



Irminio SRL

Rilievo Geofisico 3D

Permesso di Ricerca “Santa Croce”

Integrazioni allo Studio di Impatto Ambientale

Procedura di V.I.A.

**Valutazione dell’impatto vibrazionale su eventuali
evidenze archeologiche interratoe derivante dalle
operazioni di energizzazione mediante “vibroiseis”**



Sommario

1.	INTRODUZIONE	3
2.	PROSPEZIONE MEDIANTE IL METODO SISMICO A RIFLESSIONE 3D.....	7
2.1.	Tipologia di sorgenti delle onde elastiche	7
2.1.1.	Progettazione di una campagna di acquisizione geofisica	10
2.2.	Operazioni di energizzazione mediante Vibroseis.....	12
3.	PROVE VIBROMETRICHE E VALUTAZIONE DELL'IMPATTO VIBRAZIONALE.....	20
3.1.	Potenziali effetti indotti su strutture sepolte nel sottosuolo.....	27
3.2.	Esempio di valutazione previsionale dell'impatto delle vibrazioni	30
4.	CONCLUSIONI	35



1. INTRODUZIONE

Il presente documento ha lo scopo di fornire le opportune informazioni tecniche e di dettaglio richieste dalla competente Direzione Generale Archeologia Belle Arti e Paesaggio – Servizio V, con nota 146595 class 34.19.04/fasc. 43 del 17/05/2017 in merito al progetto di ricerca di idrocarburi con rilievo Geofisico 3D denominato “Santa Croce”, localizzato nella provincia di Campobasso per il quale è attualmente in corso la procedura di V.I.A. ai sensi del D.Lgs 152/2006 e s.m.i..

Nella suddetta nota, la Direzione Generale Archeologia Belle Arti e Paesaggio – Servizio V, evidenzia la necessità che la Società Irminio s.r.l. elabori, in relazione agli stendimenti per energizzazione con Vibroseis, una specifica relazione tecnica che misuri il grado di compressione esercitata sull’attuale piano campagna/superfici calpestabili e sulle quote sottostanti (fino a 0,50 m; fino a m -1; fino a m -2), per la valutazione dell’impatto su eventuali evidenze archeologiche interrato.

Si allega di seguito la comunicazione della Direzione Generale Archeologia Belle Arti e Paesaggio – Servizio V trasmessa alla Società Irminio S.r.l. con nota 146595 class 34.19.04/fasc. 43 del 17/05/2017:



Ministero

dei beni e delle attività culturali e del turismo

DIREZIONE GENERALE ARCHEOLOGIA BELLE ARTI E PAESAGGIO
SERVIZIO V

Prot. n. 14695

Class. 34.19.04 / fasc. 43

Allegati: 1

Roma, 17/05/2017

Alla Società Irminio S.r.l.
(irminiosrl@legalmail.it)
(esplorazione@irminio.it)

OGGETTO: (ID_VIP: 3159) – Progetto di ricerca di idrocarburi con rilievo geofisico 3D denominato “Santa Croce”, localizzato in Provincia di Campobasso (CB).
Richiedente: Soc.tà Irminio S.r.l.
Procedura riferita al Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 “Norme in materia ambientale” e s.m.i.

e. p.c. Alla Soprintendenza archeologia Belle Arti e Paesaggio del Molise
(mbac-sar-mol@mailcert.beniculturali.it)

Al Servizio II
N.D.G.
(mbac-dg-abap.servizio2@mailcert.beniculturali.it)

Al Ministero
dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare
Direzione Generale per le Valutazioni Ambientali
(dgsalvanguardia.ambientale@pec.minambiente.it)
(civa@minambiente.it)

Facendo seguito alla riunione svoltasi in data 15/05/2017, presso questa Direzione Generale, durante la quale il competente Soprintendente ha ribadito le problematiche connesse alle presistenze archeologiche che, per la loro ampia diffusione nel territorio interferito dall'intervento in oggetto, determinano le criticità già ampiamente esplicitate con nota della Soprintendenza archeologia Belle Arti e Paesaggio del Molise prot. n. 12600 del 26/04/2017 (allegata), si comunicano di seguito gli approfondimenti ritenuti necessari ai fini dell'espressione del parere di questo Ministero:

ai sensi dell'art. 25 del Codice degli Appalti (D. Lgs. 50/2016), si chiede l'applicazione delle procedure della verifica dell'impatto archeologico sull'intera fascia interessata e la trasmissione della relativa Relazione



SERVIZIO V Tutela del Paesaggio
Via di San Michele, 22, 00153 Roma - T.1, 06/67234534 – FAX 06/67234416
www.abap.beniculturali.it
e-mail: mbac-dgsabap@mailcert.beniculturali.it
e-mail: mbac-dg-abap.servizio5@mailcert.beniculturali.it

MY

✓



Ministero

dei beni e delle attività culturali e del turismo

DIREZIONE GENERALE ARCHEOLOGIA BELLE ARTI E PAESAGGIO
SERVIZIO V

(VIARCH) redatta da un archeologo in possesso di adeguati titoli formativi e professionali, il cui curriculum dovrà essere inviato allo scrivente Ufficio per la valutazione del possesso dei requisiti.

Tale relazione dovrà essere corredata della cartografia archeologica che sintetizzi il quadro delle presenze antiche sulla base degli studi bibliografici e d'archivio, della fotointerpretazione aerea, nonché delle ricognizioni di superficie sulle aree interessate dalle indagini (sia carotaggi per l'installazione delle microcariche, sia stendimenti per energizzazione con Vibroseis) per un raggio di m. 50 dal punto interessato.

La documentazione dovrà essere corredata di opportuna cartografia e in particolare di:


- carta archeologica (1:100.000; 1:25.000) di cui sopra;
- carta dei vincoli (archeologici, architettonici e paesaggistici);
- carta della visibilità dei terreni su cartografia CTR e/o catastale a seguito delle ricognizioni di superficie;
- carta del rischio archeologico;
- carta di dettaglio con il posizionamento dei pozzetti di scoppio su supporto GIS in formato di interscambio .shp.


La documentazione dovrà essere consegnata in formato cartaceo a colori e in formato digitale (pdf) su CD; i dati vettoriali andranno altresì consegnati secondo formati di scambio attualmente in uso proveniente da piattaforma GIS (shp o Google Earth kmz), georiferiti nel sistema di riferimento Monte Mario Italy 2 o WGS84 UTM33N.

Si segnala inoltre, come rilevato durante il suddetto incontro, la necessità che codesta Società elabori, in relazione agli stendimenti per energizzazione con Vibroseis, una specifica relazione tecnica che misuri il grado di compressione esercitata sull'attuale piano di campagna/superfici calpestabili e sulle quote sottostanti (fino a m 0,50; fino a m -1; fino a m - 2), per la valutazione dell'impatto su eventuali evidenze archeologiche interrate.

Si rimane a disposizione per ogni ulteriore chiarimento.

U.O.T.T. n. 4: Arch. Marina Gentili 
(tel. 06/67234559 – marina.gentili@beniculturali.it)

IL DIRIGENTE DEL SERVIZIO V
Arch. Roberto BANCHINI 

IL DIRIGENTE DEL SERVIZIO II
dott.ssa Jeannette PAPADOPOULOS 



SERVIZIO V Tutela del Paesaggio
Via di San Michele, 22, 00153 Roma - TEL. 06/67234554 - FAX 06/67234416
www.abap.beniculturali.it
e-mail: mbac-dg-abap@mailcert.beniculturali.it
e-mail: mbac-dg-abap.servizio5@mailcert.beniculturali.it

2



In riferimento a quanto specificatamente richiesto nella nota allegata, relativamente alla necessità che la Società Irminio S.r.l. proceda alla espletazione della procedura di verifica dell'impatto archeologico sull'intera fascia interessata dalle indagini, la Scrivente comunica di avere adeguatamente predisposto e trasmesso la Relazione Archeologica Preliminare (VIARCH) alla Soprintendenza Archeologica e Belle Arti e Paesaggio del Molise, con nota prot. N. IRM.17.1395.AP del 02/08/2017, secondo i criteri e le modalità specificatamente indicate.

Lo Studio Archeologico preliminare (VIARCH) di cui sopra, riguardante il progetto di acquisizione Geofisica 3D per il permesso di ricerca idrocarburi denominato "Santa Croce", è stato redatto secondo le disposizioni del D.Lgs n. 50/2016 art. 25 al fine di segnalare le possibili emergenze archeologiche evidenziate nel corso della ricognizione di superficie e di valutare su base bibliografica e d'archivio le potenzialità archeologiche dell'area interessata dalla realizzazione delle attività di progetto, nei Comuni di Mirabello Sannitico, Ferrazzano, San Giuliano del Sannio, Cercepiccola, Cercemaggiore, Gildone e Campodipietra, ricadenti nella provincia di Campobasso.

Considerato che l'intero progetto ricade in zona di elevato, e spesso elevatissimo rischio archeologico, così come evidenziato nel succitato Studio Archeologico, (per informazioni di dettaglio vedasi Relazione Archeologica preliminare VIARCH trasmessa alla Soprintendenza Archeologica e Belle Arti e Paesaggio del Molise, con nota prot. n. IRM.17.1395.AP del 02/08/2017) il presente documento si propone di fornire le opportune informazioni tecniche e di dettaglio al fine di valutare l'entità dell'impatto derivante dalle operazioni di energizzazione con vibroseis, in termini vibrazionali e compressionali, su eventuali strutture e/o beni di interesse archeologico interrati nei primi metri del sottosuolo dell'area di indagine.

Lo studio condotto e descritto nella presente relazione consente di evidenziare le presunte criticità connesse alle attività di progetto, individuando i più adeguati parametri tecnici e gli strumenti di mitigazione da adottare nel corso del rilievo geofisico 3D ai fini della salvaguardia dell'integrità strutturale di beni e oggetti di interesse archeologico eventualmente sepolti ed interrati nell'area di indagine.



2. PROSPEZIONE MEDIANTE IL METODO SISMICO A RIFLESSIONE 3D

Nella presente capitolo viene affrontato dal punto di vista tecnico e di dettaglio il tema delle indagini geofisiche mediante il metodo della sismica a riflessione, in particolare per quanto riguarda la componente vibrazionale indotta nel sottosuolo a seguito delle operazioni di energizzazione mediante il mezzo “vibro seis”.

