

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GEOLOGIA

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

INDAGINI GEOFISICHE

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

N7D2 01 D 69 IG GE0005 001 A

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Aut. Geologo Resp. UO GEOLOGIA Ordine Geologi Lazio Data ES | Data |
|------|---------------------|--------------|---------|------------|---------|-----------|------|---|------|
| A | Emissione Esecutiva | Paolo Chiara | 26/4/16 | F. Mancini | 26/4/16 | M. Davino | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

File:

n. Elab.: 134

INDICE

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | GENERALITÀ | 3 |
| 2. | METODOLOGIE IMPIEGATE | 4 |
| 2.1 | INDAGINE ELETTROMAGNETICA IN DOMINIO DI FREQUENZA (FDEM) A BASSO NUMERO DI INDUZIONE | 4 |
| 2.1.1 | Principi di funzionamento e cenni sul metodo | 4 |
| 2.1.2 | Strumentazione utilizzata, rete di misura, acquisizione ed elaborazione dei dati | 4 |
| 2.2 | DOWN HOLE TEST (DHT)..... | 6 |
| 2.2.1 | Principi di funzionamento e cenni sul metodo | 6 |
| 2.2.2 | Metodologia di misura e strumentazione utilizzata, | 6 |
| 2.2.3 | Principi teorici..... | 7 |
| 3. | RISULTATI..... | 9 |
| 3.1 | RISULTATI FDEM | 9 |
| 3.1.1 | Area S3 | 9 |
| 3.1.2 | Area CPT1_spostato..... | 9 |
| 3.1.3 | Area S1 | 9 |
| 3.1.4 | Area CPT2 | 9 |
| 3.1.5 | Area CPT3 | 9 |
| 3.1.6 | Area CPT3_BIS | 10 |
| 3.1.7 | Area S2 | 10 |
| 3.1.8 | Area CPT1_BIS | 10 |
| 3.1.9 | Area CPT4 | 10 |
| 3.2 | RISULTATI DELLA PROVA DOWN HOLE NEL FORO S3 | 10 |
| 3.2.1 | Parametri dinamici e V_{s30} calcolati sul foro S3 | 12 |
| 4. | ALLEGATO GRAFICO – TAVOLE DALLA 1 ALLA 11..... | 14 |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|-------------------------|-----------|-------------------|
|  | LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI VIABILITÀ DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO PROCEDIMENTALE RFI – COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012 – Progetto Definitivo | | | | | |
| INDAGINI GEOFISICHE ELETTROMAGNETICHE E SISMICHE DOWN HOLE | COMMESSA N7D2 | LOTTO 00 D 69 | CODIFICA IG | DOCUMENTO GE0001 001 | REV. A | FOGLIO 3 di 25 |

1. GENERALITÀ

Il presente Rapporto Tecnico descrive i risultati della campagna d'indagini geofisiche non invasive condotte con metodologia elettromagnetica in dominio di frequenza (FDEM) e con metodologie sismiche di tipo Down Hole, in foro di sondaggio opportunamente attrezzato (S3), secondo le modalità previste nelle specifiche tecniche Italferr, eseguite per il progetto definitivo per la Linea A.V. MI-NA e relativa alla viabilità di accesso alla stazione A.V. Napoli Afragola.

Lo scopo della fase di d'indagine con metodologia elettromagnetica in dominio di frequenza (FDEM), è stato quello di accertare, nei limiti della metodologia impiegata, la presenza di possibili interferenze nel sottosuolo dovute a masse metalliche interrato, individuando i punti privi di interferenze sui quali posizionare le verticali di perforazione.

Il compito della seconda fase è stato quello di effettuare le indagini con metodologia sismica di tipo Down-hole all'interno di un foro spinto fino a 30m dal piano campagna (di seguito indicato come p.c.) e opportunamente attrezzato; tale indagine è stata finalizzata per determinare i profili di velocità delle onde P ed S dei terreni nell'intorno del foro S3.

Nella figura 1 seguente è mostrata la foto aerea con la collocazione delle nove aree di indagine elettromagnetica e della indagine sismica in foro, in corrispondenza delle verticali S1, S2, S3, CPT2, CPT3, CPT3 bis, CPT1 bis, CPT1_spostato e CPT4.



Figura 1: Ubicazione di dettaglio indagine S1, S3, CPT2, CPT3, CPT3 bis, CPT1 bis, CPT1_spostato e CPT4.

Il presente documento si basa sui risultati emersi dalle campagne di acquisizione dati condotte in sito nel mese di novembre 2015; esso contiene inoltre una breve descrizione delle metodologie geofisiche utilizzate e il commento sintetico ai risultati ottenuti e alle criticità emerse.

|  | LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI VIABILITÀ DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO PROCEDIMENTALE RFI – COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012 – Progetto Definitivo | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|------------|----------|-----------|------|--------|------|---------|----|------------|---|---------|
| INDAGINI GEOFISICHE ELETTROMAGNETICHE E SISMICHE DOWN HOLE | <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>N7D2</td> <td>00 D 69</td> <td>IG</td> <td>GE0001 001</td> <td>A</td> <td>4 di 25</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | N7D2 | 00 D 69 | IG | GE0001 001 | A | 4 di 25 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| N7D2 | 00 D 69 | IG | GE0001 001 | A | 4 di 25 | | | | | | | | |

2. METODOLOGIE IMPIEGATE

2.1 INDAGINE ELETTROMAGNETICA IN DOMINIO DI FREQUENZA (FDEM) A BASSO NUMERO DI INDUZIONE

2.1.1 Principi di funzionamento e cenni sul metodo

La metodologia elettromagnetica per induzione in dominio di frequenza consente di eseguire indagini non invasive di estremo dettaglio del sottosuolo. Tale tecnica permette di ottenere ottimi risultati in termini di potere risolvante spaziale e di velocità di esecuzione delle misure.

La tecnica geofisica utilizzata consiste nel generare, in ogni stazione di misura, un campo elettromagnetico (campo primario), per mezzo di una delle due bobine componenti la strumentazione, e nel registrare (con la seconda bobina posta in ricezione) la risposta del campo magnetico secondario indotto nel terreno nelle due sue componenti in fase e in quadratura:

- la componente in quadratura, presa in esame nella suddetta indagine, è proporzionale allo sfasamento tra il campo primario e quello secondario indotto. Trattandosi di strumentazione che opera in regime di "basso numero d'induzione", la medesima componente in quadratura è proporzionale alla conducibilità/resistività elettrica del volume di suolo sottostante le due bobine per la parte soggetta ad induzione;
- la componente orizzontale in fase (rispetto all'onda EM trasmessa) è maggiormente legata alla suscettività magnetica nel sottosuolo, quindi sensibile alle presenze metalliche (materiali metallici, tubazioni, fusti, serbatoi, ecc.) e ad anomalie che amplificano notevolmente la risposta del sottosuolo anche i termini dielettrici, ovvero indice di materiali quasi-isolanti (che attenuano in modo anomalo il campo elettromagnetico).

Le misure sono state rappresentate, per la componente in quadratura, proporzionale alla conducibilità elettrica del terreno, in mS/m e, per la componente in fase, in ppm (parti per migliaia) dell'intensità del campo magnetico secondario indotto rispetto al campo primario.

2.1.2 Strumentazione utilizzata, rete di misura, acquisizione ed elaborazione dei dati

La strumentazione FDEM impiegata è costituita da un elettromagnetometro a basso numero d'induzione CMD-4 prodotto da GF Instruments (UE – Repubblica Ceca).

Nei casi in cui le condizioni logistiche a disposizione non permettano di acquisire aree geometriche regolari, i poligoni sono adattati per coprire approssimativamente nel modo migliore possibile le superficie necessarie.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|-------------------------|-----------|-------------------|
|  | LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI VIABILITÀ DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012 - Progetto Definitivo | | | | | |
| INDAGINI GEOFISICHE ELETTROMAGNETICHE E SISMICHE DOWN HOLE | COMMESSA N7D2 | LOTTO 00 D 69 | CODIFICA IG | DOCUMENTO GE0001 001 | REV. A | FOGLIO 5 di 25 |



Figura 2: Elettromagnetometro CMD

Le linee sono state acquisite con un passo di 50cm nelle due direzioni tra loro ortogonali; per ciascuna area indagata è stato predisposto un sistema di riferimento relativo, del tipo indicato nella figura seguente.

