



COMUNE DI BISCEGLIE

Provincia di B.A.T.



**Progetto di ritipizzazione e riqualificazione ai sensi della L.R. 12/2008 con la realizzazione di un bacino di laminazione, una struttura mercatale, parcheggi, aree a verde, strutture di interesse pubblico, alloggi per edilizia residenziale sociale, fabbricati per edilizia residenziale e negozi su Via Padre Kolbe, via Maiellaro e via san Nicola
Consiglio all'interno dell'ambito 4 del P.I.R.U.**

Fogli di mappa catastale n° 10 – 19

Relazione geologica

PROGETTISTI:

Ing. Pietro Consiglio

Arch. Giuseppe De Cillis

Ing. Mauro Pedone

GEOLOGO

geol. Antonio de Napoli



COMMITTENTE:

Consorzio Urbanistico Padre Kolbe

Terlizzi, ottobre 2024

Indice

1	Premessa	2
2	Progetto	5
3	Rischi geomorfologici	8
4	Morfologia	22
5	Geologia	29
6	Tettonica	32
7	Inquadramento idrogeologico	33
8	Piano indagini geognostiche	37
9	Parametri geotecnici	39
10	Pericolosità sismica di base	41
11	Correlazione tra radon e litologia	47
12	Conclusioni	56
	Indagini	58

1 - Premessa

La seguente relazione ha come oggetto lo studio geologico dell'area interessata dal progetto di rigenerazione urbana all'interno del "comparto 4" di zona S. Andrea del Comune di Bisceglie, giusta Delibera di Consiglio Comunale n. 07 del 14.01.2009 e n. 32 del 24.05.2010.

Detto progetto vuole ottenere la ritipizzazione di aree a standard in esubero ai sensi della L.R. 12/2008 prevedendo la realizzazione di Edilizia Residenziale Sociale oltre a dotare le aree interessate di attrezzature pubbliche necessarie al servizio della collettività, e integrando con proposta in variante urbanistica, prevedendo una struttura per servizi di natura commerciale mista alla residenza.



Fig. 1 – Ubicazione area di intervento

I suoli di intervento sono dislocati in diverse aree ricomprese nel predetto “comparto 4” del PIRU, in prossimità delle strade denominate via Padre Kolbe, via Maiellaro e via N. Consiglio.

Fogli	particelle
10	1859, 1860, 745, 808, 2611, 2612, 328, 528, 5533, 1353, 2696, 2697, 2698 e 2999
19	129, 331, 334, 321, 255, 263, 319, 744

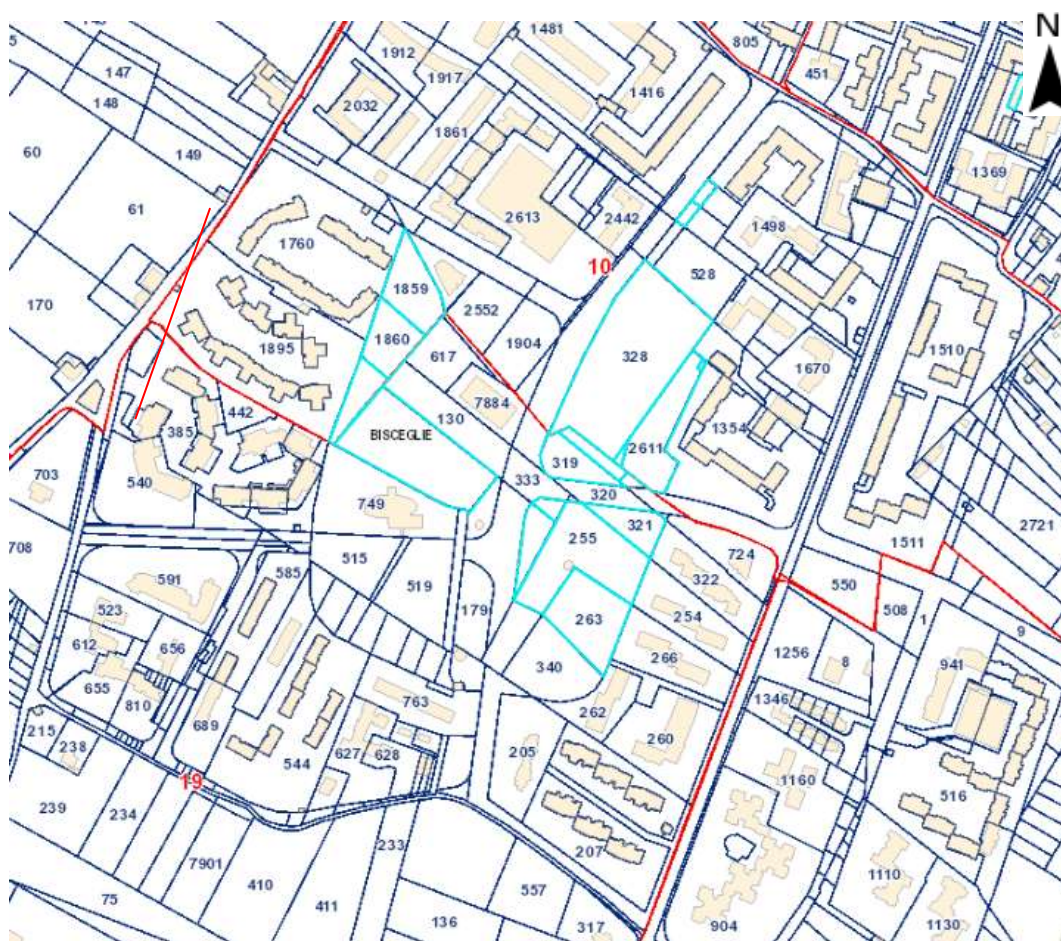


Fig. 2 – Ubicazione su base catastale, Fogli n° 10 e 19

L'indagine è intesa a verificare la fattibilità geologico-tecnica dell'opera e le eventuali problematiche di carattere idrogeomorfologico.

I dati di campagna sono stati integrati con le notizie reperite nell'ampia bibliografia specialistica esistente sulla zona. La presente relazione è stata redatta in ottemperanza alla vigente normativa urbanistica e sui terreni di fondazione, art. 89 del DPR 380/2001 e ss.mm.ii., DM 11.03.88, DM 14.01.08 DM 17.01.18 tenendo conto dell'O.P.C.M. n° 3274 del 20.03.03 e la DGR 02.03.04 n° 153, che inserisce il territorio di Bisceglie in zona sismica Z3.



Fig. 3 – Ubicazione aree interessate su ortofoto

2 - Progetto

Le aree oggetto di intervento di intervento sono collocate in prossimità della via Padre Kolbe in Bisceglie e rientrano nelle maglie nn. 103, 104 e 105 destinate dal PRG a standard urbanistico. Tali standard sono in esubero rispetto al minimo previsto dal DM 1444 e pertanto con il DPRU il Consiglio Comunale ne ha previsto la possibilità di rigenerazione urbana ai sensi della L.R. 21/2008 il PUG adottato ha confermato tali previsioni.

La superficie totale interessata dall'intervento è di circa mq 42134 di cui solo una parte sarà trasformata in area edificabile con relativo standard mentre alcune zone di proprietà comunale saranno solo ridefinite planimetricamente al fine di migliorarne la fruibilità.

Attualmente le aree oggetto dell'intervento si presentano spoglie, in forte stato di abbandono e in parte in forte stato di degrado.

Al contorno troviamo un mix di edilizia residenziale privata, fabbricati commerciali e opere di pubblica utilità, scuole, edifici per il terzo settore, una chiesa, un'area mercatale, un'isola ecologica e aree a verde attrezzato.



Le aree di intervento attualmente si presentano quasi tutte libere da qualsiasi costruzione tranne l'area ad angolo tra via padre Kolbe e via Maiellaro dove sarà realizzato il bacino di laminazione rimuovendo i ruderi di fabbricati in c.a. edificati circa 40 anni fa per un'opera che non ha mai visto la conclusione.

Fig. 4 – Stralcio PUG

denapoli



Fig. 6 – Visione prospettica

Il progetto di rigenerazione e sviluppo urbano sostenibile prevede i seguenti interventi:

- Attuazione di un Programma di Rigenerazione su proposta privata che interessa la maglia compresa tra via Sant'Andrea, Corso Dottor Sergio Cosmai, via Villa Frisari e il fascio ferroviario;
- Completamento delle opere di urbanizzazione secondaria da realizzarsi in aree a standard nella parte ovest dell'ambito e lungo via Padre Kolbe;
- Incentivazione alla sostituzione edilizia della maglia di completamento residenziale lungo il lato ovest di via Finizia e nella fascia a ridosso della linea ferroviaria, con contestuale valorizzazione e conservazione della villa Finizia ivi esistente;
- Riconversione delle aree occupate da attività produttive in dismissione o in contrasto ambientale, per la realizzazione di edilizia residenziale e servizi in maniera integrata;
- Possibilità di destinare a standard, da realizzarsi con fondi privati derivanti da premialità volumetriche, dell'area più orientale dell'ambito, ora destinata ad attività produttive, ma ineditata ed inappetibile;
- Interventi mirati alla riqualificazione degli spazi pubblici urbani e alla creazione di centralità nel quartiere Sant'Andrea.

3 - Rischi geomorfologici

Lo studio geomorfologico è stato eseguito secondo la seguente metodologia:

- Rilievo geologico
- Analisi carta idrogeomorfologica (AdB Puglia);
- Consultazione della cartografia *catasto grotte* (SIT Puglia);
- WebGIS Federazione Speleologica Pugliese;
- Elenco grotte (FSP).

Lo studio eseguito ha permesso di escludere la presenza di grotte, inghiottitoi, cavità naturali o antropiche, doline e voragini nell'area oggetto di studio, reticoli idrografici, rischi geomorfologici quali frane.

ELEMENTO	PRESENZA	RISCHIO
forme di modellamento di corso d'acqua	assenti	assenti
idrografia superficiale	assente	assente
rischio idraulico	assente	assente
bacini idrici (laghi, lagune, paludi, ecc.)	assenti	assenti
forme carsiche (doline, inghiottitoi, grotte, ecc)	assenti	assenti
rischio geomorfologico (frane, cedimenti)	assente	assente

Catasto grotte



Grotte e CA

- Grotte
- ▲ Cavita' artificiali

Grotte e CA (AGGIORNATO, LENTO)

