



COMUNE DI MOLA DI BARI

PROVINCIA DI BARI

LAVORI DI ADEGUAMENTO DEL RECAPITO FINALE E COMPLETAMENTO DELLE RETI DI FOGNATURA BIANCA DELLE ZONE A SUD E OVEST DELL'ABITATO

CODICE CIG: 516417298A

PROGETTO DEFINITIVO 1° LOTTO

PROGETTAZIONE:
COSTITUENDO RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI



Studio Romanazzi-Boscia e Associati s.r.l.
(Capogruppo Mandataria)

Prof. ing. **Eligio Romanazzi** _____

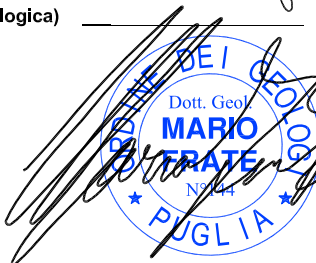
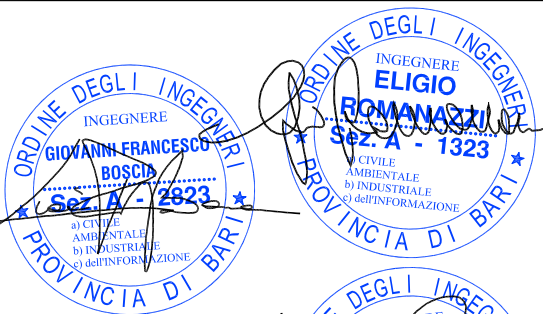
Ing. **Giovanni F. Boscia** _____

Ing. **Sebanino Giotta** _____

Ing. **Fabio Paccapelo** _____

Dott. Ing. Fabio ROMITO
(Mandante)

Dott. Geol. Mario FRATE (Consulenza geologica)
(Mandante)



Elaborato:

A.5.1

Scala:

Data:

Luglio 2018

RELAZIONE GEOGNOSTICA

Studio di Geologia Dott. Mario Frate

Via Dieta di Bari, 36 – 70121 Bari
Tel. Fax. 080-5538812 - Mob: 335 8165364
e-mail: mariofrate@libero.it pec: mariofrate@pec.it

INDICE

1 PREMESSA	3
2 Misure GPS	4
3 AZIONE SISMICA	5
4 SONDAGGI MECCANICI	7
5 ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO	9
6 PROSPEZIONE SISMICA	10
6.1 Metodologia sismica a rifrazione	10
6.2 Attrezzature e tecniche operative	12
6.3 Risultati	13
7 METODOLOGIA INDAGINE M.A.S.W.	16
7.1 Attrezzature e tecniche operative	17
7.2 Risultati	19
8 INDAGINE CON CERCA SERVIZI E CON GEORADAR	20
8.1 Metodologia CON CERCA SERVIZI	20
8.2 Metodologia GEORADAR	21
8.3 Strumentazione GEORADAR E METODI DI ACQUISIZIONE	23
8.4 ANALISI dei RISULTATI RADAR	24
9 CONCLUSIONI	26

Planimetria di progetto delle opere di fognatura pluviale (I Lotto)(scala 1:1.000)

ALLEGATO "PERFORAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO" S1÷S2

Scheda di sondaggio **S1÷S2**

Certificati prove di laboratorio geotecnico **S1÷S2**

Documentazione fotografica **S1÷S2**

ALLEGATO "PROFILI SISMICI" 1÷11

Sismogrammi MASW - Metodo Passivo (ANALISI Re.Mi.) **S1÷S11**

Analisi MASW - Metodo Passivo (ANALISI Re.Mi.) **S1÷S11**

Sismogrammi Sismica a Rifrazione **S1÷S11**

Dromocrone **S1÷S11**

Sezioni Sismiche **S1÷S11**

Documentazione fotografica **S1÷S11**

ALLEGATO RADAR "ZONA 1÷4"

Ubicazione profili e anomalie radar **ZONA 1÷4** (scala 1:200)

Radargrammi **ZONA 1÷4**

Documentazione fotografica **ZONA 1÷4**

1 PREMESSA

Per incarico conferito al Dott. Geol. Mario Frate, è stata eseguita una indagine geognostica per il progetto preliminare dei **“lavori di adeguamento del recapito finale e completamento delle reti di fognatura bianca delle zone a Sud Ovest dell’abitato di Mola di Bari (1° lotto)”**.

L’indagine geognostica è stata mirata alla ricostruzione dell’assetto stratigrafico del sito, alla valutazione delle caratteristiche fisico-meccaniche e all’acquisizione del valore di Vs30 per la classificazione del sottosuolo di fondazione secondo le normative vigenti (D.M. 14/01/2008). Inoltre, è stata eseguita un’indagine georadar su **4 zone** al fine di localizzare i sotto servizi presenti ed eventuali anomalie riconducibili a cavità carsiche.

L’indagine geognostica è stata così articolata:

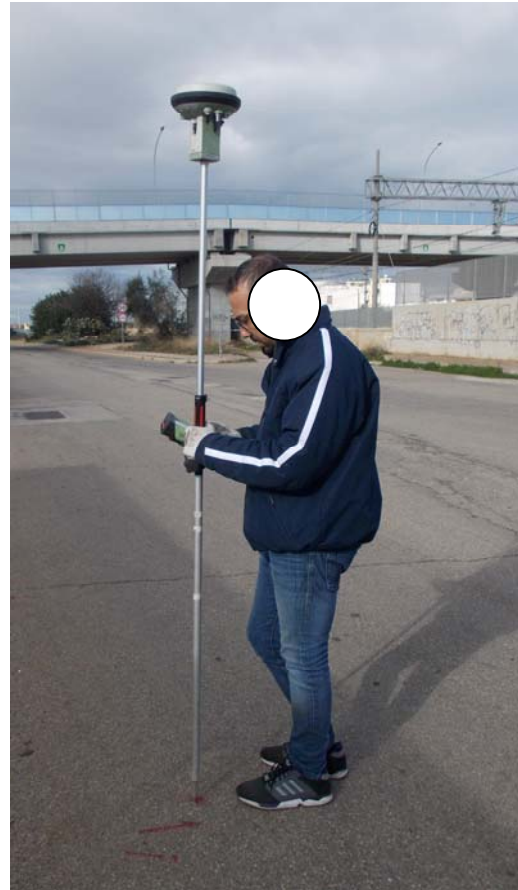
- ✓ **Perforazioni** a carotaggio continuo;
- ✓ **Prove geotecniche** su campioni del tipo compressione monoassiale;
- ✓ **Prospezione sismica** a rifrazione;
- ✓ **Prospezione sismica MASW** con metodo passivo (analisi Re.Mi.);
- ✓ **Indagine con cerca servizi e con georadar.**

L’ubicazione di tutti i profili sismici e delle zone di indagine georadar è mostrata in figura **“Planimetria di progetto delle opere di fognatura pluviale (II Lotto)(scala 1:1.000)”**.

