

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE

PROGETTO DEFINITIVO

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
I LOTTO FUNZIONALE APICE – IRPINIA

INDAGINI GEOFISICHE

SCALA:

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

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE	P. Chiara	Giugno 2017	S. Giugliano	Giugno 2017	D. Aprea	Giugno 2017	F. Marchese Giugno 2017

File: IF0G00D69IGGE005010A.doc

ITALFERR S.p.A.
Dott. Geologo Francesco MARCHESI
D.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE
Ordine Geologi Lazio n. 179/ES
Elab.
Resp.

INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
1.1	PREMESSA E SCOPI DELL'INDAGINE GEOFISICA.....	3
2.	DATI GEOGNOSTICI DI RIFERIMENTO	4
3.	METODOLOGIE IMPIEGATE.....	4
3.1	INDAGINE SISMICA PER ONDE SUPERFICIALI MASW	4
3.1.1	Principi di funzionamento e cenni sul metodo	4
3.1.2	Strumentazione utilizzata, configurazione di indagine, codice di configurazione ed inversione dati	5
4.	RISULTATI	7
4.1	ORGANIZZAZIONE DELLE TAVOLE NELL'ALLEGATO GRAFICO 1 ..	7
4.2	ANALISI DEI RISULTATI	7
4.2.1	Area MASW FA09	7
5.	BIBLIOGRAFIA.....	9
6.	ALLEGATO GRAFICO N.1 – TAVOLE 1 E 2	10

	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – IRPINIA					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IFOG	LOTTO 00 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 010	REV. A

1. INTRODUZIONE

1.1 Premessa e scopi dell'indagine geofisica

La presente relazione illustra i risultati della prospezione geofisica non invasiva, condotte secondo le modalità previste nelle specifiche tecniche Italferr, eseguita presso la Stazione di Paduli (BN), per il progetto definitivo del II Lotto funzionale Apice – Irpinia, riguardante il raddoppio della Tratta Apice – Orsara, della linea ferroviaria ad alta velocità Napoli-Bari.

Le prospezioni geofisiche sono state condotte utilizzando la metodologia sismica M.A.S.W..

Le indagini MASW consentono invece di ottenere la distribuzione monodimensionale della velocità di propagazione delle Onde di Taglio Vs, lungo un profilo verticale, utile alla attribuzione della categoria dei suoli pertinenti all'area di indagine ed ai fini della valutazione degli effetti sismici locali, propedeutici alla corretta progettazione delle opere ferroviarie e/o di viabilità connesse.

Le informazioni inerenti la stratigrafia e le litologie locali mediamente presenti nel sottosuolo, necessarie per i confronti di "taratura" delle indagini geofisiche, derivano dalle stratigrafie ricostruite dai sondaggi a carotaggio continuo realizzate nelle vicinanze delle varie aree di indagine relative alla presente tratta.

Nell'area ubicata in Figura 1 e alla Tavola 1 dell'Allegato grafico alla presente, è indicata l'area di allestimento della stesa sismica per onde superficiali con tecnica multicanale identificata con l'acronimo inglese M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves).



Figura 1: Ubicazione di dettaglio indagine MASW FA09

	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – IRPINIA					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0G	LOTTO 00 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 010	REV. A

2. DATI GEOGNOSTICI DI RIFERIMENTO

L'assetto geologico locale, nella stazione di Paduli (BN), come anticipato in premessa, è noto sulla base della stratigrafia derivata dal sondaggio a carotaggio continuo FA09, realizzato in prossimità dell'area di prospezione geofisica.

3. METODOLOGIE IMPIEGATE

3.1 INDAGINE SISMICA PER ONDE SUPERFICIALI MASW

3.1.1 Principi di funzionamento e cenni sul metodo

La tecnica MASW sfrutta la propagazione delle onde superficiali (o di Rayleigh), la quale avviene, in un mezzo eterogeneo, secondo modalità dispersive. Cioè, a differenti frequenze, corrispondono velocità di fase diverse: in particolare la dispersione geometrica, in opposizione alla dispersione intrinseca dei materiali, dipende dalle geometrie (spessori) delle formazioni o delle stratificazioni attraversate.