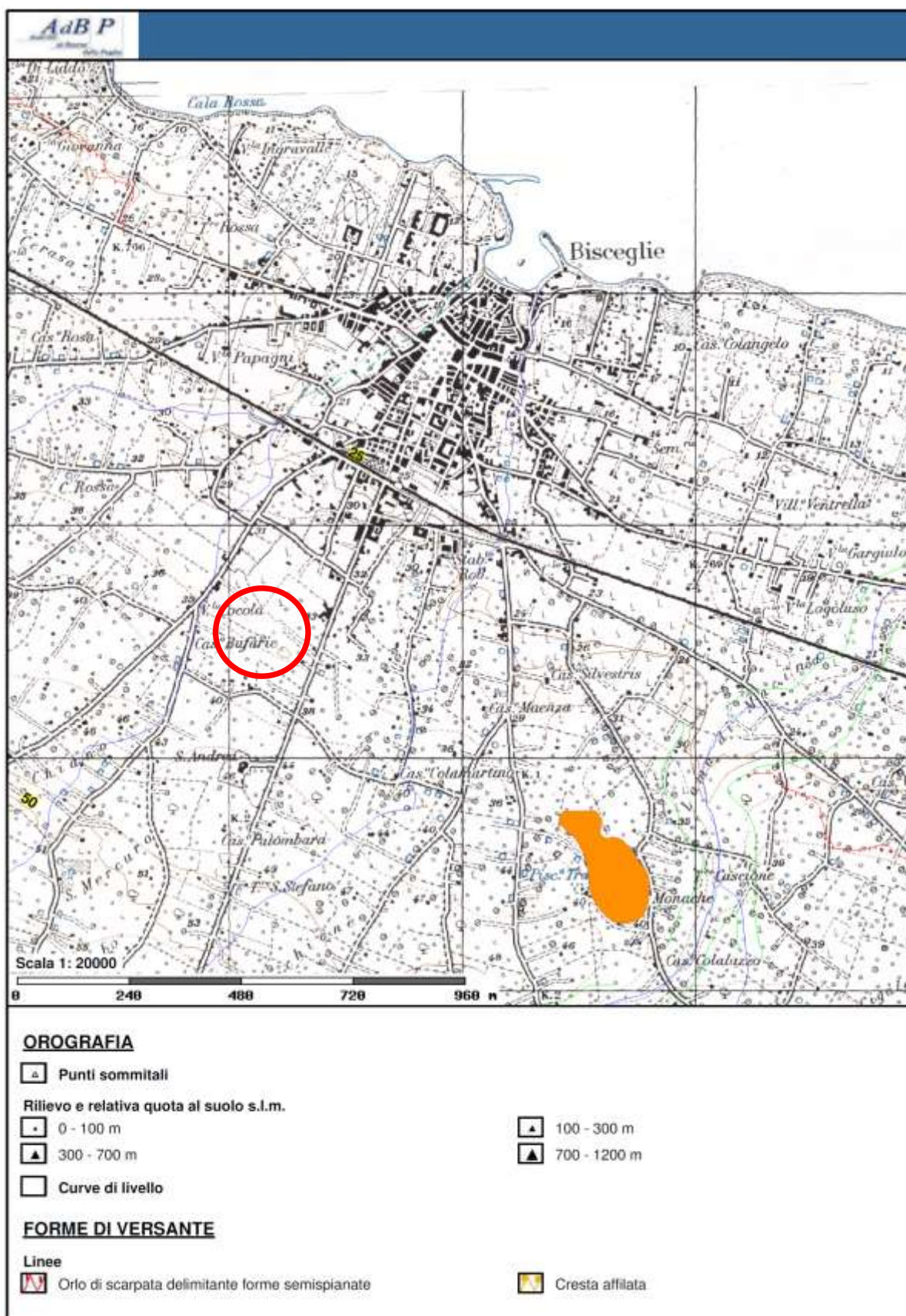
- Grotte
- ▲ Cavita' artificiali

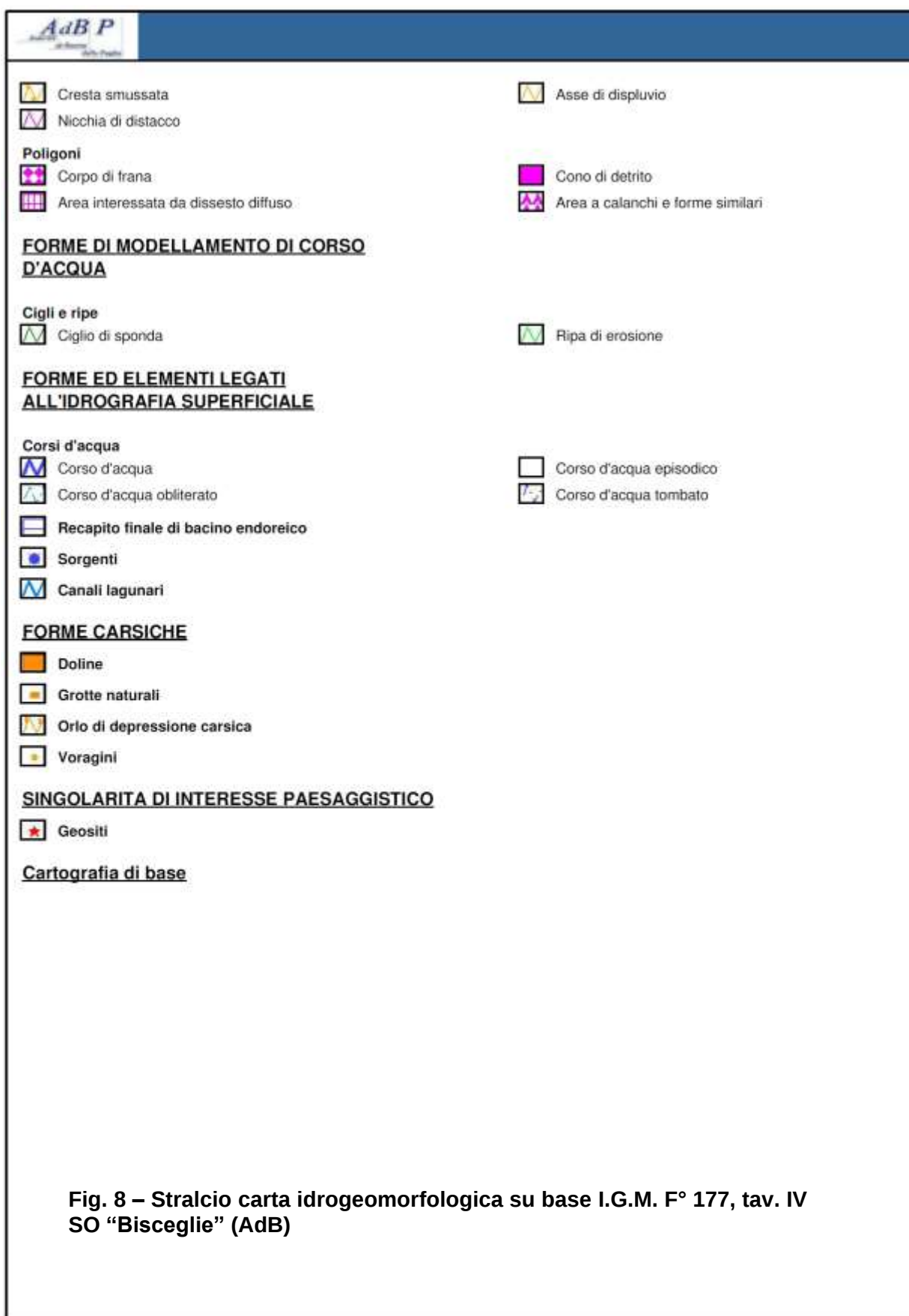
Grotte e CA INCOMPLETE

- Grotte
- △ Cavita' artificiali

Fig. 7 – Stralcio Carta catasto grotte e cavità artificiali (FSP)

Carta Idrogeomorfologica





Piano Tutela Acque - PTA

Con DCR 20 ottobre 2009 n. 230 è stato approvato il “Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia” che riporta come vigenti le “Prime norme di salvaguardia”, adottate con deliberazione della Giunta regionale n. 883 del 19/06/2007, fino all’adozione dei regolamenti di attuazione. Con delibera di Giunta Regionale n. 1521 del 07/11/2022 e successivamente con DCR del 23/05/2023 n° 154, è stata definitivamente approvata la proposta di aggiornamento 2015-2021.

Per quanto riguarda la tutela idrogeologica il PTA riporta:

- Aree a vincolo d'uso degli acquiferi;
- Zone di protezione speciale idrogeologica;
- Approvvigionamento idrico;
- Aree sensibili;
- Zone vulnerabilità da nitrati di origine agricola.

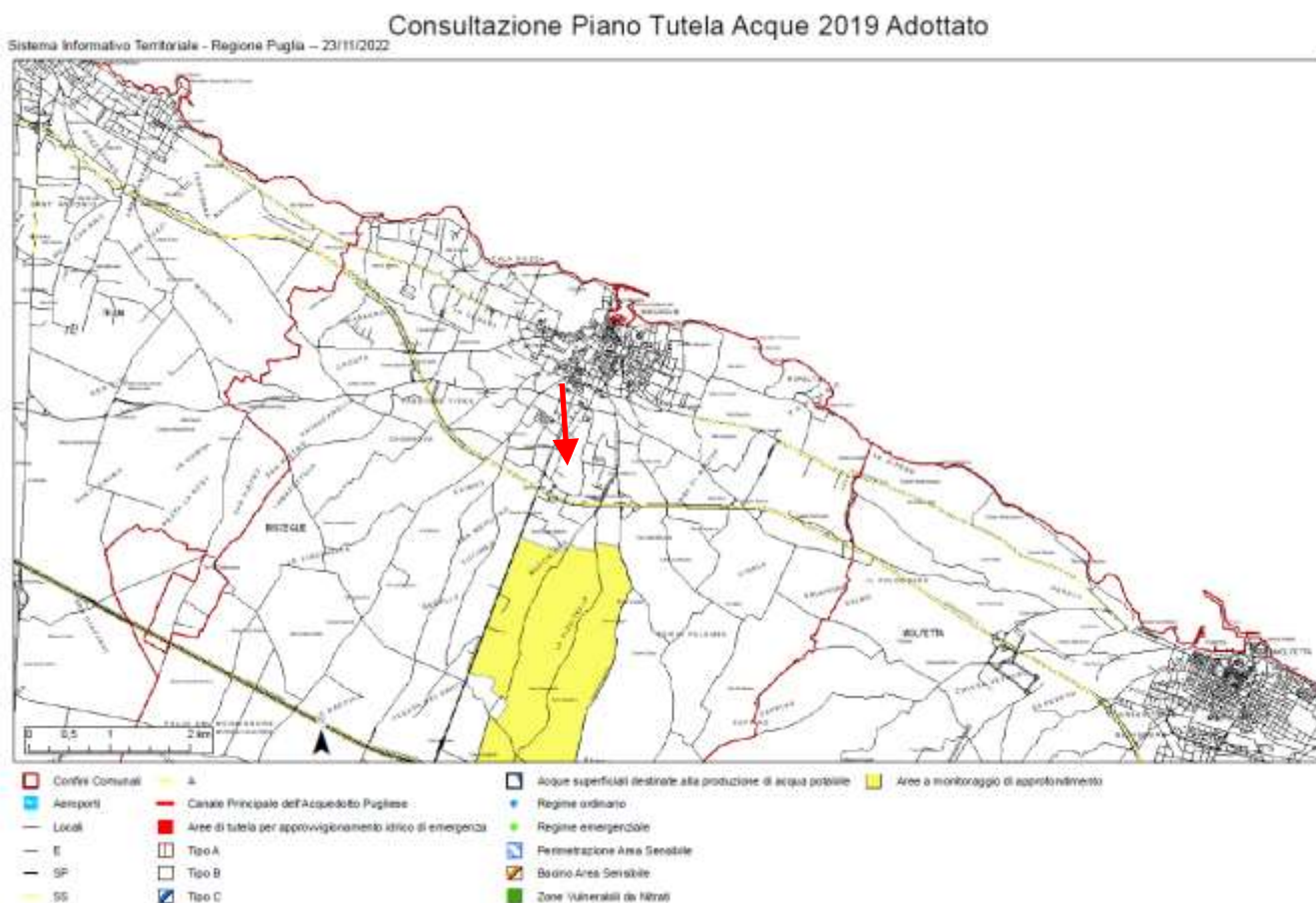


Fig. 9 – PTA adottato - Zone di protezione speciale idrogeologica (SIT Puglia)

Piano Assetto Idrogeologico Puglia - PAI

Il PAI, adottato con Delibera Istituzionale n°25 del 15/12/2004 ed approvato con Delibera Istituzionale n°39 del 30/11/2005, è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità dei versanti, necessario a ridurre gli attuali livelli di pericolosità e a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso.

Dal punto di vista normativo, è necessario tener conto delle seguenti prescrizioni:

- Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Bacino (PAI) del 30 novembre 2005;
- Legge Regionale n° 19 del 19 luglio 2013 "Norme in materia di riordino degli organismi collegiali operanti a livello tecnico-amministrativo e consultivo e di semplificazione dei procedimenti amministrativi".

Allo stato attuale la porzione orientale dei terreni in esame risulta interessata da alta e media pericolosità idraulica mentre non sono presenti aree a pericolosità geomorfologica.

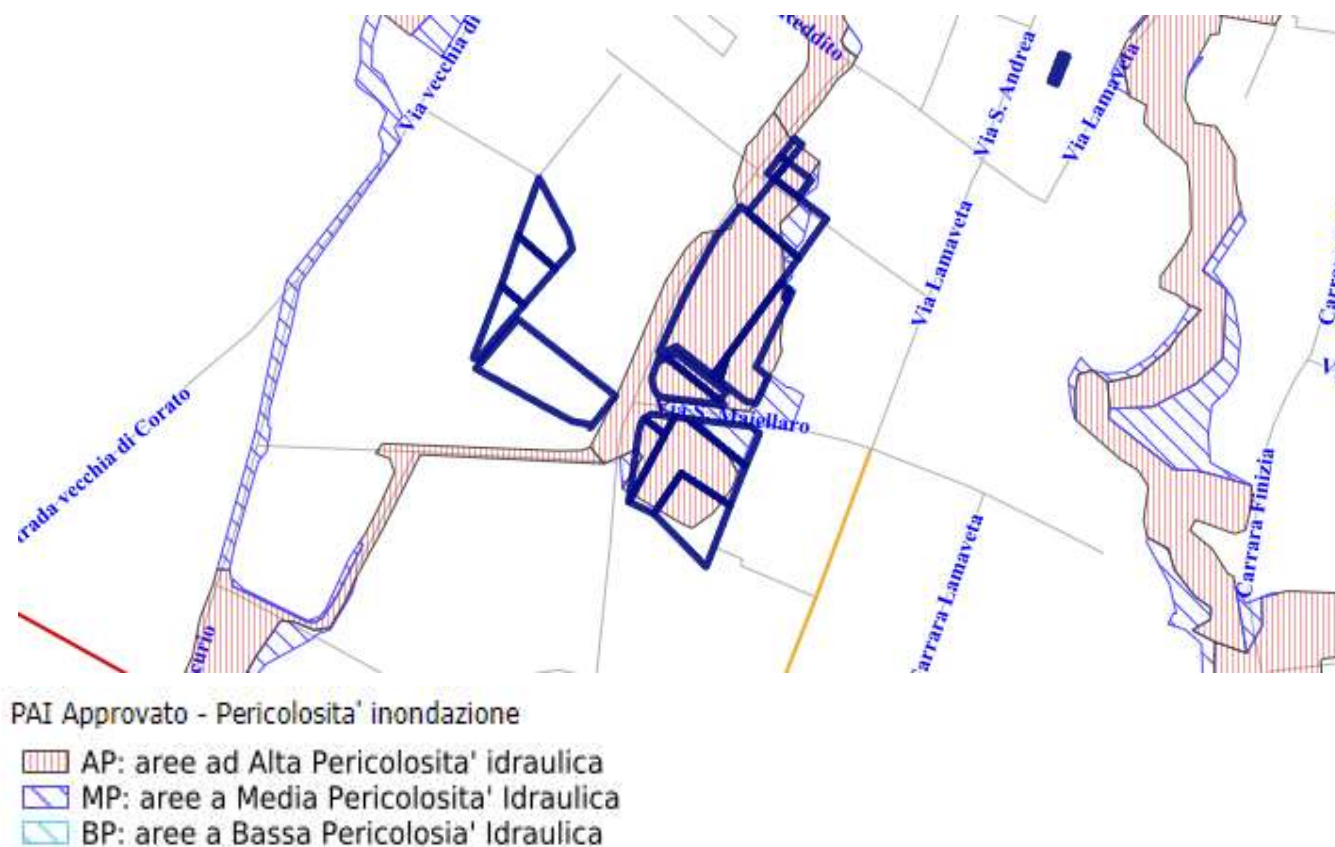


Fig. 12 – Stralcio cartografia P.A.I. – situazione attuale (SIT Comune Bisceglie)

Tuttavia, la zona è stata oggetto di progetto di mitigazione della pericolosità idraulica con conseguente ripermimetrazione delle aree a pericolosità idraulica.

Pertanto, la proposta di progetto è subordinata alla realizzazione dell'intervento previsto nel progetto di mitigazione della pericolosità idraulica e modifica della perimetrazione dei vincoli PAI vigenti già presentato al Comune di Bisceglie in data 06.10.2023 con prot. n. 52877, 52878, 52879 che ha visto il parere favorevole dell'autorità di bacino distrettuale dell'appennino meridionale in data 04.12.2023 prot. n. 34513 (riportata di seguito).

Il predetto intervento permetterà una modifica della perimetrazione dei vincoli PAI tale da consentire l'esecuzione dell'intervento proposto infatti si avrà una notevole riduzione delle aree a rischio ed una maggiore sicurezza per la zona interessata.

