

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GEOLOGIA TECNICA, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA TARANTO-BRINDISI


NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI

INDAGINI GEOFISICHE

SCALA:

1:-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I A 8 E	0 0	D	6 9	I G	G E 0 0 0 5	0 0 1	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	A. Reale	Giugno 2021	A.D'Arcangelo <i>A. D'Arcangelo</i>	Giugno 2021	G. Lestingi <i>G. Lestingi</i>	Giugno 2021	M. COMEDINI <i>M. Comedini</i> 

File: IA8E00D69IGGE0005001A.docx

n. Elab.:

INDICE

1.1	ESEMPI DELLE ATTIVITÀ SVOLTE	3
2.	INDAGINE SISMICA MASW	5
2.1	MASW – RIFERIMENTO NORMATIVO (NTC 2018, DM 17/01/2018).....	5
2.2	STENDIMENTI SISMICI CON METODO “MASW” CENNI METODOLOGICI.....	7
2.3	MODALITÀ ESECUTIVE DELL’INDAGINE	9
2.4	ELABORAZIONE DATI E RISULTATI.....	10
3.	INDAGINI SPETTRALI HV	11
3.1	MODALITÀ ESECUTIVE DELL’INDAGINE	12
3.2	ELABORAZIONE DATI	12
4.	ALLEGATI.....	13
4.1	ALLEGATO 1 NASISI_MASW	13
4.2	ALLEGATO 2 NASISI_HVSR.....	13

PREMESSA

A seguito dell'Ordine n.100040895 su A.Q. n.200001457 del 02.04.2021, sono state eseguite specifiche indagini geofisiche di supporto al Progetto Definitivo per la Nuova Stazione di Taranto Nasisi – Linea Taranto-Brindisi nella zona del quartiere Paolo Sesto, nel territorio comunale di Taranto (TA).

Le indagini geofisiche sono state eseguite nell'area prossima al cantiere oggetto del presente studio, in Fig. 1 è rappresentata l'ubicazione planimetrica delle indagini eseguite su foto aerea.

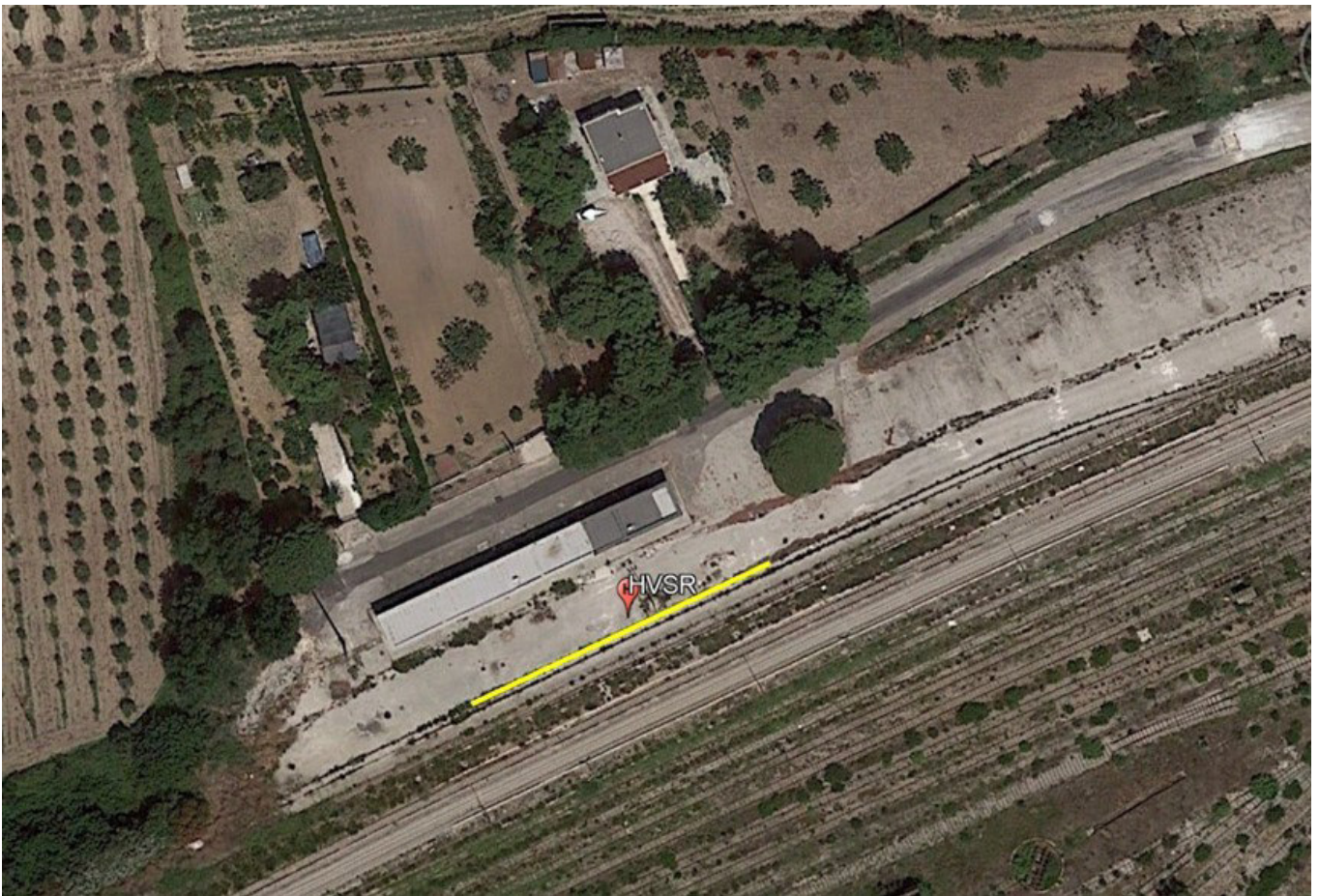



Fig. 1 - Indagini riportate su foto aerea

- L'attività si è articolata nel seguente modo:

N. 1 stendimento sismico con acquisizione prova di tipo M.A.S.W., denominata con sigla "MASW01" (Fig. 2);
misura HVSr denominata con sigla "HVSr" (Fig. 3).

Di seguito vengono descritte le singole attività svolte con le relative interpretazioni dei dati geofisici acquisiti unitamente agli allegati di riferimento e specifica documentazione fotografica.

	PROGETTO DEFINITIVO NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI – LINEA TARANTO-BRINDISI					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. A

1.1 ESEMPI DELLE ATTIVITÀ SVOLTE

INDAGINE SISMICA Prova MASW e misure HVSR

Lo stendimento MASW è finalizzato all’acquisizione e all’analisi delle onde superficiali di tipo attivo ai sensi delle NTC 2008; è costituito da n. 24 geofoni posizionati ad intervalli regolari di 5.00 m collegati ad un sismografo; la ricostruzione del modello di velocità Vs rappresentativo del volume di terreno indagato è riferita al punto mediano dello stendimento riportato su foto aerea nella relativa scheda monografica nello specifico capitolo dedicato.



Fig. 2 - Stendimento sismico con acquisizione prova di tipo MASW

La stazione singola (HVSR), costituita da tre ricevitori a bassa frequenza (inferiore a 4.5 Hz), è finalizzata alla misura in sito dei microtremori per la determinazione della frequenza “f0” e dello spettro H/V nei termini di caratteristiche di sito.



Fig. 3 - Stazione singola (HVSr)

2. INDAGINE SISMICA MASW

Per l'analisi delle onde superficiali di tipo attivo, la determinazione del parametro $Vs30$ e la classificazione della categoria sismica dei suoli di fondazione, ai sensi delle NTC 2008, è stata eseguita n.1 prova sismica di tipo MASW, denominata con sigla "MASW01".

