

COMUNE DI BRINDISI

Provincia di Brindisi

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO PER IL RECUPERO DI RIFIUTI PROVENIENTI DA SCAVI, COSTRUZIONI E DEMOLIZIONI, COMPRESO IL FRESATO DI CONGLOMERATO BITUMINOSO.

ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA , GEOTECNICA E SISMICA

TAV.

R11

PROPONENTE/GESTORE



Via A.Manzoni n.68/a – 72024 ORIA (BR)
Tel./Fax 0831.817634
C.F. e P.Iva 02202610743

DATA

Ottobre 2018

PROGETTO E CONSULENZA AMBIENTALE



Via S.Croce,66 - 72020 Erchie (BR)
Tel. 0831.767809
mail: ekotek.ambiente@gmail.com



I TECNICI

Dott.Geol.Giuseppe MASILLO

Dott.Arch.Savino MARTUCCI



LA DITTA

INDICE

1	PREMESSA	3
2	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DELL'AREA DI PROGETTO	5
3	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	10
4	SISMICITA' DEL TERRITORIO	13
5	INDAGINI ESPLETATE	14
5.1	Strumentazione e metodologia	16
5.2	Interpretazione delle misure eseguite	19
5.3	Modello sismico locale	22
5.1	Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche	22
6	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELLE ROCCE DI FONDAZIONE	24
7	CONCLUSIONI	25

1 **PREMESSA**

La Società **ICOST srl** con sede in Via A.Manzoni n.68/a – 72024 ORIA (BR), intende realizzare un **IMPIANTO PER IL RECUPERO DI RIFIUTI PROVENIENTI DA SCAVI, COSTRUZIONI E DEMOLIZIONI, COMPRESO IL FRESATO DI CONGLOMERATO BITUMINOSO** nella zona industriale del Comune di Brindisi, tra le vie Arton e Nobel e ricade nella Zona A1 - Industriale Produttiva (ASI), secondo quanto riportato dal Piano Regolatore del consorzio, ed è distinto in catasto terreni al fg. di mappa n. 80, part.lle 615, 616, 626, 627, 628,1100,1156.

Con il Testo unico “Norme Tecniche per le costruzioni” D.M. 14/01/2008, ed ultimo aggiornamento con DECRETO 17 gennaio 2018 del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI, si definiscono le procedure con cui effettuare una modellazione geologica e geotecnica del sito interessato da opere interagenti con i terreni e rocce. Perciò in ottemperanza alle prescrizioni del suddetto decreto sono state svolte delle indagini per la caratterizzazione dell’area in oggetto, per la definizione del modello geologico del terreno, per la definizione delle caratteristiche geotecniche, definizione dei caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici. Il programma delle indagini è stato articolato come segue:.

Il programma delle indagini è stato articolato come segue:

- Consultazione dei dati geotecnici stratigrafici e idrogeologici relativi a indagini eseguite dallo scrivente su tutta l’area del PIP.
- Rilievo geologico e geomorfologico speditivi;
- Elaborazione geotecnica dei parametri ricavati in base alla tipologia delle strutture che si intendono realizzare. In particolare l’indagine eseguita è stata mirata alla definizione delle successioni stratigrafiche e dei rapporti intercorrenti tra i vari litotipi che direttamente o indirettamente condizionano l’opera in progetto curando in specie:
 - la stratigrafia dell’area e l'eventuale spessore dei terreni di copertura da sbancare;
 - presenza o meno di falda d’acqua superficiale.
 - le caratteristiche meccaniche e la capacità portante del banco di fondazione;
 - categoria del suolo e Vs30 determinata mediante utilizzo di tomografo portatile Mod.

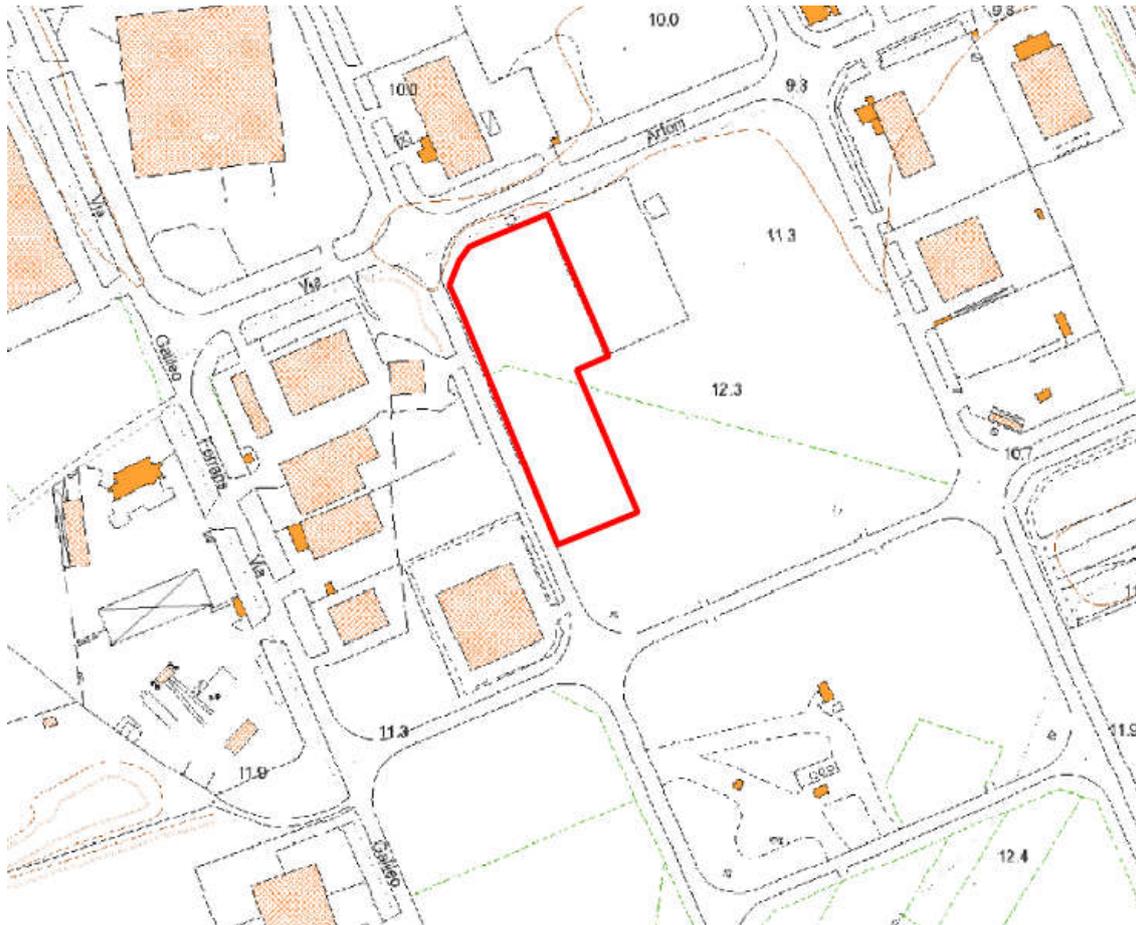
Tromino, il quale:

- misura delle frequenze di risonanza dei suoli
- effetti di sito e microzonazione sismica (curve H/V, metodo di Nakamura)
- stratigrafia sismica passiva
- Vs30 da fit vincolato della curva H/V

- doppia risonanza suolo-struttura.



Fig. 2 - Ubicazione impianto su base catastale



Localizzazione dell'area su CTR

2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DELL'AREA DI PROGETTO

Nell'area in oggetto affiorano sedimenti sabbiosi sciolti più o meno limosi, passanti verso il basso a marcatamente argillosi, a calcareniti ed infine ai calcari. Affiora pertanto la sequenza classica di terreni sciolti (depositi marini terrazzati) sovrapposti ai calcari più antichi (bedrock).

L'area di interesse nel presente studio ricade nell'ambito dell'Avampese Apulo, individuatosi durante l'orogenesi appenninica, interessato dal ciclo trasgressivo Pleistocenico e costituito da una potente successione di rocce carbonatiche di piattaforma.

Le spinte connesse alle diverse fasi tettoniche hanno interessato solo marginalmente l'avampese, generando essenzialmente strutture disgiuntive quali fratture, faglie dirette e subordinatamente, blande pieghe ad ampio raggio. In particolare il territorio di Brindisi è a cavallo del confine tra due blocchi dell'Avampese Apulo, le Murge ed il Salento, caratterizzati da alcune differenze sotto l'aspetto geologico-strutturale. Le interessa le rocce

carbonatiche dell'avampaese, nella quale si sono depositi sedimenti del ciclo di riempimento della Fossa Bradanica e depositi Marini terrazzati.

Dai dati reperiti in letteratura, (cfr. CIARANFI et alii. 1992) confrontati con i risultati ottenuti da un rilevamento geologico di ricognizione effettuato per il presente lavoro è stato possibile riconoscere la successione stratigrafica che caratterizza l'area d'interesse, schematizzata dal basso verso l'alto, come segue:

Depositi marini

Calcarea di Altamura (Turoniano sup. -Maastrichtiano)

Calcarenite di Gravina (Pliocen sup.-Pleistocene inf.)

Argille Subappennine (Pleistocene inf.)

Depositi Marini Terrazzati (pleistocene med.-sup.)

DEPOSITI CONTINENTALI

Depositi alluvionali ed eluvio-colluviali (Olocene)

Calcarea di Altamura

Dolomie di Galatina, rappresenta il basamento dei più recenti sedimenti plio-pleistocenici. L'assetto è generalmente tabulare con strati debolmente immergenti in direzione SSE e SE. Questi depositi rappresentano il termine stratigraficamente più antico nell'area di studio e costituiscono il substrato sul quale poggiano in trasgressione, i depositi plio-pleistocenici.

Nell'area in esame tale formazione non affiora.

Calcarenite di Gravina

Depositi calcarenitici e calciruditi bioclastici di ambiente litorale. La formazione è direttamente trasgressiva sui calcari cretatici e l'età è riferibile al plio-pleistocene. Sono localmente rappresentate da calcareniti e calciruditi passanti a materiali sabbiosi con inclusi ciottoli che si rinvencono in spessori molto esigui. Al contatto con i calcari spesso si trovano abbondanti affioramenti di materiali residuali rossastri (terre rosse) testimoni di una lunga fase di emersione che ha preceduto la trasgressione marina quaternaria.

Nell'area in esame esse non affiorano.

Argille Subappennine

Argille limose, argille sabbiose ed argille marnose di colore grigio-azzurro, subordinatamente giallastre con sparsi, sempre nella parte alta, ciottoli di natura calcarea

o calcarenitica. Questi depositi, di età infrapleistocenica, poggiano in continuità di sedimentazione sulle Calcareniti di Gravina e localmente giacciono, lungo superfici trasgressive, direttamente sui depositi mesozoici del calcare di Altamura. Questi depositi non affiorano ma occupano vaste aree nel sottosuolo. Dati litostratigrafici desunti da sondaggi e pozzi eseguiti nell'area confermano la presenza al di sotto dei Depositi Marini Terrazzati. Le Argille subappennine rappresentano il substrato impermeabile che sostiene l'acquifero superficiale della Piana di Brindisi. Uno studio condotto da Ricchietti e Polemio "L'acquifero superficiale del territorio di Brindisi: Dati Geoidrologici diretti e immagini radar da satellite", ha permesso di individuare lo spessore dei depositi argillosi impermeabili che nella nostra area dovrebbe essere pari a circa 10 m. Queste circostanze comportano, a seguito di eteropie laterali e verticali, un assetto stratigrafico leggermente diverso a seconda delle zone considerate.