2 Misure GPS

Le misure eseguite sono state ubicate con sistema **GPS** mediante strumento **GPS Leica GS15**.

Lo strumento è dotato di 120 canali GNSS ed è in grado di ricevere fino a 60 satelliti tracciati simultaneamente su due frequenze.



Il GPS Leica GS15 è dotato di un'avanzatissima tecnologia brevettata "Leica SmartTrack+" composta da:

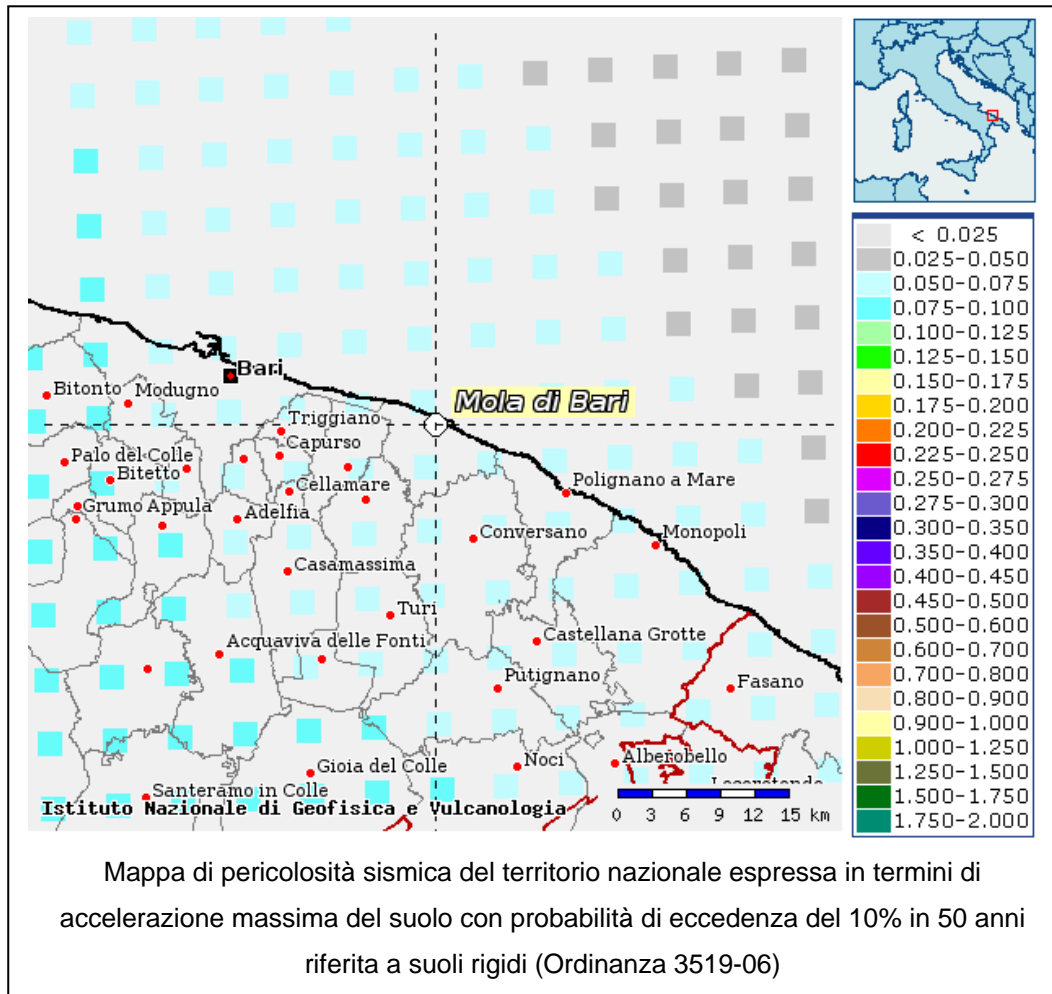
- Motore di calcolo avanzato
- Ricezione protetta dalle interferenze
- Controllo multipath di alta precisione per le misure pseudo-range
- Tracciamento eccellente a basse elevazioni
- Misure GNSS di fase a basso disturbo, precisione <math><0.5\text{ mm}</math>
- Tempi di acquisizione minimi.

Studio di Geologia Dott. Mario Frate

Via Dieta di Bari, 36 – 70121 Bari
Tel. Fax. 080-5538812 - Mob: 335 8165364
e-mail: mariofrate@libero.it pec: mariofrate@pec.it

3 AZIONE SISMICA

Le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (14/01/2008) e l'OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519 superano il concetto della classificazione del territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante una analisi della risposta sismica locale. In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" e della definizione di una "pericolosità di base" fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di a_g e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T^*C). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.



Studio di Geologia Dott. Mario Frate

Via Dieta di Bari, 36 – 70121 Bari
Tel. Fax. 080-5538812 - Mob: 335 8165364
e-mail: mariofrate@libero.it pec: mariofrate@pec.it

Secondo le NTC l'area in questione, ricadente nel territorio comunale di **Mola di Bari**, è caratterizzata da un'accelerazione compresa tra **0.050-0.075 g**, come evidenziato nella figura a, in cui è riportata la mappa di pericolosità sismica per la zona in questione con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (riferita a suoli rigidi - categoria A $V_{s30} > 800 \text{m/sec}$).

