



Comune di Molfetta
settore territorio

**PIANO PARTICOLAREGGIATO DELLA MAGLIA DEL P.R.G.C.
COMPRESA TRA VIA G. BRUNO, C.SO V. FORNARI, VIA TERLIZZI
LINEA FERROVIARIA**



tavola



Relazione geologica, geomorfologica
idrogeologica e geotecnica

Il Sindaco
avv. Antonio Azzollini

Il Dirigente Settore Territorio "ad interim"
ing. Enzo BALDUCCI

Molfetta, ottobre 2012



Comune di Molfetta
settore territorio

**PIANO PARTICOLAREGGIATO DELLA MAGLIA DEL P.R.G.C.
COMPRESA TRA VIA G. BRUNO, C.SO V. FORNARI, VIA TERLIZZI
LINEA FERROVIARIA**



tavola



Relazione geologica, geomorfologica
idrogeologica e geotecnica

(ex art. 89 DPR 6 giugno 2001 n. 380)

Il Sindaco
avv. Antonio Azzollini

Il Dirigente Settore Territorio "ad interim"
ing. Enzo BALDUCCI

Premessa

Su incarico conferito a chi scrive dall'**Amministrazione Comunale**, è stato redatto il seguente studio geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico generale sui terreni in cui insistono i terreni interessati dal **Progetto di Piano Particolareggiato della maglia del PRGC compresa tra Via G. Bruno, C.so V. Fornari, Via Terlizzi e la linea ferroviaria Bari-Bologna** di seguito denominata “maglia mercato”, nel Comune di **Molfetta**.

Il presente studio è stato redatto sia in conformità del D.M. 11/03/1988 e successive variazioni e modificazioni, sia a quanto dettato dal Regolamento Edilizio della variante al P.R.G.C., art. 36 “Interventi di lottizzazioni”, punto H1 dell’Allegato che prevede lo studio geologico.

L’area ricade nella tav. **IV SE** del **F° 177** della Carta Topografica d’Italia ed è posta a quote variabili da **+ 18.00 m. a + 26.00 m. s.l.m.**

La **maglia mercato** è ubicata nella zona di ponente del centro abitato del Comune di Molfetta ed è compresa tra le vie G. Bruno, V. Fornari, la provinciale per Terlizzi, la ferrovia Bari-Bologna e la strada vicinale Sedelle.

La superficie netta di piano è di circa 91.000 mq.

Il presente studio riveste un carattere generale; per ogni singolo “manufatto” andranno eseguite indagini di tipo diretto ed indiretto per l’approfondimento delle conoscenze geomeccaniche dei terreni interessati dalle fondazioni.

Si riportano inoltre le risultanze di un’indagine geoelettrica e microsismica condotta da chi scrive in corrispondenza delle palazzine n. 6-7-8- e 9, già realizzate nel Comparto 7A. Inoltre è stata eseguita una indagine microsismica in corrispondenza della ex area mercato, l’unica libera.

Le infrastrutture di cui all’oggetto si inseriranno in un contesto paesaggistico-ambientale non assoggettato dal vincolo paesaggistico e idrogeologico e né tanto meno rientrano nelle aree a rischio esondazione di cui all’approvato PAI, per cui la costruzione dei manufatti di cui all’oggetto non creerà interferenze negative con l’ambiente circostante e né implementa situazioni di rischio.

Il Comune di Molfetta con Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 è stato classificato come zona sismica di bassa categoria ($Z = 3$) per cui particolare attenzione è stata rivolta anche a tale aspetto.

Per le finalità di cui all’oggetto sono stati effettuati numerosi sopralluoghi nel sito in epigrafe con raccolta dati e rilevamento geologico di dettaglio, inoltre sono state visionate le foto aeree della zona.

1. Riferimenti Normativi e Legislazione

Il presente studio è stato redatto in conformità al **D.M. 11/03/1988** *“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 programmazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre ed opere di fondazione”* e successive variazioni e modificazioni. In riferimento al comma H.1 *“Fattibilità geotecnica di opere su grandi aree”* al punto a) si riporta *“Nuovi insediamenti Urbani o Civili o Industriali”*. In particolare gli studi geologici e geotecnici devono accertare le condizioni di stabilità dei pendii, i possibili fenomeni di subsidenza prodotti da modifiche del regime delle acque superficiali e profonde nonché alla caratterizzazione del territorio, per la ricerca dei parametri di progetto in accordo con quanto previsto dalle Norme Sismiche.

Lo studio risponde a quanto dettato dal Regolamento Edilizio della variante al P.R.G.C., art. 36 *“Interventi di lottizzazioni”*, punto H1 dell’Allegato che prevede lo studio geologico.

Inoltre lo studio è conforme alla **L. 64/74**, in cui all’ art. 13 (*Parere delle sezioni a competenza statale degli uffici del genio civile sugli strumenti urbanistici*) si riporta: *“Tutti i comuni nei quali sono applicabili le norme di cui al titolo II della presente legge e quelli di cui al precedente art. 2, devono richiedere il parere delle sezioni a competenza statale del competente ufficio del genio civile sugli strumenti urbanistici generali e particolareggiati prima della delibera di adozione nonché sulle lottizzazioni convenzionate prima della delibera di approvazione, e loro varianti ai fini della verifica della compatibilità delle rispettive previsioni con le condizioni geomorfologiche del territorio”*.

Infine risponde anche a quanto dettato dal **DPR 6 giugno 2001 n. 380**, in cui all’art. 89 è riportato: *“Tutti i comuni nei quali sono applicabili le norme di cui alla presente sezione e quelli di cui all’art. 61, devono richiedere il parere del competente ufficio tecnico regionale sugli strumenti urbanistici generali e particolareggiati prima della delibera di adozione nonché sulle lottizzazioni convenzionate prima della delibera di approvazione, e loro varianti ai fini della verifica della compatibilità delle rispettive previsioni con le condizioni geomorfologiche del territorio”*.

2. Ubicazione dell’area e caratteristiche progettuali

La **maglia mercato** è ubicata nella zona di ponente del centro abitato del Comune di Molfetta ed è compresa tra le vie G. Bruno, V. Fornari, la provinciale per Terlizzi, la ferrovia Bari-Bologna e la strada vicinale Sedelle.

La superficie netta di piano è di circa 91.000 mq.

Tutti i fabbricati saranno costituiti da piano interrato con destinazione box.

La maglia è stata suddivisa in comparti edificatori.

In particolare nei comparti A1-A2-A3 verranno realizzate n. 2 palazzine (PT+4P) e n. 1 palazzina di dimensioni più ridotte (PT+2P).

Nei comparti A4-A5-A6 n. 2 palazzine (PT+2P), n. 1 palazzina (PT+4P) e n. 3 palazzine (Pilotis+3P).

Infine nel comparto 7A saranno costruite n. 5 palazzine (PT+4P).

È prevista la sistemazione della vecchia area mercatale con realizzazione di un doppio piano interrato da destinare a parcheggi pubblici, con sovrastante piazza di aggregazione sociale.

Nelle tavole si riportano:

- Stralcio fotogrammetrico (TAV. 1);
- Stralcio di PRGC (TAV. 2);
- Stralcio catastale (TAV. 3);
- Sistemazione urbanistica (TAV. 4);
- Planimetria comparti e skyline (TAVV. 5A-5B-5C);
- Pianta piano terra della piazza (TAV. 6).

Come inquadramento, la maglia mercato è caratterizzato dalle seguenti coordinate geografiche medie:

- 41°11'53.10" latitudine Nord;
- 16°35'31.06" longitudine Est.

UTM 33 T

- 4561966.45 m Nord;
- 633485.42 m Est.

Nella figura che segue si riporta l'ortofoto con l'individuazione dell'area perimetrale della "maglia mercato".



PERMETRAZIONE P.P.

TAV. 1: STRALCIO FOTOGAMMETRICO DELLA MAGLIA "MERCATO"


















TAV 2: STRALCIO DI PRGC

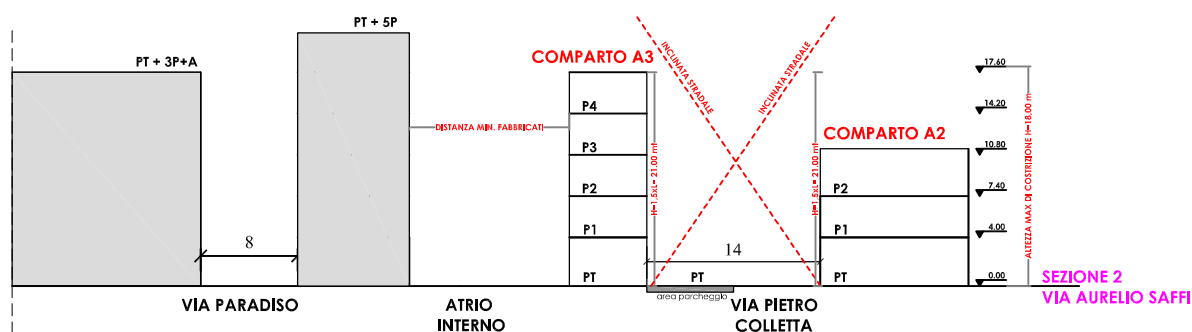
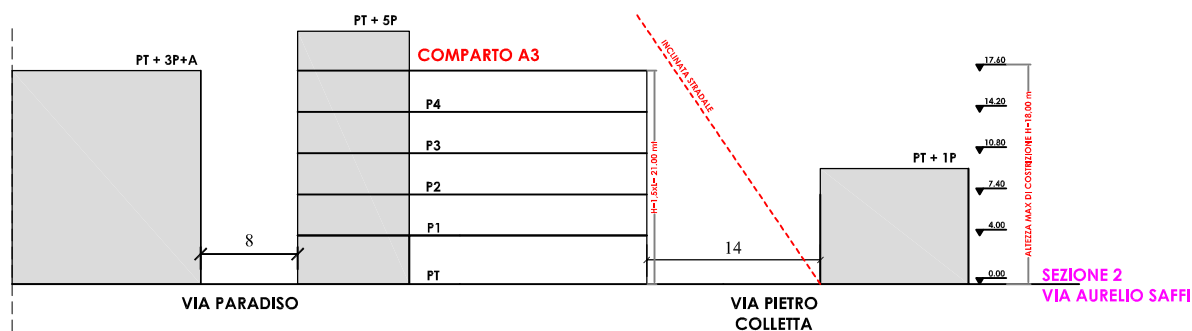
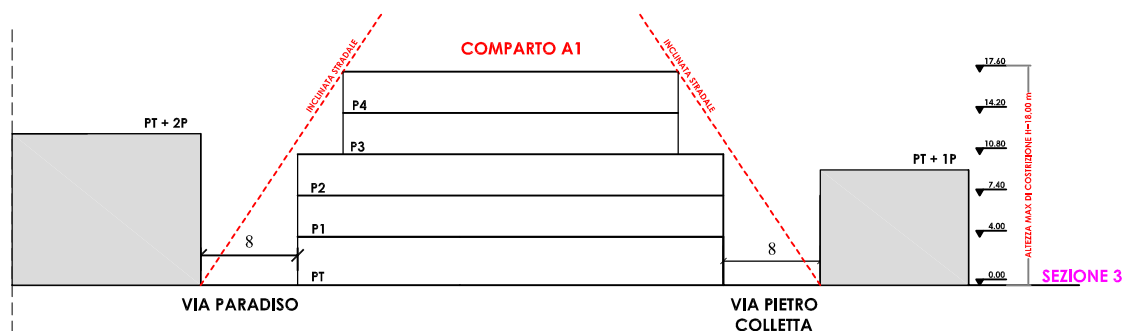
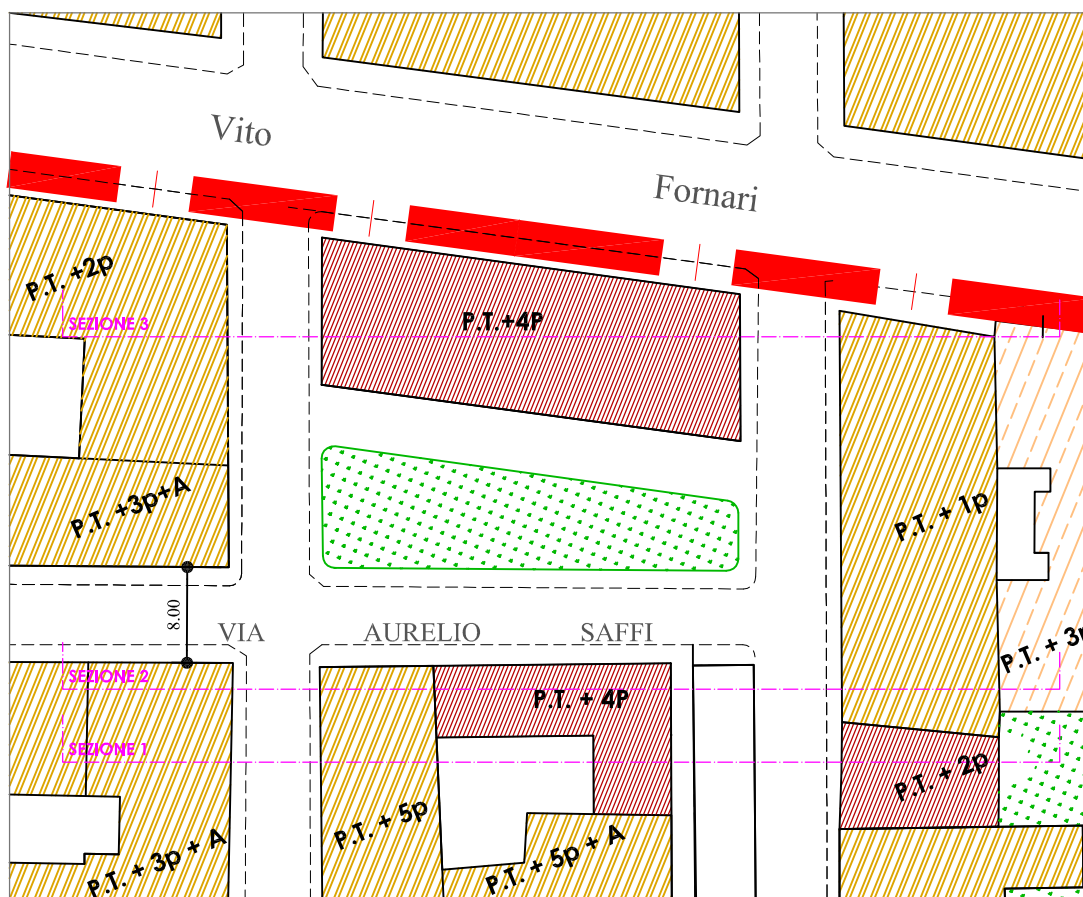
PERIMETRAZIONE DEL P.P. DA P.R.G.



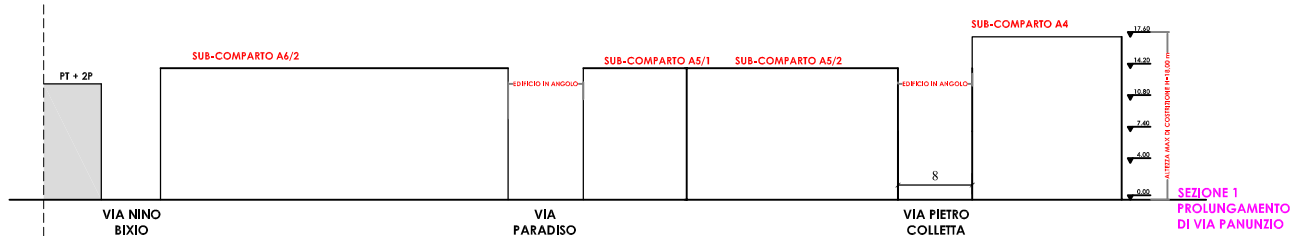
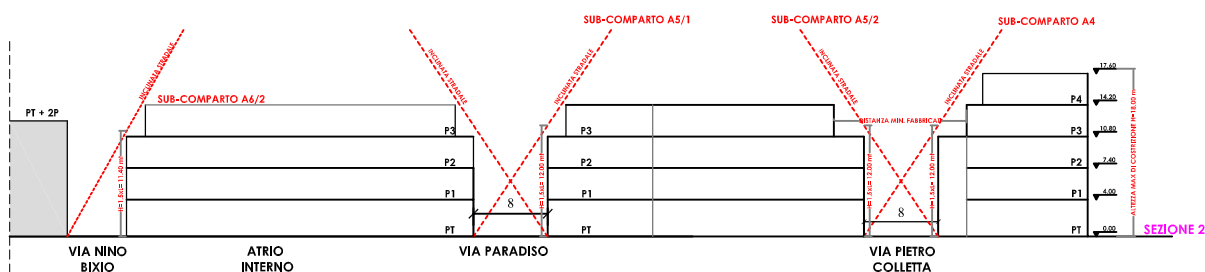
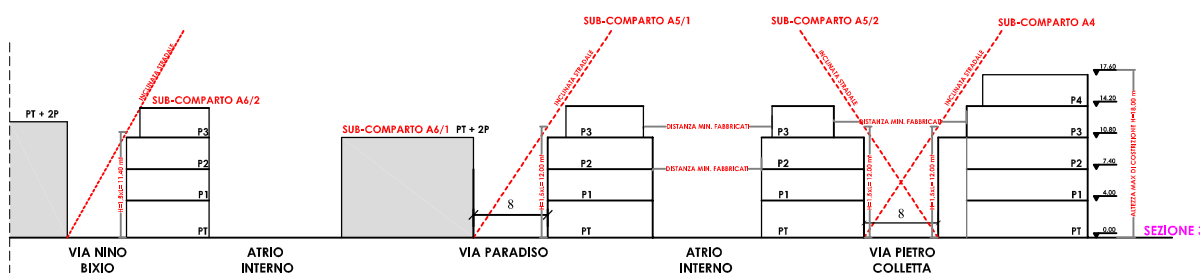
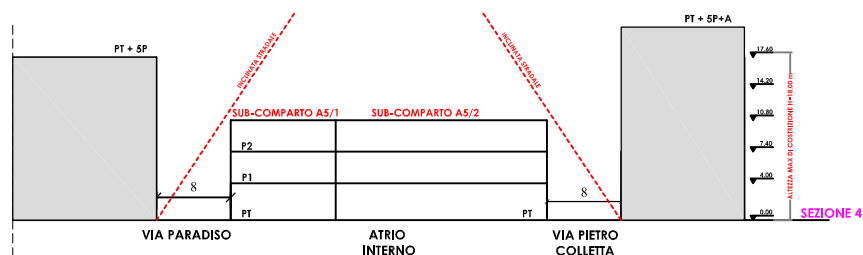
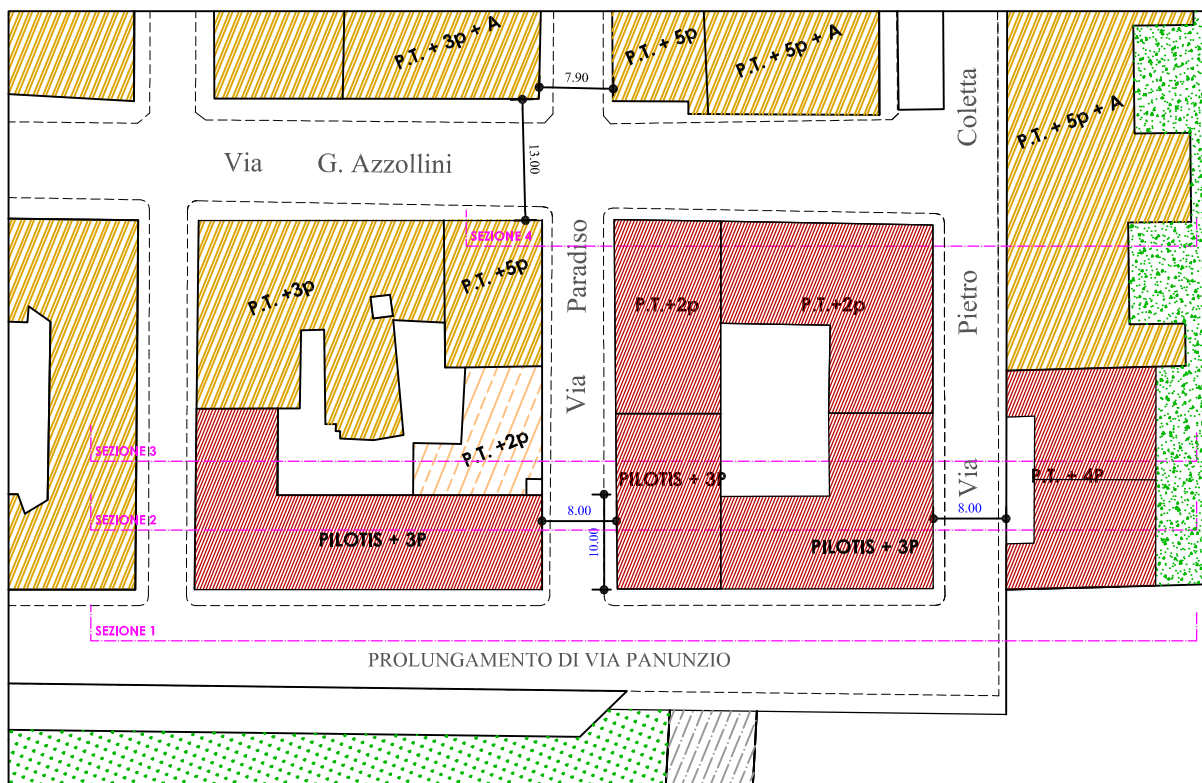
LEGENDA

- | | |
|---|--|
|  | PERMUTAZIONE PP. |
|  | EDIFICI ESISTENTI |
|  | EDIFICI REALIZZATI |
|  | EDIFICI DA REALIZZARE |
|  | EDIFICI PUBBLICI |
|  | VERDE PUBBLICO ATTREZZATO |
|  | VERDE PRIVATO |
|  | CONFESSO PAROCCHIALE SALESMANI |
|  | ALTEZZA FABBRICATI RILEVATA
DA P.P. DECADUTO (TAV. 4) |
|  | ALTEZZA FABBRICATI REALIZZATI |
|  | LIMITI A METRI DALLA LINEA VERDE/VALMA |
|  | PARCHEGGI PUBBLICI A RISO |
|  | DISTANZE FRONTI FABBRICATO |
|  | QUOTA ATTIMENTICA RILEVATA
DA AEROFOTOGRAFICO |
|  | QUOTA ATTIMENTICA
RILEVATA DA P.P. DECADUTO (TAV. 4) |

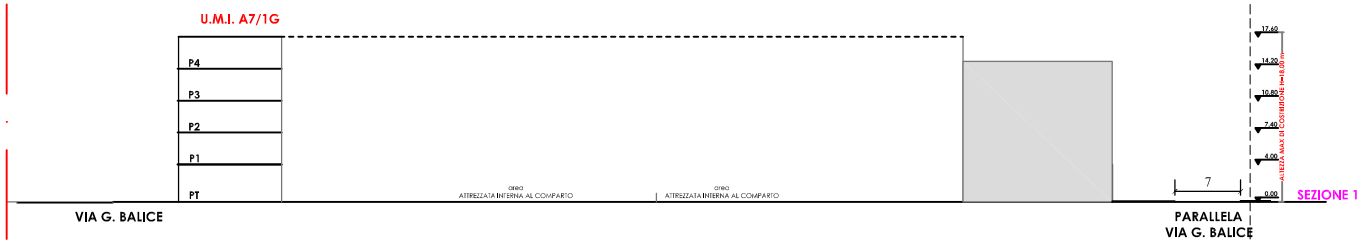
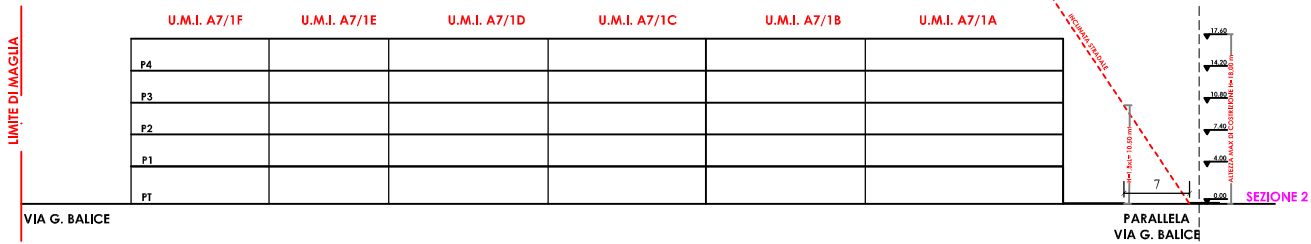
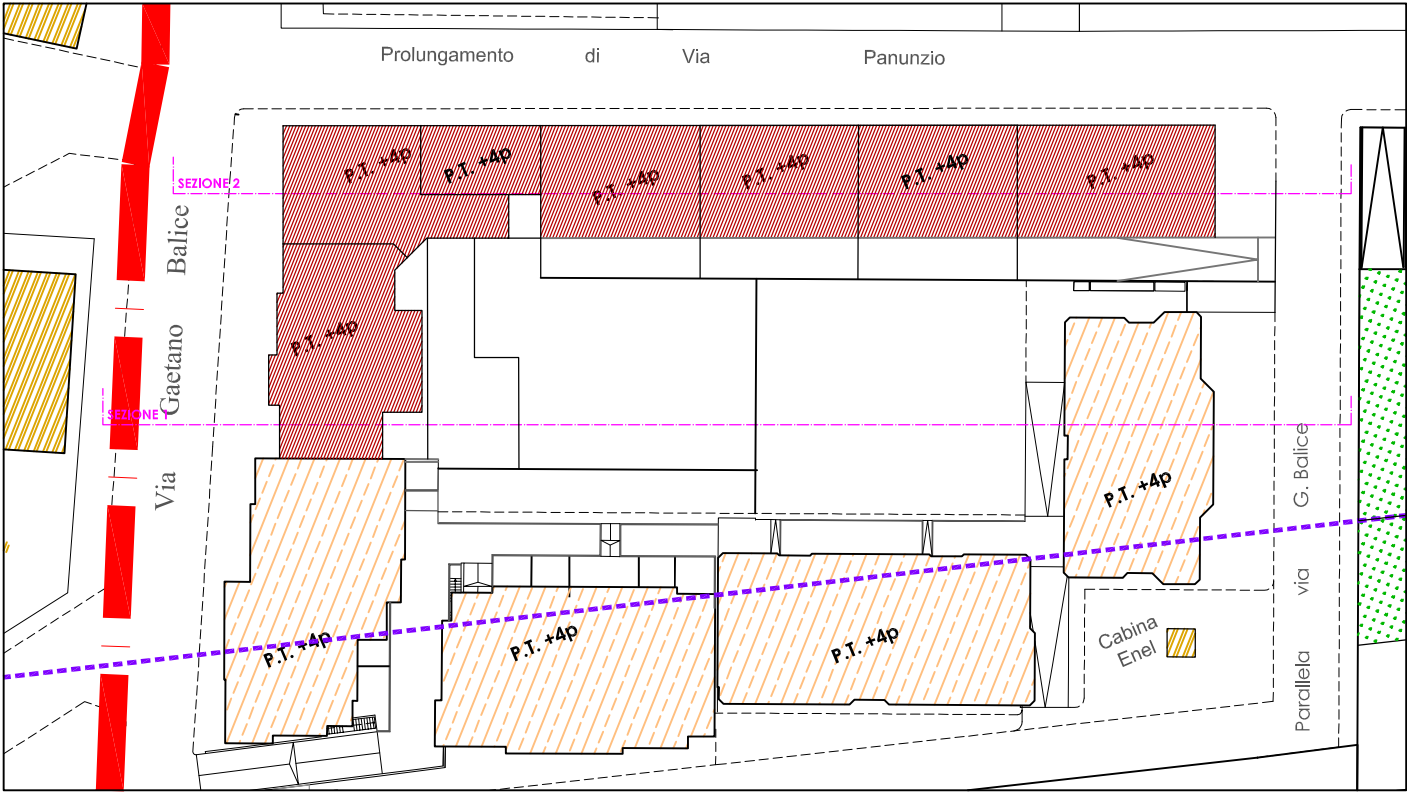
TAV 5A: PLANIMETRIA COMPARTI A1-A2-A3 E SKYLINE



TAV 5B: PLANIMETRIA COMPARTI A4-A5-A6 E SKYLINE



TAV 5C: PLANIMETRIA COMPARTO 7A E SKYLINE



TAV 6: PIANTA PIANO TERRA DELLA PIAZZA

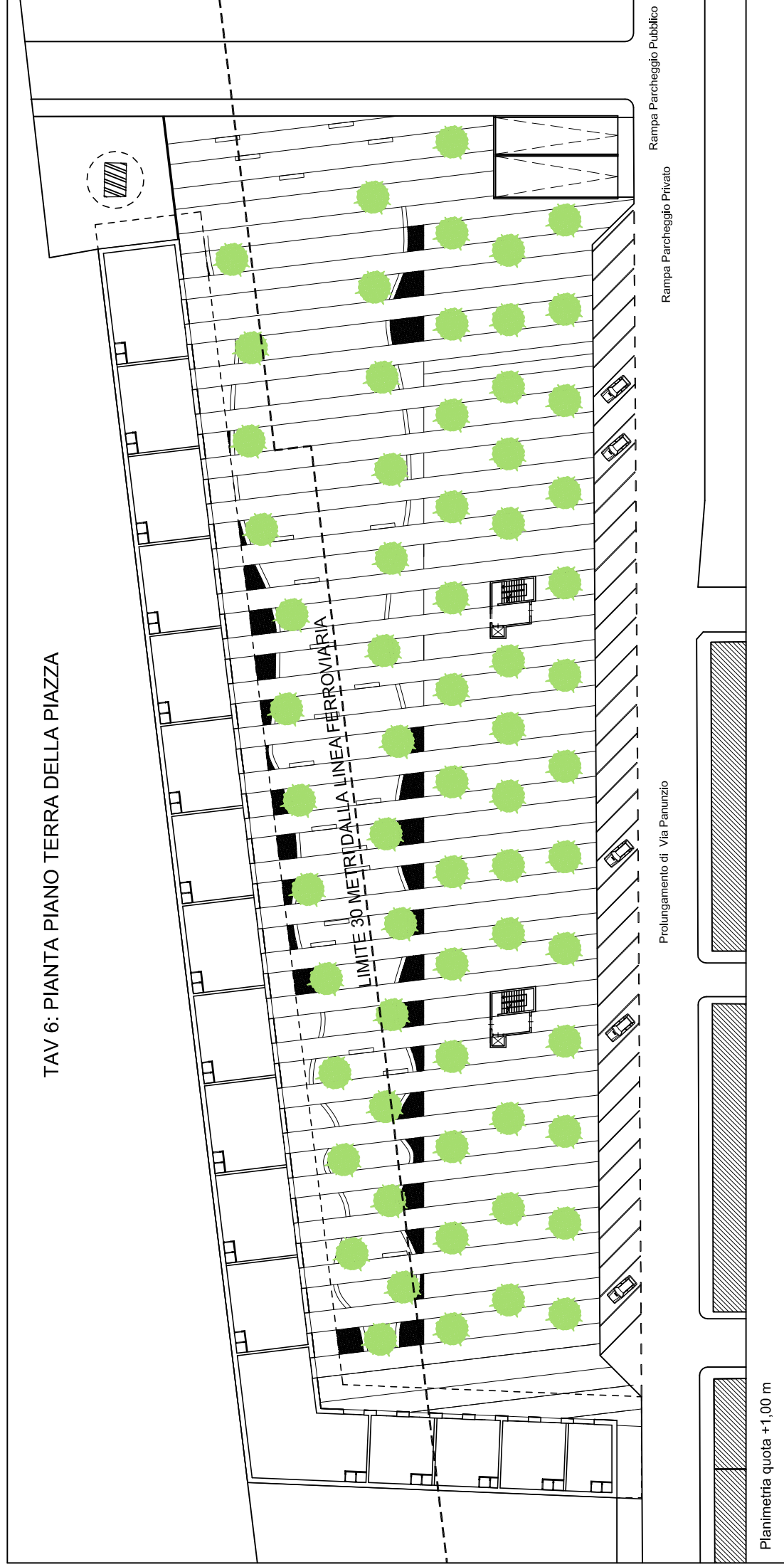


Fig. 1: Ortofoto

3. Caratteri geomorfologici

L'area in oggetto, ubicata nella zona di ponente del Comune di **Molfetta**, è caratterizzata generalmente dall'affioramento di rocce carbonatiche di età Cretacea, il **“Calcarea di Bari”**. Localmente, la serie calcarea è costituita da un'alternanza monotona di strati calcarei bianco-grigiastri e subordinatamente da calcari dolomitici di colore grigio-avana, dello spessore variabile da qualche decimetro fino al metro, a tessitura omogenea, di norma tenaci e compatti. A tratti, nell'ambito di ciascuno strato sono evidenti veli argillosi di terra bruno-rossastra. La roccia mostra di aver subito, in passato, modeste sollecitazioni di compressione e di trazione che non hanno sconvolto l'originaria tessitura e struttura tabulare. Sono presenti talora, con mancanza assoluta di continuità areale, come materiale di interstrato o come riempimento di microcavità e fratture, modesti depositi di argille verdastre e sedimenti calcarenitici dotati di discreti caratteri di compressibilità. A luoghi, gli strati si distinguono per l'interposizione di livelli millimetrici di materiale detritico a differente colorazione ed imputabile ad apporti diversificati e leggere variazioni sinsedimentarie delle caratteristiche microambientali. La continuità spaziale degli strati viene interrotta dalla presenza di piani di fratturazione ad andamento subverticale e a differente orientazione. Sul terreno si evidenziano almeno due sistemi principali di fratturazione. Le caratteristiche di tali superfici (persistenza, spaziatura, orientazione ecc.) sono elementi geometrici

fortemente variabili da zona a zona. Tali piani, unitamente ai giunti di strato, suddividono la roccia in poliedri grossolanamente irregolari che, formando vie preferenziali per l'acqua, hanno favorito l'esplicarsi del fenomeno carsico epigeo ed ipogeo. L'acqua con la sua azione ha compromesso le porzioni più superficiali, già fratturate, realizzando, in concentrazioni modeste, lembi terroso-argillosi verdastri che possono svilupparsi anche in profondità, interessando maggiori porzioni rocciose. E' da porre in essere come talora i calcari, a seguito dell'intervento combinato dell'alterazione chimica, della dissoluzione carsica, della microtettonica, possano risultare intensamente fratturati e con caratteristiche geomeccaniche non confacenti ai materiali lapidei. Inoltre, nella zona, stante la natura carsica dei terreni, non si esclude la presenza di soluzioni verticali a minor continuità (capivento, fratture imbutiformi, ecc.). L'andamento generale degli strati calcarei è **N50W** con immersione a NE di pochi gradi; inoltre in adiacenza sono evidenti piccoli salti di pendenza dell'ordine di 60 – 70 cm ascrivibili a paleo terrazzi marini.. La stratificazione, fitta nelle parti alte (con strati dell'ordine del decimetro, le “chiancarelle”) si fa più importante con l'aumentare della profondità (si riscontrano "mani" superiori al metro).

