

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA

QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO CAPANNELLE E NUOVO PRG
CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA

PRG

INDAGINI GEOFISICHE

SCALA:

-

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

N R 4 5 2 1 R 6 9 I G G E 0 0 0 1 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	T. Vicinazzo 	febbraio 2021	F. Mancini 	febbraio 2021	T. Paoletti 	febbraio 2021	M. Comedini febbraio 2021

File: NR4521R69IGGE0001001A

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	3
2	INDAGINI ESEGUITE	4
3	MODALITA' ESECUTIVE	6
4	ELABORAZIONE DEI DATI	8

APPENDICE PROSPEZIONE ELETTROMAGNETICA

1 PREMESSA

Il presente rapporto tecnico raccoglie i risultati delle indagini geofisiche eseguite, nel mese di luglio 2016, su incarico di Italferr S.p.A., in Comune di Ciampino, nell'ambito del progetto di quadruplicamento Ciampino Capannelle.

La prospezione geofisica è stata eseguita il giorno 12 luglio 2016, su n°1 piazzola identificata per l'esecuzione di un sondaggio geognostico, in località Ciampino, lungo via della Folgarella. All'interno della piazzola è stata eseguita la prospezione elettromagnetica finalizzata alla ricerca di masse metalliche ed una prova di sismica attiva (prova MASW - *Multi-channel Analysis of Surface Waves*), per la definizione del valore di V_{s30} utile per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla vigente normativa antisismica.

Le finalità della prospezione elettromagnetica e delle prove MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves), possono così essere sinteticamente riassunte:

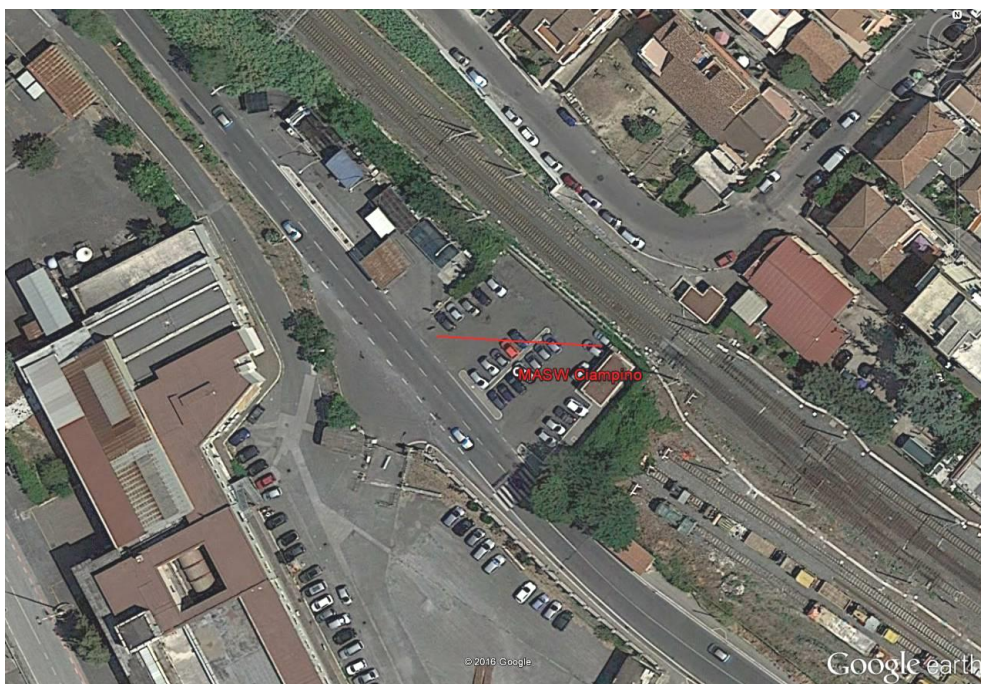
- misure della conducibilità elettrica, in corrispondenza delle zone di esecuzione dei sondaggi geognostici, per la ricerca di eventuali masse metalliche sepolte nei primi 5 metri di suolo, con metodologia elettromagnetica FDEM;
- computo del valore V_{s30} del sito per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla normativa vigente;
- profilo verticale di V_s nei primi 30 metri di suolo.