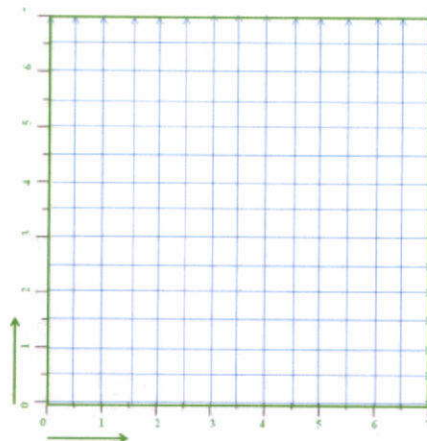


Figura 3: maglia di acquisizione tipo

In campo, i vertici della maglia sono stati materializzati da picchetti di legno lasciati in sito. Per ciascuna area di indagine, negli allegati grafici, è presente anche una documentazione fotografica, con indicazioni utili per collocare in modo univoco le eventuali zone di anomalia individuate.

Tali zone di anomalia sono segnalate negli elaborati grafici con rettangoli/quadrati di colore rosso, sia sulle mappe di conducibilità che di componente in fase.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|-------------------------|-----------|-------------------|
|  | LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI VIABILITÀ DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012 - Progetto Definitivo | | | | | |
| INDAGINI GEOFISICHE ELETTROMAGNETICHE E SISMICHE DOWN HOLE | COMMESSA N7D2 | LOTTO 00 D 69 | CODIFICA IG | DOCUMENTO GE0001 001 | REV. A | FOGLIO 6 di 25 |

2.2 DOWN HOLE TEST (DHT)

2.2.1 Principi di funzionamento e cenni sul metodo

La prova sismica DHT è un metodo di indagine sismica finalizzato alla determinazione dei profili di velocità delle onde di taglio SH e di compressione P di depositi di terreno.

I profili di velocità ottenuti dalle misure DHT rappresentano valori di velocità medi sullo spessore degli strati poiché sono calcolati lungo percorsi dei raggi sismici inclinati. Tali percorsi sono poi stati corretti per essere riportati ad un percorso rettilineo lungo la verticale.

L'importante particolarità di tale metodo è quella di studiare i parametri di stato e di comportamento riferendoli a volumi di terreno rappresentativi dei caratteri megastutturali dei depositi attraverso misure capaci di dare valori medi e non solo puntuali dei parametri geotecnici dei geomateriali.

Caratteristica essenziale del metodo sismico utilizzato è quella di consentire la determinazione dei parametri di deformabilità riferendoli a valori molto bassi dei livelli di deformazione ($<10^{-5}m$), al di sotto della soglia di deformazione lineare ciclica.

Per l'interpretazione dei dati è stata usata la tecnica diretta, che rappresenta un metodo nel quale la velocità delle onde P e SH è calcolata dalle pendenze dei tratti di dromocrone generate in dipendenza delle posizioni consecutive dei sensori alle diverse quote di spostamento lungo il foro. Nel nostro caso le misurazioni sono state eseguite ogni metro.

I parametri calcolabili con l'ausilio del metodo DHT sono:

- il Coefficiente di Poisson dinamico,
- il modulo di elasticità dinamico (o di Young),
- il modulo di taglio dinamico (o modulo di rigidità),
- il Bulk modulus (modulo di incompressibilità) e pertanto
- il modulo di compressibilità dinamico.

I valori dinamici calcolati con tali tecniche possono risultare differenti dai valori provenienti da prove di tipo statico puntuali (normalmente anche di un ordine di grandezza), specie in tipologie di materiali quali quelli in oggetto.

2.2.2 Metodologia di misura e strumentazione utilizzata,

La sorgente del segnale sismico per onde SH è costituita da barre in teflon, di circa 2m di lunghezza complessiva, assicurate al terreno applicando un carico verticale di circa 750 Kg. Lo sforzo di taglio è trasmesso colpendo orizzontalmente con una massa battente la barra, alternativamente sui due lati (con lo scopo di trasmettere impulsi a polarità invertite). Lo sforzo di compressione è invece trasmesso attraverso una massa battente verticale su di una piastra

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|-------------------------|-----------|-------------------|
|  | LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI VIABILITÀ DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012 - Progetto Definitivo | | | | | |
| INDAGINI GEOFISICHE ELETTROMAGNETICHE E SISMICHE DOWN HOLE | COMMESSA N7D2 | LOTTO 00 D 69 | CODIFICA IG | DOCUMENTO GE0001 001 | REV. A | FOGLIO 7 di 25 |

in alluminio; i sistemi di energizzazione sono posizionati, in prossimità dei boccaforo. I ricevitori, all'interno del foro di sondaggio, sono stati posti in modo tale che la velocità di propagazione delle onde di volume, caratteristica dei vari strati di terreno, potesse essere misurata ogni metro.



Figura 4 : a) e b) configurazioni per le indagini DHT eseguite sul foro S3

Spostando i ricevitori (geofoni triassiali solidali da foro) a diverse profondità è possibile ottenere un dettagliato profilo di velocità delle onde SH e P.

L'accoppiamento meccanico tra le pareti del "casing" del foro e i ricevitori all'interno del foro stesso, nell'indagine in oggetto, è stato reso possibile con appositi sistemi di ancoraggio pneumatico.

I ricevitori utilizzati sono costituiti da un sistema tridimensionale composto da tre geofoni, a frequenza propria di 10Hz, della Geospace (USA), orientati nelle tre dimensioni dello spazio.

Il sismografo utilizzato per le misure sismiche è uno strumento con possibilità di acquisizione su 48 canali contemporanei e dotato di convertitore analogico digitale a 24bit.

2.2.3 Principi teorici

Per la determinazione dei moduli dinamici a partire dalla distribuzione di velocità delle onde di compressione P e di taglio SH, occorre assumere che il geomateriale indagato sia un mezzo omogeneo, elastico ed isotropo.

Nel nostro caso, come per la maggior parte, tale assunzione risulta un'approssimazione.

| | | | | | | |
|---|---|--------------------------|------------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI VIABILITÀ DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012 - Progetto Definitivo</p> | | | | | |
| <p>INDAGINI GEOFISICHE ELETTROMAGNETICHE E SISMICHE DOWN HOLE</p> | <p>COMMESSA N7D2</p> | <p>LOTTO 00 D 69</p> | <p>CODIFICA IG</p> | <p>DOCUMENTO GE0001 001</p> | <p>REV. A</p> | <p>FOGLIO 8 di 25</p> |

In ogni caso, facendo riferimento alle supposizioni introdotte, è possibile risalire al coefficiente di Poisson (in tale contesto denominato con σ in altri comunemente definito con ν), tramite la seguente relazione \diamond

$$\sigma = \frac{\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 - 2}{2\left[\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 - 1\right]} \quad \diamond$$

e al modulo di Young tramite la \diamond

$$E = \frac{(1-2\sigma)(1+\sigma)}{(1-\sigma)} \rho V_P^2 \quad \diamond$$

I valori dinamici calcolati con tali tecniche possono risultare differenti dai valori provenienti da prove di tipo statico puntuali (normalmente anche di un ordine di grandezza), specie in tipologie di materiali quali quelli in oggetto.

Sono inoltre esprimibili come funzioni dalle costanti elastiche dinamiche E e σ , la compressibilità β e di conseguenza il *Bulk modulus* ($k = 1/\beta$) (Milton B. et alii, 1988), cioè come relazione tra le costanti di dilatazione cubica, risultanti dalla combinazione degli sforzi lineari di compressione e di taglio in dipendenza delle relative costanti:

$$k = \frac{E}{3(1-2\sigma)}$$

e il modulo di rigidità o di taglio μ (altrimenti indicato con la lettera G):

$$\mu = \frac{E}{2(1+\sigma)}$$

\diamond Milton B. Dobrin, Carl H. Savit, 1988, Introduction to Geophysical Prospecting, fourth Edition, McGraw-Hill International Editions e R.E. Goodman, 1989, Introduction to Rock Mechanics, second Edition, John Wiley & Sons

| | | | | | | |
|---|---|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------|
|  | LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI VIABILITÀ DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012 - Progetto Definitivo | | | | | |
| INDAGINI GEOFISICHE ELETTROMAGNETICHE E SISMICHE DOWN HOLE | COMMESSA N7D2 | LOTTO 00 D 69 | CODIFICA IG | DOCUMENTO GE0001 001 | REV. A | FOGLIO 9 di 25 |

3. RISULTATI

Nell'Allegato Grafico, sono riportati i risultati delle indagini FDEM:

- Nelle Tavole dalla 1 alla 9 sono illustrati i risultati delle indagini elettromagnetiche in dominio di frequenza (FDEM), eseguite sulle piazzole di sondaggio di seguito elencate:
S3 (Tav.1) – CPT1_spostato (Tav.2) – S1 (Tav.3) – CPT2 (Tav.4) – CPT3 (Tav.5) – CPT3_Bis (Tav.6) – S2 (Tav.7) – CPT1_Bis (Tav.8) – CPT4 (Tav.9).
- Le tavole 10 e 11 sono relative ai risultati della prova sismica Down hole nel foro S3.