Il rilievo geofisico è l’unico metodo scientifico di ricerca utilizzato in tutto il mondo da più di 70 anni, attraverso il quale è possibile ricostruire la struttura geologica del sottosuolo senza l’utilizzo di metodi diretti quali la realizzazione di perforazioni profonde.

Il rilievo geofisico a riflessione sismica consente di riconoscere e ricostruire la struttura e giacitura delle formazioni geologiche, fino alle profondità di interesse minerario. La sismica a riflessione è il più geologico dei metodi geofisici e consiste in una tecnica di indagine attiva che sfrutta le proprietà elastiche del terreno; ogni superficie marca un passaggio litologico sia esso di carattere stratigrafico o tettonico, rappresenta una discontinuità elastica in grado di riflettere parte dell’energia sismica, generata da una sorgente, che si propaga nel sottosuolo.

Il principio fisico su cui si basa questo metodo di studio del sottosuolo consiste nella generazione artificiale di un impulso meccanico, tramite l’impiego di una sorgente “energizzante”, che provoca nel terreno la propagazione di onde elastiche, che si trasmettono in ogni direzione nel sottosuolo, e nel registrare le riflessioni che si generano ogni qual volta l’onda incontra una interfaccia tra formazioni dalle caratteristiche litologiche e fisiche diverse. I segnali riflessi, registrati in superficie da appositi sensori (geofoni) ed opportunamente elaborati, permettono di produrre sezioni sismiche in grado di fornire utili informazioni sull’assetto geologico dell’area indagata.

2.1. Tipologia di sorgenti delle onde elastiche

Le sorgenti impiegate per l’energizzazione del terreno sono molteplici e differenti tra loro: esse servono a determinare artificialmente una serie di onde elastiche che si propagano nel terreno.

Nell’ambito del programma di ricerca in oggetto, le sorgenti di onde elastiche saranno di tipo misto: per la quasi totalità dell’esplorazione (90%) si utilizzeranno Vibroseis montati su camion (da Figura n. 1 a Figura 3) mentre, nelle zone a maggiore pendenza o nei boschi privi di piste percorribili dai vibroseis (circa il 10%), si utilizzeranno piccole cariche esplosive. Questa combinazione di metodi



risulta assolutamente necessaria per evitare la realizzazione di nuove piste con conseguente taglio di vegetazione e quindi limitare al massimo gli impatti sull'ambiente.

Di seguito viene descritta la tipologia di sorgente Vibroseis e le operazioni di energizzazione ad essa connesse.

La sorgente VIBROSEIS consiste in un mezzo camionato dotato di una piastra vibrante posta a diretto contatto con il suolo. È previsto l'impiego di un determinato numero di macchine operatrici, generalmente in numero di tre o quattro, che si muovono in convoglio all'interno dell'area del permesso. I vibratorii sono dotati di una piastra che, appoggiata al terreno, trasmette un impulso di breve durata, difficilmente superiore ai 22/24 secondi, utilizzando un range di frequenze compreso tra circa 1 Hz e 80 Hz. In relazione alla necessità di posizionare gli autoveicoli in una configurazione geometrica precisa (pattern di vibrata), e di realizzare la sincronizzazione radio con le apparecchiature di registrazione, per ogni singolo punto di stazionamento è previsto un tempo operativo nell'ordine di qualche minuto.

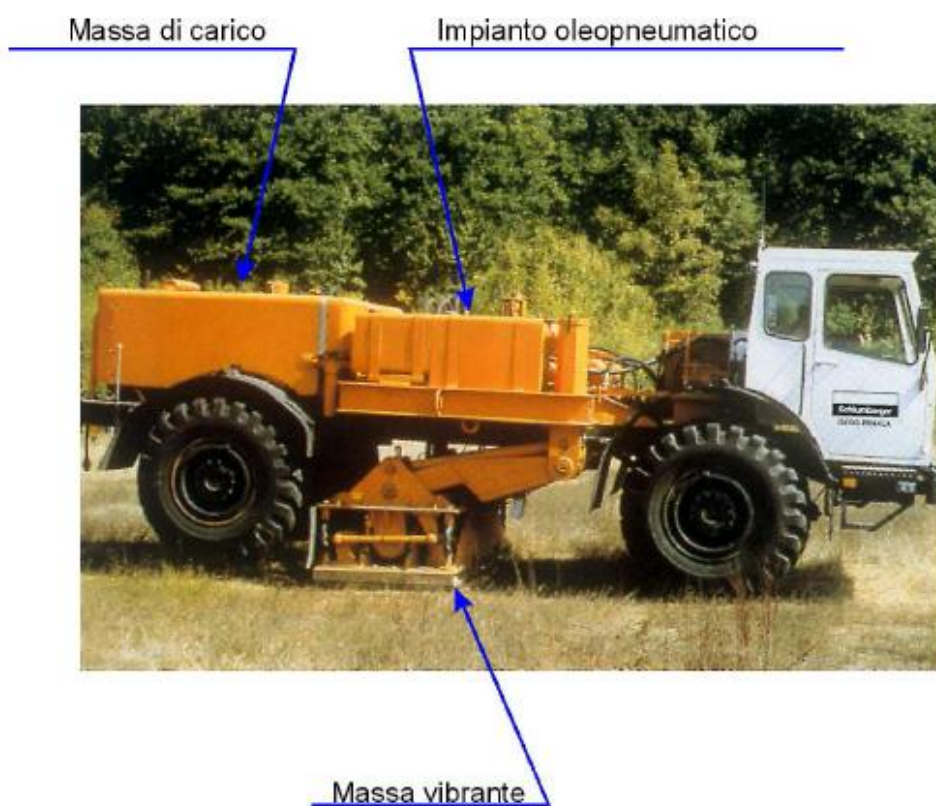


Figura 1 - Autocarro Vibroseis



Figura 2 - Vibroseis leggero montato su mezzo agricolo operativo in area appenninica



Figura 3 - Acquisizione mediante sorgente a vibrazione all'interno di un vigneto

Nell'ambito della campagna di Rilievo Geofisico 3D di progetto saranno impiegati i mezzi Vibroseis di dotazione della Società Geotec Spa, con sede in Campobasso, con caratteristiche pressoché analoghe a quelle riportate nella scheda tecnica di cui all'**Allegato n. 1 "Vibroseis equipment specification"**.

Le linee di energizzazione non necessitano di un posizionamento rigido ma possono essere effettuate anche con scostamenti consistenti rispetto alla direzione di avanzamento. Tale



opportunità consente di servirsi della viabilità esistente (strade, piste, sentieri), consentendo di mantenere idonee distanze dalle infrastrutture e dagli immobili eventualmente presenti lungo il tracciato.

Inoltre, non sono previsti lavori di movimento di terra per l'apertura di piste per l'accesso di personale e mezzi. Le onde elastiche prodotte dall'energizzazione del terreno vengono captate dai geofoni e, dopo essere state trasformate in impulso, vengono registrate sul computer installato sull'automezzo di registrazione dei dati.

Anche le successive fasi di rimozione di tutto il materiale utilizzato quali cavi, raccordi, sensori, segnali di riferimento, e di stima e compensazione degli eventuali danni arrecati dall'attività non comporteranno impatti significativi di rumore e vibrazioni.

I tempi di realizzazione di un rilievo sismico dipendono sostanzialmente dal tipo di sorgente d'energia utilizzata, dal numero e dalla lunghezza delle linee sismiche da registrare e dalla morfologia del territorio dove si effettua il rilievo sismico.

L'attività si configura come attività di cantiere temporaneo di tipo mobile. Al fine di creare il minor disagio possibile alla viabilità ed alla popolazione è inoltre previsto il coordinamento del traffico veicolare che vedrà presente personale tecnico equipaggiato con indumenti ad alta visibilità, ad inizio e fine convoglio, che si occuperà della segnalazione della presenza dei mezzi e della regolamentazione del traffico veicolare. Anche il posizionamento di cavi e geofoni avverrà producendo il minor impatto possibile per la vegetazione utilizzando pali di dimensione tale da consentire il mantenimento dei cavi sollevati da terra per non danneggiare la vegetazione.

2.1.1. Progettazione di una campagna di acquisizione geofisica

La progettazione del rilievo sismico, riassunta schematicamente nel diagramma seguente, è funzione dell'obiettivo di ricerca e della litologia attraversata. Definendo quindi le caratteristiche tecniche del rilievo, si pianifica l'ubicazione preliminare dei punti di energizzazione e di quelli di registrazione. Entrambi vengono solitamente posti lungo profili rettilinei (linee sismiche) di lunghezza variabile da pochi km a diverse decine di km (Figura n. 4).

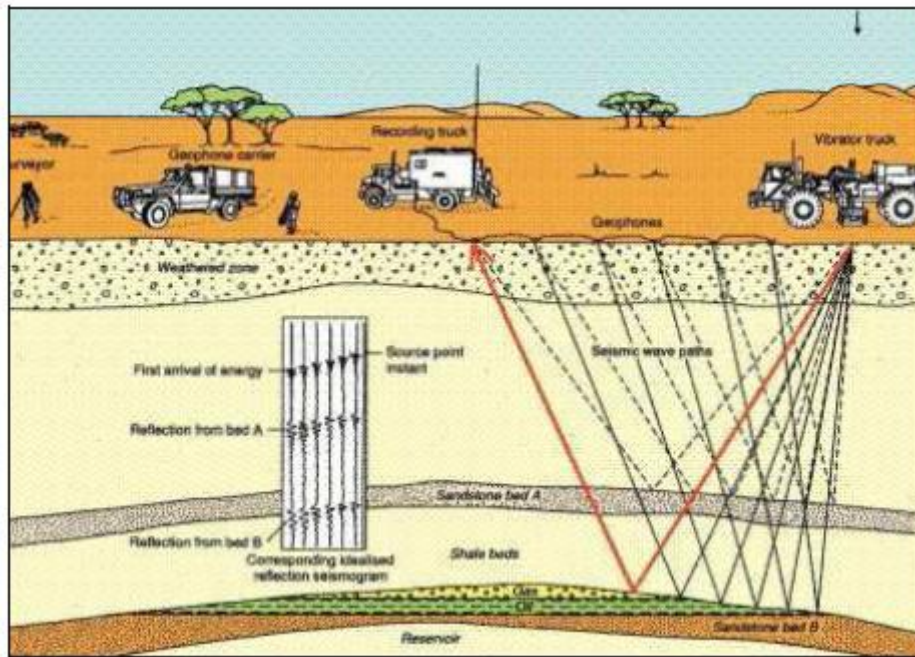


Figura 4 - Acquisizione sismica mediante sorgente a vibrazione

L'ubicazione effettiva dei profili viene poi realizzata dopo sopralluoghi in loco, tenendo conto delle varie caratteristiche ambientali (tipi e quantità di essenze vegetali, manufatti, siti archeologici ecc.) e della morfologia del territorio. La scelta del metodo di generazione delle onde elastiche (sorgente) è controllata da considerazioni tecniche, ambientali e morfologiche. Come anticipato nell'ambito del programma di ricerca in oggetto, le sorgenti di onde elastiche saranno di tipo misto: per la quasi totalità dell'esplorazione (90%) si utilizzeranno Vibroseis montati su camion mentre, nelle zone a maggiore pendenza o nei boschi privi di piste percorribili dai vibroseis (circa il 10%), si utilizzeranno accessori detonanti. Questa combinazione di metodi risulta assolutamente necessaria per evitare la realizzazione di nuove piste con conseguente taglio di vegetazione e quindi limitare al massimo gli impatti sull'ambiente.