Nella presente relazione sono descritti le modalità esecutive della fase di acquisizione dei dati sperimentali e le metodologie interpretative dei dati secondo un criterio essenzialmente geofisico.

2 INDAGINI ESEGUITE

La prospezione geofisica è stata eseguita, come già detto, in località Ciampino, in via della Folgarella. All'interno dell'area destinata all'esecuzione del carotaggio meccanico è stata eseguita una griglia 2,5x2,5m di profili elettromagnetici finalizzata alla ricerca di masse metalliche sepolte, ed una prova di sismica attiva (prova MASW) per la definizione del valore di Vs30 utile per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla vigente normativa antisismica.

Di seguito si riporta l'ubicazione delle prove su foto-planimetria derivata da google-earth.



Ubicazione planimetrica, su foto-planimetria di google, con evidenza dello stendimento sismico utilizzato per la prova MASW.

Complessivamente, sono state quindi eseguite:

- **n°1 prospezione elettromagnetica FDEM** con elettromagnetometro EM34 Geonics, con intercoil di 10 metri;
- **n°1 prova MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves)** con array sismico composto da 24 geofoni verticali (freq. 4,5Hz);



Fasi di esecuzione della prova elettromagnetica con strumento EM34-Geonics, in corrispondenza della piazzola di via Folgarella a Ciampino.



Fasi di esecuzione della prova di sismica attiva MASW, in corrispondenza della piazzola di via Folgarella a Ciampino. Al fine di utilizzare il maggior spazio a disposizione, è stata utilizzata una diagonale utile del parcheggio; per l'accoppiamento con il suolo sono stati utilizzati appositi treppiedi metallici.

3 MODALITA' ESECUTIVE

Le indagini sono state eseguite utilizzando la seguente attrezzatura.

n°	Strumentazione profili elettromagnetici
1	elettromagnetometro EM34-3 (<i>Geonics</i>)
1	cavi di collegamento Tx-Rx, intercoil 10 metri (<i>Geonics</i>)
1	sistema GPS STONEX S4C
n°	Strumentazione per prove sismiche attive di superficie (MASW)
1	sismografo digitale GEODE 24 ch - 24 bit (<i>Geometrics</i>)
1	notebook HP per registrazione dei dati
24	geofoni verticali con frequenza 4,5Hz (<i>OYO-Geospace</i>)
1	cavo di collegamento per geofoni 24 take-out/5,0 metri (<i>OYO-Geospace</i>)
1	energizzatore sismico ISOTTA (<i>Pasi</i>)
1	linea trigger con dispositivo hammer-switch
1	massa battente del peso di 5kg

3.1 Prospezione elettromagnetica

Al fine di garantire un'ottima copertura fino a 5 metri di profondità da piano campagna, l'indagine elettromagnetica è stata eseguita con elettromagnetometro EM34-3 Geonics, con accoppiamento orizzontale dei dipoli, Tx ed Rx, ed operando con intercoil fisso pari a 10 metri. L'utilizzo di detta spaziatura, congiuntamente all'utilizzo delle bobine riceventi e trasmettenti in assetto verticale (dipoli orizzontali), garantisce, infatti, un'ottima risoluzione delle misure di conducibilità elettrica nei primi 5-6 metri di profondità.

L'elettromagnetometro EM34 Geonics è uno strumento multifrequenza; l'uso di un intercoil di 10 metri applica una frequenza di indagine pari a 6,4kHz.

Nella piazzola oggetto di indagine è stata adottata una griglia di lettura pari a 2,5x2,5m. Ciascuna lettura della conducibilità elettrica, espressa in mmhos/m, è stata tabellata e conseguentemente interpretata con l'uso di software di surface-map contouring.