L'ubicazione territoriale della prova sismica è riportata nella foto aerea in fig. 4.

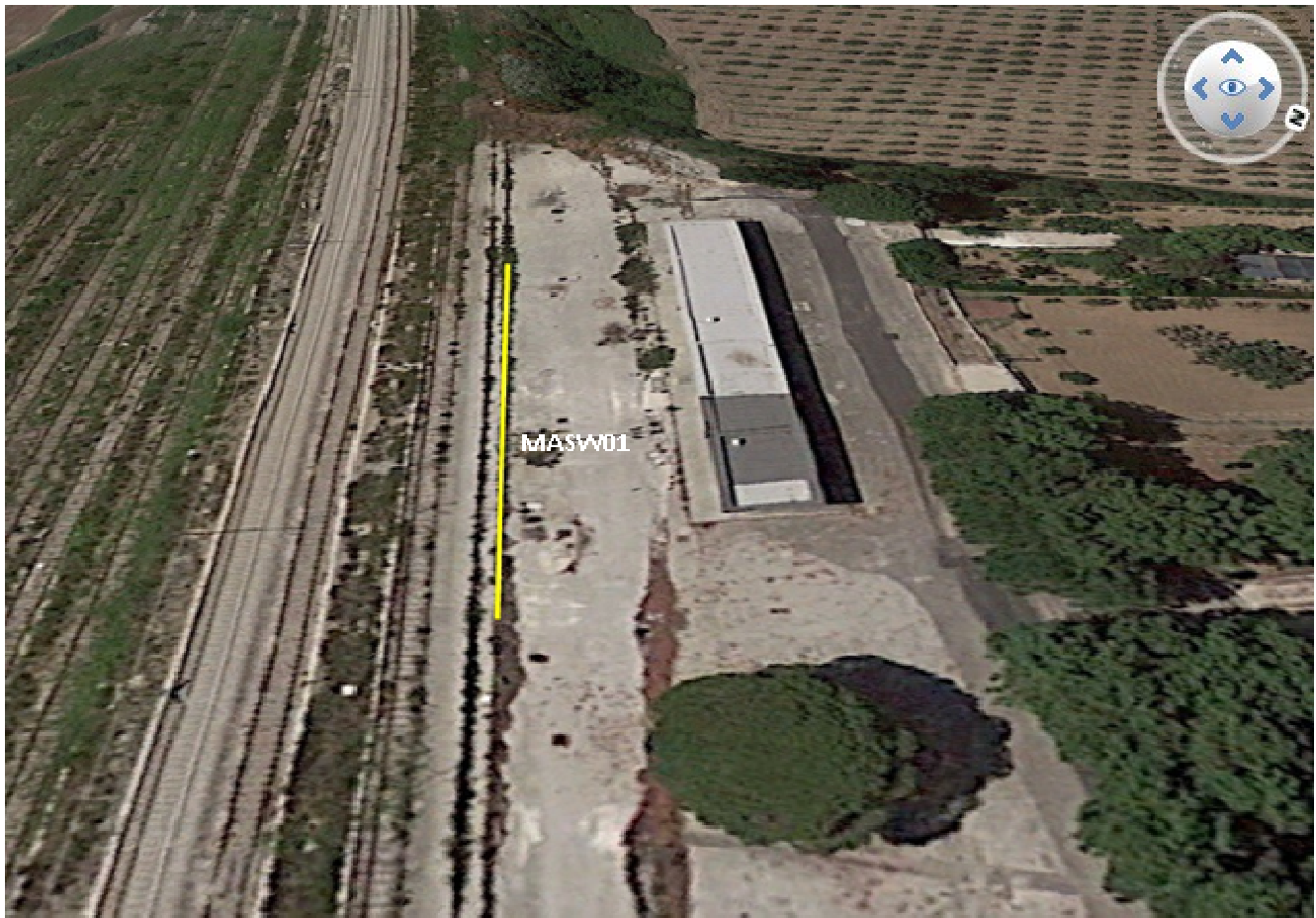


Fig. 4 - Prova "MASW01" riportata su foto aerea da NE, lato di ubicazione del primo geofono "G1"

2.1 MASW – RIFERIMENTO NORMATIVO (NTC 2018, DM 17/01/2018)

La normativa "Norme tecniche per le costruzioni" afferma che ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto (punto 3.2.2), deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

In mancanza di tali studi si può utilizzare la classificazione dei terreni descritta di seguito. La classificazione deve riguardare i terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni degli edifici ed un substrato rigido di riferimento, (bedrock) ovvero quelli presenti ad una profondità commisurata all'estensione ed all'importanza dell'opera.

Per tener conto delle condizioni stratigrafiche e topografiche la Normativa Tecnica definisce 5 categorie di sottosuolo denominate A, B, C, D, ed E e 4 categorie topografiche (T1, T2, T3, T4). La categoria di sottosuolo viene determinata sulla base della velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio (VS) ottenuta da una specifica prova in sito.

Si identificano, quindi, le seguenti le categorie del suolo di fondazione:

- A.** Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
- B.** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
- C.** Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
- D.** Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
- E.** Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

DECRETO 17 gennaio 2018

20-2-2018 Supplemento ordinario n. 8 alla GAZZETTA UFFICIALE

2.2 STENDIMENTI SISMICI CON METODO “MASW” CENNI METODOLOGICI

I metodi di Multichannel Analysis of Surface Waves, meglio noti con l’acronimo MASW, particolarmente apprezzati per la loro non invasività e praticità di esecuzione rispetto ad altri metodi sismici, negli ultimi 20 anni hanno riscosso una sempre maggiore attenzione in ambito geotecnico e ingegneristico, fino a diventare ormai di largo uso per la determinazione di modelli monodimensionali della velocità delle onde di taglio.

Diversamente dalle onde di volume, la cui velocità non dipende dalla frequenza, per le onde di superficie non esiste “una” velocità di propagazione ma ogni frequenza è caratterizzata da una propria velocità. Questo comportamento definito dispersione in frequenza è fortemente controllato dalle caratteristiche del mezzo in cui la propagazione avviene. Maggiore l’eterogeneità tra gli strati presenti, maggiore la dispersività del mezzo. All’estremo opposto, un mezzo omogeneo è invece poco dispersivo, o addirittura non dispersivo nel caso limite di un mezzo omogeneo e isotropo.

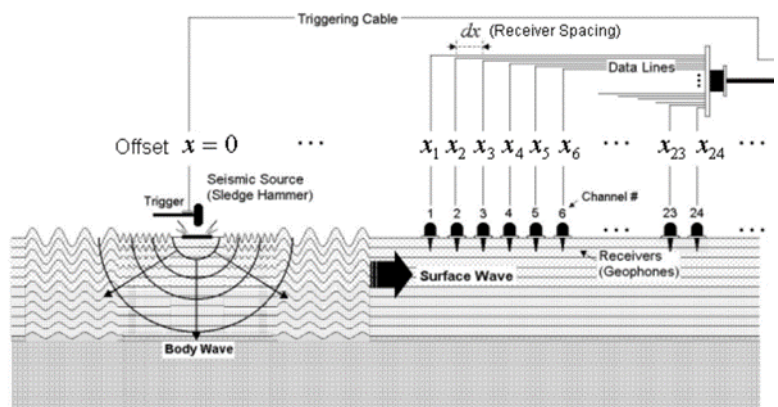


Fig. 5 - Schema della disposizione dei geofoni e del punto di energizzazione.