3.1 Risultati FDEM

3.1.1 Area S3

L'area di indagine si trova in un campo ricoperto d'erba non coltivato. L'indagine elettromagnetica ha messo in evidenza la presenza di possibili masse metalliche nei primi 5 metri di profondità. Si sconsiglia il posizionamento della verticale del sondaggio nelle aree segnalate con rettangolo/quadrato magenta.

3.1.2 Area CPT1_spostato

L'area di indagine si trova in un campo ricoperto d'erba non coltivato. L'indagine elettromagnetica ha messo in evidenza la presenza di possibili masse metalliche nei primi 5 metri di profondità. Si sconsiglia il posizionamento della verticale del sondaggio nelle aree segnalate con rettangolo/quadrato magenta.

3.1.3 Area S1

L'area di indagine si trova al di sopra di una stradello non asfaltato. L'indagine elettromagnetica ha messo in evidenza la presenza di possibili masse metalliche nei primi 5 metri di profondità. Si sconsiglia il posizionamento della verticale del sondaggio nelle aree segnalate con rettangolo/quadrato magenta.

3.1.4 Area CPT2

L'area di indagine si trova al di sopra di una strada non asfaltata. L'indagine elettromagnetica non ha messo in evidenza la presenza di possibili masse metalliche nei primi 5 metri di profondità.

3.1.5 Area CPT3

L'area di indagine si trova in banchina di una strada asfaltata. L'indagine elettromagnetica non ha messo in evidenza la presenza di possibili masse metalliche nei primi 5 metri di profondità.

| | | | | | | |
|---|---|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------|---------------------------|
|  | LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI VIABILITÀ DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO PROCEDIMENTALE RFI – COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012 – Progetto Definitivo | | | | | |
| INDAGINI GEOFISICHE ELETTROMAGNETICHE E SISMICHE DOWN HOLE | COMMESSA N7D2 | LOTTO 00 D 69 | CODIFICA IG | DOCUMENTO GE0001 001 | REV. A | FOGLIO 10 di 25 |

3.1.6 Area CPT3_BIS

L'area di indagine si trova in banchina di una strada asfaltata. L'indagine elettromagnetica ha messo in evidenza la presenza di possibili masse metalliche nei primi 5 metri di profondità. Si sconsiglia il posizionamento della verticale del sondaggio nelle aree segnalate con rettangolo/quadrato magenta.

3.1.7 Area S2

L'area di indagine si trova in un campo ricoperto d'erba non coltivato. L'indagine elettromagnetica ha messo in evidenza la presenza di possibili masse metalliche nei primi 5 metri di profondità. Si sconsiglia il posizionamento della verticale del sondaggio nelle aree segnalate con rettangolo/quadrato magenta.

3.1.8 Area CPT1_BIS

L'area di indagine si trova in un campo ricoperto d'erba non coltivato. L'indagine elettromagnetica ha messo in evidenza la presenza di possibili masse metalliche nei primi 5 metri di profondità. Si sconsiglia il posizionamento della verticale del sondaggio nelle aree segnalate con rettangolo/quadrato magenta.

3.1.9 Area CPT4

L'area di indagine si trova a cavallo tra la banchina ed una strada asfaltata. L'indagine elettromagnetica ha messo in evidenza la presenza di possibili masse metalliche nei primi 5 metri di profondità. Si sconsiglia il posizionamento della verticale del sondaggio nelle aree segnalate con rettangolo/quadrato magenta.

3.2 Risultati della prova Down Hole nel foro S3

Le prove Down-Hole sono state condotte, come precedentemente accennato, all'interno del foro geotecnico S3, appositamente allestito per le prove DHT e ubicato come mostrato nei paragrafi precedenti.

La profondità disponibile nel foro, ai fini dell'esecuzione della prova, è stata pari a 30m.

I risultati completi delle prove e l'interpretazione degli stessi, compreso il calcolo delle Vs30, sono reperibili, come precedentemente accennato, nei paragrafi seguenti e nell'Allegato grafico, alle Tavole 10 e 11.

Nelle pagine seguenti, sono altresì riportati, i valori delle velocità delle onde P ed S, i valori dinamici del Coefficiente di Poisson (qui indicato col simbolo σ), del Modulo di Young dinamico (E), del Modulo di Rigidità o di Taglio (μ), nonché del Bulk Modulus (inverso della compressibilità), calcolati così come descritto precedentemente.

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:

$$V_{S_{30}} = 30 \frac{1}{\sum_1^N \frac{h_i}{V_i}}$$

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

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

| Categoria | Descrizione |
|-----------|---|
| A | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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.</i> |
| B | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti 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).</i> |
| C | <i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti 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).</i> |
| D | <i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, 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).</i> |
| E | <i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i> |

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. |

3.2.1 Parametri dinamici e V_{s30} calcolati sul foro S3

FORO S3 - VELOCITA' ONDE P

| Strato | Profondità [m] | Spessore [m] | Velocità media P [m/s] |
|--------|----------------|--------------|------------------------|
| 1 | da -1 a -4 m | 4 | 299 |
| 2 | da -4 a -9 m | 5 | 529 |
| 3 | da -9 a -12 m | 3 | 1234 |
| 4 | da -12 a -30 m | 18 | 1628 |

FORO S3 - VELOCITA' ONDE SH

| Strato | Profondità [m] | Spessore [m] | Velocità media SH [m/s] |
|--------|----------------|--------------|-------------------------|
| 1 | da -1 a -4 m | 4 | 169 |
| 2 | da -4 a -9 m | 5 | 207 |
| 3 | da -9 a -12 m | 3 | 195 |
| 4 | da -12 a -16 m | 4 | 283 |
| 5 | da -16 a -25 m | 9 | 548 |
| 6 | da -25 a -30 m | 5 | 467 |

FORO S3- PARAMETRI DINAMICI

| Strato | Profondità [m] | Spessore [m] | γ (kN/m ³) | Poisson [σ] | Taglio μ [MPa] | Young E [MPa] | Bulk κ [MPa] |
|--------|----------------|--------------|-------------------------------|----------------------|--------------------|---------------|---------------------|
| 1 | da -1 a -4 m | 4 | 16.60 | 0.27 | 47.41 | 119.96 | 85.18 |
| 2 | da -4 a -9 m | 5 | 17.06 | 0.41 | 73.09 | 206.06 | 379.90 |
| 3 | da -9 a -12 m | 3 | 18.47 | 0.49 | 70.22 | 208.88 | 2718.59 |
| 4 | da -12 a -16 m | 4 | 19.26 | 0.48 | 154.22 | 457.85 | 4897.95 |
| 5 | da -16 a -25 m | 9 | 19.26 | 0.44 | 578.27 | 1660.90 | 4332.56 |
| 6 | da -25 a -30 m | 5 | 19.26 | 0.46 | 419.95 | 1222.20 | 4543.64 |



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI
VIABILITÀ DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA
DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL
22/06/2012 - Progetto Definitivo

INDAGINI GEOFISICHE ELETTROMAGNETICHE E
SISMICHE DOWN HOLE

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|------------|------|----------|
| N7D2 | 00 D 69 | IG | GE0001 001 | A | 13 di 25 |

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità, è possibile determinare una velocità equivalente V_{s30} 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 V_{s30} è pari a

$$V_{s30} = 287 \text{ m/s.}$$

Vista la stratigrafia presente, i profili di velocità delle onde di taglio e il valore di V_{s30} si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo "C".



