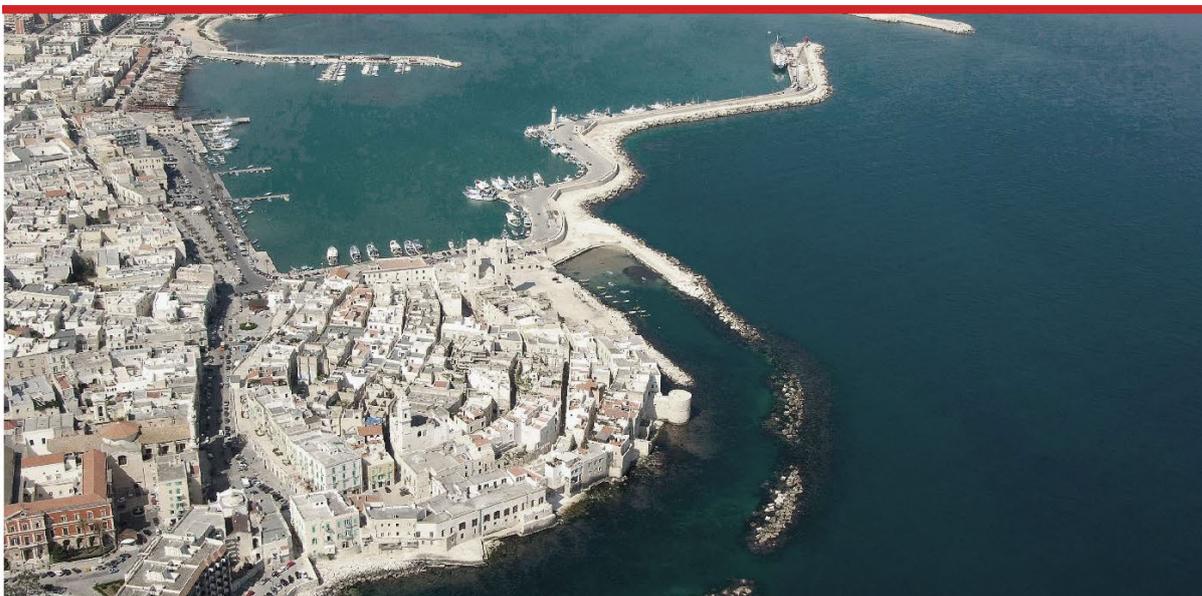




COMUNE DI MOLFETTA

Città Metropolitana di Bari

Via Martiri di Via Fani, 2/b, 70056 Molfetta - BA



REALIZZAZIONE E GESTIONE DI UN PROGETTO INTEGRATO DI SISTEMI E SERVIZI TECNOLOGICI PER LA CITTÀ INTELLIGENTE PER IL COMUNE DI MOLFETTA

Il Committente:

COMUNE DI MOLFETTA

Via Martiri di Via Fani, 2/b, 70056 Molfetta - BA

Responsabile Unico del Procedimento

Ing. Alessandro Binetti

Il Concessionario:

Melficta Intelligentes s.r.l.

Via Sassanelli n. 42 – 70124 Bari –

P. IVA 08473960725

Pec: melfictaintelligentes@legalmail.it



Il Procuratore

Vito Moramarco

Le Imprese Esecutrici:



CREASYS S.r.l.
Piazza Albania
00153 Roma RM



Coopservice s.coop.p.A
Via Rochdale, 5
42122 Reggio Emilia

La Progettazione



Team di Progettazione

Ing. Federica Fazio
Ing. Mariabruna Cosola
Ing. Anna Savino
Ing. Orazio Milano
Arch. Pasqua Ilaria Ruospo
Arch. Nicola Sarcina
Arch. Eleonora Capobianco

Ing. Giulio Madaro

Ing. Pierpaolo Madaro

Geol. Pietro Pepe

PROGETTO ESECUTIVO

Descrizione:

IMPIANTO DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE

Relazione geologica e sulle indagini

TAV. **R08_01**

SCALA -

DATA: LUGLIO 2022

INDICE

2	PREMESSA	4
3	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	5
4	ANALISI DEI VINCOLI PAESAGGISTICI	6
4.1.1	Vincolistica del PPTR.....	6
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE.....	7
5.1	Successione stratigrafica	8
5.1.1	Depositi alluvionali	9
5.1.2	Tufi delle Murge	9
5.1.3	Calcere di Bari.....	9
5.2	Inquadramento Strutturale	10
5.3	Inquadramento geomorfologico	10
5.4	Inquadramento Idrografico	11
5.5	Inquadramento Idrogeologico.....	12
5.6	Caratteristiche di permeabilità delle rocce	12
5.6.1	Rocce impermeabili	13
5.6.2	Rocce permeabili per porosità interstiziale.....	13
5.6.3	Rocce permeabili per fessurazione e carsismo	13
6	CLASSIFICAZIONE DEL SUOLO DI FONDAZIONE: INDAGINI SISMICHE HVSR.....	14
6.1	Descrizione del metodo.....	14
6.2	Modalità di acquisizione ed elaborazione.....	15
6.3	Strumentazione	16
6.3.1	Risultati HVSR01	17
6.3.2	Risultati HVSR 02	21
6.3.3	Risultati HVSR 03	25
7	ANALISI SISMOLOGICHE	29
7.1	Valutazione dell'azione sismica.....	32
7.2	Individuazione della pericolosità del sito	32
8	DEFINIZIONE DELLE UNITA' LITOTECNICHE.....	37
8.1	Modello Geologico-tecnico	40
9	STABILITA' DEL VERSANTE.....	41
10	INTERFERENZE DELLE OPERE CON IL PAI PUGLIA E INDICAZIONI	41
11	CONCLUSIONI	42

1 RIFERIMENTI NORMATIVI

- Regione Puglia – Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR);
- Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale "Autorità di Bacino della Puglia" – Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico – "Carta del Rischio";
- Pieri P., Sabato L., Spalluto L., Tropeano M. – "Note Illustrative della Carta Geologica D'Italia alla scala 1:50000, foglio 438 "BARI";
- Boenzi F., Palmentola G., Pieri P. e Valduga A. (1968) – "Note illustrative della Carta Geologica D'Italia, scala 1:100000, Foglio 177 "Bari";
- *Ciaranfi N. et alii (1983)* - "Carta Neotettonica dell'Italia Meridionale", Consiglio Nazionale delle Ricerche, Progetto finalizzato Geodinamica, Pubbl. n. 515 del P.F. Geodinamica, Bari;
- AA.VV (1999) – "Guide Geologiche Regionali – Puglia e Monte Vulture", Società Geologica Italiana;
- *Decreto Ministero LL.PP.11/03/* "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- [Ordinanza PCM 3519 \(28/04/2006\)](#) "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);
- [Ordinanza PCM 3274 \(20/03/2003\)](#) "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche" (G.U. n.105 del 08/05/2003);
- *Gruppo di Lavoro MPS (2004)* – "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003". Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici;
- *Convenzione INGV-DPC 2004 – 2006* "Progetto S1 Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi";
- Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 - All. 1b "Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale";
- *Delibera D.G.R. n. 1626 del 15.09.2009* della Giunta Regionale - Regione Puglia;
- *Delibera D.G.R. n. 1214 del 31.05.2011* della Giunta Regionale - Regione Puglia: "O.P.C.M. n. 3274/03 – D.P.C.M. n. 3685/03 – D.G.R. n. 153/04 – Allegato 2 – D.M. 14.01.2008, Punto 2.4.2 (Classi III-IV);
- "Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture" del 17 gennaio 2018 (Suppl Ord. G. U. 20.2.2018, n. 8);
- Circolare n. 7/2019 Esplicativa delle NTC 2018.

2 PREMESSA

A supporto dei lavori per la “Realizzazione e gestione di un progetto integrato di sistemi e servizi tecnologici per la città intelligente per il Comune di Molfetta”, è stato svolto il presente studio geologico finalizzato in primo luogo alla definizione delle caratteristiche litostratigrafiche, morfologiche, tettoniche ed idrogeologiche dell’area in esame, in secondo luogo alla valutazione delle proprietà fisico-meccaniche dei terreni coinvolti dall’opera in progetto, della sismicità dell’area e della stabilità del versante impegnato.

Per la realizzazione delle opera in progetto è previsto uno scavo di profondità pari a circa 1.5m dal piano campagna.

Alla luce delle opere da realizzarsi sono stati affrontati gli aspetti geologico-stratigrafici e geotecnici del sito in esame ed è stato condotto uno studio finalizzato a:

- Verificare la vincolistica paesaggistica gravante sul territorio relativamente alle perimetrazioni del PPTR della Regione Puglia, nonché le prescrizioni di base fissate dal Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale sede della Regione Puglia;
- Verificare la presenza di situazioni stratigrafiche anomale che possano infirmare la sicurezza delle opere in fase di realizzazione;
- evidenziare i livelli interessati dalle fondazioni;
- fornire informazioni utili al fine di determinare la capacità portante ammissibile del terreno di fondazione;
- rilevare la presenza della falda idrica;
- stimare il valore del $V_{S,eq}$ e determinare la categoria del suolo di fondazione ai sensi delle “Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture” del 17 gennaio 2018 (Suppl Ord. G. U. 20.2.2018, n. 8).

In prima analisi sono stati eseguiti dei sopralluoghi sul sito in esame al fine di tracciarne i caratteri geologici di superficie, inquadrare l’area in oggetto nel contesto geologico regionale ed ottenere così un quadro generale della situazione. In questa fase è stata consultata anche la biblio-cartografia esistente oltre che i dati ottenuti da alcuni lavori professionali con annesse indagini sismiche, eseguite in aree adiacenti e geologicamente analoghe.

In particolare, durante il rilevamento geologico sono state condotte su porzioni di ammasso roccioso affiorante poste nell’intorno del sito in esame osservazioni sul grado di alterazione e compattezza del litotipo costituente il sottosuolo.

Inoltre, al fine di caratterizzare tutta l’area in esame dal punto di vista sismico è stata condotta una campagna geognostica a carattere geofisico mediante l’acquisizione di n. 3 misure sismiche del tipo HVSR con le quali mediante la registrazione del rumore ambientale è possibile individuare le frequenze caratteristiche di risonanza di sito, fornire sommariamente la caratterizzazione del terreno di fondazione, mediante la stima del parametro $V_{s,eq}$.

Per la valutazione e le analisi di progetto, così come previsto dal § 6.1.2 delle suddette Norme e dalla CIRCOLARE 21 gennaio 2019 , n. 7 C.S.LL.PP - Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018” si rimanda alla specifica relazione geotecnica.

3 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il presente intervento prevede la **Realizzazione e gestione di un progetto integrato di sistemi e servizi tecnologici per la città intelligente per il Comune di Molfetta.**

In particolar modo, gli interventi si dividono in:

Interventi di adeguamento normativo

- messa in sicurezza degli impianti mediante interventi che riguardano la protezione contro i contatti diretti ed indiretti e le sovracorrenti (C.E.I. 64-8) ed il rispetto delle distanze di sicurezza (C.E.I. 64-7);
- interventi mirati al completo rispetto delle normative regionali/nazionali sul tema delle leggi sull'inquinamento luminoso;
- interventi mirati all'adeguamento dei sostegni e componenti in condizione di precaria stabilità che possano provocare pericolo per la circolazione dei veicoli e delle persone nel territorio comunale;
- rifacimento delle linee di alimentazione non idonee.

Interventi di ammodernamento tecnologico ed efficientamento energetico

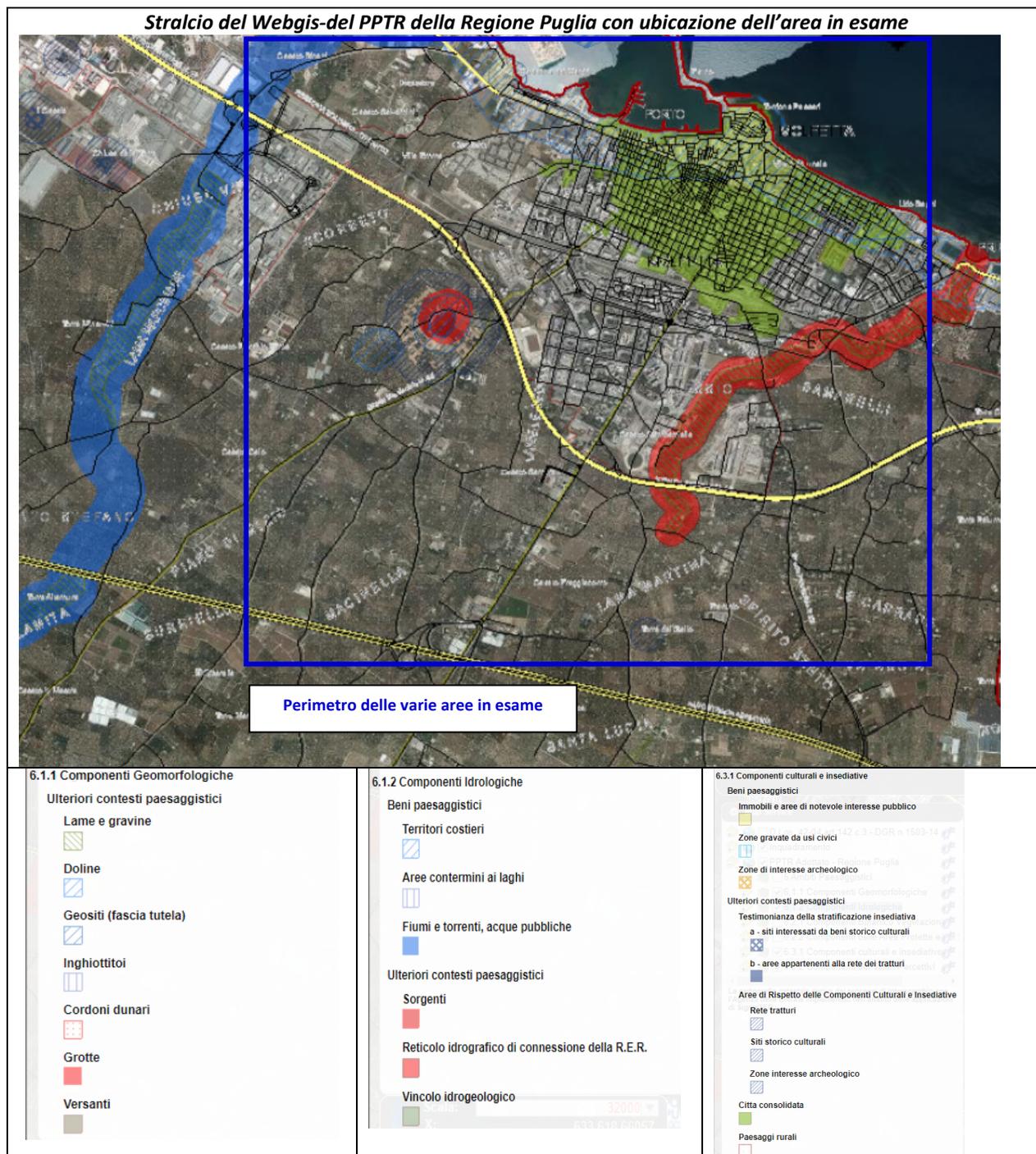
- installazione lampade ad altissima efficienza luminosa con tecnologia LED;
- installazione di sistemi di regolazione del flusso dei corpi illuminanti;
- installazione di un sistema di telecontrollo e telegestione;
- razionalizzazione dei punti di consegna;
- riduzione dei consumi di energia attiva e reattiva;

Nella presente relazione, oltre ad inquadrare l'area da un punto di vista geologico-strutturale, morfologico e idrogeologico e sismico si definiranno le principali parametri geotecnici dei terreni interessati dalle opere previste in progetto anche in funzione delle modalità di scavo.