L’energia legata alle onde di superficie decade esponenzialmente allontanandosi dalla superficie stessa, e la trattazione matematica dimostra che il moto indotto alle particelle dal passaggio dell’onda è confinato in profondità non oltre una lunghezza d’onda. È chiaro quindi come al variare delle caratteristiche elastiche con la profondità, si abbiano ripercussioni sullo spettro di velocità ed è questo il principio alla base dei metodi MASW. Lunghezze d’onda minori sono condizionate solo dalle porzioni di terreno più prossime alla superficie, mentre lunghezze d’onda maggiori (o basse frequenze), penetrando il terreno più in profondità risentono anche di quanto si trova in basso nella colonna sismo-stratigrafica. Ne segue che la forma dello spettro di dispersione è una rappresentazione indiretta del sottosuolo, in cui il dominio delle alte frequenze è rappresentativo di quanto si trova nell’immediato sottosuolo, mentre procedendo verso le basse frequenze si collezionano informazioni a maggiore profondità.

METODI DI ANALISI

I metodi di prospezione sismica basati sulle onde di superficie adottano modelli fisico-matematici nei quali il sottosuolo viene schematizzato come una serie di strati piano paralleli sovrapposti, con caratteristiche elastiche lineari nei casi più semplici, oppure considerando il comportamento visco-elastico più realistico per i materiali naturali. Per ogni strato si possono definire i parametri principali che controllano la propagazione dell’energia elastica: spessore; densità; velocità di propagazione delle onde di taglio V_s ; coefficiente di Poisson; fattore di qualità (Q). A partire da questi è possibile ricavare le proprietà dispersive delle onde superficiali, definendo in questo modo il problema diretto che, note le caratteristiche del terreno, permette di descrivere la dispersione.

Nei metodi geofisici occorre invece affrontare il problema inverso, ossia, partendo dal dato sperimentale, si deve risalire al modello del terreno descrivendolo attraverso i parametri meccanici e sismici.

La procedura utilizzata può essere sintetizzata nelle tre seguenti fasi principali:

1. **Acquisizione dati e controllo qualità (QC):** registrazione (dominio del tempo) e osservazione dei dati sismici (dominio delle frequenze) per un intervallo sufficientemente ampio in termini sia di tempo (il ventaglio dispersivo deve essere interamente contenuto nel sismogramma), sia di frequenze (tipicamente 4.5÷60 Hz);
2. **Signal processing:** trattamento dei dati attraverso trasformata di Fourier, filtraggio e altre tecniche finalizzate all'estrazione delle caratteristiche di dispersione espresse come velocità di fase o gruppo in funzione della frequenza (spettro velocità di fase/frequenza);
3. **Processing/Inversione:** elaborazione del profilo monodimensionale di V_s mediante definizione di uno spazio di ricerca ottenuto iterativamente per modellazione diretta e affinamento mediante inversione numerica.

Come tutti i metodi geofisici, anche in questo caso la ricerca della soluzione del problema inverso è sottodimensionata. Una data curva/spettro di dispersione può essere quindi soddisfatta da "n" soluzioni dove per soluzione si intende in questo caso il log sismo-strigrafico composto di coppie spessore-velocità per ciascuno strato.


Esistono in letteratura numerosi metodi di inversione (Monte Carlo, minimi quadrati, algoritmi genetici, etc.), nessuno dei quali è però in grado di garantire la congruità della soluzione. Ragione per cui le tecniche più evolute, ormai adottate anche da alcuni softwares commerciali, hanno abbandonato l'approccio acritico puramente matematico in favore di un processing ragionato che attraverso la definizione di vincoli geologici prevede la preliminare definizione di uno spazio di ricerca quanto più ristretto possibile, che può essere spinto fino alla definizione del modello finale o affinato mediante inversione numerica.

ANALISI MULTI-COMPONENTE

Un ulteriore passo avanti nella riduzione dell'incertezza della soluzione è stato fatto in anni recenti da una parte della comunità scientifica adottando un approccio multi-componente.

Se è vero che il termine MASW rimanda solitamente alla procedura più comunemente utilizzata e nota, in cui la curva di dispersione è ricavata dalle onde di Rayleigh acquisite con geofoni verticali, è altrettanto vero che il panorama delle onde di superficie non è limitato ad esse ma comprende: le onde di Love, in cui il moto delle particelle avviene ortogonalmente alla direzione di propagazione; le onde di Scholte la cui propagazione avviene all'interfaccia tra un solido ed un fluido; o le onde di Stoneley che si propagano tra solido e solido. Le stesse onde di Rayleigh si propagano per moto ellittico retrogrado, pertanto si può distinguere tra una componente verticale ed una orizzontale.

In quanto onde di superficie questi diversi tipi di propagazione dell'energia elastica sono dispersivi, e come tali possono essere utilizzati per risalire alle proprietà del mezzo sottostante la superficie di propagazione. Tralasciando le Scholte e le Stoneley che trovano applicazioni nello studio dei fondali e nella sismica a riflessione marina le prime, o per l'analisi delle V_s nella sismica di pozzo le seconde, Love, Rayleigh verticale e Rayleigh

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI – LINEA TARANTO-BRINDISI					
INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA8E	00	D 69 IG	GE 00 05 001	A	9 di 17

orizzontale, ciascuna col proprio spettro di dispersione, offrono l'opportunità di collezionare una maggiore quantità di informazioni sull'oggetto dello studio. Nel caso ad esempio di una classica acquisizione in onde di Rayleigh associata ad una registrazione delle onde di Love, si hanno a disposizione due spettri di dispersione. Ciascuno, se trattato indipendentemente ammette più di una soluzione in quanto come detto il problema è sottodimensionato. Un approccio multi-componente consente però di scartare dall'insieme delle "nR" soluzioni valide per la dispersione delle Rayleigh, tutte quelle che non soddisfino anche la dispersione delle Love, e viceversa. Spingendo ancora oltre lo stesso approccio metodologico, la verifica della congruenza del modello con un terzo dataset, ad esempio la componente orizzontale delle Rayleigh o una curva HVSR ottenuta per registrazione passiva a stazione singola, andrebbe ad incrementare drasticamente la robustezza del modello finale.

Pertanto, al costo di un contenuto aumento delle attività di campo e di processing, è possibile migliorare sensibilmente la robustezza del risultato perseguito, riducendo drasticamente l'ambiguità intrinseca e rendendo il metodo meno dipendente dalle informazioni accessorie, spesso insufficienti a vincolare adeguatamente il campo di ricerca.

FVS INVERSION


La complessità delle dispersioni, se affrontate con il metodo delle curve modali, pongono spesso il tecnico nelle condizioni di dover eseguire delle scelte interpretative basate sull'esperienza piuttosto che su informazioni oggettive. Le più recenti tecniche di inversione full velocity spectrum (Dal Moro, 2014; Dal Moro et al., 2014), costituiscono un approccio meno "soggettivo" e pertanto più robusto.

Infatti, mentre lavorando con le curve modali l'interprete deve necessariamente definire l'ordine gerarchico dei modi (fondamentale, primo, etc.), cosa non sempre di facile soluzione, l'approccio FVS consiste nel cercare di riprodurre quanto più fedelmente possibile l'intero spettro di velocità (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) evitando qualunque ambiguità potenzialmente introdotta dall'interpretazione delle curve di dispersione modale.