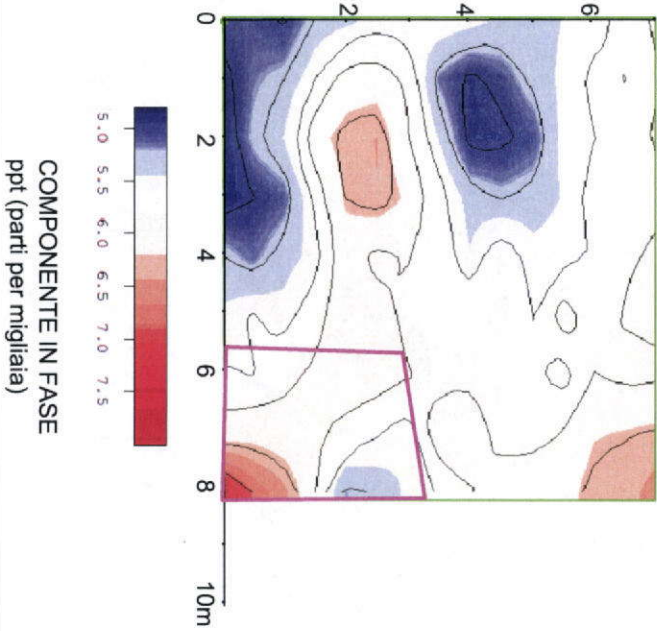
LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI
VIABILITÀ DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA
DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL
22/06/2012 - Progetto Definitivo

INDAGINI GEOFISICHE ELETTROMAGNETICHE E
SISMICHE DOWN HOLE

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|------------|------|----------|
| N7D2 | 00 D 69 | IG | GE0001 001 | A | 14 di 25 |

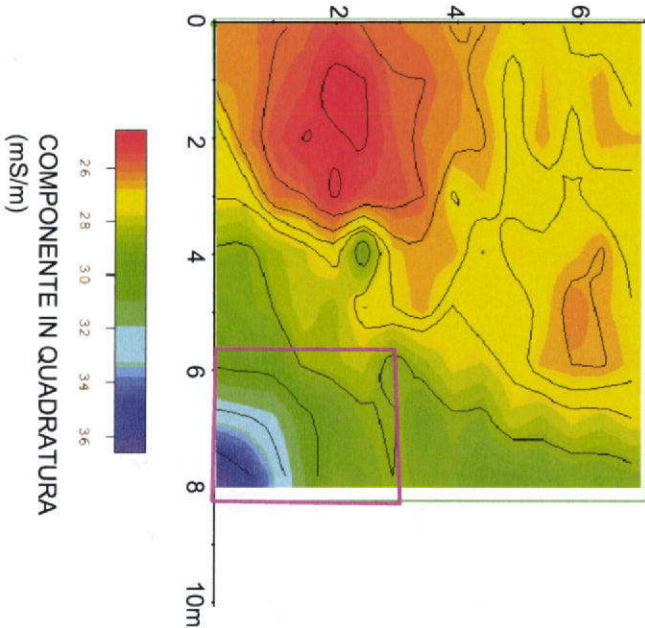
4. ALLEGATO GRAFICO – TAVOLE DALLA 1 ALLA 11

AREA S3

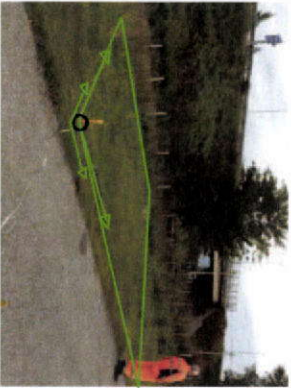


L'indagine evidenzia anomalie associabili alla possibile presenza di masse metalliche interrate nei primi 4-5m di terreno. SI SCONSIGLIA il posizionamento della verticale del sondaggio nelle zone segnalate con rettangolo magenta. Le zone al di fuori del suddetto rettangolo si possono considerare libere da masse metalliche

AREA S3



UBICAZIONE AREA S3



- LEGENDA:
- PUNTO ORIGINE AREA DI INDAGINE
 - AREA INDAGINE FDEM
 - BINARI FERROVIARI
 - ZONA DI ANOMALIA FDEM

PROGETTO

Progetto Definitivo
Linea A.V. MI-NA
Viabilità di accesso stazione
A.V. Napoli Afragola

OGGETTO

Indagini geofisiche per la ricerca di masse metalliche interrate:

Piazzola per sondaggio S3

ELABORAZIONE MG Idili

VERIFICA A Morelli

APPROVAZIONE P Chiara

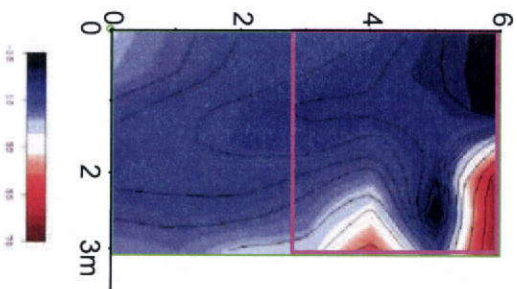
TAVOLA

1

SCALA 1:125

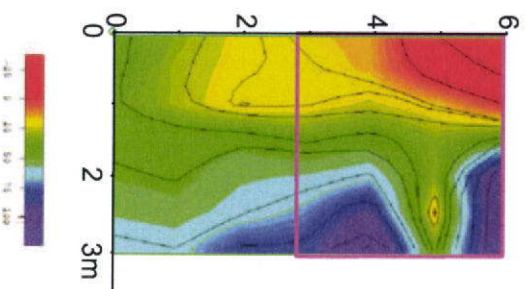
SOING
STRUTTURE & AMBIENTE
www.soing.eu

AREA CPT1_spostato



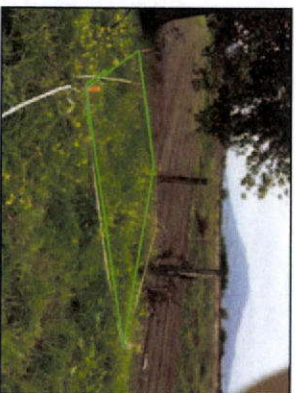
COMPONENTE IN FASE
pnt (parti per migliaia)

AREA CPT1_spostato







COMPONENTE IN QUADRATURA
(mS/m)

UBICAZIONE AREA CPT1_SPOSTATO



LEGENDA:

-  PUNTO ORIGINE AREA DI INDAGINE
-  AREA INDAGINE FDEM
-  BINARI FERROVIARI
-  ZONA DI ANOMALIA FDEM

L'indagine evidenzia anomalie associabili alla possibile presenza di masse metalliche interrate nei primi 4-5m di terreno. SI SCONSIGLIA il posizionamento della verticale del sondaggio nelle zone segnalate con rettangolo magenta. Le zone al di fuori del suddetto rettangolo si possono considerare libere da masse metalliche

SOING
STRUTTURE & AMBIENTE
www.soing.eu



PROGETTO

Progetto Definitivo
Linea A.V. MI-NA
Viabilità di accesso stazione
A.V. Napoli Afragola

OGGETTO

Indagini geofisiche per la ricerca di masse metalliche interrate:

Piazzola per sondaggio CPT1

ELABORAZIONE MG Idili

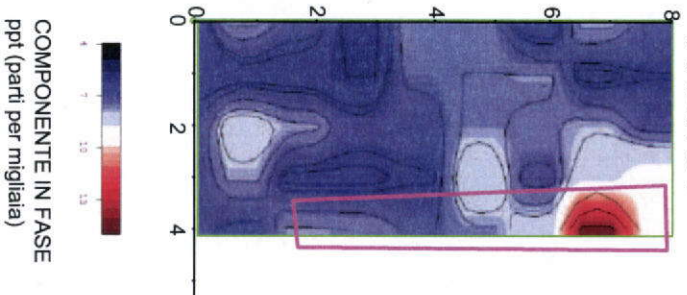
VERIFICA A Morelli

APPROVAZIONE P Chiara

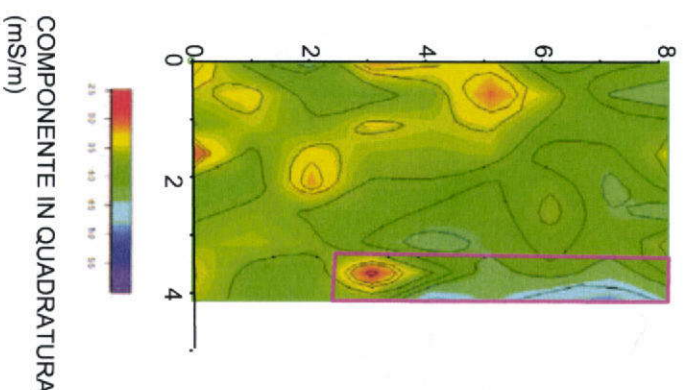
TAVOLA

2

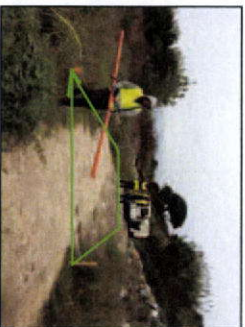
AREA S1



AREA S1



UBICAZIONE AREA S1



L'indagine evidenzia anomalie associabili alla possibile presenza di masse metalliche interrate nei primi 4-5m di terreno. SI SCONSIGLIA il posizionamento della verticale del sondaggio nelle zone segnalate con rettangolo magenta. Le zone al di fuori del suddetto rettangolo si possono considerare libere da masse metalliche