Tale mappa di pericolosità sismica è riferita ad un periodo di ritorno $TR=475$, corrispondente ad una vita nominale dell'opera $V_N = 50$ anni e ad un coefficiente d'uso $C_U = 1$ (struttura ordinaria), parametri legati tra loro dalla seguente formula:

$$TR = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) \text{ dove } V_R = V_N \cdot C_U$$

Valori dei parametri per la definizione del periodo di ritorno		
P_{VR} (Stato Limite)	C_U	V_N [anni]
81% Operatività (SLO)	0.7 (I. Strutture secondarie)	≤ 10 (Opere provvisorie)
63% Danno (SLD)	1.0 (II. Strutture ordinarie)	≥ 50 (Opere ordinarie)
10% Salvaguardia della vita (SLV)	1.5 (III. Strutture importanti)	≥ 100 (Grandi opere)
5% Prevenzione del Collasso (SLC)	2.0 (IV. Strutture strategiche)	

4 SONDAGGI MECCANICI

La campagna di sondaggi meccanici è stata così condotta:

- n° 2 sondaggi meccanici verticali a rotazione e a carotaggio continuo;
- n° 2 prelievi di campioni litoidi.

I sondaggi sono stati eseguiti con sonda a rotazione tradizionale con testa idraulica in grado di agire sia in rotazione che con percussione in modo da poter inserire anche l'eventuale tubazione di rivestimento senza o con poca circolazione di fluido. Le operazioni di carotaggio sono avvenute con l'utilizzo del carotiere doppio e manovre di lunghezza tale da garantire il massimo recupero di materiale ed il minimo disturbo. Il carotiere semplice è stato utilizzato per i tratti di perforazione più superficiali.

Le manovre sono state eseguite in modo tale da permettere la valutazione del reale recupero del materiale attraverso la registrazione su apposito taccuino di campagna.



Trivella utilizzata
(modello 530 della CMV)

Le "carote" estratte con le manovre del carotiere, sono state ordinatamente sistemate in apposite cassette catalogatrici munite di scomparti divisorii e coperchio e depositati presso la sede della ditta esecutrice.

Sui bordi delle cassette sono state indicate le profondità rispetto al piano campagna. Le cassette sono state fotografate con macchina digitale a colori. Sono state effettuate anche foto panoramiche della postazione del sondaggio.

Studio di Geologia Dott. Mario Frate

Via Dieta di Bari, 36 – 70121 Bari
Tel. Fax. 080-5538812 - Mob: 335 8165364
e-mail: mariofrate@libero.it pec: mariofrate@pec.it

Nel corso delle operazioni di sondaggio è stata compilata la scheda della stratigrafia riscontrata, completa della descrizione della natura e delle caratteristiche del terreno, data, attrezzatura impiegata, carotiere utilizzato, nominativo del compilatore, quote e coordinate del sito. Non sono emerse problematiche particolari durante le fasi lavorative.

Sondaggio	Coordinate UTM 33T (WGS84)	Quota m s.l.m.	Profondità raggiunta (m)
S1	674549 E – 4548163 N	6.0	10
S2	674504 E - 4547382 N	20.0	7.3

Tabella 1 - Sondaggi realizzati e relative coordinate.

Durante le operazioni di carotaggio sono stati prelevati campioni da sottoporre a prove di laboratorio.

Sondaggio	Campioni	Profondità prelievo (m dal p.c.)	Tipo di prove
S1	C1	3.40 ÷ 3.50	Compressione monoassiale
S2	C1	4.20 ÷ 4.40	Compressione monoassiale

Tabella 2 - Campioni prelevati, relative profondità e prove eseguite.

È stata effettuata una stima dell'**RQD** (Rock-Quality Designation), al fine di una considerazione quantitativa della qualità dell'ammasso roccioso, riportata nelle schede di sondaggio allegate.

Durante il campionamento, è stata costantemente verificata la pulizia degli strumenti e l'assenza di perdite liquide. Il campionamento è avvenuto al momento dell'estrazione dei materiali utilizzando appositi contenitori sino al trasferimento in laboratorio.

Inoltre ogni campione è stato identificato attraverso i seguenti dati:

- sito di indagine;
- sigla identificativa del sondaggio;
- data di prelievo;
- profondità di prelievo.

Per ciò che concerne i risultati delle prove di laboratorio sui campioni litoidi si rimanda al paragrafo successivo.

5 ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Le analisi eseguite sui campioni litoidi prelevati in foro comprendono la valutazione del peso volume e la resistenza a compressione uniassiale mediante la prova di compressione monoassiale libera.

Esse sono state eseguite dalla "Laborgeo s.r.l.", laboratorio geotecnico prove su terre, autorizzato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001 (Aut. Min. Infrastrutture e trasporti n° 54111 del 10/11/2005 e rinnovi).

Per quanto riguarda la prova essa fornisce un indice di resistenza alla compressione per la classificazione del materiale roccioso. I provini di roccia da sottoporre al test sono di dimensioni standard.

La macchina di prova comprende una parte predisposta per il caricamento (telaio di carico, pompa, punzoni e pistoni), un sistema per la misura del carico P necessario per portare a rottura il provino.

Il provino viene collocato nell'apparecchiatura a questo punto viene incrementato il carico in maniera costante fino alla rottura.

Sond	CR	Profondità di prelievo m	v Kg/m ³	Litologia	Resistenza a compressione monoassiale σ_c (I _{S50} *24) (KN/m ² - Kg/cm ²)
1	1	3.40 - 3.50	1844.78	CALCARENITE	3755 (38.29)
2	1	4.20 - 4.40	2028.31	CALCARENITE	4591 (46.82)