2.3 MODALITÀ ESECUTIVE DELL'INDAGINE

ACQUISIZIONE DATI

L'acquisizione di un set di dati per l'indagine MASW si esegue mediante uno stendimento di sensori, solitamente da 12 a 24 velocimetri con frequenza caratteristica di 4.5 Hz, rigorosamente allineati con la sorgente. Distanza intergeofonica ed offset minimo vengono in genere definiti in base al contesto geologico ed alle condizioni logistiche. In generale, dispositivi geofonici con lunghezze di 50÷70 m e due o tre punti di energizzazione posti a distanze comprese tra 5.0 e 15.0 metri dal primo ricevitore, consentono una buona definizione degli spettri di frequenza in quasi tutte le condizioni. Terreni particolarmente lenti possono necessitare di stendimenti di maggiore lunghezza affinché la profondità di esplorazione raggiunga il target richiesto, o l'abbinamento di qualche tecnica passiva (es, ESAC o MAAM, tralasciando l'ormai obsoleta REMI), per definire adeguatamente la porzione bassa dello spettro. Stendimenti di lunghezze inferiori a 45-50m portano solitamente ad un deterioramento della

	PROGETTO DEFINITIVO NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI – LINEA TARANTO-BRINDISI					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. A

qualità dello spettro alle basse frequenze per campionamento spaziale insufficiente, e sono generalmente da evitare.

L'elenco completo delle indagini sismiche eseguite è riportato nella tabella successiva (Tab. 1). In essa vengono indicate le caratteristiche specifiche, compresi i parametri di acquisizione, mentre i risultati vengono presentati nelle pagine successive in apposite tavole grafiche, cui si rimanda per l'analisi di dettaglio delle singole stese. La posizione di tutti gli stendimenti sono stati concordati con la D.L.

Linea	Lunghezza	Geofoni	Array	Passo	Shots	Energizzazione	Acquisizione	Campionamento
MASW01	60 m	Verticali	Onde Rayleigh (V)	2.50 m	2	Mazza 8 Kg su Piastra	1500 ms	500.0 μ s

Tab. 1 Elenco delle linee sismiche realizzate e relative caratteristiche geometriche e parametri di acquisizione.

SORGENTI ONDE SISMICHE E STRUMENTAZIONE

La generazione delle onde di superficie avviene mediante idonei strumenti utili ad enfatizzare le diverse tipologie di perturbazione elastica desiderata. Nel caso delle onde di Rayleigh l'onda viene generata percuotendo verticalmente il terreno con una mazza da 5-8kg. Si ricorre al fucile sismico o ad un grave in caduta in caso di terreni particolarmente scadenti. Un trave in legno ben accoppiato con il terreno e colpito lateralmente con una mazza da 5-8kg o un pendolo di massa superiore, consente invece di generare le onde di Love.


In funzione del tipo di componente che si desidera registrare è necessario adottare i sensori opportuni. Come già detto i ricevitori impiegati sono solitamente velocimetri (geofoni) a frequenza caratteristica di 4.5Hz, essendo questo il miglior compromesso tra capacità risolutiva, costi ed ergonomicità. Geofoni verticali consentono la registrazione della componente verticale delle Rayleigh, mentre la componente orizzontale si registra con geofoni ad asse orizzontale disposto secondo la linea sismica e allineato con la sorgente. Gli stessi sensori orizzontali disposti invece trasversalmente all'allineamento permettono la registrazione delle onde di Love.

2.4 ELABORAZIONE DATI E RISULTATI

Acquisizione dati, pre-processing e processing dati sono eseguiti con i seguenti softwares commerciali:

1. Fron End Express, Geogiga Technology Corp, ultimo aggiornamento novembre 2019.
2. WinMASW 2019 Acd, da Eliosoft srl, ultimo aggiornamento maggio 2020.

Dall'analisi dei dati acquisiti è stato possibile definire i principali orizzonti sismostratigrafici calcolando un profilo verticale di Velocità sismiche VS; è bene sottolineare che la restituzione finale rappresenta una soluzione monodimensionale del profilo di velocità media. Il modello interpretativo oltre profondità di 10 metri dal p.c. non si ritiene attendibile e si vuole ribadire come diversi possono essere i profili Vs che potevano essere rappresentativi.

	PROGETTO DEFINITIVO NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI – LINEA TARANTO-BRINDISI					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. A

Il parametro calcolato è risultato essere: **Vs,eq 335 m/s**; il calcolo è effettuato per una profondità riferita all'attuale piano campagna.

I valori riportati ricadono nella categoria “C” del riferimento normativo NTC 2018 (dm 17/01/2018): depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s. In allegato alla presente i risultati delle elaborazioni.


3. INDAGINI SPETTRALI HV

L'ubicazione territoriale della prova è riportata nella foto aerea in fig. 6.



Fig. 6 - Prova “HVSr” riportata in foto aerea.

Il metodo HVSr si basa sull'acquisizione e analisi del rumore sismico, ovvero quelle vibrazioni del suolo dovute sia a cause antropiche sia naturali, attraverso misure a stazione singola. rientra dunque nei metodi sismici di tipo passivo, e come tale non è in grado di fornire ricostruzioni sismo-stratigrafiche di dettaglio. tuttavia presenta aspetti peculiari di estremo interesse, in quanto attraverso l'analisi del rapporto di ampiezza fra le componenti orizzontali e verticali del moto secondo il metodo nakamura (1989), è possibile identificare le modalità di vibrazione del terreno e individuare la frequenza fondamentale (f) di questa vibrazione. sapendo che in generale esiste una relazione semplice fra f , lo spessore della parte più soffice del terreno (ovvero la parte di materiali

	PROGETTO DEFINITIVO NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI – LINEA TARANTO-BRINDISI					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IA8E	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. A

sovrastante il bed-rock) e la velocità media (vs) delle onde simiche nel sottosuolo (possibilmente ricavata con altri metodi), attraverso le misure HVSR è inoltre possibile stimare lo spessore di questo strato.

3.1 MODALITÀ ESECUTIVE DELL'INDAGINE

ACQUISIZIONE DATI

Per l'acquisizione di tale indagine si è provveduto a ripulire per quanto possibile la superficie di appoggio. Nonostante la antropica dei terreni di cui sono costituite le aree selezionate per le acquisizioni HV si è potuto posizionare il geofono con punte coniche completamente infisse. I sensori orizzontali sono stati orientati secondo il nord magnetico ed ortogonalmente ad esso. Il controllo della verticalità avviene mediante apposita bolla presente sul corpo dello strumento. Per favorire la pulizia del segnale, sismografo, computer e qualunque altra fonte di rumore potenzialmente presente tra le attrezzature al seguito sono state collocate a circa 3 m di distanza dal sensore triassiale, sfruttando interamente la lunghezza del cavo di connessione.

STRUMENTAZIONE

Per l'acquisizione di microtremiti viene impiegato il sensore triassiale Gemini 2, prodotto da PASI Geophysics, con acquisizione e salvataggio dei dati direttamente su PC collegato mediante cavo USB. Lo strumento è dotato di 3 sensori calibrati (velocimetri) che rilevano contemporaneamente i segnali sismici dalle tre direzioni ortogonali: NS; EW e UD (verticale), trasformandoli in impulsi elettrici. E' dotato di un sistema di livellamento mediante bolla ed indici di direzione. Di seguito le caratteristiche tecniche:

- Frequenza dei velocimetri 2.0Hz±10%;
- Resistore di isolamento > 10M2
- sensibilità 2V/cm*S-1±10%;
- Temperatura circostante -25°C ~ +55°C
- Resistore interno 5.8kΩ±5%;
- Dimensioni Ø128 x 80 mm
- Fattore di umidità 0.7 ± 10%
- Peso 2.3 Kg.
- Distorsione armonica < 0.2%

3.2 ELABORAZIONE DATI

Per il trattamento e l'analisi di dati HVSR vengono utilizzati i seguenti software:

1. WinMasw© della Eliosoft s.r.l., nella versione 2019 Academy;
2. Geopsy, sviluppato dal team del progetto SESAME, versione 2.9.