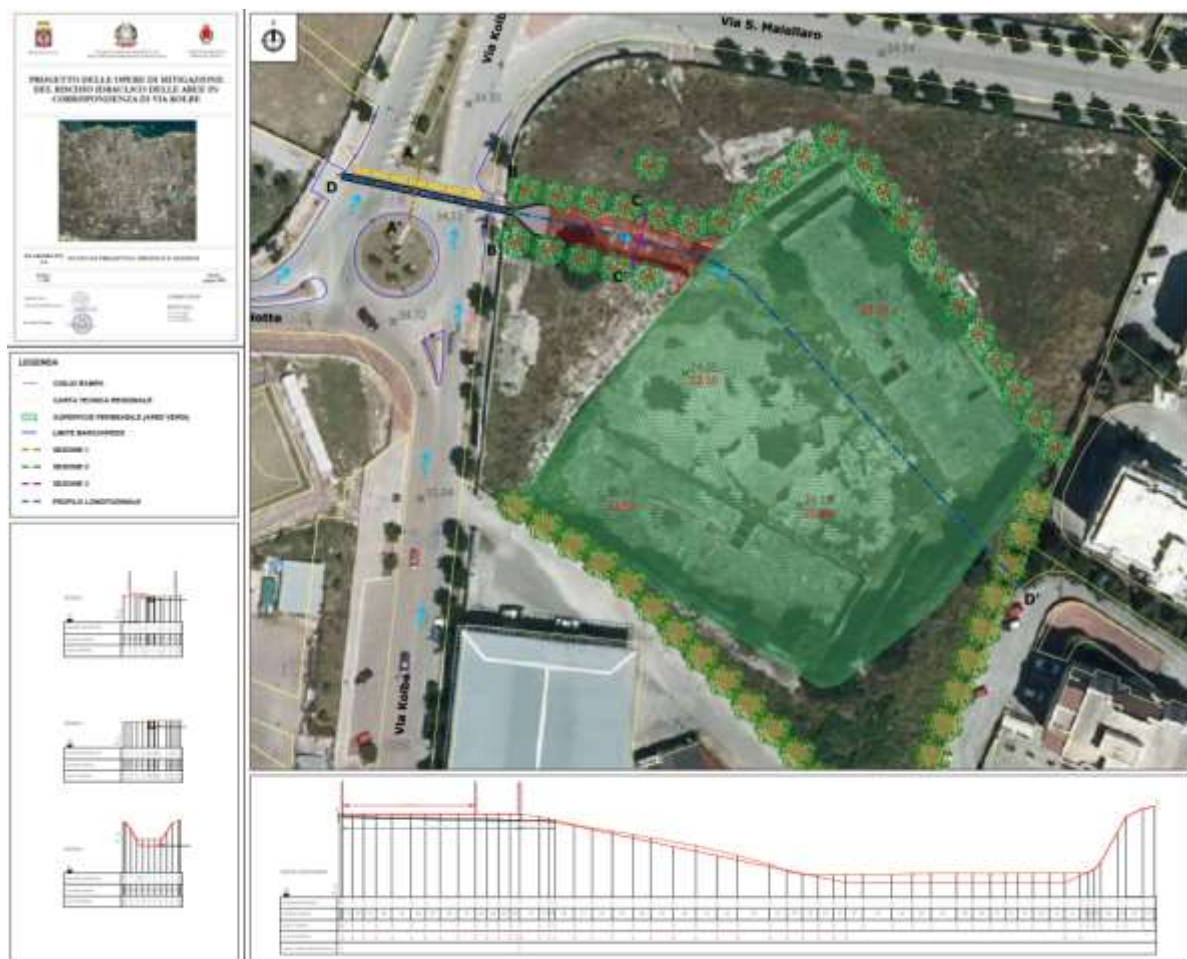
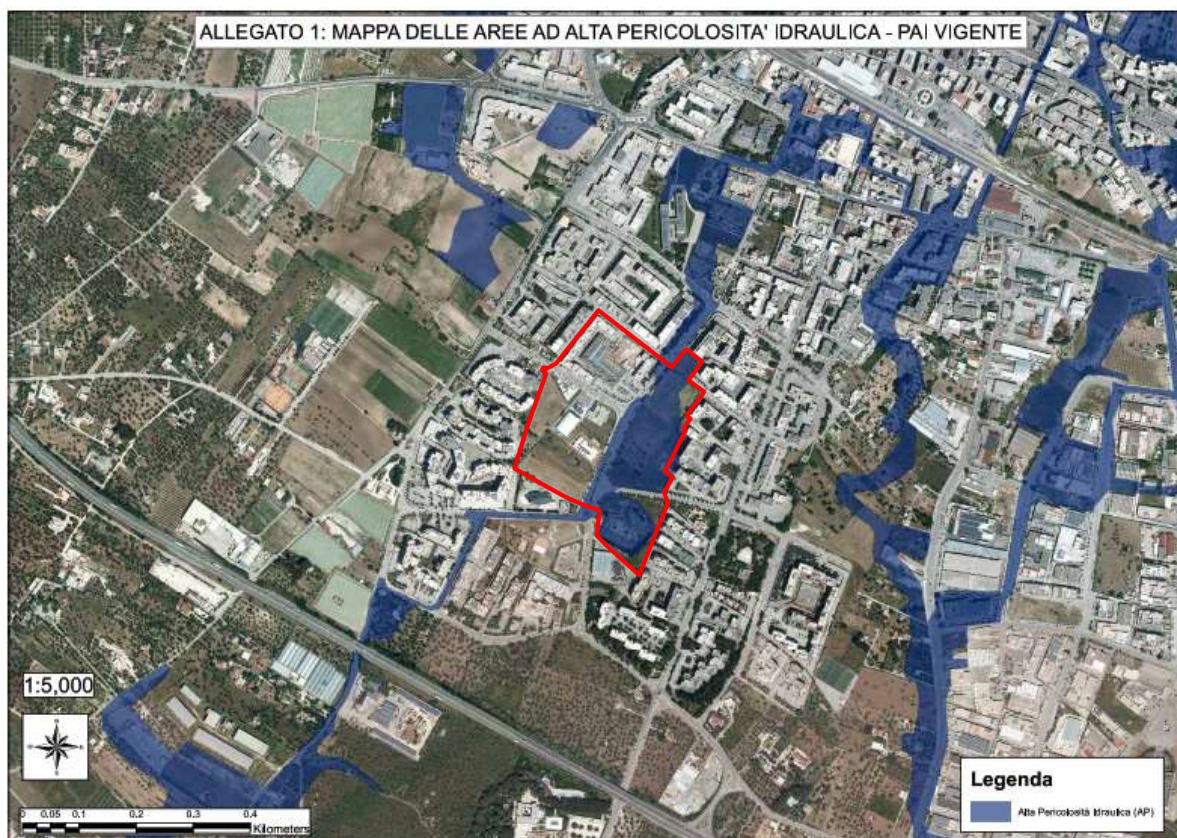
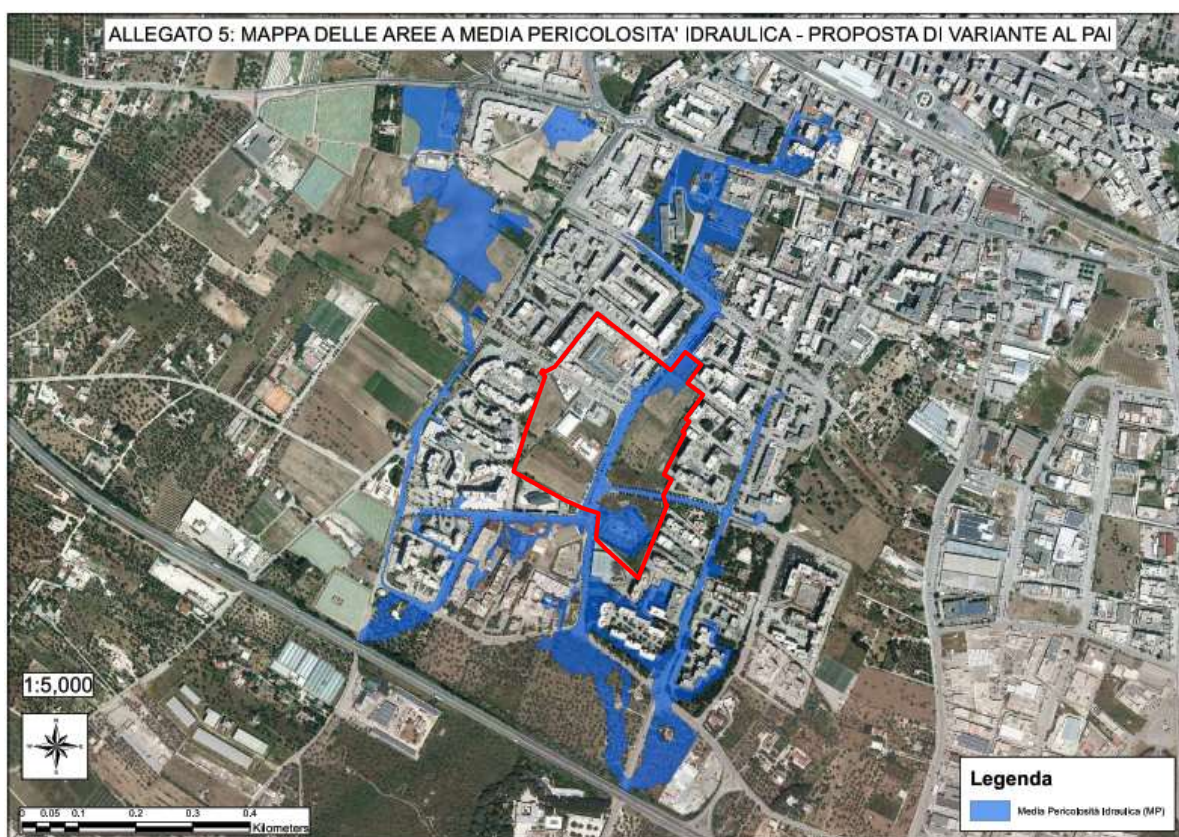
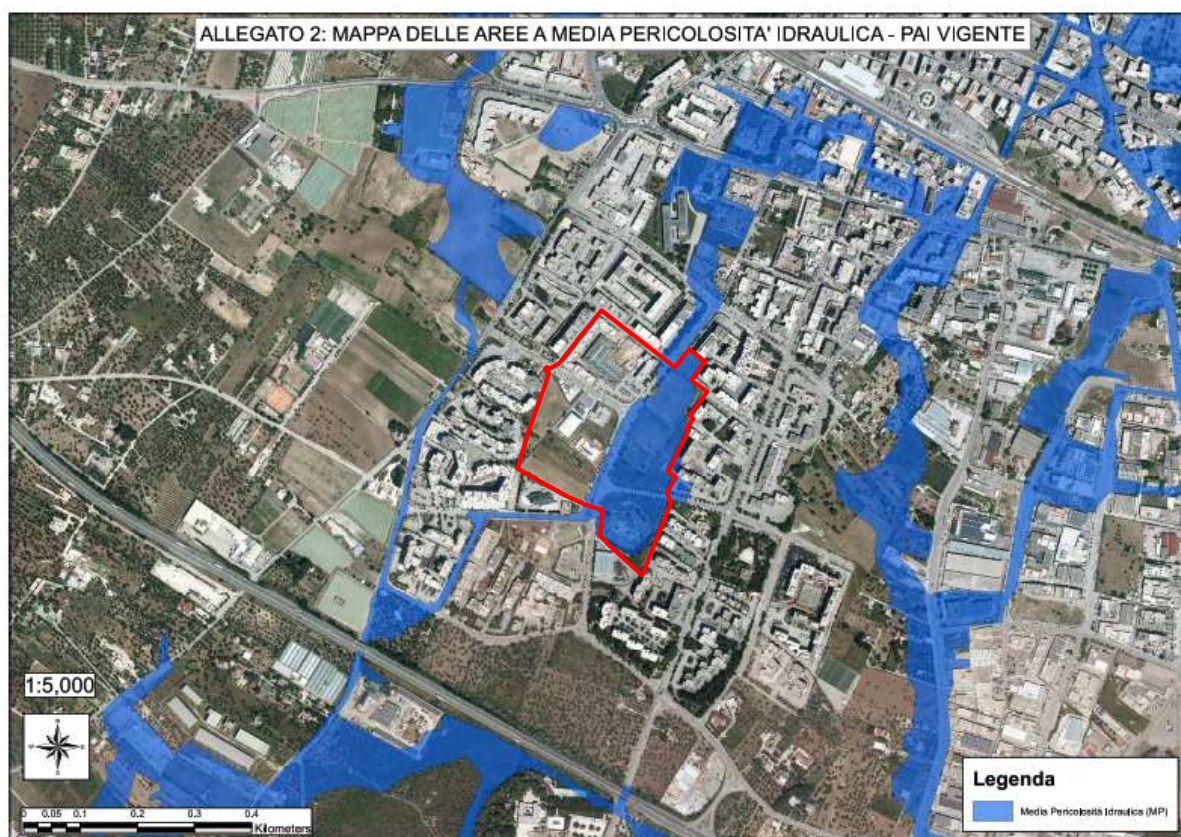
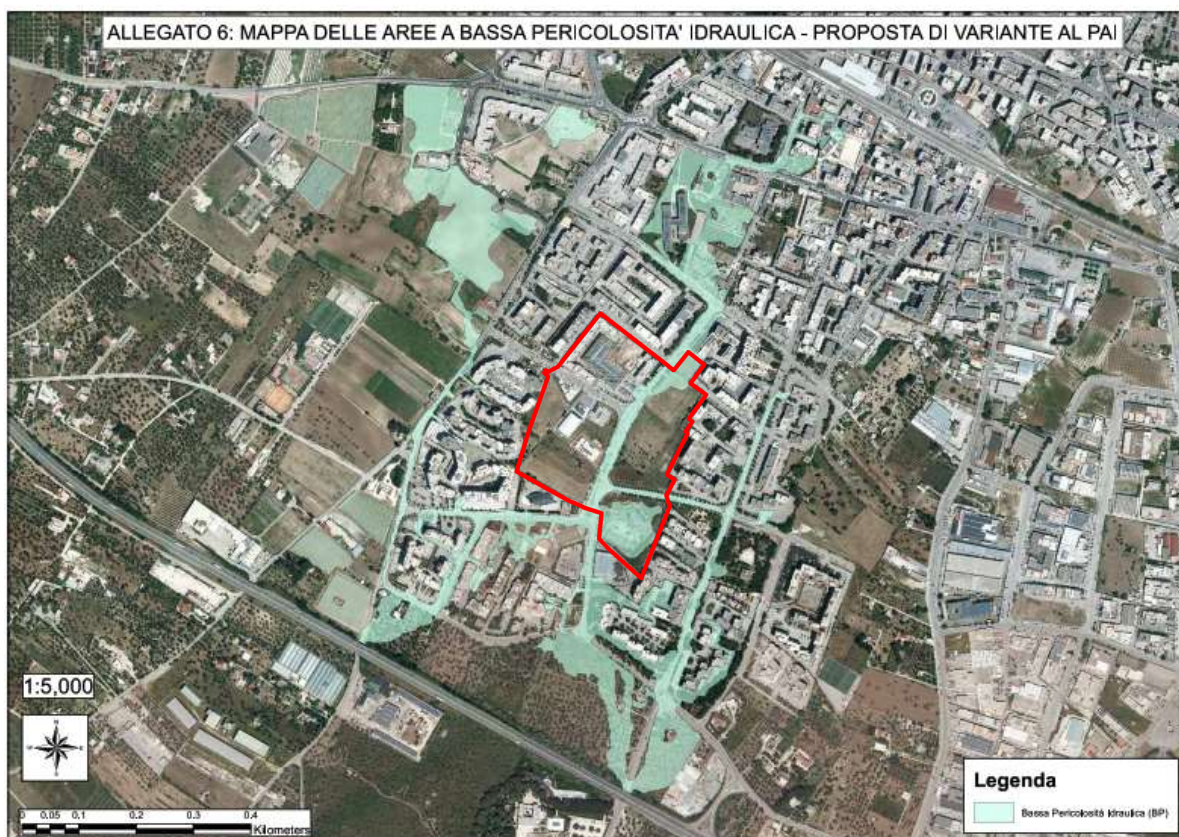
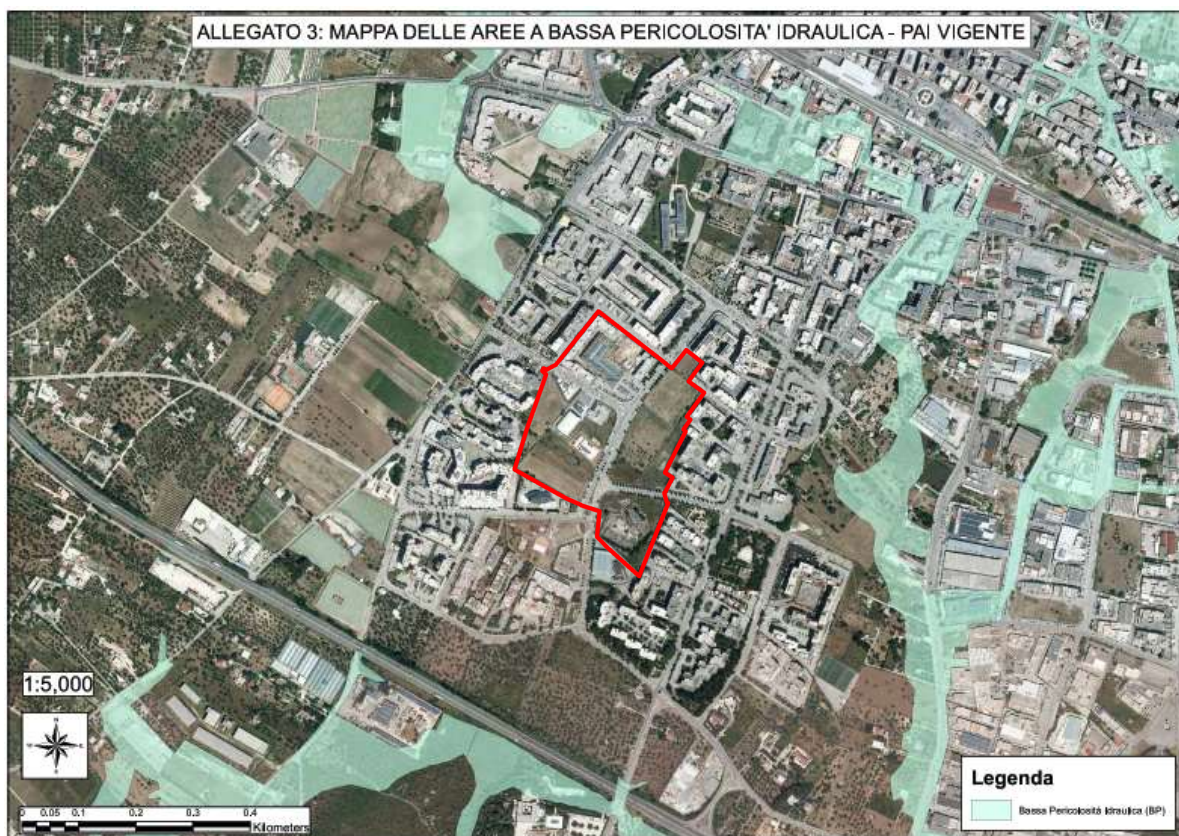