Risultati delle analisi eseguite sui campioni litoidi

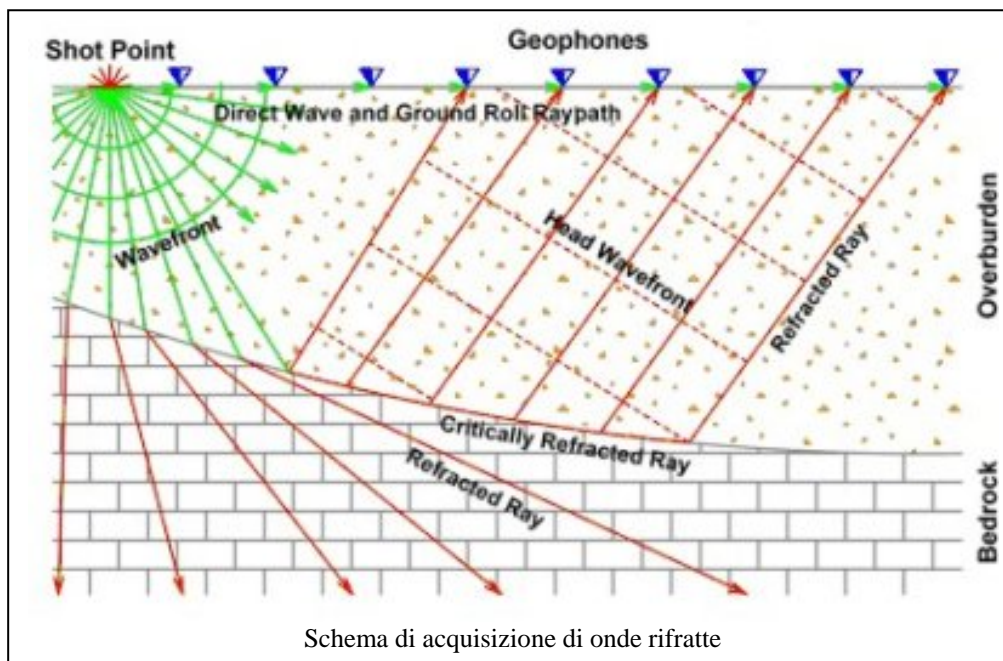
6 PROSPEZIONE SISMICA

6.1 Metodologia sismica a rifrazione

La tecnica di prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche generate in un punto in superficie (punto sorgente), in corrispondenza di una molteplicità di punti disposti allineati sulla superficie topografica (geofoni). Lo studio della propagazione delle onde sismiche consente di valutare le proprietà geometriche e fisico-meccaniche dei terreni.

Mediante questo tipo di indagine si può risalire alla composizione litologica di massa dei terreni, al loro grado di fratturazione, alla geometria delle prime unità sottostanti la coltre superficiale, alla profondità in cui si trova la roccia di fondo ("bedrock").

L'unica condizione per eseguire studi di sismica a rifrazione è che la successione rocciosa da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità.

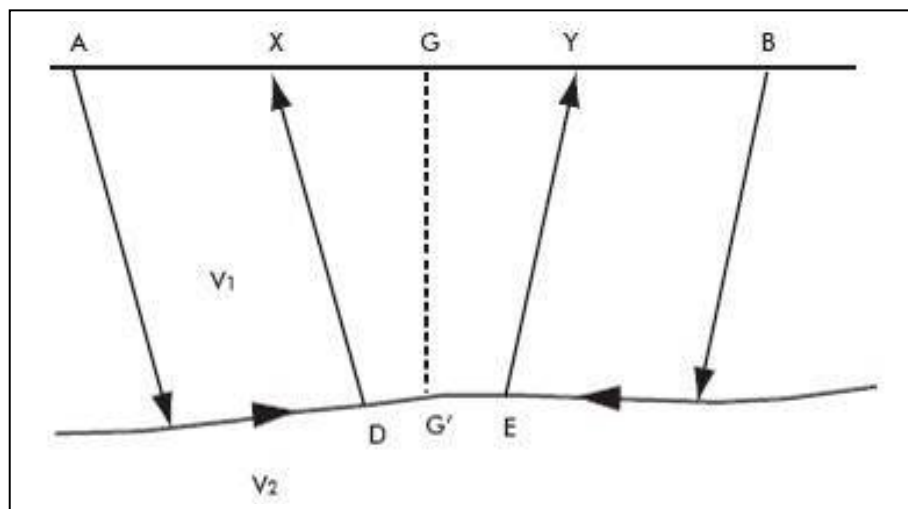


Studio di Geologia Dott. Mario Frate

Via Dieta di Bari, 36 – 70121 Bari
Tel. Fax. 080-5538812 - Mob: 335 8165364
e-mail: mariofrate@libero.it pec: mariofrate@pec.it

Normalmente il sottosuolo è caratterizzato da strati piano-paralleli con velocità crescente all'aumentare della profondità. In contesti più complessi (inversioni di velocità o presenza di corpi non stratificati) bisogna tener conto del modello tridimensionale del sottosuolo ed intervenire con indagini più specifiche (misure sismiche in foro), per non incorrere in errori interpretativi.

Il metodo di elaborazione utilizzato nel corso delle analisi dei dati a rifrazione è stato il Generalized Reciprocal Method (GRM: Palmer - 1980). L'analisi GRM (metodo reciproco generalizzato) si basa sulla determinazione del tempo di tragitto delle onde sismiche tra due geofoni separati da una distanza variabile XY ottimale per la quale i segmenti dei raggi che viaggiano verso l'alto e arrivano a ciascun geofono, emergano quasi dallo stesso punto del riflettore (G'). Ciò permette di valutare tutte le eventuali variazioni laterali di velocità del rifrattore, e quindi di ricostruire anche morfologie complesse.



6.2 Attrezzature e tecniche operative

Per le misure eseguite sono stati utilizzati le seguenti attrezzature:

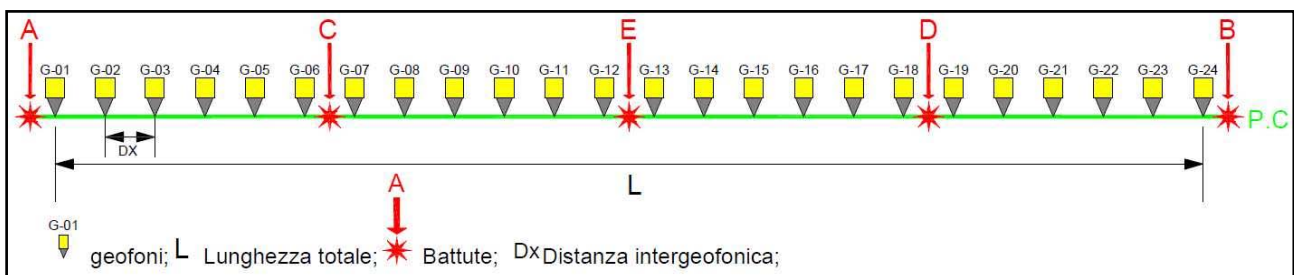
- Un sismografo DAQ LINK – III a 24 bit della “Seismic Source Co” con intervallo minimo di campionamento di 0.0208 ms e altissima risoluzione (118 db).



- Un cavo con 24 collegamenti per i geofoni.
- Ventiquattro geofoni a componente verticale con frequenza di 14 Hz.
- Ventiquattro geofoni a componente orizzontale con frequenza di 14 Hz.
- Un martello di 8 Kg dotato di trigger.
- Un piattello in alluminio per la generazione di onde sismiche longitudinali.
- Un generatore per onde trasversali ad impatto bidirezionale.