3.2 Prova MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves)

Lo scopo della prova MASW è quello di ricostruire il profilo di rigidità del sito tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di superficie di Rayleigh con un successivo processo d'inversione, attraverso il quale è fornita una stima indiretta della distribuzione delle Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio).

La prova consiste nel produrre in un punto sulla superficie del terreno, in corrispondenza del sito da investigare, una sollecitazione dinamica verticale in un determinato campo di frequenze e nel registrare tramite uno stendimento lineare di sensori le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate. L'acquisizione dei dati è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione (a geofono singolo da 4,5 Hz) disposta sul terreno con array lineare da 24 geofoni spazati di 1,5 metri. Tale spaziatura è stata determinata dalle condizioni geometriche del sito, in cui risultava impossibile poter allargare la prospezione in aree al di fuori di quelle per cui era stata ricevuta autorizzazione da parte delle autorità comunali. Per il corretto contatto con il suolo (accoppiamento asfalto-sensore geofonico) sono stati utilizzati appositi treppiedi metallici (vedi figura al paragrafo 2).

Le energizzazioni sono state prodotte con massa battente da 5kg ad una distanza pari alla spaziatura geofonica (1,5m), ad una distanza pari al doppio della spaziatura geofonica (3,0m) e ad una distanza pari al triplo della spaziatura geofonica (4,5m).

In riferimento all'acquisizione di onde S con tecnica di sismica attiva (prova MASW), sono state adottate le seguenti caratteristiche:

- *24 geofoni verticali con frequenza di 4,5Hz;*
- *spaziatura dei geofoni: 1,5 metri;*
- *sorgente: massa battente da 5kg;*
- *distanza delle energizzazioni: 1,5 – 3,0 – 4,5 metri;*
- *lunghezza registrazione del singolo evento: 2000 millisecondi;*
- *campionamento del segnale: 0,250 millisecondi.*

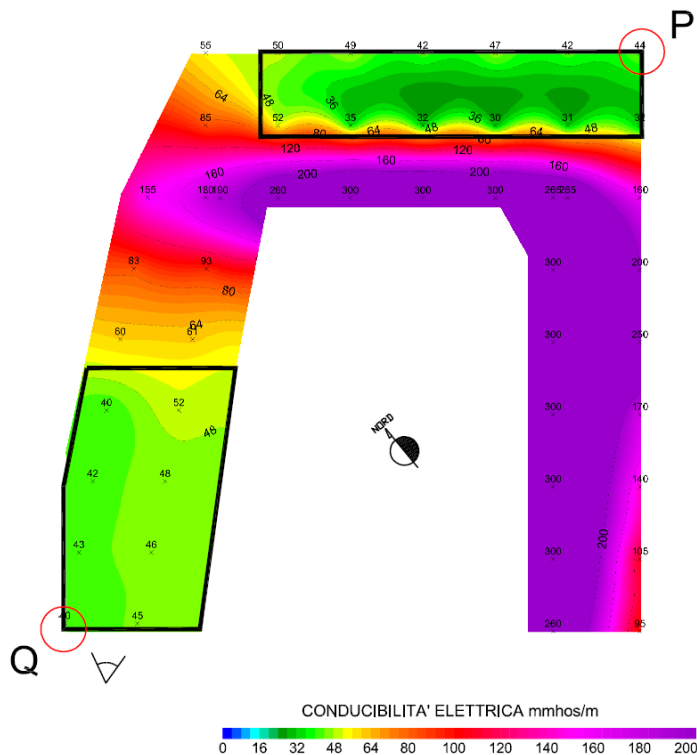
4 ELABORAZIONE DEI DATI

4.1 Prospezione elettromagnetica

Le indagini elettromagnetiche nel dominio della frequenza (FDEM) rappresentano uno strumento di indagine speditivo per l'identificazione di anomalie riconducibili alla presenza di corpi sepolti con caratteristiche di elevata conducibilità elettrica. In questo specifico caso, l'indagine elettromagnetica è stata rivolta alla ricerca di eventuali masse metalliche sepolte nei primi 5 m di suolo, nella zona interessata dall'esecuzione di un sondaggio geognostico.