4 ANALISI DEI VINCOLI PAESAGGISTICI

4.1.1 Vincolistica del PPTR

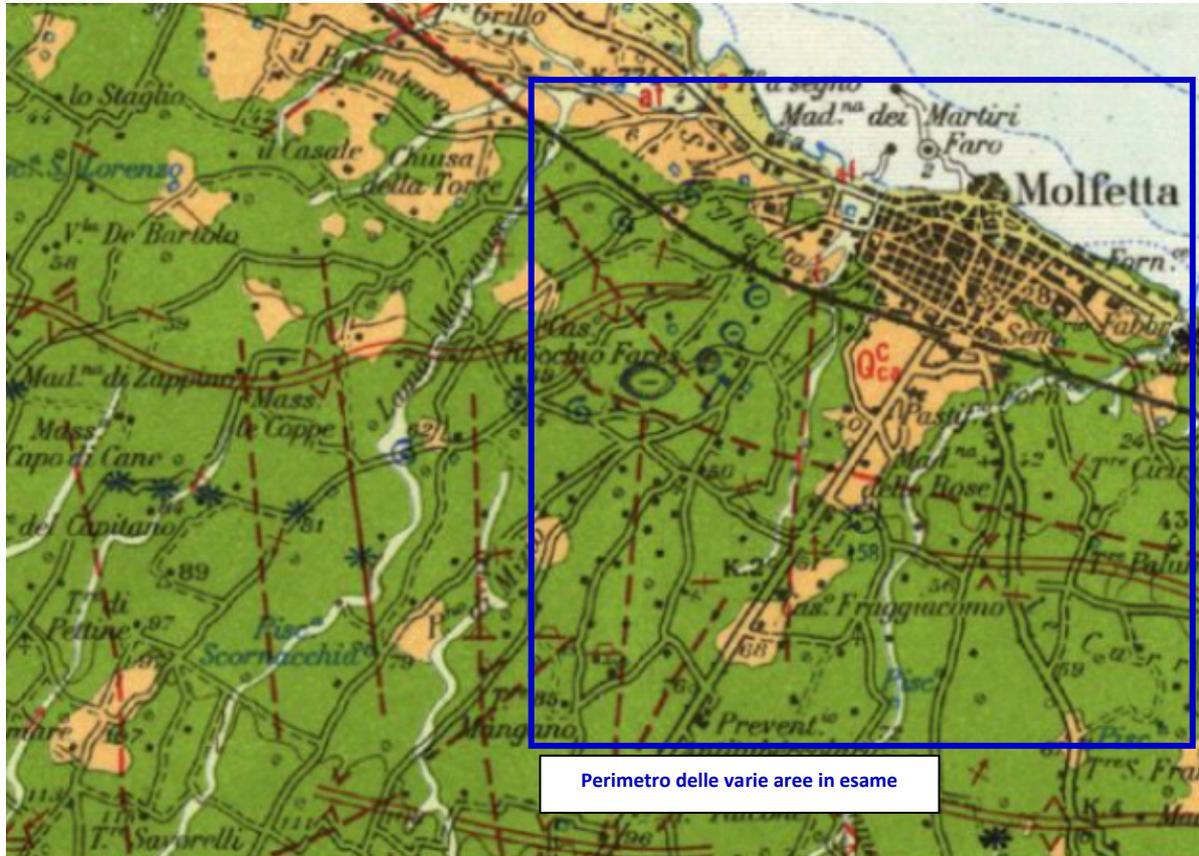
Dalla consultazione del Web-Gis del PPTR della Regione Puglia risulta che, poiché l'area in esame riguarda tutto il centro urbano e parte dell'abitato del Comune di Molfetta, sono presenti varie perimetrazioni paesaggistiche essenzialmente legate alle **Componenti Idrologiche** per quanto riguarda le "Aree costiere", i "Fiumi e torrenti, acque pubbliche" e i "Reticoli idrografici di connessione", alle **Componenti Geomorfologiche** per quanto riguarda le "Aree e le gravine" e le "Grotte" e alle **Componenti culturali ed insediative** per quanto riguarda le "Zone di interesse archeologico" le "Aree di rispetto archeologico" e la "Città consolidata".



5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

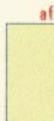
L'area di intervento, piuttosto estesa, ricade nella zona occidentale del Foglio 177 "Bari" della Carta Geologica d'Italia, in scala 1:100.000, in particolare in tutto il centro abitato del Comune di Molfetta e verso Sud lungo la Via per Terlizzi.

Stralcio della Carta Geologica di Italia (scala 1:100.000) Foglio 177 "Bari" con ubicazione delle aree in esame



Perimetro delle varie aree in esame

Legenda

S 	Depositi travertinoidi ("croste") e lembi di panchina (fascie litoranea fra Bisceglie e Bari). OLOCENE .
af 	Depositi alluvionali terrosi e ciottolosi, sul fondo dei solchi erosivi delle Murge ("leme") e, in terrazze, sui fianchi di questi solchi. OLOCENE-PLEISTOCENE SUPERIORE .
QEs 	Depositi calcareo-arenacei e calcareo-arenaceo-argillosi più o meno cementati, bianchi o giallastri, con frequenti livelli fossiliferi (ad <i>Ostrea</i> sp., <i>Pecten</i> sp., ecc.) e orizzonti di marne argillose (dintorni di Binetto, Ruvo, Terlizzi); in lembi residui su piattaforme di abrasione via via più recenti verso la costa. PLEISTOCENE . TUFI DELLE MURGE .
C¹⁻⁴ 	Calcarei detritici, generalmente in strati e talora in banchi, o lastriiformi ("chiancarelle"); calcari dolomitizzati e dolomie con un livello di breccia calcareo-dolomitica a cemento dolomitico; calcari massicci o in banchi a: <i>Chondrodonta</i> cfr. <i>joannae</i> (CHOFF), <i>Apricardia laevigata</i> (D'ORB), <i>Caprina</i> sp., <i>Caprinula</i> sp., <i>Sauvagesia</i> sp., <i>S. sharpei</i> (BAYLE), <i>Durania arnaldi</i> (CHOFF), <i>Nerinea</i> cfr. <i>pseudo-nobilis</i> CHOFF., <i>Cuneolina pavonia parva</i> HENSON, <i>Nezzazata simplex</i> OMARA, <i>Nummoloculina heimi</i> BONET, Turoniano-Cenomaniaco (livelli "Toritto" e "Sannicandro"); <i>Eoradiolites davidsoni</i> (HILL), <i>E. murgensis</i> TORRE, <i>Orbitolinidae</i> (<i>Coskinolina sunnilandensis</i> MAYNC, <i>C. adkinsi</i> BARKER, ecc.), Albiano (livello "Paese"); <i>Toucasia</i> cfr. <i>carinata</i> (MATH), <i>T. transversa</i> FAGUET, <i>Agria</i> sp., <i>Orbitolina</i> sp., <i>Cuneolina composauri</i> SART. e CRESC., <i>C. laurenti</i> SART. e CRESC., <i>Bacinella irregularis</i> RAD., <i>Salpingoporella dinarica</i> RAD., Aptiano-Barremiano (livello "Corato"). TURONIANO-BARREMIANO . CALCARE DI BARI .

Dei tre domini strutturali (di Catena appenninica, di Avanfossa appenninica e di Avampaese apulo) relativi al sistema geodinamico che ha condotto alla formazione della catena appenninica, il territorio in esame è parte dell'Avampaese apulo.

Infatti, su tutto il territorio in esame affiora a larga scala il basamento calcareo mesozoico, facente parte del Gruppo dei Calcari delle Murge, ricoperto solo in alcuni punti da depositi trasgressivi Quaternari.

Il gruppo dei Calcari delle Murge che costituisce l'ossatura delle Murge, è associato a un ambiente di piattaforma carbonatica e comprende due formazioni principali ossia il Calcare di Altamura e il Calcare di Bari. Questi formano una potente successione carbonatica spessa circa 3000 metri sebbene tra le due formazioni sia presente una discontinuità stratigrafica marcata da depositi argillosi e/o bauxitici testimoni di un periodo di emersione della Piattaforma Apula. Tale successione mesozoica, di natura calcareo-dolomitica, è il risultato di una lenta sedimentazione carbonatica di origine biochimica. A più altezze, infatti, all'interno della formazione del Calcare di Bari, caratterizzante per la maggior parte il territorio in esame, si osservano strati e/o banchi di calcari talora con abbondante contenuto micro e macrofossilifero talora costituiti da particolari condizioni della stesso materiale lapideo come la presenza di brecce e/o del caratteristico aspetto a lastre detto "chiancarelle". Tali livelli possono essere considerati dei marker stratigrafici legati ad una variazione delle condizioni ambientali e di deposizione. Questa formazione carbonatica caratterizza la natura geolitologica degli affioramenti sulla parte dell'area murgiana presa in esame.

Le Murge, che in genere costituiscono un altopiano a forma di un quadrilatero allungato e delimitato da netti cigli, sono caratterizzate da scarpate che coincidono spesso con i gradini di faglia più o meno elaborati dagli agenti morfogenetici, da dossi associati a strutture positive e da depressioni vallive in corrispondenza di sinclinali.

Tranne che nelle zone più interne ed elevate, i calcari sono coperti in molti punti, da residui lembi di depositi trasgressivi pleistocenici "Tufi delle Murge" che testimoniano relativamente recenti sommersioni su vaste aree.

La formazione dei Tufi delle Murge, è quindi costituita da depositi trasgressivi su una piattaforma di abrasione.

Disposti in una ristretta fascia costiera sui calcari cretacei e sui "Tufi" pleistocenici, in alcune porzioni dell'area in esame sono presenti i Depositi costieri costituiti da "Calcari travertinoidi" e lembi di "panchina" aventi spessori intorno al metro. Tali depositi nelle zone urbanizzate potrebbero essere stati asportati e dunque non essere più presenti.

Inoltre, si rileva su tutto il foglio e in particolare nell'intorno dell'abitato di Molfetta, che il substrato calcareo è interessato da incisioni di natura tettonica prima e fluviale successivamente dette "Lame" sui cui alvei sono presenti depositi alluvionali prodotti dalla disgregazione e dal dilavamento dei Calcari e dei Tufi delle Murge (**Tav. EG_03_01**).

5.1 Successione stratigrafica

Considerato che l'area di intervento è molto estesa e che la maggior parte dei lavori hanno luogo nella zona urbanizzata nella città di Molfetta per i depositi travertinoidi, originariamente di spessore esiguo, vi è la ragionevole certezza che siano stati asportati nella precedente fase di urbanizzazione. Pertanto la successione stratigrafica che caratterizza il territorio in esame è data dalle seguenti unità elencate dalla più recente alla più antica:

- Depositi alluvionali (Pleistocene sup – Olocene);
- Tufi delle Murge (Pleistocene);
- Calcare di Bari (Cretaceo- Turoniano-Barremiano).

5.1.1 Depositi alluvionali

Depositi ciottolosi e terrosi, derivanti da disgregazione e dilavamento dei Calcari e dei Tufi delle Murge sul fondo di solchi erosivi (lame) e in terrazze sui finachi di questi solchi avente spessore massimo di circa 2.0m.

5.1.2 Tufi delle Murge

Buona parte dell'abitato di Molfetta è quasi tutto fondato sul complesso calcareo arenaceo e calcareo arenaceo-argilloso risalente al Quaternario denominato "Tufi delle Murge". Tali depositi che occupano le zone costiere e quelle più interne maggiormente depresse dell'altopiano murgiano, risultano in discordanza angolare con l'ammasso calcareo sottostante (Calcare di Bari) evidenziando la trasgressione marina avvenuta nel Pleistocene in concomitanza con un sollevamento della Piattaforma Carbonatica Apula.

Tale formazione è costituita da calcari arenacei o arenaceo-argillosi, bianchi o giallastri più o meno cementati con frequenti livelli fossiliferi. Le loro parti pelitiche possono diventare predominanti e costituire livelli di marne argillose.

Lo spessore massimo della formazione calcarenitica è di circa 10 m.

Nello specifico, lungo i vari tracciati stradali interessati dai lavori, la stessa calcarenite si rinviene in spessori compresi tra circa 1.0m fino a circa 7.0-8.0m.

5.1.3 Calcare di Bari

Nella periferia e nelle zone più esterne dell'abitato di Molfetta risulta in affioramento l'ammasso calcareo appartenente alla Formazione del Calcare di Bari di età cretacea. Si presenta di colore biancastro e/o rossastro se alterato ed è costituito da strati e banchi calcarei, a grana prevalentemente fine e a luoghi intensamente fratturati e carsificati con intercalazioni lentiformi di materiale terroso rossastro. E' rappresentato da calcari detritici bianchi o grigiastri in parte dolomizzati, in cui si rilevano alle varie altezze strati o gruppi di strati (livelli) di calcari biostromali con rudiste e gasteropodi mentre le dolomie sono generalmente in banchi di colore grigiastro, subsaccaroidi. E' caratterizzato prevalentemente da calcare a tessitura fango sostenuta associabili, pertanto, ad ambienti di sedimentazione protetti e di mare basso riferibile ad un dominio di piattaforma interna di bassa energia. La fratturazione è in genere di tipo concoide mentre le strutture interne più ricorrenti sono laminazioni sottili, facilmente visibili quando la superficie è alterata. La componente scheletrica che caratterizza tale formazione è prevalentemente costituita da foraminiferi bentonici, alghe calcaree, rudiste e frammenti di echinodermi. Tra gli elementi non scheletrici si osservano livelli di breccie a cemento ocraceo o rossastro testimonianza di temporanee emersioni. Soprattutto nelle dolomie e nei calcari dolomitici, frequenti sono i livelli, ad ostracodi e foraminiferi, esclusivamente rappresentati dalla famiglia Ophthalmitidae, che caratterizzano la parte inferiore della formazione insieme a letti discontinui di breccie calcareo-dolomitiche, di contro la parte superiore della formazione i calcari detritici assumono un caratteristico aspetto a lastre "chiancarelle".

Inoltre, tra i livelli a macrofauna è presente nel foglio Bari il livello individuato con il nome di "Livello di Palese" osservabile nella zona a NO di Bitonto, comprendente strati di calcari detritici a piccole Toucasie, Eoradiolites e piccoli gasteropodi, alternati a strati di calcari detritici con Orbitolinidi di spessore complessivo pari a circa 30 metri.

Lo spessore affiorante nel Foglio "Bari" è dell'ordine di circa 2000 metri, mentre quelli osservati in fase di rilevamento in corrispondenza di cave a cielo aperto sono in media di 50-60 metri. In affioramento il

Calccare di Bari mostra degli strati generalmente disposti in modo regolare e continuo tuttavia sono anche frequenti interruzioni dovute a fratture e faglie con basso rigetto e blande pieghe.

Al di sopra del calcare mesozoico giacciono in evidente discordanza angolare i depositi calcareo arenacei o arenaceo-argillosi dei Tufi delle Murge.