L'area posta più ad ovest della maglia mercato, comprendente le palazzine 6-7-8- e 9 di cui lo scrivente ne ha curato le indagini e le rispettive relazioni geologiche e geotecniche è caratterizzata dalla presenza di una depressione allungata circa N-S, che si spinge fino alla chiesa di San Giuseppe e riempita da materiale alluvionale.

Schematicamente la situazione riscontrata si riporta nella figura 2 che segue.

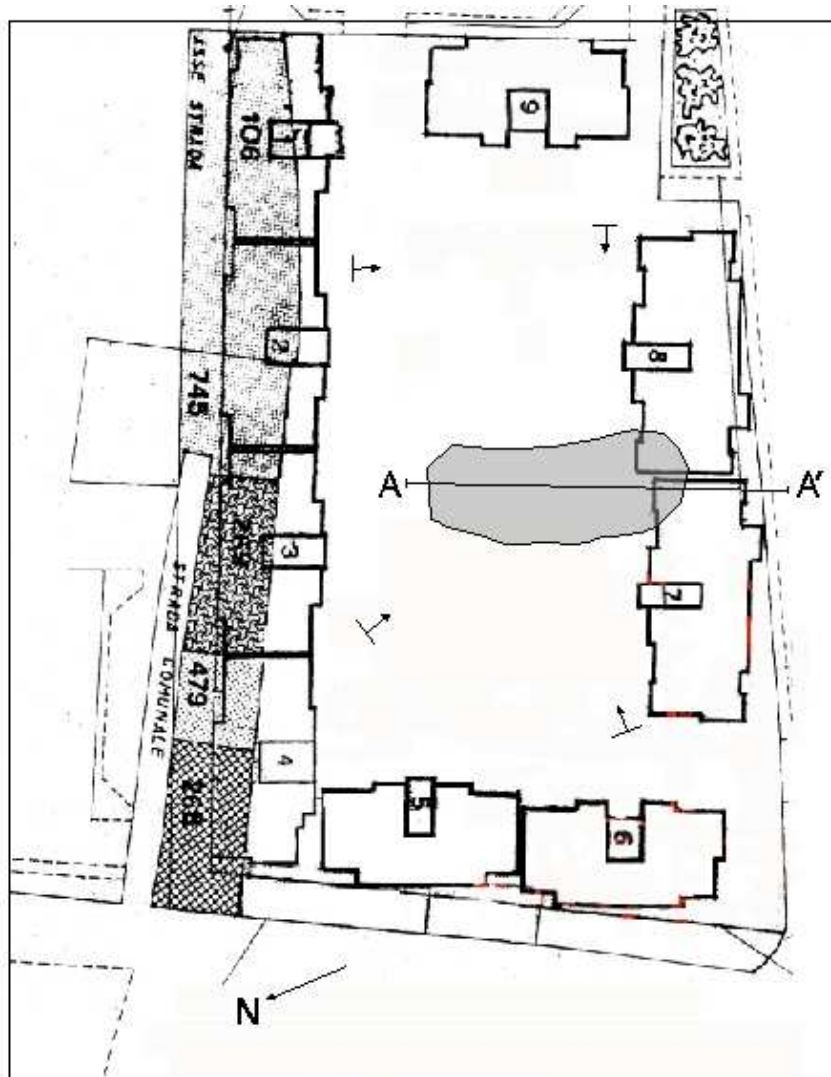


Fig. 2: Situazione litostutturale



Da notizie storiche sembra che la chiesa di San Giuseppe sia stata realizzata con strutture fondali profonde (pali di fondazione) che si spingono fino a circa 20.0 m dall'attuale piano stradale, per cui grande attenzione andrà riposta in fase di esecuzione delle opere attraverso indagini dirette ed indirette di tipo geognostico.

Morfologicamente la zona, nel complesso, degrada dolcemente verso l'attuale linea di costa. Essa si presenta come un tipico territorio interessato dal processo carsico e quindi con l'alternanza di dossi (corrispondenti a cerniere di anticlinali), intervallati a forme più depresse ("lame"), e per l'affioramento, in talune aree, di terreni agrari rossastri.

Tettonicamente la zona si presenta a struttura tabulare. L'andamento generale degli strati si configura come una monoclinale immergente a nord-ovest, solo a tratti complicata da deboli episodi plicativi e disgiuntivi.

Idrologicamente la falda freatica di tipo carsico, circolante a luoghi in pressione, sostenuta da acque salate di ingressione marina è confinata a profondità tali da non interferire con le strutture in progetto (nella zona la profondità minimo di rinvenimento dell'acquifero è di almeno 20.0 m dal p.c.). Stante la permeabilità per fratturazione presentata dai calcari cretacei e per la mancanza di strati francamente impermeabili, non esistono i presupposti per l'esistenza di falde superficiali sospese che possano interferire con le strutture in progetto.

In riferimento alle caratteristiche geologiche dell'area si riportano:

- carta litologica (TAV. 7);
- carta della permeabilità (TAV. 8);
- sezione geolitologica schematica e colonna litostratigrafica locale (TAV. 9).

4. Rapporti con gli strumenti programmatori e di pianificazione

PUTT

La maglia mercato ricade nell'ambito dei Territori Costruiti (TAV. 10) per cui non trovano applicazione le NTA del PUTT/P.

PAI

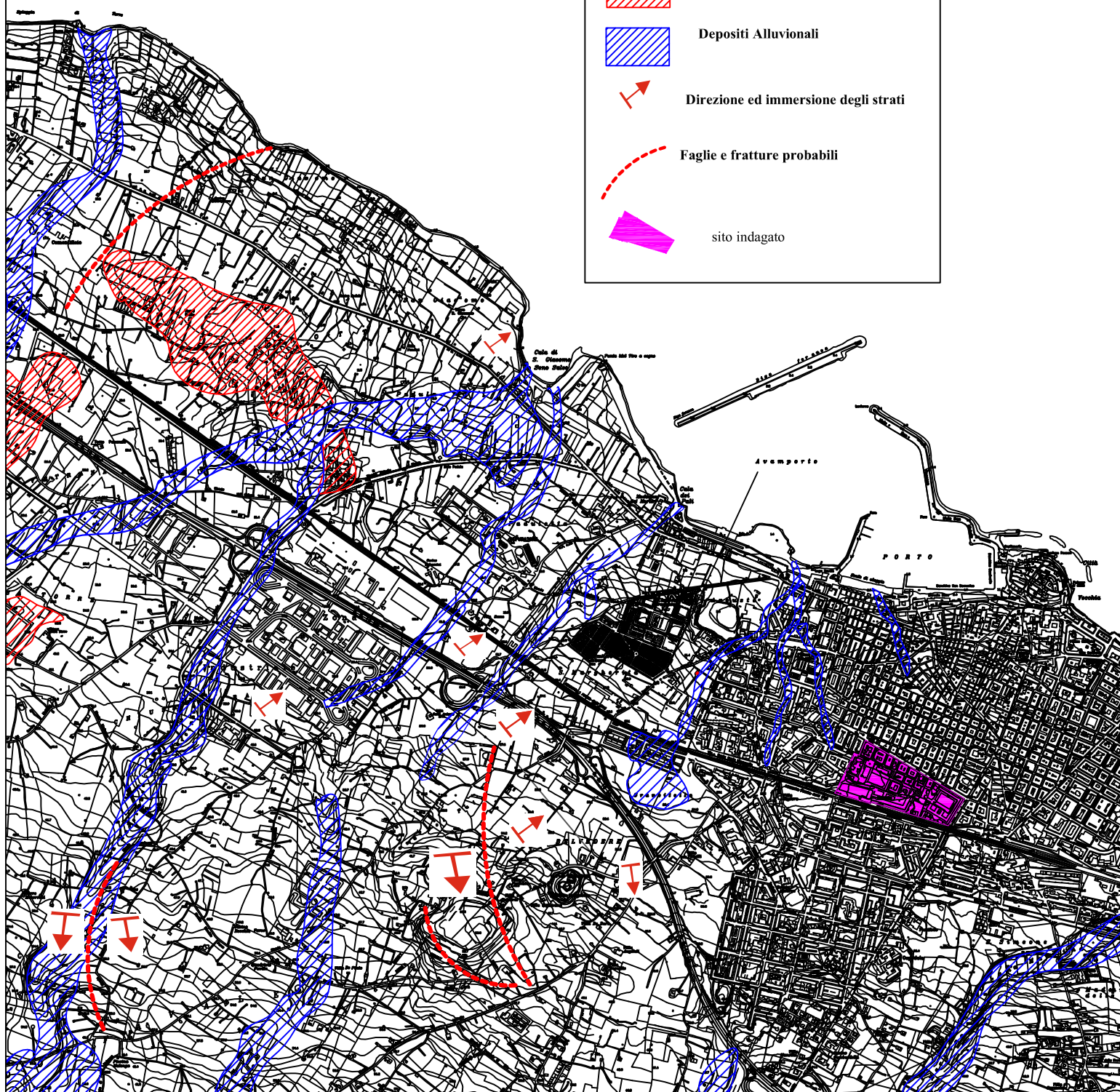
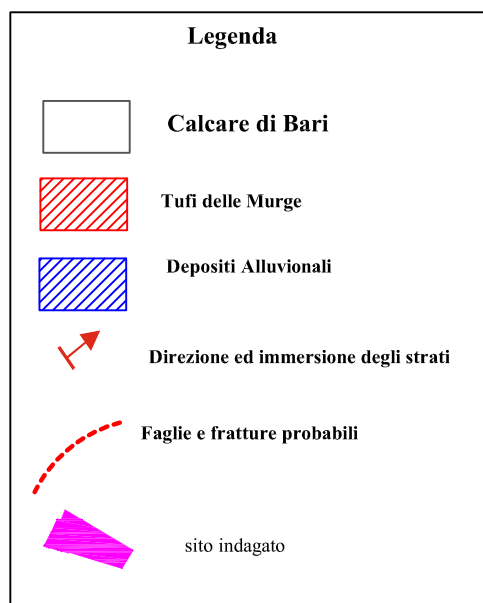
Per quel che riguarda il Piano di Bacino Stralcio per l' Assetto Idrogeologico, adottato in data 15.12.2004 dalla Regione Puglia e regolarmente approvato, la “maglia mercato” non rientra in ambiti perimetrati come zone a rischio di alluvionamento. Nella tavola che segue si riporta uno stralcio della cartografia del PAI, da dove si evince l'insussistenza di vincoli di alluvionamento.

Il Comitato Istituzionale dell'AdB in data 20/04/2009 nella seduta n. 11 ha deliberato “di approvare la modifica della perimetrazione delle aree del territorio comunale di Molfetta comprese fra l'autostrada A14 e la costa, consistente nella modifica di alcune aree ad Alta Pericolosità Idraulica (AP) e nell'inserimento di nuove aree ad Alta (AP), Media (MP) e Bassa (BP) Pericolosità Idraulica”.

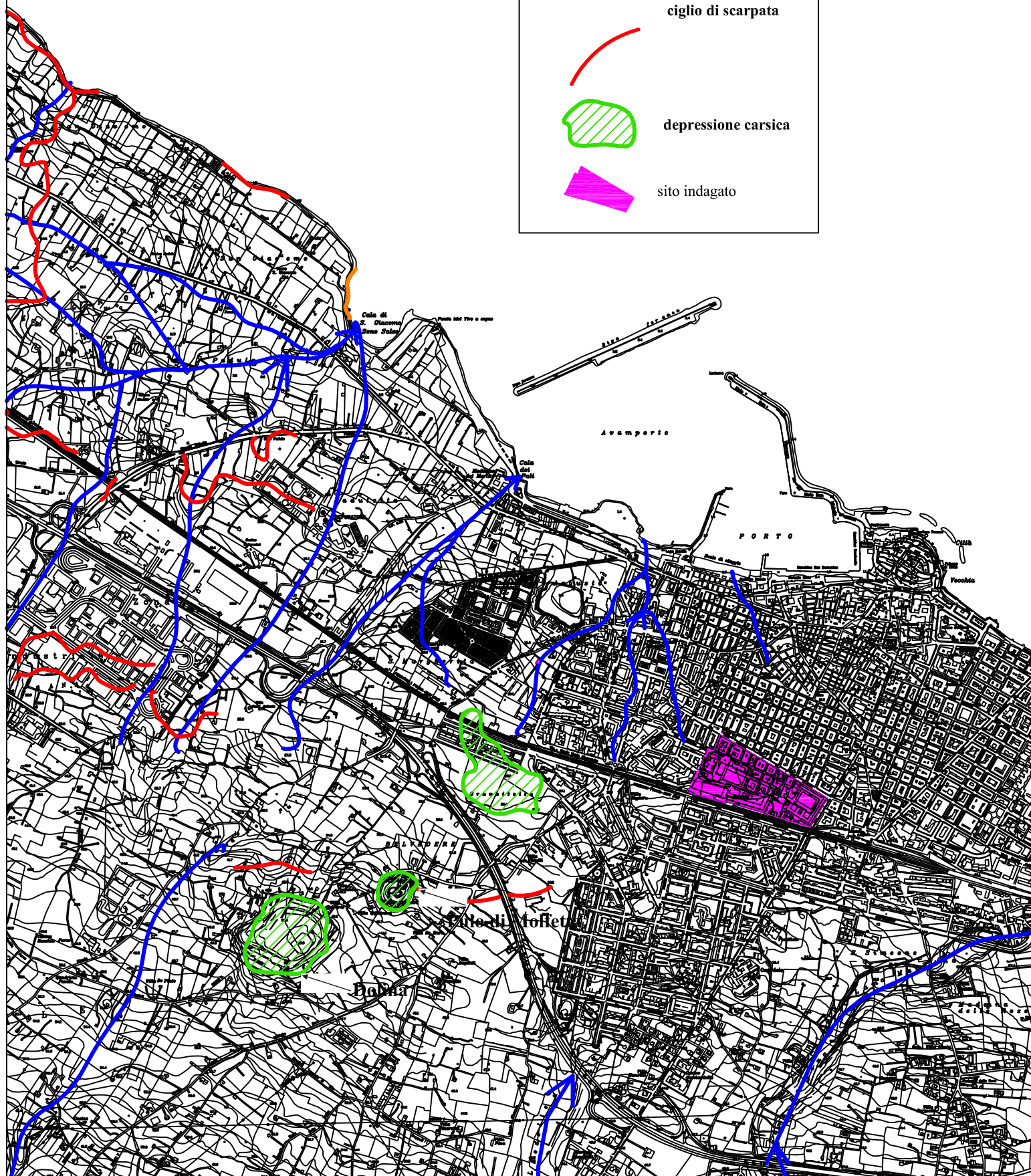
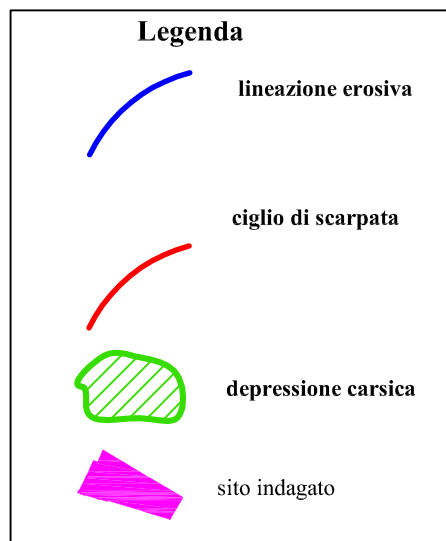
L'area è situata a circa 300 m dalle aree a potenzialità di allagamento dall'AdB (TAV. 11).

Si riporta lo stralcio del reticolo idrografico da cui si evince l'estraneità dell'area a “corsi d'acqua”.

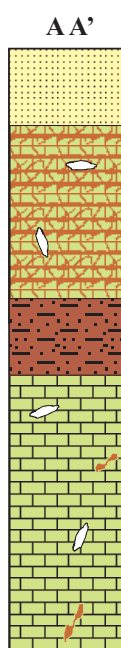
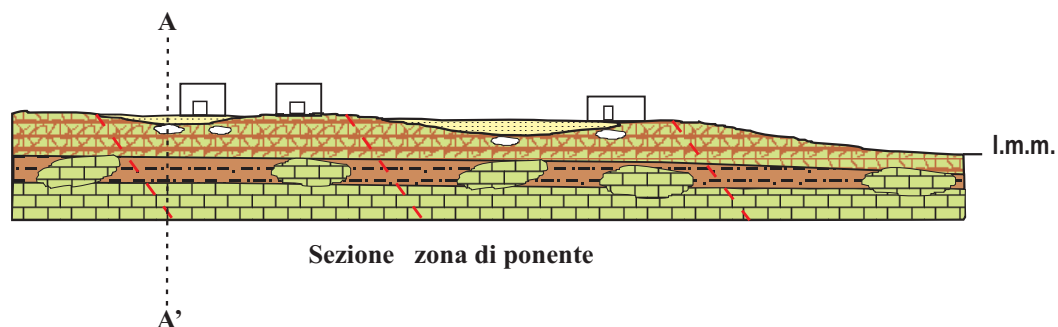
TAV. 7 :CARTA GEOLOGICA



TAV. 8: CARTA GEOMORFOLOGICA



**TAV. 9: Situazione geologica e stratigrafica del Comune di Molfetta (Ba)
Zona di Ponente**



LEGENDA



Depositi marini terrazzati, in facies calcarenitica (tufi delle Murge)



Deposito di terre rosse prodotto di alterazione dei calcari (calcare di Bari)



Calcari fratturati alternati a terre rosse (calcare di Bari)



Calcari (calcare di Bari)



cavità



Depositi confinati di terre rosse



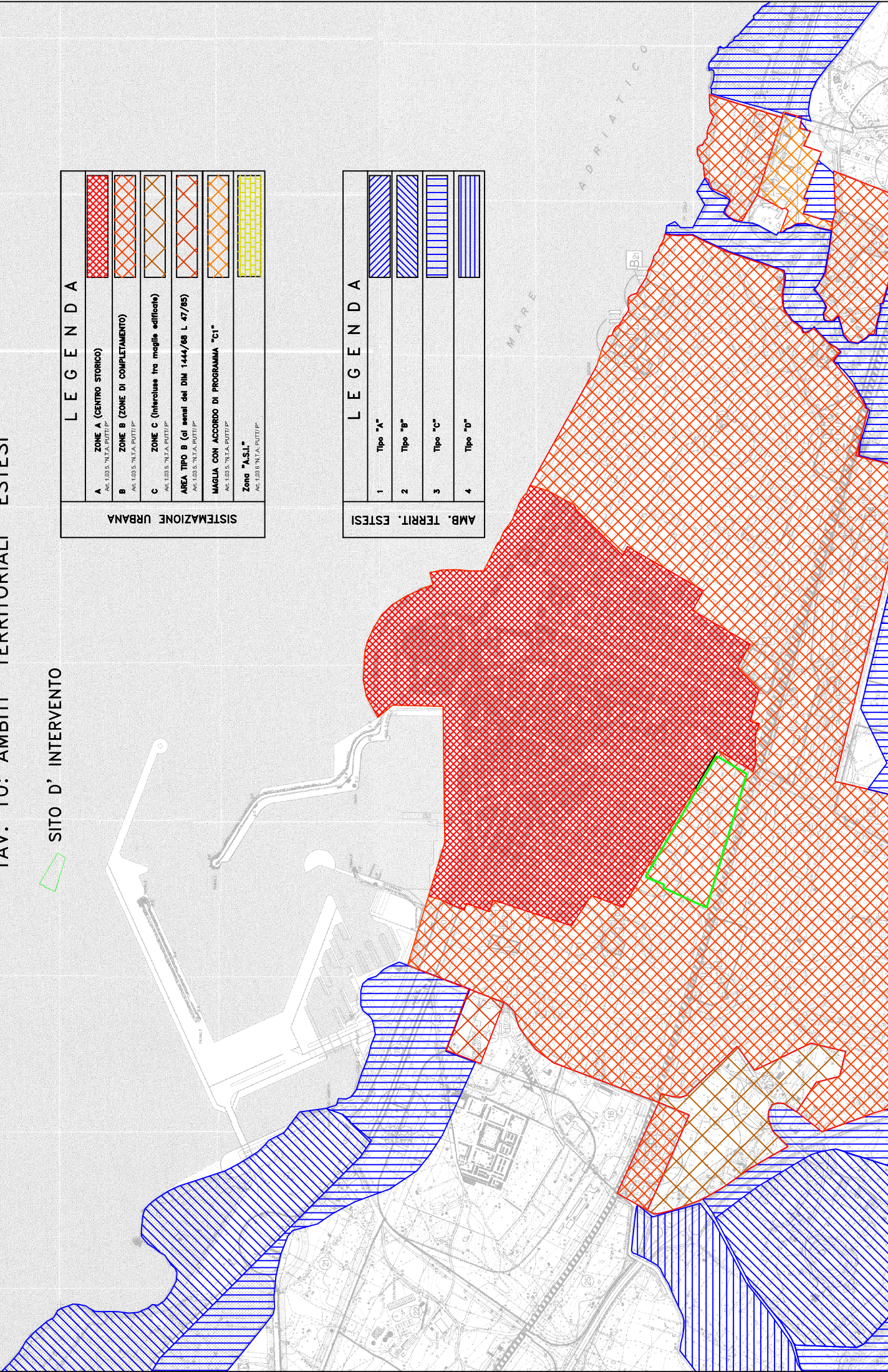
Faglia diretta presunta

TAV. 10: AMBITI TERRITORIALI ESTESI

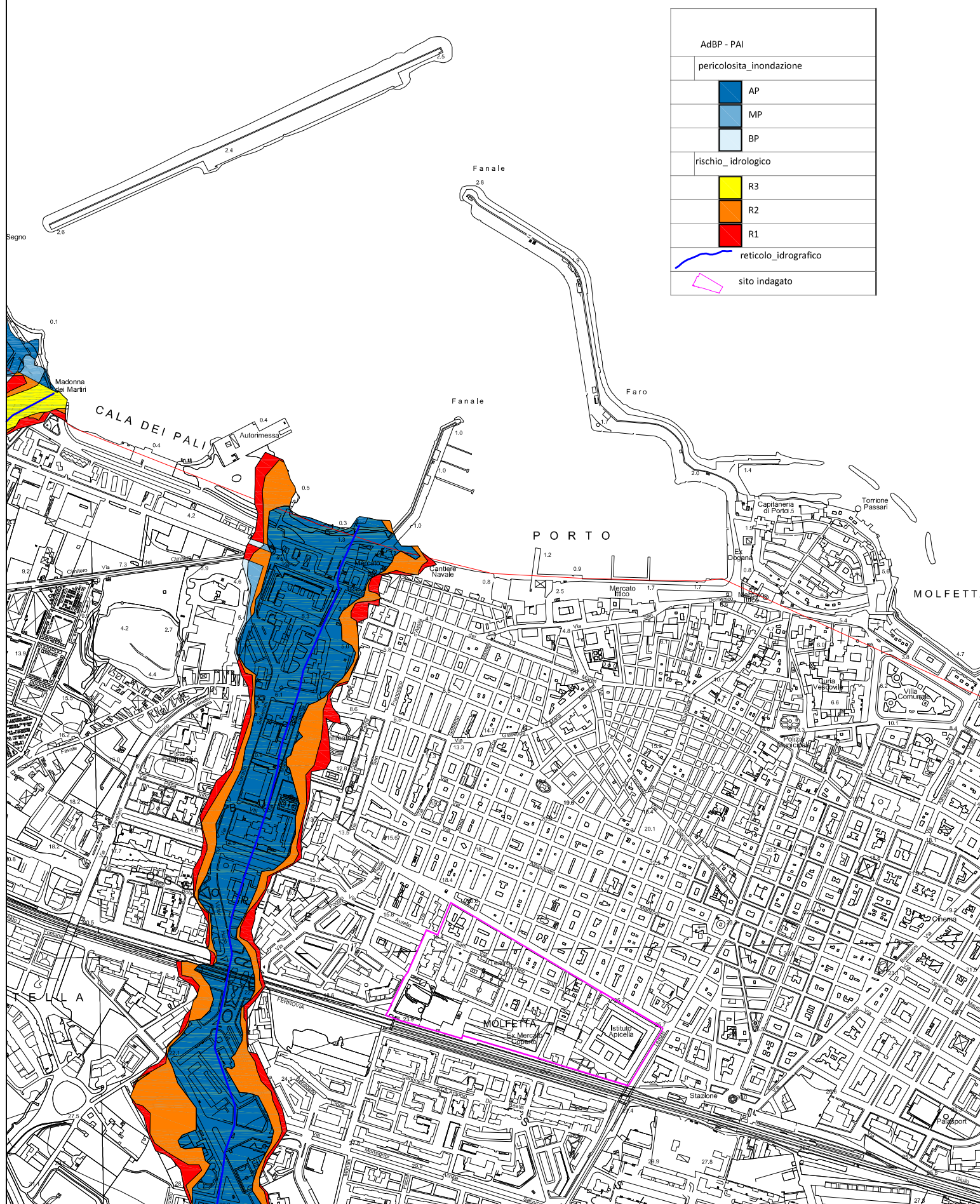
SITO D' INTERVENTO

SISTEMAZIONE URBANA		LEGENDA
A	ZONE A (CENTRO STORICO) Art. 103.5 "NTA PUTI/P"	
B	ZONE B (ZONE DI COMPLEMENTO) Art. 103.5 "NTA PUTI/P"	
C	ZONE C (interclusa tra maglie edificate) Art. 103.5 "NTA PUTI/P"	
	AREA TIPO B (ai sensi del DM 1444/88 L. 47/85) Art. 103.5 "NTA PUTI/P"	
	MAGLIA CON ACCORDO DI PROGRAMMA "CI" Art. 103.5 "NTA PUTI/P"	
	Zona "A.S.I." Art. 103.6 "NTA PUTI/P"	

AMB. TERRIT. ESTESI		LEGENDA
1	Tipo "A"	
2	Tipo "B"	
3	Tipo "C"	
4	Tipo "D"	



TAV. 11: STRALCIO PAI



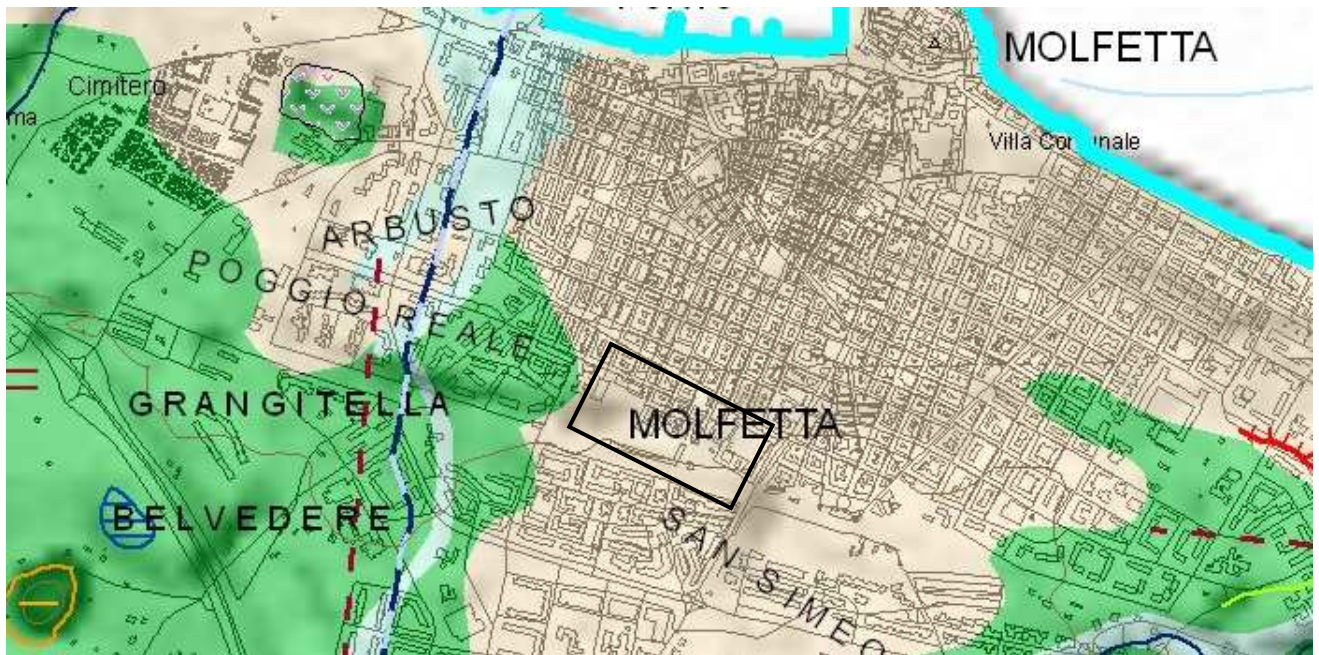


Fig. 3: Stralcio del reticolo idrografico

L'intervento, in definitiva, risulta congruente con la normativa e la pianificazione in essere. Tutti gli interventi di trasformazione fisica del territorio e/o insediativi, pertanto, andranno resi compatibili con la conservazione degli elementi caratterizzanti il sistema botanico-vegetazionale, la sua ricostituzione, le attività agricole coerenti con la conservazione del suolo. Va ancora evitata ogni destinazione d'uso non compatibile con le finalità di salvaguardia e, di contro, vanno individuati i modi per innescare processi di corretto riutilizzo e valorizzazione.

Per quanto riportato nella descrizione degli interventi da eseguirsi nel territorio di Molifetta, i lavori in oggetto sono compatibili con il regime vincolistico esistente.

Verificata l'inesistenza di vincoli di alcun tipo, a parere di chi scrive non si riavvisa limitazione alcuna per la realizzazione del progetto in epigrafe e **né sussistono rischi idraulici, idrogeologici e tettonici che possano mettere a rischio l'incolumità di cose e persone.**

5. Indagini

Nel seguente paragrafo si riportano le indagini di tipo geofisico eseguite dallo scrivente in corrispondenza del piano di sedime delle palazzine n. 6-7-8-e 9 ed inoltre quelle eseguite in corrispondenza della struttura mercatale.

5.1 Indagini eseguite nei pressi delle palazzine n. 6 – 7 – 8 e 9

L'area è situata nella zona di ponente del centro abitato del Comune di Molifetta e confina a sud con la ferrovia Bari-Bologna.

Durante l'esecuzione degli scavi per il raggiungimento del piano di posa delle fondazioni, è stata rinvenuta una depressione di origine tettonica riempita da materiale alluvionale costituito essenzialmente da limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi, di colore passante dal bruno rossastro al giallo ocraceo, ben costipati per cause geostatiche e ben classati. Comunque, tale depressione morfo-tettonica ricade al di fuori dell'area di sedime delle palazzine N. 6 e 7– UMI 2.

Nelle foto e nelle figure che seguono se ne riportano le caratteristiche litologico – strutturali.