I valori di conducibilità elettrica acquisiti (in mmhos/m), unitamente alla loro posizione spaziale, sono stati tabellati su foglio elettronico ed elaborati con software di *surface map contouring* – SURFER. E' stata quindi realizzata una carta della conducibilità elettrica, così da rendere visivamente efficaci i risultati dell'indagine FDEM e permettere l'ubicazione del sondaggio geognostico in zone prive della presenza di masse metalliche sepolte.

A corredo della prospezione elettromagnetica è stato celermente inviato il certificato dell'area (riportato in appendice). L'indagine geofisica è stata condotta con maglia di misure 2,5x2,5m. La carta della conducibilità elettrica derivata, con apposita scala colorimetrica, è riportata di seguito



Carta della conducibilità elettrica derivata dalla prova elettromagnetica (FDEM) sulla piazzola di via Folgarella a Ciampino.

La mappa, elaborata con metodologia elettromagnetica, ha messo in risalto le caratteristiche di conducibilità elettrica del terreno nei primi 5 metri di suolo. Per la piazzola oggetto di studio sono state evidenziate, circoscrivendole con poligoni, le zone sgombre da eventuali masse metalliche sepolte, secondo un criterio interpretativo basato sui valori assoluti di conducibilità elettrica e delle linee di gradiente.

4.2 Prova MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves)

L'analisi delle onde di superficie, tramite prova MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves), risulta finalizzata al computo del V_{s30} . Il parametro V_{s30} , corrisponde alla velocità equivalente di propagazione entro i primi 30 metri di profondità delle onde superficiali ed è calcolato secondo l'espressione seguente:

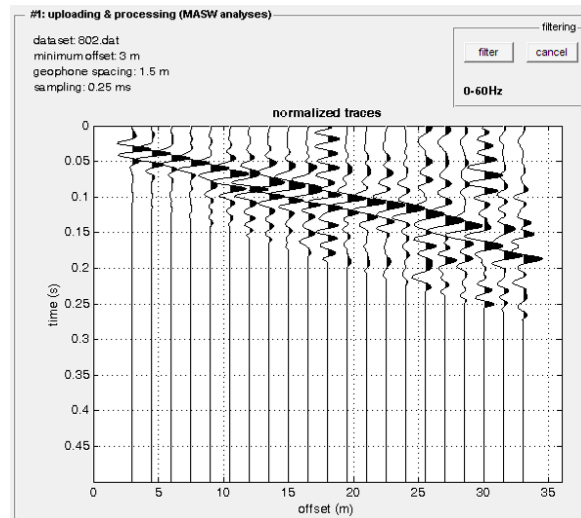
$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano rispettivamente lo spessore (in metri) e la velocità delle onde S (perdeformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di profondità. Il valore del parametro V_{s30} , è riportato, per convenzione, al centro del relativo stendimento geofonico.

Per l'interpretazione dei dati sperimentali è stato utilizzato uno specifico programma (WINMASW VER 4.3PRO). Il profilo verticale di V_s è ottenuto tramite l'inversione (considerando tanto il modo fondamentale che quelli superiori) delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh. La procedura si sviluppa in due fasi:

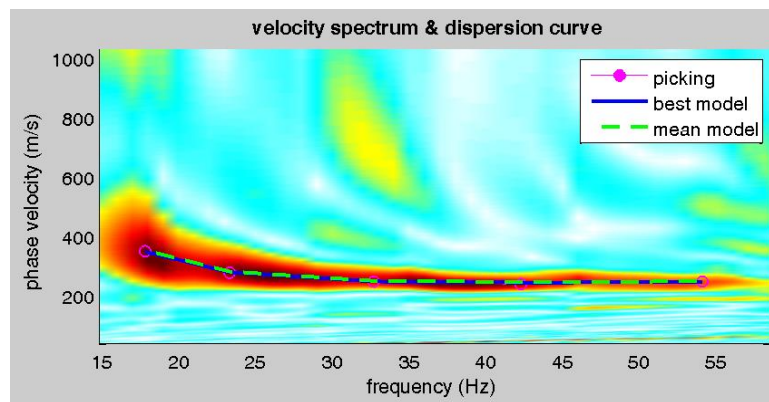
- determinazione dello spettro della velocità sulla quale si identifica la curva di dispersione;
- inversione della curva di dispersione attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici.