- LEGENDA:
-  PUNTO ORIGINE AREA DI INDAGINE
 -  AREA INDAGINE FDEM
 -  BINARI FERROVIARI
 -  ZONA DI ANOMALIA FDEM

PROGETTO
 Progetto Definitivo
 Linea A.V. MI-NA
 Viabilità di accesso stazione
 A.V. Napoli Afragola

SOING
 STRUTTURE & AMBIENTE
 www.soing.eu

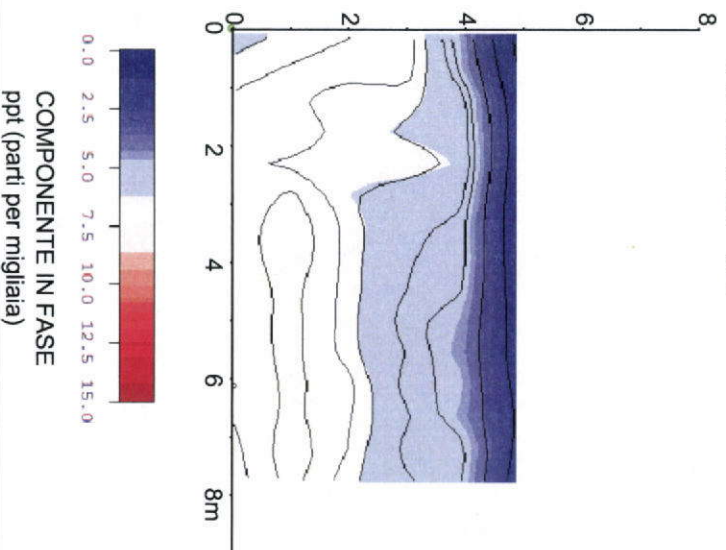


OGGETTO
 Indagini geofisiche per la ricerca di masse metalliche interrate:
 Piazzola per sondaggio S1

ELABORAZIONE MG Idilli
 VERIFICA A Morelli
 APPROVAZIONE P Chiara

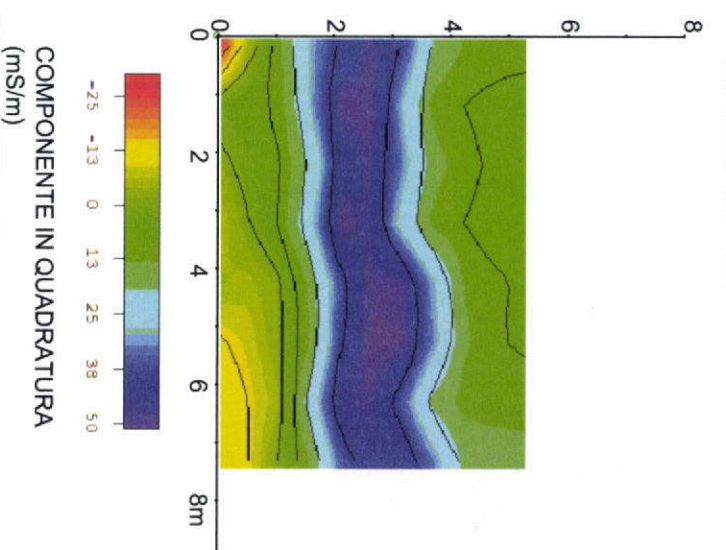
TAVOLA
3

AREA CPT2



L'indagine NON evidenzia anomalie associabili alla possibile presenza di masse metalliche interrate nei primi 4-5m di terreno.

AREA CPT2



UBICAZIONE AREA CPT2



LEGENDA:

- PUNTO ORIGINE AREA DI INDAGINE
- AREA INDAGINE FDEM
- BINARI FERROVIARI
- ZONA DI ANOMALIA FDEM

SOING
STRUTTURE & AMBIENTE
www.soing.eu

PROGETTO

Progetto Definitivo
Linea A.V. MI-NA
Viabilità di accesso stazione
A.V. Napoli Afragola

OGGETTO

Indagini geofisiche per la ricerca di masse metalliche interrate:
Piazzola per sondaggio CPT2

ELABORAZIONE MG Idilli

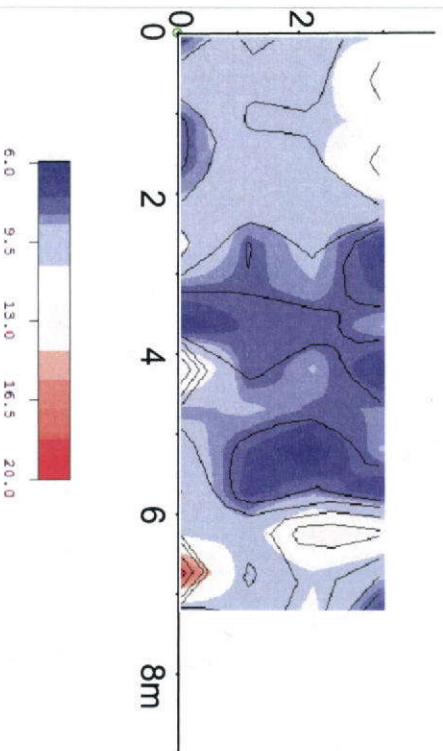
VERIFICA A Morelli

APPROVAZIONE P Chiara

TAVOLA

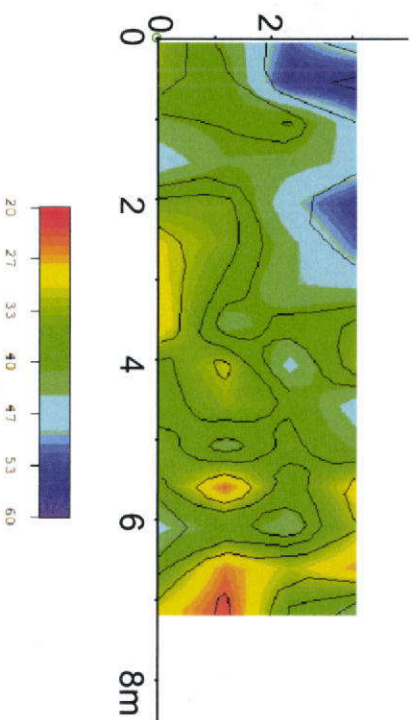
4

AREA CPT3



COMPONENTE IN FASE
ppt (parti per migliaia)

AREA CPT3



COMPONENTE IN QUADRATURA
(mS/m)

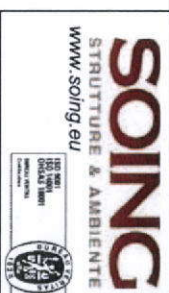
UBICAZIONE AREA CPT3



L'indagine NON evidenzia
anomalie associabili alla
possibile presenza di masse
metalliche interrate nei primi
4-5m di terreno.