Foto n. 1: lente di alluvioni riempente una depressione tettonica



Foto n. 2: andamento degli strati calcarei

Durante i sopralluoghi effettuati, sono state condotte delle osservazioni geologiche. Dopo il materiale di riporto, affiorano strati e banchi di calcari. Le porzioni sommitali sono caratterizzate da elevata anisotropia delle caratteristiche fisiche e meccaniche, inclusioni terrose rossastre, forte diaclasi del materiale carbonatico ed intensa stratificazione (chiancarelle).

Nei fronti e sul fondo scavo sono state rilevate cavità e/o inghiottitoi di origine carsica, di modeste dimensioni. Il banco è da considerarsi da mediamente compatto a compatto.

Nel sito oggetto di studio sono stati eseguiti sopralluoghi per poter definire la costituzione geologica del sottosuolo.

In particolare nella zona a partire dal p.c. si ha uno spessore di circa 100 cm di terreno di riporto; in successione è possibile osservare circa 80 cm di roccia fratturata mista a materiale di riempimento di natura sabbiosa, man mano che si va più in profondità si può notare un netto miglioramento delle caratteristiche geomeccaniche della roccia (le intercalazioni sabbiose diminuiscono).

La direzione degli strati è **N60E**, l'immersione degli stessi è di circa 5°-25° a SE.

5.2.1 Indagini geoelettriche

Per la finalità dell'indagine si è ritenuto opportuno eseguire una prospezione elettrica, con corrente continua, tesa a ricavare i valori della resistività del substrato per ricostruire la stratigrafia dell'area e verificare l'eventuale presenza di cavità.

La determinazione dei valori della resistività dei litotipi ricadenti nell'area in progetto, è stata effettuata utilizzando due metodologie: Dipolo-dipolo e Schlumberger.

Il primo metodo, Dipolo-dipolo (Sondaggio Elettrico Orizzontale), consente di ottenere una sezione elettrostratigrafica che permette la caratterizzazione areale del sottosuolo lungo un profilo.

Il secondo metodo, Sondaggio Elettrico Verticale di tipo Schlumberger, pur avendo una limitazione areale, permette di investigare più in profondità consentendo la ricostruzione elettrostratigrafica nel centro del sondaggio.

5.2.2 Prospezione elettrica con sondaggio dipolo-dipolo

È stata eseguita un'indagine geoelettrica, in corrente continua, comprendente 49 sondaggi elettrici orizzontali con il dispositivo dipolo-dipolo lungo cinque profili, di diversa lunghezza ma con la stessa unità dipolare di 4 metri, le cui tracce sono riportate nella figura 4 delle ubicazioni dei profili dipolari.

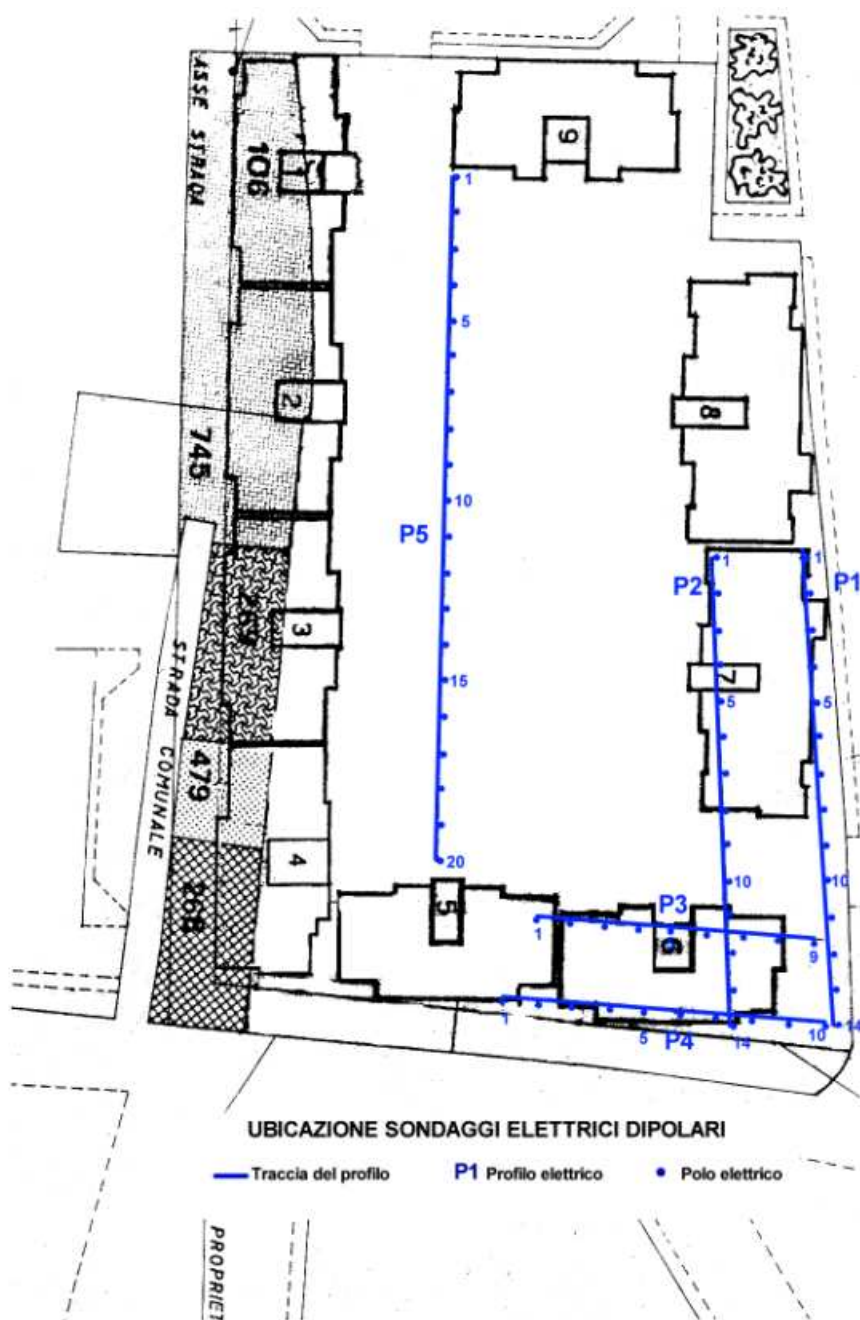
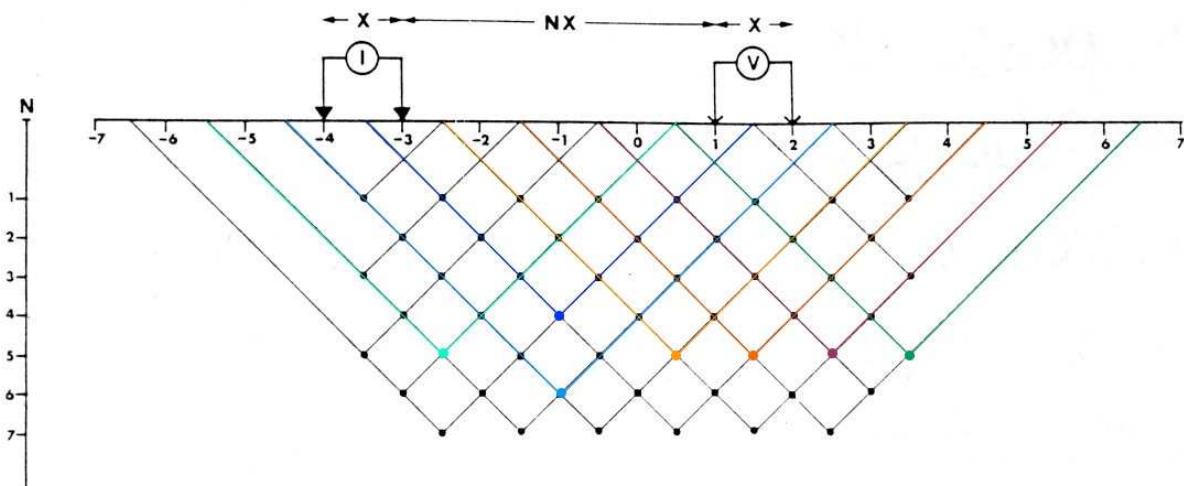


Fig. 4: Ubicazione sondaggi elettrici dipolari

L'utilizzazione di detta metodologia è stata preferita perché più idonea per individuare zone e corpi elettricamente anomali e lateralmente limitati. Infatti, esse sono da considerarsi corpi infinitamente resistivi inclusi in un mezzo a resistività finita. La loro presenza provoca, nel campo elettrico artificialmente indotto nel sottosuolo, delle distorsioni rilevabili in superficie.

La tecnica dei profili, condotta in particolare con dispositivi dipolari, è la più idonea ad evidenziare anomalie generate da corpi localizzati. In generale la tecnica adoperata consiste nell'investigare una sezione del sottosuolo lungo il profilo prescelto.



**Schema operativo della tecnica del profilo dipolo-dipolo
e metodo usato nella rappresentazione dei risultati**

Fig. 5

Ciò è realizzato mediante misure di corrente e di differenza di potenziale tra una coppia di elettrodi di energizzazione "I" (dipolo di corrente) e da una coppia di elettrodi di misura della differenza di potenziale "V" (dipolo di tensione).

Ogni misura è ottenuta per un prefissato valore della distanza tra i dipoli (valore n).

La serie di misure si ottiene disponendo lungo un allineamento una successione di poli elettrici equidistanti a 4 metri. La prima serie si ottiene mantenendo costante la distanza fra il dipolo di corrente e quello di tensione, pari ad una unità dipolare di 4 metri ($n = 1$). Misure ottenute spostando lungo il profilo l'intero dispositivo, mantenendo n costante, costituiscono una strisciata; più strisciate sono ottenute variando, fin tanto che lo consente la lunghezza del profilo, il valore di n nella distanza tra la coppia di dipoli elettrodi di corrente (I) e quella di registrazione della differenza di potenziale (V). Nell'indagine è stato utilizzato un numero massimo di strisciate pari a 11 ($n = 11$) per il sondaggio elettrico n°1 e n°2, pari a 6 ($n = 6$) per il sondaggio n°3, pari a 7 ($n = 7$) per il sondaggio n°4 e pari a 14 ($n = 14$) per il sondaggio n°5, per un totale di superficie investigata pari a complessivi 248 ml.

Ogni misura è ottenuta per un prefissato valore della distanza tra i dipoli (valore n).

Per quanto riguarda l'indagine relativa alla palazzina n. 9 è stato utilizzato un numero di strisciate pari a 14 ($n = 14$).

Come ben noto essendo la profondità di indagine funzione della distanza elettrodica del dispositivo utilizzato, otterremo, generalmente, per un prefissato valore di n una

profondità costante. Tali profondità, in ogni caso, non sono a priori quantitativamente valutabili dipendendo anche dalle caratteristiche elettriche del sottosuolo indagato.

Tramite i valori di tensione e di corrente rilevati in sito è stato possibile calcolare, per ogni posizione del dispositivo, i valori di resistività apparente.

I dati dei singoli sondaggi sono stati poi utilizzati per elaborare una sezione di resistività apparente mostrata di seguito. Nella sezione ogni punto rappresenta un valore di resistività apparente, punti appartenenti ad un allineamento orizzontale, costituiscono una strisciata.

I singoli valori della pseudosezione sono, infine, interpolati da linee iso-resistive. L'interpretazione dei predetti valori porta alla creazione di anomalie che per valore si differenziano individuando corpi anomali resistivi e corpi anomali conduttivi. L'interpretazione delle pseudosezioni è stata effettuata attraverso una modellazione bidimensionale condotta con l'ausilio di un programma di calcolo utilizzando la tecnica degli elementi finiti.

La determinazione delle anomalie avviene a seguito di un'interpretazione qualitativa per andamento e valore della stessa.

Va a questo punto puntualizzato che la scelta di modelli semplici, dettata da problemi interpretativi, rappresenta una semplificazione di realtà che possono essere più complesse.

5.2.3 Analisi dei risultati

La campagna geognostica prevedeva l'esecuzione di sondaggi elettrici dipolari lungo gli allineamenti delle tracce delle fondazioni dei fabbricati in progetto. L'area in progetto, al momento dell'indagine, risultava già cantierizzata per l'esecuzione di uno scavo che raggiungeva quasi la quota del sedime di fondazione. Le operazioni di scavo avevano messo alla luce una disomogeneità del piano di fabbrica. Infatti in corrispondenza di una parte della zona interessata dalle fondazioni della adiacente palazzina n°7, è stata rinvenuta la presenza di materiale sciolto. Questo stato delle cose aveva indotto la direzione lavori a proseguire, limitatamente a quest'ultima zona, nelle operazioni di scavo alla ricerca di un piano di fondazione costituito da rocce più compatte. Quest'ultimo intervento ha determinato un rimaneggiamento della roccia in posto oltre che una parziale inagibilità dell'area per i significativi dislivelli creati in questa parte dello scavo.

Profilo dipolare n° 1 palazzine n. 6 – 7 – 8 e 9

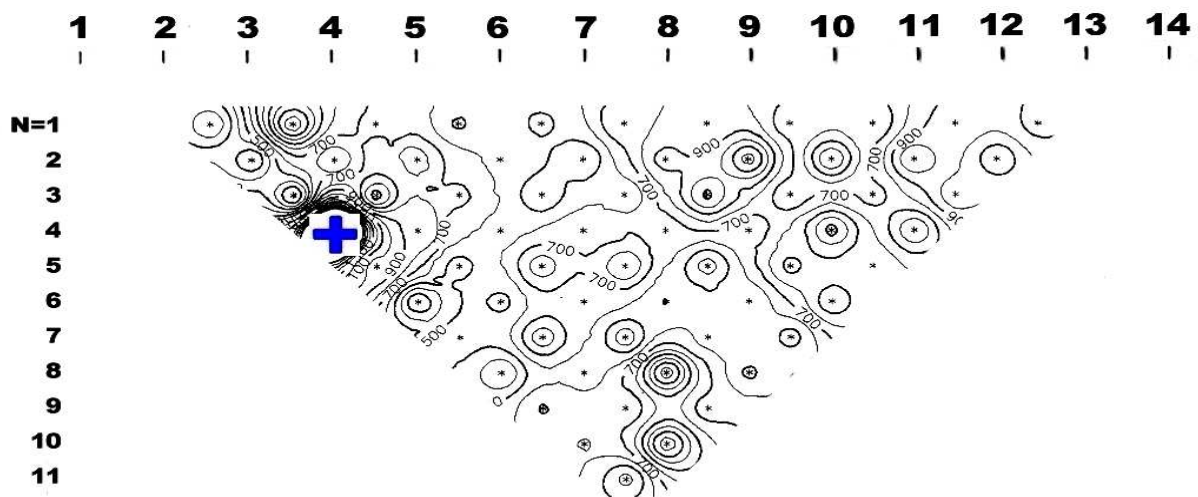
In questo sondaggio, lungo 52 metri, è stato eseguito longitudinalmente all'impronta del fabbricato n°7 al fine di interessare una zona più ampia e permettere una investigazione più profonda.

Il sondaggio presenta un substrato abbastanza omogeneo caratterizzato da valori della resistività compresi mediamente nell'intervallo $500 \div 900 \Omega \text{ m}$.

Nella parte iniziale del sondaggio, le letture eseguite con il dipolo di corrente 1-2 hanno evidenziato, nella parte più superficiale del sondaggio, la presenza di una cella resistiva in corrispondenza della lettura eseguita nella strisciata $n = 4$. La particolarità è nel fatto che superiormente alla cella resistiva si rileva una zona caratterizzata da valori della resistività più bassi ($< 400 \Omega \text{ m}$). Questa situazione, che generalmente potrebbe essere correlata a zone altamente alterate, potrebbe essere invece l'effetto del rimaneggiamento superficiale dovuto all'approfondimento dello scavo in quella zona.

Per il sondaggio è stata elaborata la pseudosezione delle resistività apparenti calcolate dove le resistività sono state raggruppate in quindici classi cromatiche per meglio individuare le anomalie della sezione. Le classi utilizzate variano da < 200 a $> 1500 \Omega \text{ m}$ con gradiente di $100 \Omega \text{ m}$.

Le geometrie delle iso-resistive evidenziano un substrato omogeneo.



PROFILO ELETTRICO DIPOLARE N°1

Pseudosezione di resistività apparente misurata



Anomalia resistiva



Anomalia conduttiva

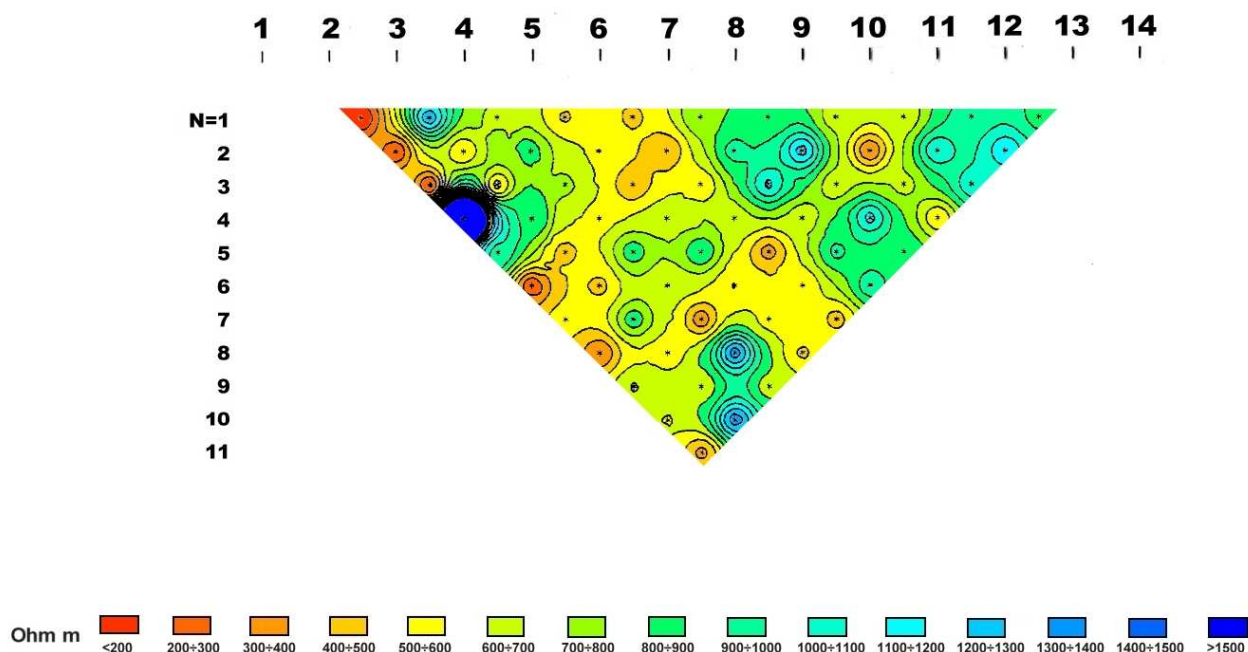


Iso-resistive

1...12 Poli elettrici

N=1 Distanza dipolare

Fig. 6



PROFILO ELETTRICO n° 1

Pseudosezione di resistività apparente calcolata

1 ... 10 Poli elettrici

N=1 Distanza dipolare

Fig. 7

Profilo elettrico n° 2 palazzine n.6 – 7 – 8 e 9

Il secondo profilo, lungo anch'esso 52 metri, è stato eseguito parallelamente al primo sempre lungo l'allineamento delle fondazioni. La traccia del sondaggio evidenzia che lo stesso ha interessato parte della Palazzina n°6, questo si è ritenuto indispensabile per investigare spessori maggiori.

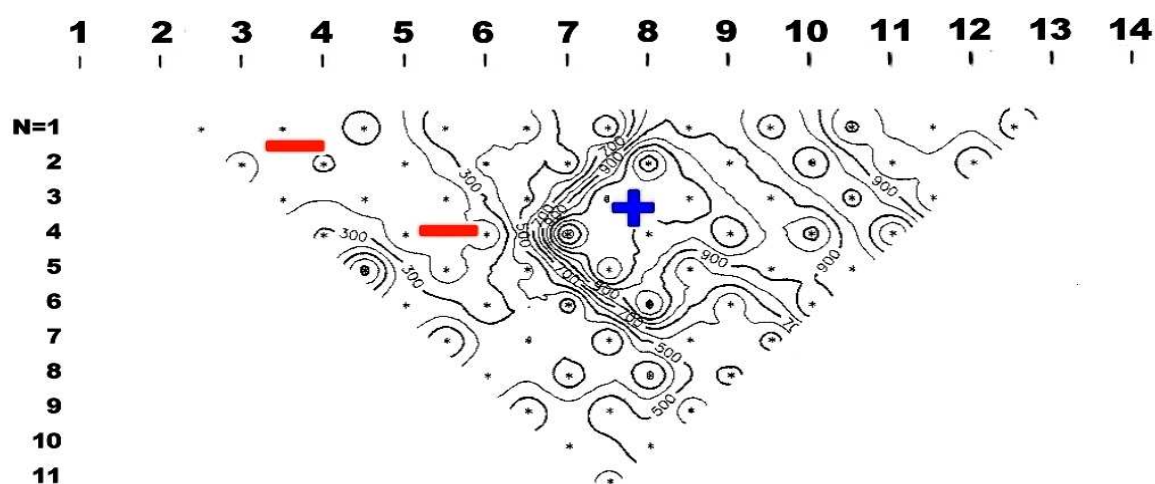
L'analisi della sezione evidenzia un substrato abbastanza simile al precedente anche se, la presenza di zone anomale segnate nella sezione con i segni + e - , potrebbe far sembrare diversamente.

Nella parte iniziale del sondaggio è stata evidenziata, con il segno - , una zona conduttiva, caratterizzata da valori della resistività inferiori a 200 Ω m. Questa zona, registrata con le letture eseguite con i dipoli di corrente 1-2, 2-3 e 3-4, individua la sacca di materiale sciolto presente in quella porzione di sondaggio.

La zona resistiva rilevata in corrispondenza dei poli elettrici 7, 8 e 9, indica il brusco passaggio al litotipo più coerente. Infatti i valori della resistività abbastanza contenuti (900÷1000 Ω m) escludono la presenza di zone alterate con presenza di vuoti.

L'analisi delle geometrie delle iso-resistive evidenzia una lineazione in corrispondenza delle letture eseguite con il dipolo di corrente 8-9 che può essere associata ad una maggiore fratturazione della roccia.

Anche per questo sondaggio è stata eseguita la pseudosezione delle resistività calcolate dove le variazioni delle resistività vengono individuate con quindici classi cromatiche da <200 a $>1500 \Omega \text{ m}$ con gradiente di $100 \Omega \text{ m}$.



PROFILO ELETTRICO DIPOLARE N° 2

Pseudosezione di resistività apparente misurata

+ Anomalia resistiva **—** Anomalia conduttiva

~ Isoresistive 1...12 Poli elettrici N=1 Distanza dipolare

Fig. 8

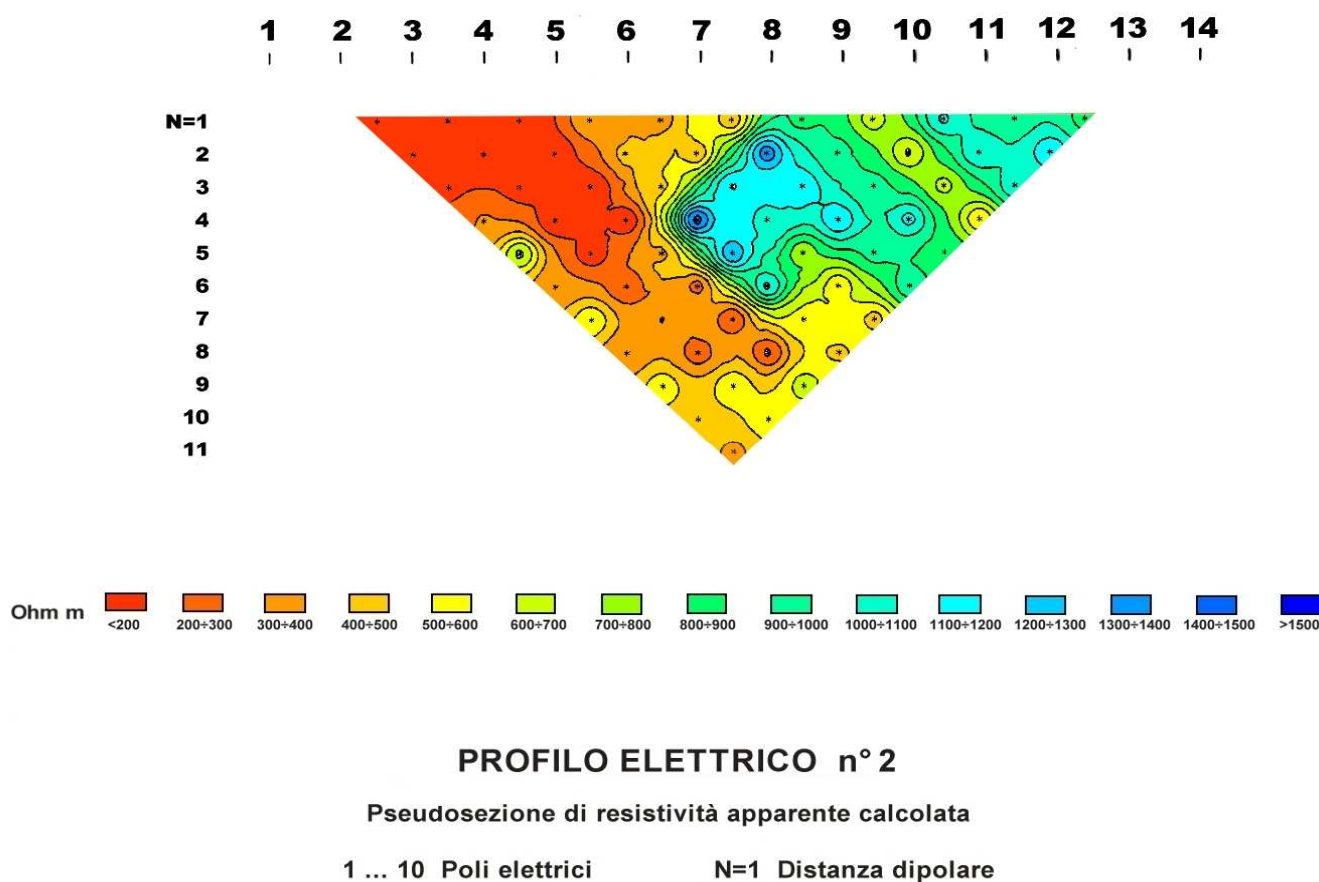


Fig. 9

Profilo elettrico n° 3 palazzine n. 6 – 7 – 8 e 9

Il terzo profilo, lungo 32 metri, è stato eseguito in corrispondenza degli allineamenti delle fondazioni della palazzina n° 6, quasi ortogonalmente ai precedenti.

I fronti molto elevati dello scavo non hanno permesso una maggiore lunghezza del sondaggio che si sarebbe tradotta in una maggiore investigazione in profondità.

L'analisi del sondaggio mostra, nella parte iniziale una zona debolmente conduttiva caratterizzata da valori della resistività minori di 400 Ω m; questi valori di per se non sono peculiari di zone conduttive, ma sono stati comunque evidenziati come tali perché lateralmente a questa zona si rileva un'area caratterizzata da un aumento repentino delle resistività.

Infatti a partire dalle letture eseguite con il dipolo di corrente 2-3 fino alla fine del sondaggio, si rileva una zona caratterizzata da valori della resistività che in alcuni casi superano i 3000 Ω m. Questa situazione di forte sbalzo dei valori della resistività implica la presenza di un substrato altamente alterato con possibilità di cavità di interstrato.

Anche per questo sondaggio è stata elaborata la pseudosezione delle resistività calcolate redatta con quindici classi cromatiche da <200 a $>1500 \Omega \text{ m}$ con gradiente di $100 \Omega \text{ m}$.

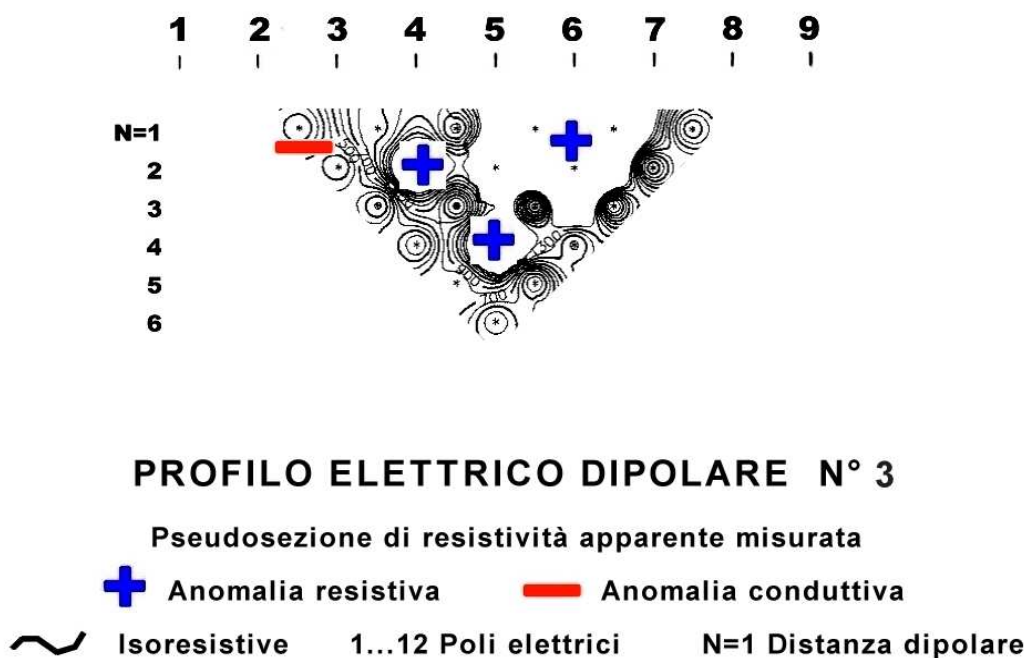


Fig. 10

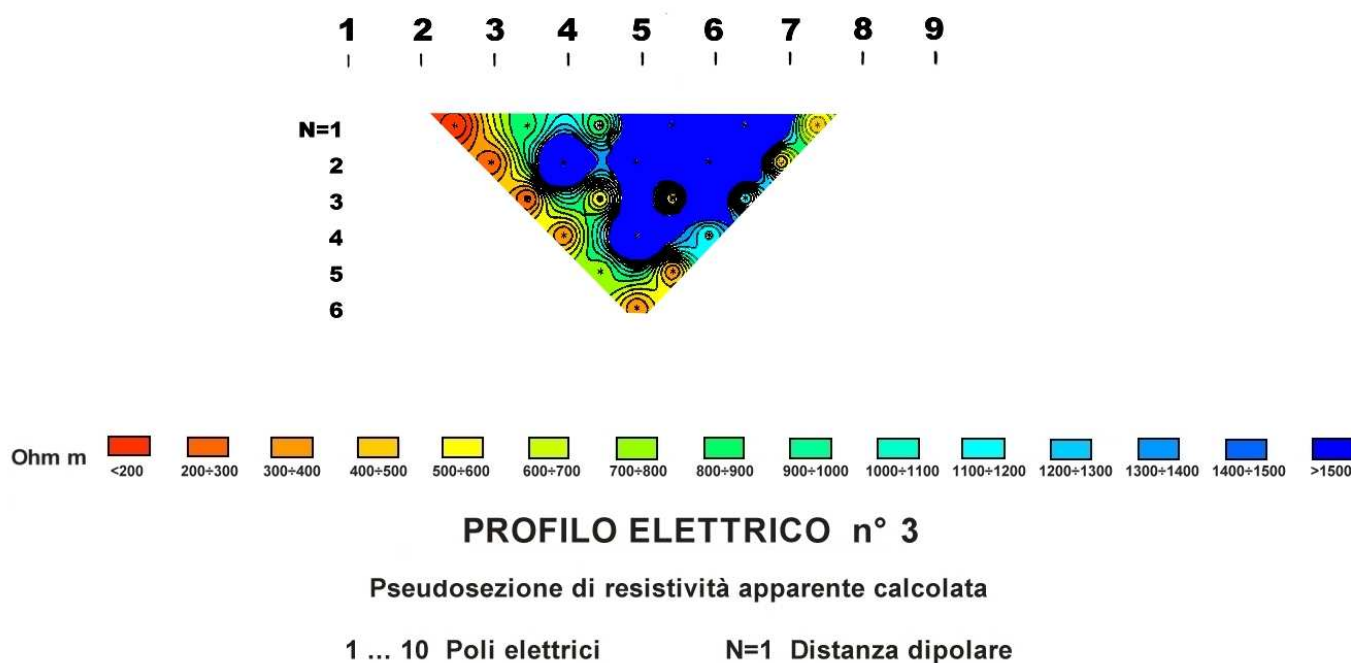


Fig. 11

Profilo elettrico n° 4 palazzine n. 6 – 7 – 8 e 9

Il quarto sondaggio è stato eseguito parallelamente al precedente, lungo il secondo allineamento delle fondazioni della palazzina n° 6.