Le onde elastiche generate dalla sorgente di energizzazione verranno registrate da piccoli sismografi (geofoni) abitualmente di frequenza propria di 10 Hz che sono posti generalmente lungo un profilo in gruppi di 12-16 distanziati di ca. 2 m l'uno dall'altro. I geofoni sono collegati a stazioni remote (cassette) che provvedono al filtraggio ed alla digitalizzazione dei dati. I dati, in forma digitale, vengono trasferiti, tramite cavo, ad una unità di registrazione montata su camion.



I dati vengono abitualmente registrati su supporto digitale e quindi spediti ad un centro di calcolo per la loro elaborazione fino all'ottenimento di una "sezione geofisica".

L'effetto meccanico prodotto da queste sorgenti di energia, adeguatamente limitate e controllate nella loro potenza, risulta essere assolutamente innocuo a persone, animali, manufatti ed ambiente naturale, sin dalle sue immediate prossimità.

Di seguito vengono descritte le caratteristiche e le modalità delle operazioni di energizzazione mediante la sorgente "Vibroiseis".

2.2. Operazioni di energizzazione mediante Vibroseis

Le operazioni di campagna possono essere, in via indicativa, distinte in n. 4 sottofasi operative (tale distinzione è stata operata privilegiando le valutazioni relative ai possibili impatti indotti ed alle conseguenti operazioni di minimizzazione, rispetto ai reali criteri di operatività temporale).

Le sottofasi identificate sono così sintetizzate:

- a. transito dei mezzi di energizzazione (Vibroseis) in avvicinamento ai punti di energizzazione;
- b. operazioni manuali di tracciamento topografico delle linee e stesura di cavi e sensori;
- c. operazioni di energizzazione del terreno e registrazione del segnale;
- d. ripristino del sito dopo il passaggio dei mezzi.

Relativamente a ciascuna di tali sottofasi operative, come riportato nello Studio di Impatto Ambientale (SIA), è stata eseguita una valutazione preliminare di fattibilità e delle conseguenti limitazioni imposte dalle situazioni ambientali riscontrate. Per tale valutazione si è considerato che, mediamente, la permanenza di una squadra in una singola località è breve e varia tra i 2 ed i 4 giorni complessivamente per tutte le operazioni: stendere i cavi, registrare, recuperare i cavi e ripulire da picchetti, nastri di segnalazione ecc. Per quanto concerne i tempi complessivi di esecuzione, per la produzione di un gruppo sismico a riflessione con vibroseis e relative attività di recupero e ripristino finale, si può considerare una capacità di definizione ca. 50 km/mese.

a) Transito dei mezzi (vibratori) in avvicinamento ai punti di energizzazione

Tale fase riguarda di fatto una operazione preliminare e propedeutica al rilievo vero e proprio e contempla le necessarie movimentazioni sul territorio dei mezzi di trasporto delle attrezzature di energizzazione e dei mezzi minori utilizzati per il trasporto di cose e persone, durante le fasi di



spostamento per raggiungere e ritornare dalle aree di esecuzione delle tratte di rilievo giornaliero. In relazione alla tipologia ed al numero dei mezzi di appoggio per i topografi e per il personale incaricato della stesura dei cavi e sensori, costituiti da una decina di auto fuoristrada o mezzi furgonati, si può con certezza affermare che il relativo impatto sulla viabilità sia da considerarsi pressoché nullo in quanto costituente una presenza occasionale e comunque totalmente simile a quella già esistente sul territorio. Di fatto trattasi di mezzi con caratteristiche simili a quelle di un camion motrice a pieno carico, con una velocità di spostamento su strada analoga a quella di un normale mezzo di trasporto pesante, e sono pertanto, assimilabili a quanto già in transito sulla rete viaria locale. Durante le fasi di spostamento, i vibratorii (che viaggiano in un gruppo) transiteranno seguendo la viabilità principale, specie per quanto concerne l'attraversamento dei centri abitati; in relazione alle esperienze già maturate in passato, il movimento su strada viene comunque effettuato mantenendo una distanza tra i singoli mezzi tale da permettere un agevole superamento da parte del normale traffico.

L'impatto su eventuali evidenze archeologiche interessate da tale fase progettuale è pertanto nullo in quanto i luoghi oggetto del rilievo sono stati ripetutamente sottoposti al medesimo, se non maggiore, stress in passato (ad es: costruzione ed utilizzo della rete viaria, transito di mezzi camionati e/o agricoli).

b) Operazioni manuali di tracciamento topografico delle linee e stesura di cavi e sensori

Tale fase riguarda le operazioni condotte da squadre composte da 4-6 operatori, generalmente appoggiati da 1-2 autoveicoli (furgone o fuoristrada), pertinenti l'esecuzione del rilievo topografico sia per il tracciamento della linea di rilievo geofisico, sia per l'identificazione dei punti di energizzazione sul terreno, nonché la posa in superficie dei sensori (geofoni) e dei relativi cavi di collegamento ed il successivo recupero. Le predette operazioni riguarderanno i tracciati del rilievo per intervalli progressivi della lunghezza massima di 8-10 km, sui quali i lavori svolti dalle squadre incaricate verranno effettuati e completati nell'arco delle 24-48 ore, in una unica soluzione. La presenza sul territorio delle squadre e delle relative attrezzature è pertanto da considerarsi totalmente occasionale e di nessun impatto. Per quanto riguarda i materiali utilizzati, se si escludono i mezzi di appoggio (comunque riconducibili a normali veicoli fuoristrada e furgonati) questi sono costituiti unicamente da cavi elettrici di piccolo diametro attraversati da tensioni di 12 V (assimilabile alla tensione generata in una pila elettrica), collegati a sensori (geofoni) e segnaletica



provvisoria. Con specifico riguardo ai sensori (geofoni), questi sono riconducibili a semplici apparecchiature a picchetto o scatolari di dimensione decimetrica che possono essere appoggiati o infissi sul terreno superficiale per rilevare le accelerazioni trasmesse al terreno. Anche in questo caso, per la tipologia delle operazioni previste, eseguite prevalentemente da personale a piedi, affiancato da mezzi leggeri che possono transitare e sostare in un raggio di azione nell'ordine dei 200-300 m, si può affermare che il relativo impatto sia da considerarsi nullo, anche in relazione alla occasionalità di svolgimento delle operazioni sulle singole tratte di rilievo.

c) Operazioni di energizzazione del terreno e contestuale registrazione del segnale

Tale fase riguarda le operazioni condotte da squadra composta da 3-5 camion trasportanti la massa vibrante. In particolare le operazioni previste comportano la trasmissione al terreno di vibrazioni da parte di una piastra montate su ciascun camion, avente una massa di circa 2 tonnellate collegata con un vibratore idraulico. L'impulso trasmesso al terreno ha una durata media di 10 secondi e massima di 16 secondi con una frequenza variabile tra 12 e 80 Hz (tali parametri saranno definiti in forma conclusiva solo a seguito della effettuazione di specifici test preliminari).

L'energizzazione del terreno è effettuata secondo posizionamenti successivi, in progressione secondo intervalli nell'ordine dei 40 m. Per ogni singolo punto di stazionamento, in relazione alla necessita di posizionare gli autoveicoli tra loro ravvicinati e di pervenire ad un sicuro collegamento e sincronizzazione delle apparecchiature, è previsto un tempo operativo nell'ordine massimo dei 10-15 minuti. L'energia viene distribuita generalmente su più Vibroseis disposti in fila a costituire un gruppo o pattern (Figura n. 5).



Figura 5 - Pattern di vibroseis disposti in fila

Generalmente l'energizzazione viene ripetuta spostando sia il gruppo di Vibroseis di qualche metro (*move up distance*) che i dati sommati (*vertical stacking*, Figura n. 6). Quello che resta dopo una vibrata è semplicemente una zona (circa 1 m x 1 m) di terreno compattato.

Infatti, sulla base della grande esperienza maturata dalla Società nel campo dei rilievi geofisici, l'impatto finale sulla porzione di terreno oggetto della vibrata è quello di restituire il terreno compattato, laddove lo stesso non risultasse già compattato a seguito delle attività preesistenti (evento altamente probabile, trattandosi per la maggior parte di indagini eseguite su strade carrabili).

Altra caratteristica fondamentale di questa tecnologia è il totale controllo sull'energia emessa, avendo la possibilità di variare in qualsiasi momento il carico applicato alla piastra, il tempo di energizzazione, il numero di Vibroseis e il range di frequenze immesse.