L'elaborazione del segnale consiste innanzitutto nella normalizzazione delle tracce di ogni singolo geofono (vedi figura seguente).



Sismogramma relativo alla prova masw in oggetto.

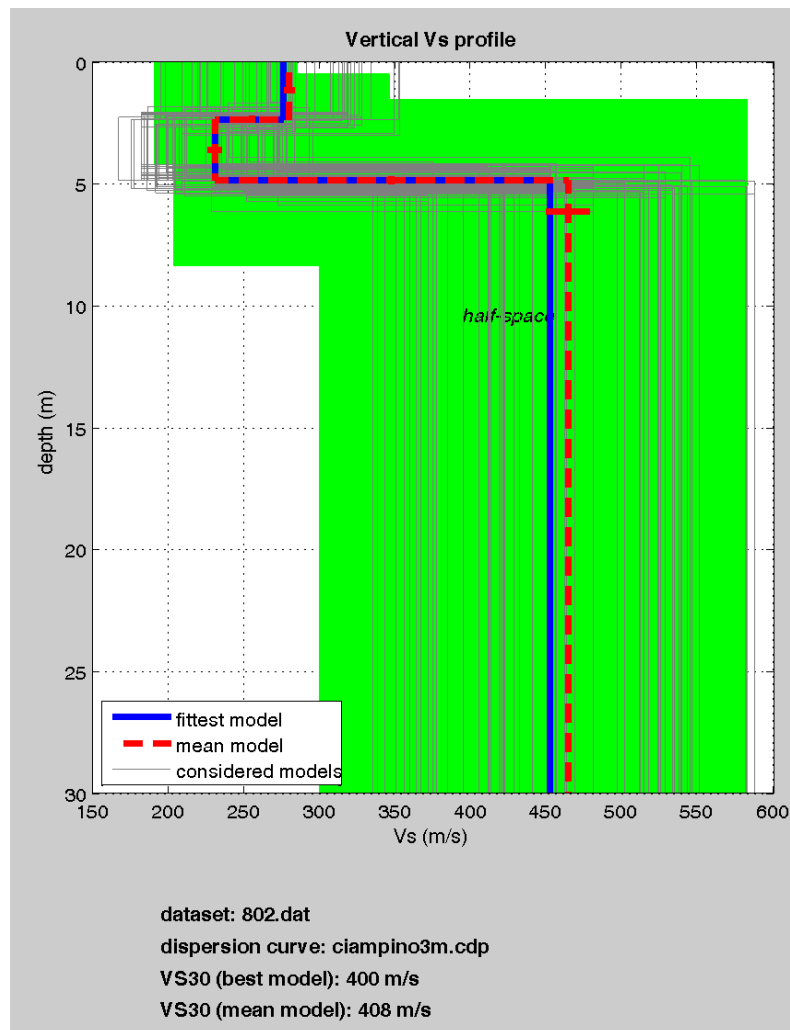
Sullo spettro di velocità (vedi figura sotto) è eseguito il *picking* della curva di dispersione (soprassegno con cerchietti) individuando un insieme di punti che appartengono ad un certo modo (modo fondamentale e primo modo superiore) di propagazione dell'onda superficiale di Rayleigh.



Spettro di velocità relativo alla prova masw in oggetto.