L'analisi del sondaggio evidenzia un substrato che tendenzialmente si mostra abbastanza simile al precedente. Infatti nella parte iniziale del sondaggio si evidenzia una zona più conduttiva con valori della resistività inferiori a 600 Ω m. Proseguendo la lettura della sezione, lateralmente a questa zona si rileva un aumento della resistività fino a registrare, nella parte finale del sondaggio, valori intorno ai 1100 Ω m. L'analisi delle geometrie delle isoresistive evidenzia un brusco aumento delle resistività tra le letture eseguite con il dipolo di corrente 3-4 e quelle eseguite con il dipolo di corrente 4-5. L'analisi generale della sezione individua un substrato comunque omogeneo caratterizzato da valori della resistività compresi tra 600 e 1100 Ω m che individuano un miglioramento delle caratteristiche fisiche della roccia rispetto a quella del precedente sondaggio.



Fig. 12

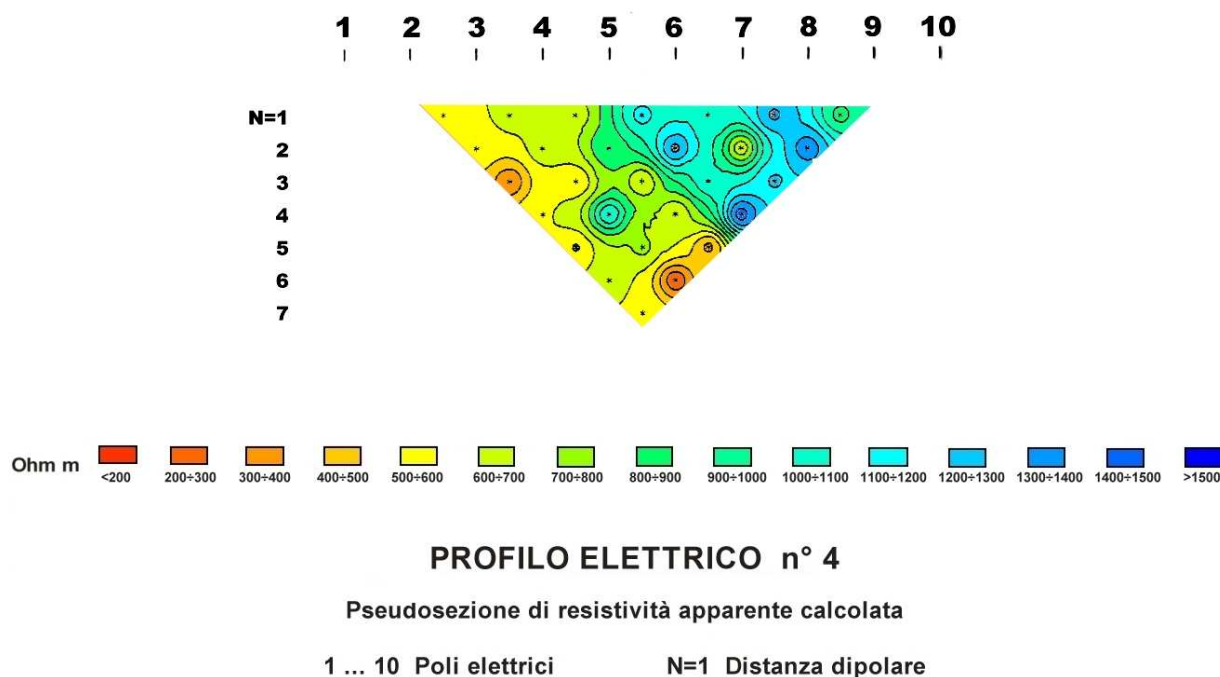


Fig. 13

Profilo elettrico n° 5 palazzine n. 6 – 7 – 8 e 9

La presenza della sacca di terreno alluvionale rinvenuta ai margini del fabbricato n° 7, ha indotto ad un approfondimento delle indagini eseguendo un profilo dipolare più lungo dei precedenti per aumentare la profondità di indagine. Di qui la realizzazione del quinto sondaggio la cui ubicazione è avvenuta sul ciglio dello scavo in maniera da non avere limitazioni areali.

La sezione dipolare evidenzia nella prima parte del sondaggio la presenza di un elettrostrato conduttivo superficiale, caratterizzato da valori della resistività minori di 200 Ω m. Questo elettrostrato trova il suo massimo approfondimento in corrispondenza dei poli elettrici 11 e 12. Lateralmente a questa zona si rileva un debole aumento della resistività comunque testato intorno ai 400 Ω m.

Sottostante a questo elettrostrato conduttivo, si rileva un deciso aumento dei valori della resistività evidenziato dall'infittirsi delle iso-resistive che in alcuni casi per letture contigue registrano variazioni della resistività anche superiori ai 400 Ω m. Questo elettrostrato di fondo è caratterizzato da valori della resistività superiori a 500 Ω m fino a raggiungere nella parte più profonda valori superiori ai 1500 Ω m.

Per meglio individuare le anomalie della sezione, anche per questo sondaggio è stata elaborata la pseudosezione delle resistività apparenti calcolate dove le resistività sono state raggruppate in quindici classi cromatiche, con gradiente di 100 Ω m, da <200 a > 1500 Ω m.

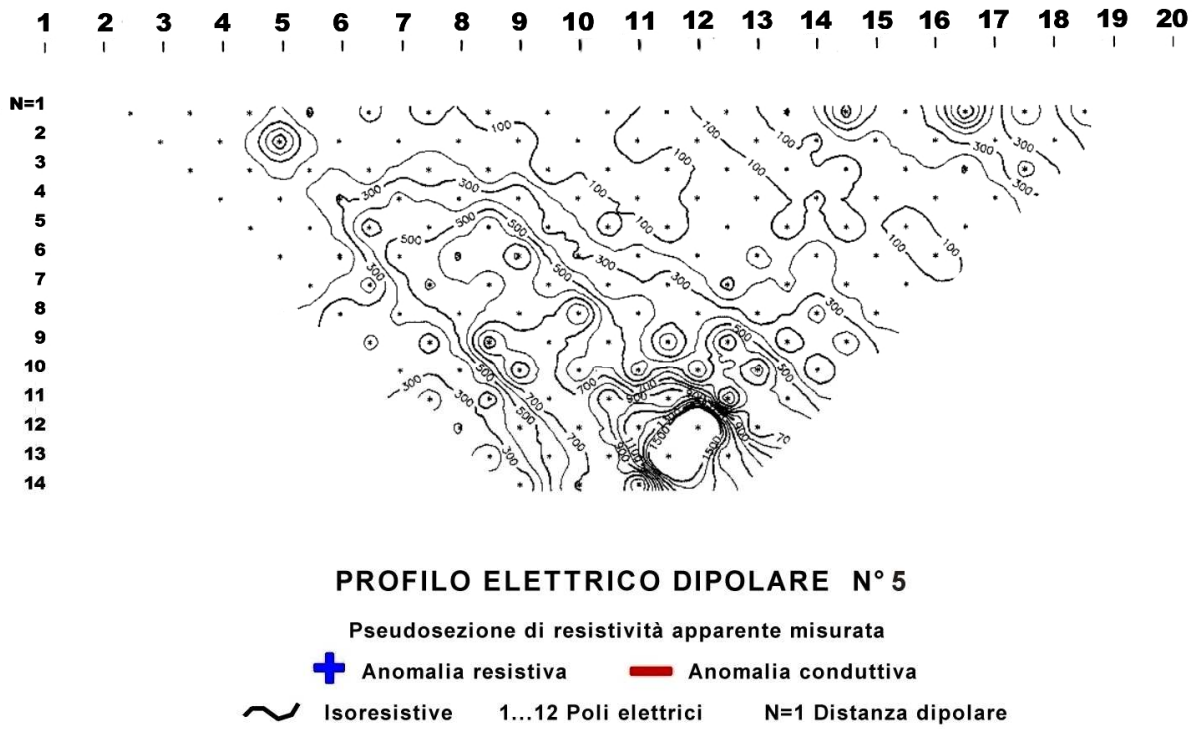


Fig. 14

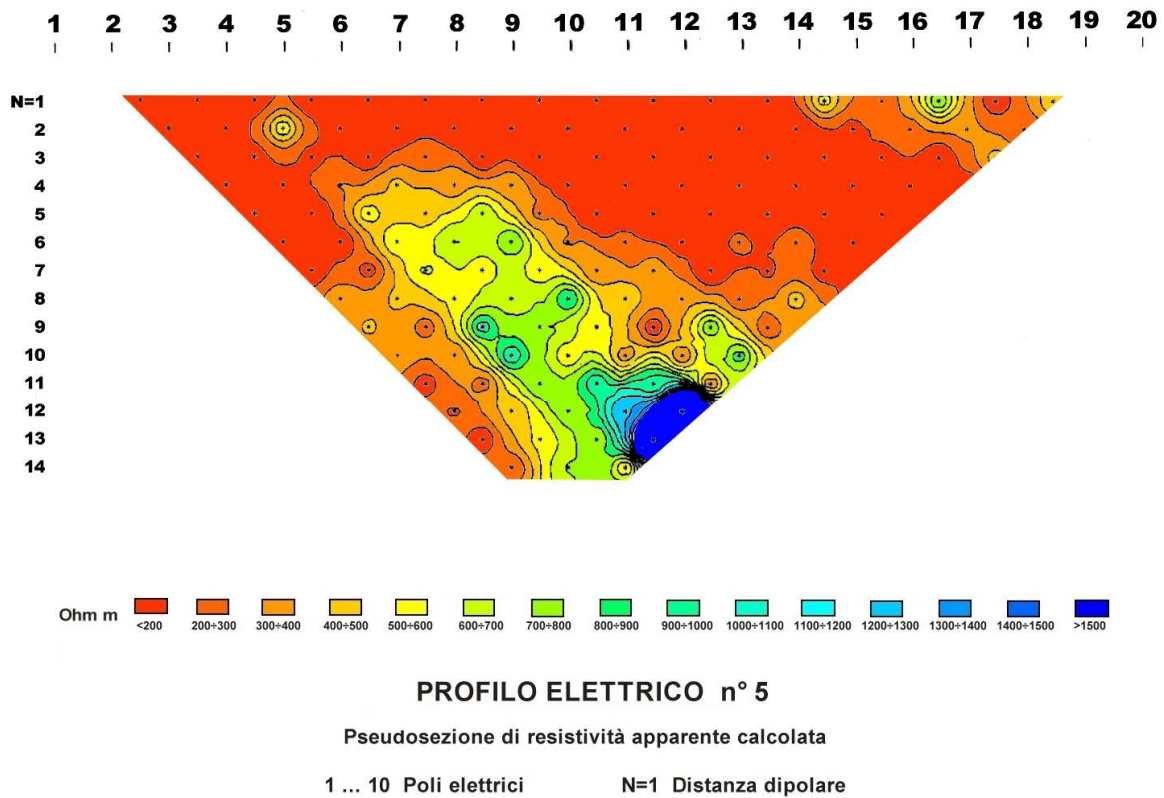


Fig. 15

5.2.4 Prospezione elettrica con Sondaggi Elettrici Verticali

Si è ritenuto opportuno completare lo studio geoelettrico del sottosuolo dell'area in questione con l'esecuzione di cinque SEV utili per una investigazione più profonda anche se limitata arealmente.

Nella planimetria che segue in figura 16, sono mostrate l'ubicazione del centro dei S.E.V. e la direzione lungo la quale sono stati infissi gli elettrodi A e B. Le semidistanze elettrodiche eseguite per i SEV sono quelle rese possibili dall'agibilità dell'area ovvero da 6 a 26 metri per i SEV n°1 e n°2 e da 6 a 22 metri per i SEV n°3 e n°4 e da 6 a 22 metri per il SEV n°5.

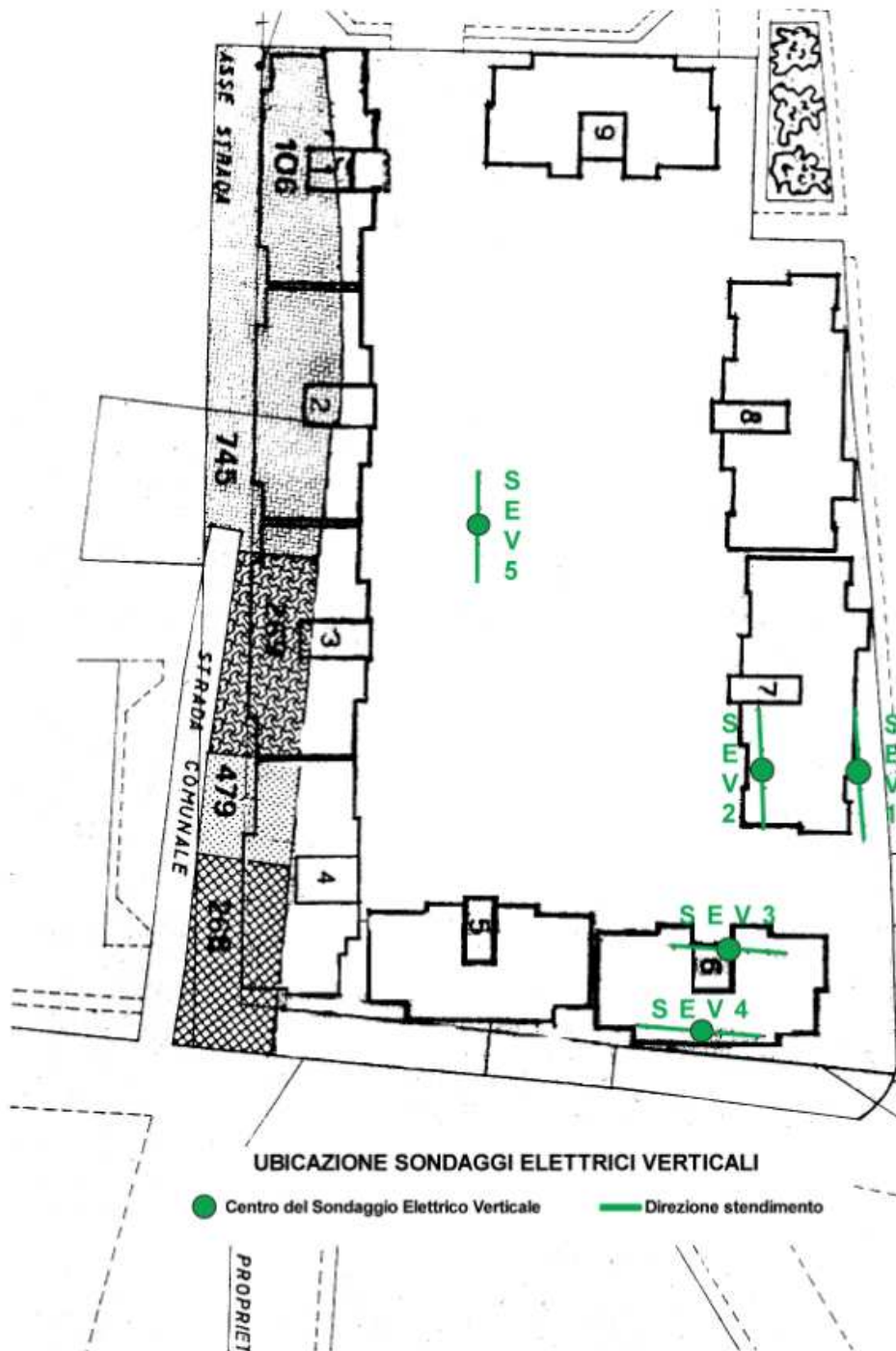
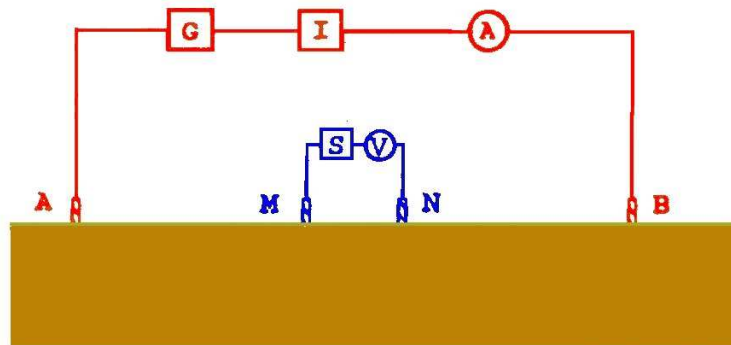


Fig. 16: Ubicazione sondaggi elettrici verticali

La tecnica operativa consiste nello scegliere, innanzi tutto, un centro per il SEV, ovvero un centro di simmetria per il dispositivo elettrodico e, successivamente, la sua direzione di espansione che nel caso in esame coincide con la direzione delle tracce dei profili dipolari.

Per ogni posizione di tale dispositivo, si inietta corrente continua nel terreno tramite due elettrodi (A e B) esterni al quadripolo e si registra la differenza di potenziale del campo elettrico artificialmente indotto mediante il dipolo interno (M e N).



Schema di strumentazione per misure di resistività:

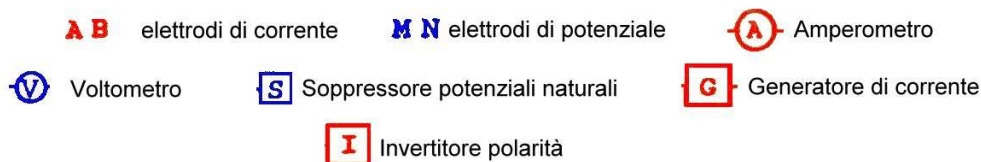


Fig. 17

L'energizzazione è ottenuta per mezzo di un opportuno alimentatore di corrente continua ad alta tensione, mentre la differenza di potenziale è registrata utilizzando un millivoltmetro ad alta impedenza d'ingresso ed ad alta precisione (0.01 milliVolts).

Tramite i dati rilevati in sito è stato possibile calcolare i valori di resistività apparente successivamente riportati su grafico bilogaritmico in funzione della semidistanza elettrodica ($AB/2$).

Tutti i dati sperimentali sono stati poi interpretati quantitativamente secondo modelli monodimensionali, costituiti da sequenze di elettrostrati piani e paralleli e fisicamente omogenei e isotropi.

Anche per il sondaggio elettrico verticale la scelta di modelli semplici, dettata da problemi interpretativi, rappresenta una semplificazione di realtà che possono essere più complesse.

Va puntualizzato che la non confrontabilità dei valori delle resistività acquisiti con questo tipo di indagine, con quelli rilevati con i profili dipolari è dovuta alla diversa metodologia di acquisizione degli stessi.

Sondaggio Elettrico Verticale n°1 palazzine n. 6 – 7 – 8 e 9

L'elaborazione dei dati acquisiti in campagna ha permesso di ricostruire un modello a quattro strati, come da tabella, con un fitting di errore pari 0.061%.

DATA SET: SEV1

CLIENT: geol. Ignazio L. MANCINI

COUNTY: MOLFETTA

PROJECT: Piano Particolareggiato “ Maglia Mercato” pal. n° 6 - n° 7 -n° 8 -n° 9

DATE: aprile 2006

SOUNDING. 1

ELEVATION: 0.00

Schlumberger Configuration

FITTING ERROR 0.061 PERCENT

L	RESISTIVITY	THICKNESS	ELEVATION	LONG. COND	TRANS. RES
	(ohm-m)	(meters)	(meters) .	(Siemens)	(Ohm-m ⁻²)
			0		
1	422	1.64	-1.64	0.00389	693.9
2	1374	3.71	-5.35	0.00271	5091
3	370	2.72	-8.08	0.00737	1009.4
	29				

Tab. 1

ALL PARAMETERS ARE FREE

No.	SPACING (m)	RHO-A (ohm.m)		DIFFERENCE (percent)
		DATA	SYNTHETIC	
1	6	716	715.9	0.018
2	10	691	691.5	-0.0793
3	14	553	552.8	0.031
4	18	403	402.6	0.077
5	22	280	279.8	0.037
6	26	191	191.1	-0.087

Tab. 2

Sondaggio Elettrico Verticale n°2 palazzine n. 6 – 7 - 8 e 9

L'elaborazione dei dati acquisiti in campagna ha permesso di ricostruire un modello a quattro strati, come da tabella, con un fitting di errore pari 1.266%.

DATA SET: SEV2

CLIENT: geol. Ignazio L. MANCINI

COUNTY: MOLFETTA

PROJECT: Piano Particolareggiato “ Maglia Mercato” pal. n° 6 - n° 7-n° 8 -n° 9

DATE: aprile 2006

SOUNDING. 2

ELEVATION: 0.00

Schlumberger Configuration

FITTING ERROR 1.266 PERCENT

L	RESISTIVITY	THICKNESS	ELEVATION	LONG. COND	TRANS. RES
	(ohm-m)	(meters)	(meters) .	(Siemens)	(Ohm-m ⁻²)
			0		
1	1974	1.61	-1.61	0.000936	2796.8
2	220	2.25	-3.87	0.00977	522.4
3	1788	1.90	-5.78	0.00111	3275.6
4	440				

Tab. 3

ALL PARAMETERS ARE FREE

No.	SPACING (m)	RHO-A (ohm.m)		DIFFERENCE (percent)
		DATA	SYNTHETIC	
1	6	545	544.9	0.0182
2	10	516	516.6	-0.125
3	14	551	547.0	0.719
4	18	542	552.8	-1.99
5	22	557	545.4	2.06
6	26	529	533.3	-0.828

Tab. 4

Sondaggio Elettrico Verticale n°3 palazzine n. 6 – 7 – 8 e 9

L'elaborazione dei dati acquisiti in campagna ha permesso di ricostruire un modello a tre strati, come da tabella, con un fitting di errore pari 3.867%.

DATA SET: SEV3**CLIENT: geol. Ignazio L. MANCINI****COUNTY: MOLFETTA****PROJECT: Piano Particolareggiato “ Maglia Mercato” pal. n°6 - n°7-n° 8 -n° 9****DATE: aprile 2006****SOUNDING. 3****ELEVATION: 0.00****Schlumberger Configuration****FITTING ERROR 3.867 PERCENT**

L	RESISTIVITY	THICKNESS	ELEVATION	LONG. COND	TRANS. RES
	(ohm-m)	(meters)	(meters) .	(Siemens)	(Ohm-m ⁻²)
			0		
1	300.4	0.946	-0.946	0.00315	284.2
2	880.5	5.12	-6.07	0.00582	4512.3
3	362.3				

Tab. 5**ALL PARAMETERS ARE FREE**

No.	SPACING (m)	RHO-A (ohm.m)		DIFFERENCE (percent)
		DATA	SYNTHETIC	
1	6	653	644.7	1.26
2	10	660	655.5	0.674
3	14	585	605.4	-3.49
4	18	577	548.2	4.98
5	22	473	500.4	-5.8

Tab. 6

Sondaggio Elettrico Verticale n°4 palazzine n. 6 – 7 – 8 e 9

L'elaborazione dei dati acquisiti in campagna ha permesso di ricostruire un modello a tre strati, come da tabella, con un fitting di errore pari 1.372%.

DATA SET: SEV4**CLIENT: geol. Ignazio L. MANCINI****COUNTY: MOLFETTA****PROJECT: Piano Particolareggiato “ Maglia Mercato” pal. n°6 - n°7-n° 8 -n° 9****DATE: aprile 2006****SOUNDING. 4****ELEVATION: 0.00****Schlumberger Configuration****FITTING ERROR 1.372 PERCENT**

L	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters) .	LONG. COND (Siemens)	TRANS. RES (Ohm-m ⁻²)
			0		
1	267.9	0.608	-0.608	0.00227	162.9
2	1906.6	1.14	-1.75	0.0006	2178.3
3	316.3				
4					

Tab. 7**ALL PARAMETERS ARE FREE**

No.	SPACING (m)	RHO-A (ohm.m)		DIFFERENCE (percent)
		DATA	SYNTHETIC	
1	6	657	660.3	-0.507
2	10	513	503.6	1.81
3	14	402	409.9	-1.97
4	18	364	366.1	-0.585
5	22	350	345.7	1.21
6	26			

Tab. 8

Sondaggio Elettrico Verticale n°5 palazzine n. 6 – 7 – 8 e 9

L'elaborazione dei dati acquisiti in campagna ha permesso di ricostruire un modello a cinque strati, come da tabella, con un fitting di errore pari 2.259%.

DATA SET: SEV5

CLIENT: geol. Ignazio L. MANCINI

COUNTY: MOLFETTA

PROJECT: Piano Particolareggiato “ Maglia Mercato” pal. n°6 - n°7-n° 8 -n° 9

DATE: aprile 2006

SOUNDING. 5

ELEVATION: 0.00

Schlumberger Configuration

FITTING ERROR 2.259 PERCENT

L	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters) .	LONG. COND (Siemens)	TRANS. RES (Ohm-m ⁻²)
			0		
1	31.3	1.49	-1.49	0.0478	46.88
2	386.7	1.96	-3.46	0.00508	759.6
3	37.22	2.59	-6.05	0.0697	96.65
4	516.6	2.13	-8.18	0.00412	1100.9
	54.8				

Tab. 9

ALL PARAMETERS ARE FREE

No.	SPACING (m)	RHO-A (ohm.m)		DIFFERENCE (percent)
		DATA	SYNTHETIC	
1	6	82.4	83.16	-0.926
2	10	105.3	101.6	3.49
3	14	102.9	107.7	-4.68
4	18	110.0	108.5	1.27
5	22	108.8	107.0	1.61
6	26	103.2	104.2	-1.00
		101.2	100.8	0.297
		97	97.2	-0.211

Tab. 10

5.2.5 Considerazioni conclusive della geoelettrica

La scelta effettuata sulle ubicazioni dei profili elettrici è stata guidata dalla necessità di aumentare il più possibile la profondità di indagine per una ricostruzione stratigrafica dettagliata dell'area oggetto interessata dall'edificio per civile abitazione.

Dall'indagine eseguita si è evidenziato la presenza di un substrato con direzione pressoché parallela allo stendimento del primo sondaggio e con immersione verso Nord.

L'area investigata risulta costituita da roccia calcarea che nella parte superficiale si presenta abbastanza alterata mentre sottostante al livello superficiale si rileva un netto miglioramento delle caratteristiche fisiche della roccia calcarea.

I valori abbastanza bassi ed omogenei escludono la presenza di cavità nella porzione di substrato investigato .

5.3 Prospezione Sismica

E' stata effettuata inoltre una campagna geognostica a carattere geofisico consistente in otto sondaggi sismici a rifrazione di superficie, di cui quattro con onde longitudinali (onde P) e quattro con onde trasversali (onde S) eseguiti lungo quattro basi sismiche la cui ubicazione è mostrata nelle figure 18 e 19 che seguono. L'area di indagine ha presentato rilevanti difficoltà operative in quanto il sito ricade in una zona di espansione altamente cantierizzata e quindi molto disturbata dai rumori delle macchine di cantiere. Di seguito verranno illustrate le metodologie utilizzate, le tecniche operative, i dati sperimentali ottenuti nonché i modelli interpretativi del sottosuolo investigato utili, insieme agli altri dati geognostici disponibili per la stessa area, per la ricostruzione dei lineamenti geologico-tecnici locali ed in particolare per la caratterizzazione sismica del territorio.

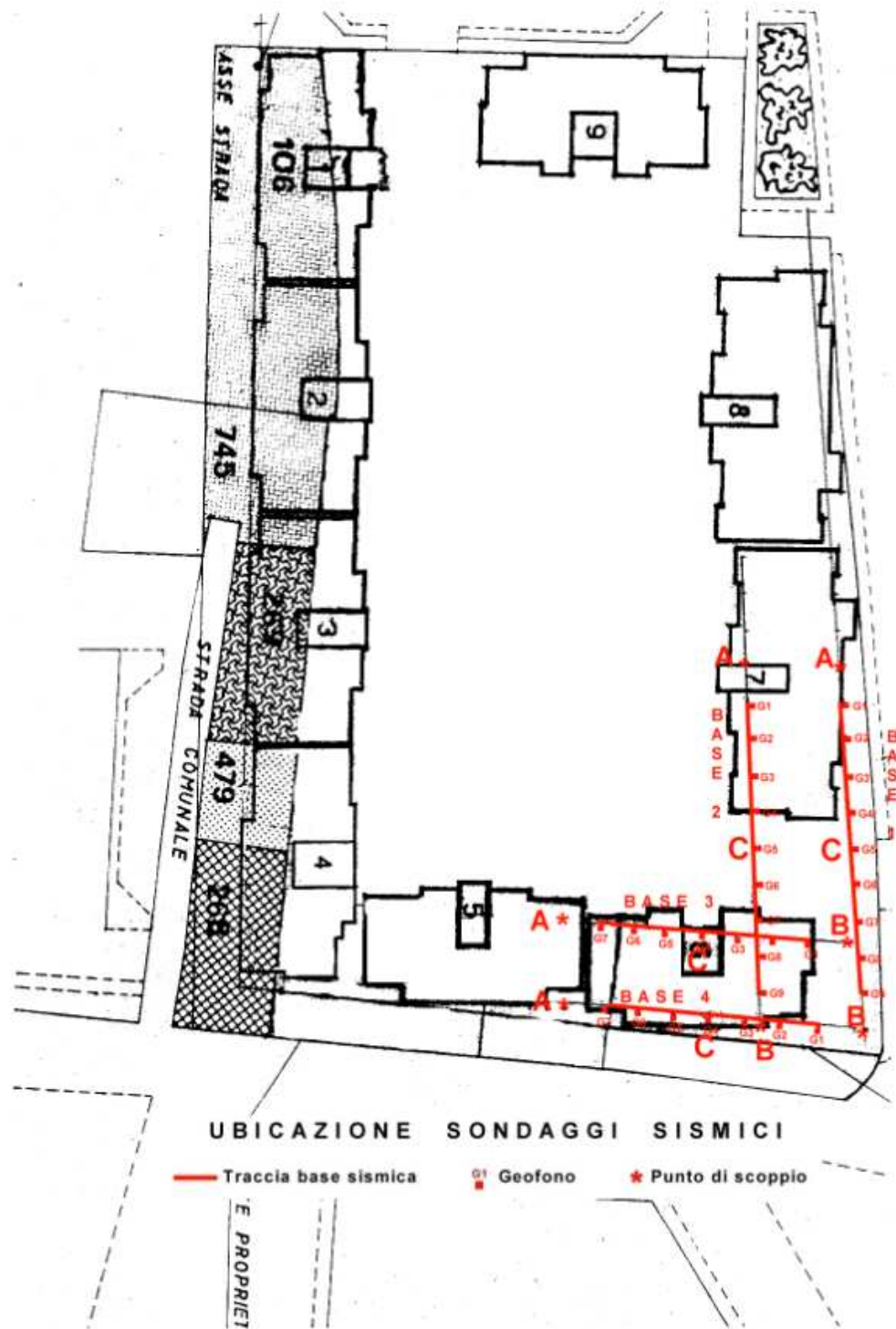


Fig. 18: Ubicazione sondaggi sismici palazzine n. 6-7

La strumentazione utilizzata è del tipo a 12 canali, modello 12S12L della PASI interfacciato con un computer portatile, con acquisizione digitale, funzione di incremento multiplo del segnale, tempi di acquisizione compresi tra 25 e 1000 msec, filtri in ingresso compresi tra 0 e 950 Hz (per eliminare le frequenze indesiderate) e monitoraggio del noise ambientale in continuo.

Per quanto riguarda la geometria adottata nell'esecuzione delle basi sismiche, sono stati disposti, lungo gli allineamenti geofoni con una spaziatura di 4 m per le basi sismiche n°1 e n°2 e 7 geofoni sempre con spaziatura di 4 metri per le basi n°3 e n°4. I punti di scoppio A e B sono stati posizionati esternamente allo stendimento geofonico rispettivamente a 4 metri dal geofono n°1 e dall'ultimo geofono. Per una migliore interpretazione dei sismostrati superficiali si è proceduto all'esecuzione di un ulteriore scoppio centrale. Questo tipo di geometria, due punti di scoppio coniugati esterni ed uno centrale ha portato ad uno stendimento complessivo delle basi sismiche pari a 144 metri.

Come energizzazione è stata utilizzata una mazza battente (da 8 Kg) sia per generare le onde di tipo P (longitudinali) che per generare le onde di tipo S (Trasversali).

Per generare le onde P con la mazza battente sono stati inferti ripetuti colpi di su di un platello in lega di alluminio posto sul terreno. Le onde di tipo S (trasversali) sono state generate mediante l'utilizzo di un dispositivo sperimentale costituito da un parallelepipedo in legno, con facce verticali su cui colpire con la mazza, e con delle alette verticali poste alla base che, infisse per alcuni centimetri nel terreno, trasmettono un impulso di "taglio" al sottosuolo. Il rilievo dei tempi di primo arrivo è stato ottenuto mediante la tecnica degli impulsi bidirezionali che una volta mediati hanno portato ai diagrammi tempi-distanze di seguito riportati (dromocrone onde trasversali).

I geofoni utilizzati per i rilievi sismici sono del tipo a 14 Hz per le onde P e a 10 Hz per le onde S, mentre la tecnica utilizzata è stata quella degli scoppi coniugati A e B per un totale di due punti di scoppio.