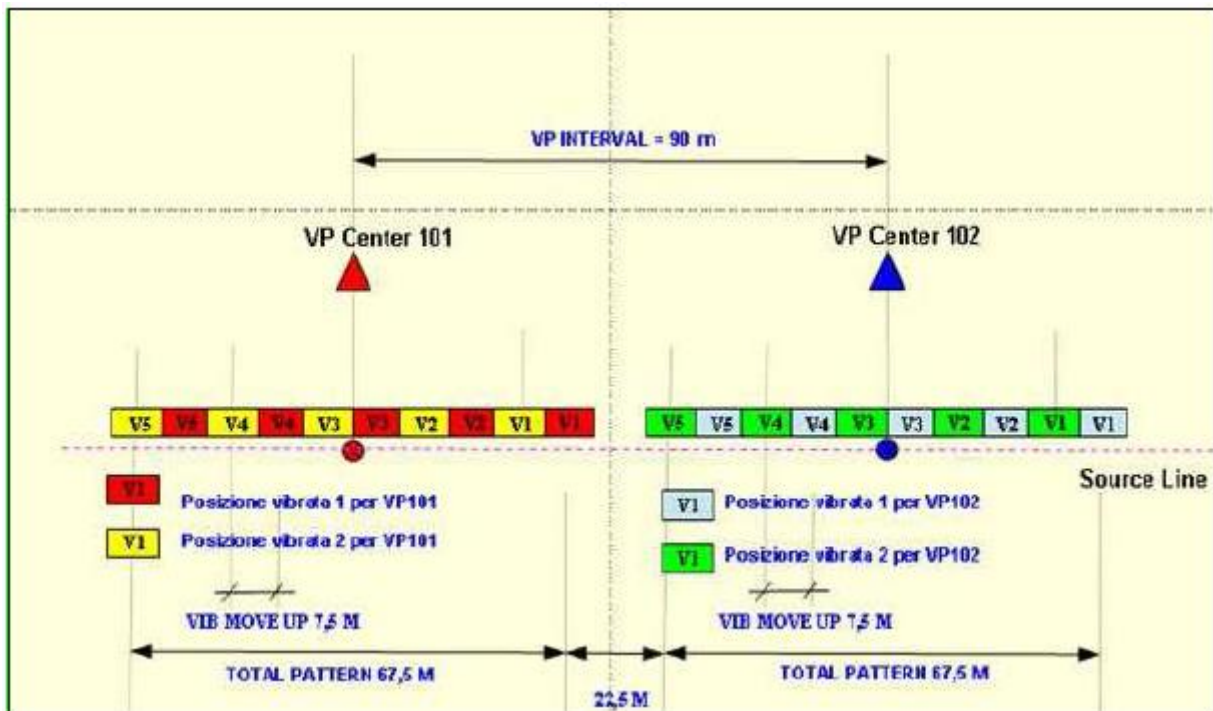


Figura 6 - Schema di avanzamento del Vibroseis

Anche per questa fase operativa, similmente a quelle già descritte, la permanenza dei mezzi e operatori sulle singole tratte di rilievo si esaurirà nell'arco massimo della giornata. In relazione alle specifiche modalità di acquisizione proposte, le operazioni di energizzazione verranno effettuate per la quasi totalità "su strada", operando preferenzialmente sulle aree sterrate poste a margine banchina. In via nettamente subordinata e occasionale è possibile l'effettuazione di operazioni di energizzazione entro le aree agricole, finalizzate unicamente alla copertura di eventuali "fallanze" di idonei punti di energizzazione sulla rete viaria esistente. Per quanto riguarda i possibili impatti indotti dalle operazioni sopra descritte, questi possono essere considerati estremamente ridotti e comunque riconducibili al transito per il posizionamento dei mezzi (per il quale valgono le considerazioni già fatte in precedenza relativamente alle operazioni di transito in avvicinamento) nonché alle vibrazioni indotte. Per quanto riguarda questo ultimo aspetto, le onde sismiche che vengono generate sono caratterizzate da una bassissima intensità; la sorgente di energia artificiale, infatti, genera delle onde con una frequenza compresa tra 12 e 80 Hz e con una energia cinetica indotta già insignificante a pochi metri dalla sorgente. Il metodo basato sull'utilizzo di Vibratori prevede la energizzazione del terreno attraverso sollecitazioni a carattere ondulatorio a limitata energia e con una durata dell'impulso normalmente pari a 10-16 secondi. Il vibratore consiste di un



pistone idraulico che esercita una forza tra una massa di reazione ed una piattaforma montata su apposito veicolo.

Tale piattaforma viene messa in contatto con il terreno in modo che su di essa venga scaricato parte del peso del veicolo; il movimento del pistone è controllato da un sistema di valvole idrauliche che converte un impulso elettrico di riferimento in un flusso di olio idraulico e che gestisce la massa di reazione (Figura n. 7).



Figura 7 - Esempio di vibratore predisposto per l'energizzazione del terreno

Questa tecnica provoca interferenze praticamente nulle sull'ambiente naturale rispetto ad altre operazioni. In questa maniera si ha l'immissione nel terreno, già dal punto origine, di onde con velocità di oscillazione molto bassa e quindi non dannose rispetto a eventuali infrastrutture o costruzioni.

Per quanto riguarda le possibili influenze su oggetti, strutture, o beni di qualsivoglia interesse, presenti sul piano campagna, sulla base delle esperienze già maturate (operazioni similari sono state condotte in passato anche entro aree urbane e monumentali) si può escludere a priori ogni possibile interferenza o modificazione delle naturali condizioni di assetto del terreno.



Le vibrazioni prodotte nel terreno sono difficilmente percepibili già a pochi metri dalla sorgente (fino a 25 m si percepiscono le onde a bassa frequenza, a 75 m ogni percezione scompare).

La ridotta ampiezza delle vibrazioni prodotte permette, quindi, l'impiego di questa tecnica anche nei centri urbani e nelle aree monumentali e/o di interesse storico.

Inoltre, grazie all'impiego di frequenza molto basse, l'effetto compressionale derivante dal peso del Vibroseis e dalla trasmissione delle onde elastiche attraverso i primi metri di sottosuolo risulta nullo. Per tale ragione l'impiego dei mezzi vibroseis è ampiamente utilizzato in corrispondenza di strade, edifici e infrastrutture, al fine di evitare alcuna interferenza con eventuali tubazioni e linee interrate.

Preme comunque precisare che, in relazione a quanto previsto dalle normative vigenti in argomento alla sicurezza dei lavori di energizzazione del terreno a mezzo esplosivo (sicuramente avente un maggiore impatto sul territorio rispetto alla metodologia da noi prescelta) si è pervenuti alla determinazione di mantenere anche in occasione delle operazioni condotte a mezzo Vibroseis medesime distanze di tutela già previste dalla normativa vigente rispetto a infrastrutture ed edifici per l'uso di esplosivo, equivalenti a 50 m. In questo senso si osserva che, con i Vibroseis viene trasmessa al terreno una sollecitazione a carattere ondulatorio caratterizzata da limitata quantità di energia, seppure a fronte di una durata relativamente maggiore e pari ad alcuni secondi.

In relazione alle considerazioni sopra esposte e grazie agli accorgimenti che saranno adottati in fase di esecuzione delle attività di progetto, si può pertanto affermare che i Vibratori presentano un potenziale impatto praticamente nullo.

D) Ripristino del sito dopo il passaggio del mezzo

Terminata la prospezione e ritirati i cablaggi ed i geofoni, una squadra apposita provvede allo sgombero di quanto eventualmente lasciato sul terreno, come banderuole e picchetti di segnalazione e a cancellare le tracce della ricerca. In questa fase, in accordo con i proprietari dei terreni attraversati, verranno anche eseguite e controllate le eventuali azioni di ripristino specificamente richieste dai proprietari e dalle varie autorità che governano il territorio quali: manutenzione della viabilità minore, piantumazioni, ripristino dello stato di erpicatura dei terreni attraversati dai mezzi ecc.



Complessivamente è possibile quindi affermare che questa tecnica provoca interferenze praticamente nulle sull'ambiente. Infatti, come sopra descritto, si ha l'immissione nel terreno, già dal punto d'origine, di onde con velocità di oscillazione molto bassa e quindi non dannose rispetto ad eventuali infrastrutture o costruzioni.

Per quanto riguarda le possibili influenze su cose e persone, sulla base delle esperienze già maturate (operazioni simili sono state condotte in passato anche entro aree urbane e monumentali) si può escludere, anche in questa fase di lavori, ogni possibile interferenza o modificazione delle condizioni di assestamento del terreno.



Figura 8 - Esempio di utilizzo di Vibroseis in prossimità di beni architettonici



3. PROVE VIBROMETRICHE E VALUTAZIONE DELL'IMPATTO VIBRAZIONALE

Il presente paragrafo contiene i risultati dello studio relativo all'impatto vibrazionale prodotto dalle attività di energizzazione mediante vibroseis, sulle differenti categorie costruttive ed in particolare sulle possibili evidenze archeologiche presenti nel sottosuolo dell'area di indagine.

Lo studio eseguito può essere schematizzato in tre distinte fasi di lavoro:

- Analisi della normativa di riferimento;
- Caratterizzazione archeologica e dei vincoli archeologici dell'area di indagine (vedasi relazione Archeologica preliminare VIARCH);
- Rilevamento e prove vibrometriche.

Il riferimento normativo per la misura e la valutazione degli effetti delle vibrazioni, specificatamente sugli edifici, è la norma UNI9916:2004, la quale recepisce le indicazioni della norma tedesca DIN4150.

La normativa ha quale principale obiettivo quello di verificare se le vibrazioni, generate dall'attività dell'uomo (attività di cantiere, scoppi di mine, funzionamento di macchine, traffico stradale e ferroviario), siano tali da indurre o meno danni alle differenti categorie costruttive, anche e soprattutto in presenza di evidenti danni architettonici precedenti generati da altre cause.

Le norme individuano 3 diverse categorie costruttive:

1. Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili;
2. Edifici residenziali e costruzioni simili;
3. Costruzioni che, per la loro sensibilità particolare alle vibrazioni, non ricadono nelle classi 1) e 2) o sono di grande valore intrinseco (per esempio monumenti storici o monumentali soggetti a particolare tutela).

La caratterizzazione di una sorgente di vibrazioni richiede la conoscenza della distribuzione spettrale della sua energia in funzione della frequenza di propagazione delle onde elastiche generate a seguito dell'immissione nel terreno di energia dalla sorgente energizzante.

In Figura n. 9 sono riportati gli intervalli di frequenza caratteristici di alcune sorgenti di vibrazione



Nel caso in esame, i Vibroseis impiegati trasmettono al terreno una vibrazione (*sweep*) di tipo controllato, compreso entro un range di frequenze 12 – 80 Hz. La metodologia consiste in un fenomeno di tipo impulsivo, con durata del fenomeno vibratorio molto breve, dell'ordine della decina dei secondi.

Il moto vibratorio generalmente viene misurato mediante il rilevamento della velocità di vibrazione o di oscillazione (mm/s), grandezza che usualmente viene impiegata per la definizione dei parametri e dei valori di riferimento nella valutazione del danno essendo direttamente legata all'energia cinetica.