Allo scopo di ottenere una prima valutazione del possibile modello del terreno è altresì effettuata una modellazione diretta del terreno tramite il calcolo di una curva di dispersione appartenente ad un modello a strati. Successivamente, per ottenere il profilo verticale di Vs è eseguita l'inversione della curva di dispersione. Tale inversione è operata tramite l'utilizzo di algoritmi genetici che consentono di ottenere soluzioni affidabili ed una stima dell'attendibilità del modello ricavato in termini di deviazione standard. L'operazione di inversione è ottimizzata definendo uno spazio di ricerca (con definizione dei limiti minimi e massimi) i cui confini sono definiti da valori di Vs e spessori all'interno dei quali si cerca la soluzione. L'interpretazione della prova di simica attiva MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) relativamente alle onde S, ha reso evidente la seguente successione:

Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	2,4	280
2,4	4,9	231
4,9	30,0	464



Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova MASW.

La prova MASW ha fornito un valore di V_{s30} pari a 408 m/s, che secondo la normativa italiana vigente ricade al limite tra classe B e classe C.

Considerando le risultanze del sondaggio geognostico eseguito nell'area in studio, in particolare i valori di N_{SPT} medio bassi e la tipologia di roccia piroclastica molto disagregata, si può cautelativamente collocare l'area in **classe C**.

APPENDICE:

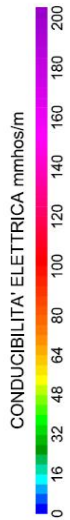
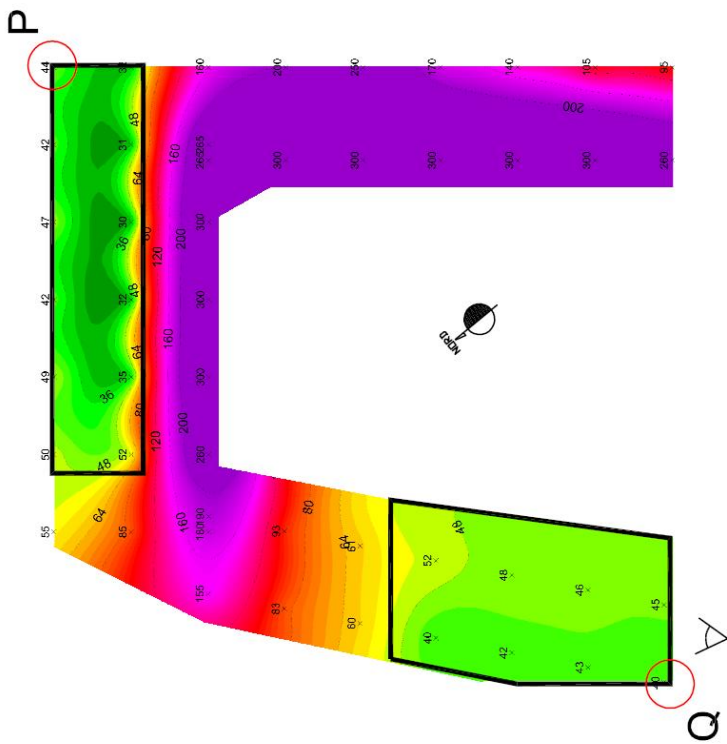
Prospezione elettromagnetica e
carta della conducibilità elettrica

piazzola ELETTROMAGNETISMO - Ciampino, via della Folgarella

PLANIMETRIA GENERALE UBICATIVA



CARTA DELLA CONDUCIBILITA' ELETTRICA scala 1:200



12 X Punti di misura (maglia 2,5x2,5 metri) e valore della conducibilita' elettrica (mmhos/m)

Q Vertici del poligono investigato e lettera (identificativa)

Area priva di masse metalliche sepolte e ritenuta idonea per l'esecuzione del sonniaggio geognostico

Punto di vista fotografico

Vertice P- Latitudine Nord 41° 48' 22,68"
Longitudine Est 12° 35' 39,86"

Vertice Q- Latitudine Nord 41° 48' 22,62"
Longitudine Est 12° 35' 38,60"

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