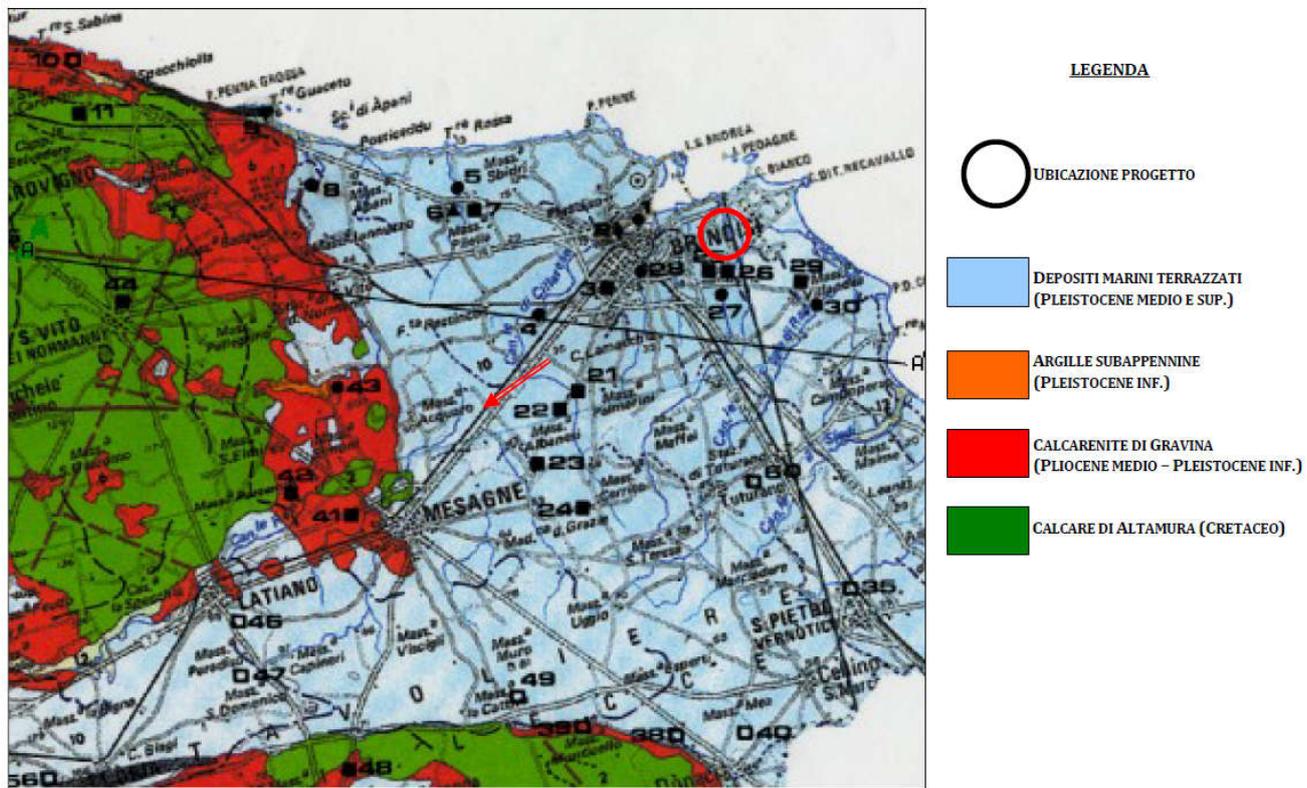
Depositi Marini Terrazzati

Tali depositi, di età medio-supropleistocenica, sono costituiti essenzialmente da alternanze di sabbie quarzose giallastre e calcareniti organogene localmente a carattere litoide con locali intercalazioni di strati conglomeratici. Essi, giacciono lungo superfici di abrasione marina individuate nei depositi argillosi e calcarenitici del ciclo della Fossa Bradanica nonché nei calcari mesozoici. Quest'unità rappresenta l'acquifero superficiale, generalmente sostenuto dai depositi argillosi impermeabili sottostanti. I Depositi Marini Terrazzati affiorano estesamente sia sull'area interessata dal progetto che in quella circostante.