In ultimo, l'ammasso calcareo in questione, così come tutto l'altopiano murgiano, risulta interessato da incisioni, "lame", di genesi tettonica, successivamente modellati e ulteriormente approfonditi dall'azione erosiva dei corsi d'acqua stabilitisi in questi lineamenti preferenziali di scorrimento; attualmente tali incisioni costituiscono, perlomeno nell'ambito delle Murge, l'unica forma di scorrimento delle acque superficiali, sebbene solo durante condizioni di precipitazione eccezionali o durante il periodo autunnale o invernale. L'azione erosiva dell'acqua fa sì che sui fondi e sui fianchi di tali incisioni sono presenti sedimenti, terrosi e ciottolosi eterogenei ed eterometrici colluviali ed alluvionali i cui spessori sono in genere nell'ordine di pochi metri.

L'abitato di Molfetta è contraddistinto dalla presenza di due lame: "Lama Cupa" che attraversa tutta la zona di Levante e sfocia nella I Cala e "Lama Martina" che attraversa la parte centrale di Molfetta la quale nell'autunno del 1997 entrò in crisi perché l'acqua non trovò sbocco in mare a causa delle costruzioni edilizie e stradali nelle zone di Mezzogiorno e di Levante di Molfetta mentre più a Nord, a limite con la zona esaminata, è presente un altro lungo solco erosivo denominato "Lama Marcinase.

5.2 Inquadramento Strutturale

L'area in esame si colloca essenzialmente lungo la fascia costiera dell'Altopiano Murgiano interessata dalla deposizione dei sedimenti calcareo detritici trasgressivi marini, che occupano anche le zone più interne maggiormente depresse. Tale deposizione è testimonianza delle relative recenti sommersioni su vaste aree della piattaforma carbonatica. Fra i lembi di questi depositi, quelli confinati sui fondi delle sinclinali dirette NO-SE risultano in qualche caso interessati, pur in modo appena sensibile, da un piegamento recente importante.

Dal punto di vista strutturale si parla quasi esclusivamente in termini relativi all'ammasso calcareo, infatti, sul calcare ivi affiorante, si osservano numerose blande pieghe, anticlinali e sinclinali, dirette sia in direzione appenninica che in direzione est-ovest, come l'anticlinale osservabile fra Bitonto e Ruvo di Puglia, mentre pieghe a fianchi un po' più inclinati sono osservabili nelle zone più interne ed elevate.

In generale, tutte le pieghe osservabili presentano sensibili distorsioni e sono attraversate da numerose faglie, variamente dirette. Le caratteristiche di tali faglie, direzione, immersione e rigetti sono di non facile individuazione: tuttavia, alcune faglie sono direttamente osservabili, almeno per qualche tratto come la faglia che corre lungo il litorale adriatico tra Bisceglie e Molfetta.

Alcune zone del territorio exstraurbano in esame intersecano alcuni lineamenti tettonici.

5.3 Inquadramento geomorfologico

L'altopiano su cui si incentra la nostra area di studio corrisponde all'ultimo gradone del versante adriatico del rilievo murgiano e pertanto mostra anche localmente il suo tipico aspetto di tavolato a vasti ripiani allungati parallelamente alla costa.

I vari ripiani presentano deboli ondulazioni e nel complesso una leggera ondulazione a NE, quello più interno ed elevato costituisce la cosiddetta "Murgia Alta" gli altri degradano verso l'Adriatico distinti tramite scarpate via via meno alte.

Si ipotizza che l'attuale forma a ripiani potrebbe derivare da una spianata di abrasione cenozoica sollevatasi via via in tempi sempre più recenti con graduale formazione di piane costiere da SO a NE e le varie scarpate forse inizialmente rappresentate da fessure o da faglie, avrebbero in seguito subito arretramenti per abrasione.

Una corrispondenza tettonico-morfologica abbastanza evidente si osserva tra le blande sinclinali dirette verso NO-SE.

In corrispondenza dell'affioramento calcareo, le forme del rilievo sono principalmente modellate dal fenomeno carsico su ampia e piccola scala. Sono visibili segni di ruscellamento superficiale attribuibile al reticolo idrografico delle formazioni carbonatiche che ha originato netti solchi erosivi, diversamente profondi e di apprezzabile ampiezza, denominati localmente "lame". In esse si raccoglie e scorre l'acqua di origine meteorica, in special modo quella di precipitazione intensa e di breve durata. Lungo tali solchi erosivi e nelle parti più depresse si raccolgono, in seguito al trasporto subito con le acque di dilavamento, dei depositi terrosi e ciottolosi prodotti dalla disaggregazione e dal dilavamento dell'ammasso calcareo e dei tufi delle Murge. I materiali che si accumulano, presentano un grado di permeabilità estremamente variabile, poiché si passa dalla componente ciottoloso-sabbiosa grossolana a quella sabbiosa fine fino ad arrivare ai livelli limoso-argillosi; questa eterogeneità dei materiali comporta quindi una distribuzione dei temporanei accumuli di acqua abbastanza casuali. Nella restante area la morfologia è caratterizzata da forme sub-pianeggianti in corrispondenza dei depositi pleistocenici e quaternari non mancano però morfostrutture a grande scala come aree interessate dalla presenza di doline e/o grotte che interessano il basamento calcareo, come il Pulo di Molfetta.

L'abitato di Molfetta è contraddistinto dalla presenza di due lame: "Lama Cupa" che attraversa tutta la zona di Levante e sfocia nella I Cala e "Lama Martina" che attraversa la parte centrale di Molfetta la quale nell'autunno del 1997 entrò in crisi perché l'acqua non trovò sbocco in mare a causa delle costruzioni edilizie e stradali nelle zone di Mezzogiorno e di Levante di Molfetta mentre più a Nord, a limite con la zona esaminata, è presente un altro lungo solco erosivo denominato "Lama Marcinase" (**Tav. EG_04_01**).

5.4 Inquadramento Idrografico

Il reticolo idrografico locale interseca la parte centrale e orientale dell'abitato del tessuto urbano della città di Molfetta: nell'area centrale è presente Lama Martina mentre in quella orientale la Lama Cupa, le quali hanno origine nella porzione più interna dell'Altopiano murgiano.

Più a Nord, a limite con la zona esaminata, verso Bisceglie, è presente un altro lungo solco erosivo denominato "Lama Marcinase".

La permeabilità dei terreni in affioramento è estremamente varia si va dal calcare che presenta una permeabilità in grande ossia per fessurazione alle calcareniti permeabili per porosità, fino ai depositi alluvionali, presenti sui fondi delle lame, che per la loro natura costitutiva risultano molto permeabili laddove c'è maggiore percentuale di ciottoli e sabbie e poco permeabili laddove c'è predominanza di sabbie limose.

Alla luce di quanto risaputo circa i paesaggi murgiani è possibile affermare che praticamente gli unici punti di incanalamento delle acque di precipitazione sono rappresentati dalle incisioni carsiche all'interno dell'ammasso carbonatico, dette "lame". Eccezionalmente in luoghi dove non sono presenti corsi d'acqua perenni di tipo tradizionale le lame, fungono da corsi d'acqua anche se a carattere periodico individuandone inoltre il perimetro di bacino idrografico. Le acque di tali solchi generalmente arrivano in mare anche se non mancano aree circoscritte, dette "doline", morfologicamente depresse, le quali terminano sul fondo con un "inghiottitoio" che mette in comunicazione le acque di ruscellamento superficiale con la falda carsica. Tali doline, se di grandi dimensioni, possono essere considerati dei bacini endoreici

La distribuzione dei caratteri di permeabilità delle rocce carbonatiche mesozoiche, che risultano essere ivi presenti più a larga scala, è legata principalmente all'evoluzione del fenomeno carsico che a sua

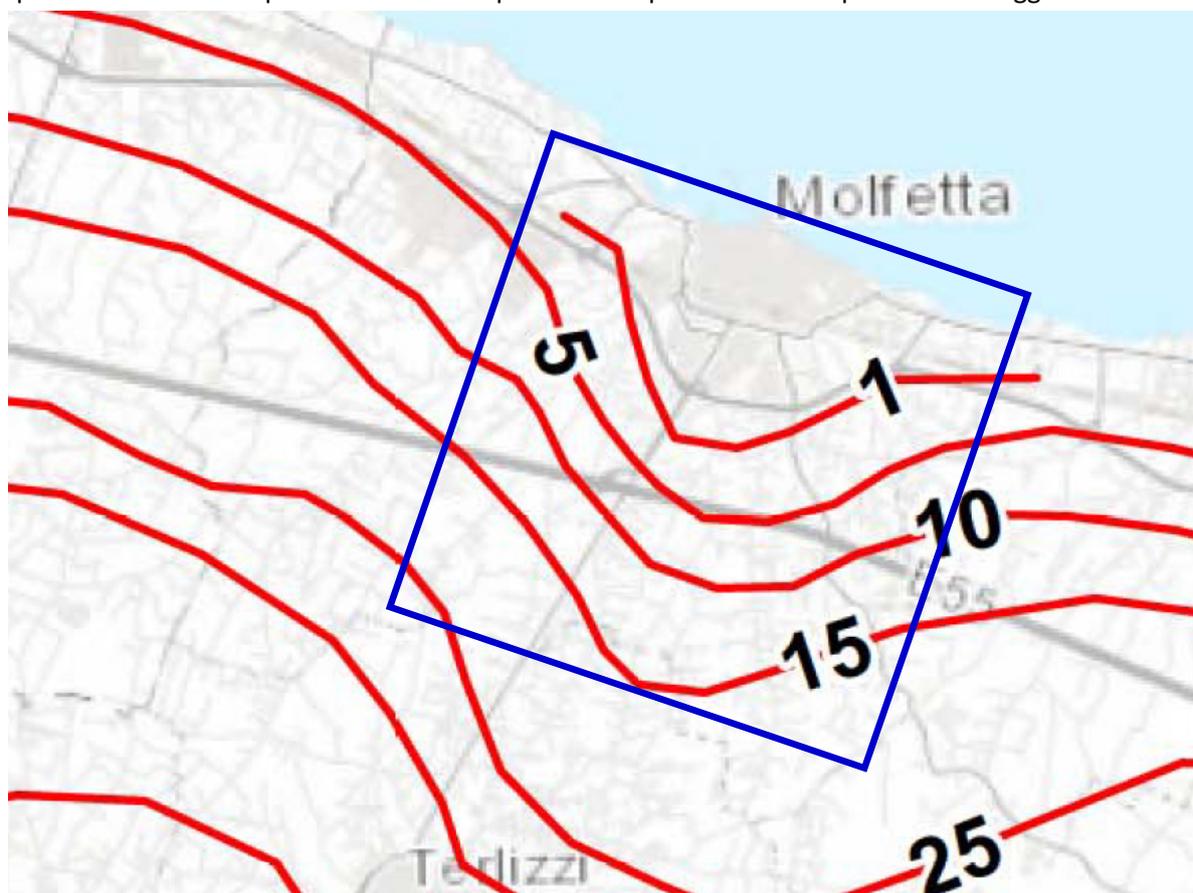
volta influisce sulla circolazione idrica. Generalmente il grado di fratturazione dei calcari, compresi nell'area di studio, insieme all'azione del carsismo facilita l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo impedendone pertanto il ruscellamento.

Infatti dall'osservazione della Carta Idro-geomorfologica, redatta dall'AdB Puglia, riportata alla pagina seguente, è possibile osservare come il centro urbano e parte dell'abitato è attraversato da vari solchi erosivi dette lame (Tav. EG_04_01).

5.5 Inquadramento Idrogeologico

Per quanto attiene le caratteristiche idrogeologiche delle aree in esame si segnala che a larga scala in tutta la regione è presente una falda carsica profonda che non avrà alcuna interferenza con le opere in progetto. Infatti, i calcari che costituiscono gran parte delle Murge sono a seconda dei luoghi, più o meno permeabili per fessurazione e quindi le acque di precipitazione dopo la fase di ruscellamento superficiale si incanalano attraverso le fratture per andare ad alimentare la falda carsica profonda. Inoltre, poiché la permeabilità delle rocce del Calcare di Bari è alquanto irregolare, in profondità si può trovare una circolazione idrica più o meno attiva da zona a zona. Il carico piezometrico nell'abitato di Molfetta, relativamente a tutta l'area in esame è compreso tra 1.0m e 15.0m sul livello del mare pertanto, viste le quote, la falda è ubicata, a profondità comprese tra 2.0m e 85.0m.

Si precisa che la stessa potrebbe essere in pressione e quindi trovarsi a profondità maggiori.



Stralcio della Tav. C05 del Piano di Tutela delle Acque ("Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi carsici della Murgia e del Salento") – aggiornamento 2015-2019

5.6 Caratteristiche di permeabilità delle rocce

In base ai litotipi che caratterizzano il sottosuolo in esame è stato possibile distinguere le caratteristiche di permeabilità di ciascuno di essi in funzione dei cambiamenti delle caratteristiche litostratigrafiche:

- rocce impermeabili;

- rocce permeabili per porosità interstiziale;
- rocce permeabili per fessurazione e carsismo.

5.6.1 Rocce impermeabili

Rientrano in questa categoria i depositi alluvionali, limi e silt, i quali risultano caratterizzati da un grado di permeabilità estremamente basso, da poter essere considerati impermeabili; il parametro **K** è pari a **$1 \cdot 10^{-7}$ cm/sec**.

5.6.2 Rocce permeabili per porosità interstiziale

Rientrano all'interno di tale categoria le calcareniti e le "terre rosse".

Le calcareniti generalmente presentano un grado di permeabilità **K** di **$1 \cdot 10^{-4}$ cm/sec** e **$1 \cdot 10^{-5}$ cm/sec** mentre le "terre rosse", per il loro contenuto sabbioso-limoso variabile presentano una permeabilità variabile. In particolare per le "terre rosse" il valore della permeabilità **K** è compreso tra **$1 \cdot 10^{-5}$ cm/sec** e **$1 \cdot 10^{-6}$ cm/sec**.

5.6.3 Rocce permeabili per fessurazione e carsismo

La permeabilità per fessurazione e carsismo, o permeabilità in grande, è propria di rocce impermeabili alla scala del campione, data la loro elevata compattezza, ma nelle quali l'infiltrazione e il deflusso può avvenire attraverso i giunti di stratificazione e le fratture. Tali discontinuità possono allargarsi per fenomeni legati alla dissoluzione chimica (carsismo). Questo tipo di permeabilità caratterizza il Calcare di Bari e il valore è generalmente compreso tra **$K = 1 \cdot 10^{-2}$ e $1 \cdot 10^3$ cm/sec**.

Laddove il calcare è intensamente fratturato e carsificato, è molto permeabile ed è sede di una cospicua ed estesa falda idrica di base (o falda carsica) il cui ruolo idrostrutturale è di "acquifero". Idrogeologicamente l'area rientra, infatti, nell'acquifero carsico della Murgia.