Sono stati eseguiti 11 profili in onde P e 2 in onde Sh (profilo 1 e 3). Essi hanno lunghezza di 60 metri, distanze intergeofoniche di 2.5 metri. Sono state effettuate 5 energizzazioni per le onde longitudinali e 3 energizzazioni per le onde trasversali.

Di seguito è mostrato lo schema geometrico di acquisizione per le onde P, mentre per le onde Sh si sono utilizzati i punti A-E-B:



Il picking delle onde sismiche è stato effettuato sui sismogrammi sperimentali (vedi allegato) mediante il software TomTime della Geotom, LCC, dopo un opportuno filtraggio delle tracce.

I primi arrivi sono riportati nei diagrammi tempo-distanza "dromocrone" (vedi allegato).

6.3 Risultati

L'elaborazione dei dati ha permesso di ricostruire il sottosuolo secondo 2 e 3 "sismostrati", così caratterizzati:

PROFILI SISMICI 2, 3, 5, 6 e 7 (3 sismostrati)

1. Il primo sismostrato ha velocità V_p compresa tra 400-560 m/s e V_s compresa tra 110-240;
2. Il secondo sismostrato ha velocità V_p compresa tra 980-1640 m/s e V_s compresa tra 420-790;
3. Il substrato rifrattore ha velocità V_p compresa tra 2430-2860 m/s e V_s compresa tra 1090-1510.

Per ciò che concerne la correlazione delle caratteristiche fisico-dinamiche con quelle geologico-tecniche del sottosuolo esplorato, si può ritenere che:

1. Il primo sismostrato è associabile a *terreni di riporto*;
2. Il secondo sismostrato è associabile a *calcareniti cementate oppure (solo nei profili 5, 6 e 7) a sabbie calcarenitiche o riporto antropico costipato*;
3. Il substrato rifrattore è associabile a *calcareniti molto cementate e/o calcari fratturati e carsificati*.

PROFILI SISMICI 1, 4, 8, 9, 10 e 11 (2 sismostrati)

1. Il primo sismostrato ha velocità V_p compresa tra 450-740 m/s e V_s compresa tra 150-280;
2. Il substrato rifrattore ha velocità V_p compresa tra 1900-2200 m/s e V_s compresa tra 960-1190.

Per ciò che concerne la correlazione delle caratteristiche fisico-dinamiche con quelle geologico-tecniche del sottosuolo esplorato, si può ritenere che:

Studio di Geologia Dott. Mario Frate

Via Dieta di Bari, 36 – 70121 Bari
Tel. Fax. 080-5538812 - Mob: 335 8165364
e-mail: mariofrate@libero.it pec: mariofrate@pec.it

1. Il primo sismostrato è associabile a *terreno di riporto*;
2. Il substrato rifrattore è associabile a *calcarenite cementata*.

In molti profili è stato ricostruito il basamento calcareo sulla base dei dati interpretati con la prospezione MASW. Per tale basamento, ove non presenti le velocità delle onde P, non è stato possibile calcolare i moduli dinamici.

Nella tabella che segue sono mostrati tutti i valori delle velocità sismiche, il coefficiente di Poisson ed i valori dei moduli dinamici E (di Young), G (di taglio) e K (di compressibilità), espressi in Kg/cm². Questi valori sono calcolati considerando un peso di volume unitario. Pertanto per correggere i dati è sufficiente moltiplicarli per il peso volume reale dei terreni.

Profilo 1

Spessori medi (metri)	Vp	Vsh	σ	γ	E	G	K
0÷0.8	490	164	0.44	1	789	274	2084
>0.8	2140	1070	0.33	1	31154	11683	31154

Profilo 2

Spessori medi (metri)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
0÷1.8	470	180	0.41	1	935	331	1813
1.8÷11	1640	790	0.35	1	17181	6368	18954
>11	2860	1510	0.31	1	60807	23266	52444

Profilo 3

Spessori medi (metri)	Vp	Vsh	σ	γ	E	G	K
0÷1.9	560	240	0.39	1	1631	588	2416
1.9÷11	1620	750	0.36	1	15654	5740	19127
>11	2790	1460	0.31	1	57051	21751	50428

Profilo 4

Spessori medi (metri)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
0÷1.8	450	150	0.44	1	660	230	1760
>1.8	1900	960	0.33	1	24988	9404	24298

Profilo 5

Spessori medi (metri)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
0.0÷0.5	400	120	0.45	1	426	147	1437
0.5÷3.7	1120	560	0.33	1	8533	3200	8533
>3.7	2430	1090	0.37	1	33317	12123	44089

Profilo 6

Spessori medi (metri)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
0.0÷0.5	460	110	0.47	1	363	123	1995
0.5÷3.8	980	420	0.39	1	4995	1800	7400
>3.8	2420	1230	0.33	1	40936	15438	39176

Studio di Geologia Dott. Mario Frate

Via Dieta di Bari, 36 – 70121 Bari

Tel. Fax. 080-5538812 - Mob: 335 8165364

e-mail: mariofrate@libero.it pec: mariofrate@pec.it

Profilo 7

Spessori medi (metri)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
0÷0.4	430	120	0.46	1	428	147	1691
0.4÷4.2	1240	600	0.35	1	9897	3673	10792
>4.2	2650	1340	0.33	1	48673	18322	47228

Profilo 8

Spessori medi (metri)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
0÷1.9	480	200	0.39	1	1139	408	1807
>1.9	2150	1140	0.30	1	34597	13261	29487

Profilo 9

Spessori medi (metri)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
0÷2.3	660	280	0.39	1	2224	800	3378
>2.3	2130	1120	0.31	1	33509	12800	29228

Profilo 10

Spessori medi (metri)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
0÷1.8	680	220	0.44	1	1424	494	4060
>1.8	2180	1120	0.32	1	33810	12800	31427

Profilo 11

Spessori medi (metri)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
0÷1.2	740	260	0.43	1	1972	690	4668
>1.2	2200	1190	0.29	1	37374	14450	30121