LEGENDA:

- PUNTO ORIGINE AREA DI
INDAGINE
- AREA INDAGINE FDEM
- BINARI FERROVIARI
- ZONA DI ANOMALIA FDEM



PROGETTO

Progetto Definitivo
Linea A.V. MI-NA
Viabilità di accesso stazione
A.V. Napoli Afragola

OGGETTO

Indagini geofisiche per la ricerca
di masse metalliche interrate:

Piazzola per sondaggio CPT3

ELABORAZIONE MG Idilli

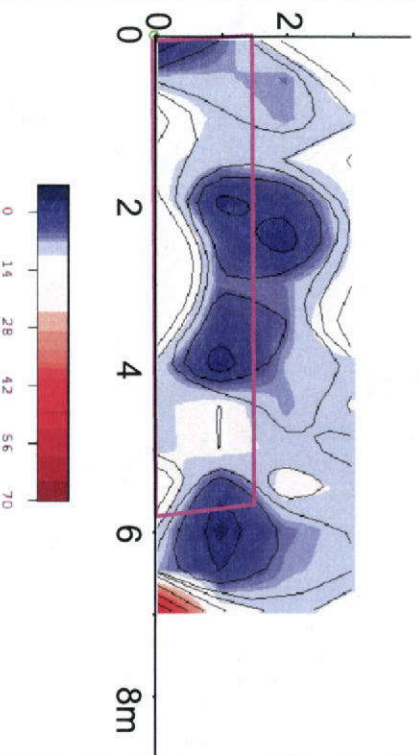
VERIFICA A Morelli

APPROVAZIONE P Chiara

TAVOLA

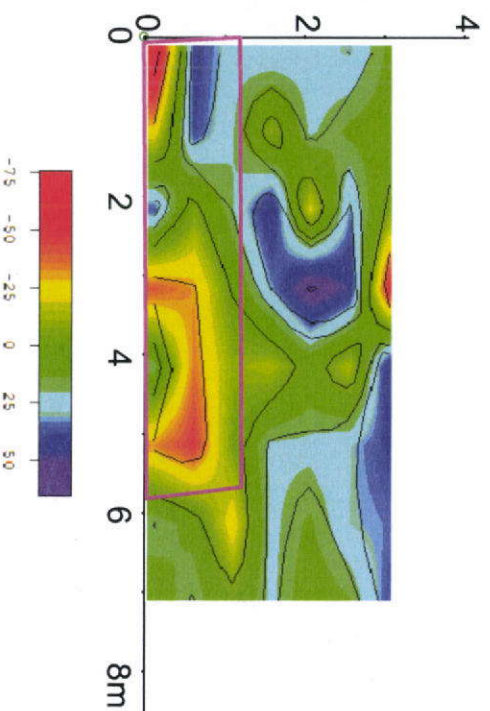
5

AREA CPT3_BIS



COMPONENTE IN FASE
ppt (parti per migliaia)

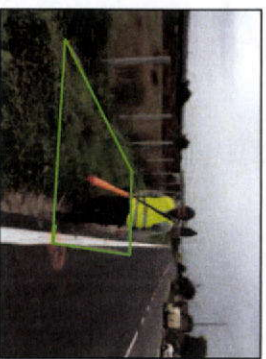
AREA CPT3_BIS



COMPONENTE IN QUADRATURA
(mS/m)

L'indagine evidenzia anomalie associabili alla possibile presenza di masse metalliche interratae nei primi 4-5m di terreno.
SI SCONSIGLIA il posizionamento della verticale del sondaggio nelle zone segnalate con rettangolo magenta. Le zone al di fuori del suddetto rettangolo si possono considerare libere da masse metalliche

UBICAZIONE AREA CPT3_BIS



LEGENDA:

-  PUNTO ORIGINE AREA DI INDAGINE
-  AREA INDAGINE FDEM
-  BINARI FERROVIARI
-  ZONA DI ANOMALIA FDEM

PROGETTO

Progetto Definitivo
Linea A.V. MI-NA
Viabilità di accesso stazione
A.V. Napoli Afragola

SOING
STRUTTURE & AMBIENTE
www.soing.eu



OGGETTO

Indagini geofisiche per la ricerca di masse metalliche interratae:

Piazzola per sondaggio
CPT3_BIS

ELABORAZIONE MG Idilli

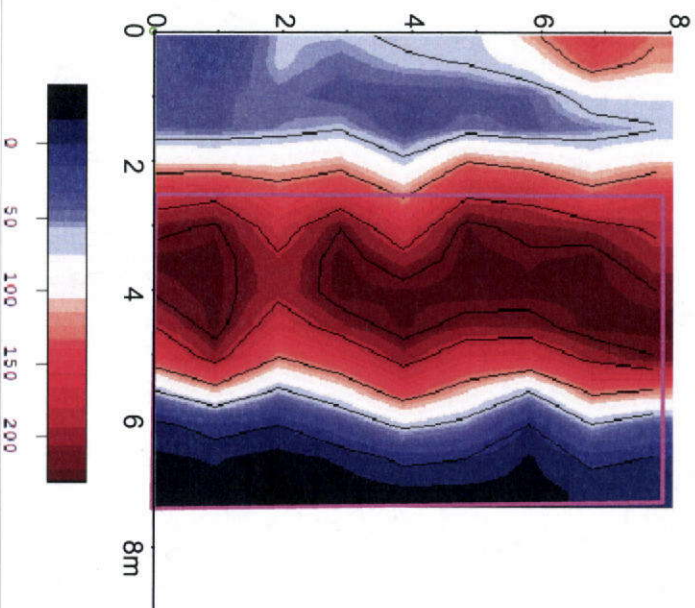
VERIFICA A Morelli

APPROVAZIONE P Chiara

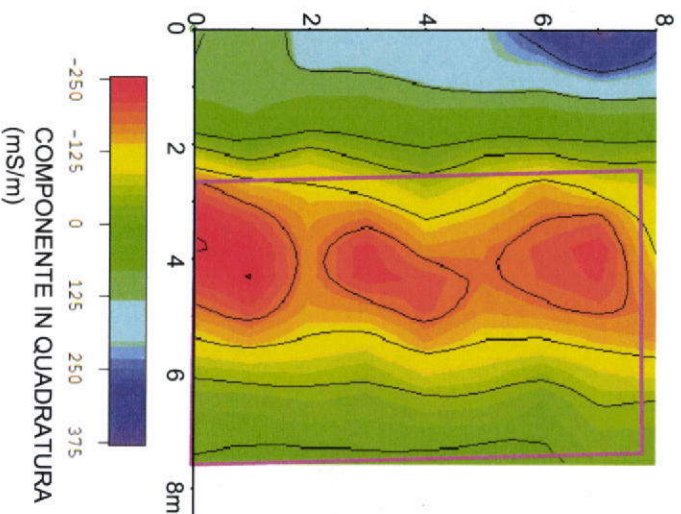
TAVOLA

6

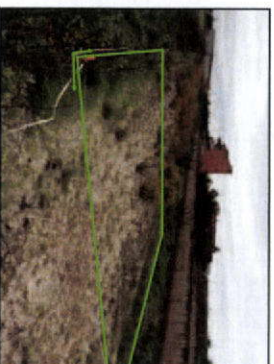
AREA S2



AREA S2



UBICAZIONE AREA S2



L'indagine evidenzia anomalie associabili alla possibile presenza di masse metalliche interrate nei primi 4-5m di terreno.
SI SCONSIGLIA il posizionamento della verticale del sondaggio nelle zone segnalate con rettangolo magenta. Le zone al di fuori del suddetto rettangolo si possono considerare libere da masse metalliche

LEGENDA:

- PUNTO ORIGINE AREA DI INDAGINE
- AREA INDAGINE FDEM
- BINARI FERROVIARI
- ZONA DI ANOMALIA FDEM

PROGETTO

Progetto Definitivo
 Linea A.V. MI-NA
 Viabilità di accesso stazione
 A.V. Napoli Afragola

OGGETTO

Indagini geofisiche per la ricerca di masse metalliche interrate:
 Piazzola per sondaggio S2