In un terreno non omogeneo o stratificato avente proprietà meccaniche variabili, il comportamento delle onde superficiali varia con tali caratteristiche. Differenti lunghezze d'onda, pertinenti a diverse profondità, coinvolgono materiali con disuguali proprietà meccaniche: ciascuna lunghezza d'onda si propaga secondo velocità di fase dipendenti dalle medesime proprietà meccaniche di cui sopra.

Le onde di superficie dunque non possiedono una singola velocità bensì una velocità di fase in funzione della frequenza; la relazione tra frequenza e velocità di fase è contenuta nelle curve di dispersione e di attenuazione. Attraverso un procedimento matematico di inversione è possibile risalire ai profili verticali delle onde di taglio S, proporzionali alle velocità di fase delle onde di superficie secondo un coefficiente invariabile.

Il metodo MASW, impiegato solo qualitativamente ai fini della ricostruzione sismo-stratigrafica di massima, è invece efficace per il calcolo speditivo del parametro V_{s30} .

Il parametro V_{s30} è calcolato come sommatoria (nei 30 metri di spessore del sottosuolo, nel nostro caso a partire dalla quota del piano campagna) dei valori delle velocità di intervallo, pesati rispetto agli spessori associati alla stratificazione dei materiali.

$$V_{s30} = 30 \frac{1}{\sum_{i=1}^N h_i \overline{V}_i}$$

Dal valore del parametro V_{s30} è possibile risalire alla categoria di suolo secondo il D.M. 14 Gennaio 2008 dal quale sono tratte le successive tabelle.

	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – IRPINIA					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IFOG	LOTTO 00 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 010	REV. A

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
S1	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

3.1.2 Strumentazione utilizzata, configurazione di indagine, codice di configurazione ed inversione dati

L'indagine per onde superficiali è stata condotta secondo le seguenti specifiche:

- Impiego di Sismografo a 48 canali e dinamica del convertitore analogico digitale a 24 Bit, impiegato in configurazione a 24-48 canali;
- 24-48 geofoni con frequenza naturale a 4.5Hz, distanza intergeofonica pari a 2m;
- piastra di battuta in alluminio;



Figura 2: Sismografo digitale a 24 bit.

- massa battente da 12Kg con interruttore starter e cavo trigger;
- finestra di acquisizione pari a 2 secondi.

La tecnica di trattamento dati utilizzata è basata sul “f-k processing”. I file grezzi subiscono un primo “processing” di muting selettivo per eliminare le tracce o le porzioni di tracce ad elevato rumore. Quindi si esegue un calcolo della FFT usando un “windowing” opportuno. Attraverso una procedura semiautomatica si ricercano i massimi dello spettro (ricerca degli zeri della funzione secolare di Rayleigh) per ricavare i punti appropriati per la costruzione della curva di dispersione da utilizzarsi in un processo di inversione multimodale.

La tecnica di trattamento dati utilizzata è stata ottimizzata utilizzando un Software commerciale validato (SWAN, Italia).

	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – IRPINIA					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0G	LOTTO 00 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 010	REV. A

4. RISULTATI

4.1 Organizzazione delle Tavole nell'Allegato Grafico 1

Nell'Allegato Grafico No. 1, è riportato il sismogramma medio utilizzato per l'elaborazione, relativa ad ogni area di indagine, il profilo monodimensionale di velocità onde S inerente, unitamente allo spettro F-K e alle curve di dispersione sperimentale oggetto del "picking" dei massimi sulla curva F-K e, sovrapposta, quella ottimizzata secondo il modello interpretativo che meglio si accoppia a quello sperimentale.