V_p = velocità onde longitudinali in m/s

V_s = velocità onde trasversali in m/s

σ = coefficiente di Poisson

γ = peso di volume in g/cm^3

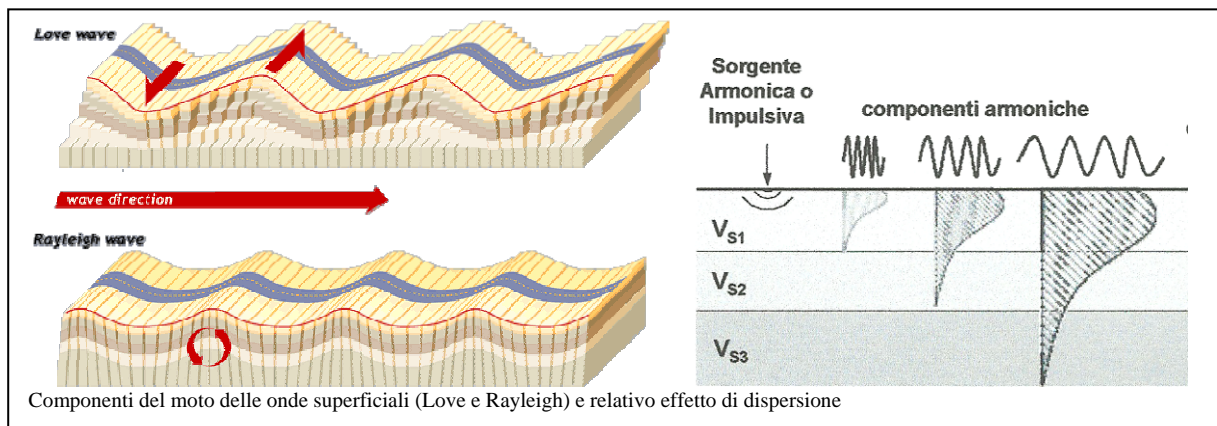
E = modulo dinamico di Young in Kg/cm^2

G = modulo dinamico di taglio in Kg/cm^2

K = modulo dinamico di compressibilità in Kg/cm^2

7 METODOLOGIA INDAGINE M.A.S.W.

L'indagine MASW eseguita con la tecnica "passiva" Re.Mi. (Refraction Microtremor) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (nel nostro caso geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.



La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

7.1 Attrezzature e tecniche operative

Per le misure eseguite sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

- Un sismografo DAQ LINK – III a 24 bit della “Seismic Source Co” con intervallo minimo di campionamento di 0.0208 ms e altissima risoluzione (118 db).



- Un cavo con 24 collegamenti per i geofoni.
- 24 geofoni a componente verticale con frequenza di 4.5 Hz.
- SeisOpt ReMi v.2.0 della Optim LLC.

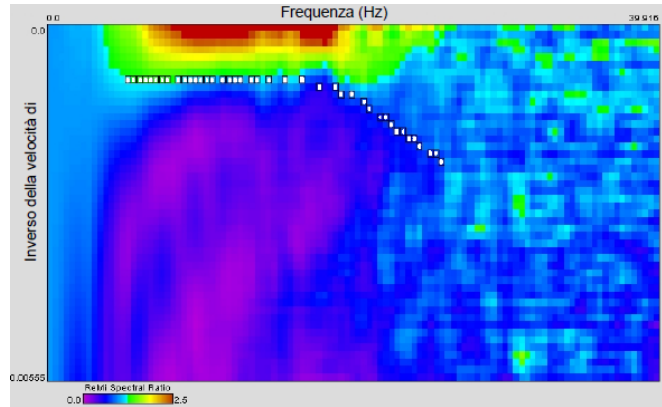
Tutti i profili eseguiti sono ubicati sulle stesse linee della sismica a rifrazione ed hanno le stesse geometrie.

Per ogni profilo sono state acquisite cinque registrazioni di 20 secondi con una frequenza di campionamento di 500 Hz.

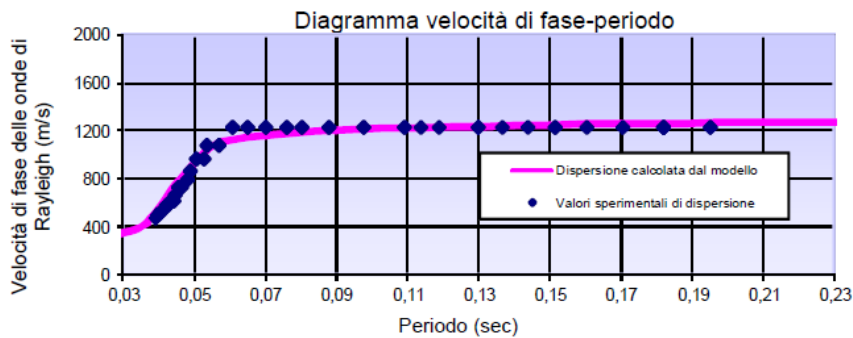
I sismogrammi ottenuti sono stati elaborati con una trasformazione bidimensionale dal dominio tempo-distanza (t-x), al dominio velocità di fase-frequenza (p-f). E' stato così possibile analizzare l'energia di propagazione del “rumore ambientale” lungo tutte le direzioni della linea sismica e riconoscere le onde superficiali con carattere dispersivo.

Studio di Geologia Dott. Mario Frate

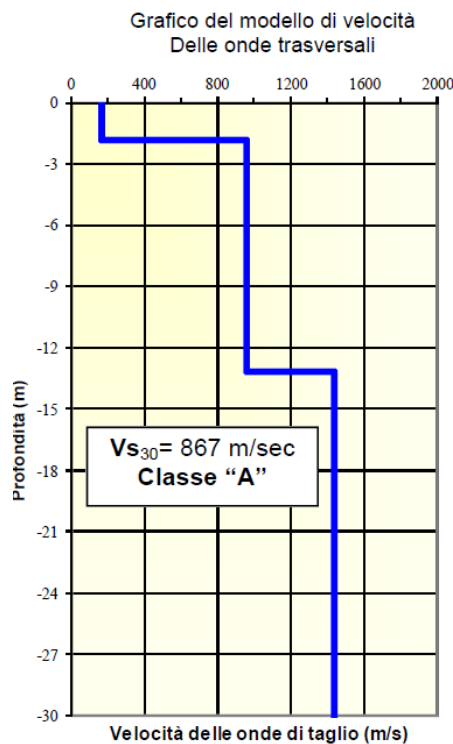
Via Dieta di Bari, 36 – 70121 Bari
Tel. Fax. 080-5538812 - Mob: 335 8165364
e-mail: mariofrate@libero.it pec: mariofrate@pec.it



I sei spettri di potenza p-f ottenuti sono stati sommati e sullo spettro risultante sono stati individuati una serie di punti sul confine inferiore dell'area ad alta energia (piking).