La normativa prevede che le misurazioni vengano effettuate secondo tre assi tra di loro ortogonali, ovvero un asse con direzione verticale e due componenti orizzontali.

Sorgente di vibrazioni	Gamma di frequenza [Hz]
Traffico (su strada e su rotaia)	Da 1 a 300
Esplosioni	Da 1 a 300
Battitura di pali	Da 1 a 100
Demolizioni (caduta edificio)	Da 1 a 20
Macchine esterne all'edificio	Da 1 a 300
Macchine interne all'edificio	Da 1 a 300
Attività umane (movimento di persone all'interno dell'edificio)	Da 0,1 a 100
Vento	Da 0,1 a 2

Figura 9 – intervalli di frequenza caratteristici delle sorgenti di vibrazione

La velocità di picco di una componente puntuale (di seguito **p.c.p.v.** – *peak component particle velocity*) è definita come il valore massimo del modulo di una delle tre componenti ortogonali del vettore velocità di oscillazione, misurate simultaneamente in un punto o ottenute mediante integrazione dei dati di accelerazione.

La normativa DIN4150 individua, per ciascuna categoria costruttiva e per determinati intervalli di frequenza, i valori di riferimento della p.c.p.v. al di sotto dei quali è ragionevole presumere che non vi sia alcun danno, facendo allo stesso tempo presente che il superamento dei limiti indicati non implica necessariamente il verificarsi del danno.

In Figura 10 si riporta la tabella del prospetto D.1 della norma UNI. In Figura 11 i limiti di p.c.p.v. sono rappresentati in grafico in funzione della frequenza e per ciascuna categoria costruttiva.



In fase esecutiva, prima di procedere con l'acquisizione dei dati in campagna mediante l'energizzazione sismica con mezzi Vibroseis, saranno effettuate delle misure vibrometriche conformemente alle norme sopracitate al fine di definire le distanze di sicurezza da adottare nel corso del rilievo sismico.

Si effettuerà un test, durante il quale si procederà alla misurazione delle vibrazioni indotte al terreno nel caso di energizzazione con Vibroseis. Durante il test si riprodurranno le stesse condizioni reali di esecuzione del rilievo sismico, ovvero si opererà con lo stesso numero di mezzi mediante *sweep* aventi la stessa durata e negli stessi range di frequenza.

Le misurazioni verranno effettuate a differenti distanze dalla sorgente di energizzazione, secondo lo schema semplificato di Figura 12.

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

^{*)} Per frequenze oltre 100 Hz possono essere usati i valori di riferimento per 100 Hz.

Figura 10 - Valori di riferimento per la velocità di vibrazione (p.c.p.v.) al fine di valutare l'azione delle vibrazioni di breve durata sulle categorie costruttive

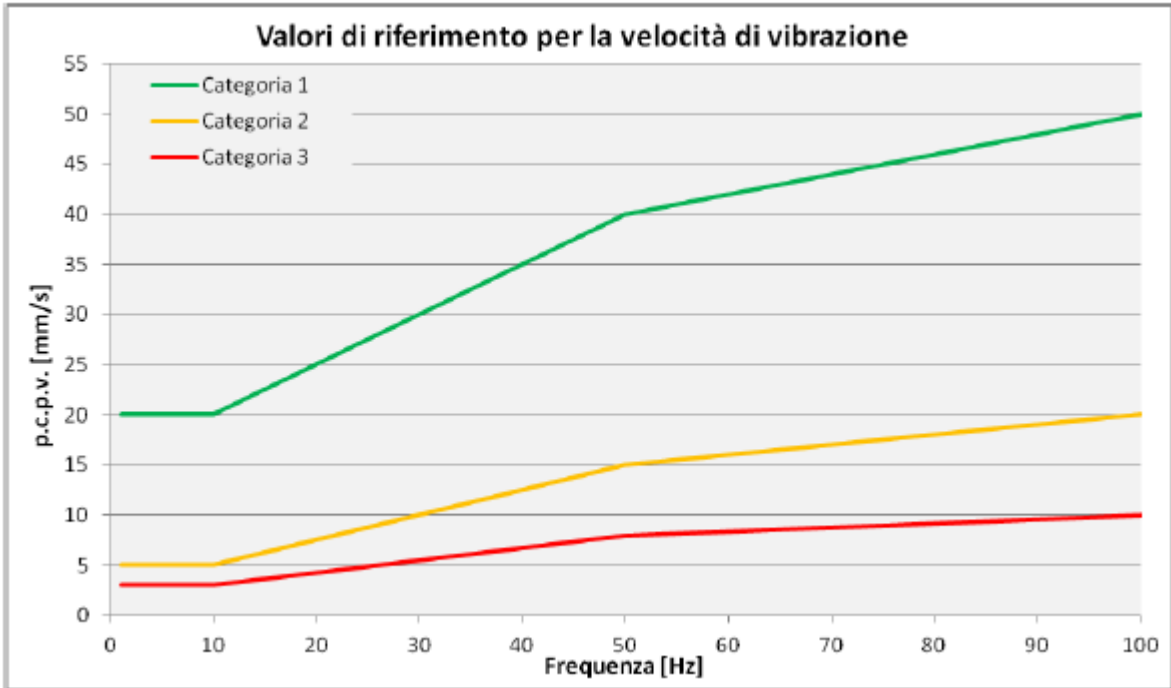


Figura 11 - Rappresentazione grafica dei valori di riferimento per la velocità di vibrazione

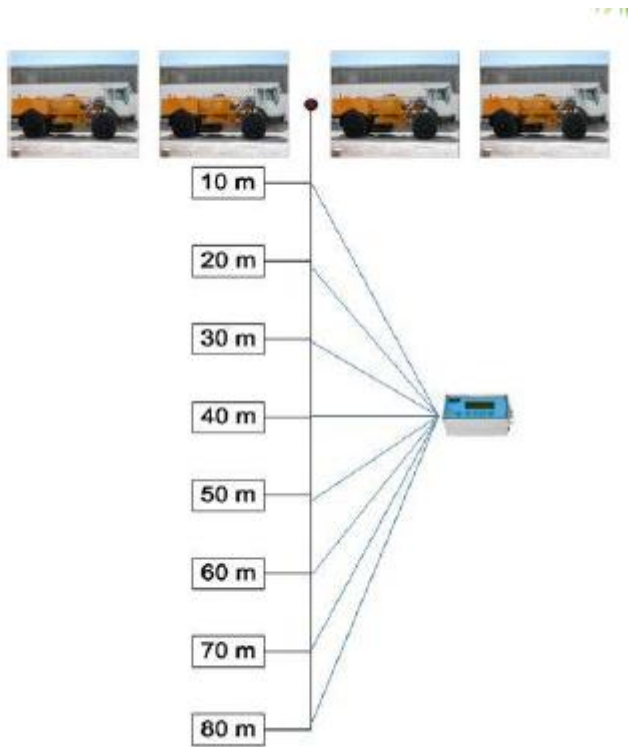


Figura 12 - schema semplificato di misurazione delle vibrazioni da sorgente Vibroseis

I dati, registrati alle diverse distanze, saranno analizzati al fine di determinare i massimi valori delle velocità di vibrazione indotta (p.c.p.v.). Tali valori saranno successivamente confrontati con quelli di



riferimento indicati dalla normativa al fine di stabilire la distanza minima da rispettare durante la fase di acquisizione del rilievo nei confronti delle differenti categorie costruttive presenti nell'area di indagine.

A titolo di esempio, si illustrano i risultati di una prova vibrometrica condotta impiegando numero 4 mezzi Vibroseis della stessa tipologia di quelli che si intendono impiegare durante il rilievo Santa Croce 3D, le cui caratteristiche e specifiche tecniche sono verosimilmente quelle riportate nella scheda tecnica riportata nell'**Allegato n. 1** al presente documento.

I massimi valori delle velocità di vibrazione indotte sono stati riscontrati in una gamma di frequenze comprese tra 11 e 32 Hz.

Le Figure 13, 14 e 15 mostrano i valori di p.c.p.v. in funzione della frequenza e della distanza dalla sorgente di energizzazione per ciascuna componente del moto.

Come si vede, per tutte le componenti del moto vibratorio, ad una distanza di 50 metri dalla sorgente di energizzazione, le p.c.p.v. risultano ampiamente al di sotto del valore di riferimento maggiormente cautelativo della massima velocità di oscillazione indicata dalla normativa per frequenze inferiori ai 10Hz e per categorie costruttive di elevata sensibilità (3 mm/s).

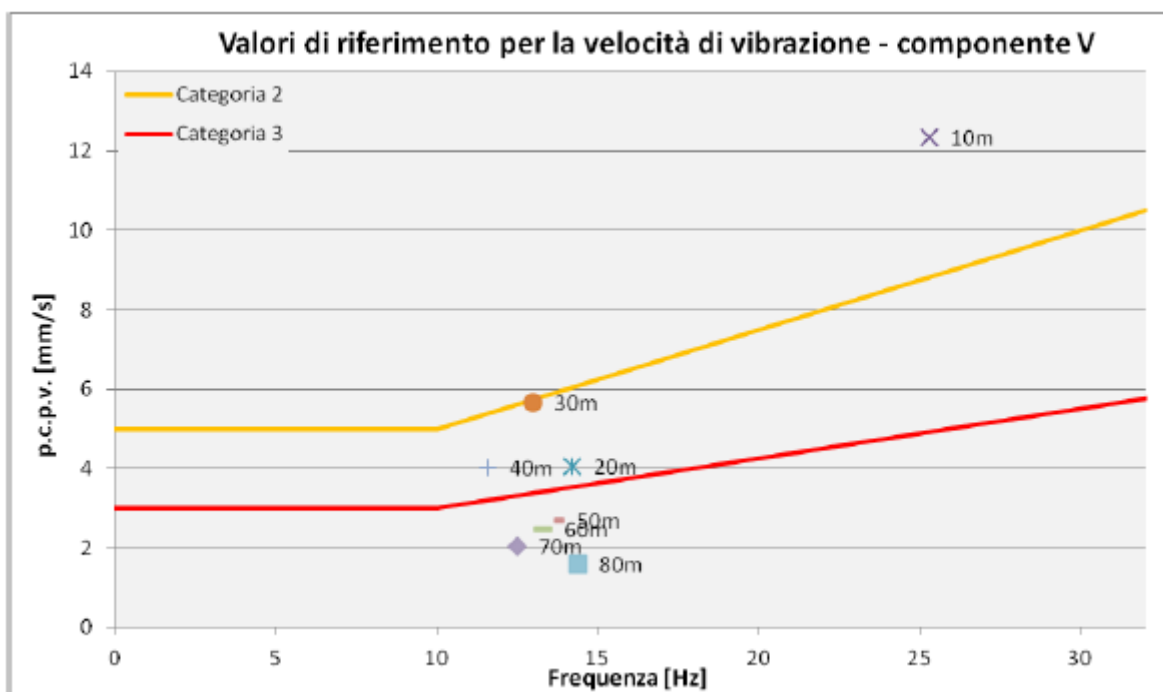


Figura 13 - risultati prove vibrometriche – p.c.p.v. per la componente verticale del moto



Al fine di identificare la distanza di sicurezza in corrispondenza della quale si induce una velocità di vibrazione pari a quella di riferimento, è necessario ottenere le curve analitiche di decadimento della p.c.p.v. dai dati registrati (si veda la Figura 16).