I tempi di arrivo delle onde P ed S, sono stati letti inizialmente sui sismogrammi sperimentali, fase di lavoro effettuata con l'ausilio di un computer e di appropriati programmi di analisi, e successivamente sono riportati nei diagrammi tempo-distanza (dromocrone).

Anche l'interpretazione delle dromocrone è stata effettuata con processi computerizzati, sia secondo modelli con superfici di discontinuità piane, che secondo più complessi modelli bidimensionali.

Dalla sismostratigrafia ottenuta, e con l'ausilio dei rapporti fra le velocità delle onde P ed S, è possibile ricavare lo spessore e le caratteristiche geomeccaniche degli strati

così riconosciuti in particolare la velocità delle onde elastiche, il coefficiente di Poisson e i moduli elastici dinamici. Inoltre dai valori delle velocità ottenute è possibile ricavare i valori di Rigidità Sismica dei singoli sismostrati al fine di valutare ad esempio l'amplificazione sismica locale o la suscettibilità alla liquefazione di terreni saturi non coesivi e classificare i terreni alla luce della recente normativa sismica (Vs30).

La profondità di investigazione raggiunta è valutabile in oltre 7 metri dal piano campagna.

I Sismogrammi sperimentali registrati sul disco fisso del sismografo in campagna, sono stati successivamente letti, elaborati ed interpretati secondo un procedimento informatico basato sull'utilizzo di due programmi dedicati: uno per l'individuazione dei primi tempi di arrivo delle onde sismiche che hanno permesso la redazione delle dromocrone; l'altro che interpretando congiuntamente le dromocrone con metodologia GRM ha fornito:

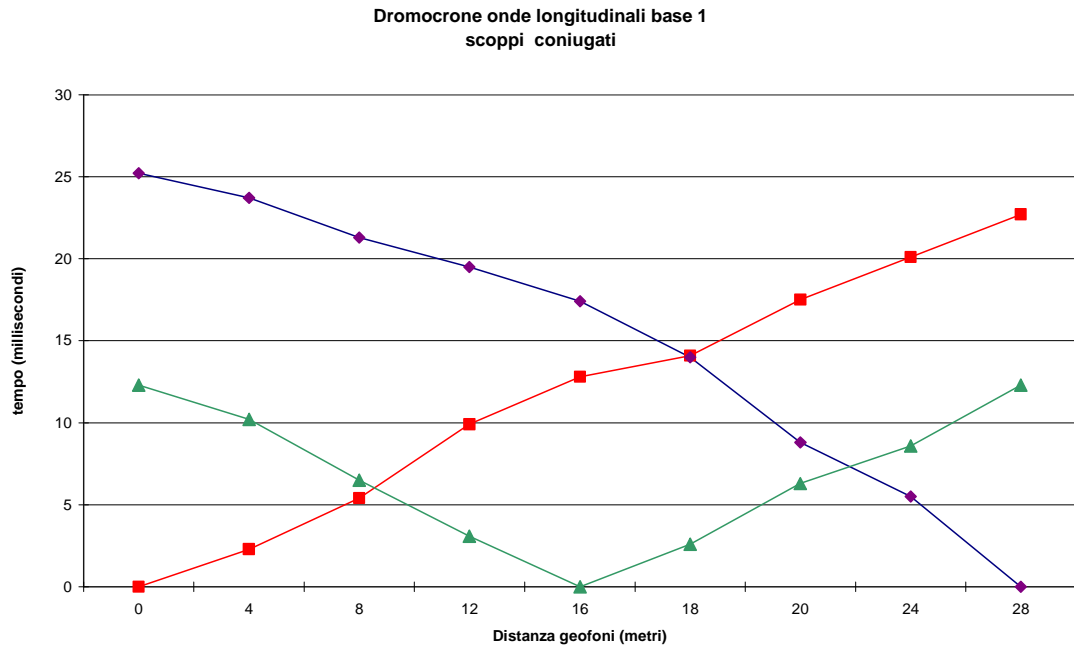
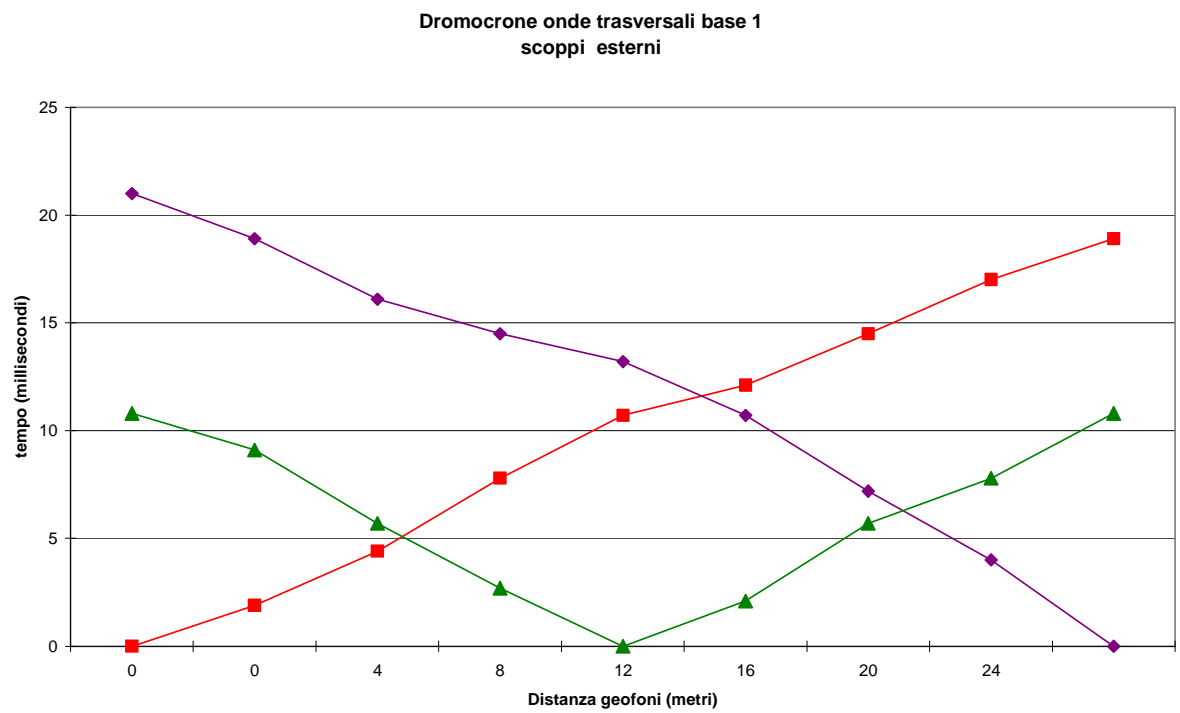
i valori delle velocità, in metri al secondo, sia delle onde longitudinali (onde P) che delle onde trasversali (onde S) di ciascun sismostrato;

i valori delle profondità (espressi in metri) delle discontinuità sismiche meglio indicate con il termine rifrattori che permettono di determinare i sismostrati.

Per comodità di lettura le velocità registrate lungo il profilo sono riportate nelle tabelle seguenti, unitamente all'andamento delle dromocrone.

BASE 1	Vp m/sec	Vs m/sec	Spessori m
Strato 1	807	387	0.5÷1.8
Strato 2	1490	733	

Tab. 11

**Fig. 20****Fig. 21**

BASE 2	Vp m/sec	Vs m/sec	Spessori m
Strato 1	705	338	0.5÷2.2
Strato 2	1362	670	

Tab. 12

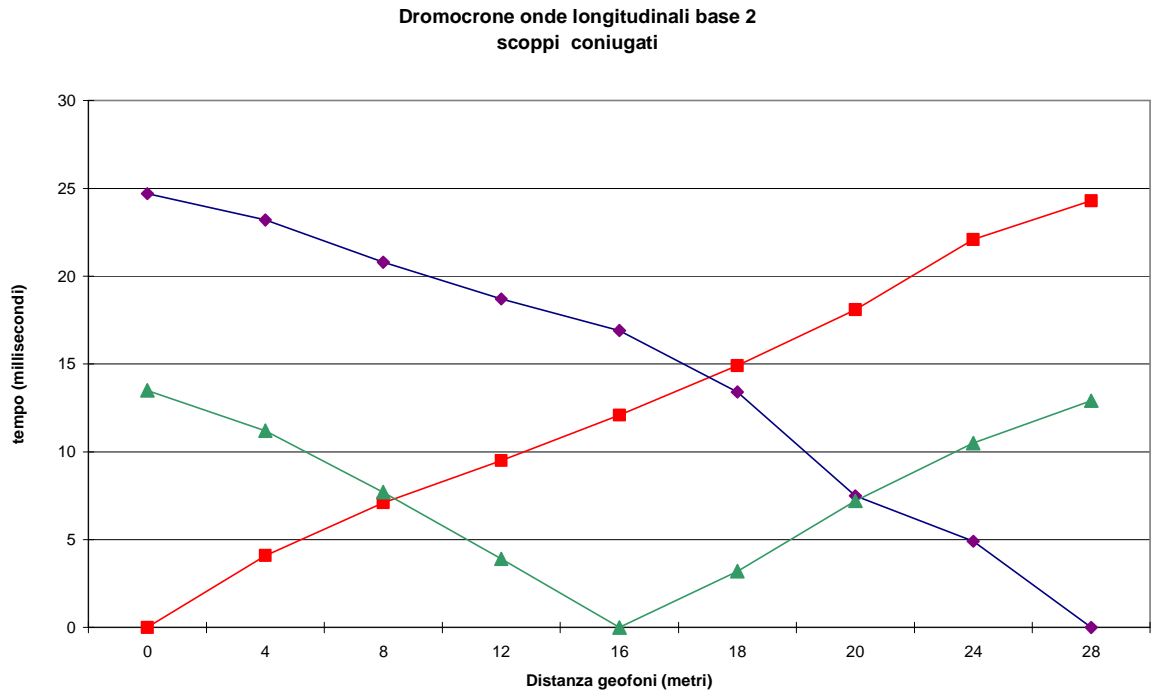


Fig. 22

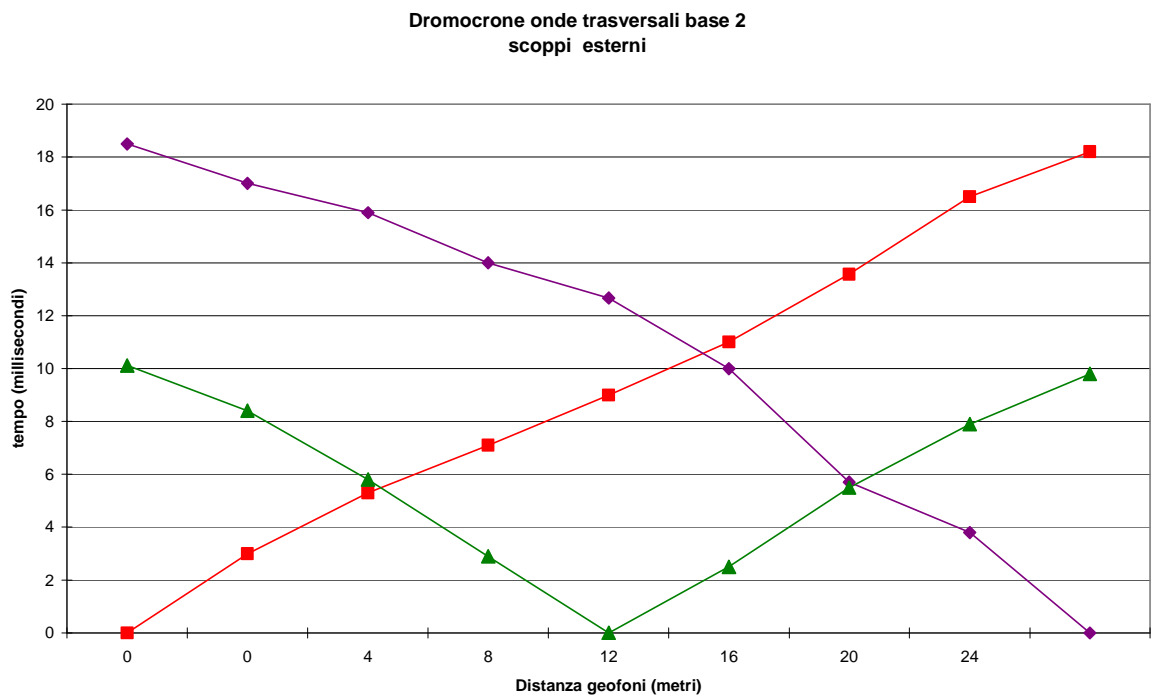
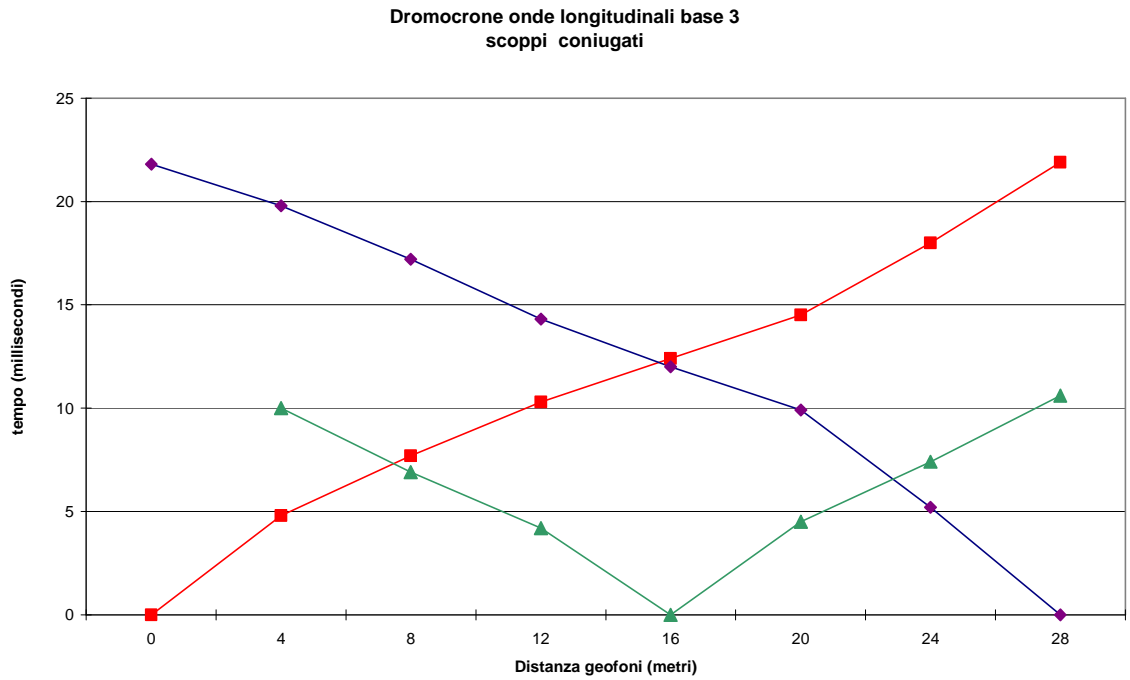
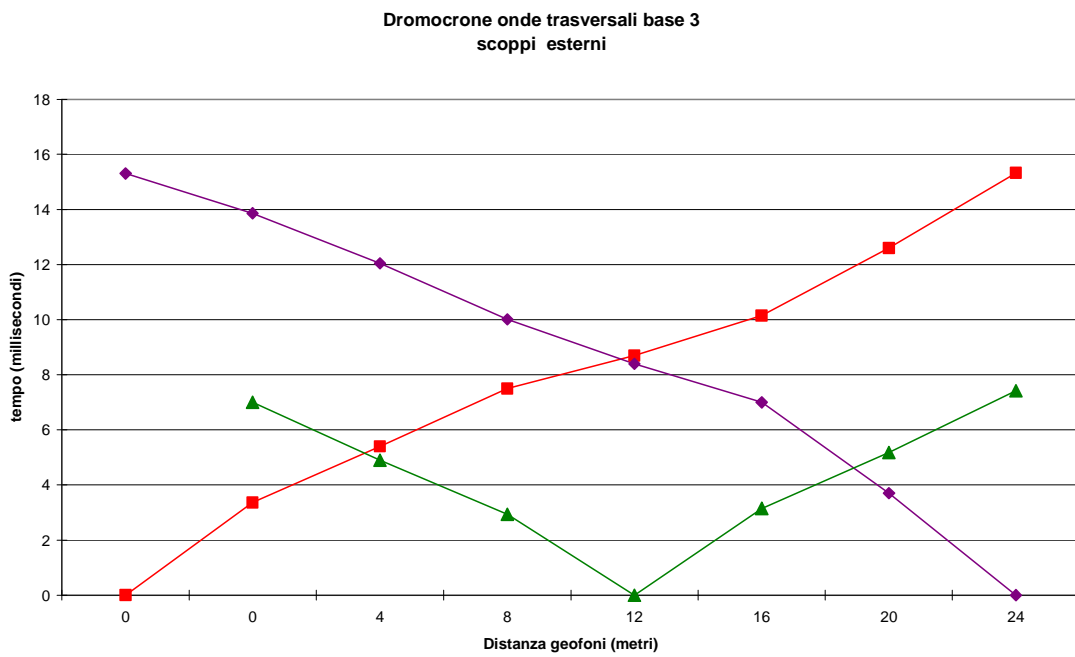


Fig. 23

BASE 3	Vp m/sec	Vs m/sec	Spessori m
Strato 1	952	457	0.4÷1.1
Strato 2	1531	753	

Tab. 13

**Fig. 24****Fig. 25**

BASE 4	Vp m/sec	Vs m/sec	Spessori m
Strato 1	833	400	0.5÷0.9
Strato 2	1609	792	

Tab. 14

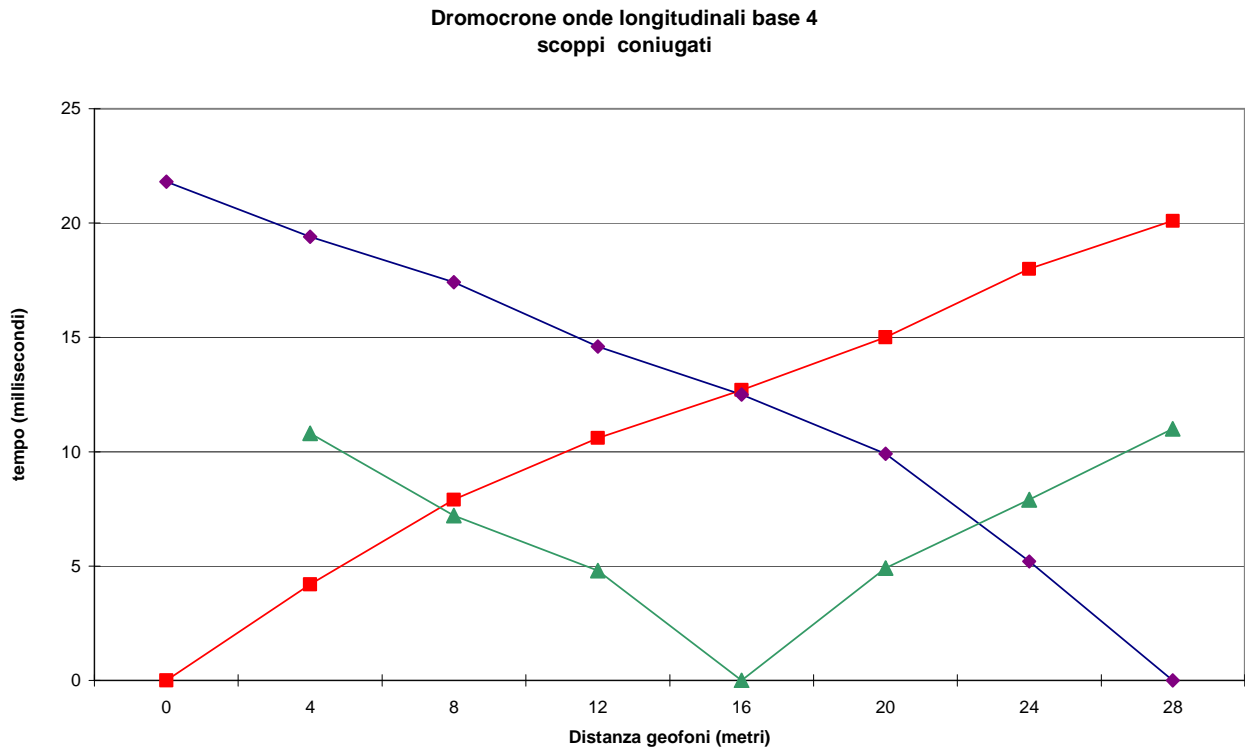


Fig. 26

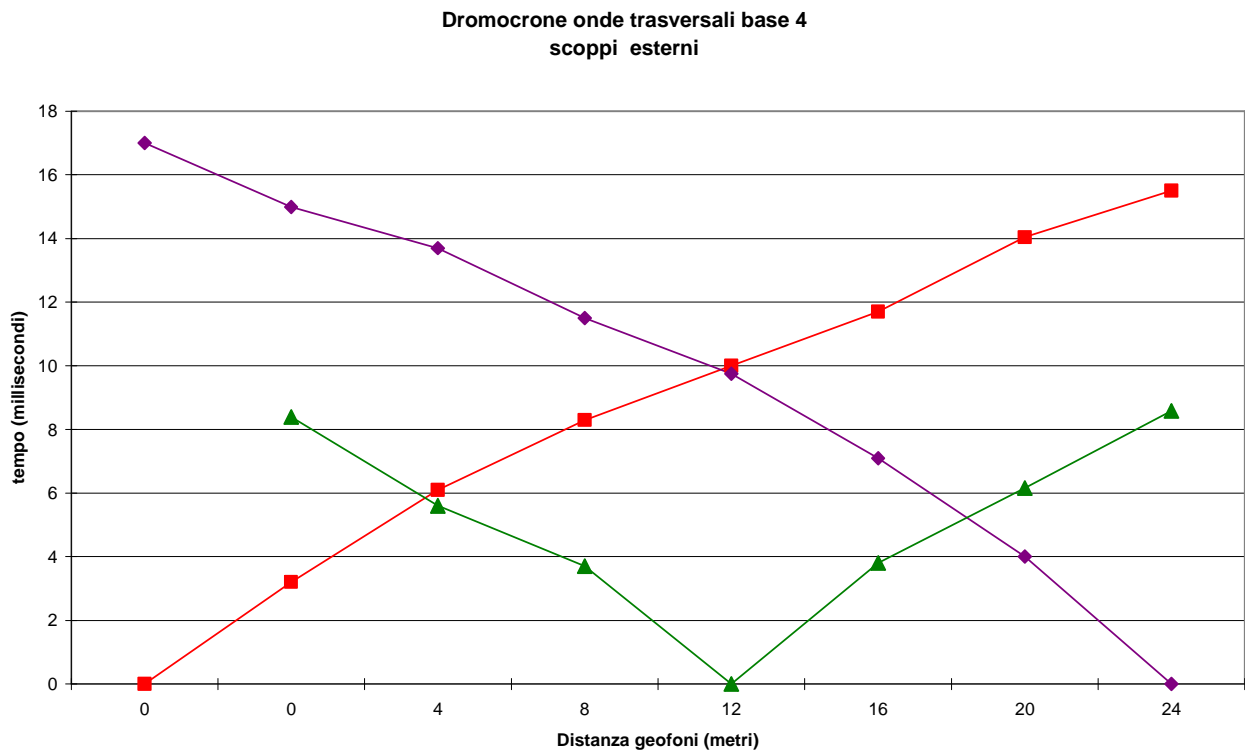


Fig. 27

5.3.2 Correlazioni

Sulla scorta dei risultati ottenuti è possibile ricondurre ad un modello a due strati la stratigrafia dell'area secondo la seguente successione costituita (dall'alto) da:

- Sismostrato superficiale ($V_p = 700 \div 900$ m/sec, $V_s = 350 \div 450$ m/sec) , rappresentato da roccia calcarea mediamente fratturata ed alterata;
- Sismostrato profondo ($V_p = 1300 \div 1600$ m/sec, $V_s = 730 \div 800$ m/sec) , rappresentato da un ammasso "roccioso" correlabile ad un orizzonte calcareo poco fratturato e/o alterato.

5.3.3 Moduli dinamici e VS30

Dai valori delle velocità delle onde sismiche P ed S ottenuti nel sondaggio, sono stati ricavati i Moduli Dinamici del sottosuolo investigato per ciascun orizzonte sismico individuato.

Dai valori delle velocità rilevate dall'indagine, è possibile ricavare un ulteriore parametro:

il Coefficiente di Poisson (μ), ottenuto dal rapporto delle due velocità rilevate.

Da questi dati, assumendo come valore di peso di volume per il primo strato il valore di $\gamma = 1.9$ g/cm³ mentre per gli altri strati il valore di $\gamma = 2.3$ g/cm³ , è stato possibile ricavare ulteriori parametri calcolati, quali:

il Modulo di Taglio G ottenuto dal rapporto tra il peso di volume del sismostrato di riferimento per il quadrato della Velocità delle onde trasversali;

il Modulo di Young o modulo di elasticità dinamico (E , in Kg/cm²),

il Modulo elastico statico (E , in Kg/cm²),

l'angolo di attrito ϕ derivante dall'E dinamico e statico,

la Rigidità Sismica R (definita come il prodotto fra peso di volume e velocità delle onde S, in t/m³ * Km/sec) utile per il calcolo del Coefficiente di Fondazione ϵ e per la stima del fattore di incremento del coefficiente sismico c .

Di seguito si riportano in tabella i valori dei parametri dianzi descritti:

BASE 1	Vp m/sec	Vs m/sec	μ	G	E Kg/cm ² dinam.	ϕ dinam.	E Kg/cm ² statico	ϕ statico	R	ϵ
Strato 1	807	387	0.35	0.01	8270	20.59	2760	11.05	775	1.08
Strato 2	1490	733	0.34	0.00	31610	32.24	10540	22.69	1577	1

Tab. 15

BASE 2	Vp m/sec	Vs m/sec	μ	G	E Kg/cm ² dinam.	ϕ dinam.	E Kg/cm ² statico	ϕ statico	R	ε
Strato 1	705	338	0.35	0.02	6310	18.24	2100	8.7	677	1.09
Strato 2	1362	670	0.34	0.00	26410	30.67	8800	21.13	1441	1.01

Tab. 16

BASE 3	Vp m/sec	Vs m/sec	μ	G	E Kg/cm ² dinam.	ϕ dinam.	E Kg/cm ² statico	ϕ statico	R	ε
Strato 1	952	457	0.35	0.01	11510	23.46	3840	13.92	914	1.06
Strato 2	1531	753	0.34	0.00	33380	32.71	11130	23.16	1620	1.00

Tab. 17

BASE 4	Vp m/sec	Vs m/sec	μ	G	E Kg/cm ² dinam.	ϕ dinam.	E Kg/cm ² statico	ϕ statico	R	ε
Strato 1	833	400	0.35	0.01	8810	21.14	2940	11.6	800	1.07
Strato 2	1609	792	0.34	0.00	36860	33.57	12290	24.03	1703	0.99

Tab. 18

Il valore di Vs30, calcolato così come previsto dalla recente normativa sismica ed utilizzabile come parametro di riferimento per la classificazione dei terreni in esame è:
1097 m/sec.

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo

V_i = Velocità dell'onda di taglio i-esima

N = Numero di strati

Pertanto, ai fini della definizione dell'azione sismica il profilo sismostratigrafico del terreno, associa quelli presenti alla **categoria A** e cioè: *“Formazioni litoidi o suoli omogenei caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 m”*.

Per quanto riguarda il valore di Vs30 della palazzina n. 7 questo è risultato pari a: **600 m/sec.**

Dunque i terreni sono stati attribuiti alla Categoria **“B”** di cui al Testo Unico sulle costruzioni in zona sismica, cioè *“Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 e 800 m/s...”*

Inoltre nella parte est dell'area di sedime della palazzina n. 7, a scavo ultimato (quindi ad una quota di circa – 6.0 m dal piano stradale), stante la conformazione geolitologica dei terreni, sono stati eseguiti n. 3 sondaggi meccanici a distruzione per valutare la potenza del materiale alluvionale e la sua eventuale uniformità di spessore.

5.4 Indagini eseguite in corrispondenza dell'area mercatale

5.4.1 Prospezione sismica

Al fine di definire un modello sismo-litostratigrafico del sottosuolo dell'area mercatale sono state condotte indagini di tipo geofisico: prospezione sismica e MASW, parallelamente alla linea ferroviaria (TAV. 12).

5.4.2 Modalità di esecuzione dei rilievi: attività di campo

Sono stati eseguiti n. 2 profili sismici a rifrazione utilizzando 12 geofoni aventi frequenza pari a 10 Hz e spaziatura 5 metri, realizzando stendimenti aventi lunghezza unitaria pari a 55 metri, che hanno consentito di investigare circa 8-10 metri dal piano campagna.

Per l'esecuzione del profilo sismico è stata utilizzata la tecnica degli scoppi coniugati, in cui vengono eseguiti uno scoppio centrale (indicato nella sezione sismostratigrafica con E), e due scoppi esterni simmetrici (A e B) per l'individuazione della geometria della superficie del rifrattore.

Per gli scoppi esterni è stato utilizzato un offset (distanza fra il punto di scoppio ed il primo geofono ricevitore) pari a metà della spaziatura geofonica, quindi 2.5 metri.

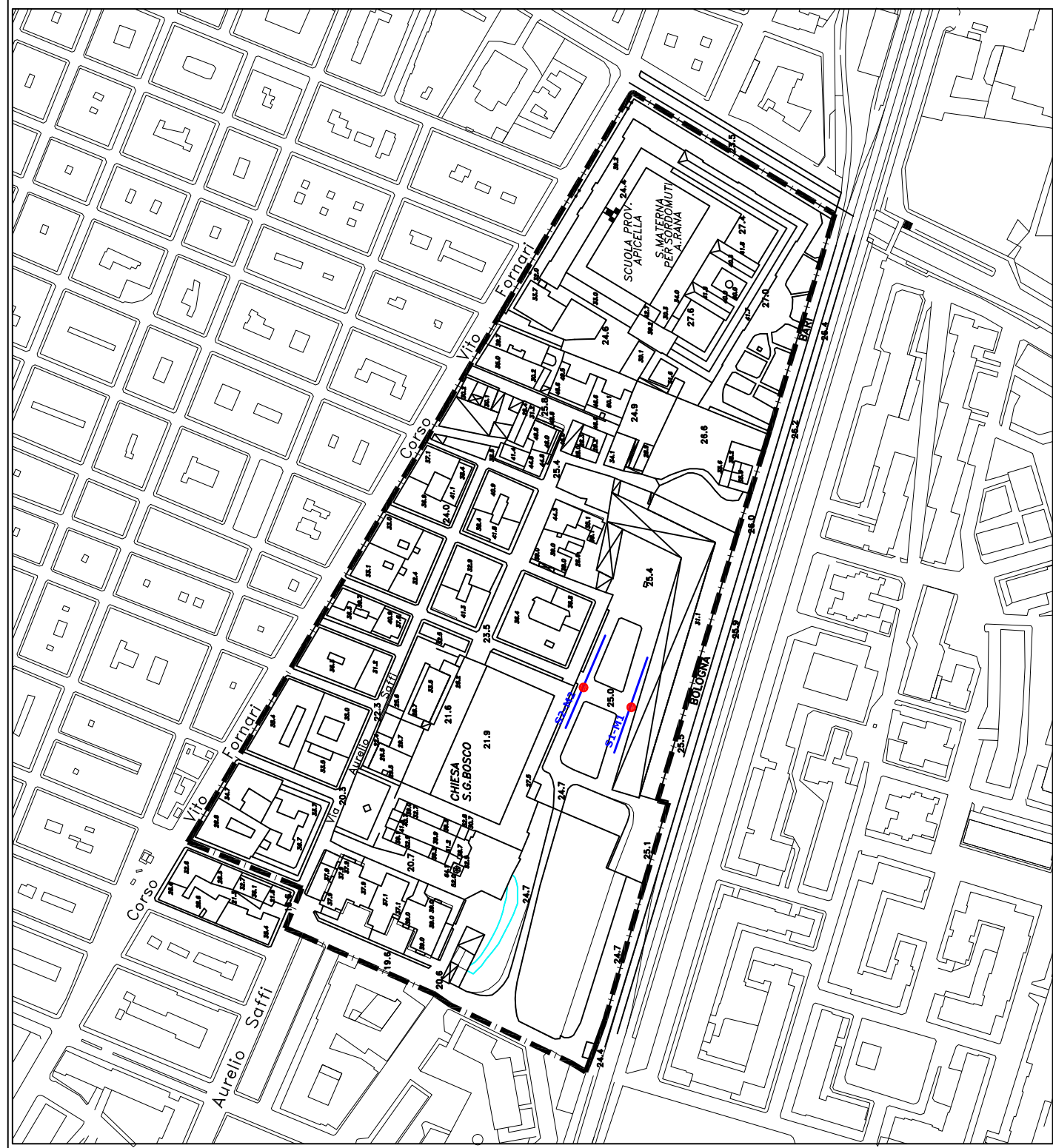
Per questo tipo di indagine, come per l'indagine MASW, è stato utilizzato un sismografo della PASI, modello "16SG12, con acquisizione computerizzata dei dati, durata dell'acquisizione pari a 128 msec e frequenza di campionamento di 250 µsec.