Fig. 13 – Stralcio planimetria di progetto opere di mitigazione









Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale

www.distrettoappenninomerdionale.it – PEC: protocollo@pec.distrettoappenninomerdionale.it

TITOLARIO 7.1

COMUNE DI BISCEGLIE

PEC: urbanistica.edilizia@cert.comune.bisceglie.bt.it

OGGETTO Comune di Bisceglie (BT): *"Progetto di mitigazione della pericolosità idraulica e modifica della perimetrazione dei vincoli PAI vigenti, ai sensi degli artt. 24 e 25 delle NTA del PAI relativamente alle aree ubicate in Bisceglie tra Via Padre Kolbe tipizzate dal PRG quali aree a standard ed indicate con le maglie nn. 103 e 105 di PRG. Richiedente: Tridente Domenico - Rapp. Legale della Soc. "EFFETI S.r.l." Trasmissione documentazione per modifica perimetrazione PAI - art. 24 e 25 NTA."*

[RB080-23] - rif. vs nota prot n. 0053592 del 10/11/2023 | prot. AdB n. 28443 e n. 28447 del 10/11/2023
rif Vs nota prot. N. 62968 del 20/11/2023 | prot. AdB n. 33365 del 23/11/2023

In riscontro alla nota indicata in oggetto, con la quale codesto Ufficio Comunale invita questa Autorità di Bacino Distrettuale ad avviare l'iter di modifica della vigente perimetrazione relativa all'Assetto Idraulico del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) ai sensi degli artt. 24 e 25 delle Norme Tecniche di Attuazione (NTA), a seguito della proposta di realizzazione degli interventi presentati dal soggetto attuatore nel progetto riportato in epigrafe in un'area localizzata nei pressi di via Kolbe nel territorio comunale di Bisceglie, si comunica quanto segue.

L'istanza presentata è volta contestualmente all'acquisizione del parere di compatibilità al PAI sull'esecuzione di interventi e alla conseguente modifica di perimetrazione, ai sensi degli artt. 24 e 25 delle NTA del PAI.

Al riguardo occorre chiarire e precisare che la trasmissione della documentazione tecnica inerente alle opere presentate in fase di progettazione non costituisce presupposto utile all'avvio dell'iter procedurale di modifica al PAI, poiché l'inoltro dell'istanza è subordinato alla successiva fase di realizzazione delle opere stesse, corredata dal certificato di collaudo Tecnico Amministrativo delle opere o dal certificato di regolare esecuzione ed adeguata relazione del RUP riguardo l'ottemperanza di eventuali condizioni espresse nella fase di espressione del parere di compatibilità al PAI del progetto presentato. Pertanto, questa Autorità non può accogliere la presente istanza formulata ai sensi degli artt. 24 e 25 delle NTA del PAI, per mancanza dei requisiti negli stessi indicati.

Tuttavia, dall'esame dell'insieme degli elaborati tecnici trasmessi a corredo della sopraindicata istanza, si rileva che il progetto in oggetto prevede la realizzazione di opere di mitigazione della pericolosità idraulica attraverso il miglioramento generale della qualità ambientale dei luoghi e la realizzazione di interventi di sistemazione idraulica. Nello specifico, dalla lettura dell'elaborato denominato "Relazione tecnico illustrativa", si evince che gli interventi sono articolati in:

- demolizione delle strutture di elevazione in c.a. e lo svellimento della distesa di cemento che copre il fondo dell'area depressa rendendola del tutto permeabile;
- realizzazione di un canale grigliato in calcestruzzo da realizzare in opera, dimensionato in modo da collettare le acque meteoriche della piena bicentenaria che, in corrispondenza dell'ingresso nella vasca, raggiunge il posto da portata pari a $Q=3,70$ mc/s. Il canale presenterà una pendenza costante del 2.0% largo 0,80 m, con un'altezza variabile tra 0,40 m e 1,00 m fino a raggiungere l'imbocco della rampa esistente che convoglierà le acque della depressione;

AUTORITA' DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO MERIDIONALE
Protocollo Partenza N. 34513/2023 del 04-12-2023
Doc. Principale - Class. 07.01 - Copia Documento



Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale

www.distrettoappenninomerdionale.it - PEC: protocollo@pec.distrettoappenninomerdionale.it

- realizzazione di un dosso in materiale bituminoso largo 1,20 m e alto 0,07 m, avente una lunghezza pari a quella della sezione stradale, per consentire il rallentamento delle acque che scorrono lungo la strada verso valle, nel canale grigliato.

Si apprende che le opere previste, secondo le indicazioni delle N.T.A. del vigente P.R.G., non risultano in contrasto con le previsioni di piano.

Il presente progetto è corredato dall'elaborato denominato "Relazione Generale" per verificare le reali aree a diversa pericolosità idraulica nell'area tra via Padre Massimiliano Kolbe (ad ovest) e via S. Maiellaro (a nord), al confine sud del centro urbano di Bisceglie e valutare la compatibilità delle stesse ai sensi delle NTA del PAI. L'elaborato suddetto contiene i risultati di un'analisi idrologica per la stima degli idrogrammi di piena dei bacini idrografici afferenti alla sezione di chiusura in corrispondenza del sito di interesse, per i diversi tempi di ritorno, secondo una metodologia di calcolo in linea con le indicazioni di questa Autorità e un'analisi idraulica degli interventi proposti, attraverso l'implementazione di un modello numerico di propagazione delle piene utilizzando come input le portate di picco stimate da questa Autorità, a schema bidimensionale (Flo2D), nella configurazione ante e post-intervento, della cui rappresentazione geometrica questa Autorità prende atto quale esclusivo livello informativo. Tuttavia, il progetto è privo di riferimenti alle attività manutentive da svolgersi costantemente, dell'individuazione del soggetto deputato allo svolgimento di dette attività e alle modalità con le quali le stesse vanno svolte. Detto aspetto risulta un elemento indispensabile al fine di mantenere ottimale l'efficienza idraulica delle opere progettate.

Per quanto sopra esposto, questa Autorità di Bacino Distrettuale valuta positivamente l'intento della suddetta Amministrazione Comunale di recuperare la funzionalità dell'area di intervento, mediante il raggiungimento degli obiettivi comuni di mitigazione del rischio idraulico associato, incrementando l'approfondimento del quadro conoscitivo dell'area di studio attraverso l'analisi idraulica dello stato post-operam. Questa Autorità, inoltre, in riferimento agli interventi indicati nella proposta progettuale presentata da codesta Amministrazione comunale, al fine di ottimizzare i tempi del relativo iter autorizzativo, esprime parere di compatibilità idraulica al PAI condizionato alla redazione di un piano delle attività manutentive da svolgersi costantemente, dell'individuazione del soggetto deputato allo svolgimento di dette attività e alla modalità con le quali le stesse vanno svolte.

La conseguente richiesta di modifica di perimetrazione del PAI - Assetto idraulico dovrà essere avviata con nuova istanza da parte di codesta Amministrazione comunale, corredata da una mappa rappresentativa della nuova proposta di perimetrazione, dai files del modello di calcolo nelle condizioni post-operam, dal certificato di collaudo o di regolare esecuzione, da una relazione del RUP di ottemperanza alle condizioni di cui alla presente nota.

Il Dirigente Tecnico
dott. geol. *Gennaro Capasso*

Il Segretario Generale
dott.ssa *geol. Vera Corbelli*

Relatore:
Ing. *Riccardo Bonelli*
(47122)

Interventista:
Ing. *Marco Scordato*

4 - Morfologia

Geograficamente l'area, compresa nella **Tav. IV SO "Bisceglie"** del **F° 177**, fa parte della regione costiera pugliese, i cui caratteri morfologici richiamano il motivo più importante dell'area murgiana, dato da una serie di ripiani posti a quote via via più basse verso l'Adriatico.

Si tratta di terrazzi marini allungati quasi parallelamente alla costa e leggermente inclinati a Nord; questi si raccordano tramite piccole scarpate sagomate dall'azione del mare e rappresentanti antiche linee di costa.

L'area investigata si trova nel centro abitato della città di Bisceglie, a cavallo di via Padre Kolbe, a circa 1600 metri dalla linea di costa. La morfologia generale della zona è caratterizzata da una superficie leggermente inclinata verso nord con pendenza dell'1% circa, le quote variano da 36 a 32.80 m .

L'intensa urbanizzazione a cui è stata sottoposta questa parte di territorio ha mascherato la presenza delle originarie vie di deflusso idrico superficiale. Pertanto la zona in apparenza non sembra interessata da reticoli idrografici. Viceversa, come riportato nel capitolo riguardante il PAI, le acque di ruscellamento non risultando più incanalate negli originari solchi erosivi, seguono le pendenze stradali allagando nuove aree.

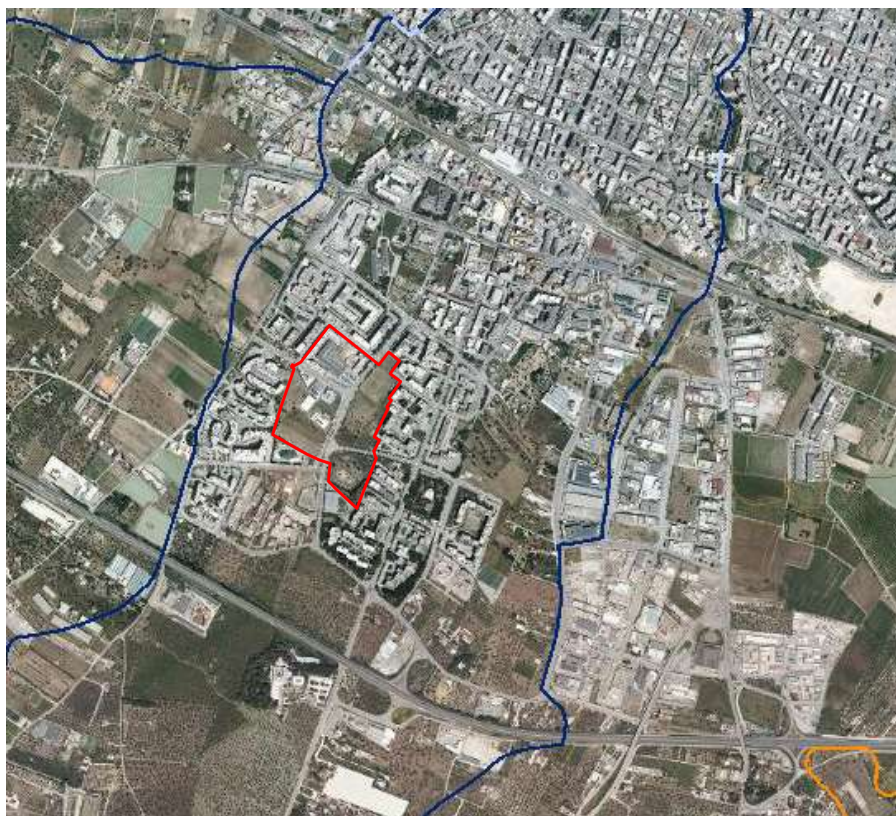


Fig. 14 – Reticolo idrografico (da Carta Idrogeomorfologica)



Fig. 15 – Punti di vista fotografico





Foto 3



Foto 4



Foto 5



Foto 6



Foto 7

Strato carsificato

Fig. 16 – Foto panoramiche

Dal punto di vista litologico, la porzione settentrionale del territorio biscegliese è caratterizzato da una copertura calcarenitica che, in alcune zone, raggiunge i 15-20 m di spessore. In passato, questo materiale è stato oggetto di coltivazione con l'apertura di cave di prestito per la produzione di mattoni di "tufo" per edilizia. Esaurita l'attività estrattiva le cave sono state parzialmente o completamente ricolmate con materiale detritico proveniente dall'attività estrattiva stessa o con materiali vari provenienti da scavi o demolizioni.