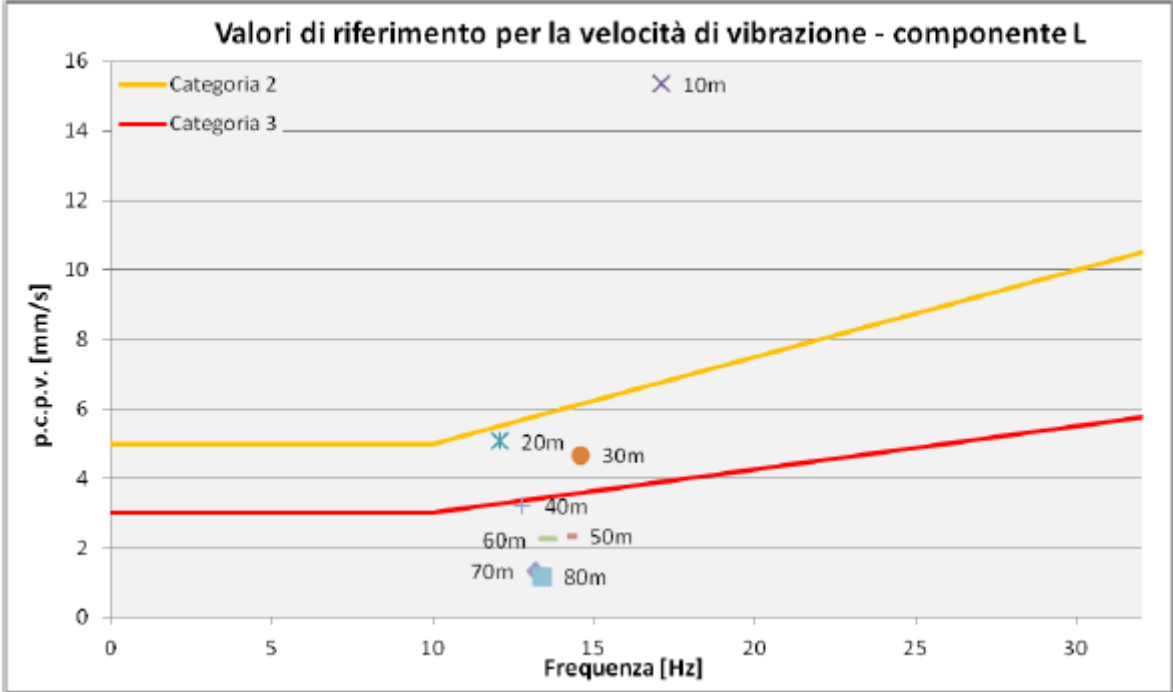


Figura 14 - risultati prove vibrometriche – p.c.p.v. per la componente longitudinale del moto

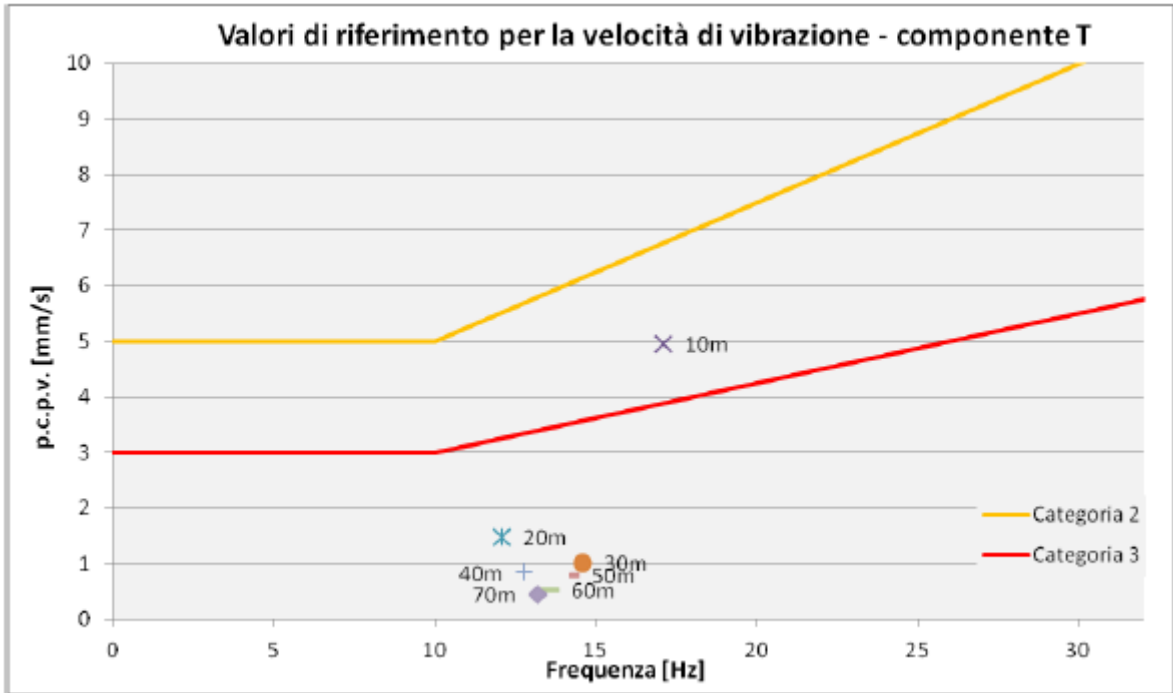


Figura 15 - risultati prove vibrometriche – p.c.p.v. per la componente longitudinale del moto

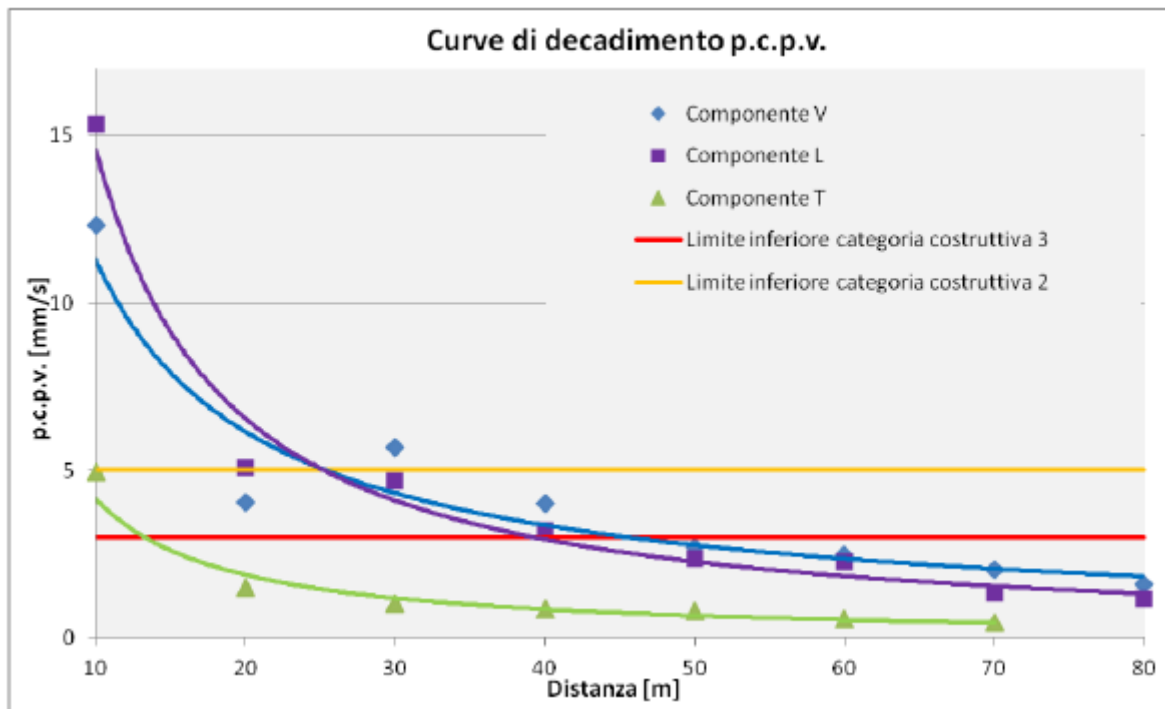


Figura 16 - curve di decadimento analitiche della p.c.p.v. per ciascuna componente del moto in funzione della distanza dalla sorgente

Dalle curve ottenute mostrate nella figura di cui sopra si evince che:

1. L'attenuazione delle vibrazioni con la distanza ha un andamento esponenziale a causa dell'effetto dissipativo dell'energia all'interno del terreno. Questo effetto è particolarmente evidente in prossimità della sorgente di energizzazione;
2. Raddoppiando infatti la distanza da 10 a 20 m si assiste ad una riduzione di circa il 70% della p.c.p.v.. La distanza dalla sorgente in corrispondenza della quale tutti i valori delle p.c.p.v. risultano inferiori al valore di riferimento maggiormente cautelativo indicato dalla normativa (3 mm/s) è pari a circa **45 metri**.

Pertanto, nel caso del test eseguito e del quale ci si limita in questa sede a riportarne i risultati, ai sensi della normativa vigente, la distanza di sicurezza maggiormente cautelativa e tale da permettere di operare in totale sicurezza nei confronti di tutte le categorie costruttive è pari a 45 metri.

Come anticipato in precedenza, la procedura di determinazione della distanza di sicurezza da mantenere nei confronti delle diverse categorie costruttive verrà comunque effettuata mediante apposite prove vibrometriche che saranno eseguite da tecnici abilitati prima della fase di



acquisizione sismica in campo, riproducendo mediante un apposito test le stesse condizioni di progetto.