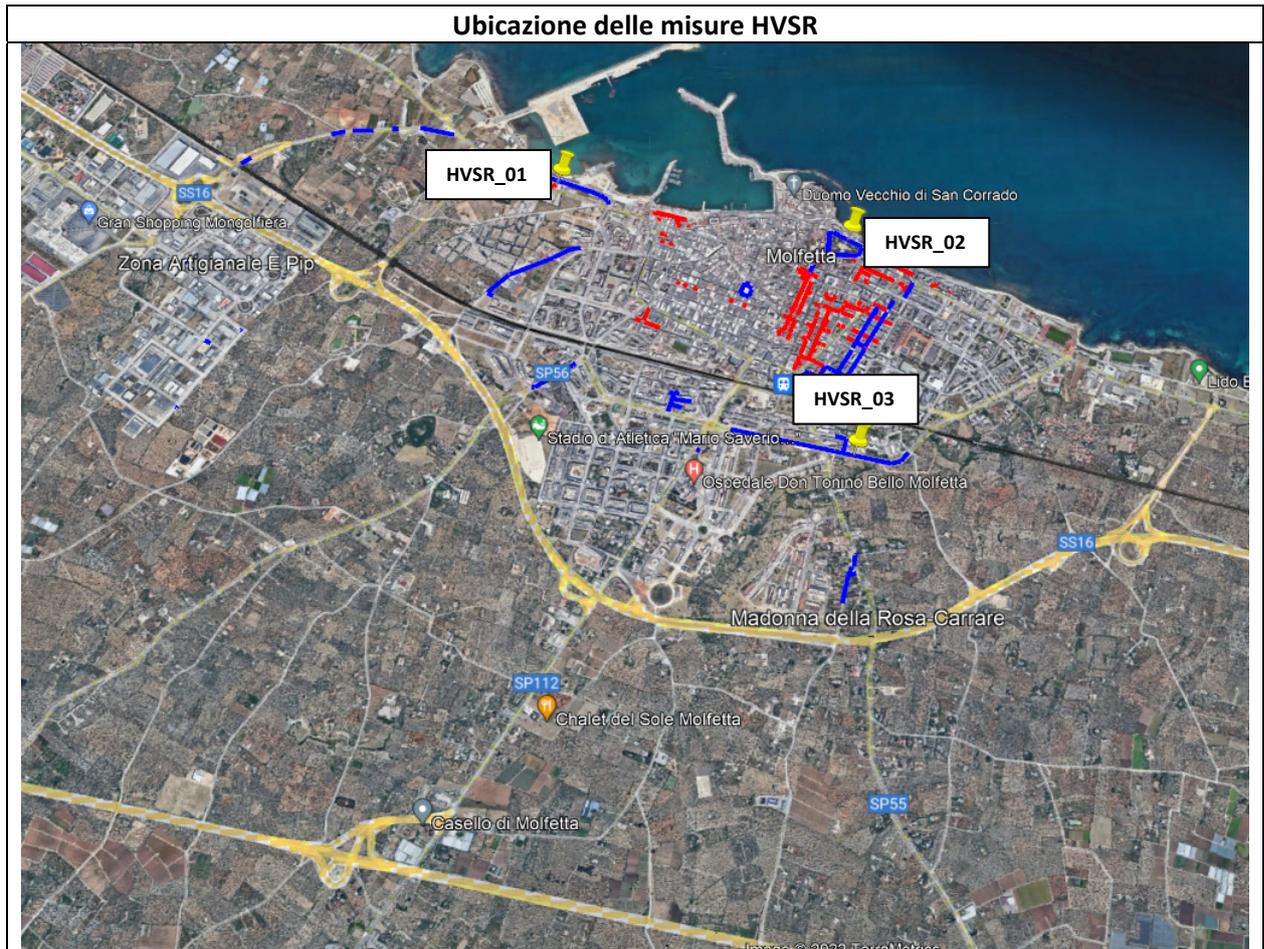
6 CLASSIFICAZIONE DEL SUOLO DI FONDAZIONE: INDAGINI SISMICHE HVSR

Al fine di classificare il territorio in esame in una delle categorie di suolo di fondazione previste dalle NTC2018 sono stati eseguiti n. 3 misure HVSR in tutta l'area in esame.

Di seguito si riportano le modalità di acquisizione e i risultati.

La tecnica HVSR è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di alcun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

Le indagini sono state eseguite nei punti indicati di seguito e riportati nella planimetria **Tav. EG_02_01**:



6.1 Descrizione del metodo

La tecnica di indagine sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito, utile per una corretta progettazione di edifici antisismici, infatti trova la sua massima applicazione negli studi di microzonazione sismica. La stessa, inoltre, trova ampio utilizzo anche in altri campi di applicazione ovvero:

- ✓ nella classificazione del terreno di fondazione in base alle norme tecniche di costruzione (V_s,eq ; NTC 2018);
- ✓ per la ricostruzione stratigrafica del sottosuolo;
- ✓ negli studi di risposta sismica locale;
- ✓ per la misura della frequenza di risonanza degli edifici (nel caso di indagini strutturali).

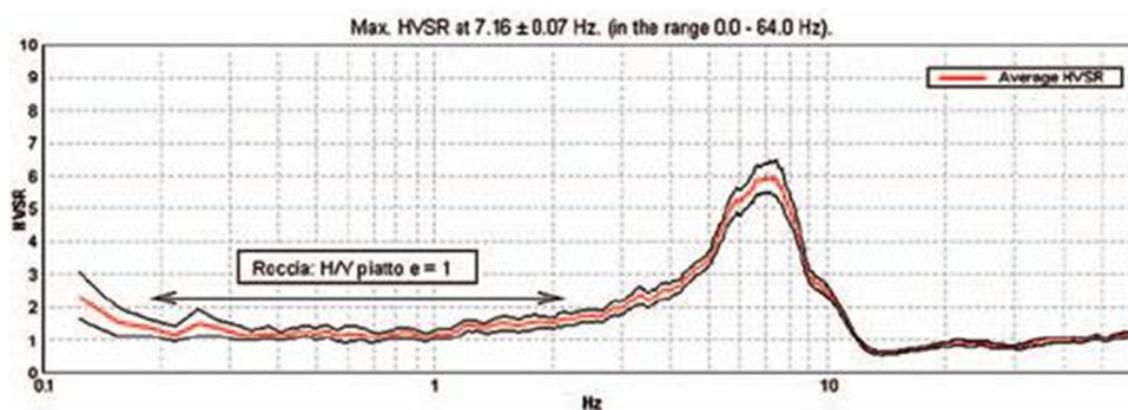
La conoscenza della frequenza caratteristica di risonanza di sito permette di individuare gli effetti di sito, ovvero tutti quegli effetti che un evento sismico produce a scala ristretta cioè su zone arealmente

limitate. Uno dei sistemi per valutare gli effetti di sito è sicuramente la “microzonazione sismica strumentale” il cui metodo si basa sull’impiego di microtremiti sismici prodotti dalle attività antropiche o legate a fenomeni naturali pertanto di conseguenza l’elaborazione dei segnali acquisiti consente di ottenere degli spettri di amplificazione.

Uno dei metodi per determinare l’effetto di sito è il Metodo di Nakamura o tecnica HVSR. Alla base di tale metodo vi è l’idea di fondo, a partire da considerazioni empiriche, che lo spettro dei terremoti abbia una buona correlazione con lo spettro ricavato da misure di rumore ambientale. Nel 1989 Nakamura suggerisce che la registrazione di rumore ambientale acquisita in un unico luogo possa descrivere compiutamente lo spettro di un terremoto registrato in quello stesso luogo. La tecnica HVSR si basa sull’assunto che la componente verticale del moto non subisca effetti amplificativi e che, quindi, questi siano limitati alle componenti orizzontali. Pertanto ipotizzando una situazione del tipo rappresentato di seguito ne consegue che la frequenza caratteristica del sito sarebbe data dalla seguente formula:

$$f_r = \frac{V_{s1}}{4H}$$

e che la rappresentazione dell’analisi spettrale sarebbe del tipo:



6.2 Modalità di acquisizione ed elaborazione

L’acquisizione dei dati è avvenuta mediante misura della durata di 20 minuti, secondo le indicazioni del progetto SESAME, ponendo lo strumento convenzionalmente in direzione del Nord Geografico.

Sul dato ottenuto si esegue un’operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre “long”, che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l’eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest’ultimo viene sottoposto a tapering e/o liscio secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all’uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito. L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo V_s,eq .

6.3 Strumentazione

La microzonazione strumentale utilizza una strumentazione costituita da una singola stazione di misura posta sulla superficie del terreno contenente un unico sensore tridirezionale in grado di misurare le vibrazioni ambientali nelle tre direzioni dello spazio. In particolare viene valutato il rapporto di ampiezza tra le componenti orizzontali e verticali del moto.

Di seguito si riportano le caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata per questa campagna di indagine:

S3S-S3S2 Terne da superficie

ISTRUZIONI PER L'USO

versioni: S3S 3 componenti 4,5Hz S3S2 3 Componenti 2 Hz

- utilizzare la valigia (opz.) per il trasporto
- durante il trasporto il tappo di protezione deve essere sempre collegato al connettore del sensore
- per permettere la chiusura del contenitore è necessario svitare la maniglia dal sensore (solo per S3S2)
- utilizzare le ghiera di regolazione dei piedini per livellare il sensore
- per utilizzo su terreni è possibile scambiare i piedini da superficie con i puntali da terreno (forniti in dotazione)

CARATTERISTICHE TECNICHE:

- Geofoni con frequenza di 4,5 Hz (per S3S), 2Hz (per S3S2)
- Componente verticale n.1
- Componenti orizzontali n.2
- Sfasamento delle componenti orizzontali: 90 gradi
- Messa in piano per mezzo di piedini con ghiera di regolazione e bolla di livello
- Contenitore: alluminio
- Dimensioni: diametro 140 mm, altezza 80 mm (per S3S), altezza 100 mm (per S3S2)
- Peso: 2,5Kg (per S3S), 4 Kg (per S3S2)

Specifiche geofoni S3S

- Frequenza naturale: $4,5 \pm 0,75$ Hz
- Resistenza della bobina a $25^\circ \text{C} \pm 5\%$: 380 Ohm
- Sensibilità tensione a 380 Ohm $\pm 10\%$: $0,81 \text{ V / in / sec}$ ($0,32 \text{ V / cm / sec}$)
- Massa $\pm 5\%$: 23,6 g

Specifiche geofoni S3S2

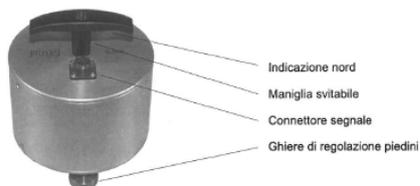
- Frequenza naturale: $2 \pm 0,75$ Hz
- Resistenza della bobina a $25^\circ \text{C} \pm 5\%$: 3810 Ohm
- Sensibilità tensione a 3810 Ohm $\pm 10\%$: 2 V / in / sec
- Massa $\pm 5\%$: 23 g

ORDINE CONNESSIONE GEOFONI:

- ch. 1 - verticale
- ch. 2 - orizzontale 1
- ch. 3 - orizzontale 2 NORD (marcato N sul sensore)

CAVI CONNESSIONE

- Lunghezza: 5 mt.
- cod. CS6V20VM6 (per serie A6000/SYSMATRACK) utilizzare il connettore 1-12 della sezione input dell'apparecchiatura
- cod. CS6V6VM6 (per Vibralog)
- cod. CS6V19VM6 (per serie A5000)



M.A.E. Molisana Apparecchiature Elettroniche s.r.l. - www.mae-srl.it

Nel seguito della trattazione viene restituito il report di indagine, comprensivo dei dettagli di acquisizione, delle elaborazioni grafiche e dei risultati dedotti.

6.3.1 Risultati HVSR01

Sito: Molfetta (Ba), – Viale dei Crociati

Lat.: 41.207150°

Lon.: 16.583597°

Ubicazione dell'indagine HVSR 01



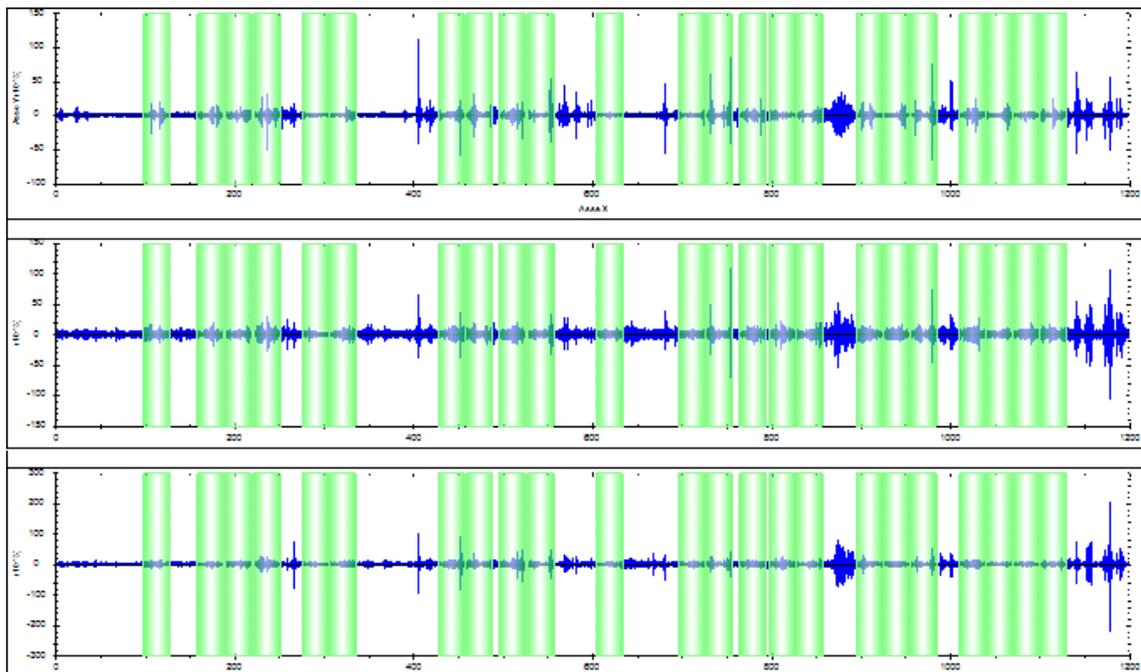
Dettagli di acquisizione

strumento: MAE X610/S

file: HVSR01.sg2

data: 11/05/2021

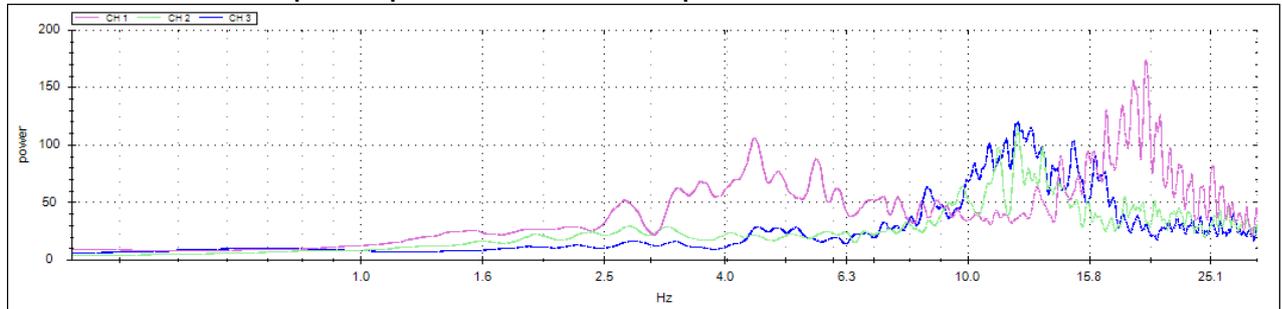
durata: 00:20:00



Elaborazione

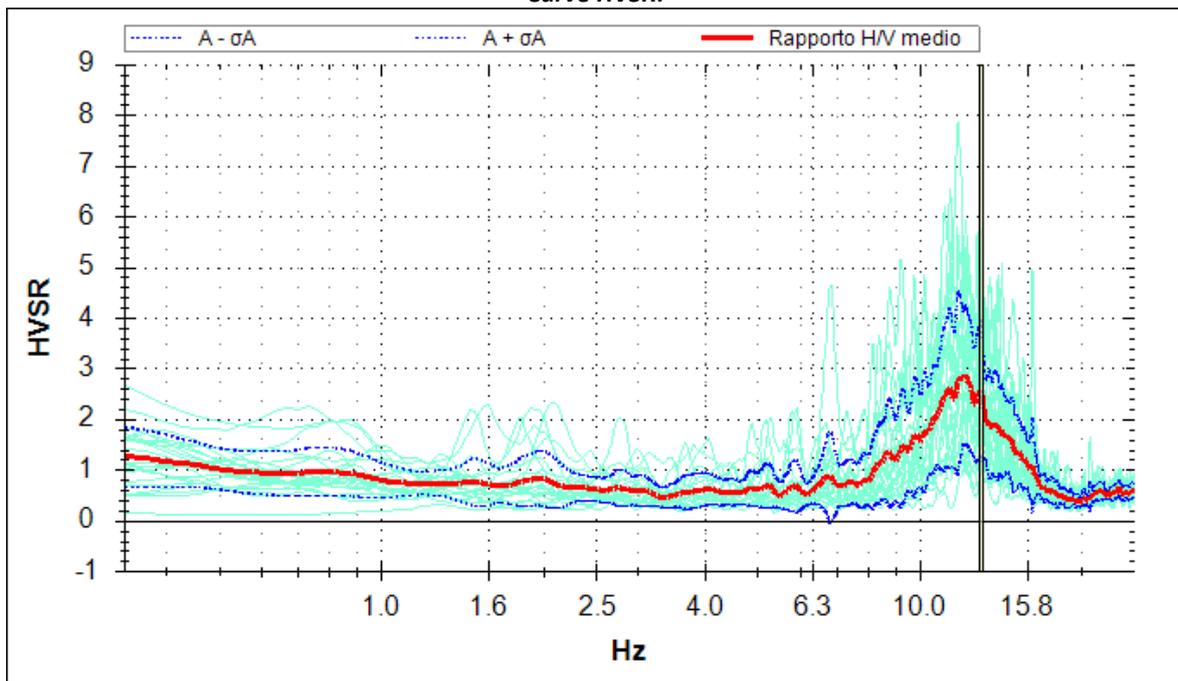
frequenza di campionamento: 125 Hz
finestre temporali (nw): 23
tempo di ogni finestra (Lw): 30 s
intervallo di ricerca: 0,3-30,0 Hz
costante di lisciamento: 13