L'allegato "ALLEGATO 2 NASISI_HVSR" mostra i risultati dell'elaborazione.



PROGETTO DEFINITIVO

NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI – LINEA TARANTO-BRINDISI

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA8E	00	D 69 IG	GE 00 05 001	A	13 di 17

4. ALLEGATI

4.1 ALLEGATO 1 NASISI_MASW

4.2 ALLEGATO 2 NASISI_HVSR



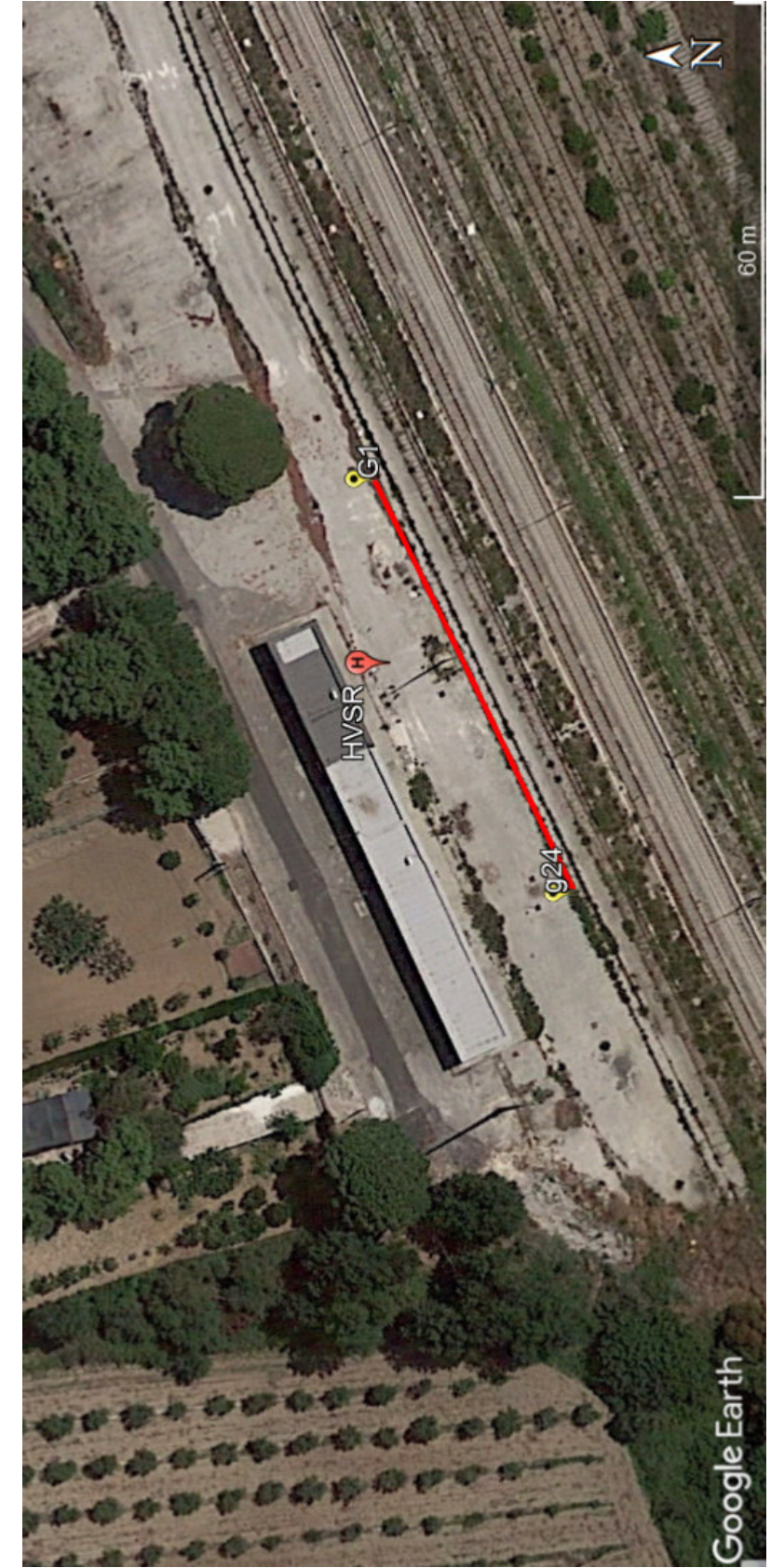
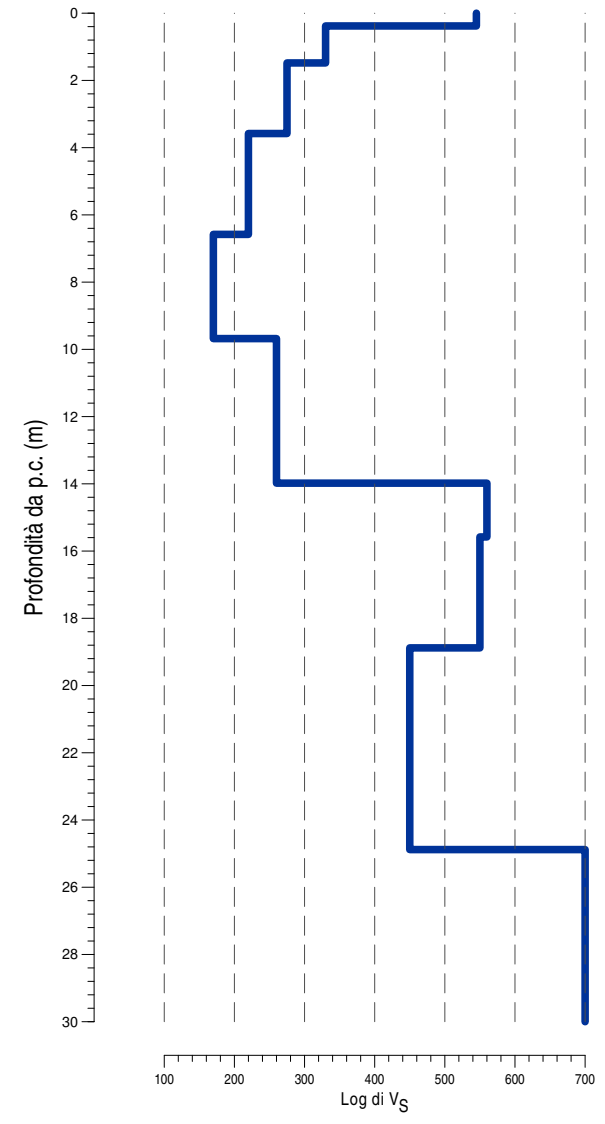
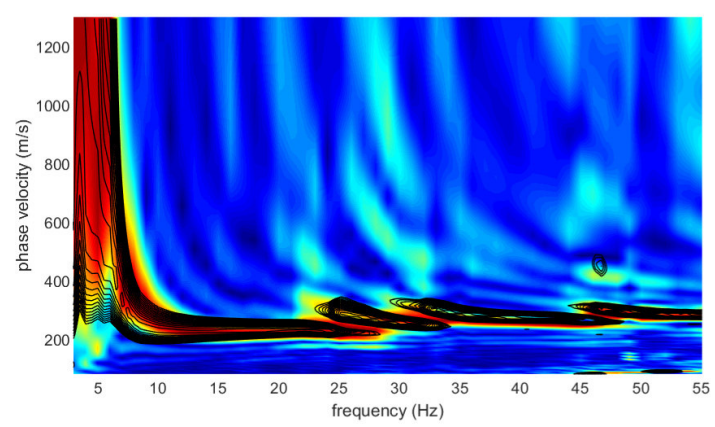
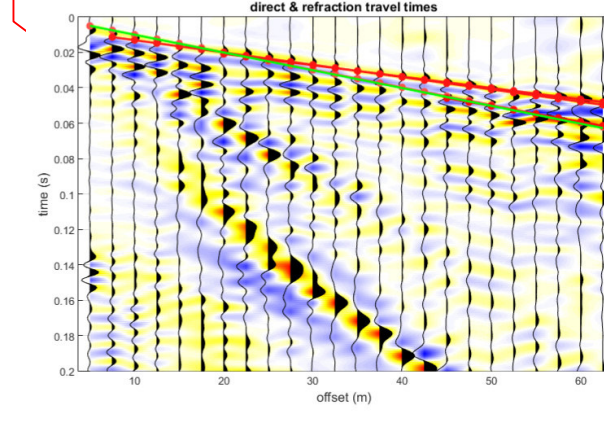
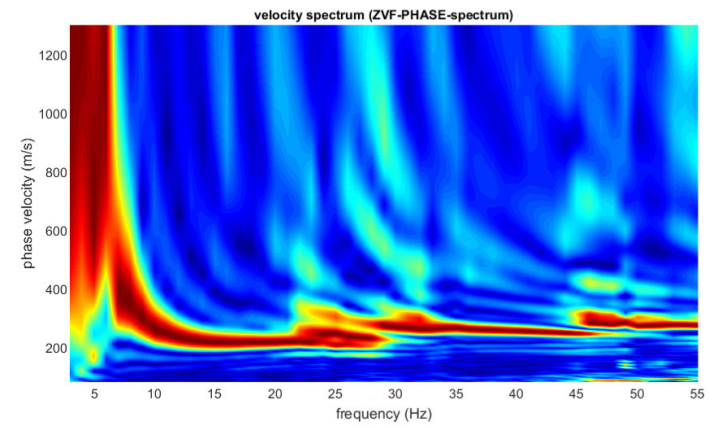
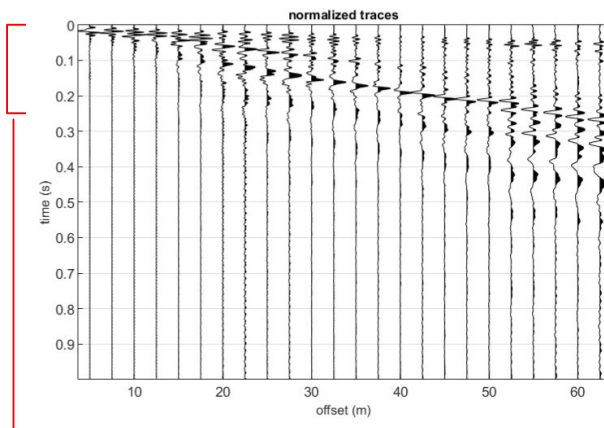
PROGETTO DEFINITIVO

**NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI – LINEA TARANTO-
BRINDISI**

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	REV.	FOGLIO
IA8E	00	D 69 IG	A	14 di 17

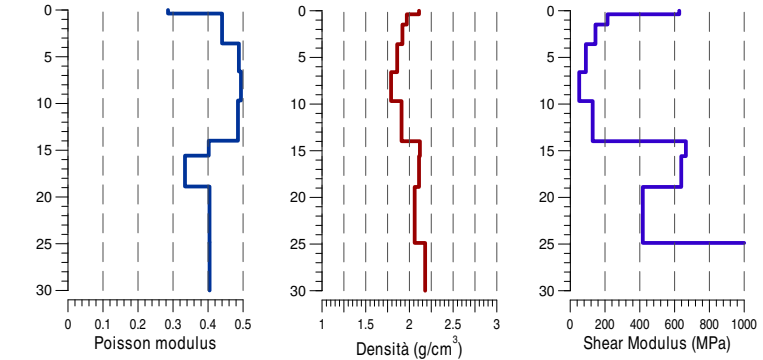
4.1 ALLEGATO 1 NASISI_MASW



In alto: sismogramma common shot gather a 24 tracce (rappresentazione del dato acquisito nel dominio spazio-tempo); acquisizione finalizzata alla registrazione delle onde di Rayleigh (componente verticale o ZVF), ottenuta per stack verticale di un numero minimo di 4 energizzazioni eseguite con mazza da 6kg, impatto verticale su piastra in acciaio. In basso ingrandimento sui primi arrivi rifratti con proiezione delle dromocrona sintetiche relative al modello sismo-stratigrafico ottenuto. Il modulo di Poisson viene assegnato durante la modellazione in base alla tipologia di terreno, mentre per gli strati più superficiali viene calibrato per riprodurre i primi arrivi rifratti (quando visibili); in caso di terreni sciolti saturi, il modulo Poisson viene calcolato per soddisfare la condizione $V_p = 1500 \text{ m/s}$.

In alto: spettro delle velocità di fase (dato sperimentale); In basso: confronto per sovrapposizione tra lo spettro sintetico (contouring nero) delle velocità di fase ottenuto per modellazione diretta mediante analisi FVS (full velocity spectrum), e lo spettro sperimentale (in scala color).

Layer	h (m)	Vs (m/s)	top (m)	bottom (m)	Density (g/cm ³)	Poisson (adim.)
1	0.4	545	0.0	0.4	2.1	0.286
2	1.1	330	0.4	1.5	2.0	0.440
3	2.1	275	1.5	3.6	1.9	0.440
4	3.0	220	3.6	6.6	1.9	0.488
5	3.1	170	6.6	9.7	1.8	0.494
6	4.3	260	9.7	14.0	1.9	0.485
7	1.6	560	14.0	15.6	2.1	0.402
8	3.3	550	15.6	18.9	2.1	0.334
9	6.0	450	18.9	24.9	2.1	0.404
10	8.0	700	24.9	-	2.2	0.40



Modello sismostratigrafico: descrizione in termini di velocità e spessori della colonna sismo-stratigrafica. Gli strati profondi (prof. >30-35m) hanno valore puramente indicativo non essendo sufficientemente vincolabili, tuttavia risultano utili a guidare l'inversione verso un insieme di soluzioni geologicamente plausibili, escludendo quelle non compatibili con il contesto geologico. Densità secondo: Gardner, G.H.F., Gardner, L.W., Gregory, A.R., 1974. Formation velocity and density-the diagnostic basis for stratigraphic trap. Geophysics 39, 770-780.

Log di velocità delle onde di taglio (profilo monodimensionale di velocità delle onde S); Moduli di Poisson assegnati al modello finale; Densità calcolata secondo Gardner et al. (1974), espressa in g/cm³; Modulo di taglio: noti Vs e Densità è possibile calcolare il modulo di taglio (espresso in MPa). È implicito che il valore dei moduli dinamici così derivati è puramente indicativo.