Nei paragrafi seguenti, è invece trattato il calcolo della V_{s30} e l'attribuzione del valore alla classe di suolo idonea.

L'allegato grafico No.1 è composto da 2 Tavole:

- Le tavole 1 e 2 sono relative all'indagine di sismica MASW FA_09 presso la Stazione di Paduli (BN).

4.2 Analisi dei risultati

Nella presente indagine, in fase di elaborazione dei dati, il comportamento sismostratigrafico nei primi 30m a partire dal piano di calpestio (di seguito indicato come p.c.) è stato ottimizzato con un modello a 30 sismostrati, ciascuno indicativamente di uguale spessore minimo pari a 1m. Questa procedura permette di approssimare al meglio il modello fisico reale della velocità delle onde S nel sottosuolo, caratterizzandolo secondo variazioni graduali quasi continue all'interno dei terreni oggetto di prospezione. Tale approccio consente di accrescere la confidenza tra la curva sperimentale di dispersione e quella del modello ai fini dell'inversione, permettendo di ottenere una curva Velocità onde S – Spessori in funzione della profondità del sottosuolo, la più attendibile possibile.

Nel presentazione dei risultati, è raffigurato dapprima il sismogramma medio utilizzato per l'elaborazione, quindi il profilo monodimensionale di velocità onde S, unitamente allo spettro F-K e alla curve di dispersione sperimentale oggetto del "picking" dei massimi sulla curva F-K; sovrapposta a quest'ultima, è tratteggiata la curva ottimizzata secondo il modello interpretativo che meglio si accoppia a quello sperimentale. Sono riportati infine il calcolo della V_{s30} e l'attribuzione del valore alla classe di suolo idonea.

4.2.1 Area MASW FA09

A seguito dell'indagine e dell'elaborazione effettuata, i risultati del MASW FA09 sono riassunti nella tabella sottostante.

Sismostrato	Spessore (m)	Profondità (m dal p.c.)	Vs (m/s)
1	1	0	265
2	1	1	126
3	1	2	162
4	1	3	209
5	1	4	274
6	1	5	314
7	1	6	359
8	1	7	406
9	1	8	451
10	1	9	493
11	1	10	531
12	1	11	567
13	1	12	600
14	1	13	631
15	1	14	660
16	1	15	687
17	1	16	712
18	1	17	734
19	1	18	755
20	1	19	773
21	1	20	790
22	1	21	805
23	1	22	818
24	1	23	830
25	1	24	840
26	1	25	849
27	1	26	856
28	1	27	862
29	1	28	867
30	INF	29	871

Tabella 4.2.1.1 – Modello a 30 sismostrati, con identificazione, per ogni intervallo di 1m, della distribuzione di velocità dei terreni indagati con metodologia M.A.S.W..

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m di profondità, è possibile determinare una velocità equivalente Vs₃₀ rappresentativa del sito in esame. Secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica "O.P.C.M. n° 3274/2003" e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M. 14/01/2008) e sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8, il valore calcolato di Vs₃₀ è pari a

$$Vs_{30}=467 \text{ m/s.}$$

Vista la stratigrafia presente, i profili di velocità delle onde di taglio e il valore di Vs₃₀ si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo "B".

	ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – IRPINIA												
INDAGINI GEOFISICHE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IFOG</td> <td>00 D 69</td> <td>IG</td> <td>GE0005 010</td> <td>A</td> <td>9 di 12</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IFOG	00 D 69	IG	GE0005 010	A	9 di 12
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IFOG	00 D 69	IG	GE0005 010	A	9 di 12								