E' stata utilizzata una sorgente del tipo "mazza battente" di peso pari a 10 Kg, ad impatto verticale su piastra per la generazione delle onde longitudinali P.

In fase di acquisizione, sono stati sommati sismogrammi dopo 4-5 battute, al fine di migliorare il rapporto segnale/rumore.

I 2 profili sismici di tipo MASW sono stati eseguiti nelle stesse aree investigate mediante indagine sismica a rifrazione; essi sono stati condotti utilizzando 12 geofoni aventi frequenza pari a 4.5 Hz, con spaziatura geofonica pari a 1.5 metri e quindi lunghezza totale pari a 16.5 metri.

E' stato eseguito un singolo offset di scoppio pari a 2 metri, durata dell'acquisizione di circa 1 secondo e tempo di campionamento pari a 1 millisecondo.



■■■ PERMETRAZIONE P.P.
 ■■■ STENDIMENTI SISMICI
 S1-M1

TAV. 12: UBICAZIONE DEGLI STENDIMENTI SISMICI ESEGUITI NELL'AREA MERCATALE

5.4.3 Elaborazione indagini sismiche a rifrazione

Dai sismogrammi sperimentali sono stati letti i tempi di arrivo dei “first-break” attraverso l'utilizzo del software SISMOPC per la costruzione delle relative dromocrone (diagrammi tempo-distanza). L'interpretazione delle dromocrone è stata effettuata attraverso il software INTERSISM della Geo&Soft, utilizzando come tecnica di interpretazione il Metodo del Tempo Reciproco Generalizzato. E' stato possibile, così, ottenere le sezioni sismostratigrafiche dei profili e schematizzate di seguito.

SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA S1:

da m 0.00 a m -0.80 dal p.c.:

SISMOSTRATO A – $V_p \approx 600$ m/s;

da m -0.80 a m -4.50 dal p.c.:

SISMOSTRATO B – $V_p \approx 1800$ m/s;

da m -4.50 a m dal p.c.:

SISMOSTRATO C – $V_p \approx 2700$ m/s;

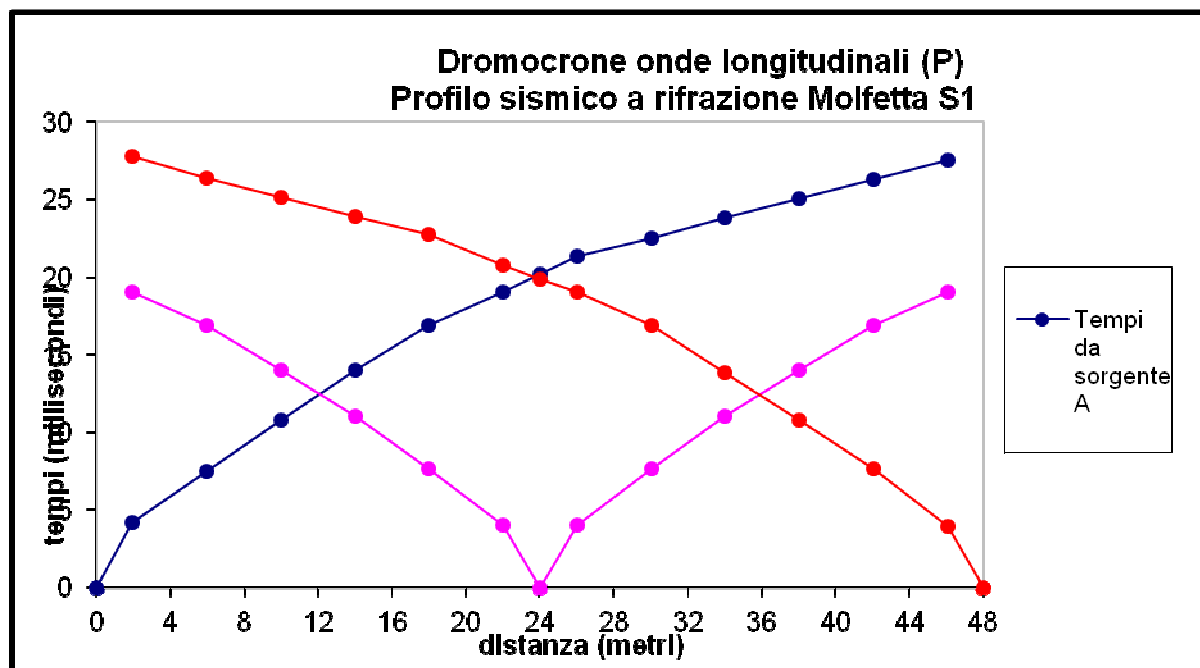


Fig. 28

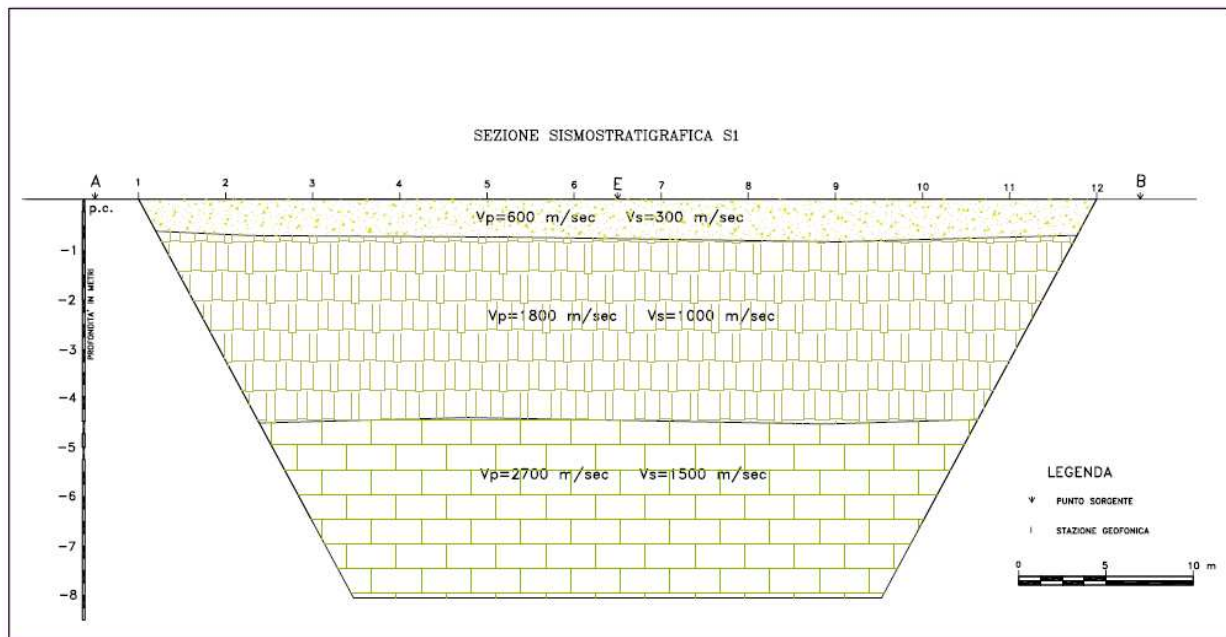


Fig. 29

SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA S2:

da m 0.00 a m -0.30 dal p.c.:

SISMOSTRATO A – $V_p \approx 620$ m/s;

da m -0.30 a m -4.00 dal p.c.:

SISMOSTRATO B – $V_p \approx 1700$ m/s;

da m -4.00 a m dal p.c.:

SISMOSTRATO C – $V_p \approx 2550$ m/s;

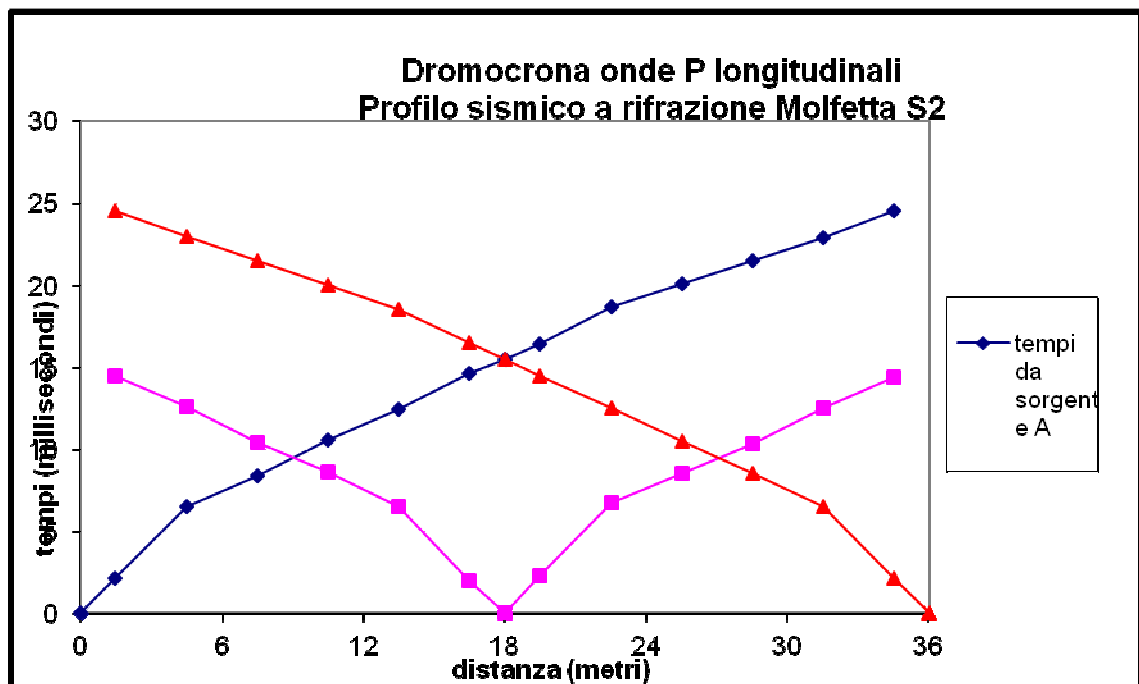


Fig. 30

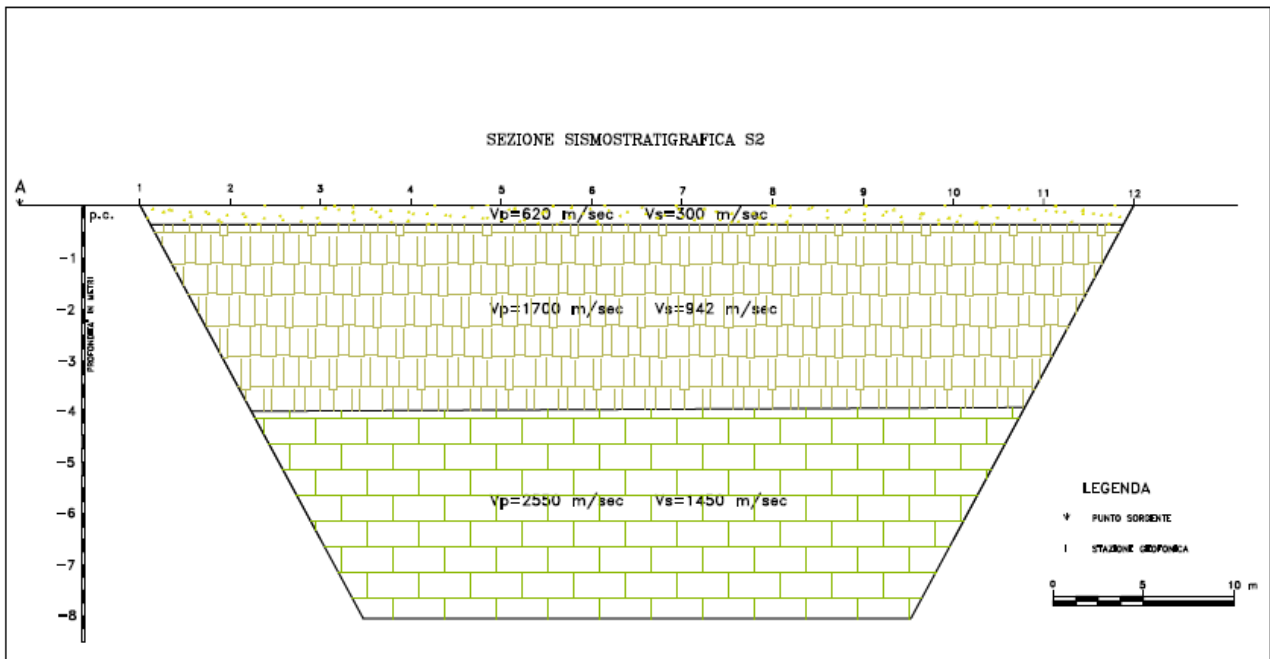


Fig. 31

Per i profili **S1-S2** sono stati rilevati 3 sismostrati:

- 1) **superficiale**, con $V_p < 800$ m/s e spessore variabile fra 0.30 m e 1.00 m, attribuibile al terreno vegetale;
- 2) **intermedio**, con V_p media compresa fra 1700 m/s e 1940m/s e spessore variabile fra 3.7 m e 45 m, attribuibile al basamento carbonatico avente discrete caratteristiche tecniche;
- 3) **profondo**, con V_p media superiore a 2000 m/s, attribuibile allo stesso litotipo carbonatico avente migliori caratteristiche tecniche.

I valori delle V_s sono stati ricavati dall'indagine sismica di tipo MASW, consentendo la determinazione dei principali parametri elastici, con E (modulo di Young), G (modulo di taglio) e K (modulo di incompressibilità) espressi in Kg/cm², mentre il modulo di Poisson rappresenta un numero adimensionale.

Il peso di volume (g/cm³) è stato ricavato da una relazione empirica che lega tale parametro alla velocità di propagazione delle onde P longitudinali, attraverso la relazione:

$$\gamma = 0.23V^{0.25}$$

dove γ è la densità espressa in g/cm³ e V è la velocità delle onde di tipo (longitudinali o di pressione) espressa in ft/s.

Qui di seguito si riportano le tabelle.

Tab. 19: Profilo sismico S1

Strato	Vp	Vs	Poisson	E	G	K	γ
1°	600	300	0.333	3752	1407	3752	1.532
2°	1800	1000	0.277	52534	20573	39225	2.016
3°	2700	1500	0.277	130810	51226	97672	2.231

Tab. 20: Profilo sismico S2

Strato	Vp	Vs	Poisson	E	G	K	γ
1°	620	300	0.347	3822	1418	4167	1.545
2°	1700	942	0.278	46015	17996	34616	1.988
3°	2550	1450	0.261	119018	47189	83025	2.200

5.4.4 Prospezione sismica di tipo MASW

Per la determinazione del parametro V_{s30} ovvero della velocità media di propagazione delle onde S nei primi 30 metri di profondità si ricorre all'analisi delle onde di Rayleigh, ossia onde di superficie generate dall'interazione tra onde di pressione (P) e le onde di taglio verticali (S_v) ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo.

In presenza di un semispazio non omogeneo la loro velocità presenta dipendenza dalla frequenza, provocando dispersione della loro energia.

La dispersione è la deformazione di un treno d'onde nel sottosuolo dovuta ad una variazione di velocità di propagazione al variare della frequenza; per le onde di Rayleigh questa deformazione non si manifesta all'interno di un semispazio omogeneo e isotropo ma solo quando questi presenta una stratificazione.

Nelle nuove metodologie sismiche d'indagine del sottosuolo si considerano le onde di superficie in quanto la percentuale di energia convertita è di gran lunga predominante rispetto alle onde P ed S; inoltre l'ampiezza di tali onde dipende da \sqrt{r} anziché da r (distanza dalla sorgente in superficie) come per le onde di volume.

La propagazione delle onde di Rayleigh, sebbene influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione anzitutto della V_s , che rappresenta un parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito.

L'analisi delle onde S mediante tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, che, a seguito di una trasformata di Fourier, restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio è possibile separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P, propagazione in aria ecc. Osservando lo spettro di frequenza è possibile evidenziare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della sua frequenza, come risultato del fenomeno della dispersione.

L'indagine sismica di tipo MASW presenta peculiarità rispetto alle altre classiche indagini sismiche per la caratterizzazione del sottosuolo, in particolar modo la sismica a rifrazione.

Infatti, contrariamente a quanto richiesto nell'indagine sismica a rifrazione, il segnale sismico acquisito nella tecnica MASW deve includere tutto il treno d'onda superficiale; pertanto la durata dell'acquisizione deve essere definita in modo da contenere tutto il segnale e non troncato nelle ultime tracce.

Per quanto concerne il tempo di campionamento, mentre nella sismica a rifrazione si utilizza un tempo di campionamento più basso per ricostruire con dettaglio i primi arrivi dell'onda sismica, nell'indagine sismica MASW è sufficiente un campionamento più ampio per ricostruire tutto il segnale sismico. Inoltre, lo stesso segnale viene acquisito senza applicazione di filtri e incrementi del segnale.

La tecnica MASW prevede l'utilizzo di una sorgente attiva per l'energizzazione (massa battente di peso pari a 10 Kg) e la registrazione simultanea di 12 o più canali, utilizzando geofoni a bassa frequenza. Infatti l'esigenza di analizzare con elevato dettaglio basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 20 Hz e corrispondenti a maggiori profondità d'investigazione) richiede la necessità di utilizzare geofoni ad asse verticale con frequenza di taglio non superiore a 4,5 Hz.

L'indagine sismica di tipo MASW è principalmente finalizzata alla determinazione del parametro V_{s30} più che alla ricostruzione sismo-stratigrafica del sottosuolo; in questa tecnica d'investigazione la lunghezza dello stendimento non rappresenta un parametro direttamente correlabile alla profondità d'investigazione in quanto viene eseguita un'analisi spettrale del segnale sismico acquisito.

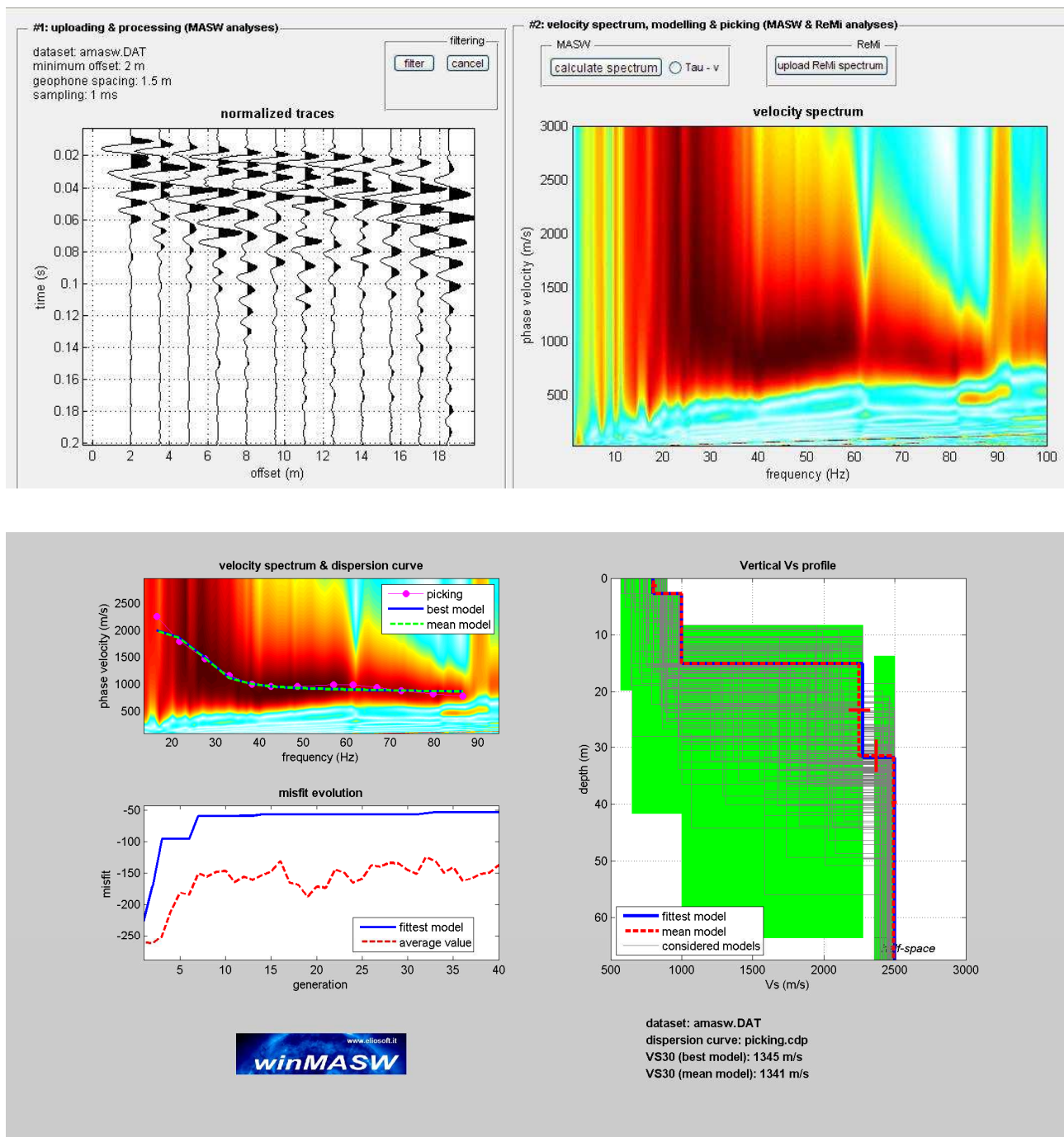
In tal caso, la profondità d'investigazione dipende principalmente dal contenuto in frequenza del segnale prodotto dalla sorgente sismica e dalle caratteristiche sismiche di sito, quali numero di strati, velocità di propagazione delle onde P ed S e dalla densità.

5.4.1 Elaborazione indagine sismica di tipo MASW

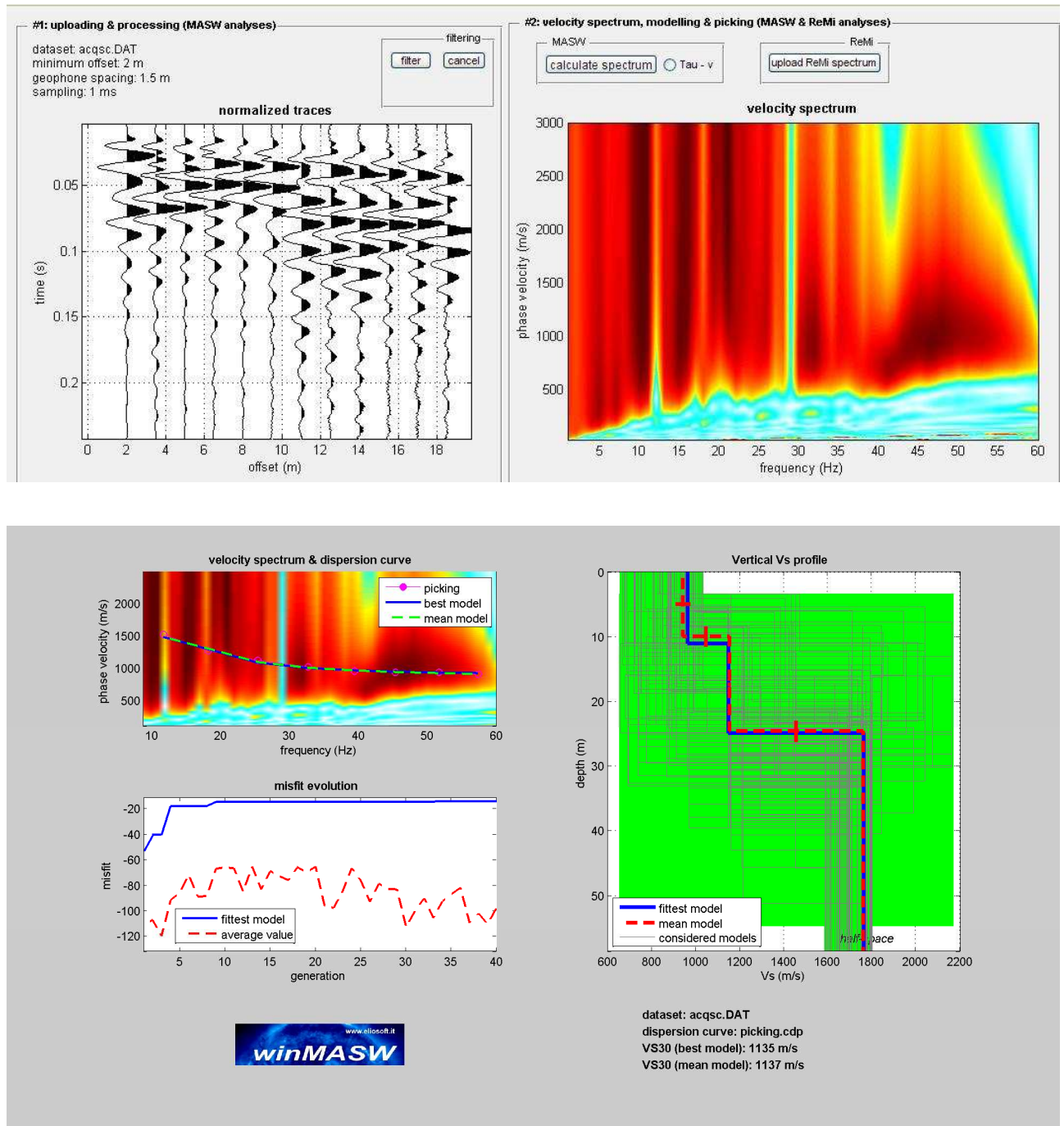
La fase di elaborazione si sviluppa in due fasi:

- 1) determinazione della curva di dispersione e la valutazione dello spettro di velocità;
- 2) inversione della curva di dispersione interpretata, mediante picking di un modo dell'onda di Rayleigh e successiva applicazione di algoritmi genetici.

La sovrapposizione delle curve teoriche e sperimentali fornisce un parametro abbastanza indicativo sull'attendibilità del modello geofisico risultante. Per l'inversione dei dati sperimentali è stato utilizzato il software WinMasw 4.3 della EliaSoft. Il sismogramma, la curva di dispersione sperimentale e la relativa sezione elaborata del profilo sono mostrate nelle figure che seguono.. In particolar modo, nella figura in alto è mostrato il sismogramma sperimentale e la curva di dispersione, mentre nella figura in basso la stessa curva di dispersione con il relativo picking dei modi dell'onda di Rayleigh e il profilo verticale dell'onda S.



**FIG. 32: ELABORAZIONE MASW
 PROFILO M1**



**FIG. 33: ELABORAZIONE MASW
 PROFILO M2**

La V_{s30} stimata per i profili S1- S2 è superiore a 800 m/s, inserendo il terreno di fondazione in categoria A - “Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m”.

5.5 Conclusioni sulle indagini condotte

L'indagine sismica condotta nell'area mercatale è consistita nell'esecuzione di stendimenti sismici a rifrazione e di tipo MASW, al fine di determinare, da un punto di vista dinamico, le proprietà dei litotipi presenti, di definire un modello sismo-litostratigrafico e di caratterizzare da un punto di vista sismico il sottosuolo investigato, come richiede la normativa vigente.

Il modello sismo-litostratigrafico risultante evidenzia la presenza di 3 sismo-strutture aventi velocità crescente con la profondità.

Da un punto di vista litologico tali sismo-strutture possono essere riferite alla presenza dello strato di terreno vegetale in superficie ($V_p < 800$ m/s), ad un basamento carbonatico variamente fratturato ($1700 < V_p < 2000$ m) intermedio e allo stesso basamento carbonatico avente migliori caratteristiche meccaniche ($V_p > 2000$ m/s) profondo.

Da un punto di vista sismico i terreni investigati ricadono in categoria A, ossia aventi $V_s > 800$ m/s.

Contestualmente sono stati definiti i principali parametri dinamici (densità, modulo di Young, coefficiente di Poisson, modulo di taglio, modulo di incompressibilità) dei litotipi investigati.

6. Pluviometria

I dati delle precipitazioni medie disponibili, coprono un periodo di osservazione che va dal 1921 al 1980 (“Precipitazioni in Puglia: mappe stagionali” di G. Zito & G. Cacciapaglia).

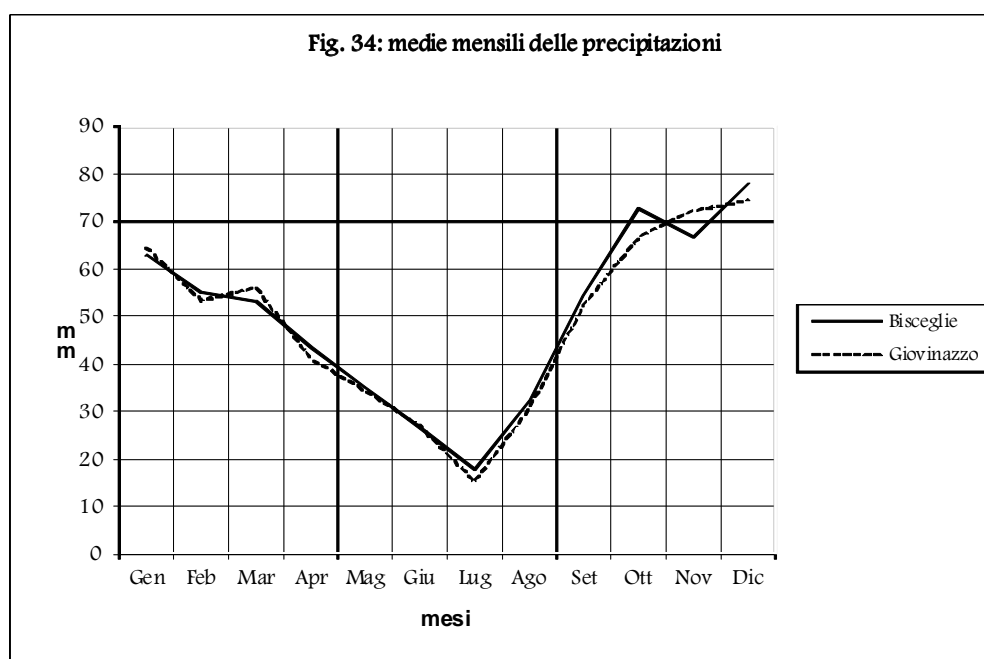
Nella tabella 21 e nella figura 34 si riportano le medie mensili ed annuali delle precipitazioni relative alle stazioni di osservazione di Bisceglie (16 m. s.l.m.) e di Giovinazzo (13 m. s.l.m.) essendone Molfetta priva.

I valori riscontrati sono del tutto confrontabili (vedi figura); il valore medio delle precipitazioni annue è rispettivamente di 598.1 mm e di 588.3 mm per Bisceglie e Giovinazzo.

I massimi delle precipitazioni mensili sono concentrati nel quadrimestre Ott. – Gen., mentre i minimi occorrono nel mese di luglio.

Tab. 21: Medie Mensili e annuali delle precipitazioni (anni di osservaz.1921-1980)

Staz.	Quota (m)	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	anno
Bisceglie	16	62.8	54.9	53.1	43.5	35.2	26.6	17.8	32.5	54.4	72.8	66.6	77.9	598.1
Giovinazzo	13	64.5	53.4	56.0	41.2	34.4	27.0	15.3	30.6	52.5	66.7	72.2	74.5	588.3

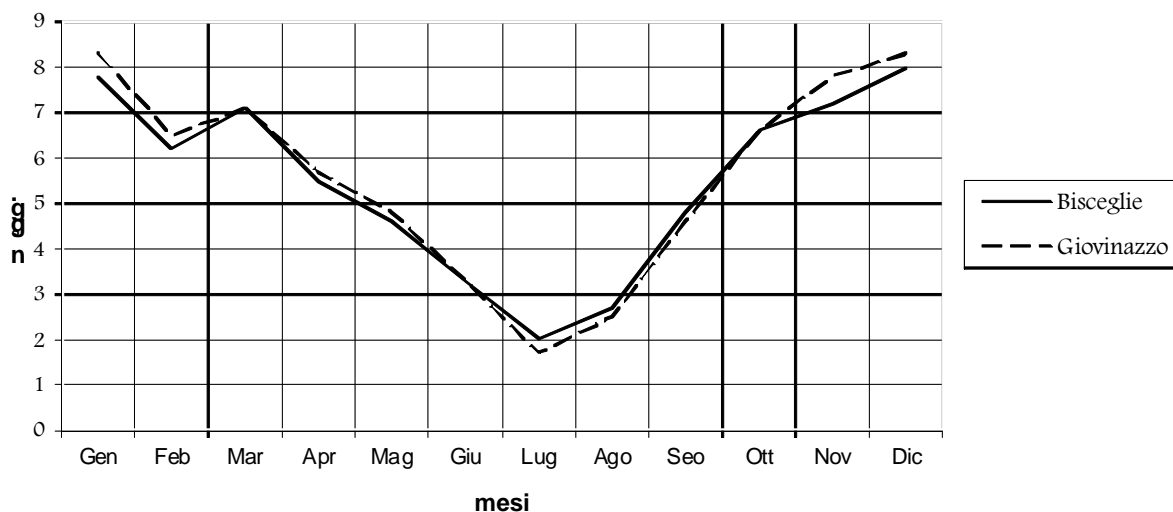


Nella tabella 22 e nella figura 35 seguente, invece, si riportano le medie mensili ed annuali dei giorni piovosi relative alle stesse stazioni di osservazione. La media annua dei giorni piovosi varia da 65.8 per la stazione di Bisceglie a 67.2 gg. per quella di Giovinazzo (il 18 % riferito all'intero anno). Nel mese di luglio si hanno i valori minimi (2.0 e 1.7); il regime di tali piogge riveste un carattere temporalesco (per ciascun evento cadono dagli 8.0 ai 9.0 mm. di acqua). I valori massimi si hanno nel mese di dicembre per entrambe le stazioni .