Spettri di potenza della finestra temporale: 00:01:37-00:02:07



Risultati

Curve HVSR:



frequenza di picco (f_0): 12.97 ± 0.31 Hz
classificazione picco: evidente

dettagli affidabilità:

- | | | | |
|----|--|----|------------------------------|
| 1) | $f_0 > 10/Lw$: | SI | ($12.97 > 0.33$) |
| 2) | $nc(f_0) > 200$: | SI | ($8949 > 200$) |
| 3) | per $f_0/2 < f < 2f_0$, $\sigma A(f) < 2$: | SI | ($\max \sigma A(f) = 1.8$) |

dettagli evidenza:

- | | | | |
|----|--------------------|----|---------------------|
| 1) | $A(f_-) < A_0/2$: | SI | ($f_- = 3.23$ Hz) |
| 2) | $A(f_+) < A_0/2$: | SI | ($f_+ = 15.41$ Hz) |

3)	$A_0 > 2$:	SI	($A_0 = 2.6$)
4)	$f_{peak}[A(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$	NO	($D_f = 0.92$)
5)	$\sigma f < \varepsilon(f_0)$	SI	($\sigma f = 0.31$; $\varepsilon(f_0) = 0.65$)
6)	$\sigma A(f_0) < \theta(f_0)$	SI	($\sigma A(f_0) = 1.38$; $\theta(f_0) = 1.58$)

Stima delle categoria di suolo

Ai sensi delle nuove norme in materia delle costruzioni NTC 2018 la categoria di suolo di fondazione viene determinata sulla base della stima di un nuovo parametro sismico il $V_{s,eq}$, in sostituzione del V_{s30} , ottenuto attraverso la seguente formula:

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

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo

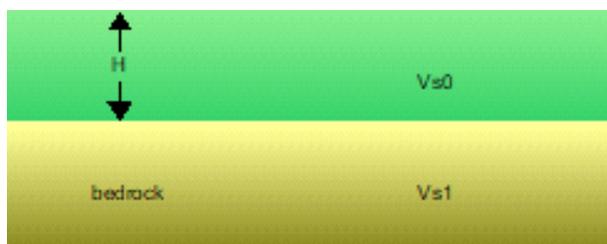
$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato

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/sec

In tale espressione appare evidente come il calcolo delle velocità sismiche di taglio non si riferisce più necessariamente alla profondità di 30m, ma alla reale profondità del bedrock, ovvero, alla profondità di quella formazione rocciosa o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800m/s, pertanto la profondità del bedrock varierà di volta in volta.

In questo caso specifico, i valori delle V_s ricavati sperimentalmente dall'indagine sismica, hanno consentito di individuare una sismostratigrafia di massima del sottosuolo caratterizzata da una copertura, costituita da materiale di riporto e depositi calcarenitici mediamente cementati sovrapposta al bedrock propriamente inteso come "bedrock sismico" ovvero una formazione rocciosa o terreno molto rigido contraddistinto da $V_s \geq 800$ m/s.



Pertanto, in base a quanto descritto, a partire dal piano di indagine, si ha:

- **strato di copertura (H):** **6.50m**
- **bedrock calcareo compatto (H):** **da 6.5 in poi**

contraddistinti dalle rispettive velocità sismiche di taglio

- **velocità copertura (V_{s0}):** **445 m/s**
- **velocità del bedrock (V_{s1}):** **1100 m/s**

in base a quanto sopra esposto ne consegue che il substrato calcareo caratterizzato da $V_s > 800 \text{ m/s}$ si trova a partire da **6.50m** di profondità dal p.c. e che il materiale di copertura è contraddistinto da valori di $V_{s,eq} = 445 \text{ m/s}$, pertanto anche per questa metodologia il sottosuolo in esame rientra nella categoria di suolo “**B**” definita nella tabella seguente come

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti 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, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

6.3.2 Risultati HVSr 02

Sito: Molfetta (Ba), – Piazza Giuseppe Garibaldi

Lat.: 41.203557°

Lon.: 16.601652°



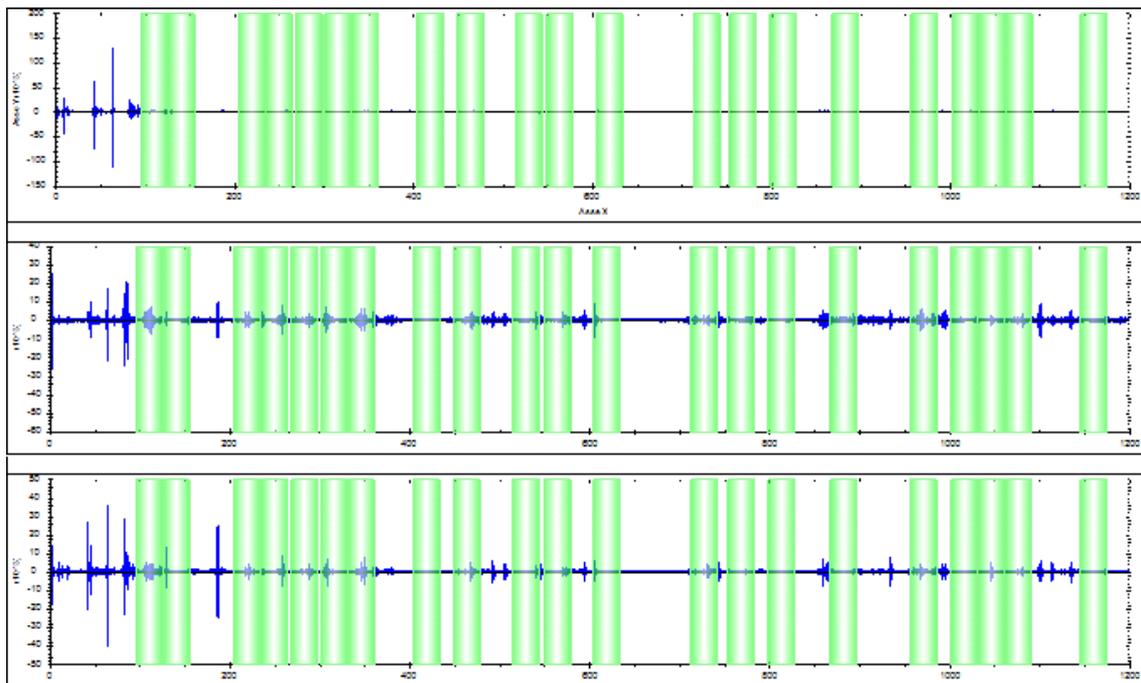
Dettagli di acquisizione

strumento: MAE X610/S

file: HVSr02.sg2

data: 11/05/2021

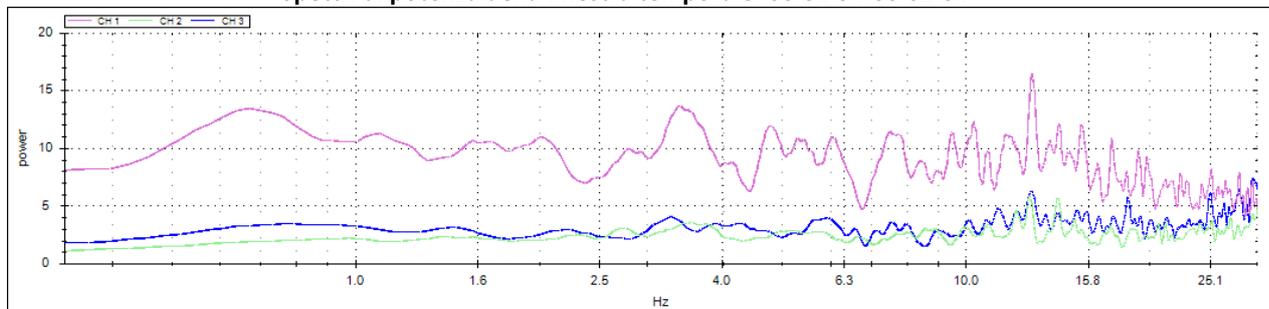
durata: 00:20:00



Elaborazione

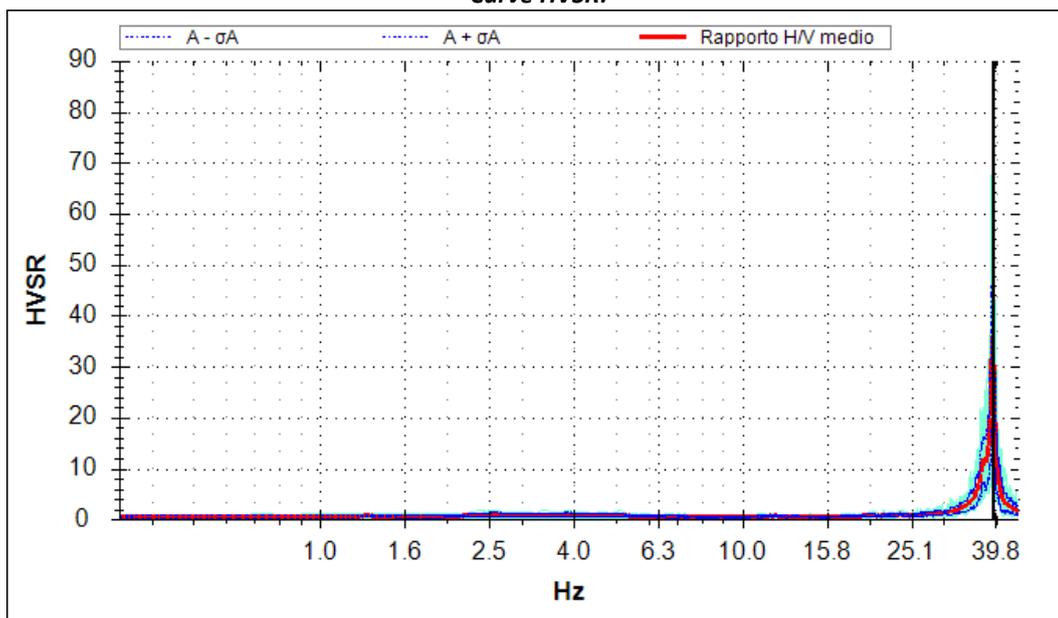
frequenza di campionamento: 125 Hz
finestre temporali (nw): 21
tempo di ogni finestra (Lw): 30 s
intervallo di ricerca: 0,3-30,0 Hz
costante di lisciamento: 15

Spettri di potenza della finestra temporale: 00:01:34-00:02:04



Risultati

Curve HVSR:



frequenza di picco (f_0): 39.12 ± 0.37 Hz
classificazione picco: massimo

dettagli affidabilità:

- | | | | |
|----|--|----|-------------------------------|
| 1) | $f_0 > 10/Lw$: | SI | ($39.12 > 0.33$) |
| 2) | $nc(f_0) > 200$: | SI | ($24648 > 200$) |
| 3) | per $f_0/2 < f < 2f_0$, $\sigma A(f) < 2$: | NO | ($\max \sigma A(f) = 17.6$) |

dettagli evidenza:

- | | | | |
|----|--------------------|----|---------------------|
| 1) | $A(f^-) < A_0/2$: | SI | ($f^- = 9.77$ Hz) |
| 2) | $A(f^+) < A_0/2$: | SI | ($f^+ = 39.70$ Hz) |
| 3) | $A_0 > 2$: | SI | ($A_0 = 36.0$) |

- | | | | |
|----|--|----|--|
| 4) | $f_{peak}[A(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | SI | (Df = 0.85) |
| 5) | $\sigma f < \varepsilon(f_0)$ | SI | ($\sigma f = 0.37$; $\varepsilon(f_0) = 1.96$) |
| 6) | $\sigma A(f_0) < \theta(f_0)$ | NO | ($\sigma A(f_0) = 17.16$; $\theta(f_0) = 1.58$) |

Stima delle categoria di suolo

Ai sensi delle nuove norme in materia delle costruzioni NTC 2018 la categoria di suolo di fondazione viene determinata sulla base della stima di un nuovo parametro sismico il $V_{s,eq}$, in sostituzione del V_{s30} , ottenuto attraverso la seguente formula:

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

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo

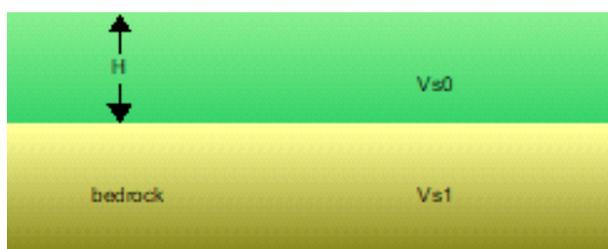
$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato

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/sec

In tale espressione appare evidente come il calcolo delle velocità sismiche di taglio non si riferisce più necessariamente alla profondità di 30m, ma alla reale profondità del bedrock, ovvero, alla profondità di quella formazione rocciosa o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800m/s, pertanto la profondità del bedrock varierà di volta in volta.

In questo caso specifico, i valori delle V_s ricavati sperimentalmente dall'indagine sismica, hanno consentito di individuare una sismostratigrafia di massima del sottosuolo caratterizzata da una copertura, costituita da materiale di riporto e depositi calcarenitici mediamente cementati sovrapposta al bedrock propriamente inteso come "bedrock sismico" ovvero una formazione rocciosa o terreno molto rigido contraddistinto da $V_s \geq 800$ m/s.