Si sottolinea a tal proposito che i risultati delle prove eseguite in campo si discostano in modo trascurabile da quelli ottenuti durante il test sopra riportato.

Per tale ragione, la Società Irminio S.r.l. applicando i criteri di sicurezza ancora più rigidi si è imposta una distanza minima di sicurezza rispetto a edifici e manufatti (indicata nella documentazione integrativa depositata presso il MATTM in data 10/01/2017 con nota prot. IRM.17.1309.AP) di 50 m durante l'utilizzo dei vibroseis.

Tale valore, come si è visto, consente infatti di operare in piena sicurezza nei confronti di qualsiasi edificio e con un ulteriore margine di sicurezza rispetto a quanto indicato dalla normativa.

3.1. Potenziali effetti indotti su strutture sepolte nel sottosuolo

Preme ora affrontare il tema delle vibrazioni e dei loro effetti indotti su strutture e/o eventuali beni di interesse archeologico posti nel sottosuolo dell'areale di progetto. Sebbene la normativa si riferisca esclusivamente a tutte le tipologie di edifici di carattere abitativo, industriale e monumentale, è possibile elaborare alcune considerazioni anche per le strutture sotterranee sepolte nei primi metri di del sottosuolo, di qualsivoglia tipologia.

Dal punto di vista meccanico, il fenomeno della rottura o, più in generale, del danno causato dalla propagazione di onde elastiche è dovuto alle deformazioni conseguenti al passaggio dell'onda stessa sulla generica struttura in esame. In base alle caratteristiche proprie della struttura, più o meno duttile, la stessa sarà capace di sostenere maggiori o minori deformazioni a parità di sforzo e quindi di entità di fenomeno energizzante.

Gli stessi limiti di p.c.p.v. delle norme UNI9916:2004 e DIN4150 non fanno altro che definire dei valori di deformazione al di sotto dei quali è ragionevole presumibile che non si verifichi alcun danno alla struttura.

Ebbene, ipotizzando di sollecitare una generica struttura per mezzo di un'onda elastica, se si considera la stessa struttura posta soprassuolo o sottosuolo è evidente che l'entità della deformazione che essa sperimenterà sarà differente.

In termini di vulnerabilità, ossia propensione al danneggiamento, tutte le strutture interrato appaiono infatti in una condizione decisamente favorevole rispetto a quelle superficiali, grazie



all'effetto dissipativo e di confinamento del terreno circostante. In altri termini, dal punto di vista meccanico, le strutture sotterranee non possono vibrare liberamente ma sono confinate dal terreno circostante e si muovono in modo più o meno solidale con esso al variare della loro rigidità.

A riprova di ciò è stato osservato che durante gli eventi sismici naturali, durante i quali si propagano onde di tipo elastico, le strutture interrato si danneggiano in maniera sensibilmente inferiore rispetto a quelle superficiali. Non a caso, i primi danni alle strutture sotterranee causati dai sismi si ritrovano in corrispondenza di valori elevati e molto elevati (> VIII - IX grado) della scala qualitativa Mercalli, corrispondenti ad eventi rovinosi e distruttivi, per i quali sono già molto rilevanti i danni alle strutture poste soprassuolo.

E' possibile quindi affermare che il rispetto dei valori di riferimento delle p.c.p.v. di cui alle norme UNI9916:2004 e DIN4150 permetterà di operare in piena sicurezza anche, e a maggior ragione, per tutte le strutture poste sottosuolo, di qualsivoglia tipologia.

A riprova di quanto detto sopra, si riportano gli esiti di un esperimento condotto nel 2007 a Chalmette, in Louisiana (USA), dalla Petroleum Geo-physics (fonte: AAPG). L'esperimento era volto a dimostrare come gli effetti della pressione esercitata e delle vibrazioni indotte dai mezzi Vibroseis su eventuali strutture interrato fragili, anche a ridotta profondità, non comportassero alcun tipo di danno per le stesse.

Durante l'esperimento è stato impiegato un mezzo Vibroseis dal peso di 21,3 tonnellate, ovvero una massa circa doppia rispetto a quella che caratterizza i mezzi che si intendono impiegare per i rilievi in oggetto, per dimostrare l'effetto delle vibrazioni e della compressione durante le operazioni di energizzazione e acquisizione del segnale sismico. A tale scopo 2 lampadine e 2 uova fresche sono state sepolte ed interrato a circa 20 centimetri di profondità. Il mezzo vibroseis è stato fatto vibrare a piena potenza e nell'intero range di frequenze al di sopra dello scavo ospitante le 2 uova e le 2 lampadine.

Al termine dell'esperimento, gli oggetti sono stati ritrovati perfettamente integri, come mostrato in Figura 17.



Figura 17 - foto scattate durante l'esperimento condotto da PGS a Chalmette. Le uova e le lampadine sepolte sotto la massa vibrante del mezzo Vibroseis sono state ritrovate integre dopo le operazioni di energizzazione

In conclusione, si può affermare che gli effetti indotti del rilievo sismico a riflessione 3D con mezzo Vibroseis, nel rispetto dei valori indicati dalla normativa di riferimento, non comportano danni ad alcuna tipologia di struttura, nè presente sul soprassuolo nè a maggior ragione nel sottosuolo.

Nell'ambito della realizzazione del rilievo geofisico 3D, è inoltre prevista l'esecuzione di prove vibrometriche in tempo reale, mediante le quali verranno stabilite, ai sensi di legge, le distanze da rispettare per operare in piena sicurezza nei confronti delle differenti categorie costruttive e delle eventuali strutture sotterranee considerate particolarmente sensibili, sia presenti sul piano campagna, sia nel sottosuolo.

Si sottolinea inoltre che le operazioni di energizzazione saranno esclusivamente realizzate sulla preesistente rete stradale; non è prevista la realizzazione di piste ulteriori, tantomeno è prevista la possibilità di utilizzare vie non battute.



3.2. Esempio di valutazione previsionale dell'impatto delle vibrazioni

Ad integrazione di quanto sopra riportato, nonché a titolo di esempio, si allega al presente documento una specifica relazione di Valutazione Previsionale dell'Impatto Acustico e delle Vibrazioni (vedasi **Allegato n. 2**) che la Società Geotec Spa ha redatto per la Scrivente, a seguito delle richieste pervenute dal Ministero dell'Ambiente e del Territorio del Mare relativamente alla necessità di acquisire approfondimenti in merito al progetto "Rilievo sismico 3D" per il Permesso di Ricerca Scicli, avente come oggetto, la realizzazione di un rilievo sismico a riflessione 3D mediante Vibroseis, analogamente a quanto previsto per il permesso di Ricerca Santa Croce.

Suddetta relazione tecnica è stata redatta con lo scopo di valutare, in via previsionale, l'entità dell'impatto acustico e vibrazionale derivante dalla sorgente sismica, del tipo vibroseis, da impiegare nel progetto di ricerca denominato Scicli, in provincia di Ragusa, per l'acquisizione di dati geofisici con utilizzo della tecnica 3D.

Lo studio e le prove condotte nonché i risultati emersi, descritti nella relazione allegata, possono essere considerati validi ai fini della stima dell'impatto da vibrazioni a seguito dell'impiego della sorgente vibroseis, anche per le operazioni di acquisizione del rilievo geofisico 3D Santa Croce, considerato che il modello finale elaborato si basa su prove condotte mediante l'impiego di attrezzature, modalità e norme di riferimento analoghe a quelle previste per la realizzazione del rilievo in oggetto.

Come meglio descritto nella relazione allegata (vedasi cap. 4 e 7) per la valutazione dell'impatto da vibrazioni è stata condotta una campagna di misura strumentale presso la sede amministrativa della Società Geotec Spa sita nella provincia di Campobasso. Nel corso di tale campagna sono stati posizionati numero 4 vibratorii in formazione di "energizzazione", un automezzo attrezzato con sistemi di registrazione e sono state eseguite una serie di registrazione attraverso l'invio di impulsi nel corso dello svolgimento della fase di rilevamento dei dati.

Duranti tali attività sono state eseguite misure vibrometriche finalizzate alla determinazione dei livelli vibratorii presso ricettori posti a distanze progressivamente più elevate rispetto al punto di ubicazione della sorgente.

I risultati ottenuti mostrano come sulla scorta delle misure effettuate e per quanto analizzato ed elaborato, non sono previsti impatti e/o danni su cose o persone dovuti alla componente



vibrazionale alla distanza di 50 m, ne sono previste interferenze con eventuali oggetti e/o strutture di qualsivoglia natura presenti nel sottosuolo dell'areale indagato.

In aggiunta alle misure strumentali effettuate, ai fini della caratterizzazione della sorgente sismica vibroseis, sono stati impiegate le misure realizzate nel 2006 durante lo svolgimento della prospezione geofisica nel permesso di ricerca Irminio per il progetto denominato "Irminio 3D" dalla Società scrivente. Tali misure oltre a rappresentare un valido strumento di confronto con quanto misurato direttamente presso la sede Geotec Spa di Campobasso, rappresentano soprattutto il dato diretto della propagazione delle vibrazioni attraverso il terreno sottostante. Infatti la propagazione delle vibrazioni nel terreno dipende dalle caratteristiche di impedenza acustica definita come il prodotto della densità del mezzo moltiplicato per la velocità di propagazione delle onde elastico (primari o di compressione : VP e secondarie di taglio: VS), del mezzo stesso (ad esempio: argille, VP = 1800-2900 m/s - VS = 300-800 m/s; calcare, VP = 3500-5000 m/s - VS = 600-2500 m/s; sabbie, VP = 500-1800 - VS = 250-550 m/s).

Nelle tabelle di seguito, si riportano i valori misurati in campo delle vibrazioni e i sismogrammi registrati a diverse distanze; da 15 a 70 m.