VSeq (m/s) 335
 VS30 (m/s) 335
 Profondità equivalente (m) >30

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Categoria di sottosuolo: ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II (NTC2018 - DM del 17-01-18), si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VSeq (in m/s)

COMMESSA
 Taranto Nasisi

PROGETTO
 LINEA TARANTO-BRINDISI, NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI
 Indagini Geofisiche

OGGETTO
 INDAGINI SISMICHE
 Multichannel Analysis of Surface Waves

TAVOLA
 n°1/2 - MASW1

COMMITTENTE
 ITALFERR
 Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane

RICHIEDENTE
 Dott. Geol. A.D'Arcangelo

PROCESSING
 Dott. L. Allacorta

APPROVAZIONE
 Dott. Geol. A. Reale

GEOTEC SPA
 SOIL INVESTIGATION & LAND SURVEYING
 Head office Tel. +39 0874 481868
 Via G. Barbato, 20 www.geotecspa.com
 86100 Campobasso, Italy info@geotecspa.com



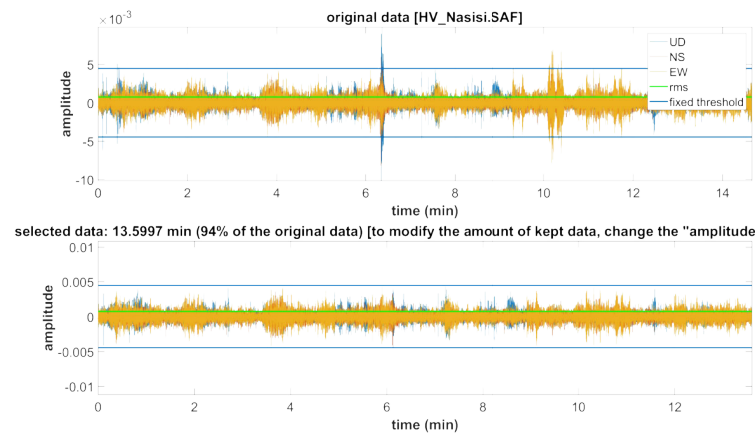
PROGETTO DEFINITIVO

**NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI – LINEA TARANTO-
BRINDISI**

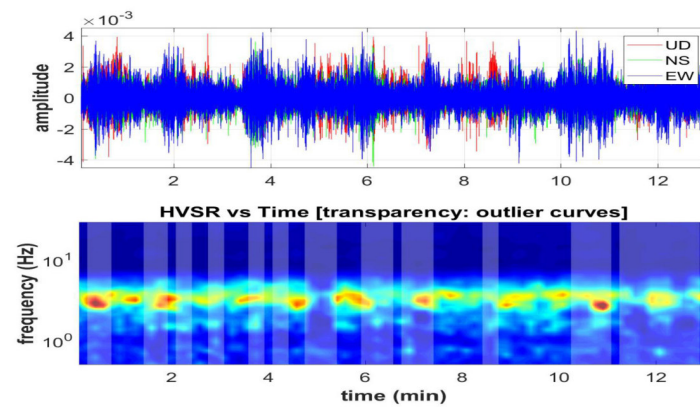
INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	REV.	FOGLIO
IA8E	00	D 69 IG	A	16 di 17

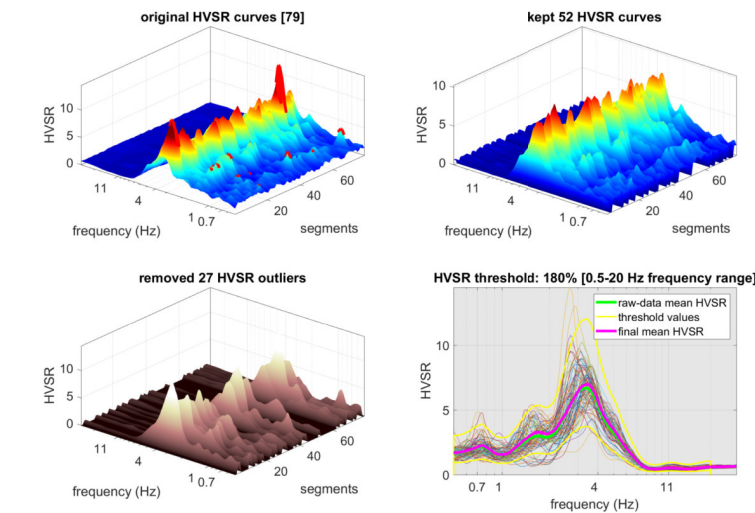
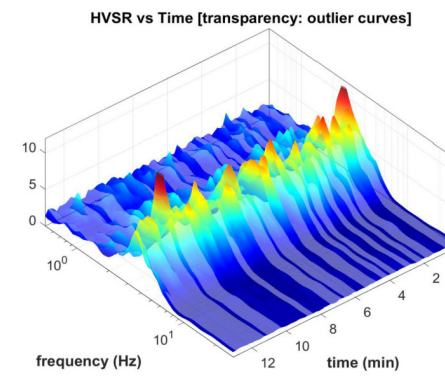
4.2 ALLEGATO 2 NASISI_HVSR



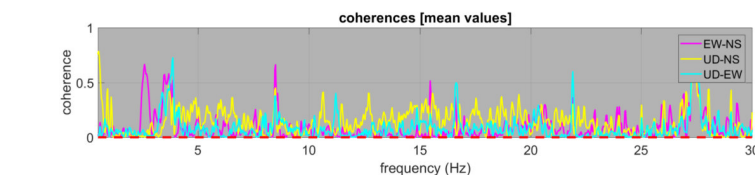
Data cleaning: rimozione di eventi caratterizzati da ampiezza anomala rispetto al segnale medio registrato, solitamente di origine antropica (traffico stradale; rumori industriale; passi in prossimità del sensore...). Nella figura superiore (dominio tempo-ampiezza), sono riportate le registrazioni per ciascuno dei tre canali attivi (UD; NS; EW), il valore medio ed i valori di soglia impostati; nella figura inferiore il segnale filtrato (in didascalia il totale del segnale residuo, in minuti e come % della durata iniziale).



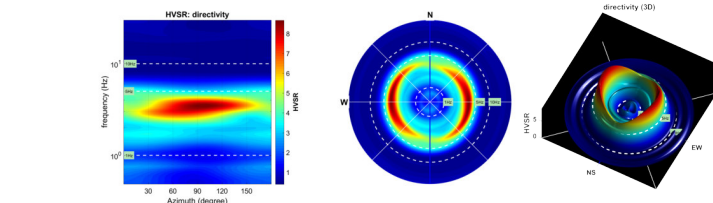
Persistenza: verifica della stazionarietà temporale del segnale, che per essere considerato di origine stratigrafica non può avere interruzioni temporali significative. In trasparenza gli intervalli le cui curve HV vengono considerate anomale in base ai parametri di filtraggio; dx) rappresentazione tridimensionale frequenza-finestra-tempo-ampiezza.



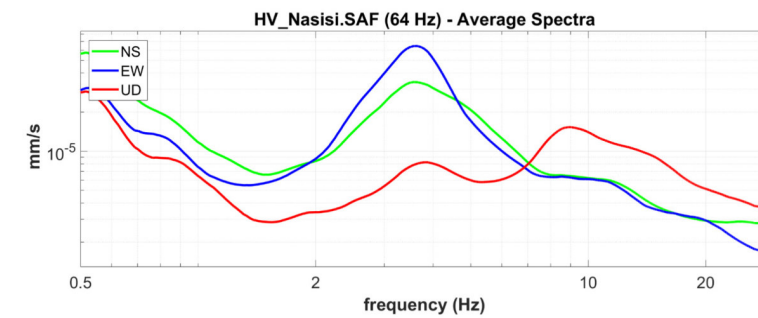
HVoutliers: il grafico stack di tutte le curve HV calcolate consente di individuare le curve anomale e di impostare una soglia di rigetto. L'intervallo di ascolto viene suddiviso in intervalli di ampiezza costante (segments), definita in funzione della frequenza del picco da analizzare (più bassa la frequenza, maggiore l'ampiezza della finestra, minore il numero di finestre a parità di tempo di registrazione).