Depositi Alluvionali e eluvio-colluviali

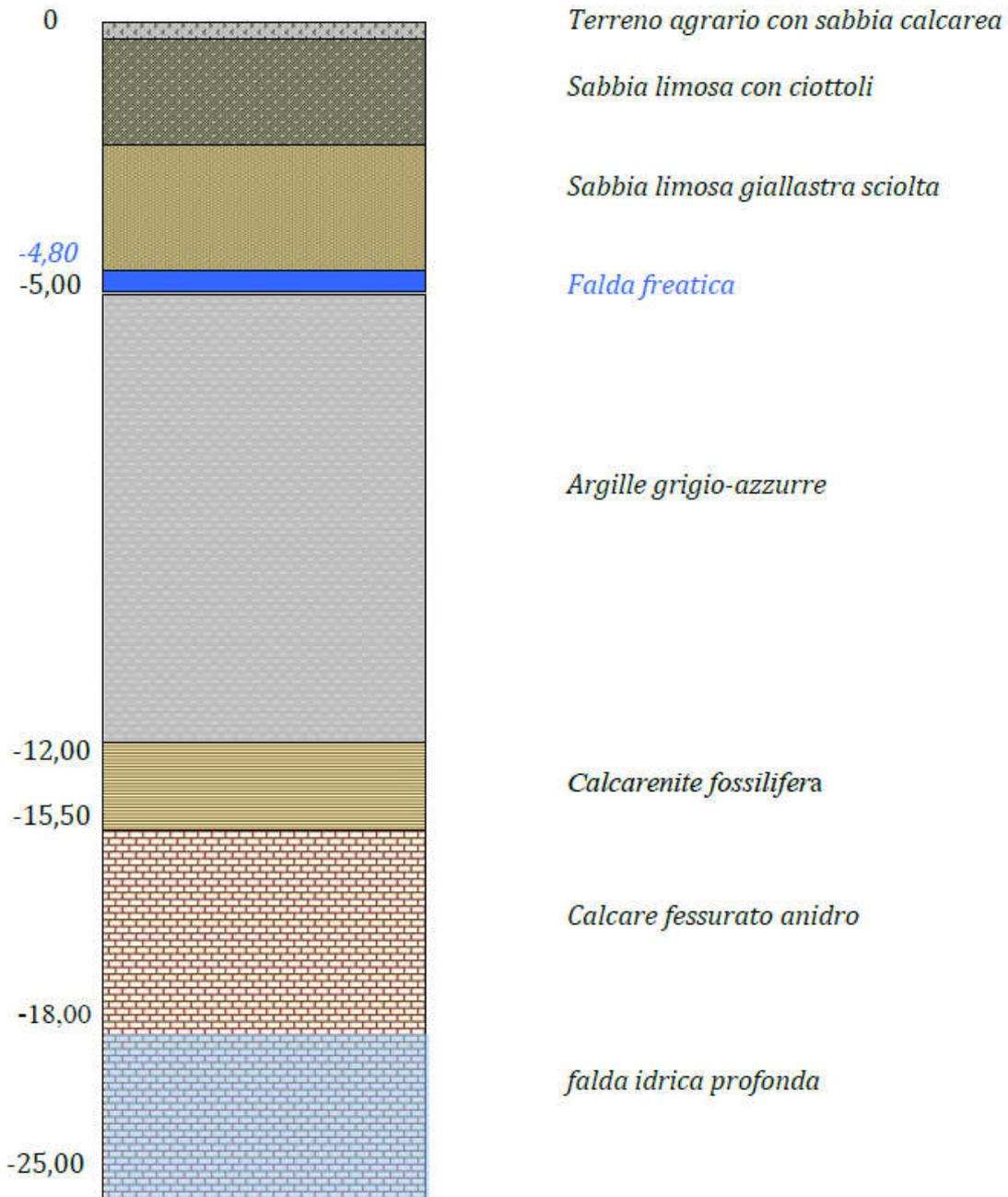
Questi depositi rappresentano la sedimentazione recente nell'area di studio. I depositi continentali cartografati, poggiano sui depositi marini terrazzati ed il loro spessore massimo è di pochi metri. Granulometricamente, in relazione ai valori medi, siamo in presenza, di limi sabbiosi con argilla. Le variazioni che si riscontrano nell'assortimento granulometrico sono molto elevate e possono differire da punto a punto con valori in percentuale dei singoli componenti non omologabili a tutto il deposito (sabbia dal 2 al 55%; limo dal 11 al 66%; argilla dal 15 al 57%), con questi campi di variabilità è evidente come sia artificioso fornire valori medi di involucro anche per intervalli modesti del sedimento. Naturalmente legato alle rispettive percentuali dei componenti dell'assortimento granulometrico è il valore del contenuto naturale in acqua; anche questo ha valori minimi riscontrati intorno al 14% e valori massimi anche superiori al 43%.

STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA (CIARANFI et alii. 1992)



STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA (CIARANFI et alii. 1992)

**Colonna litostratigrafica schematica ricavata da sondaggi geognostici
effettuati nelle immediate vicinanze dell'area**



3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

In quest'area del Comune di Brindisi si rilevano due falde d'acqua: quella superficiale freatica e quella profonda carsica.

In particolare la falda freatica superficiale si localizza sempre nelle sabbie e conglomerati di copertura, la cui potenza massima in alcuni punti del territorio è dell'ordine dei 10m, e si rinviene, nell'area in oggetto, ad una profondità dal piano campagna sempre modesta (3,5m), con la direttrice prevalente di deflusso verso NE e con cadente piezometrica media pari a 0.8 0/00 .

Per quanto attiene agli aspetti qualitativi connessi con le finalita' d'uso previste ,le acque della falda carsica hanno contenuto salino di circa 0.5 g/l e si riferisce agli strati piu' superficiali dell'acquifero.