5. BIBLIOGRAFIA

- AKI K., 1964. A note on the use of microseisms in determining the shallow structures of the earth's crust, *Geophysics*, 29, 665–666.
- BEN-MENACHEM A. E SINGH S.J., 1981. *Seismic Waves and Sources*, Springer-Verlag, New York.
- COFFEEN, J.A., 1978. "Seismic exploration fundamentals". Pubb. Co.;
- DOBRIN, M.B., 1976. "Introduction to Geophysical prospecting". McGraw-Hill Book Co.;
- FOTI S., 2000, Multi-Station Methods for Geotechnical Characterisation Using Surface Waves, PhD Diss., Politecnico di Torino, 229 pp.;
- MCMECHAN G.A., YEDLIN M.J., 1981, Analysis of dispersive wave by wave field transformation, *Geophysics*, 46, 869-874;
- NAZARIAN S., STOKOE K.H., 1986, Use of surface waves in pavement evaluation, *Transp. Res. Rec*, 1070, 132-144;
- PARK C.B., MILLER R.D., XIA J., 2001, Offset and resolution of dispersion curve in multichannel analysis of surface waves (MASW), *proc. SAGEEP 2001*;
- STOKOE K.H., WRIGHT S.G., BAY J., ROESSET J.M., 1994, characterization of geotechnical sites by SASW method, in *Geophysical characterization of sites*, (ISSMFE TC#10) by R.D. Woods (ed), Oxford & IBH Publ., pp. 15-25;
- XIA J., MILLER R.D., PARK C.B., 1999, Estimation of near-surface shear-wave velocity by inversion of Rayleigh waves, *Geophysics*, 64, 691-700.



ITINERARIO NAPOLI - BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA
I LOTTO FUNZIONALE APICE – IRPINIA

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IFOG	00 D 69	IG	GE0005 010	A	10 di 12

6. ALLEGATO GRAFICO N.1 – TAVOLE 1 e 2

INDAGINI SISMICHE MASW FA09

Ubicazione Indagine



Immagine Esecuzione Indagine



Immagine Area Indagine



Per la
**SOING Strutture e
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani
VERIFICA A. Morelli
APPROV. P. Chiara