ELABORAZIONE MG Idilli

VERIFICA A Morelli

APPROVAZIONE P Chiara

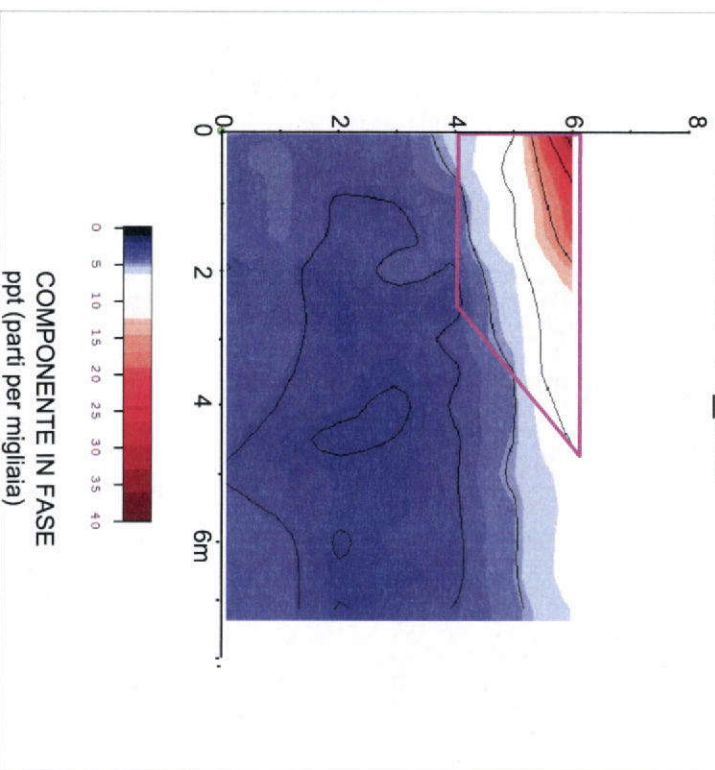
TAVOLA

7

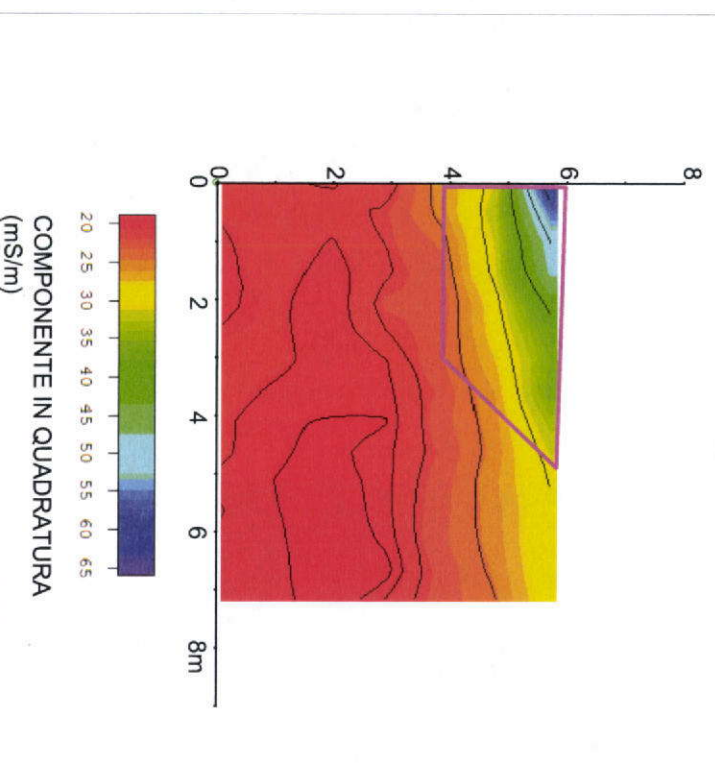
SOING
 STRUTTURE & AMBIENTE
 www.soing.eu



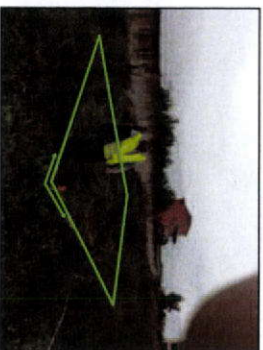
AREA CPT1_BIS



AREA CPT1_BIS



UBICAZIONE AREA CPT1_BIS



LEGENDA:

- PUNTO ORIGINE AREA DI INDAGINE
- AREA INDAGINE FDEM
- BINARI FERROVIARI
- ZONA DI ANOMALIA FDEM

L'indagine evidenzia anomalie associabili alla possibile presenza di masse metalliche interrate nei primi 4-5m di terreno. SI SCONSIGLIA il posizionamento della verticale del sondaggio nelle zone segnalate con rettangolo magenta. Le zone al di fuori del suddetto rettangolo si possono considerare libere da masse metalliche

PROGETTO

Progetto Definitivo
Linea A.V. MI-NA
Viabilità di accesso stazione
A.V. Napoli Afragola

OGGETTO
Indagini geofisiche per la ricerca di masse metalliche interrate:

Piazzola per sondaggio
CPT1_BIS

ELABORAZIONE MG Idilli

VERIFICA A Morelli

APPROVAZIONE P Chiara

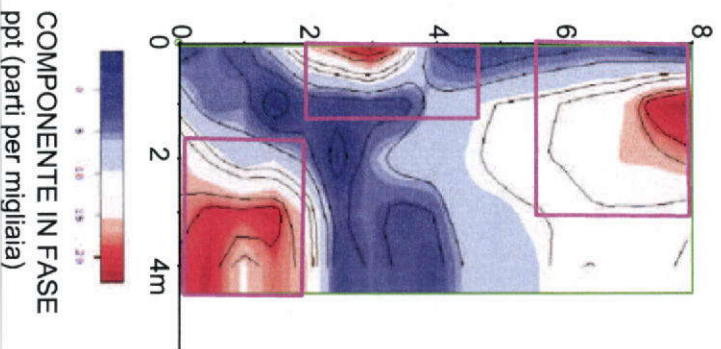
TAVOLA

8

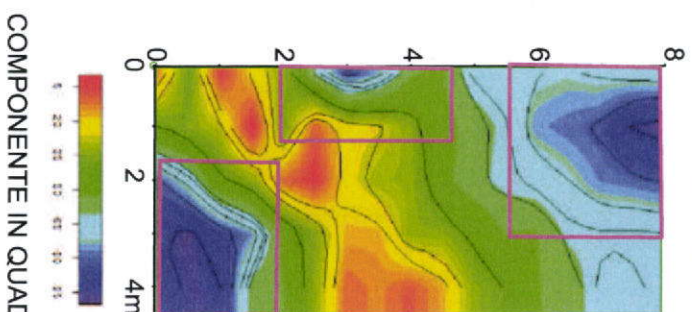
SOING
STRUTTURE & AMBIENTE
www.soing.eu



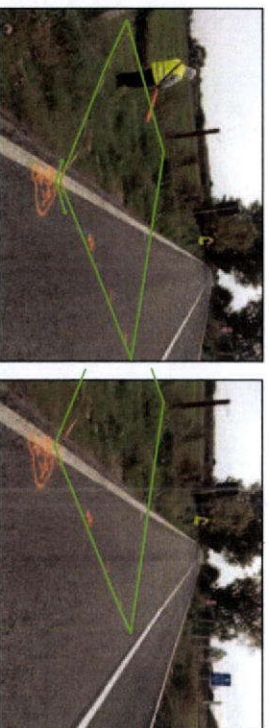
AREA CPT4



AREA CPT4



UBICAZIONE AREA CPT4



L'indagine evidenzia anomalie associabili alla possibile presenza di masse metalliche interrate nei primi 4-5m di terreno.
SI SCONSIGLIA il posizionamento della verticale del sondaggio nelle zone segnalate con rettangolo magenta. Le zone al di fuori del suddetto rettangolo si possono considerare libere da masse metalliche

LEGENDA:

- PUNTO ORIGINE AREA DI INDAGINE
- AREA INDAGINE FDEM
- BINARI FERROVIARI
- ZONA DI ANOMALIA FDEM

PROGETTO

Progetto Definitivo
 Linea A.V. MI-NA
 Viabilità di accesso stazione
 A.V. Napoli Afragola

SOING
 STRUTTURE & AMBIENTE
 www.soling.eu



OGGETTO

Indagini geofisiche per la ricerca di masse metalliche interrate:

Piazzola per sondaggio CPT4

ELABORAZIONE MG Idilli

VERIFICA A Morelli

APPROVAZIONE P Chiara

TAVOLA

9

INDAGINI SISMICHE DOWN HOLE- SONDAGGIO S3

Ubicazione indagine



Documentazione fotografica in fase di indagine



TAVOLA

10

OGGETTO

Indagine sismica
DOWN HOLE
Viabilità di Accesso
Alla Stazione AV
Napoli-Afragola
SONDAGGIO S3

Progetto Definitivo

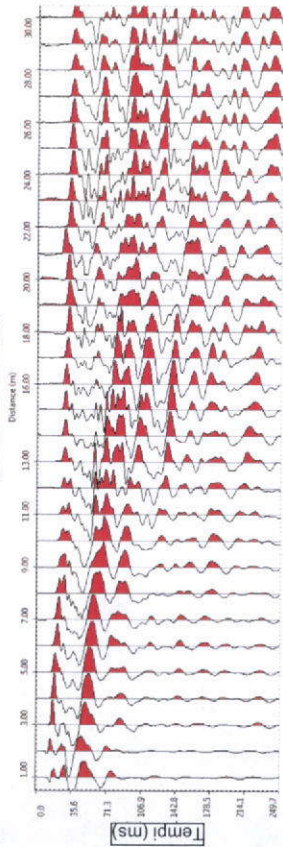
LINEA AV MILANO
NAPOLI - TRATTA
ROMA-NAPOLI
VIABILITA' DI
ACCESSO ALLA
STAZIONE AV
NAPOLI-AFRAGOLA
VIABILITA' DI CUI
ALLA LETTERA
b) DELL'ARTICOLO 6
DELL'ACCORDO
PROCEDIMENTALE
RFI - COMUNE DI
AFRAGOLA DEL
22/06/2012