Tab. 22: Medie Mensili e annuali dei giorni piovosi (anni di osservaz.1921-1980)

Staz.	Quota (m)	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	anno
Bisceglie	16	7.8	6.2	7.1	5.5	4.6	3.3	2.0	2.7	4.8	6.6	7.2	8.0	65.8
Giovinazzo	13	8.3	6.5	7.1	5.7	4.8	3.3	1.7	2.5	4.6	6.6	7.8	8.3	67.2

Fig. 35: medie mensili dei gg. piovosi



L'andamento annuale è piuttosto regolare.

Nella zona in esame, il regime pluviometrico è di tipo mediterraneo con estati calde ed inverno freddo-umido. Le precipitazioni sono rilevanti nel periodo tardo-autunnale ed invernale; prolungata siccità, salvo sporadici rovesci di notevole intensità e breve durata, nel corso del periodo estivo.

7. Studio Idrologico

Per la ricerca della curva segnalatrice di possibilità pluviometrica, sono stati presi in considerazione i dati della pioggia relativi alla stazione pluviometrica di Giovinazzo, la più vicina di quelle prese in considerazione dal servizio idrografico del Genio Civile. Tenuto conto che dopo l'intervento la zona sarà costituita in gran parte da rivestimento impermeabile (strade, parcheggi, marciapiedi e coperture di fabbricati) ed in minima parte di superfici parzialmente permeabili (zone a verde), si dovrà tener conto delle piogge di massima intensità che si sono verificate nel corso degli anni. Per tale scopo sono stati elaborati i dati pluviometrici di massima intensità per 1, 3, 6, 12 e 24 ore dal 1960 al 1996 (anni 36), con il metodo di Gumbel (tab. 23). Tali dati sono stati suddivisi a seconda della durata di pioggia di 1, 3, 6, 12 e 24 ore e per ciascuna durata sono stati calcolati il valore medio $m(h)$ e lo scarto quadratico medio $s(h)$.

Anno	1h	3h	6h	12h	24h
1960	19,0	32,2	36,0	44,8	47,8
1961	24,4	33,0	46,2	48,2	66,8
1962	26,0	27,8	28,4	40,6	56,4
1963	24,4	25,0	28,4	35,2	48,6
1964	58,8	64,4	64,4	64,4	68,8
1965	26,2	34,4	36,8	44,2	58,2
1966	28,0	31,6	36,2	36,8	38,4
1967	13,6	19,8	22,4	27,2	44,8
1968	76,6	77,8	77,8	86,0	96,4
1969	38,4	45,8	45,8	53,6	53,6
1970	18,4	23,8	28,6	34,0	40,0
1971	49,6	49,8	49,8	74,8	84,0
1972	32,0	39,0	65,0	98,0	108,4
1973	22,8	27,4	34,6	37,2	61,4
1974	16,0	20,2	34,2	38,4	38,4
1975	17,0	20,8	31,0	35,2	51,2
1976	15,0	30,4	39,8	42,0	51,8
1977	13,0	17,0	26,8	43,6	44,0
1978	15,2	26,4	30,6	34,4	39,2
1979	15,2	22,8	26,8	30,0	42,2
1980	17,2	24,2	32,4	42,4	57,6
1981	35,4	36,6	36,6	43,0	67,2
1982	22,4	33,4	38,0	43,4	48,2
1983	29,2	41,6	44,4	45,2	54,2
1984	28,4	39,6	43,2	46,2	62,2
1985	26,2	34,8	48,4	57,2	69,2
1986	16,6	22,0	23,6	30,0	32,4
1988	19,0	24,0	36,2	36,8	43,0
1989	24,6	24,6	24,6	24,6	31,6
1990	19,2	30,2	53,0	67,6	74,0
1991	26,2	33,4	40,2	53,0	64,0
1992	19,4	25,0	35,2	51,0	61,2
1993	18,4	19,0	24,6	28,0	35,0
1994	31,0	46,4	46,4	46,4	54,0
1995	24,2	27,0	31,8	56,0	78,6
1996	35,8	38,2	48,0	58,8	69,2
v.m.	26,189	32,483	38,783	46,617	56,722
scarto	12,893	12,490	12,260	15,870	17,118

Tab. 23

Secondo questo metodo si ipotizza una legge di distribuzione delle variabili aleatorie, quali sono i dati relativi agli eventi piovosi del tipo doppio esponenziale:

$$- e^{-\alpha(x-\beta)}$$

$$(*) \quad P(z) = e$$

con:

x = grandezza delle variabili aleatorie;

α = estremo atteso;

β = intensità di funzione;

e = base dei logaritmi neperiani.

Introducendo la variabile ridotta $z = \alpha(x-\beta)$, la (*) diventa:

$$- e^{-z}$$

$$(**) \quad P(z) = e$$

Tale distribuzione è caratterizzata da avere la mediana pari a $\log z = 0,3665$, mentre il valore medio $m(z)$ e lo scarto quadratico medio $s(z)$ valgono.

$$m(z) = 0.5772$$

$$s(z) = 1.2830$$

Il metodo consiste nel determinare in metodi probabilistici un evento di pioggia che si suppone possa essere superato o al limite eguagliato solo per un certo arco di tempo. Tale intervallo è chiamato “tempo di ritorno T_r ” del massimo valore dell’evento preso in considerazione.

Ai fini pratici il tempo di ritorno di un dato evento, che sostanzialmente è l’inverso del “rischio idraulico”, determina la dipendenza del dimensionamento delle opere di progetto all’evento stesso ritenuto “probabile”.

In tal modo sono stati ricavati i valori relativi a tempi di ritorno rispettivamente di 5, 10, 20, 30, 50 e 100 anni, valori ottenibili dalle espressioni:

$$(1) \quad h = u - 1/\alpha \ln |\ln (T_r - 1 / T_r)|$$

in cui:

$$u = m(h) - 0,5772/a$$

$$a = 1,283/ s(h)$$

con:

$$m(h) = \sum_i h_i / N \quad \text{media delle } N \text{ osservazioni;}$$

$$s(h) = \sqrt{\sum_i [h_i - m(h)]^2 / (N-1)} \quad \text{scarto quadratico medio.}$$

Nella tab. 24 si riporta l’elaborazione di tali parametri per le differenti durate di pioggia.

valori	1h	3h	6h	12h	24h
m(h)	26,189	32,483	38,783	46,617	56,722
s(h)	12,893	14,490	12,260	15,870	17,118
m(z)	0,5772	0,5772	0,5772	0,5772	0,5772
s(z)	1,283	1,283	1,283	1,283	1,283
a = s(z) / s(h)	0,099511	0,088544	0,104649	0,080844	0,07495
b= m(z)/ a	5,800343	6,518806	5,515567	7,139645	7,701099
u= m(h) - b	20,3885	25,9645	33,2678	39,4770	49,0211

Tab. 24

Possiamo trasformare l’equazione (1) $h = a t^n$ (“equazione di possibilità pluviometrica”) nel piano logaritmico in una retta di equazione:

$$(2) \quad \log h = \log a + \log t$$

Regolarizzandone i risultati con il metodo dei minimi quadrati, risolvendo il sistema di equazioni, nelle incognite n ed a :

$$n \sum (\log t)^2 + \log a \sum (\log t) = \sum (\log t \times \log h) ;$$

$$n \sum (\log t) + m \log a = \sum (\log h)$$

dove m è il numero delle durate, pari a 5 e t è il tempo, espresso in ore.

Nelle **tabb. 25 a – b – c – d – e – f**, **26 e 27 a – b – c – d – e – f** si riportano le seguenti forme di possibilità pluviometrica per tempi di ritorno di 5, 10, 20, 30, 50 e 100 anni e per durate di pioggia t , le cui equazioni sono:

$$\text{Tr} = 5 \text{ anni} \quad h = 34,89 t^{0,204}$$

$$\text{Tr} = 10 \text{ anni} \quad h = 41,76 t^{0,19}$$

$$\text{Tr} = 20 \text{ anni} \quad h = 48,79 t^{0,176}$$

$$\text{Tr} = 30 \text{ anni} \quad h = 52,76 t^{0,17}$$

$$\text{Tr} = 50 \text{ anni} \quad h = 57,8 t^{0,163}$$

$$\text{Tr} = 100 \text{ anni} \quad h = 64,64 t^{0,156}$$

con h = altezza di pioggia in mm e t = tempo in ore.

Tempo di ritorno	5	5	5	5	5
Tr-1	4	4	4	4	4
(Tr-1)/Tr	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
$f = \ln(\text{Tr}-1)/\text{Tr}$	-0,223	-0,223	-0,223	-0,223	-0,223
c = val.ass. f	0,223	0,223	0,223	0,223	0,223
$\ln c$	-1,500	-1,500	-1,500	-1,500	-1,500
$d = (\ln c)/a$	-15,737	-16,941	-14,333	-18,554	-20,013
$h = u - d$	36,126	42,906	47,601	58,031	69,034

Tab. 25a

Tempo di ritorno	10	10	10	10	10
Tr-1	9	9	9	9	9
(Tr-1)/Tr	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
$f = \ln(\text{Tr}-1)/\text{Tr}$	-0,105	-0,105	-0,105	-0,105	-0,105
c = val.ass. f	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105
$\ln c$	-2,253	-2,253	-2,253	-2,253	-2,253
$d = (\ln c)/a$	-22,641	-25,445	-21,529	-27,868	-30,060
$h = u - d$	43,029	51,410	54,797	67,345	79,081

Tab. 25b

Tempo di ritorno	20	20	20	20	20
Tr-1	19	19	19	19	19
(Tr-1)/Tr	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
$f = \ln(\text{Tr}-1)/\text{Tr}$	-0,051	-0,051	-0,051	-0,051	-0,051
$\ln c$	-2,976	-2,976	-2,976	-2,976	-2,976
$d = (\ln c)/a$	-29,906	-33,610	-28,438	-36,811	-39,706
$h = u - d$	50,295	59,575	61,706	76,288	88,727

Tab. 25c

Tempo di ritorno	30	30	30	30	30
Tr-1	29	29	29	29	29
$f = \ln(\text{Tr}-1)/\text{Tr}$	-0,034	-0,034	-0,034	-0,034	-0,034
c = val.ass. f	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034
$\ln c$	-3,384	-3,384	-3,384	-3,384	-3,384
$d = (\ln c)/a$	-34,006	-38,218	-32,337	-41,858	-45,150
$h = u - d$	54,395	64,183	65,604	81,335	94,171

Tab. 25d

Tempo di ritorno	50	50	50	50	50
Tr-1	49	49	49	49	49
$(\text{Tr}-1)/\text{Tr}$	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
$f = \ln(\text{Tr}-1)/\text{Tr}$	-0,020	-0,020	-0,020	-0,020	-0,020
c = val.ass. f	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
$\ln c$	-3,902	-3,902	-3,902	-3,902	-3,902
$d = (\ln c)/a$	-39,212	-44,069	-37,286	-48,266	-52,061
$h = u - d$	59,600	70,033	70,554	87,743	101,082

Tab. 25e

Tempo di ritorno	100	100	100	100	100
Tr-1	99	99	99	99	99
$(\text{Tr}-1)/\text{Tr}$	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
$f = \ln(\text{Tr}-1)/\text{Tr}$	-0,010	-0,010	-0,010	-0,010	-0,010
c = val.ass. f	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
$\ln c$	-4,605	-4,605	-4,605	-4,605	-4,605
$d = (\ln c)/a$	-46,276	-52,008	-44,004	-56,961	-61,441
$h = u - d$	66,665	77,973	77,272	96,438	110,462

Tab. 25f

Durate di pioggia	1h	3h	6h	12h	24h
Tr = 5 anni	36,126	42,906	47,601	58,031	69,034
Tr = 10 anni	43,029	51,410	54,797	67,345	79,081
Tr = 20 anni	50,29468	59,575	61,70562	76,2885	88,72741
Tr = 30 anni	54,39471	64,18289	65,60435	81,33523	94,17102
Tr = 50 anni	59,60015	70,0331	70,55422	87,7426	101,0823
Tr = 100 anni	66,66467	77,97267	77,2719	96,43832	110,4618

Tab. 26

Equazione di possibilità pluviometrica (m = 5)					
Tr = 5 anni					
t (ore)	1	3	6	12	24
x = log t	0,000	0,477	0,778	1,079	1,380
g = sommatoria x	3,714				
k = log t ²	0,000	0,228	0,605	1,164	1,904
r = sommatoria k	3,901				
y = log h	1,557814	1,632513	1,677614	1,76366	1,839064
z = x * y	0	0,778872	1,305184	1,902989	2,537908
p = sommatoria z	6,524953				
q = sommatoria y	8,470666				
q * g	31,46005				
m*p = 5 * p	32,62477				
A = q*g - 5*p =	-1,16471				
g ²	13,794				
m*r = 5*r	19,505				
B = g ² - 5r	-5,7112				
n = A/B	0,203935				
n * r	0,79555				
C = p-nr	5,729403				
loga = C/g	1,54265				
a	34,89				
h = a tⁿ					
h = 34,89 t^{0,204}					
per cui si ha:					
Tc = 1h	h = 34,89mm				
Tc = 2h	h = 40,19mm				
Tc = 3h	h = 43,65mm				

Tab. 27a

Equazione di possibilità pluviometrica (m = 5)					
Tr = 10 anni					
t (ore)	1	3	6	12	24
x = log t	0,000	0,477	0,778	1,079	1,380
g = sommatoria x	3,714				
k = log t ²	0,000	0,228	0,605	1,164	1,904
r = sommatoria k	3,901				
y = log h	1,633763	1,711044	1,738755	1,828308	1,898072
z = x * y	0	0,816339	1,352752	1,972744	2,61934
p = sommatoria z	6,761175				
q = sommatoria y	8,809942				
q * g	32,72013				
m*p = 5 * p	33,80587				
A = q*g - 5*p =	-1,08575				
g ²	13,7938				
m*r = 5*r	19,505				
B = g ² - 5r	-5,7112				
n = A/B	0,190108				
n * r	0,741612				
C = p-nr	6,019562				
loga = C/g	1,620776				
a	41,76				
h = a tⁿ					
h = 41,76 t^{0,19}					
per Tc = 1h	h = 41,76 mm				
per Tc = 2h	h = 47,64mm				
per Tc = 3h	h = 51,45mm				

Tab. 27b

Equazione di possibilità pluviometrica (m = 5)					
Tr = 20 anni					
t (ore)	1	3	6	12	24
x = log t	0,000	0,477	0,778	1,079	1,380
g = sommatoria x	3,714				
k= logt ²	0,000	0,228	0,605	1,164	1,904
r = sommatoria k	3,901				
y = log h	1,701522	1,775064	1,790325	1,882459	1,948058
z = x * y	0	0,846883	1,392873	2,031173	2,68832
p = sommatoria z	6,959249				
q = sommatoria y	9,097428				
q * g	33,78785				
m*p = 5 *p	34,79624				
A = q*g - 5*p =	-1,0084				
g ²	13,7938				
m*r = 5*r	19,505				
B = g ² - 5r	-5,7112				
n = A/B	0,176565				
n * r	0,688779				
C = p-nr	6,27047				
loga = C/g	1,688333				
a	48,79				
		h = a tⁿ			
h = 48,79 t^{0,176}					
per Tc = 1h	h = 48,79m				
per Tc = 2h	h = 55,12mm				
per Tc = 3h	h = 59,2 mm				

Tab. 27c

Equazione di possibilità pluviometrica (m = 5)					
Tr = 30 anni					
t (ore)	1	3	6	12	24
x = log t	0,000	0,477	0,778	1,079	1,380
g = sommatoria x	3,714				
k= logt ²	0,000	0,228	0,605	1,164	1,904
r = sommatoria k	3,901				
y = log h	1,735557	1,807419	1,816933	1,910279	1,973917
z = x * y	0	0,86232	1,413574	2,061191	2,724006
p = sommatoria z	7,06109				
q = sommatoria y	9,244105				
q * g	34,3326				
m*p = 5 *p	35,30545				
A = q*g - 5*p =	-0,97284				
g ²	13,7938				
m*r = 5*r	19,505				
B = g ² - 5r	-5,7112				
n = A/B	0,17034				
n * r	0,664495				
C = p-nr	6,396595				
loga = C/g	1,722293				
a	52,76				
h = a t ⁿ					
h =52,76 t ^{0,17}					
per Tc = 1h	h = 52,76 mm				
per Tc = 2h	h = 59,36mm				
per Tc = 3h	h = 63,59 mm				

Tab. 27d

Equazione di possibilità pluviometrica (m = 5)					
Tr = 50 anni					
t (ore)	1	3	6	12	24
x = log t	0,000	0,477	0,778	1,079	1,380
g = sommatoria x	3,714				
k= logt ²	0,000	0,228	0,605	1,164	1,904
r = sommatoria k	3,901				
y = log h	1,775247	1,845303	1,848523	1,943211	2,004675
z = x * y	0	0,880394	1,438151	2,096724	2,766451
p = sommatoria z	7,181721				
q = sommatoria y	9,416959				
q * g	34,97459				
m*p = 5 *p	35,9086				
A = q*g - 5*p =	-0,93402				
g ²	13,7938				
m*r = 5*r	19,505				
B = g ² - 5r	-5,7112				
n = A/B	0,163541				
n * r	0,637974				
C = p-nr	6,543746				
loga = C/g	1,761913				
a	57,8				
		h = a t ⁿ			
h = 57,8 t ^{0,163}					
per Tc = 1h	h = 57,8 mm				
per Tc = 2h	h = 64,71mm				
per Tc = 3h	h = 69.13 mm				

Tab. 27e

Equazione di possibilità pluviometrica (m = 5)					
Tr = 100 anni					
t (ore)	1	3	6	12	24
x = log t	0,000	0,477	0,778	1,079	1,380
g = sommatoria x	3,714				
k= logt ²	0,000	0,228	0,605	1,164	1,904
r = sommatoria k	3,901				
y = log h	1,823896	1,891942	1,888022	1,98425	2,043212
z = x * y	0	0,902646	1,468881	2,141005	2,819633
p = sommatoria z	7,332165				
q = sommatoria y	9,631321				
q * g	35,77073				
m*p = 5 *p	36,66082				
A = q*g - 5*p =	-0,8901				
g ²	13,7938				
m*r = 5*r	19,505				
B = g ² - 5r	-5,7112				
n = A/B	0,155851				
n * r	0,607974				
C = p-nr	6,724191				
loga = C/g	1,810498				
a	64,64				
		h = a t ⁿ			
h = 64,64 t ^{0,156}					
per Tc = 1h	h = 64,64 mm				
per Tc = 2h	h = 72,02mm				
per Tc = 3h	h =76,72 mm				

Tab. 27f

8. Portate pluviali

L'Ordinanza Ministeriale n. 3184 del 22.03.2002 – art. 7, commi 3 e 5 – art. 8. Approvazione dei criteri, dei limiti di smaltimento e indirizzi per la programmazione ed attivazione degli interventi nel settore fognario e depurativo (“Piano Direttore”), definisce e distingue le acque di prima pioggia da quelle successive di dilavamento.

Le acque di prima pioggia sono definite come: *“le prime acque meteoriche di dilavamento fino ad un'altezza di precipitazione massima di 5 mm, relative ad ogni evento meteorico preceduto da almeno 48 h di tempo asciutto, uniformemente distribuite sull'intera superficie scolante”*. Per queste il calcolo è semplice.

Per quanto riguarda le altre acque successive a quelle di prima pioggia, le volumetrie di acqua relative alla portata di piena devono essere calcolate con un tempo di ritorno non inferiore a 5 anni.

Riferendosi al tempo di ritorno di 5 anni, i dati afferenti alla curva della pioggia sono:

$$a = 34.89 \text{ mm} = 0.0349 \text{ m};$$

$$n = 0.204;$$

I valori del coefficiente di afflusso sono punto di grande incertezza di calcolo. Variano con il clima, in funzione dell'evaporazione, con la natura del sottosuolo, con la pendenza dei terreni, con il loro grado di saturazione per precedenti piogge ecc. In pratica però si tiene conto solo della superficie, trascurando gli altri fattori. I valori, secondo lo schema analitico adoperato, sono quelli riportati nella seguente tabella.

Tab. 28

Superfici	valori di ϕ
Tetti, terrazze, pavimentazioni in asfalto	0.9 - 0.8
Lastricati ben connessi	0.8 - 0.7
Lastricati ordinari	0.7 - 0.5
Macadam e selciati	0.6 - 0.4
Superfici battute	0.3 - 0.15
Superfici non battute	0.2 - 0.1
Parchi, boschi, giardini, terre coltivate	0.1 - 0

Quindi si ha che il coefficiente di afflusso, commisurato ad un bacino di area $S = \sum S_i$,

è uguale a: $f = \sum (f_i * S_i) / \sum S_i$

Per il calcolo del volume d'invaso superficiale determinato dalle acque di pioggia si fa riferimento alla formula di Turazza:

$$u = 0,1157 (f * h) / t_c$$

con:

h = altezza di pioggia calcolata per $t_p = t_c$ (tempo di pioggia = tempo di corrivazione , essendo il tempo di corrivazione il tempo impiegato dall'acqua di pioggia a scorrere lungo tutto il tratto del bacino idrografico, nel caso di progetto della rete di fogna bianca) in mm,

f = coefficiente di afflusso medio;

t_c = tempo di corrivazione espresso in giorni.

Per zone e situazioni analoghe è stato utilizzato con successo un tempo di corrivazione pari a: **t_c = 1 h. = 1/24 = 0.0417 giorni**

La portata di massima piena, espressa in l/sec, sarà quindi:

$$Q_{\max} = u * S$$

con **S** = superficie del bacino, espresso in ha.

Tali acque dopo il trattamento andranno convogliate nella fogna bianca.

9. Criteri di progettazione in aree carsiche

Nelle aree sede di fenomeni erosivi di tipo carsico, i problemi nascono dalla difficile determinazione sia della disposizione, sia della forma e dimensioni di eventuali cavità presenti al di sotto del piano di posa delle fondazioni.

La continuità laterale e verticale della roccia non è comunque quasi mai verificata né regolare, per la presenza di zone a luoghi più allentate e fratturate che, talvolta, potrebbero reagire in modo difforme sotto l'aspetto geostatico.

Il confronto tra lo stato di fratturazione e lo sviluppo della rete carsica porta ad una caratterizzazione della roccia in sito che può essere ascritta al **GRADO III o IV** ("Valutazione geologico-tecnica degli ammassi rocciosi carsificati"; F. ZEZZA, 1976). Cioè si passa da ammasso mediamente carsificato (III grado) a quello molto carsificato (IV grado). La roccia è definibile come "scadente", con giunti di stratificazione interessati da manifestazioni di tipo carsico ed ancora caratterizzata dalla presenza di piccole cavità, a sviluppo essenzialmente verticale, collegate ai processi di erosione e di dissoluzione carsica.

Per questo tipo di roccia l'indice di qualità della roccia (**RQD**) è dell'ordine del 50 %.

Tenendo conto delle incertezze relative alla conoscenza precisa e puntuale del sottosuolo è necessario prevedere la possibilità di impiegare opportuni interventi che possono avere come obiettivo, o il miglioramento delle caratteristiche meccaniche della porzione di terreno all'interno della quale gli incrementi delle sollecitazioni, prodotti dall'opera in oggetto, sono significativi, ovvero il trasferimento di tali incrementi in zone più resistenti.

Questo riguarda la parte della palazzina che ricade sui calcari cretacei; discorso a parte sarà volto ad affrontare le peculiarità geologiche e geotecniche della zona ricadente in corrispondenza del materiale alluvionale.

10. Aspetti geodinamici

Tutti gli aspetti precedentemente descritti si riferiscono solo a quelli geostatici. Rientrando il Comune di Molfetta nella zona sismica di 3^a categoria andranno altresì considerati gli aspetti geodinamici connessi al terreno.

I più importanti sono le caratteristiche del moto sismico nel suolo e la risposta dinamica della struttura e del terreno di fondazione. In proposito va segnalato che l'assenza di condizioni geostrutturali predisponenti all'evento (carta d'Italia del rischio sismico :studio effettuato dal CNR nell'ambito del progetto finalizzato Geodinamica) e la bassa sismicità assegnata al sito esclusivamente con criteri statistico-storici (come è noto l'inserimento è dovuto agli effetti indotti in zona dal grave sisma che ha interessato nel novembre 1980 le regioni limitrofe), permettono di affermare che la distanza epicentrale R è stata e, nel caso di eventi futuri, sarà in ogni caso piuttosto elevata (la zona più vicina classificata di 1^a categoria è il Gargano), ed in conseguenza, anche in caso di terremoti di grande magnitudo gli effetti saranno sicuramente modesti.

11. Descrizione delle costruzioni

Le strutture, destinate a civile abitazione, secondo quanto riportato al par. 2.4.2. del DM 14.01.2008 e cioè *Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali....omissis con vita nominale ≥ 50 anni* così come riportato nella tab. 2.4.I del sopraccitato DM.

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Inoltre in base a quanto riportato al par. 2.1 dell' EC7, la categoria geotecnica da attribuire alla struttura in esame è la categoria geotecnica 2.

“Questa categoria comprende tipi convenzionali di strutture e fondazioni, che non presentino rischi eccessivi oppure condizioni di sottosuolo o di carico non comuni o eccezionalmente difficili. Le strutture categoria geotecnica 2 richiedono dati geotecnici e analisi di tipo quantitativo per verificare che siano soddisfatti i requisiti fondamentali; possono essere, peraltro, adottate procedure di prova in sito ed in laboratorio, nonché di progetto di costruzione di tipo convenzionale.”

Questo giustifica la tipologia di analisi e studi effettuati per la determinazione delle caratteristiche di progetto del piano di sedime.

12. Input dei dati generali di calcolo

In questo paragrafo vengono forniti i dati necessari alla definizione delle caratteristiche principali dei diversi litotipi riscontrati, anche soprattutto in funzione delle risultanze emerse dalle indagini geofisiche eseguite.

Per quanto riguarda la categoria topografica (**par. 3.2.2 DM 14.01.2008**), così come riportato nella **tab. 3.2.IV**, i terreni in oggetto rientrano nella **T1** e cioè “superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”.

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

In mancanza di determinazioni più accurate, valide soprattutto per le costruzioni strategiche, per le componenti orizzontali del moto e per le categorie del terreno di fondazione, la forma spettrale sui sottosuoli viene modificata attraverso il coefficiente stratigrafico S_s , il coefficiente topografico S_t ed il coefficiente C_c che modifica il valore del periodo T_c . Questi sono calcolati mediante le espressioni fornite nella tab. 3.2.V, qui riportata, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Per tener conto delle condizioni topografiche ed in assenza di specifiche analisi di riposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T , riportati nella tab. 3.2.IV qui sotto riportata, in funzione delle categorie topografiche e dell'ubicazione dell'opera e dell'intervento.

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

13. Parametri geotecnici dei terreni

La valutazione dei parametri geotecnici del terreno di fondazione, è stata basata sulle caratteristiche litologiche e strutturali dell'ammasso roccioso, valutando il numero di fratture per metro (i), presenti nel terreno.

Sono state considerate le risultanze delle indagini sismiche condotte in sito e i risultati di prove di laboratorio condotte su materiali similari (come condizioni di fratturazione e carsismo) appartenenti alla formazione del "Calcere di Bari". Si riportano qui di seguito i parametri più significativi.

parametro	unità di misura	valore
γ_g peso specifico dei granuli	t/mc	2.70
γ peso di volume in laboratorio	“	2.60
n porosità l.s.	%	3.70
C grado di compattezza	-----	0.96
ϕ' angolo di attrito intergranulare	gradi	35
σ_r tensione di rottura per compressione	kg/cmq	500

Tab. 29: parametri fisico-meccanici (laboratorio).

I parametri ottenuti in laboratorio devono essere trasferiti in sito applicando dei coefficienti riduttivi che tengano conto dello stato di fratturazione, della presenza di materiale compressibile (terre rosse l.s.) e comunque, più in generale, di tutti i difetti strutturali e tessiturali della roccia.

I parametri geotecnici vanno oltremodo corretti tenendo presente lo “effetto scala” (Madhav & Rama Krishna, 1980).

Considerato che l'ammasso roccioso è interessato dalla presenza di piani di discontinuità, con frequenza degli stessi di **$i = 10$ piani/metro**, partendo dalla relazione proposta da Fissenko (1961), Manev & Avramova-Tacheva (1970), hanno correlato l'abbattimento dei valori di resistenza in funzione della frequenza delle discontinuità. Partendo da tale relazione si ottengono i parametri corretti in sito.

parametro	un. di misura	valore
γ_g peso specifico dei granuli	t/mc	2.70
γ peso di volume in sito	“	2.15
i piani di fratturazione	piani/metro	10
n' porosità in sito	%	20.4
C' grado di compattezza	---	0.80
σ_s tensione di rottura in sito	kg/cmq	11.22

Tab. 30 : parametri fisico-meccanici (in sito).

I calcari non possono essere considerati come praticamente indeformabili e pertanto si potrà fare riferimento ai seguenti parametri elastici:

μ	coefficiente di Poisson	adim.	0.35
E	modulo elastico statico in sito	kg/cmq	2.000

Pertanto dovendo schematizzare l'ambiente fondale si tratta di calcari fratturati e carsificati con giunti poco allargati e scarse terre rosse.

E' chiaro che in siffatto ambiente esiste la potenzialità del rinvenimento di piccole cavità merofossili. Queste risultano da tempo escluse dalla rete idrica sotterranea.

E' bene sottolineare il fatto come i materiali riempienti, in parte o totalmente le cavità, non possono considerarsi condizionanti ai fini della stabilità delle fondazioni.

Ciò in quanto il rapporto tra i moduli di deformazione dei materiali stessi rispetto ai moduli dei calcari incassanti è certamente non superiore ad 1/20. Questo significa che

la capacità portante del terreno di fondazione è garantita quasi esclusivamente dalle proprietà geomeccaniche della struttura calcarea incassante.

Per contro, ai fini della stabilità nel tempo delle cavità, gli stessi terreni possono svolgere una rilevante funzione di contenimento delle strutture disarticolate e di regolazione delle vie che l'acqua di infiltrazione può percorrere.

Per quanto concerne la soluzione dei calcoli progettuali, occorre tenere conto del concorso di due distinti aspetti : la stabilità a breve e a lungo termine dell'insieme roccia-fondazione-struttura.

Quantunque il problema non si presti a generalizzazioni e ad estrapolazioni, per il gran numero di parametri che lo governano, tuttavia la soluzione è riconducibile a modelli numerici di tipo elastico isotropo ed anisotropo, per i quali, può essere sufficiente l'uso in campo elastico lineare, specificando per i materiali la non-resistenza a trazione.

Le proprietà meccaniche sopra definite delle rocce carsificate sono condizionate non solo dallo stato di fratturazione ma anche dalla presenza dei materiali di riempimento e, in particolare, dalle terre rosse. Tali depositi possono assumere un andamento stratoide o lentiforme quando riempiono le cavità interstratali, si dispongono a guisa di filoni sedimentari variamente inclinati, quando colmano le cavità carsiche di tipo composto, più o meno ampie; formano infine, un insieme caotico con la roccia ospitante quando questa risulta particolarmente rilassata e carsificata.

La spinta anisotropia che caratterizza gli ammassi rocciosi carsificati si riflette, pertanto, sulle proprietà meccaniche che possono variare anche notevolmente, entro distanze assai brevi.

14. Tipologie fondali

Il terreno di sedime è costituito essenzialmente da sedimenti calcarei per cui non si pone il problema della resistenza almeno secondo il concetto della capacità portante.

Infatti, la rottura del terreno può avvenire, ma per altre cause che non il superamento della resistenza a taglio della roccia stessa. In tal caso, l'instabilità può manifestarsi per la presenza di cavità o fessure occupate da materiale di alterazione a comportamento argilloso e dalla presenza sotto il piano di sedime, della terra rossa.

Nella teoria precedentemente esposta vengono prese in considerazione tali eventualità e pertanto si spiega il notevole abbattimento subito dai parametri fisico-meccanici e soprattutto dalla resistenza a compressione.