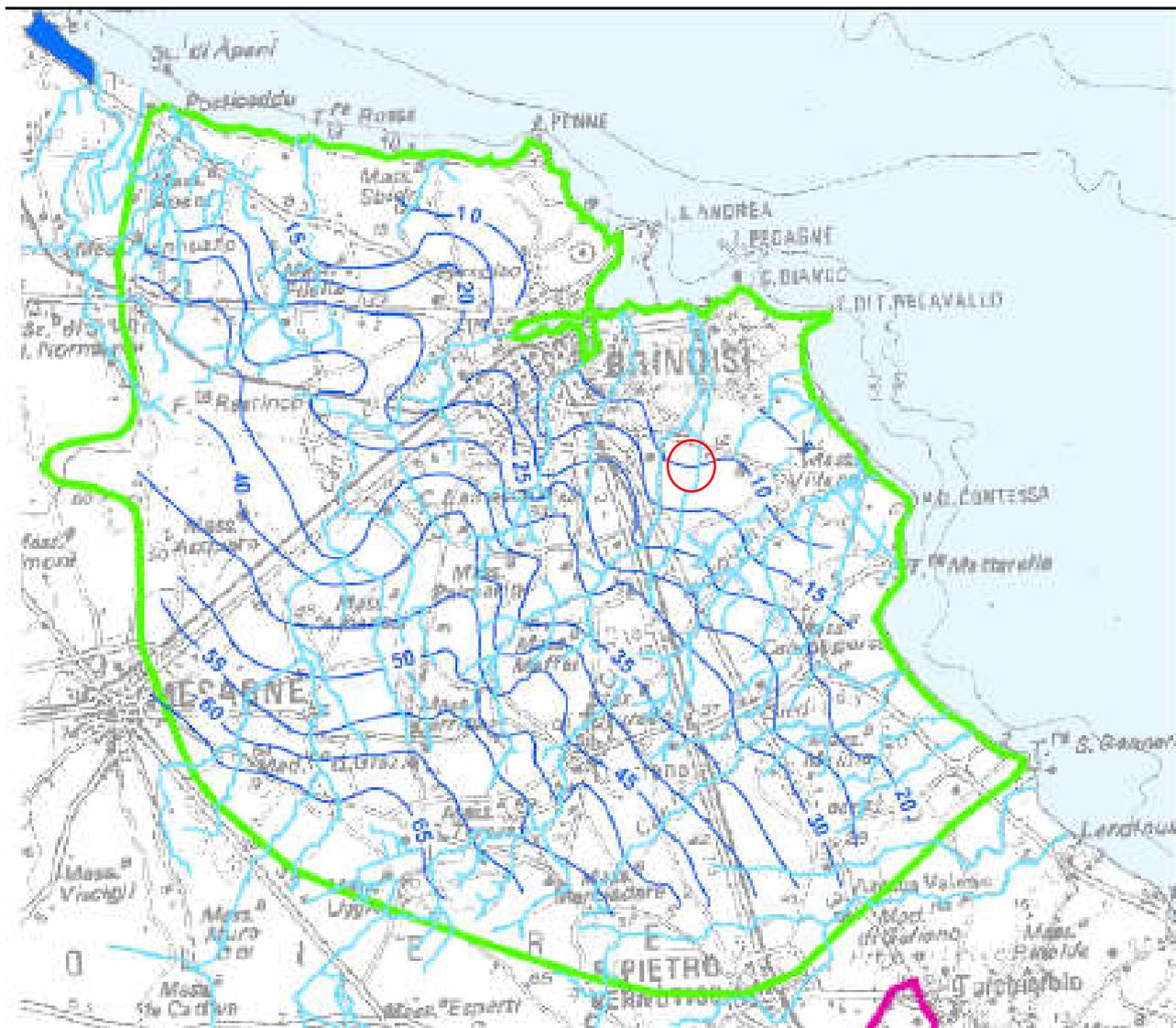
● Localizzazione dell'impianto

3.1 La falda superficiale

Le Argille subappennine, costituenti il letto dell'acquifero superficiale evidenziano una generale inclinazione in direzione N-E, con una leggera concavità rivolta verso la linea di costa e irregolarità dovute alla morfologia originaria del bacino di sedimentazione dei depositi terrazzati. Gli intervalli calcarenitici, a consistenza litoide e poco permeabili, assumono localmente spessore di alcuni decimetri ed estensione areale tale da sostenere le acque sotterranee costituendo falde sospese di esigua potenza. Dalla ricostruzione della superficie piezometrica si può individuare uno spartiacque idrogeologico principale orientato con asse diretto lungo SW-NE, ubicato subito a oriente dell'incisione del Fiume Grande.

Uno spartiacque idrogeologico secondario è orientato grossomodo W-E. I gradienti idraulici sono generalmente modesti ed uniformi. Valori relativamente più elevati si hanno lungo la linea di riva costituita da falesie che attivamente drenano la falda. In linea generale il deflusso avviene dall'interno verso la costa, con carichi piezometrici variabili da circa 65 m slm a 0 .

Nel dettaglio della zona indagata la superficie piezometrica è stata ricostruita interpolando le misure freaticometriche ed è riportata nella figura successiva. Come si evince da tale elaborato, il carico piezometrico massimo è pari a circa 5.13 m slm. Il deflusso avviene da sudovest verso nordest con gradienti molto modesti, dell'ordine dello 0,1%.



Isofreatiche della Falda Superficiale (Tav. 6.3.2 PTA)

4 SISMICITA' DEL TERRITORIO

Il territorio comunale di Brindisi ricade in zona sismica 4 secondo l'O.P.C.M. 3519 del 28 Aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone (G.U. n.108 del 11/05/2006)"

In tale quadro il comune di Brindisi rientra in un area caratterizzata da valori di accelerazione del suolo (a_g) compresa tra 0.025 e 0.050 m/s.

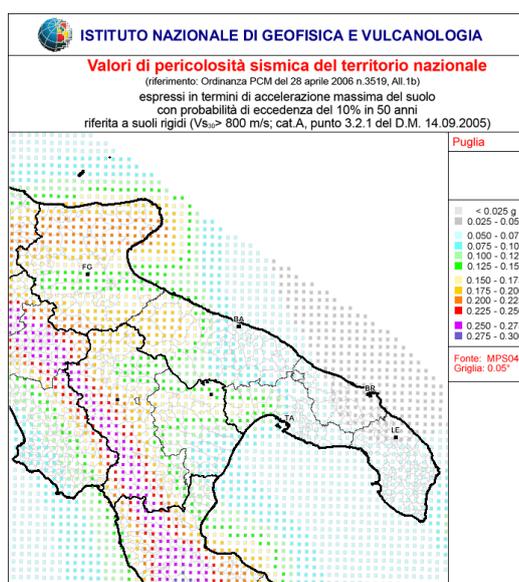
Nella seguente tabella è individuata ciascuna zona secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g/g]
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Tabella 1

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, infatti, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Figura 1: Valori di pericolosità sismica



5 INDAGINI ESPLETATE

Lo scopo di questa indagine è la caratterizzazione sismica del sottosuolo e, in particolare, l'individuazione delle discontinuità sismiche nonché la profondità della formazione rocciosa compatta (bedrock geofisico). Con tale metodo viene stimata la velocità di propagazione delle onde di taglio (V_{s30}) come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008.

L'indagine geofisica proposta si avvale della metodologia basata sulla tecnica di Nakamura e sul rapporto spettrale H/V.

La tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- ❖ la **frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- ❖ la **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- ❖ la **velocità media delle onde di taglio V_s** calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, ecc.) e riconoscibile nella curva H/V. E' possibile calcolare la V_{s30} e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008.
- ❖ la **stratigrafia del sottosuolo** con un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso;

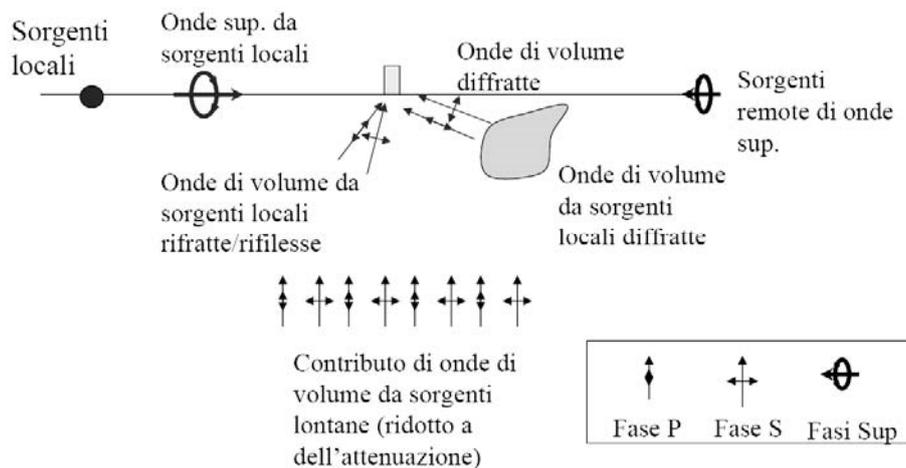
Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremori. La forma di un'onda registrata in un sito x da uno strumento dipende:

1. dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente s,
2. dal percorso dell'onda dalla sorgente s al sito x (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda),
3. dalla risposta dello strumento.

Possiamo scrivere questo come:

$$\text{segnale registrazione al sito } x = \text{sorgente} * \text{effetti di percorso} * \text{funzione trasferimento strumento}$$

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto piccole, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.



Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di terremoto che microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può

essere estratta e che contiene le informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore.

Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartate dalla sismologia classica, contiene informazioni. Questa informazione è però “sepolta” all’interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali dei sottosuoli; informazione di notevole importanza nell’ingegneria sismica.

5.1 Strumentazione e metodologia

Per l’acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale modello “Tromino” che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra-leggeri e ultra-compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni.

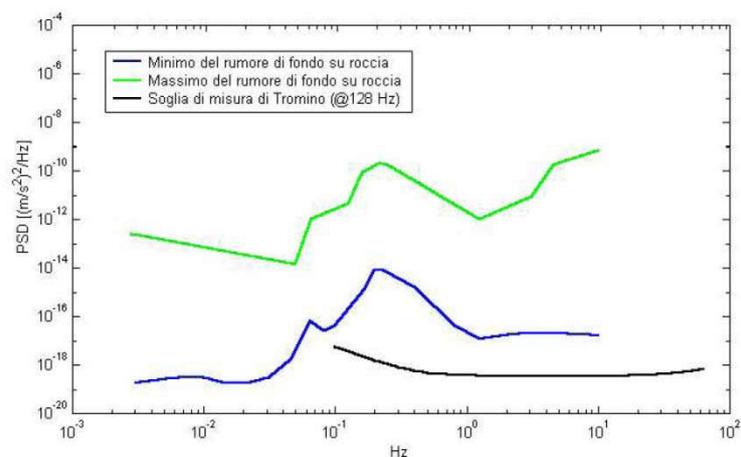


Lo strumento racchiude al suo interno tre velocimetri elettrodinamici ortogonali tra loro ad alta definizione con intervallo di frequenza compreso tra 0.1 e 256 Hz. I dati vengono memorizzati in una scheda di memoria interna da 512 Mb, evitando così la presenza di qualsiasi cavo che possa introdurre rumore meccanico ed elettronico. Nella figura seguente si riporta la curva di rumore di “Tromino” a confronto con i modelli standard di rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra. Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.

I dati sono stati convertiti in file ASCII mediante il software “Grilla”, fornito a supporto dello strumento utilizzato, quindi elaborati per ottenere spettri di velocità in funzione della frequenza. Per evitare di introdurre basse frequenze spurie i dati sono stati corretti per offset e trend ma non filtrati così come raccomandato dalla norma DIN 4150-3.



 *Punto di esecuzione indagine geofisica mediante Tromino*



In fase operativa si sono seguite le seguenti operazioni:

1. il rumore sismico è stato registrato nelle sue tre componenti per un intervallo di tempo dell'ordine delle decine di minuti (circa 20 minuti),
2. la registrazione è stata suddivisa in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno,
3. per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti,
4. per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale,
5. vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

Per considerare la misura ottenuta come una stima dell'ellitticità delle onde di Rayleigh è necessario che:

1. i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente siano "stabili" ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato,
2. gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti "dominanti",
3. la misura non contenga errori sistematici (per es. dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno)

Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio si utilizza un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (HVSR) basati sulla simulazione del campo di onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli secondo la teoria descritta in AKI (1964) e Ben-Menahem e Singh (1981). Il codice può elaborare modelli con qualsiasi numero di strati (limitati a 50 nella tabella d'input), in qualsiasi intervallo di frequenze e in un qualsiasi numero di modi (fondamentale e superiori). Operativamente si costruisce un modello teorico HVSR avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità evidenziate dalla registrazione eseguita. Successivamente, tramite uno specifico algoritmo, si cercherà di adattare la curva teorica a quella sperimentale; in questo modo si otterranno gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde V_s .

In via puramente indicativa, al fine di correlare le velocità delle onde di taglio ad un tipo di suolo, si riportano una serie d'esempi di classificazioni fatte sulla base di semplici misure H/V a stazione singola. In tutti i siti descritti, la stratigrafia è nota da sondaggi e prove penetrometriche e il profilo V_s è ricavato anche con metodi alternativi.