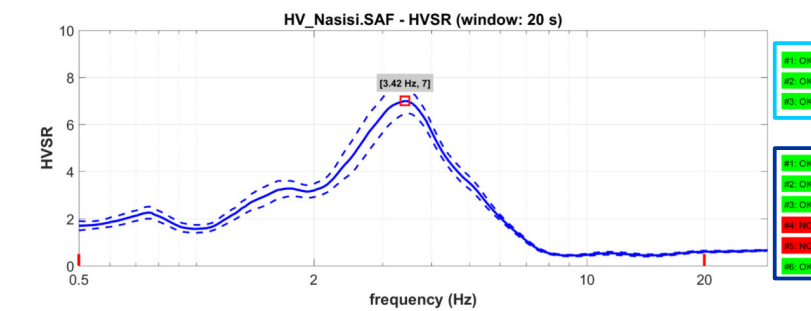
Coerenza: funzione di coerenza calcolata per tutti i segmenti dell'intervallo di ascolto delle tre coppie UD-NS, UD-EW, EW-NS. Operazione propedeutica al riconoscimento di segnali di origine antropica in quanto un aumento delle ampiezze (funzione di coerenza tendente ad 1), su una o più coppie di canali, può generare un picco nella curva HV senza alcuna attinenza con la realtà geologica.



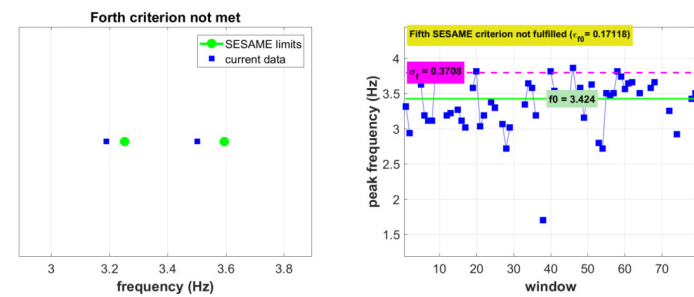
Direzionalità: verifica della direzionalità del segnale mediante rappresentazione grafica cartesiana e polare (2D e 3D). Nella rappresentazione polare gli assi NS ed EW coincidono con quelli strumentali (direzioni di oscillazione dei due sensori disposti nel piano orizzontale).



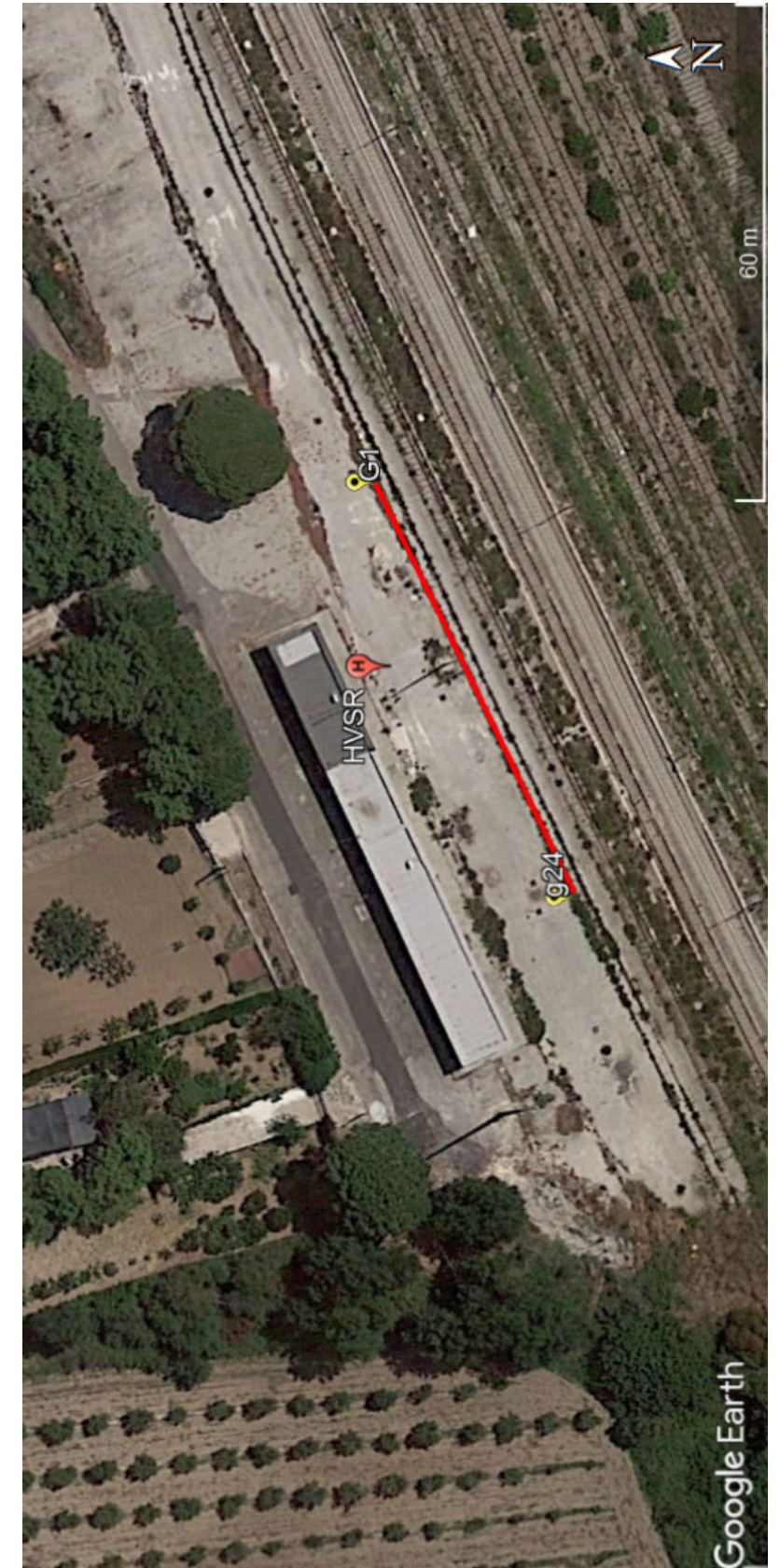
Segnale medio e curva HV: grafico superiore) grafico frequenza-ampiezza dei segnali medi per i tre canali attivi, calcolati secondo i parametri sotto indicati (HV computation); nel grafico inferiore curva HV (rapporto spettrale medio), le barre verticali rosse indicano l'intervallo di frequenze in cui sono calcolati i criteri "sesame" (box celeste: criteri di affidabilità della curva; box blu: criteri di affidabilità del picco; evidenziati in rosso quelli non soddisfatti). In mancanza di un picco significativo la valutazione dei criteri perde di significato.



HV computation
 record length (min): 15
 windows length (sec): 20
 amplitude threshold: 6
 HVSr threshold: 180%
 spectral smoothing: 20%



Criteri: verifica dei criteri SESAME n° 4 (sx) e 5 (dx). In caso di assenza di picco HV la verifica perde di significato.



COMMESSA
Taranto Nasisi

PROGETTO
LINEA TARANTO-BRINDISI, NUOVA STAZIONE DI TARANTO NASISI
Indagini Geofisiche

COMMITTENTE
ITALFERR
Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane

RICHIEDENTE
Dott. geol. A.D'Arcangelo

OGGETTO
INDAGINI SISMICHE
Horizontal to Vertical Spectral Ratio

PROCESSING
Dott. L. Allacorta

TAVOLA
n°2/2 - HVSr1

APPROVAZIONE
Dott. Geol. A. Reale

GEOTEC SPA

SOIL INVESTIGATION & LAND SURVEYING
 Head office Tel. +39 0874 481868
 Via G. Barbato, 20 www.geotecspa.com
 86100 Campobasso, Italy info@geotecspa.com