Tali valori sono stati riportati su un grafico velocità di fase/periodo ed è stata analizzata la relativa curva di dispersione.



E' stato poi calcolato un modello ottimale di velocità di onde trasversali mediante il "fitting" tra curva di dispersione e valori sperimentali.

7.2 Risultati

I modelli di Vs-profondità, ottenuti mediante l'analisi MASW (metodo Re.Mi.), sono riportati nell'allegato "Profili sismici".

Alla luce delle nuove norme tecniche per le costruzioni NTC (D.M. 14/01/2008) sono state calcolate le Vs₃₀ applicando la nota formula:

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

dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazione di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Sulla base dei valori di Vs₃₀ ricavati, è possibile classificare il sottosuolo di fondazione, secondo le NTC (D.M. 14/01/2008), in **categoria A** con **Vs₃₀ compresa tra 867-1029 m/s**.

Categorie di sottosuolo nelle NTC-08

- | | |
|-----------|---|
| A | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s , eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m. |
| B | Depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti , <u>con spessori superiori a 30 m</u> , caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} 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 | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti , <u>con spessori superiori a 30 m</u> , 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 | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti , <u>con spessori superiori a 30m</u> , 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 | 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). |
| S1 | Depositi di terreni caratterizzati da valori di V _{S30} 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 | Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti |

8 INDAGINE CON CERCA SERVIZI E CON GEORADAR

Al fine di eseguire una ricerca accurata dei sottoservizi si è proceduto a tre fasi di ricerca:

una localizzazione tramite gps leica dei tombini;

uno screening con il cerca servizi;

una indagine radar.

Quest'ultima è stata utilizzata anche per ricerca di eventuali cavità carsiche.

8.1 METODOLOGIA CON CERCA SERVIZI

Per lo screening con cerca servizi è stato utilizzato il localizzatore **C.Scope MXL2**. Questo strumento è un cerca servizi ad alte prestazioni, specificatamente progettato per rilevare, identificare e tracciare tubi e cavi interrati, con assoluta precisione ed accuratezza. Ha diverse modalità di funzionamento che agiscono sulla rilevazione di segnali elettromagnetici a varie frequenze, inoltre con

l'abbinamento del trasmettitore **C.Scope MXT2**, è in grado di ampliare il campo di ricerca dei servizi.



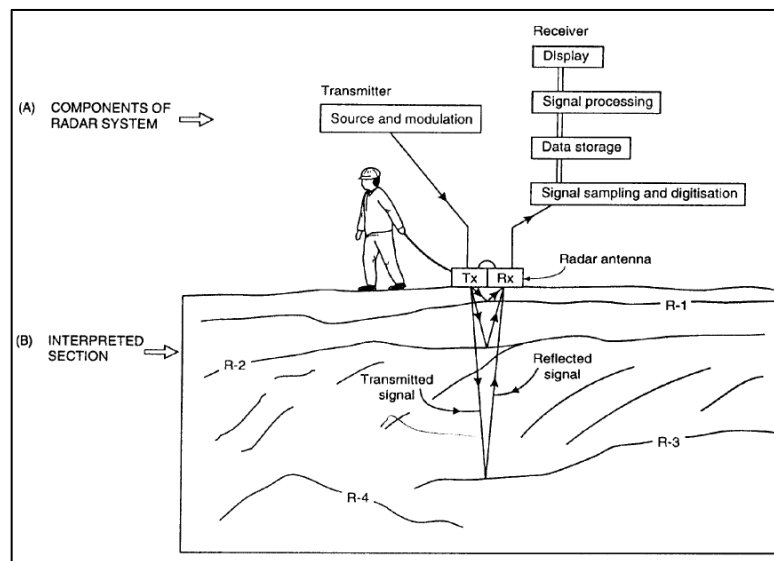
Localizzatore e trasmettitore utilizzati

8.2 METODOLOGIA GEORADAR

Il Georadar o GPR (Ground Penetration Radar) rappresenta la più avanzata e sofisticata metodologia di indagine non distruttiva dedicata alla ricerca di servizi, strutture e ambienti interrati.

Il principio di funzionamento del GPR è simile a quello della sismica a riflessione e delle tecniche sonar. Un sistema trasmittente genera ed emette un breve impulso ad alta frequenza (1-1000 MHz). Se qualcosa nel cammino dell'onda elettromagnetica interferisce con essa (quello che comunemente indichiamo come target), l'onda viene deviata, riflessa o assorbita.

Tale energia viene captata da un'antenna ricevente.



Schema indagine georadar

Di estrema importanza è il valore della frequenza centrale da cui dipendono la profondità di investigazione e il grado di risoluzione (la dimensione minima che deve avere un oggetto perché possa essere individuato).

Tra i fattori naturali un ruolo estremamente importante è giocato dalla natura geologica del suolo e dell'immediato sottosuolo. Principalmente agiscono costante dielettrica del terreno e conduttività elettrica: la prima nella

Studio di Geologia Dott. Mario Frate

Via Dieta di Bari, 36 – 70121 Bari
Tel. Fax. 080-5538812 - Mob: 335 8165364
e-mail: mariofrate@libero.it pec: mariofrate@pec.it

determinazione della velocità di propagazione dell'onda elettromagnetica; la seconda nella determinazione della profondità effettivamente investigabile.

Per una dettagliata disamina delle modalità di propagazione delle onde elettromagnetiche nei mezzi parzialmente conduttori, quali possono essere considerati i terreni, sarà sufficiente sottolineare come la velocità del segnale elettromagnetico diminuisca passando dall'aria, dove viaggia praticamente alla velocità della luce (30 cm /nanosecondo), al sottosuolo dove la velocità si riduce a valori compresi tra un terzo ed un quinto in relazione al valore della costante dielettrica; maggiore è questa minore è la velocità.

Per quanto concerne la profondità investigabile, questa dipende da quanto rapidamente l'onda si degrada a causa dell'assorbimento dell'energia elettromagnetica da parte del terreno. Nei terreni sabbiosi secchi l'assorbimento di energia è inferiore a quello che caratterizza i terreni argillosi umidi. Nei primi la profondità di esplorazione risulta di gran lunga superiore a quella dei terreni argilloso-limosi dove lo spessore realmente investigabile è limitato ad un metro o poco più in relazione alla frequenza dell'antenna.