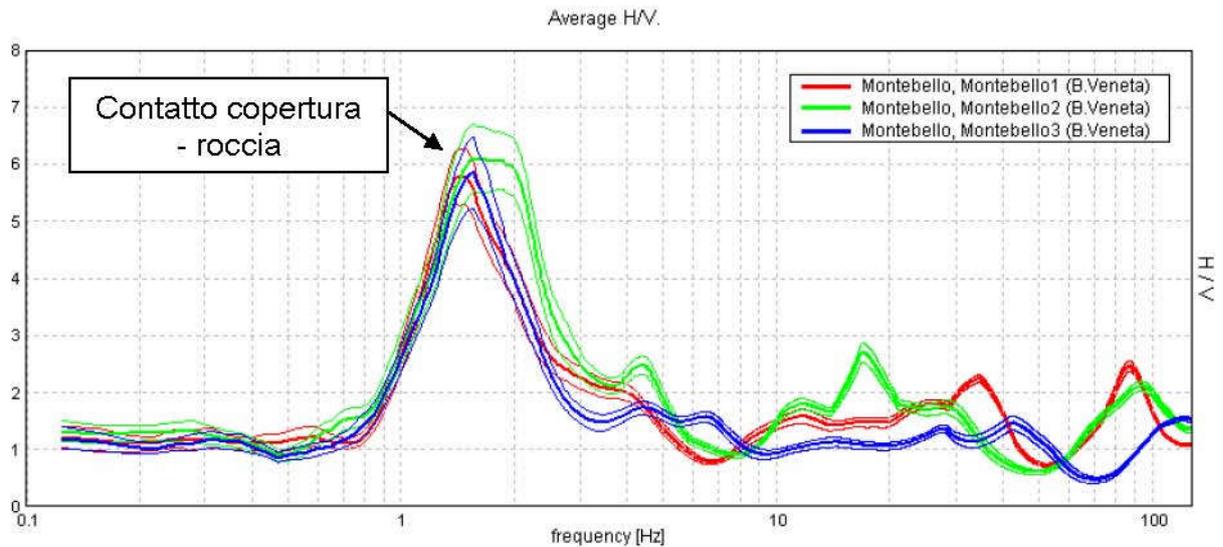
TIPO DI SUOLO	Vs min [m/s]	Vs media [m/s]	Vs max [m/s]
ROCCE MOLTO DURE (es. rocce metamorfiche molto - poco fratturate)	1400	1620	-
ROCCE DURE (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti, da mediamente a poco fratturate).	700	1050	1400
SUOLI GHIAIOSI e ROCCE DA TENERE A DURE (es. rocce sedimentarie ignee tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con > 20% di ghiaia).	375	540	700
ARGILLE COMPATTE e SUOLI SABBIOSI - GHIAIOSI (es. ghiaie e suoli con < 20% di ghiaia, sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie a compatte e argille limose).	200	290	375
TERRENI TENERI (es. terreni di riempimento sotto falda, argille da tenere a molto tenere).	100	150	200

5.2 Interpretazione delle misure eseguite

L'interpretazione consente di correlare il valore di picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato roccioso compatto (bedrock geofisico) e di individuare una corrispondenza tra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e i cambi litologici presenti nell'immediato sottosuolo.

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si possono ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito. Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde una profondità [m] dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza si può estrapolare una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

La frequenza caratteristica di risonanza del sito risulta generata dalla discontinuità sismica localizzata alle medie frequenze (circa 1,5 Hz) e associabile a contatto copertura – roccia. La sovrapposizione degli spettri sismici acquisiti (figura a seguire) mostra un andamento monodimensionale del substrato roccioso mentre per frequenze maggiori (minori profondità) si osservano sostanziali diversità.



L'utilizzo del codice di calcolo sintetico ha, in questo caso, evidenziato un'elevata discontinuità sismica a 5 – 6 Hz (circa 12 – 14 m dal p.c.) e una successiva graduale crescita delle velocità di propagazione delle onde di taglio con la profondità poiché lo spettro sismico si stabilizza costantemente su di un rapporto spettrale $H/V > 2$.

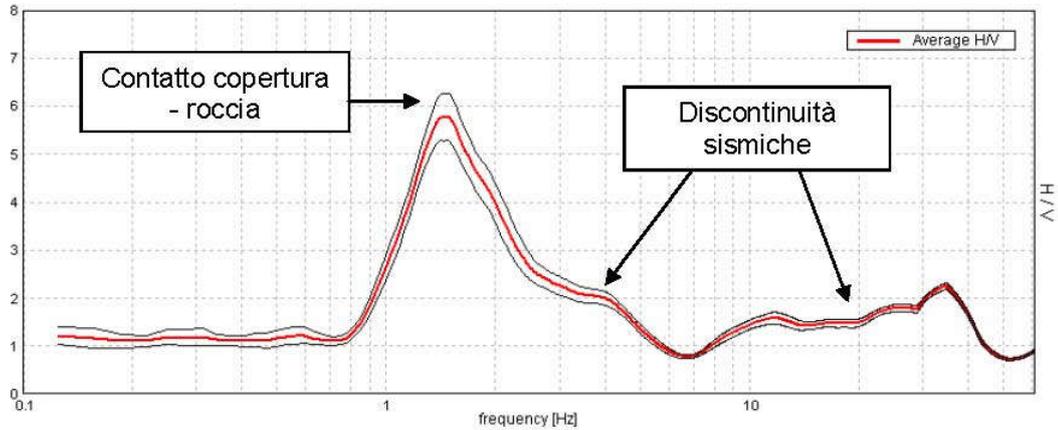
La crescita di velocità di propagazione delle onde sismiche è correlabile ad un aumento della rigidità del sottosuolo.

Il bedrock geofisico si localizza ad una profondità di circa 30 – 40 m dal p.c. ed è caratterizzato da una velocità di propagazione delle onde $V_s = 900 - 1000$ m/s.