<i>Distanza dalla sorgente</i>	15 m		
	Channel 1	Channel 2	Channel 3
Input	Geo	Geo	Geo
Unit	mm/s	mm/s	mm/s
Trig Level	1.3	1.3	1.3
Pk	1.75	1.80	0.05
Diff. (m/s ²)	0.6	0.775	0.05
Integ. (μm)	9.54	9.87	1.12
Frq Hz	47.6	57.1	500
Note	Modalità vibrata: High Force		

<i>Distanza dalla sorgente</i>	20 m		
	Channel 1	Channel 2	Channel 3
Input	Geo	Geo	Geo
Unit	mm/s	mm/s	mm/s
Trig Level	1.3	1.3	1.3
Pk	0.35	0.30	1.75
Diff. (m/s ²)	0.15	0.10	0.50
Integ. (μm)	2.62	3.10	8.59
Frq Hz	47.6	45.5	43.0
Note	Modalità vibrata: High Force		

<i>Distanza dalla sorgente</i>	30 m		
	Channel 1	Channel 2	Channel 3
Input	Geo	Geo	Geo
Unit	mm/s	mm/s	mm/s
Trig Level	1.3	1.3	1.3
Pk	2.70	2.10	2.65
Diff. (m/s ²)	2.38	1.95	2.52
Integ. (μm)	10.8	6.48	7.88
Frq Hz	55.2	57.1	55.2
Note	Modalità vibrata: High Force		

<i>Distanza dalla sorgente</i>	50 m		
	Channel 1	Channel 2	Channel 3
Input	Geo	Geo	Geo
Unit	mm/s	mm/s	mm/s
Trig Level	1.3	1.3	1.3
Pk	1.75	0.50	0.85
Diff. (m/s ²)	0.475	0.20	0.40
Integ. (μm)	14.5	7.72	13.8
Frq Hz	42.9	62.5	47.6
Note	Modalità vibrata: High Force		



Distanza dalla sorgente	60 m		
	Channel 1	Channel 2	Channel 3
Input	Geo	Geo	Geo
Unit	mm/s	mm/s	mm/s
Trig Level	1.3	1.3	1.3
Pk	1.30	0.60	0.85
Diff. (m/s ²)	0.80	0.325	0.425
Integ. (µm)	6.82	2.68	3.5
Frq Hz	43.5	45.5	47.6
Note	Modalità vibrata: High Force		

Distanza dalla sorgente	70 m		
	Channel 1	Channel 2	Channel 3
Input	Geo	Geo	Geo
Unit	mm/s	mm/s	mm/s
Trig Level	1.3	1.3	1.3
Pk	1.45	0.35	0.75
Diff. (m/s ²)	0.35	0.15	0.175
Integ. (µm)	6.03	2.36	4.8
Frq Hz	35.7	27.0	34.5
Note	Modalità vibrata: High Force		

Dai valori riportati in tabella alle diverse distanze, (per ulteriori informazioni di dettaglio vedasi la relazione allegata di cui al par. 8.2.2) si vede che tutti i valori di picco risultano inferiori rispetto al limite più restrittivo di 3.0 mm/s riportato nella norma DIN 4150/3, norma recepita dalla UNI 9916 e che regola la salvaguardia delle strutture interessate da sollecitazioni vibrazionali.

La valutazione previsionale dell'impatto delle vibrazioni così effettuata consente di concludere che non sono previsti effetti disturbanti e/o nocivi dovuti alla componente vibrazionale, su strutture, edifici e cose di qualsivoglia natura alla distanza di 50 m dalla sorgente.

Inoltre gli effetti risultano trascurabili e/o nulli attraverso i primi metri del sottosuolo considerato il notevole effetto dissipativo e di confinamento del terreno circostante: è possibile affermare che il rispetto dei valori di riferimento di cui alle norme UNI9916:2004 e DIN41510 permetterà di operare in piena sicurezza anche, e a maggior ragione, per tutte le strutture poste nel sottosuolo, di qualsivoglia natura.

Infine preme sottolineare ulteriormente quanto già detto in precedenza, ovvero le operazioni di energizzazione saranno effettuate unicamente sulla preesistente rete viaria, ragione per la quale si



esclude la possibilità di provocare danni sulle evidenze archeologiche vicine e/o interrato eventualmente presenti nell'areale di progetto.



4. CONCLUSIONI

Lo studio e le prove descritte nella presente relazione dimostrano che le attività di energizzazione con mezzo Vibroseis non provocano alcun tipo di impatto e/o interferenza sulla componente archeologica presente nell'areale di progetto, sia sul soprassuolo, sia a maggior ragione nel sottosuolo.

Le attività infatti, essendo temporanee, reversibili e di lieve entità in termini di quantità e tipologia di energia utilizzata, non andranno a compromettere l'integrità dei beni archeologici interrati nell'areale del progetto in esame, per le considerazioni e le ragioni che seguono:

- Considerati i risultati emersi dalle prove vibrometriche descritte nel capitolo precedente, potranno ritenersi non dannose le vibrazioni immesse ad una distanza di 50 m dalla sorgente nel caso di beni archeologici presenti sul piano campagna;
- L'energizzazione del terreno sarà effettuata mediante la propagazione di onde elastiche con frequenze molto basse e dunque non percettibili attraverso i primi metri del sottosuolo. Richiamando quanto riportato nella sezione "prove vibrometriche", si rammenta che in termini di vulnerabilità, tutte le strutture presenti nel sottosuolo si trovano in una condizione favorevole, rispetto a quelle superficiali, considerato l'effetto dissipativo e di confinamento del terreno circostante.

Dal punto di vista fisico-meccanico le strutture interrate non vibrano liberamente, al pari di quelle superficiali, in quanto sono confinate dalla massa di terreno circostante e dunque si muovono in modo solidale con esso al variare della loro rigidità.

L'effetto di confinamento e di dissipazione, quest'ultimo molto accentuato in caso di operazioni effettuate su rete stradale, permette di evitare ogni tipologia di danno su ogni eventuale struttura e/oggetto, grazie alla ridotta quantità di energia utilizzata nel rilievo sismico.

È dunque possibile affermare operando nel rispetto dei limiti di riferimento delle p.c.p.v. di cui alle norme UNI:9916:2004 e DIN415, nonché nel rispetto della distanza di sicurezza di 50 m nel caso di beni di interesse archeologico presenti nelle immediate vicinanze, sarà possibile operare in totale sicurezza anche per le strutture poste nel sottosuolo;



-
- Si tratta di mezzi di dimensioni pari a quelle di un camion di media taglia, in stazionamento e movimento su rete viaria preesistente, il cui impiego, per assenza di percepibili effetti compressionali, non comporterà disturbo alcuno alla integrità del piano campagna e dell'immediato sottosuolo;
 - L'impatto sulla componente suolo e sottosuolo, ed implicitamente sulle eventuali strutture interrato, è equiparabile a quello generato dal transito di mezzi agricoli, quali trattori, su carrecce o mulattiere;
 - L'impiego dei mezzi Vibroseis sarà esclusivamente limitato alla sola viabilità ordinaria, prevalentemente su strada asfaltata e, se non per brevissimi tratti, potrà estendersi su strade bianche o carrarecce già battute da mezzi agricoli.

A ogni modo, in via preventiva la Società Irminio ha identificato alcune misure di mitigazione e di riduzione al minimo dell'impatto che verranno esaustivamente applicate durante l'esecuzione delle operazioni di progetto, di seguito descritte:

- L'impiego dei mezzi Vibroseis sarà esclusivamente limitato alla sola viabilità ordinaria, su strada asfaltata e, se non per brevissimi tratti, potrà estendersi su strade bianche o carrarecce già battute da mezzi agricoli;
- Verrà mantenuta una distanza minima di sicurezza di 50 metri da ogni manufatto di interesse archeologico presente nell'areale di progetto;
- Sulla base dell'ubicazione dei ritrovamenti archeologici (si veda Relazione Archeologica VIARCH e cartografia allegata) le operazioni di energizzazione con Vibroseis saranno effettuate esclusivamente lungo i profili prestabiliti e nel rispetto del limite cautelativo dei 50 metri dalle presenze archeologiche.

Ad ogni modo si precisa che anche in fase operativa, ovvero quando verranno stabilite le ubicazioni definitive previo sopralluogo in situ, sarà posta grande attenzione nell'assicurarsi di non posizionare alcuno stendimento in corrispondenza delle presenze archeologiche identificate.

Gli elaborati cartografici allegati alla relazione VIARCH nelle quali si evidenziano i ritrovamenti archeologici, hanno consentito di identificare preliminarmente le principali aree di addensamento, in corrispondenza delle quali, data la elevata densità delle suddette



evidenze archeologiche, risulta opportuno porre grande cura nella progettazione e nella scelta della ubicazione dei percorsi dei pattern di vibroseis. In tal caso gli accorgimenti progettuali consisteranno nell'individuazione di aree idonee per l'energizzazione sismica con vibroseis, tali da garantire la copertura teorica di progetto nel rispetto dei limiti imposti dalla normativa vigente e soprattutto tenendo conto della presenza dei ritrovamenti archeologici rinvenuti in superficie nonché delle dovute distanze cautelative da rispettare nei confronti delle stesse;

- In aggiunta agli accorgimenti progettuali di cui sopra, verranno eseguiti tests e prove vibrometriche in situ nel corso della realizzazione delle operazioni di energizzazione al fine di definire e mantenere con costanza le adeguate distanze cautelative nel rispetto della normativa vigente in relazione alle diverse tipologie delle strutture presenti nell'areale di indagine.

In conclusione lo studio qui proposto va a comprovare la totale assenza di impatti sulla componente archeologica presente nell'area in esame, le attività, temporanee, reversibili e non invasive, non andranno a compromettere l'integrità strutturale di alcun bene di interesse archeologico presente sia sul soprassuolo, sia a maggior ragione nel sottosuolo.

Sulla scorta delle prove strumentali effettuate, nonché sulla base degli studi e delle esperienze pregresse gli effetti risultano trascurabili e/o nulli attraverso i primi metri del sottosuolo considerato il notevole effetto dissipativo e di confinamento del terreno circostante: è possibile affermare che il rispetto dei valori di riferimento di cui alle norme UNI9916:2004 e DIN41510 permetterà di operare in piena sicurezza anche, e a maggior ragione, per tutte le strutture poste nel sottosuolo, di qualsivoglia natura.

In particolare per quanto riguarda le eventuali strutture e/o oggetti interrati e sepolti nei primi metri del sottosuolo, di interesse archeologico, si deduce che gli impatti derivanti dalle operazioni di energizzazione con vibroseis sono trascurabili e/o nulli, escludendo pertanto la possibilità di provare danni e interferenze sulle le stesse.



Riferimenti per contatti:

Nome e cognome: Dott. Geol. Francesca D'Angelo

Mobile: +39 3343572349

E-mail: f.dangelo@irminio.it