La successiva espansione urbana ha interessato anche queste aree che, in molti casi, sono state utilizzate per l'edificazione residenziale e/o commerciale.

Nello specifico, una di queste aree di ex cava interessa la zona nord-ovest dell'area di progetto dove è sorto un centro commerciale.



Fig. 17 – Zone antropomorfe



Fig. 18 – Foto area ex cava

Inoltre, nella porzione meridionale dell'area in esame è presente uno scavo di natura antropica, ampio 4600 mq circa e profondo circa 10 m, con pareti in roccia calcarea stratificata a giacitura suborizzontale, pressoché verticali, realizzato negli anni '80 per un'opera edile iniziata e mai conclusa (Fig. 16, Foto 6).

Lungo le pareti di scavo, a circa 5 m di profondità dal piano campagna, è visibile uno strato orizzontale paleocarsico, caratterizzato da una serie di cavità dell'ordine dei 20-30-50 cm vuote o riempite di terra rossa mista a detriti calcarei (Fig. 16, Foto 7).

Evidenze morfologiche

In relazione alle aree di progetto, dall'esame degli elaborati consultati sono emerse le seguenti evidenze:

- L'area risulta intensamente modificata dal contesto urbano esistente che oblitera l'assetto idrogeologico originario, solo alcuni caratteri, di seguito esposti, sono riconoscibili in maniera deduttiva;
L'area risulta pianeggiante blandamente degradante verso nord con quote da 36 a 32.80 m slm e caratterizzata da gradienti topografici modesti.

- Assenza di scarpate di qualsivoglia origine (fluviale, marine, tettoniche etc.)
- Presenza di ruscellamento superficiale (vedi PAI).
- Assenza di forme carsiche epigee da “sinkhole” quali doline, inghiottitoi, gravi etc.
- Assenza di elementi carsici ipogei affioranti (grotte).
- Presenza di strati carsificati a circa 5 m di profondità dal piano campagna.
- Presenza di antropoforme legate alle attività di scavo (cave ricolmate e scavo per edilizia).

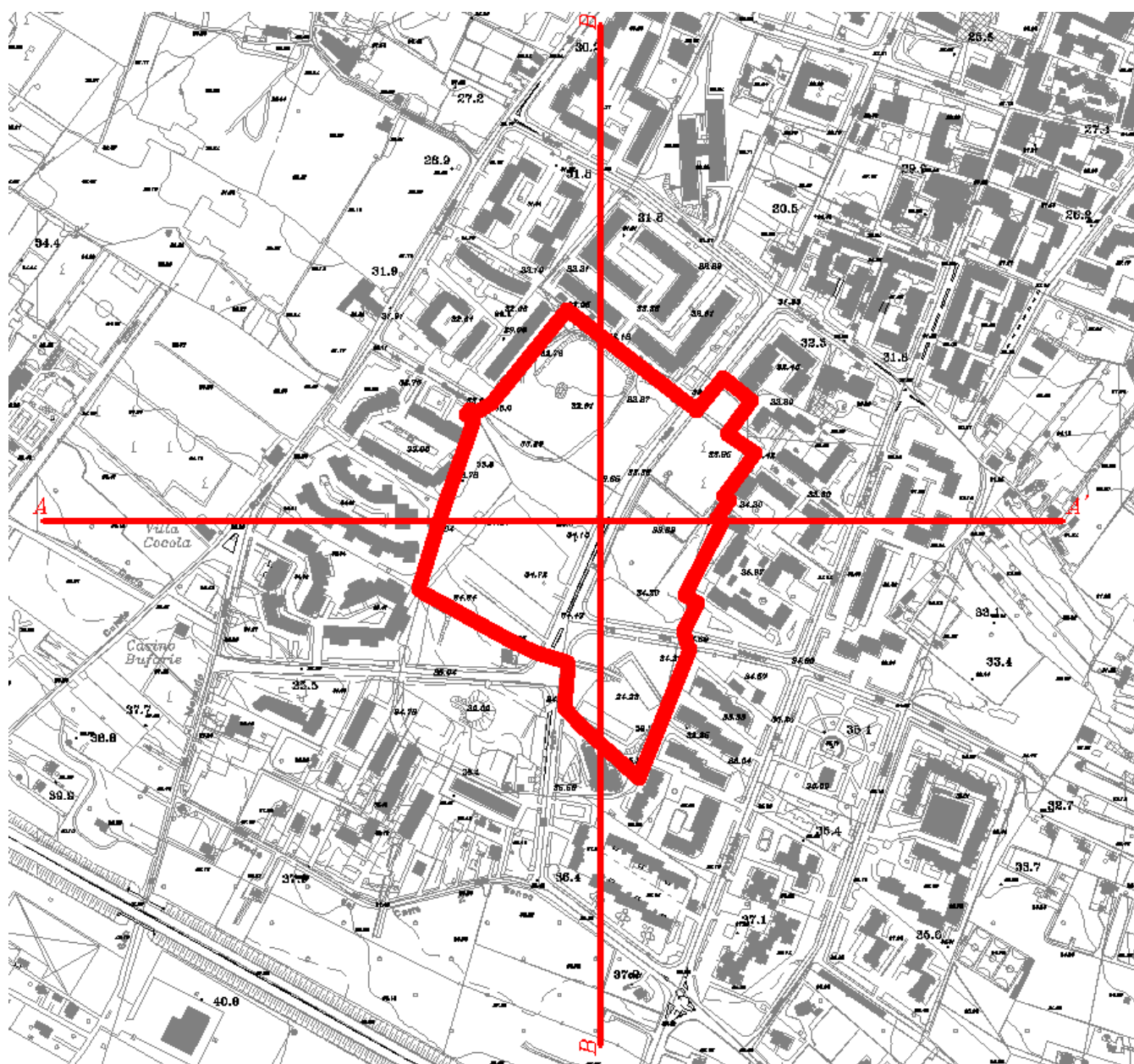


Fig. 19 – Carta Tecnica Regionale con traccia sezioni geologiche

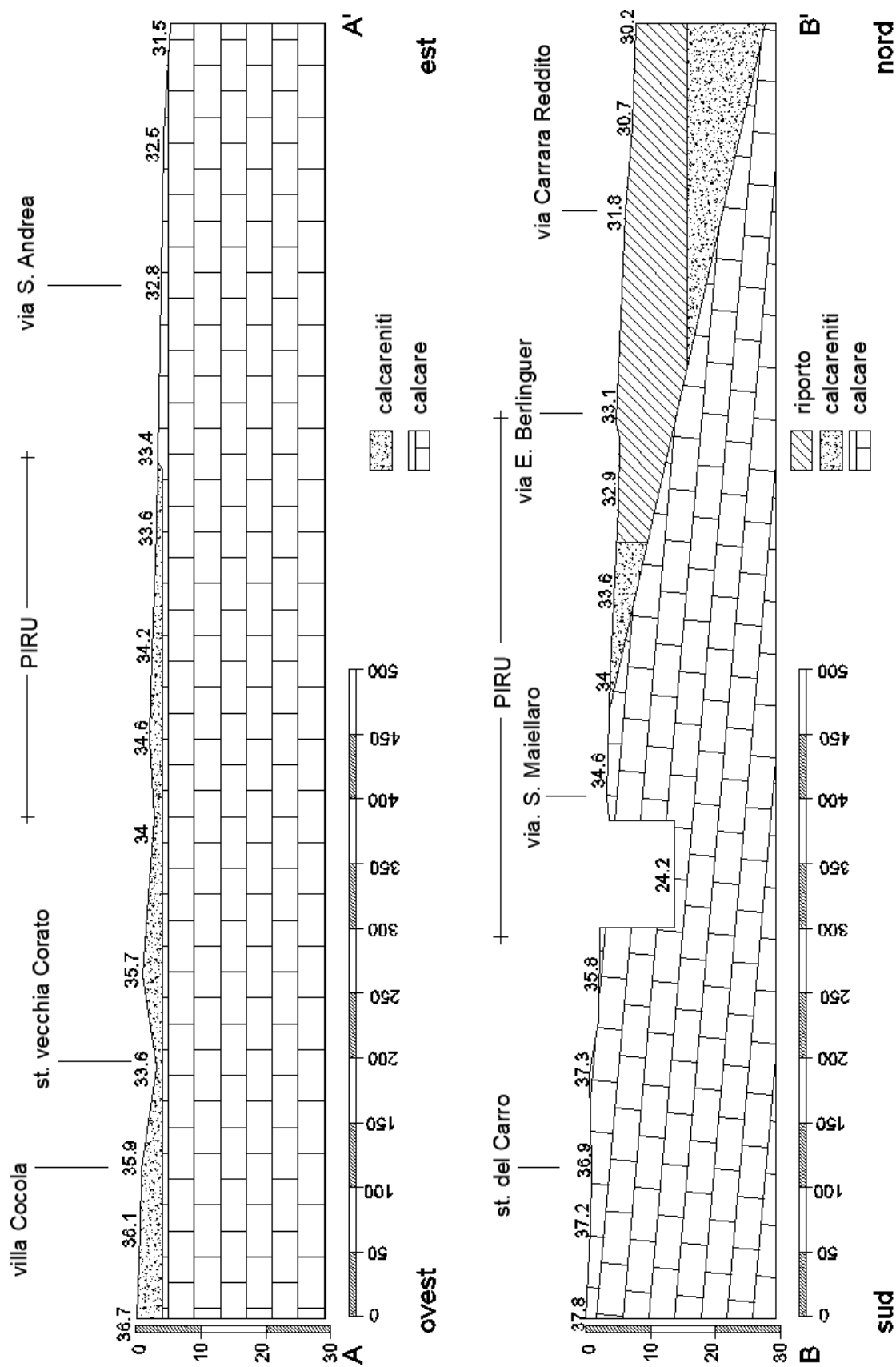
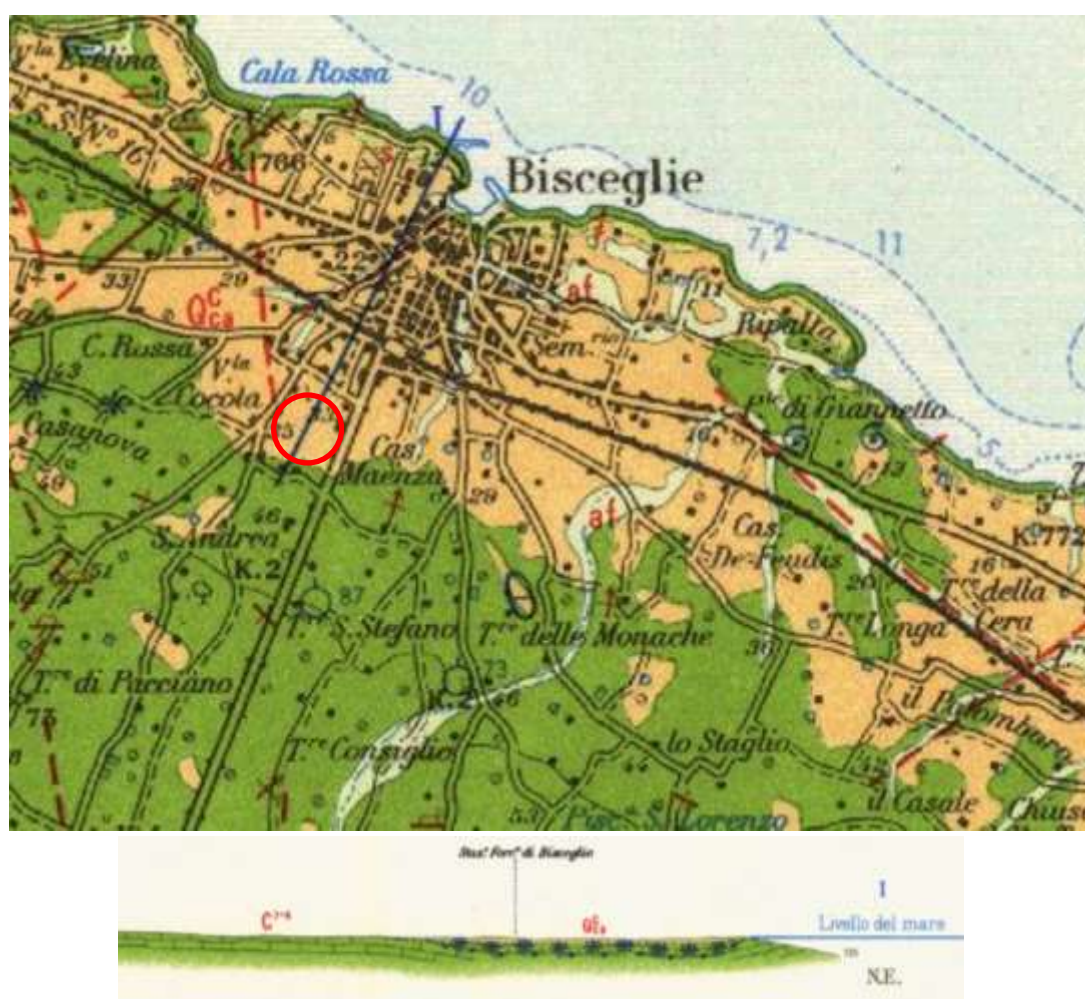


Fig. 20 – Sezione geologica

5 - Geologia

Dal punto di vista litologico la zona è compresa in un vasto affioramento carbonatico di età tardo-cretacica (**Calcare di Bari**), costituita da calcari bioclastici, micritici e dolomitici e da isolati affioramenti di depositi pleistocenici trasgressivi.



- | | | | |
|---|------------------------|--|-----------------|
|  | Depositi alluvionali |  | Faglia certa |
|  | Calcareniti di Gravina |  | Faglia presunta |
|  | Calcare di Bari | | |

Fig. 21 – Stralcio Carta geologica IGM, Foglio 177 “Bari”

La successione stratigrafica, iniziando dal termine più antico, comprende:

- **Calcare di Bari (Cretaceo);**
- **Calcareniti di Gravina o Tufi delle Murge (Pleistocene);**
- **Depositi alluvionali (Olocene, Pleistocene sup.).**

Il "**Calcare di Bari**" rappresenta il basamento rigido della zona ed è costituito da una serie sedimentaria prevalentemente calcarea caratterizzata, in questa zona, da dolomie e da calcari dolomitici grigi ai quali s'intercalano, più o meno frequentemente, calcari bianchi micritici o bioclastici a grana fine. Le dolomie ed i calcari si presentano in strati o in banchi, ripetutamente laminati, con diffuse carature da dissoluzione. Il fenomeno carsico è ovunque presente e si sviluppa con intensità diversa in superficie ed in profondità. Le cavità presentano forma e dimensioni varie; le più comuni sono interstrato e da frattura, spesso sono parzialmente o interamente riempite da terra rossa rideposta o depositi di varia natura. La fratturazione dell'ammasso roccioso risulta nel complesso elevata, con molteplici direzioni delle discontinuità primarie. L'assetto strutturale della serie calcarea è in generale a monoclinale, con leggere inclinazioni verso l'attuale linea di costa. A tratti è possibile notare un diverso assetto geometrico della successione carbonatica imputabile ad episodi compressivi o di trazione. Lo spessore totale di questa formazione supera i 3000 m.