Pertanto, in base a quanto descritto, a partire dal piano di indagine, si ha:

- **strato di copertura (H):** 5.70m
- **bedrock calcareo compatto (H):** da 5.70m in poi

contraddistinti dalle rispettive velocità sismiche di taglio

- **velocità copertura (Vs0):** 490 m/s
- **velocità del bedrock (Vs1)** 970 m/s

in base a quanto sopra esposto ne consegue che il substrato calcareo caratterizzato da $V_s > 800$ m/s si

trova a partire da una profondità di **5.70m** dal p.i. e che il pacchetto di strati sovrastanti (cappellaccio calcareo più fratturato e alterato) ha un valore di $V_{s,eq} = 490\text{m/s}$; pertanto il sottosuolo investigato in corrispondenza dell'indagine hvsr è classificato nella categoria di suolo "B" definita nella tabella seguente come:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Anmassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti 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, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

6.3.3 Risultati HVSR 03

Sito: Molfetta (Ba), – Via Enrico Berlinguer

Lat.: 41.192720°

Lon.: 16.601371°



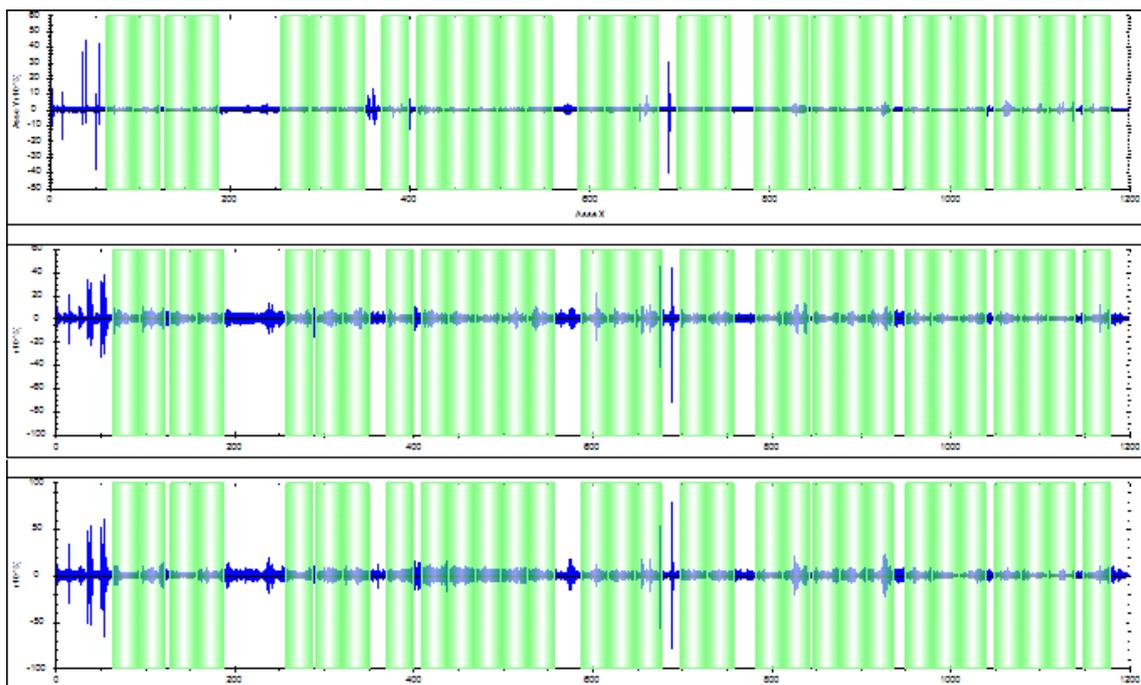
Dettagli di acquisizione

strumento: MAE X610/S

file: HVSR03.sg2

data: 11/05/2021

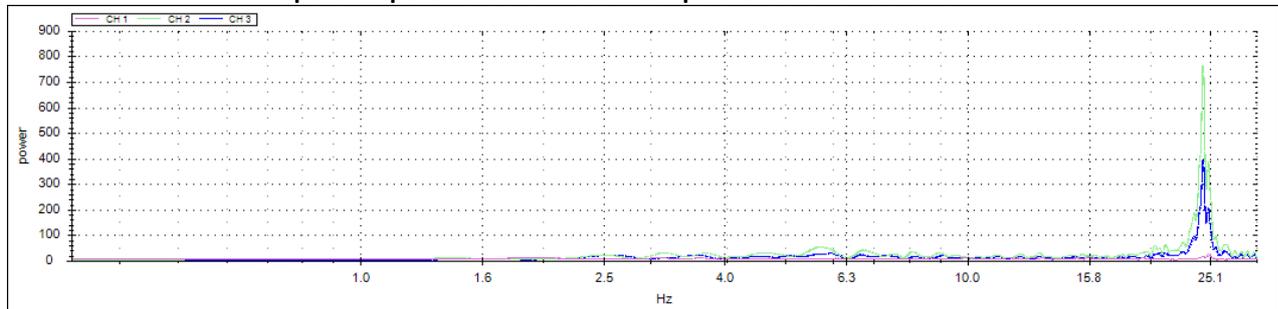
durata: 00:20:00



Elaborazione

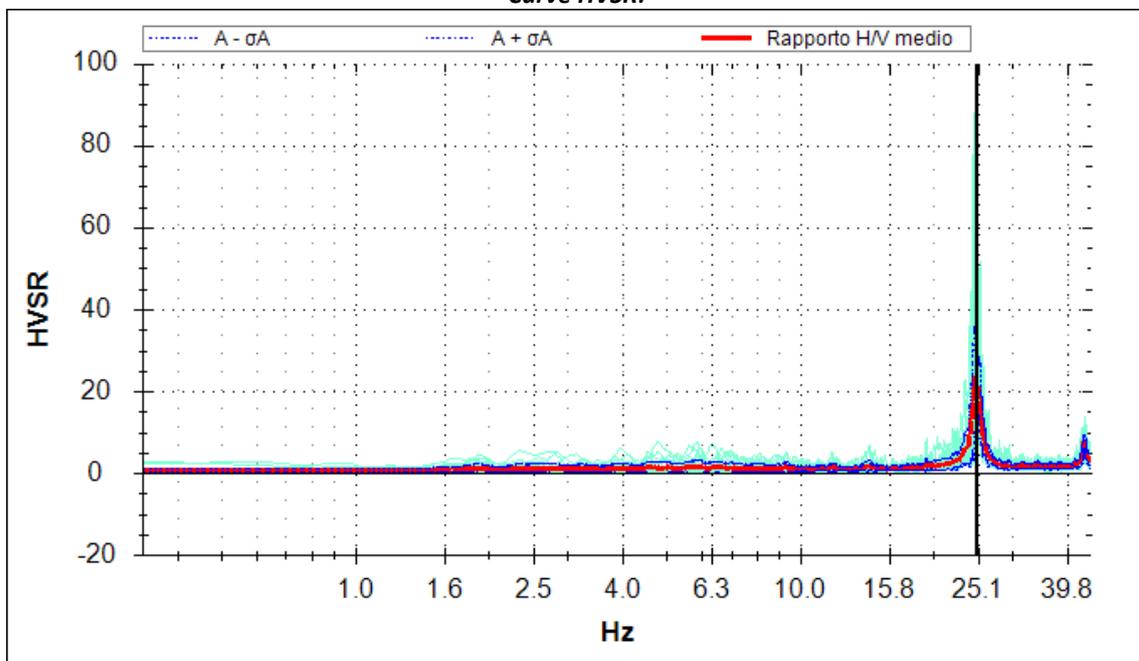
frequenza di campionamento: 125 Hz
finestre temporali (nw): 26
tempo di ogni finestra (Lw): 30 s
intervallo di ricerca: 0,3-30,0 Hz
costante di lisciamento: 11

Spettri di potenza della finestra temporale: 00:01:02-00:01:32



Risultati

Curve HVSR:



frequenza di picco (fo): 24.84 ± 0.30 Hz
classificazione picco: massimo

dettagli affidabilità:

- | | | | |
|----|--|----|-------------------------------|
| 1) | $f_0 > 10/Lw$: | SI | ($24.84 > 0.33$) |
| 2) | $nc(f_0) > 200$: | SI | ($22357 > 200$) |
| 3) | per $f_0/2 < f < 2f_0$, $\sigma A(f) < 2$: | NO | ($\max \sigma A(f) = 15.5$) |

dettagli evidenza:

- | | | | |
|----|--|----|---------------------|
| 1) | $A(f_-) < A_0/2$: | SI | ($f_- = 6.20$ Hz) |
| 2) | $A(f_+) < A_0/2$: | SI | ($f_+ = 25.70$ Hz) |
| 3) | $A_0 > 2$: | SI | ($A_0 = 23.4$) |
| 4) | $f_{peak}[A(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | SI | ($Df = 0.92$) |

- 5) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
 6) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

- SI ($\sigma_f = 0.30$; $\varepsilon(f_0) = 1.24$)
 NO ($\sigma_A(f_0) = 11.93$; $\theta(f_0) = 1.58$)

Stima delle categoria di suolo

Ai sensi delle nuove norme in materia delle costruzioni NTC 2018 la categoria di suolo di fondazione viene determinata sulla base della stima di un nuovo parametro sismico il $V_{s,eq}$, in sostituzione del V_{s30} , ottenuto attraverso la seguente formula:

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

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo

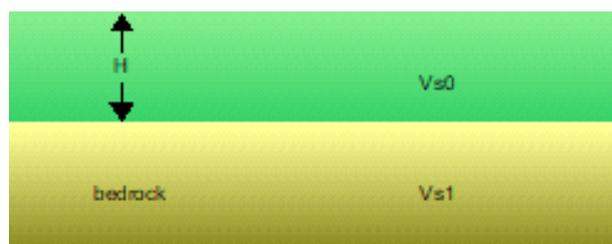
$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato

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/sec

In tale espressione appare evidente come il calcolo delle velocità sismiche di taglio non si riferisce più necessariamente alla profondità di 30m, ma alla reale profondità del bedrock, ovvero, alla profondità di quella formazione rocciosa o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800m/s, pertanto la profondità del bedrock varierà di volta in volta.

In questo caso specifico, i valori delle V_s ricavati sperimentalmente dall'indagine sismica, hanno consentito di individuare una sismostratigrafia di massima del sottosuolo caratterizzata da una copertura, costituita da materiale di riporto e depositi terrosi limoso sabbiosi (depositi alluvionali) sovrapposta al bedrock propriamente inteso come "bedrock sismico" ovvero una formazione rocciosa o terreno molto rigido contraddistinto da $V_s \geq 800$ m/s.



Pertanto, in base a quanto descritto, a partire dal piano di indagine, si ha:

- **strato di copertura (H):** **2.0 m**
- **bedrock calcareo compatto (H):** **da 2.0 in poi**

contraddistinti dalle rispettive velocità sismiche di taglio

- **velocità copertura (V_{s0}):** **375 m/s**
- **velocità del bedrock (V_{s1}):** **850 m/s**

in base a quanto sopra esposto ne consegue che il substrato calcareo caratterizzato da $V_s > 800$ m/s si trova già a partire da **2.0m** di profondità dal p.c. e dunque risulta conseguentemente che il terreno di

fondazione rientra necessariamente nella categoria di suolo “A” definita nella tabella seguente come

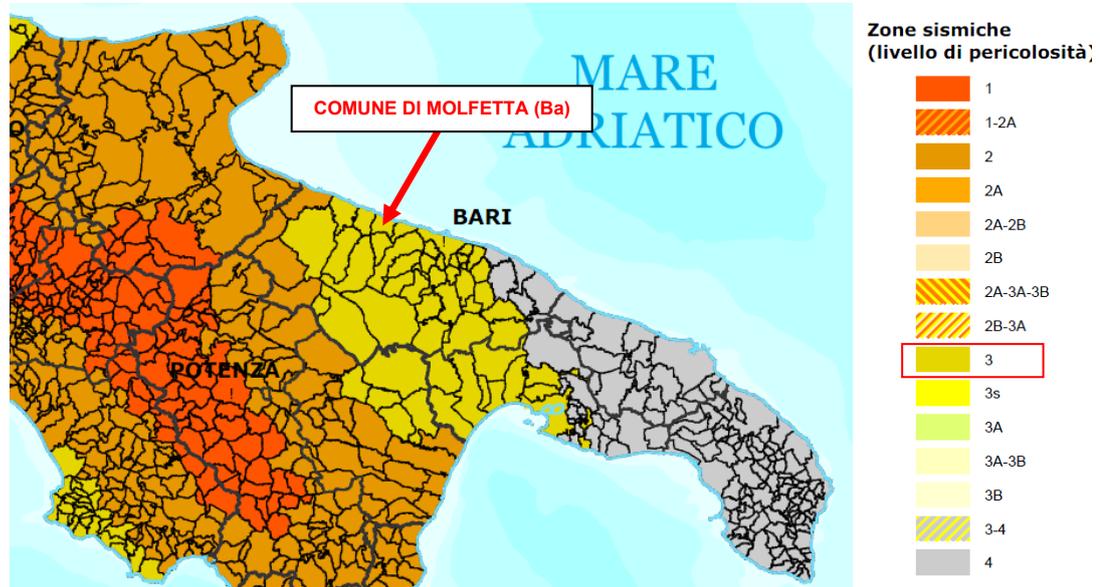
Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l’utilizzo dell’approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Anmassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti 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, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

7 ANALISI SISMOLOGICHE

Il Comune di Molfetta (Ba) in base alla *Delibera D.G.R. n. 1626 del 15.09.2009* della Giunta Regionale - Regione Puglia, è stato classificato da un punto di vista sismico come **zona sismica 3** (*livello di pericolosità medio*).

Classificazione sismica 2020 - Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003



Sulla base delle indagini sismiche eseguite è stato possibile stimare la categoria di suolo di fondazione per tutta l'area in esame.

Dalle risultanze di prospezioni sismiche effettuate in sito, è emerso che tali tipi di terreni, dal punto di vista della caratterizzazione sismica, sono classificati sia in categoria "B" (depositi tufacei) che in categoria di suolo di fondazione di tipo "A" (ammasso calcareo).

Alla luce delle attuali conoscenze si ritiene che non si pongono particolari problemi alla realizzazione dell'opera in oggetto. Naturalmente si terrà conto di quanto riportato nelle Norme Tecniche delle Costruzioni del Gennaio 2018 che all'opera si deve attribuire un'accelerazione massima orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni maggiore di 0.05 g, pari ad un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico sulla formazione di base (suoli di categoria "A") pari ad $a_g=0.15g$.

In particolare, le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (17/01/2018) 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/>.

Secondo le NTC l'area in questione del Comune di Molfetta, essendo molto estesa, è caratterizzata da un'accelerazione compresa tra 0.100 - 0.150g, come evidenziato nella figura in cui è riportata la mappa di pericolosità sismica per il sito in questione, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (categoria A, Vs>800m/sec).