**Per la
SOING Strutture e
Ambiente S.r.l**

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

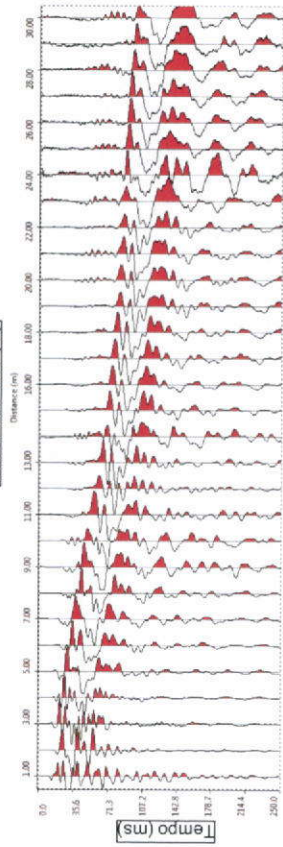
INDAGINI SISMICHE DOWN HOLE – SONDAGGIO S3

PROFONDITA' (m)



Sismogramma onde P

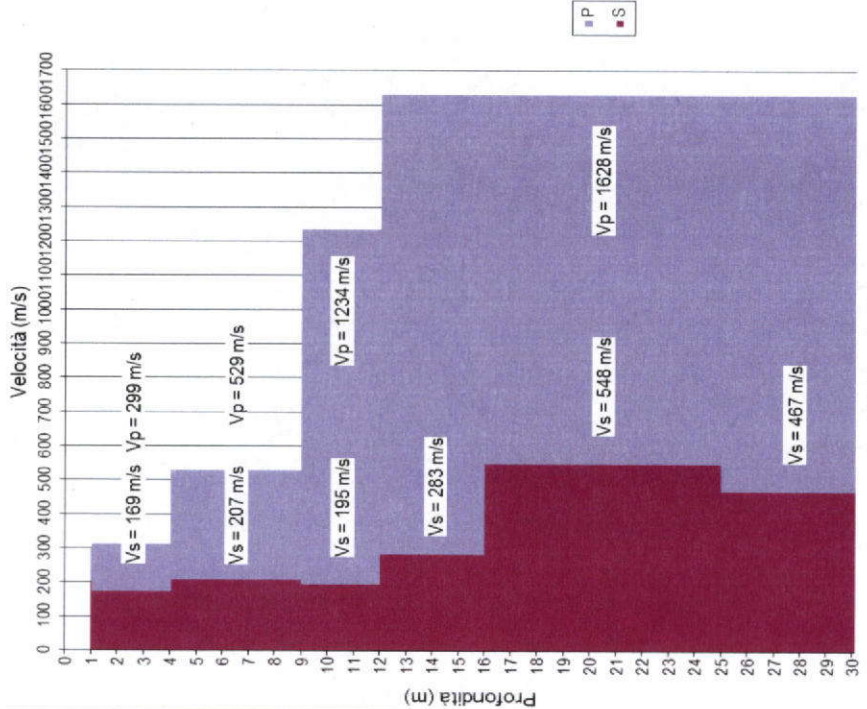
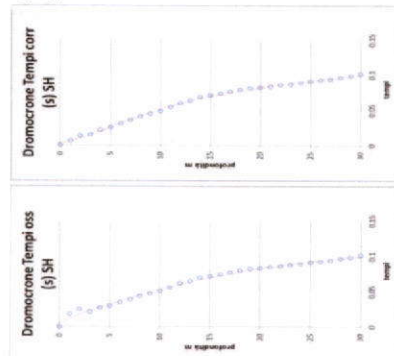
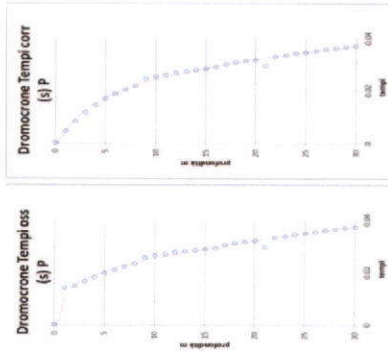
PROFONDITA' (m)



Sismogramma onde SH

| Profondità (m) | Tempi oss (s) P | Tempi oss (s) S | Tempi corr (s) P | Tempi oss (s) S | Tempi corr (s) S |
|----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0.01398 | 0.01857 | 0.00442 | 0.01857 | 0.00599 |
| 2 | 0.01478 | 0.02476 | 0.00820 | 0.02476 | 0.01373 |
| 3 | 0.01637 | 0.02157 | 0.01158 | 0.02157 | 0.01525 |
| 4 | 0.01797 | 0.02676 | 0.01438 | 0.02676 | 0.02141 |
| 5 | 0.01957 | 0.02915 | 0.01678 | 0.02915 | 0.02500 |
| 6 | 0.02077 | 0.03474 | 0.01857 | 0.03474 | 0.03108 |
| 7 | 0.02197 | 0.03874 | 0.02019 | 0.03874 | 0.03561 |
| 8 | 0.02316 | 0.04353 | 0.02169 | 0.04353 | 0.04076 |
| 9 | 0.02556 | 0.04712 | 0.02566 | 0.04712 | 0.04471 |
| 10 | 0.02636 | 0.05032 | 0.02525 | 0.05032 | 0.04820 |
| 11 | 0.02676 | 0.05591 | 0.02581 | 0.05591 | 0.05394 |
| 12 | 0.02756 | 0.06150 | 0.02673 | 0.06150 | 0.05966 |
| 13 | 0.02796 | 0.06470 | 0.02724 | 0.06470 | 0.06304 |
| 14 | 0.02836 | 0.06949 | 0.02773 | 0.06949 | 0.06795 |
| 15 | 0.02875 | 0.07189 | 0.02820 | 0.07189 | 0.07049 |
| 16 | 0.02915 | 0.07468 | 0.02865 | 0.07468 | 0.07340 |
| 17 | 0.03035 | 0.07708 | 0.02989 | 0.07708 | 0.07590 |
| 18 | 0.03115 | 0.07947 | 0.03073 | 0.07947 | 0.07839 |
| 19 | 0.03155 | 0.08227 | 0.03116 | 0.08227 | 0.08126 |
| 20 | 0.03195 | 0.08307 | 0.03160 | 0.08307 | 0.08215 |
| 21 | 0.02955 | 0.08466 | 0.02926 | 0.08466 | 0.08381 |
| 22 | 0.03315 | 0.08264 | 0.03284 | 0.08264 | 0.08547 |
| 23 | 0.03365 | 0.08746 | 0.03326 | 0.08746 | 0.08673 |
| 24 | 0.03435 | 0.08906 | 0.03408 | 0.08906 | 0.08837 |
| 25 | 0.03474 | 0.09105 | 0.03450 | 0.09105 | 0.09041 |
| 26 | 0.03514 | 0.09265 | 0.03491 | 0.09265 | 0.09204 |
| 27 | 0.03594 | 0.09385 | 0.03572 | 0.09385 | 0.09328 |
| 28 | 0.03634 | 0.09665 | 0.03614 | 0.09665 | 0.09610 |
| 29 | 0.03674 | 0.09864 | 0.03655 | 0.09864 | 0.09812 |
| 30 | 0.03714 | 0.10144 | 0.03696 | 0.10144 | 0.10093 |

Tabella dei tempi osservati e corretti Onde P e S



Profili di velocità

OGGETTO
Indagine sismica
DOWN HOLE
Viabilità di Accesso
Alla Stazione AV
Napoli-Afragola
SONDAGGIO S3
Progetto Definitivo

LINEA AV MILANO
NAPOLI - TRATTA
ROMA-NAPOLI
VIABILITA' DI
ACCESSO ALLA
STAZIONE AV
NAPOLI-AFRAGOLA
VIABILITA' DI CUI
ALLA LETTERA
b) DELL'ARTICOLO 6
DELL'ACCORDO
PROCEDIMENTALE
RFI - COMUNE DI
AFRAGOLA DEL
22/06/2012

Per la
**SOING Strutture e
Ambiente S.r.l**
ELAB G. Luciani
VERIFICA A. Morelli
APPROV. P. Chiara