La "**Calcareniti di Gravina**" è la litofacies che individua l'inizio della sedimentazione marina nell'Avanfossa Sudappenninica, pertanto il suo spessore si rastrema addentrandosi nelle zone di piattaforma. In questa zona affiora in zolle distanti più di 500 m dall'area in oggetto. Si tratta di depositi costituiti da calcareniti carbonatiche di colore giallastro, a grana e resistenza variabile, a giacitura suborizzontale. Presentano una netta stratificazione incrociata con strati a sviluppo tabulare la cui orientazione e pendenza confermano che l'accumulo dei depositi è dovuto al moto ondoso. Frequenti sono i fossili marini interi ed in frammenti; stratigraficamente sono trasgressivi e discordanti sul "Calcare di Bari". In questa zona è presente nella metà settentrionale dell'area, con spessori che raggiungono gli 8 m, in aumento da sud verso nord.

I "**Depositi Alluvionali**" sono presenti in corrispondenza dei letti dei reticoli idrografici presenti esternamente all'area di progetto. Sono costituiti da terreni limosi con una quantità di pezzame e ciottoli calcarei variabile da zona a zona, in generale sempre inferiore al 30%. Si tratta di depositi terrosi e ciottolosi derivanti dal disfacimento dei terreni rocciosi esistenti a monte. Nei più importanti solchi erosivi del territorio, disposti tutti secondo SSW-NNE, si osservano sabbie ocracee, argille rossastre e blocchi del substrato mesozoico con strutture da dissoluzione carsica.

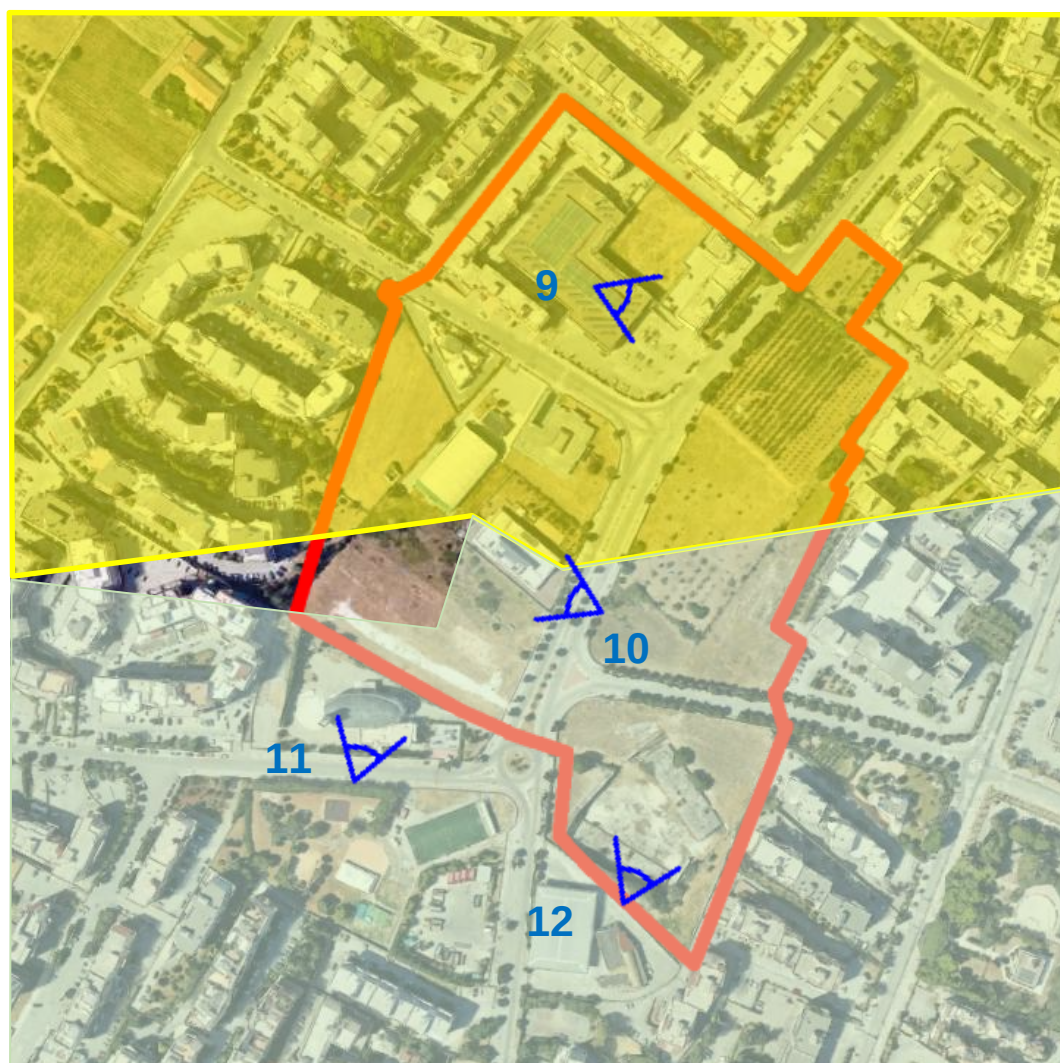


Fig. 22 – Carta geologica





Foto 11



Foto 12

Affioramento calcare

6 - Tettonica

Sotto l'aspetto tettonico il territorio presenta uno stile nel complesso assai semplice; infatti la successione carbonatica mesozoica, costituente il substrato sedimentario delle Murge, è disposta secondo una estesa monoclinale, con prevalente immersione a SSW ($5^{\circ}\div 15^{\circ}$) complicata da blande pieghe e da faglie dirette, sulla quale poggiano i depositi terziari e quaternari in assetto orizzontale o con deboli inclinazioni primarie (clinostratificazioni).

Le strutture disgiuntive principali corrispondono a sistemi di faglie orientati NW-SE ed E-W che hanno suddiviso il substrato carbonatico rigido in blocchi originando una estesa struttura a gradinata orientata da NW a SE, con culminazione a SW.

Le faglie sono messe in evidenza dalle marcate scarpate che delimitano sia il blocco più sollevato (Murge alte) sul lato bradanico e su quello adriatico sia i blocchi digradanti sul versante adriatico e ionico.

Nel territorio murgiano si riconoscono inoltre strutture disgiuntive secondarie, trasversali alle principali, con orientamenti SW-NE e N-S. Le più importanti fra queste, benchè sepolte sotto i depositi quaternari, sono messe in evidenza dalle nette scarpate che delimitano l'atopiano murgiano sui lati nord-occidentale e sud orientale.

Le strutture disgiuntive risultano impostate su deformazioni plicative più antiche con prevalenti direzioni E-W e WNW-ESE. Si riconoscono, infine, una serie di pieghe minori con deformazioni più attenuate ed assi orientati intorno alla direzione E-W con debole vergenza a N.

Come riportato nel catalogo nazionale, nell'area in esame non sono presenti faglie capaci, cioè faglie attive ritenute in grado di produrre fagliazione in superficie.



7 - Inquadramento idrogeologico

Nell'entroterra in esame è presente una falda idrica che per tipologia, ubicazione e geometria, è parte della falda idrica profonda pugliese; detta "falda carsica" ha l'acquifero costituito da litotipi calcareo-dolomitici e le sue principali caratteristiche idrodinamiche derivano in gran parte dal grado di fessurazione, di evoluzione del fenomeno carsico e dalla distribuzione e tipologia delle forme epigee ed ipogee in seno al substrato carbonatico.

Da qui le numerose depressioni lineari (lame) ed areali (doline, puli, piscine e pozzi) occupate raramente da acque, ma la cui intima organizzazione di superficie riflette sicuramente i sistemi di discontinuità presenti (faglie). Nelle Murge nordoccidentali la circolazione di fondo della falda avviene in pressione e si esplica a grandi profondità (200-400 m sotto il livello mare), con carichi e gradienti idraulici spesso molto elevati (7-8%).

Dalle colonne di perforazione si evince che quando la falda è confinata in prossimità di taluni livelli asfittici impermeabili, circola al di sotto del livello medio marino con valori di carico idraulico differenti da pozzo a pozzo e, una volta intercettata, risale, stabilizzandosi intorno a quote variabili da m +14 a m +30 s.l.m..

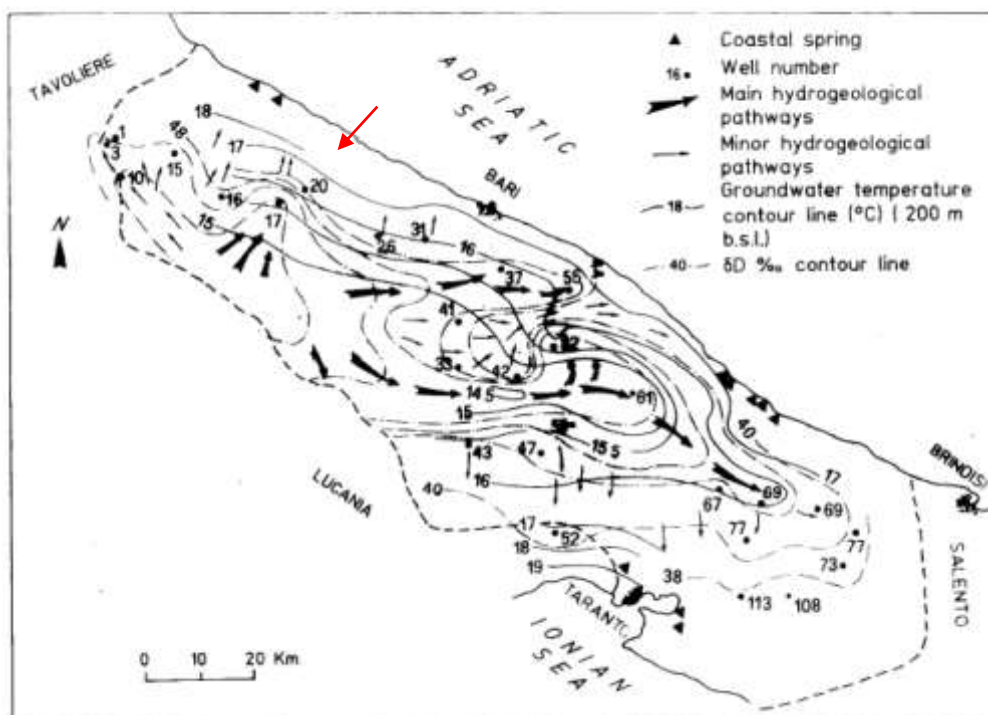


Fig. 23 – Percorsi idrici principali e secondari (da Tulipano et al, 2008)

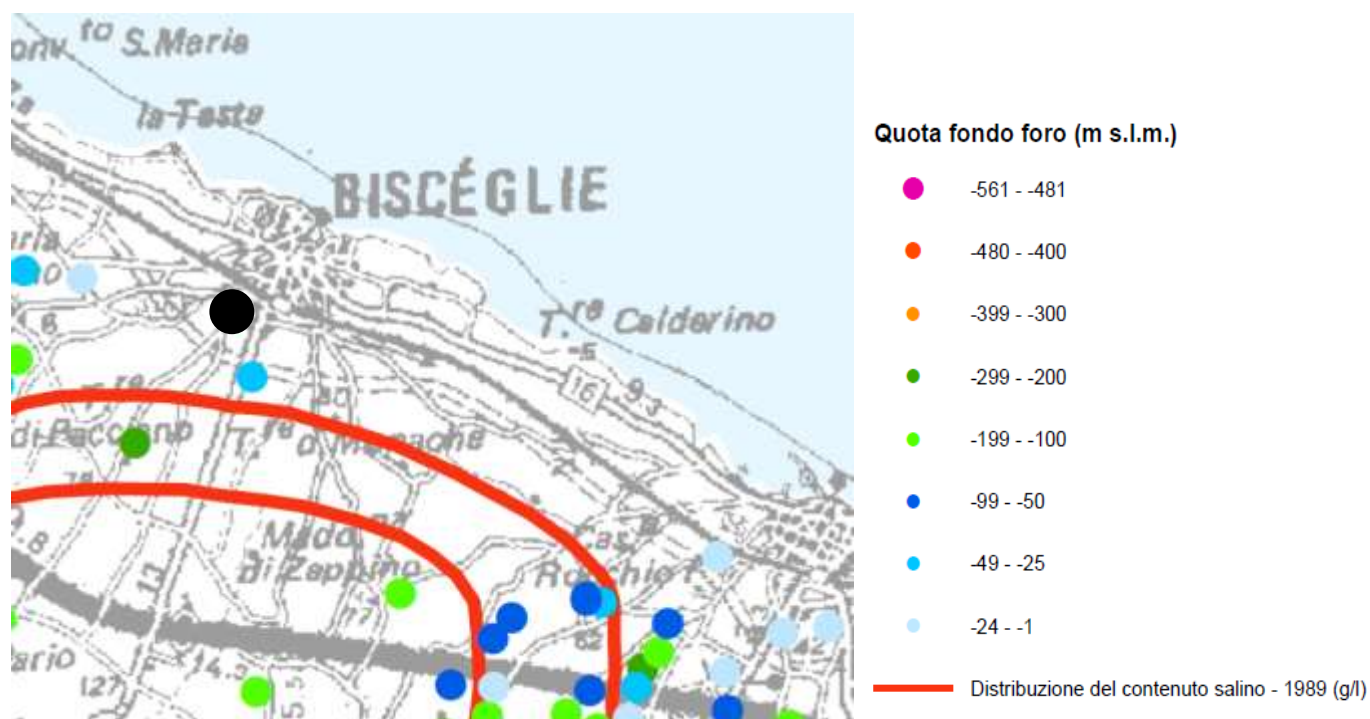


Fig. 24 – Quote di attestazione dei pozzi e contenuto salino (da PTA)



Fig. 25 – Distribuzione media dei carichi piezometrici negli acquiferi carsici (da PTA)

L'idrogeologia locale è specificatamente illustrata nel Piano Tutela Acque (P.T.A.) e confermata dai dati inerenti a pozzi eseguiti in zona:

- la superficie piezometrica della falda è posizionata a 0.5 m slm;
- il contenuto salino riportato presenta valori superiori a 2 g/l circa;
- la profondità minima della falda è pari a circa 32 m dal p.c.

Le indagini eseguite nell'area in oggetto ed in zona (trivellazioni e geofisica), non hanno intercettato falde acquifere sospese nei primi 20 m di profondità.

Permeabilità del sottosuolo

Sulla base dei caratteri litologici osservati ed in precedenza descritti, è possibile schematizzare i caratteri di permeabilità delle rocce presenti nel sottosuolo dell'area in oggetto di studio.