Quindi nell'ipotesi di rottura del terreno per compressione monoassiale con contenimento laterale nullo ($\sigma_v \neq 0$ e $\sigma_h = 0$), per un coefficiente di sicurezza $\eta = 3$, la tensione di contatto massima risulta:

$$\sigma = \sigma_s / \eta = 11.22 / 3 = \mathbf{3.74 \text{ kg/cm}^2}$$

Le indagini geofisiche realizzate permettono di effettuare una serie di considerazioni.

Per la valutazione della massima sollecitazione trasmissibile al sedime, si è supposto che ad una profondità compresa tra il piano fondale e B (con B = larghezza di fondazione), si trovi una cavità che si sviluppi per il 20 % della larghezza di fondazione.

Considerando, pertanto, l'area compensata, il valore della massima sollecitazione di esercizio è :

$$\sigma_{amm} = \sigma \cdot A_c / A = 3.74 \cdot 0.80 / 1.00 = \mathbf{2.99 \text{ kg/cm}^2}$$

Sulla scorta di quanto sopra, si ritiene quale tipologia fondale più idonea quella costituita da fondazioni isolate con **plinti isolati** ovvero da un **reticolo di travi rovesce**.

Per la loro realizzazione si provvederà all'esecuzione di scavi a sezione ristretta, in corrispondenza dei singoli pilastri. La profondità da raggiungere sarà tale da incastrarli parzialmente e/o totalmente in roccia.

Si provvederà quindi alla regolamentazione del fondo scavo con messa in opera di magrone cementizio per uno spessore minimo di 10 cm, su cui realizzare il plinto vero e proprio.

Per effetto della realizzazione del piano interrato, dovrà essere asportato il terreno vegetale dello spessore di circa 50 cm (peso di volume di 1.40 t/mc) ed il materiale calcareo per uno spessore di circa 1.50 m (il piano interrato si attesterà a circa - 1.60 ml dall'attuale p.c. e si considera anche un parziale incasso delle strutture fondali), e pertanto il terreno di sedime risulta scaricato di :

$$\sigma_{sc} = \gamma_t \times 0.50 + \gamma_r \times 1.50 = 1.4 \times 0.5 + 2.15 \times 1.50 = \mathbf{3.92 \text{ t/m}^2}$$

pari a circa il 13 % delle sollecitazioni che saranno trasmesse al terreno.

15. Cedimenti

Quindi sono stati valutati i cedimenti massimi assoluti sempre nell'ipotesi di fondazione su terreno alla Winkler.

I *cedimenti allo spigolo* per fondazione rettangolare risultano:

$$W = \sigma * B / E_s * (1 - \nu^2) * I_w * 10^3 \quad \text{mm}$$

con:

W	valore assoluto del cedimento	mm
σ	tensione trasmessa al suolo	t/mq
B	dimensione significativa fondaz.	m
E_s	modulo elastico statico in sito	t/mq
ν	coefficiente di Poisson	adim.
I_w	coefficiente d'influenza	“

Quindi, nell'ipotesi di una fondazione a pianta rettangolare, con $B = 1.00$ m, che trasmetta al suolo una tensione di 3.00 kg/cmq, con $I_w = 1.70$ si ottiene :

Fondazione rigida

$$W = 2.16 \text{ mm (Schleicher)}$$

Una struttura intelaiata in c.a. con luce tra pilastri adiacenti media di 4.00 m, ammette un cedimento differenziale di :

$$\Delta W = 2 - 4/1000 \times 400 = 0.8 - 1.6 \text{ cm.}$$

compatibili con le strutture in progetto .

16. Sismicità dell'area

Il Comune di Molfetta è stato classificato, in base all'O.P.C.M. 3274 nella zona sismica di 3^a categoria, pertanto andranno altresì considerati gli aspetti geodinamici connessi al terreno. I più importanti sono le caratteristiche del moto sismico nel suolo e la risposta dinamica della struttura e del terreno di fondazione. In proposito va segnalato che l'assenza di condizioni geostrutturali predisponenti all'evento (carta d'Italia del rischio sismico: studio effettuato dal CNR nell'ambito del progetto finalizzato Geodinamica) e la bassa sismicità assegnata al sito esclusivamente con criteri statistico-storici (come è noto l'inserimento è dovuto agli effetti indotti in zona dal grave sisma che ha interessato nel novembre 1980 le regioni limitrofe), permettono di affermare che la distanza epicentrale R è stata e, nel caso di eventi futuri, sarà in ogni caso piuttosto elevata (la zona più vicina classificata di 1^a categoria è il Gargano), ed in conseguenza, anche in caso di terremoti di grande magnitudo gli effetti saranno sicuramente modesti. Si riporta in seguito la zonazione sismica del territorio nazionale ad opera dell'INGV ed inoltre la carta delle accelerazioni del suolo (INGV) in termini di frazioni di “g” (accelerazione di gravità), alle quali il suolo può essere sottoposto a seconda dell'area in cui ricade.

I nuovi criteri di caratterizzazione sismica locale, come accennato in premessa sono menzionati nel D.M. 14/01/08 “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni” ed entrati ufficialmente in vigore in data 05/08/09 a seguito della Circolare emessa dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e pubblicata su G.U. n. 187 del 13 /08/2009, per cui per maggiore chiarezza sulla caratterizzazione sismica locale in termini di accelerazione del suolo in caso di sisma, riporteremo in seguito uno stralcio tratto dal sito ufficiale dell’INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) in formato web-gis, in cui è possibile ulteriormente osservare la categoria di accelerazione sismica locale in cui il comune di Molfetta ricade; la quale da un’analisi cromatica della cartografia esaminata risulta < 0.025 g.

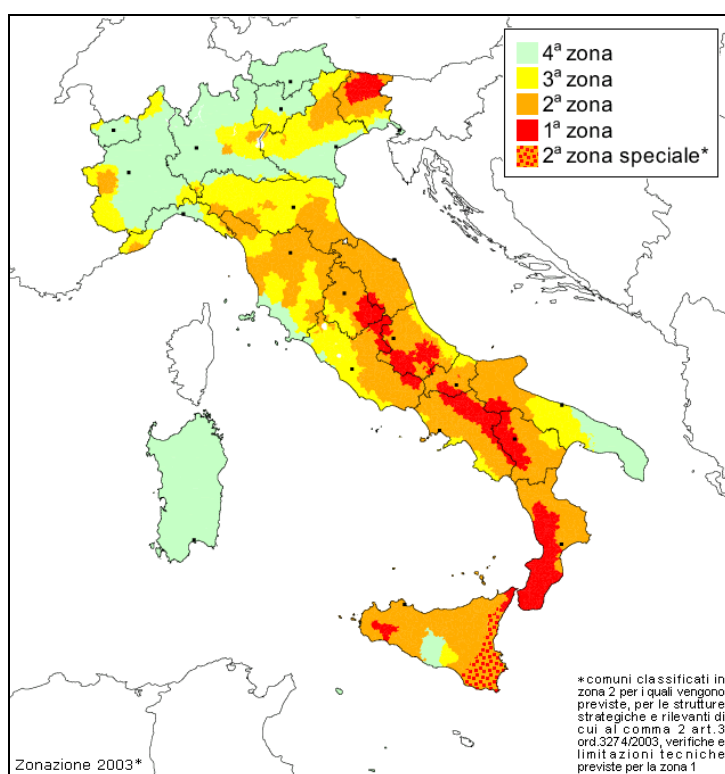


Fig. 36: Zonazione sismica del territorio nazionale

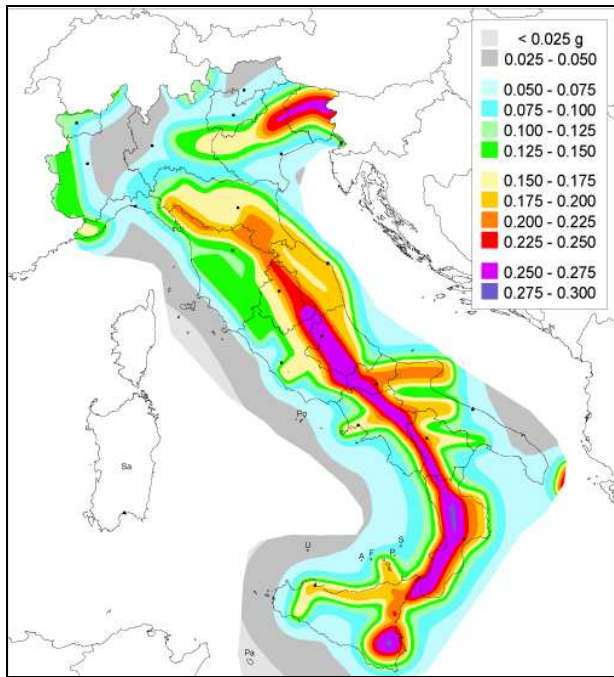


Fig. 37: Carta delle accelerazioni sismiche locali

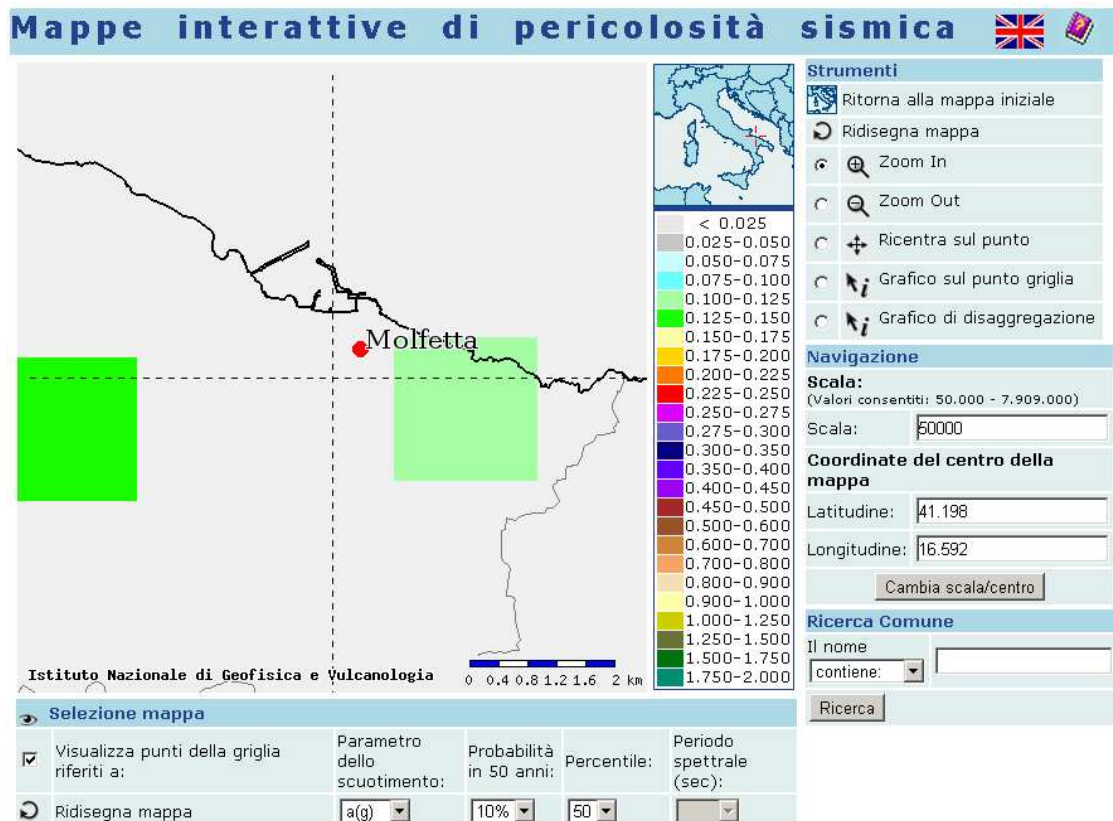


Fig. 38: Zonazione sismica nazionale (web-gis) in termini di accelerazione sismica locale

Sempre in riferimento alla succitata circolare e alle nuove Norme Tecniche è necessario inoltre caratterizzare il sito in funzione degli spettri di risposta sismica delle componenti orizzontali e verticali del suolo. Gli spettri di risposta sismica vanno

stimati in relazione ai differenti Stati Limite a cui un manufatto è potenzialmente sottoposto; tale stima è stata effettuata disponendo di un software fornito dal sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (www.cslp.it), il quale è strutturato in tre fasi per la valutazione degli spettri di risposta:

FASE 1 - Individuazione della pericolosità del sito (sulla base del progetto S 1 dell'INGV);

FASE 2 - Scelta della strategia di progettazione;

FASE 3 - Determinazione dell'azione di progetto.

Risulta chiaro che i dati di input al software sono scelti in funzione di diversi parametri, i quali dipendono direttamente da svariati aspetti come per esempio: dall'ubicazione del sito, dalla vita nominale del manufatto, dal coefficiente d'uso del manufatto, dalla tipologia di stato limite per cui si intende calcolare gli spettri di risposta elastica, dalla categoria di sottosuolo, dalla categoria topografica ed infine da aspetti di carattere strutturale dell'edificio (fattore di struttura).

Saranno pertanto di seguito riportate le relative schermate del software utilizzato da cui si potrà facilmente apprendere la fase di input dei dati per le tre FASI di lavoro e i relativi grafici riferiti agli spettri di risposta elastica, nonché tabelle in cui sono riassunti i principali parametri sismici locali.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate LONGITUDINE: 16.59194 LATITUDINE: 41.19808

☐ Ricerca per comune REGIONE: Puglia PROVINCIA: Bari COMUNE: Molfetta

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
 superficie rigata

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

Fig. 39

Nella schermata di input dei dati relativi alla FASE 1 si è preferito effettuare una individuazione del sito in funzione delle coordinate geografiche espresse in termini di latitudine e longitudine.

Nella seguente schermata relativa alla fase di input dei dati della FASE 2 è stata considerata una vita nominale della costruzione pari a 50 anni (cfr. par. 2.4.1 NTC 14/01/2008) e un coefficiente d'uso della costruzione pari a 1 in funzione della tipologia d'uso dell'edificio (cfr. par. 2.4.3 NTC 14/01/2008).

Sono riportati anche i relativi grafici.



Fig. 40

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

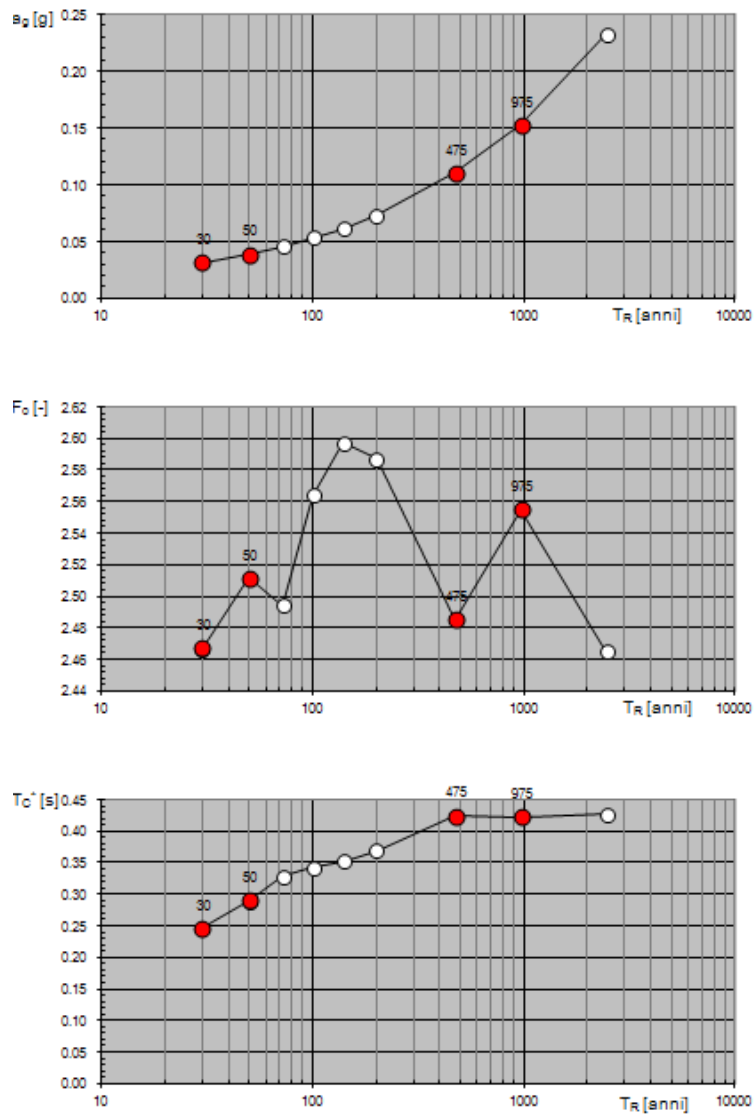


Fig. 41

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

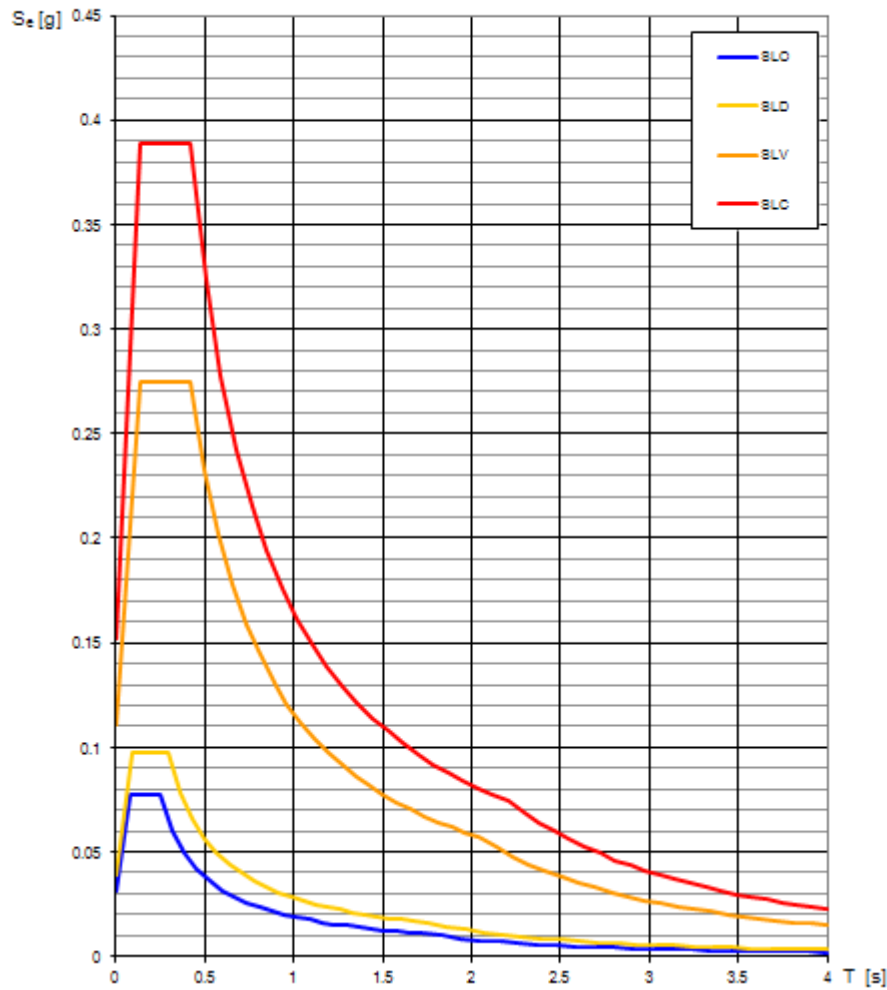


Fig. 42

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

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.031	2.467	0.247
SLD	50	0.039	2.512	0.290
SLV	475	0.110	2.485	0.424
SLC	975	0.152	2.555	0.423

Fig. 43

Nella successiva schermata relativa alla FASE 3 i parametri di input del software utilizzati consistono in una verifica in funzione dell'SLC (Stato Limite al Collasso, cfr. par. 3.2.1 NTC 14/01/2008), considerando una categoria di suolo di tipo A (cfr. par. 3.2.2 NTC 14/01/2008), una categoria topografica T1 (ossia con pendenze

inferiori a 15°, cfr. par. 3.2.2 NTC 14/01/2008), un fattore q_0 pari a 3,6 in funzione della tipologia costruttiva (cfr. par 7.3.1 NTC 14/01/2008), un fattore q pari a 1,5 (cfr. par 7.3.1 NTC 14/01/2008). Sono di seguito riportati anche i grafici dei corrispondenti spettri di risposta elastica relativi a tale verifica.

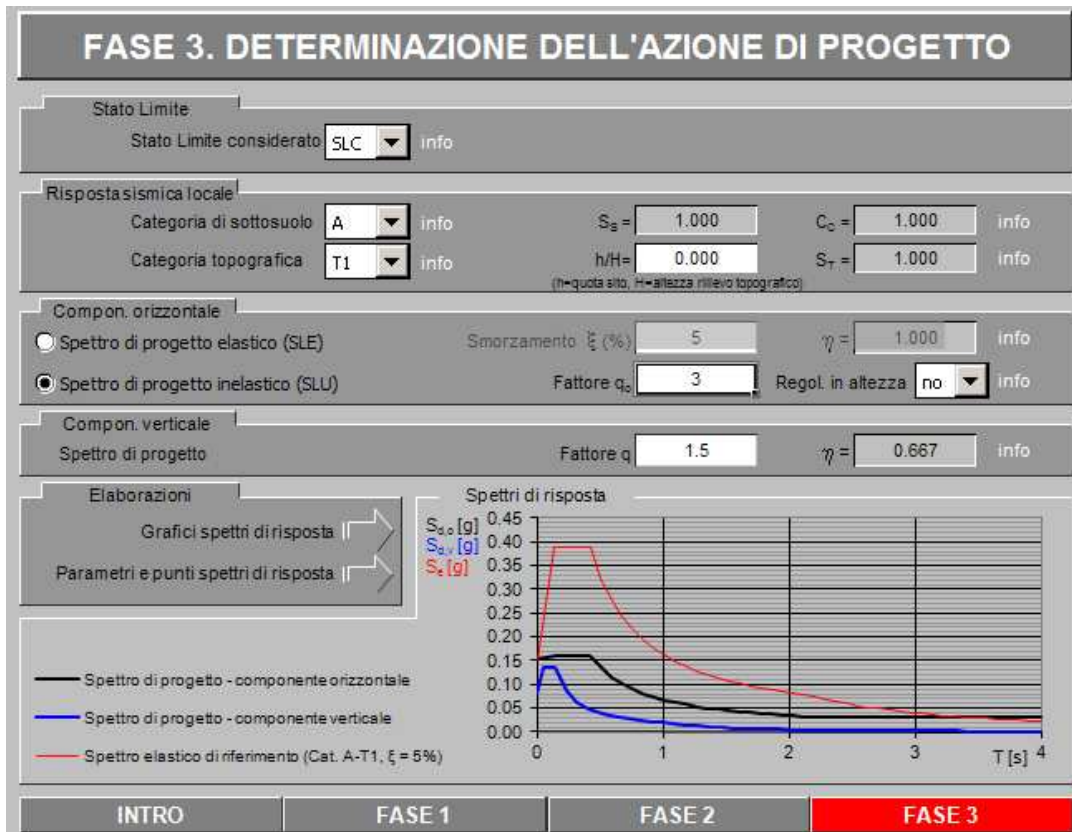
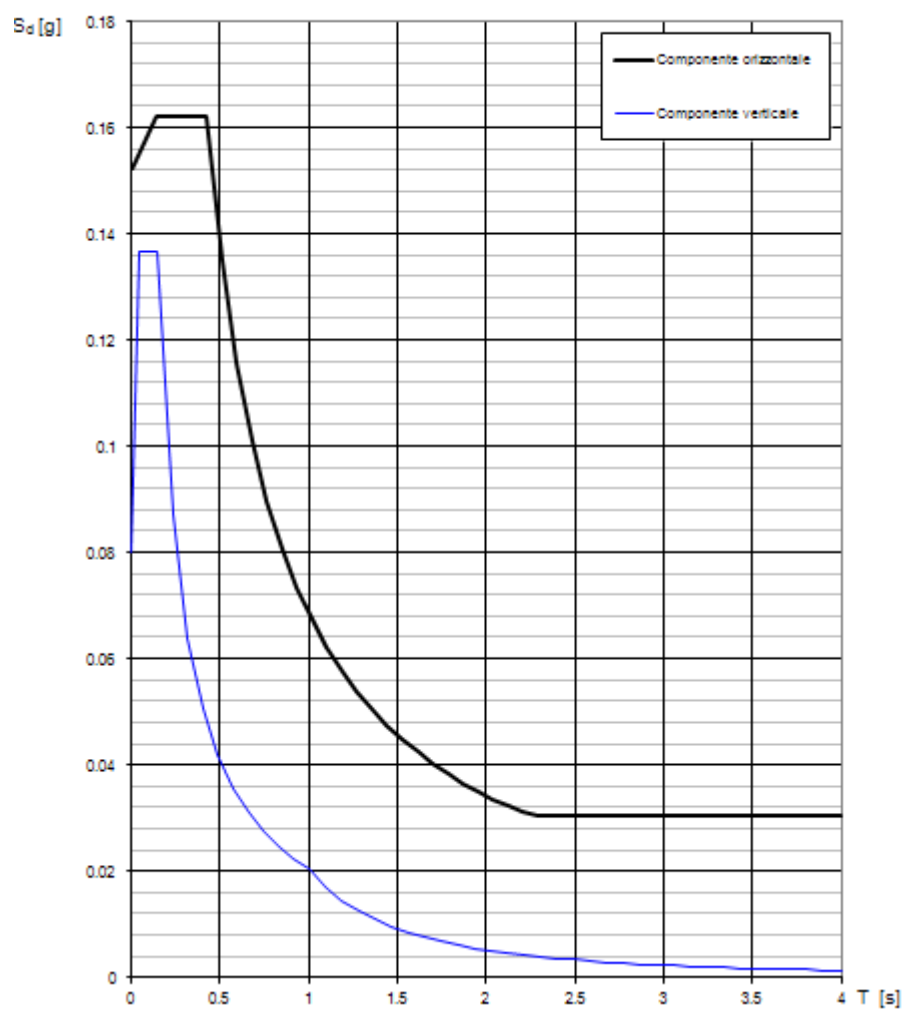


Fig. 44

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLC**Fig. 45**

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limSLC

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLC
a_g	0.152 g
F_o	2.555
T_c	0.423 s
S_s	1.000
C_c	1.000
S_T	1.000
q	2.400

Parametri dipendenti

S	1.000
η	0.417
T_a	0.141 s
T_c	0.423 s
T_D	2.209 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(S + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_a = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_c \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_c T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_a(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.152
T_a	0.141	0.162
T_c	0.423	0.162
	0.508	0.135
	0.593	0.116
	0.678	0.101
	0.763	0.090
	0.848	0.081
	0.933	0.073
	1.018	0.067
	1.103	0.062
	1.188	0.058
	1.273	0.054
	1.358	0.050
	1.443	0.047
	1.528	0.045
	1.613	0.042
	1.698	0.040
	1.783	0.038
	1.869	0.037
	1.954	0.035
	2.039	0.034
	2.124	0.032
T_D	2.209	0.031
	2.294	0.030
	2.379	0.030
	2.465	0.030
	2.550	0.030
	2.635	0.030
	2.721	0.030
	2.806	0.030
	2.891	0.030
	2.976	0.030
	3.062	0.030
	3.147	0.030
	3.232	0.030
	3.318	0.030
	3.403	0.030
	3.488	0.030
	3.574	0.030
	3.659	0.030
	3.744	0.030
	3.829	0.030
	3.915	0.030
	4.000	0.030

Fig. 46

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLC

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLC
a_{ov}	0.080 g
S_s	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	1.345
S	1.000
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.080
$T_B \leftarrow$	0.050	0.137
$T_C \leftarrow$	0.150	0.137
	0.235	0.087
	0.320	0.064
	0.405	0.051
	0.490	0.042
	0.575	0.036
	0.660	0.031
	0.745	0.027
	0.830	0.025
	0.915	0.022
$T_D \leftarrow$	1.000	0.020
	1.094	0.017
	1.188	0.015
	1.281	0.012
	1.375	0.011
	1.469	0.009
	1.563	0.008
	1.656	0.007
	1.750	0.007
	1.844	0.006
	1.938	0.005
	2.031	0.005
	2.125	0.005
	2.219	0.004
	2.313	0.004
	2.406	0.004
	2.500	0.003
	2.594	0.003
	2.688	0.003
	2.781	0.003
	2.875	0.002
	2.969	0.002
	3.063	0.002
	3.156	0.002
	3.250	0.002
	3.344	0.002
	3.438	0.002
	3.531	0.002
	3.625	0.002
	3.719	0.001
	3.813	0.001
	3.906	0.001
	4.000	0.001

Fig. 47

17. Modellazione sismica.

Premessa

La modellazione sismica del sito di costruzione è regolamentata dal paragrafo 6.2.2 delle NTC (DM 14.01.08) e dal paragrafo 6.2 della Circolare del 02.02.09 n. 617. Come riportato dalla suddetta normativa, 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 (di cat. A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PV_R , nel periodo di riferimento V_R .

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PV_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 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.

Categoria di sottosuolo

In assenza di un'analisi specifica sulla valutazione della risposta sismica locale, per definire l'azione sismica si può far riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III)

La classificazione della categoria di sottosuolo si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità 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.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

Tabella 3.2.III – *Categorie aggiuntive di sottosuolo.*

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Nell'area in esame, il calcolo del V_{s30} , basato sulle indagini sismiche a rifrazione e MASW riportate nella relazione geologica, è stato eseguito considerando il piano di appoggio delle fondazioni in corrispondenza dell'orizzonte calcareo, a circa 3.00 m dal p.c. Il valore ottenuto è di **1097 m/sec**, per cui in riferimento alla suddetta normativa, il terreno di fondazione rientra nella categoria di suolo di fondazione "A", trattandosi di formazione rocciosa caratterizzata da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, con una $V_{s30} > 800$ m/sec.

Condizioni topografiche

Nel nostro caso la configurazione topografica superficiale è semplice e rientra nella categoria **T1**.

Azione sismica

Il calcolo dei coefficienti sismici è stato eseguito considerando:

- superficie topografica pianeggiante: T1
- categoria sottosuolo: A
- classe dell'edificio: II, $C_U=1$
- vita nominale: $V_N \geq 50$ anni
- periodo di riferimento per l'azione sismica: $V_R = V_N \cdot C_U \geq 50$ anni

Conclusioni

L'area di sedime ha giacitura piano orizzontale e non è interessata da fenomeni di instabilità di alcun genere. Non sono attese evoluzioni fisiografiche dovute agli agenti erosivi, né sono previsti fenomeni di dissesto profondo per l'accertata natura geolitologica del sottosuolo. L'area, inoltre, non presenta, in superficie, scoli o canali e la falda freatica, a causa della permeabilità delle formazioni superficiali e per la presenza di intensa fratturazione dei calcari cretacei, si trova a notevole profondità, come risulta d'altronde da numerose trivellazioni realizzate nel territorio molfetese.

Il sito in epigrafe è esente da rischi di instabilità e di cedimenti permanenti causati da fenomeni di liquefazione o eccessivo addensamento in caso di sisma.

Pertanto, ai fini della definizione dell'azione sismica il profilo sismostratigrafico del terreno, associa quelli presenti alla **categoria A** e cioè: *“Formazioni litoidi o suoli omogenei caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 m”*.

Tenuto conto di quanto esposto nei precedenti paragrafi è necessario che per una corretta esecuzione delle fondazioni siano osservate le seguenti prescrizioni :

- asportare dal piano fondale le porzioni rocciose più fratturate ed allentate;
- eseguire la corretta pulizia degli scavi a sezione ristretta per l'esecuzione delle fondazioni;
- laddove si riscontrino sacche terrose sul piano ultimo di sbancamento, si consiglia di eseguire fiorettature di controllo per valutare la potenza di tali strati ed eventualmente intervenire con bonifiche parziali del sedime (spicconature ed allontanamento del materiale terroso che potrà essere sostituito con una maglia di ferri disposti a croce e con getto di cls Rbk 250).

Eventuali variazioni del dimensionamento delle strutture fondali potranno essere effettuate in sede di esecuzione degli scavi, in relazione a particolari situazioni litostratigrafiche locali.

Particolare attenzione dovrà essere posta alla regimentazione delle acque meteoriche che andranno convogliate, previo trattamento di grigliatura e disabbatura, in apposite condotte di fogna bianca ovvero smaltite sugli strati superficiali del sottosuolo.

L'indagine di cui alla presente nota riveste un carattere generale per cui non esaurisce l'obbligo di approfondire i problemi specifici dei singoli corpi di fabbrica, per cui, stante la particolare situazione geologico-strutturale riscontrata, è prescrittivo eseguire indagini preventive di tipo diretto o indiretto.

Allo stato non si riscontrano particolari condizioni di rischio idraulico, sismico, idrogeologico e geologico l.s. per cui non ci sono limitazioni alla realizzazione del progetto in parola.

Molfetta,

geologo

(geol. Ignazio L. Mancini)