Riassumendo, la profondità di investigazione, vale a dire la massima profondità da cui può giungere una riflessione generata da una struttura, dipende principalmente dal **tipo di terreno** nel quale la struttura è sepolta e dalla **frequenza centrale** del segnale emesso dall'antenna.

8.3 STRUMENTAZIONE GEORADAR E METODI DI ACQUISIZIONE

L'indagine radar è consistita nell'esecuzione di profili radar utilizzando due frequenze (250 MHz e 200 MHz) con due strumentazioni distinte: **"NOGGIN 250"** e **"Pulse Ekko IV"** della **Sensors & Software Inc.** (unanimemente considerata la ditta leader a livello mondiale).



Sistema radar a 250 MHz



Sistema radar a 200 MHz

E' stato scelto l'utilizzo di due frequenze al fine di garantire sia una sufficiente penetrazione e sia una ottimale risoluzione.

8.4 ANALISI DEI RISULTATI RADAR

La ricerca nel sottosuolo di sottoservizi, strutture, reperti archeologici, cavità sotterranee in siti urbanizzati e in situazione complesse risulta molto difficile e problematica. In particolare vi sono molte fonti che generano anomalie radar: la disomogeneità dei terreni in cui sono presenti eventuali sottoservizi ed i materiali di riempimento delle trincee; gli effetti dei fenomeni carsici (vuoti, cavità e riempimenti di terre rosse), la disarticolata presenza delle radici degli alberi e/o vecchi manufatti sepolti generano anomalie molto simili tra di loro. Inoltre, in superficie, i segnali radar si propagano a maggiore velocità e senza nessuna attenuazione rispetto alle onde che si propagano nei terreni, quindi, tralicci, tronchi, auto e cavi elettrici sospesi generano anomalie radar che in fase di post processing si possono solo attenuare.

Da ciò si deduce che per ogni sito indagato si è proceduto con molta cautela e con diversi tipi di elaborazione per ottenere le informazioni necessarie alla committenza.

I profili sono stati eseguiti secondo maglie ortogonali. Lungo ciascun profilo i dati sono stati acquisiti ad intervalli regolari di 2/5 cm.

La velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche è stata valutata attraverso l'analisi dei segnali iperbolici presenti sulle sezioni tempo. Il processing dei dati è stato effettuato con software "**GRADIX**" della **INTERPEX Ltd.**

Le sezioni riportano in ascissa i valori delle distanze misurate e in ordinata i valori di profondità derivati dall'analisi di velocità dell'onda. La valutazione della presenza di anomalie è stata eseguita direttamente sullo schermo del georadar durante la fase di acquisizione, e successivamente in studio eseguendo le operazioni di post-processing.

In particolare sono state eseguite le seguenti operazioni:

Studio di Geologia Dott. Mario Frate

Via Dieta di Bari, 36 – 70121 Bari
Tel. Fax. 080-5538812 - Mob: 335 8165364
e-mail: mariofrate@libero.it pec: mariofrate@pec.it

- Livellamento delle tracce in funzione del tempo zero "Time zero shift";
- Dewow filtering;
- Band pass filtering;
- Mix trace;
- Depth conversion.

In alcuni casi, laddove i segnali radar vengono fortemente assorbiti da terreni molto conduttivi, è stato necessario applicare una ulteriore operazione (remove background). Questa operazione è servita per accentuare i segnali radar iperbolici ed attenuare i segnali generati da stratificazioni suborizzontali.

Tutti i radargrammi sono riportati, negli allegati, con profondità/distanze ottenute dalla conversione spazio/tempo, operando con velocità variabili per ogni sito indagato, in un range compreso tra 92-98 cm/ns. Queste sono state visualizzate in finestre profonde 4 metri per i profili a 250 Mhz e 6 metri per i profili a 250 MHz.

Per l'analisi dei risultati si è proceduto scartando tutti i segnali radar di disturbo che si generano in superficie e selezionando tutte le anomalie rinvenute nel sottosuolo, tra queste non tutte, come già detto, sono riconducibili a sotto servizi ma hanno caratteristiche molto simili. Tutte le anomalie sono state suddivise in anomalie di minore e di maggiore entità e riportate in planimetria.

Laddove le anomalie tendono ad allinearsi tra di loro ed hanno circa un rinvenimento altimetrico simile si è proceduto, solo in quei casi, ad associarlo ad un sotto servizio.

Per ogni zona indagata sono riportati in allegato l'ubicazione dei profili eseguiti e tutte le anomalie rinvenute nel sottosuolo, inoltre dall'analisi delle anomalie sono stati evidenziati tutti i sotto servizi rinvenuti con la profondità della parte sommitale.

I profili eseguiti a bassa frequenza hanno avuto lo scopo di indagare il sottosuolo più in profondità. Dall'analisi eseguita non sono state rinvenute anomalie riconducibili a cavità carsiche importanti, ma solo piccole anomalie che potrebbero associarsi a fratturazioni e/o disomogeneità dei litotipi presenti.

9 CONCLUSIONI

Riassumendo quanto esposto, l'indagine geognostica eseguita ha messo in evidenza i seguenti risultati:

Le perforazioni meccaniche hanno riscontrato un sottosuolo costituito per la maggior parte da rocce calcarenitiche mediamente cementate. Nei carotaggi effettuati sono stati prelevati 2 campioni sui quali si sono eseguite due prove di resistenza a compressione monoassiale che hanno fornito dei risultati compresi tra 38,00-47,001 Kg/cm².

L'indagine sismica ha riscontrato velocità tipiche di litotipi rocciosi carbonatici, ed ha permesso di suddividere il sottosuolo secondo 2 e 3 sismostrati a seconda delle litologie riscontrate (vedi par. 6.3).

L'indagine Masw eseguita ha fornito valori di Vs30 per i quali è stato possibile classificare tutto il sottosuolo interessato dal progetto, secondo le NTC (D.M. 14/01/2008), in **categoria A** con **Vs30 compresa tra 867-1029 m/s**.

L'indagine radar ha permesso l'individuazione di sottoservizi presenti, riportati nella carta delle anomalie radar allegata e l'esclusione di presenze di discontinuità e/o vuoti di grande consistenza.