Pericolosità sismica della Puglia (Fonte: INGV, Mappa della pericolosità sismica, 2004)

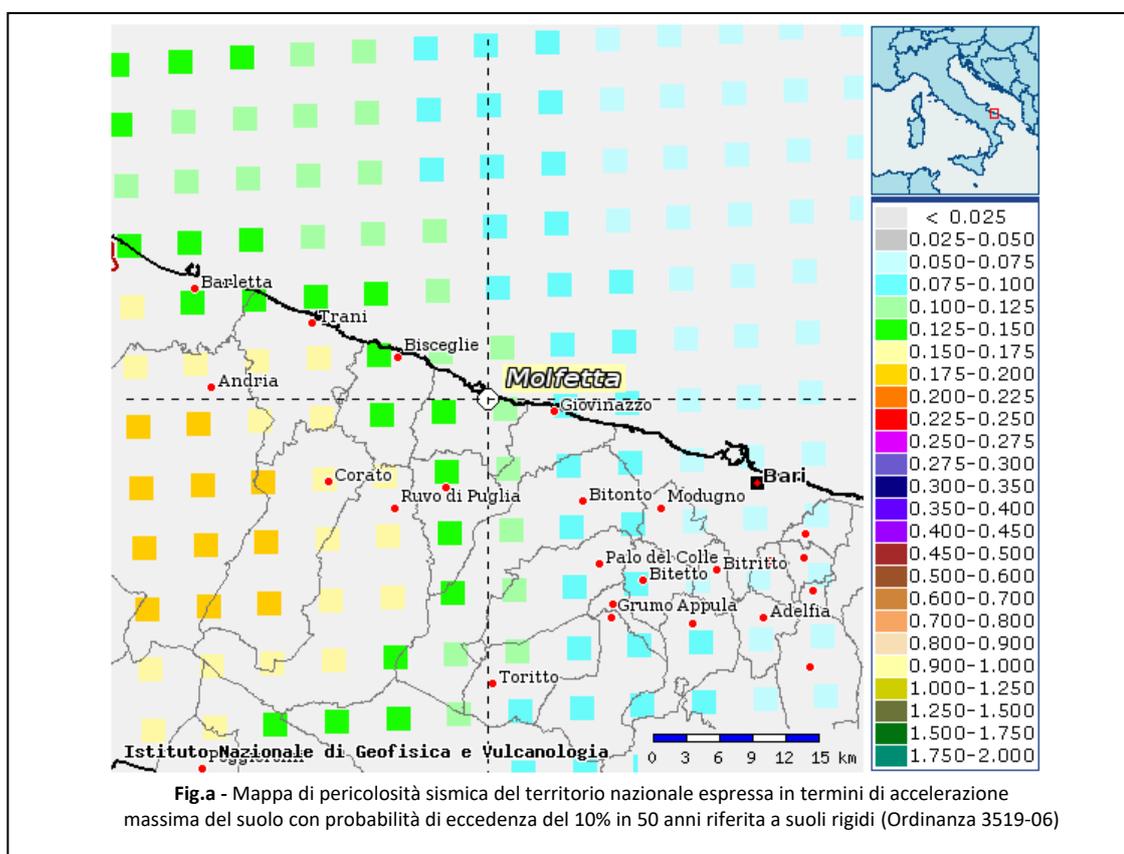
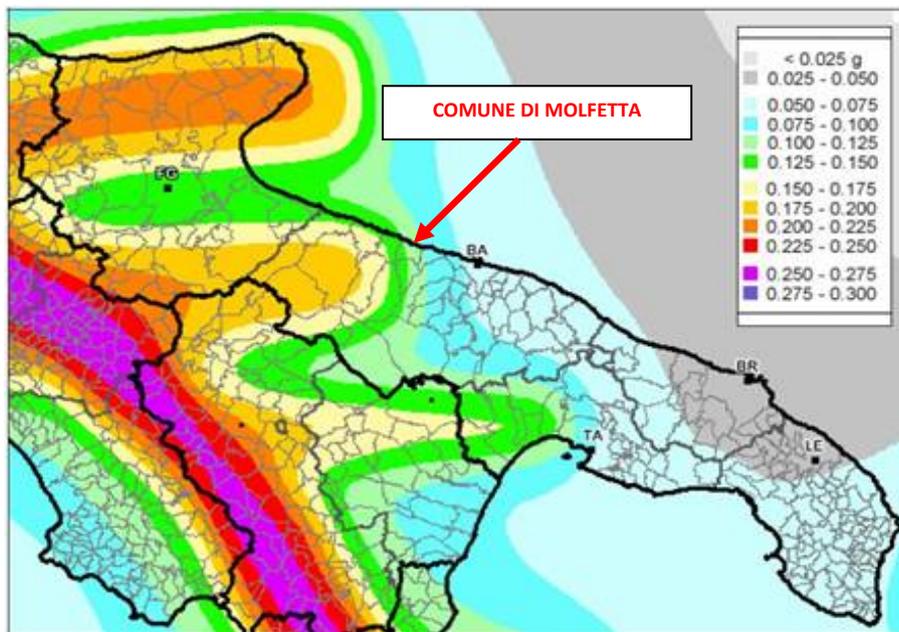


Fig.a - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Ordinanza 3519-06)

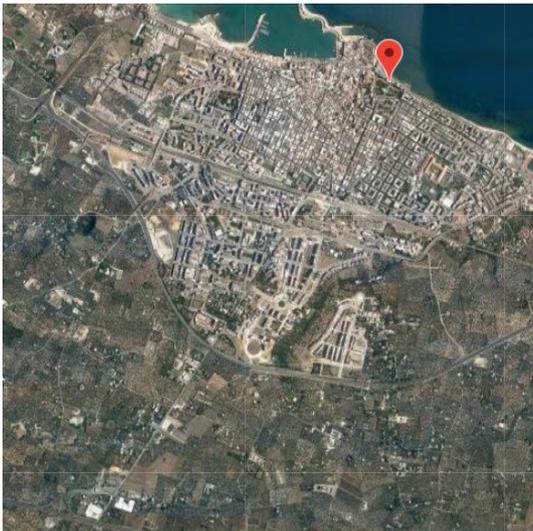
In questo caso il valore del fattore S che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche del sito espressa dalla relazione seguente $S = SS \times ST$ (dove SS è il coefficiente di amplificazione stratigrafica e ST è il coefficiente di amplificazione topografica, opportunamente tabellati nelle NTC 2018) è compreso tra $1 < S < 1.29$.

Per caratterizzare la sismicità del sito in argomento, sono stati presi in considerazione i seguenti fattori:

- il terreno di fondazione è costituito a luoghi da un ammasso calcareo molto fratturato e alterato con inclusioni terrose a luoghi da un deposito calcarenitico mediamente cementato;
- nell'area in esame sono presenti presunte faglie;
- la falda freatica superficiale è presente, nelle zone lungo costa, a partire da 2.0m di profondità e via via sempre più in profondità man mano che si va verso l'entro terra; generalmente nel centro urbano di Molfetta si aggira intorno ai 20m di profondità.

Inoltre, alla luce della recente normativa "Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture" 17 gennaio 2018 (Suppl Ord. G. U. 20.2.2018, n. 8) di seguito si riportano i parametri di pericolosità sismica dell'area in esame, facendo riferimento al punto in cui è stata effettuata la misura sismica **HVSR 02**:

"Villa Comunale"



Latitudine (WGS84)	41.20377764	Longitudine (WGS84)	16.60163694
Latitudine (ED50)	41.205469	Longitudine (ED50)	16.60255
Altitudine (mt)	5		
Classe dell'edificio	II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti		
Vita Nominale Struttura	50		
Periodo di Riferimento per l'azione sismica	50		

Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_o [-]	T_c^* [s]
Operatività	30	0.031	2.464	0.243
Danno	50	0.038	2.505	0.290
Salvaguardia Vita	475	0.108	2.491	0.425
Prevenzione Collasso	975	0.149	2.565	0.423

Secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni del D.M. 17.01.2018 (NTC 18), all. A, l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità di base, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica deve essere compatibile con le NTC, dotata di sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali.

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dai parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

1. " a_g " accelerazione orizzontale massima al terreno;
2. " F_o " valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
3. " T_c^* " periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

7.1 Valutazione dell'azione sismica

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “*pericolosità sismica di base*” del sito di costruzione e costituiscono l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR.

In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al terreno;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

7.2 Individuazione della pericolosità del sito

Le NTC_18 (norme tecniche delle costruzioni) ridefiniscono il concetto di pericolosità sismica di riferimento e di conseguenza sono state ridefinite le azioni sismiche di progetto-verifica.

Tramite il programma sperimentale (Spettri-NTC ver.1.03) è possibile determinare i relativi spettri di risposta, in funzione del sito e del tipo di costruzione, per ciascuno degli stati limite previsti dalla normativa.

La pericolosità sismica è lo strumento di previsione delle azioni sismiche attese in un determinato sito. Può essere definita in termini statistici e/o probabilistici.

Dal punto di vista statistico la severità di un evento sismico è descritta dalle curve di pericolosità. Ogni sito del territorio nazionale è caratterizzato da proprie curve di pericolosità che presentano in ascissa una misura della severità del terremoto come ad esempio accelerazione di picco del terreno o S_e (ordinata della risposta spettrale in accelerazione) ed in ordinata la frequenza media annua di ricorrenza $\lambda=1/Tr$ (Tr è il periodo di ritorno del sisma espresso in anni) in scala logaritmica.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

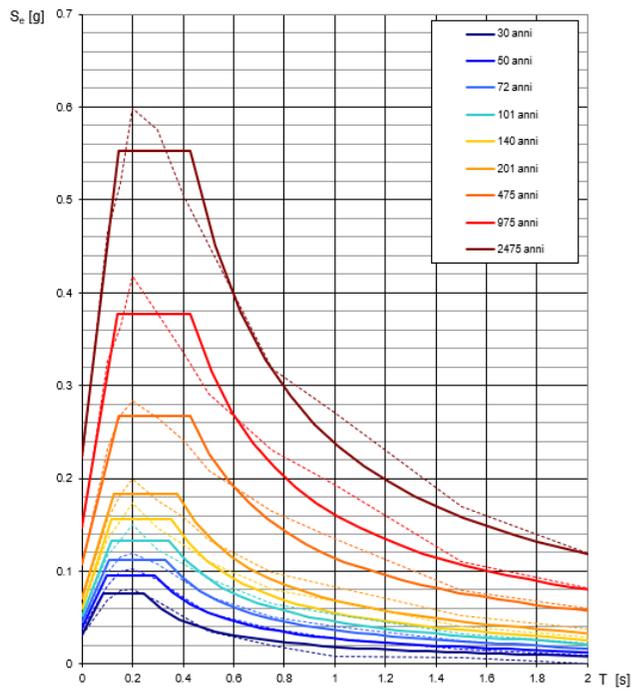
Una volta individuati tutti i parametri geografici (longitudine, latitudine, ecc.) vengono visualizzati i quattro nodi del reticolo che circoscrivono il sito stesso.

I primi dati che si possono rilevare durante questa prima fase sono:

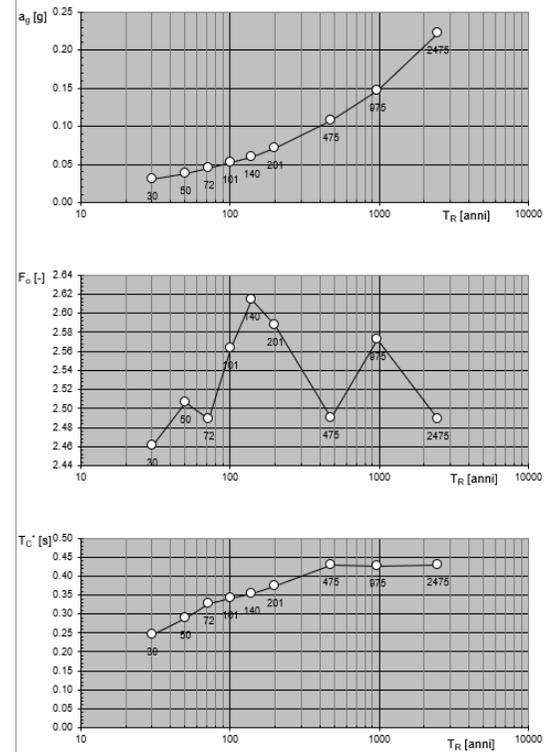
- i grafici degli spettri di risposta ottenuti in corrispondenza di ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1_INGV;
- i grafici che rappresentano la variabilità dei parametri a_g , F_o , T_c^* in funzione di periodo di ritorno T_r .

Infine, segue una tabella riassuntiva dei valori degli stessi parametri a_g , F_o , T_c^* per ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1_INGV.

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0.031	2.461	0.245
50	0.038	2.506	0.289
72	0.045	2.489	0.329
101	0.052	2.563	0.343
140	0.060	2.614	0.354
201	0.071	2.588	0.374
475	0.107	2.490	0.429
975	0.146	2.572	0.427
2475	0.222	2.489	0.430

Strategia di progettazione

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE { SLO - $P_{VR} = 81\%$ info
SLD - $P_{VR} = 63\%$ info

Stati limite ultimi - SLU { SLV - $P_{VR} = 10\%$ info
SLC - $P_{VR} = 5\%$ info

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

Stato Limite	Probabilità di superamento (P_{VR})	Periodo di ritorno (T_R) [anni]
SLO	81%	30
SLD	63%	50
SLV	10%	475
SLC	5%	975

LEGENDA GRAFICO

- Strategie per costruzioni ordinarie
- Strategie scelte

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

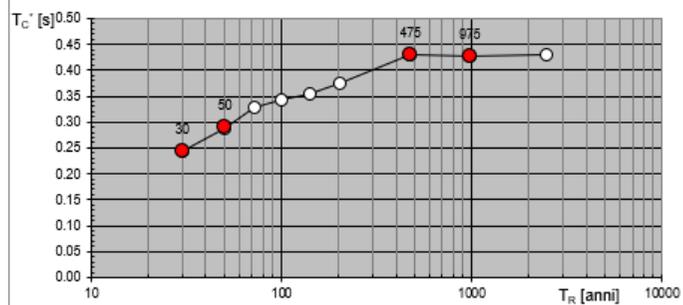
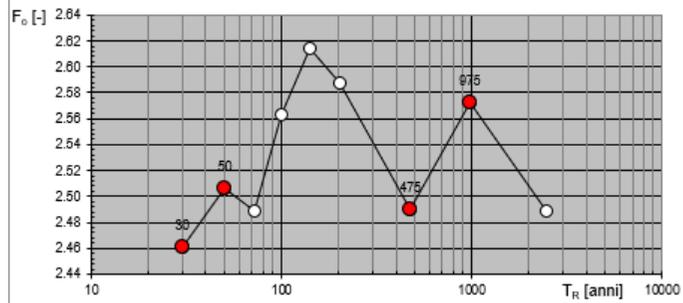
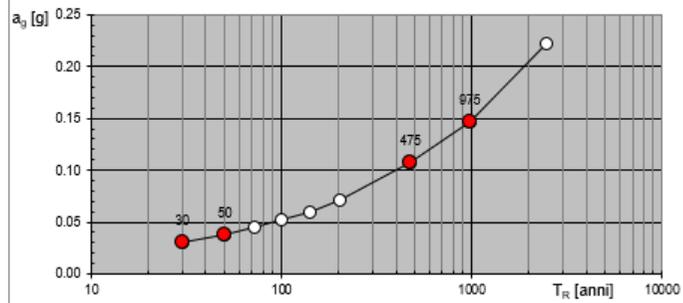
Nel nostro caso consideriamo una struttura con vita nominale V_n pari a 50 anni ed appartenenti alla classe d'uso II, a cui pertanto corrisponde un coefficiente d'uso della costruzione $C_u=1.0$.

In base a tali valori viene determinato il periodo di riferimento per le costruzioni V_r che risulta in questo caso pari a 50 anni.