Riguardo al tipo e al grado di permeabilità i terreni si possono suddividere in:

- permeabili per fessurazione;
- permeabili per porosità interstiziale;
- praticamente impermeabili.

- **Rocce permeabili per fessurazione e carsismo:**

Tale tipo di permeabilità, che è di tipo secondario, è direttamente collegata all'elevato grado di fratturazione e carsismo dei calcari cretacei (Calcere di Bari), che strutturalmente si presentano stratificati interrotti da numerosi sistemi di fratture.

L'infiltrazione e la circolazione avviene sia in forma concentrata che diffusa ed è in ogni caso influenzata sempre dall'orientazione dei principali sistemi di fratturazione. Il grado di permeabilità variabile tra 10^{-4} e 10^{-5} m/s.

- **Rocce permeabili per porosità di interstizi:**

A questa classe appartengono le rocce clastiche calcarenitico sabbiose e i depositi prettamente sabbiosi (Calcareniti di Gravina, Depositi marini terrazzati).

In tali rocce l'infiltrazione e la circolazione si sviluppa essenzialmente in forma diffusa con formazione di modeste falde superficiali quando le condizioni litostratigrafiche lo consentono (presenza di un substrato impermeabile). La permeabilità varia tra 10^{-4} e 10^{-5} m/s.

- **Rocce poco permeabili o praticamente impermeabili:**

Sono da considerarsi tali i limi argillosi eluviali e alluvionali olocenici, occupanti il fondo di aree depresse o il fondovalle di modesti corsi d'acqua. La permeabilità di questi litotipi varia tra 10^{-5} e 10^{-9} m/s.

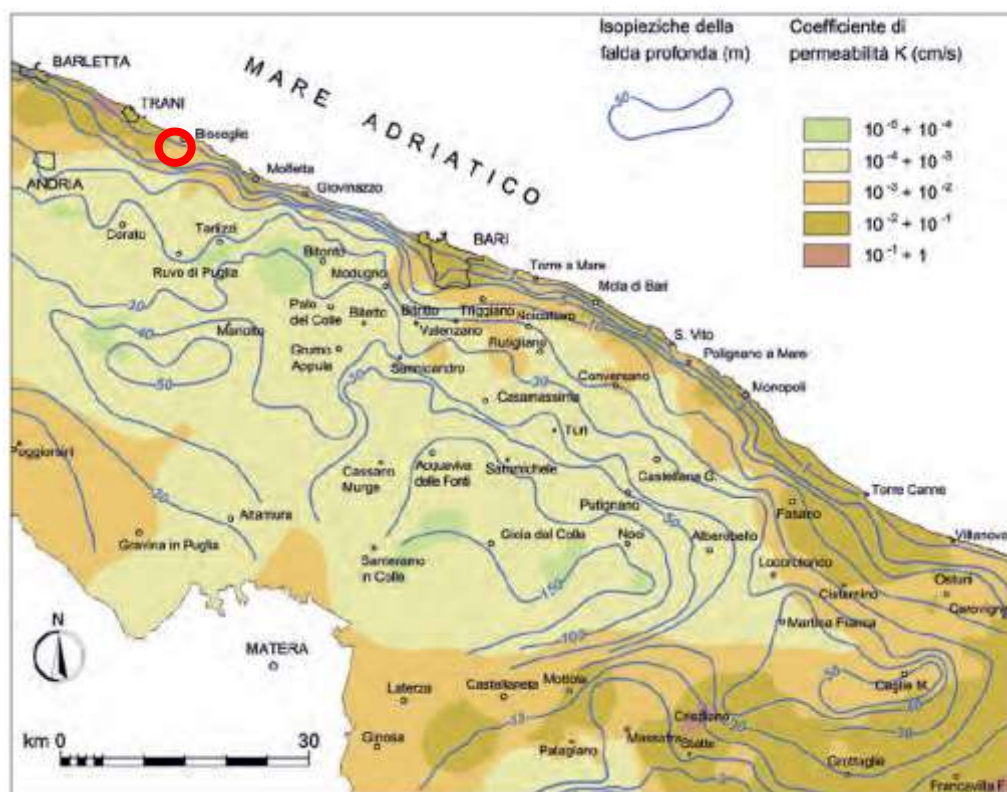


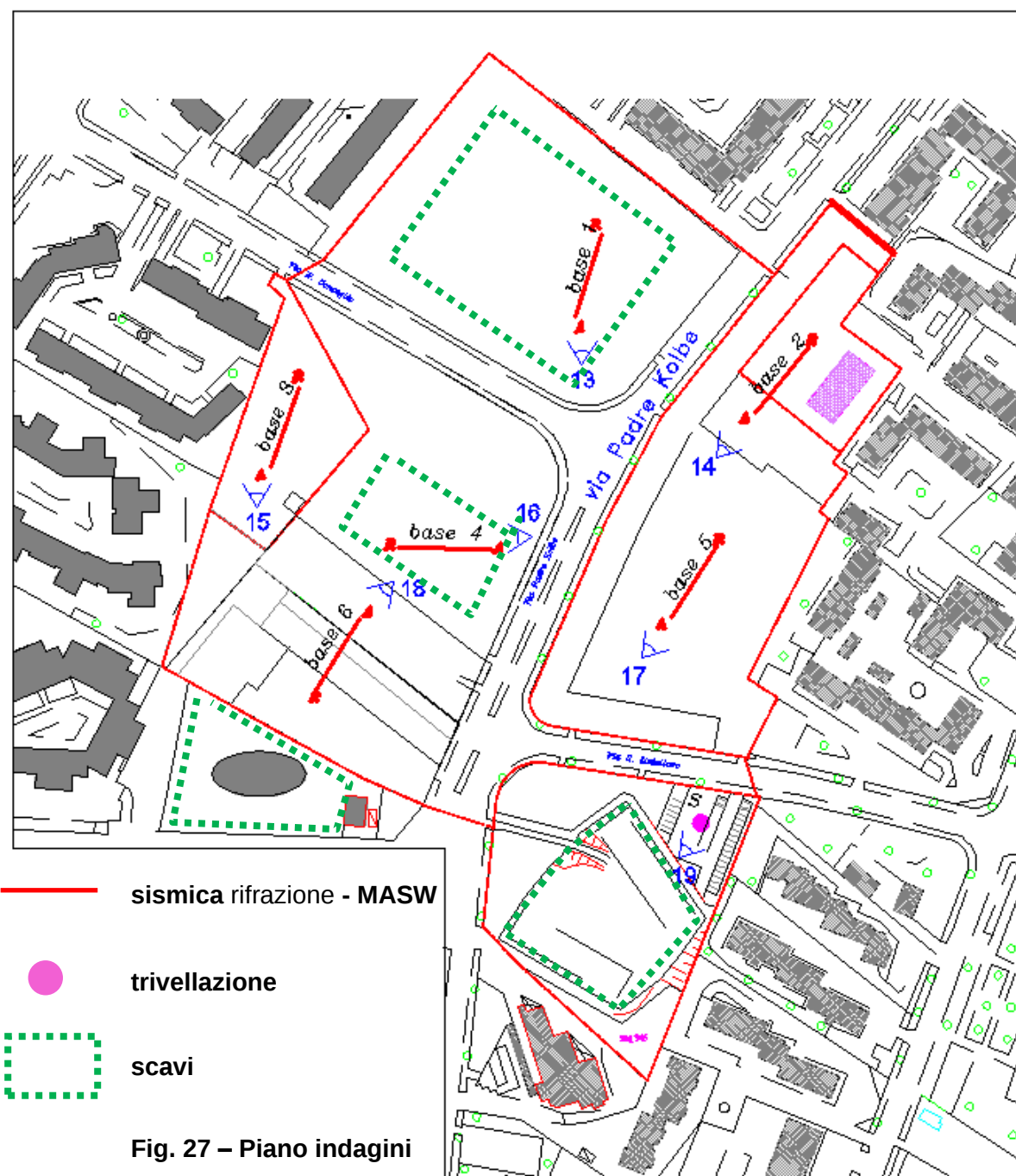
Fig. 26 – Permeabilità dell'acquifero carbonatico

8 - Piano indagini geognostiche

Per realizzare il modello geologico-strutturale dell'area in esame sono state eseguite una serie di indagini sismiche a rifrazione e MASW oltre a informazioni geofisiche, meccaniche e osservazioni geologiche già in possesso dello scrivente:

- Rilievo geologico;
- Rilievo geomeccanico degli affioramenti;
- N° 1 trivellazione a carotaggio continuo;
- N° 6 sismiche a rifrazione;
- N° 6 sismiche MASW;

I diagrammi ed i risultati delle indagini geofisiche e meccaniche sono riportati in calce alla seguente relazione.



L'area non risulta attraversata da linee tettoniche, non sono presenti manifestazioni carsiche rilevanti (doline, inghiottitoi), non sono presenti pendii, o fronti a rischio di frana o crolli.

9 - Parametri geotecnici

Come illustrato nei precedenti paragrafi, nell'area in esame sono presenti due litologie:

- sabbie limose calcarenitiche: presenti nella metà settentrionale dell'area, con spessori variabili da 0.00 a 8.00 m, in aumento da sud verso nord.

Calcarenite		
spessore	m	0-8
Peso specifico	Kg/m ³	1970
Angolo di attrito	gradi	32°
Coesione drenata	Kg/cm ²	0.025
Modulo elastico	Kg/cm ²	536
Modulo edometrico	Kg/cm ²	860
Carico di rottura	Kg/cm ²	2.60

- roccia calcarea stratificata: presente in tutto il lotto. Nella porzione settentrionale al di sotto delle suddette calcareniti, nella metà meridionale in affioramento. Si distingue un primo livello molto fratturato, di spessore variabile da 4 a 8 m circa e la parte basale più compatta.

Calcare – primo livello		
spessore	m	4-8
Peso specifico	Kg/m ³	2000
Angolo di attrito	gradi	33°
Modulo elastico	Kg/cm ²	1750
Carico di rottura	Kg/cm ²	4.40

Calcare – parte basale		
spessore	m	>10
Peso specifico	Kg/m ³	2200
Angolo di attrito	gradi	38°
Modulo elastico	Kg/cm ²	6500
Carico di rottura	Kg/cm ²	8.50

I dati provenienti dal rilievo geomeccanico e geofisico sono stati elaborati secondo le teorie ed i modelli matematici che, a parere dello scrivente, meglio caratterizzano il substrato di fondazione, in relazione alle dirette esperienze compiute su terreni simili in aree appartenenti al medesimo bacino di formazione.

Teorie, classificazioni e modelli matematici:

- Il sistema **C.S.I.R.**, proposto da Bieniawski (89), ricava la classificazione geomeccanica dall'analisi di sei parametri che fanno riferimento alla resistenza meccanica, alla giacitura dei piani di stratificazione, alle condizioni dei giunti ed alla situazione idrica.
- Studi condotti da **Zezza** (75) hanno caratterizzato e classificato gli ammassi rocciosi carsificati pugliesi collegando il comportamento dinamici con quelli statici attraverso misure di velocità, di RQD ed indicazioni strutturali.
- **Rzhevsky e Novik (71)** e **Broili (77)** hanno elaborato modelli matematici correlando il modulo di elasticità dinamico con la porosità, la resistenza a compressione ed il modulo elastico statico.

- Modulo statico:

$$\text{Rzhevsky e Novik (71)} \quad E_s = \frac{E_d - 0,97}{8,30}$$

$$\text{NAV FAC Manual} \quad E_s = 10E_d$$

$$\text{Bowles} \quad E_y = 3.0 (N_{spt} + 6)$$

$$\text{Schmertmann} \quad E_s = 12 \cdot N_{spt}$$

$$\text{Denver} \quad E_s = 70 \cdot N_{spt}^{0.5}$$

- Angolo d'attrito:

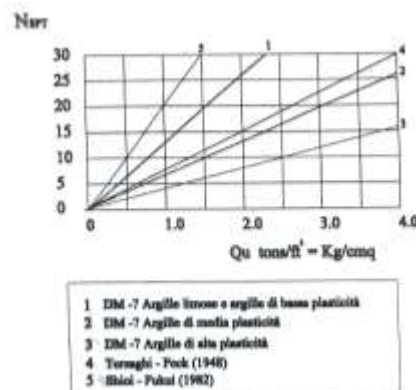
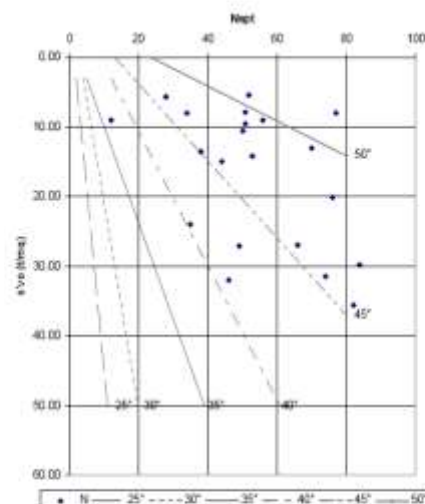
$$\text{C.S.I.R. (89)} \quad \varphi = 5 + 0,5 \cdot RMR$$

$$\text{Sen \& Sadagah (03)} \quad \varphi = 25 \left(1 + \frac{RMR}{100}\right)$$

$$\text{Meyerhof} \quad \varphi = 19.8 + [4.38 \ln(N)]$$

$$\text{De Mello} \quad \varphi = 19 - 0.38\sigma + 8.73 \log(N)$$

$$\text{Malcev} \quad \varphi = 20 - 5 \log(\sigma) + 3.73 \log(N)$$



- Coesione:

C.S.I.R. (89) $c = 0,005 \cdot RMR$

Sen & Sadagah (03) $c = 3,625 \cdot RMR$

Shioi-Fukui $c_u = 0.025 N_{spt}$

- q_{amm} (capacità portante):

Keceli (2012)

$$q_{amm} = 0,123 \cdot V_s^{1,25} \text{ per } V_s < 400 \text{ m/s}$$

$$q_{amm} = 0,143 \cdot V_s^{1,25} \text{ per } V_s = 400 \div 700 \text{ m/s}$$

10 - Pericolosità sismica di base

La valutazione dell'azione sismica del sito di costruzione è regolamentata dal paragrafo 3.2 delle NTC (DM 17.01.18).

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).

La classificazione della categoria di sottosuolo si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,eq}$ di propagazione delle onde di taglio.

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

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per il calcolo del $V_{s,eq}$, sono state eseguite n° 6 indagini MASW. Tramite questa prova si misurano le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze. La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica.

