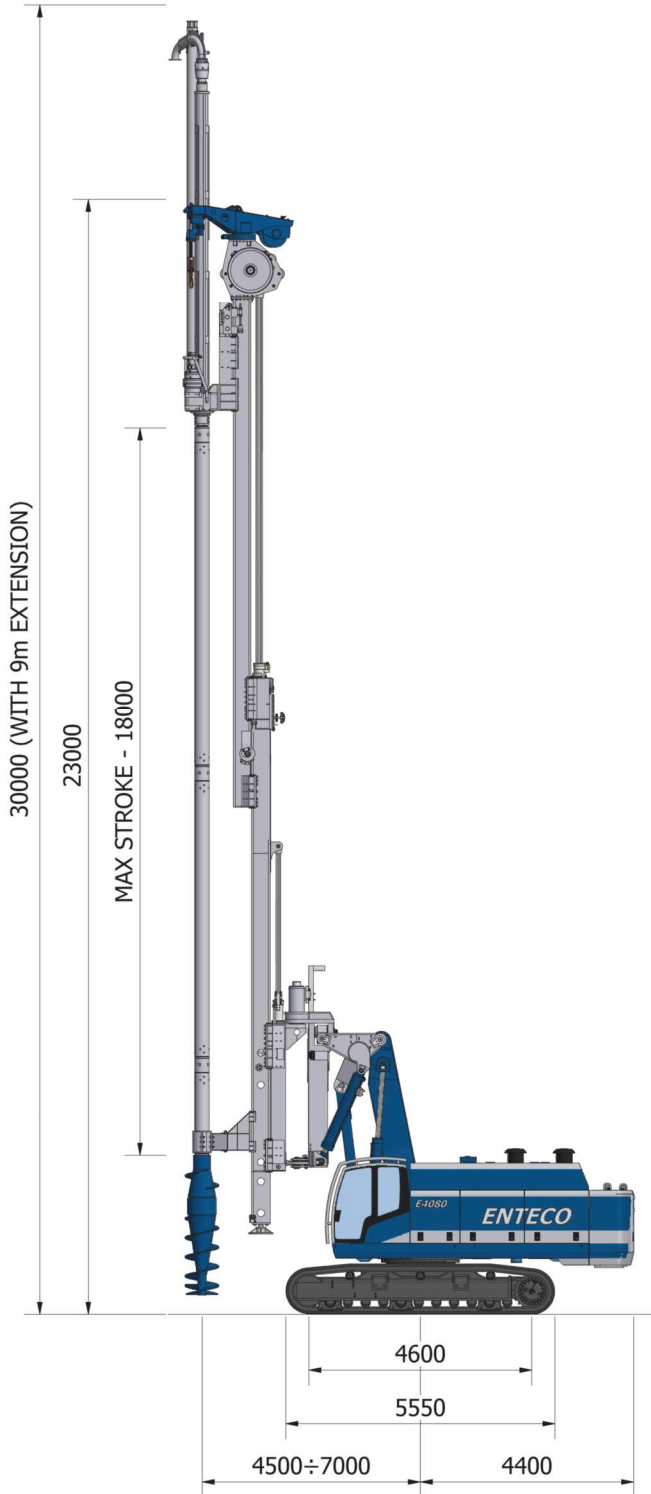
SOIL DISPLACEMENT KIT



E4080

SP180

SOIL DISPLACEMENT KIT



E4080 - SP180 SOIL DISPLACEMENT KIT

OPERATING WEIGHT	ton	up to 80
Drilling diameter	mm	320÷800
Max drilling depth	m	28

TELESCOPIC MAST

Mast front inclination	degrees	4°
Mast rear inclination	degrees	15°
Mast lateral inclination	degrees	±5°
Carriage stroke	mm	18000
Crowd force	kN	300
Extraction force	kN	300

ROTARY

Model	ENTECO R180	
Max torque	kNm	180
Max drilling speed	rpm	55
Kelly extension	m	3, 7, 9, 12

E4080 - BASE MACHINE

CRAWLERS

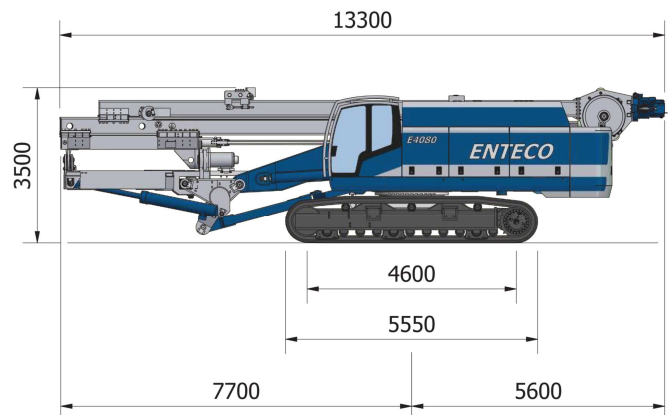
Overall width	mm	3000÷4500
Track pads	mm	900
Crawler drive speed	km/h	1.8

DIESEL ENGINE

Model	CATERPILLAR	C18 Tier 2	C18 Tier 4f
Max power	Hp / kW	765/571	755/563
Fuel tank capacity	litres	810	810

AUXILIARY WINCH

Max line-pull 1st layer	kN	70
-------------------------	----	----



Via Kennedy, 16 - 30024 Musile di Piave - VENEZIA - ITALIA

Tel +39 0421 67.99.77 - Fax +39 0421 67.99.93 - e-mail: info@entecodrill.com - www.entecodrill.com

E4080 - SP180 116Q-015 2019018

ALLEGATO

- 4 Tavola di progetto n. S_01_00 "CARPENTERIA PALI E PLATEA" con collocazione punti di Palificazione