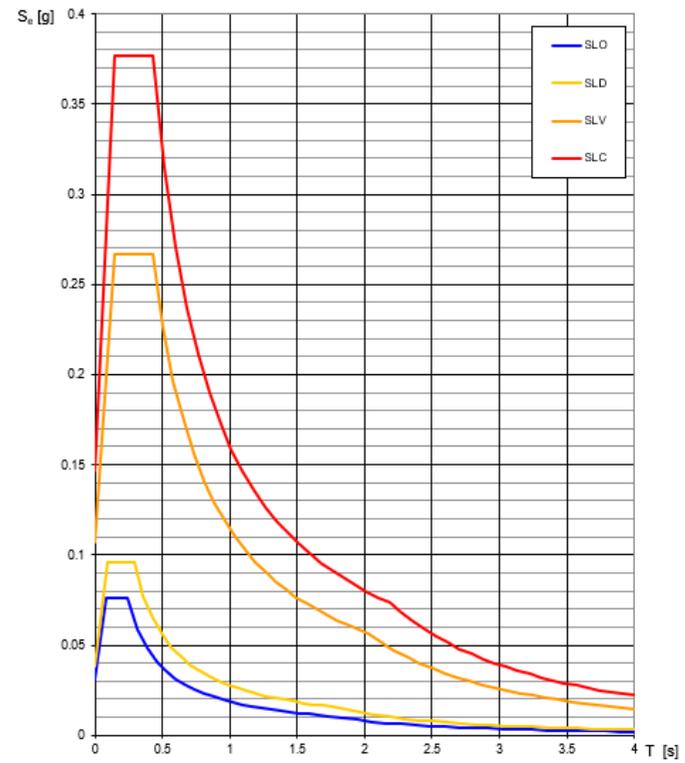
Sono quindi calcolati i valori dei periodi di ritorno corrispondenti alle probabilità di superamento per i quattro stati limite previsti dalle NTC_18.

I dati in uscita in questa fase rappresentano una selezione effettuata sui dati ottenuti nella fase precedente in corrispondenza dei valori previsti per il periodo di ritorno dei quattro stati limite considerati.

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritorno



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.031	2.461	0.245
SLD	50	0.038	2.506	0.289
SLV	475	0.107	2.490	0.429
SLC	975	0.146	2.572	0.427

8 DEFINIZIONE DELLE UNITA' LITOTECNICHE

Nella seguente trattazione geotecnica si farà riferimento alle principali caratteristiche meccaniche relative ai terreni che insistono nel sottosuolo in corrispondenza dei luoghi in cui verranno realizzate le opere in oggetto, all'interno del centro urbano e dell'abitato di Molfetta (Ba).

Infatti dal rilevamento geologico e dai risultati delle indagini indirette svolte in sito, in tutto il territorio in esame, al di sotto della copertura di materiale di riporto che generalmente è presente in tutta la zona urbana, avente spessore compreso tra 1.0m e 2.0m, i litotipi che saranno interessati dall'intervento sono:

- Depositi alluvionali di spessore entro i 2.0m ;
- Depositi calcareintici (Tufi delle Murge) aventi spessore massimo di 7-8m;
- Ammasso calcareo (Calcere di Bari) presenti a partire dal p.i. e caratterizzato da elevatissima potenza .

Laddove, il terreno di fondazione è costituito da un ammasso calcareo fratturato e alterato con locali inclusioni terrose, per la classificazione dello stesso, facendo riferimento a parametri di letteratura, si è proceduto utilizzando la classificazione dell'ammasso calcareo secondo l'RMR System (Rock Mass Rating System – Bienawsky 1973) che utilizza i seguenti parametri:

1. RQD (Rock qualità designation), cioè il rapporto fra la sommatoria delle carote di lunghezza superiore a 10cm e la lunghezza totale del tratto analizzato (espresso in %); dato è stato attribuito sulla base dei dati acquisiti su perforazioni su rocce simili e delle informazioni rilevabili nello scavo;
2. Spaziatura delle discontinuità;
3. Condizioni delle discontinuità;
4. Condizioni Idrogeologiche;
5. Resistenza alla compressione monoassiale.

è possibile assegnando un punteggio all'ammasso in base ai valori dei parametri riportati in tabella definire lo stato dell'ammasso e dunque di stabilirne i valori della Coesione c e dell'Angolo di attrito ϕ .

Per l'ammasso calcareo che insiste nel sottosuolo in esame, appartenente alla Formazione del "Calcere di Bari" che è ritenuto come terreno di fondazione, è possibile prendere in considerazione i seguenti parametri geotecnici:

→ Peso di volume	$\gamma=2.0 - 2.20\text{g/cm}^3$
→ Angolo di attrito	$\phi=32^\circ - 35^\circ$
→ Coesione dell'ammasso	$c=290 - 300\text{KPa}$

DESCRIZIONE AMMASSO	FOTO AMMASSO	
Ammasso calcareo fratturato e alterato con inclusioni terrose		
CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO (Rock Mass Rating SYSTEM)		
PARAMETRO	VALORE	PUNTEGGIO
RESIST. ALLA COMPRESS. IONE MONOASSIALE DEL MATERIALE INTATTO (Mpa)	25-50	4
RQD (%)	<25	3
SPAZIATURA DELLE DISCONTINUITA' (metri)	0,06-0,2	8
CONDIZIONI DELLE DISCONTINUITA'	Superficie molto ruvida, non continua, senza separazione, pareti inalterate	30
CONDIZIONI GENERALI DI UMIDITA'	Completamente Asciutto	15
INDICI CORRETTIVI PER L'ORIENTAMENTO DELLE DISCONTINUITA'	Molto favorevole	0
	PUNTEGGIO TOTALE	60
CLASSI DELL'AMMASSO IN BASE AL PUNTEGGIO (Beniawski, 1973)		VALORI DA FORMULA
CLASSIFICAZIONE AMMASSO	DISCRETO	
COESIONE (kPa)	200-300	300
ANGOLO DI ATTRITO (°)	25°- 35°	35

Laddove, il terreno di fondazione è costituito da un deposito calcarenitico mediamente cementato, per la classificazione dello stesso, facendo riferimento a parametri di letteratura, si è proceduto utilizzando la classificazione dell'ammasso calcareo secondo l'RMR System (Rock Mass Rating System – Bienawsky 1973) che utilizza i seguenti parametri:

6. RQD (Rock qualità designation), cioè il rapporto fra la sommatoria delle carote di lunghezza superiore a 10cm e la lunghezza totale del tratto analizzato (espresso in %); dato è stato attribuito sulla base dei dati acquisiti su perforazioni su rocce simili e delle informazioni rilevabili nello scavo;
7. Spaziatura delle discontinuità;
8. Condizioni delle discontinuità;
9. Condizioni Idrogeologiche;

10. Resistenza alla compressione monoassiale.

è possibile assegnando un punteggio all'ammasso in base ai valori dei parametri riportati in tabella definire lo stato dell'ammasso e dunque di stabilirne i valori della Coesione c e dell'Angolo di attrito ϕ .

Per l'ammasso calcareo che insiste nel sottosuolo in esame, appartenente alla Formazione del "Tufi delle Murge" che è ritenuto come terreno di fondazione, è possibile prendere in considerazione i seguenti parametri geotecnici:

- Peso di volume $\gamma=1.8 - 2.00\text{g/cm}^3$
- Angolo di attrito $\phi=30^\circ - 32^\circ$
- Coesione dell'ammasso $c=260 - 280\text{KPa}$

DESCRIZIONE AMMASSO	FOTO AMMASSO	
Ammasso calcarenitico mediamente cementato		
CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO (Rock Mass Rating SYSTEM)		
PARAMETRO	VALORE	PUNTEGGIO
RESIST. ALLA COMPRESS. IONE MONOASSIALE DEL MATERIALE INTATTO (Mpa)	25-50	4
RQD (%)	<25	3
SPAZIATURA DELLE DISCONTINUITA' (metri)	0,06-0,2	8
CONDIZIONI DELLE DISCONTINUITA'	Superficie molto ruvida, non continua, senza separazione, pareti inalterate	30
CONDIZIONI GENERALI DI UMIDITA'	Completamente Asciutto	15
INDICI CORRETTIVI PER L'ORIENTAMENTO DELLE DISCONTINUITA'	Indifferente	-7
	PUNTEGGIO TOTALE	53
CLASSI DELL'AMMASSO IN BASE AL PUNTEGGIO (Beniawski, 1973)		VALORI DA FORMULA
CLASSIFICAZIONE AMMASSO	DISCRETO	
COESIONE (kPa)	200-300	265
ANGOLO DI ATTRITO (°)	25° - 35°	31.5

Laddove, il terreno di fondazione è costituito da un deposito sabbioso limoso, appartenente ai “**Depositi alluvionali**”, si riportano di seguito i parametri dedotti dalla letteratura

- Peso di volume $\gamma=1.5 - 1.70\text{g/cm}^3$
- Angolo di attrito $\phi=21^\circ - 23^\circ$
- Coesione dell’ammasso $c=0.00\text{KPa}$

Infine, poiché come già detto, la maggior parte del territorio in esame, ricade in zona urbana e dunque si ipotizza la presenza di **materiale di riporto** avente spessore compreso tra 1.0m e 2.0m si riporta di seguito anche la parametrizzazione dello stesso:

- Peso di volume $\gamma=1.3 - 1.60\text{g/cm}^3$
- Angolo di attrito $\phi=15^\circ - 20^\circ$
- Coesione del deposito $c=0.00\text{KPa}$

8.1 Modello Geologico-tecnico

Considerata l’estensione del territorio in esame e le profondità coinvolte negli scavi previsti di seguito si riportano i probabili modelli geologico-tecnici

Riporto (da 0.0m a 2.0m)	$\gamma=1.3 - 1.60\text{g/cm}^3$ $\phi=15^\circ - 20^\circ$ $c=0.00\text{KPa}$
Depositi alluvionali (da 1.0m a 2.0m)	$\gamma=1.5 - 1.70\text{g/cm}^3$ $\phi=21^\circ - 23^\circ$ $c=0.00\text{KPa}$

Riporto (da 0.0m a 2.0m)	$\gamma=1.3 - 1.60\text{g/cm}^3$ $\phi=15^\circ - 20^\circ$ $c=0.00\text{KPa}$
Calcareniti (da 1.0m a 8.0m)	$\gamma=1.8 - 2.00\text{g/cm}^3$ $\phi=30^\circ - 32^\circ$ $c=260 - 280\text{KPa}$

Riporto (da 0.0m a 2.0m)	$\gamma=1.3 - 1.60\text{g/cm}^3$ $\phi=15^\circ - 20^\circ$ $c=0.00\text{KPa}$
Calcare (da 1.0m in poi)	$\gamma=2.0 - 2.20\text{g/cm}^3$ $\phi=32^\circ - 35^\circ$ $c=290 - 300\text{KPa}$

9 STABILITA' DEL VERSANTE

Le risultanze dello studio geologico eseguito hanno evidenziato per la maggior parte del territorio interessato dalle opere la presenza di un ammasso calcarenitico mediamente cementato e di un ammasso calcareo fratturato e alterato ed una pendenza dell'area esaminata piuttosto blanda; questi fattori conferiscono al versante impegnato dall'opera in progetto fattori di sicurezza ampiamente superiori a quelli previsti dalle norme e pertanto non si ritiene necessario procedere all'analisi numerica della verifica di stabilità dello stesso versante.

10 INTERFERENZE DELLE OPERE CON IL PAI PUGLIA E INDICAZIONI

Dall'analisi della cartografia dell'AdB Puglia e come riportato nello stralcio di **Tav. EG_05_01**, risulta che l'area in esame ricade in vari punti in un'area a bassa, media ed alta pericolosità idraulica. Pertanto è necessario che le opere in progetto siano coerenti con quanto previsto dagli artt. 7, 8 e 9 delle NTA dell'AdB Puglia.

Si sottolinea, inoltre che ai sensi della legge regionale (Regione Puglia) n. 19/13 art. 4 l'attribuzione del parere tecnico dell'AdB è di competenza degli uffici tecnici comunali limitatamente agli interventi di cui:

- a. al comma 6 dell'articolo 6;
- b. al comma 1, lettere e), f), g), h), i), dell'articolo 7;
- c. al comma 1, lettere e), f), g), h), i), dell'articolo 8;
- d. al comma 1 dell'articolo 9;
- e. al comma 1, lettere d), e), f,) dell'articolo 13;
- f. al comma 1, lettera a), dell'articolo 14;
- g. al comma 1 dell'articolo 15, salvo che il Comune interessato non richieda l'adempimento alla stessa AdB, allegando all'istanza adeguata motivazione.

11 CONCLUSIONI

I dati raccolti dalla bibliografia esistente ed il rilevamento geologico nonché le indagini geognostiche indirette appositamente eseguite, hanno fornito il supporto necessario per la definizione dei lineamenti geologici caratterizzanti l'area in esame ai sensi delle NTC 2018.

Il modello geologico descritto ha infatti ben rappresentato "le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, geologico strutturali e idrogeologiche, con particolare riguardo alla genesi delle forme e dei processi, dei diversi litotipi, dell'ambiente deposizionale, degli stili tettonici e geologico-strutturali dell'area.

L'area che interessa il progetto in oggetto, dal punto di vista litologico è caratterizzata dalla presenza del substrato calcareo fratturato e alterato su cui nelle zone più depresse si sono depositi successivamente i depositi tufacei, entrambi i litotipi sono stati successivamente incisi da solchi erosivi delle lame in cui si verifica occasionalmente il deflusso, verso mare o verso aree morfologicamente depresse, delle acque di scorrimento superficiale, entro cui si sono depositi materiali terrosi sabbioso limosi.

Per la composizione geologico-litologica del sottosuolo non prevede la presenza di una falda superficiale mentre è presente lungo costa la falda di ingressione marina su cui galleggia quella carsica.

L'indagine sismica preposta per la stima della categoria di suolo di fondazione ha permesso di classificare il sottosuolo in esame nelle aree in cui risulta in affioramento l'ammasso calcareo e/o sottoposto a copertura di materiale di riporto nella categoria "A", nelle aree in cui risulta in affioramento l'ammasso calcareonitico e/o sottoposto a copertura di materiale di riporto nella categoria "B", (NTC2018).

Dalla consultazione del Web-Gis del PPTR della Regione Puglia risulta che, poiché l'area in esame riguarda tutto il centro urbano e parte dell'abitato del Comune di Molfetta, sono presenti varie perimetrazioni paesaggistiche essenzialmente legate alle **Componenti Idrologiche** per quanto riguarda le "Aree costiere", i "Fiumi e torrenti, acque pubbliche" e i "Reticoli idrografici di connessione", alle **Componenti Geomorfologiche** per quanto riguarda le "Aree e le gravine" e le "Grotte" e alle **Componenti culturali ed insediative** per quanto riguarda le "Zone di interesse archeologico" le "Aree di rispetto archeologico" e la "Città consolidata".

Dall'analisi della cartografia dell'AdB Distrettuale dell'Appennino Meridionale sede della Puglia e come riportato nello stralcio di **Tav. 4**, risulta che l'area in esame ricade in vari punti in un'area a bassa, media ed alta pericolosità idraulica. Pertanto è necessario che le opere in progetto siano coerenti con quanto previsto dagli artt. 7, 8 e 9 delle NTA dell'AdB Puglia.

Infine, considerate le profondità di scavo, gli stessi si effettueranno per la maggior parte nell'ambito del materiale di riporto, dato che saranno effettuati per lo più nel centro urbano e/o lungo le strade esistenti e non intercetteranno alcuna falda poiché la stessa, nei luoghi più vicini alla costa, staziona ad una profondità di 2.0m.