TAVOLA

1

OGGETTO
Area Indagine sismica
MASW FA09

**STAZIONE DI
PADULI (BN)**

**Progetto Definitivo
Itinerario Napoli - Bari**

**Raddoppio Tratta
APICE - ORSARA
I Lotto funzionale
APICE - IRPINIA**

INDAGINI SISMICHE MASW FA09

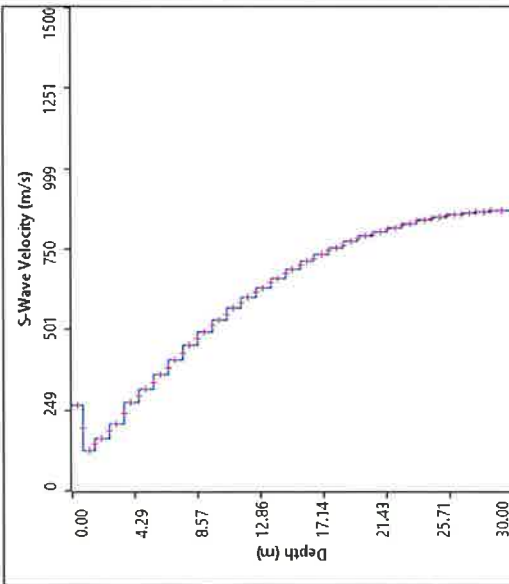
TAVOLA
2

OGGETTO
Area Indagine sismica
MASW FA09

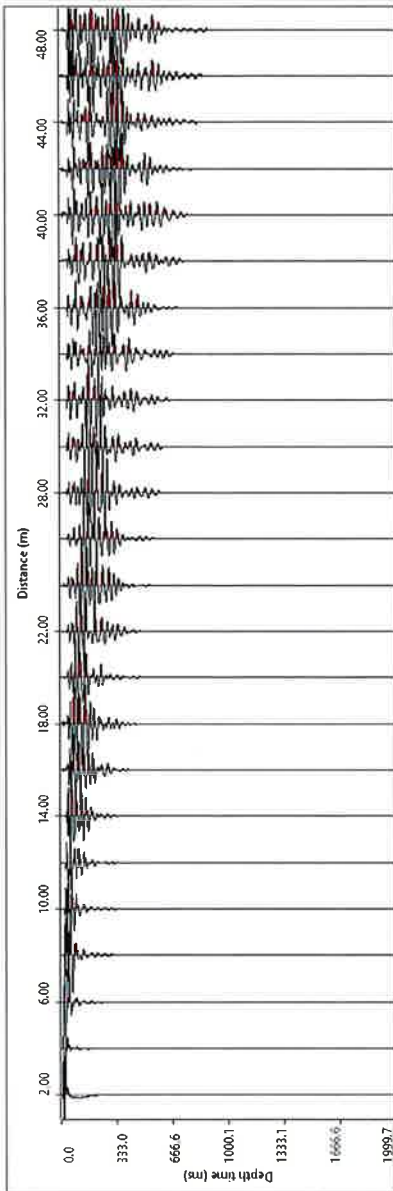
STAZIONE DI
PADULI (BN)

Progetto Definitivo
Itinerario Napoli - Bari

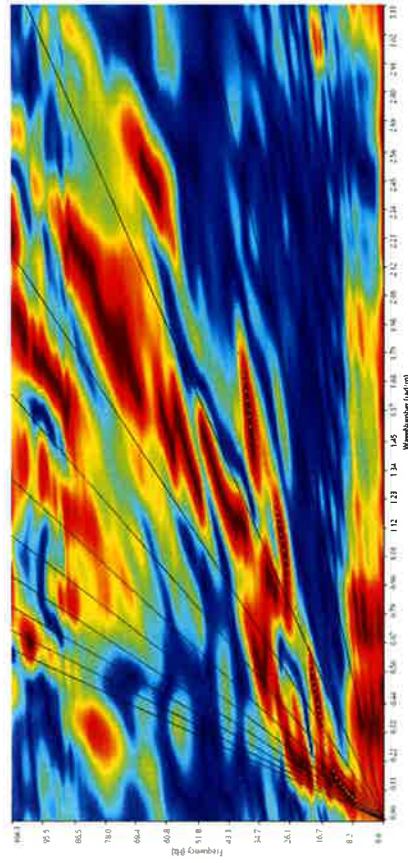
Raddoppio Tratta
APICE - ORSARA
I Lotto funzionale
APICE - IRPINA



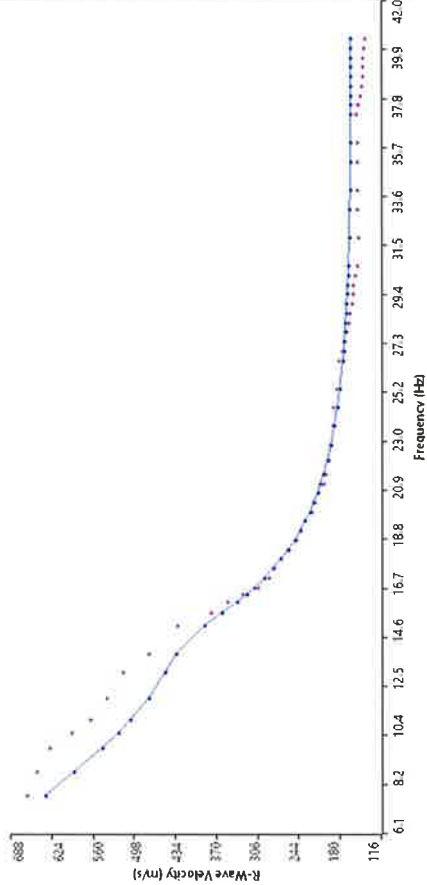
Profilo velocità onde S



Sismogramma medio utilizzato



Spettro F-K



Accoppiamento curve di dispersione



Per la
**SOING Strutture e
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani
VERIFICA A. Morelli
APPROV. P. Chiara