Acquisizione sismica HVSR n°1

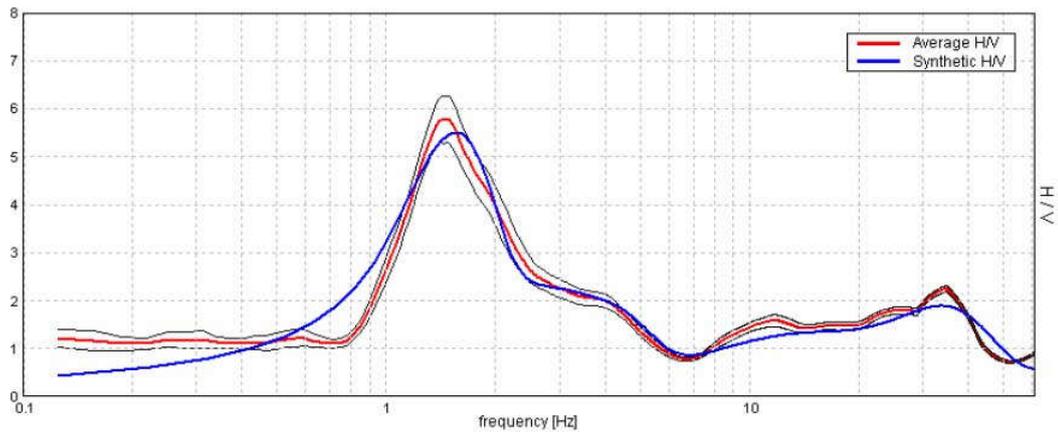
Frequenza fondamentale di risonanza di sito
1,47 ± 0,03 Hz

Max. HVSR at 1.47 ± 0.03 Hz. (in the range 0.0 - 128.0 Hz).



Rapporto spettrale HV misurato. In rosso è indicato l'HV medio mentre in nero l'intervallo di confidenza al 95%.

Max. HVSR at 1.47 ± 0.03 Hz. (in the range 0.0 - 128.0 Hz).



La curva spettrale rossa rappresenta l'andamento sismico registrato in campagna mentre quella blu è la curva sintetica generata dal codice di calcolo.

Spessore sismostrati [m]	Profondità [m]	Velocità onde Vs [m/s]	Interpretazione stratigrafica
5	0-5	327	Terreni sabbiosi superficiali
7	5-12	370	argille
5,5	12-15,5	570	calcarenite
12,5	17,5 - ≈30	890	calcari

È stato quindi possibile stimare, tramite la formula $V_{s30} = 30 / \sum h_i / V_i$, la velocità delle onde Vs nei 30 m dal p.c., come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008:

5	327	0,015
7	370	0,019
5,5	423	0,013
12,5	890	0,014
		0,061
$V_{s30} = 30 / \sum h_i / V_i$		489,74

$V_{s30} \approx 489,74$ m/s.

5.3 *Modello sismico locale*

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di fondazione (D.M. 14 gennaio 2008):

Perciò si è resa necessaria la caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 metri di terreno.

Per ogni categoria del suolo (A-B-C-D-E), così come riportato nella tabella seguente, è fissata una descrizione litostratigrafica, con ad essa associati i parametri di riferimento geotecnici e sismici.

Grazie alla tecnica di Refraction Microtremor (ReMi) descritta precedentemente è stato possibile giungere all'individuazione della categoria del suolo per l'area indagata.

La V_{s30} è stata calcolata con la seguente espressione: $V_{s30} = 30 / \sum h_i / V_i$

Da tale relazione è emerso un valore di V_{s30} pari a $V_{s30} \approx 489,74$ m/s.

Il terreno oggetto dell'indagine rientra perciò nella **categoria di suolo B** valori di V_{s30} , compresi tra **360m/s e 800 m/s** ” mentre la litologia risulta costituita da sabbie e argille, definito come nella tabella seguente:

5.1 *Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche*

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In

alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella **Tab. 3.2.II del DECRETO 17 gennaio 2018**, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_S per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di V_S sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

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

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

con:

- ✓ h_i spessore dell'*i*-esimo strato;
- ✓ $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;
- ✓ N numero di strati;
- ✓ H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

7 CONCLUSIONI

Lo studio geologico è stato redatto al fine di caratterizzare geologicamente, geotecnicamente e sismicamente il sito ubicato nel Comune di Brindisi interessato dal **IMPIANTO PER IL RECUPERO DI RIFIUTI PROVENIENTI DA SCAVI, COSTRUZIONI E DEMOLIZIONI, COMPRESO IL FRESATO DI CONGLOMERATO BITUMINOSO**

Esso è stato svolto in ottemperanza alle prescrizioni del Testo Unico “*Norme Tecniche per le costruzioni*” D.M. 14/01/2008 e del DECRETO 17 gennaio 2018 del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI. La procedura prevede l’esecuzione della modellazione geologica del sito interessato da opere interagenti con i terreni e rocce.

Le indagini eseguite dallo scrivente hanno consentito di giungere alle seguenti conclusioni:

– *I terreni che ospiteranno le strutture fondali sono rappresentati da sabbie limose e argillose;*

– *La falda superficiale è presente nei terreni di fondazione ed oscilla stagionalmente attorno ai 3 m dal p.c.;*

– *Le caratteristiche fisiche dei terreni di fondazione , da utilizzarsi nei calcoli statici sono le seguenti:*

–	peso di volume	17,5 kN/m ³
–	angolo d’attrito interno	25°
–	coesione	3,2 kN/m ²

– *L’ indagine REMI eseguita con Tromografo digitale “Tromino” , nel sito interessato, ha permesso di classificare il sottosuolo di fondazione in esame nella categoria “B”, poiché il valore della Vs30 calcolato è pari a **489,74 m/s** (tab. 3.2.II delle NTC 2008).*

Il geologo
Dott. Giuseppe MASILLO