Considerando una profondità di scavo nulla, i valori ottenuti dalle indagini MASW variano da 470 a 621 m/s:

Base 1			
strato	profondità (m)	spessore (m)	Vs (m/s)
1	2.00	2.00	650
2	3.00	1.00	420
3	4.00	1.00	510
4	7.50	3.50	750
5	10.00	2.50	900
6	-		1100
profondità scavo		0.00	m
Vs _{eq}		621	m/s
categoria sottosuolo		B	

Base 2			
strato	profondità (m)	spessore (m)	Vs (m/s)
1	2.50	2.50	352
2	3.50	1.00	464
3	6.50	3.00	722
4	8.30	1.80	819
5	-	-	1355
profondità scavo		0.00	m
Vs _{eq}		485	m/s
categoria sottosuolo		B	

Base 3			
strato	profondità (m)	spessore (m)	Vs (m/s)
1	4.40	4.40	380
2	9.00	4.60	700
3	17.30	8.30	1000
4	-	-	1500
profondità scavo		0.00	m
Vs _{eq}		496	m/s
categoria sottosuolo		B	

Base 4			
strato	profondità (m)	spessore (m)	Vs (m/s)
1	3.80	3.80	500
2	9.00	5.20	1200
3	17.00	8.00	1560
4	-	-	1770
profondità scavo		0.00	m
Vs _{eq}		500	m/s
categoria sottosuolo		B	

Base 5			
strato	profondità (m)	spessore (m)	Vs (m/s)
1	2.30	2.30	500
2	3.30	1.00	750
3	12.10	8.80	1000
4	22.00	9.90	1179
5	-	-	1800
profondità scavo		0.00	m
Vs _{eq}		556	m/s
categoria sottosuolo		B	

Base 6			
strato	profondità (m)	spessore (m)	Vs (m/s)
1	0.40	0.40	458
2	3.30	2.90	472
3	4.40	1.10	1156
4	9.80	5.40	1290
5	-	-	1316
profondità scavo		0.00	m
Vs _{eq}		470	m/s
categoria sottosuolo		B	

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} = 470-621 \text{ m/s}$$

con:

h_i spessore dell' i -esimo strato;

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

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s

Trattandosi di rocce tenere e terreni a grana fina molto consistenti caratterizzati da un valore V_{seq} compreso tra 360 e 800 m/sec, la categoria di sottosuolo è la “**B**”.

In caso di edifici con piano interrato e fondazioni a profondità 3.00-4.00 m dal piano campagna, il valore della V_{seq} va ricalcolato, in quanto potrebbe superare la velocità di 800 m/s rientrando nella categoria di sottosuolo “**A**”.

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>



Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Tab. 3.2.III – *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 $i > 30^\circ$

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella tabella sottostante, in funzione delle categorie topografiche definite nella Tab. 3.2.III delle NTC 2018 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tab. 3.2.V – *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 di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Nel nostro caso, la configurazione topografica superficiale rientra nella categoria **T1**.

Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS**

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 41,231539 [°]

longitudine: 16,494614 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	31236	41,245660	16,482920	1849,7
Sito 2	31237	41,243890	16,549360	4779,2
Sito 3	31459	41,193920	16,547000	6058,1
Sito 4	31458	41,195690	16,480600	4155,1

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,033	2,498	0,254
Danno (SLD)	63	50	0,042	2,517	0,294
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,135	2,495	0,374
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,193	2,482	0,375

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,450	1,000	0,008	0,004	0,394	0,200
SLD	1,200	1,410	1,000	0,010	0,005	0,493	0,200
SLV	1,200	1,340	1,000	0,039	0,019	1,593	0,240
SLC	1,200	1,340	1,000	0,056	0,028	2,269	0,240

11 - Correlazione tra radon e litologia

Il radon è un prodotto di decadimento radioattivo della catena dell'uranio, è un gas nobile prodotto dalla “disintegrazione radioattiva” del radio contenuto nelle rocce. Si osserva infatti che in natura sono presenti alcuni atomi chiamati instabili per la loro proprietà di trasformarsi senza influssi esterni in altri atomi, cambiando in questo modo la loro identità e trasformandosi in altri elementi chimici.

Nel caso particolare la disintegrazione naturale dell'uranio dà luogo, tramite una serie di prodotti intermedi, al radio e successivamente al radon. A differenza dei suoi precursori nella catena radioattiva, che permangono nella crosta terrestre, il gas radon ha la possibilità di muoversi tra i pori dei materiali solidi, di essere trasportato in superficie e di raggiungere l'atmosfera.

La principale fonte di questo gas è il terreno, ma altre fonti possono essere anche materiali da costruzione, specie se di origine vulcanica, e l'acqua. La trasmissione del radon, il cosiddetto pericolo radon-indoor, avviene mediante pavimentazioni e pareti a contatto con il suolo e non adeguatamente isolate da fratture e fessure, tubature e canalizzazioni non ben sigillate (che andrebbero quindi sempre ben controllate se si vive in una zona più a rischio).

Nel caso in oggetto, il sottosuolo è caratterizzato da basamento calcareo (rocce sedimentarie), a media fratturazione, con probabile presenza di piccole/modeste sacche di terra rossa. Notoriamente le rocce predisposte maggiormente al rilascio di gas radon sono costituite da rocce di origine vulcanica e metamorfica, come graniti, pozzolane, tufi (di origine vulcanica) e lave, dove è più probabile l'alta concentrazione in primis di uranio, radio e torio.

Risultati monitoraggio

In termini di monitoraggio, l'Italia ha aderito al progetto di creazione di un database per la preparazione di un “atlante europeo sulle radiazioni naturali che comprende informazioni sulla concentrazione di radon negli edifici”, chiamato *progetto ATLAS*.

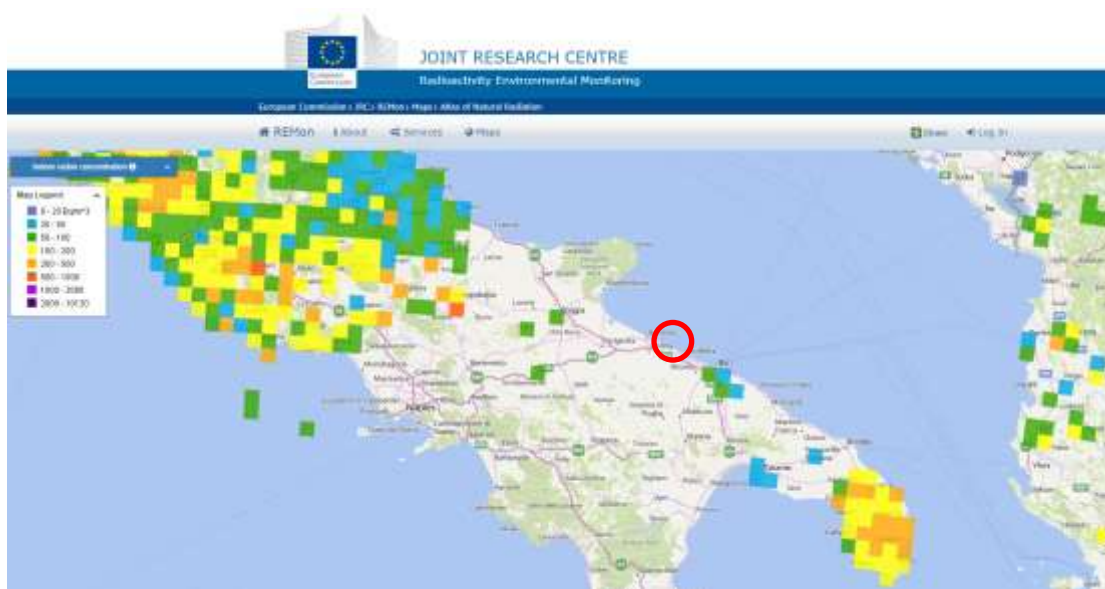


Fig. 29 – Mappa della concentrazione del gas radon nei luoghi indoor in Puglia

Come evidente, le concentrazioni maggiori sono state riscontrate in Salento. Tuttavia ciò dipende anche dal numero di monitoraggi effettuati, infatti nella Puglia centrale non sono presenti dati di monitoraggio e pertanto non si hanno informazioni sulla concentrazione.

Anche l'ARPA Puglia a partire dal 2004 ha elaborato una cartografia risultante dai dati di concentrazione del radon, elaborati nell'ambito delle campagne di misure.

Da tale mappa è stato estrapolato il dato rappresentativo del comune di Bisceglie.

I risultati ottenuti mostrano una concentrazione annuale di gas radon di 161 Bq/m³, valore ampiamente inferiore al limite di concentrazione di 500 Bq/m³, come da D.Lgs. 241/2000.

La regione Puglia ha ulteriormente abbassato questo limite a 300 Bq/m³, come da comma 2 dell'art. 3 "livelli limite di concentrazione per le nuove costruzioni", della l.r. 30/2016 (comma 1 l.r. 36/2017).

Anche in considerazione di questo nuovo limite, i dati monitorati nelle immediate vicinanze dell'area in oggetto risultano inferiori a 300 Bq/m³.

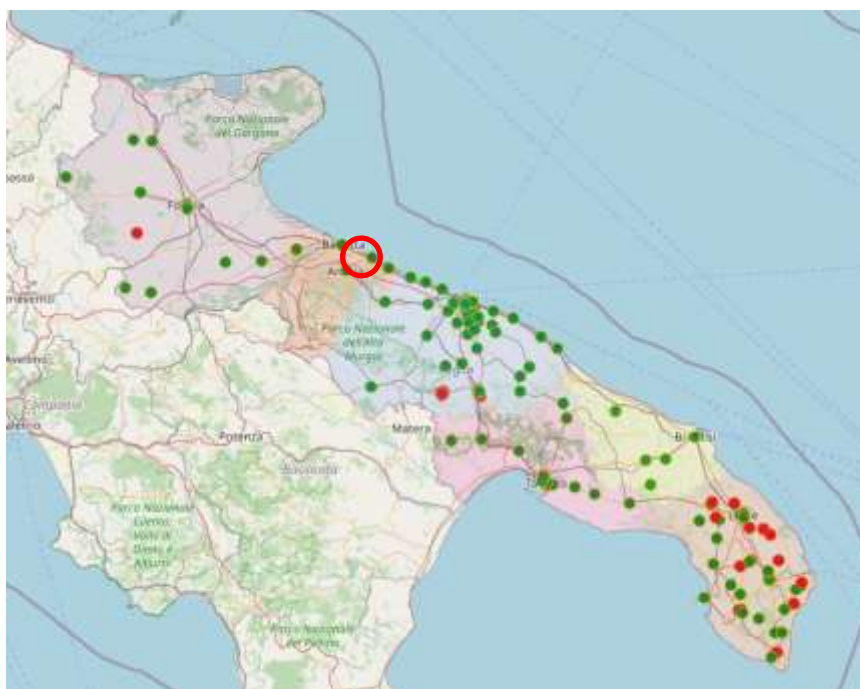


Fig. 30 – Mappa delle radiazioni ionizzanti dell'ARPA Puglia, con i rosso le zone di superamento del limite 300 Bq/m³

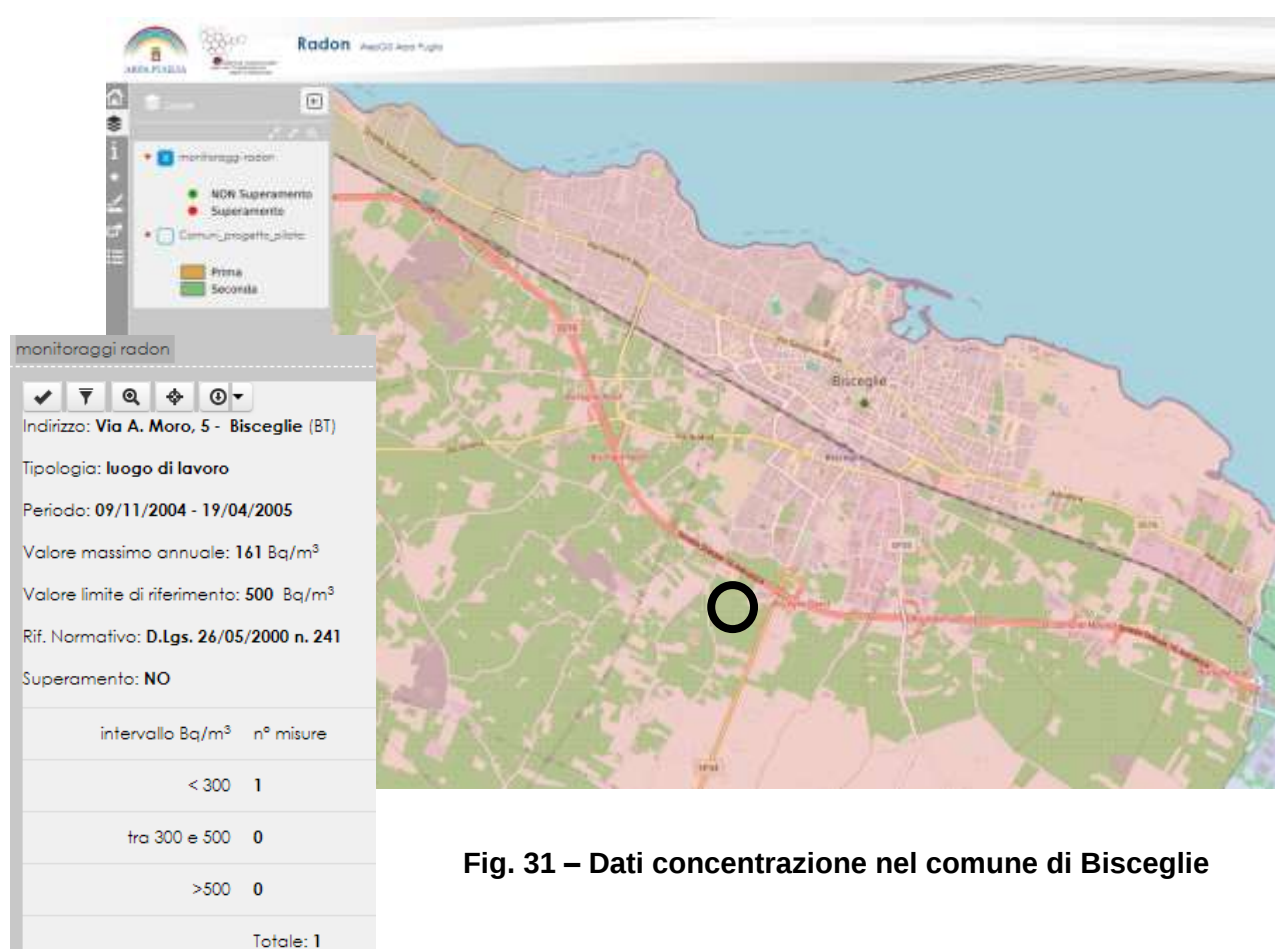


Fig. 31 – Dati concentrazione nel comune di Bisceglie

Materiali impiegati per la costruzione

Tutti i materiali da costruzione presentano una quantità piccola, ma non trascurabile di radioattività naturale, poiché provengono dalla crosta terrestre, tale radioattività è dovuta ai radioisotopi Uranio (^{238}U), Torio (^{232}Th) e Potassio (^{40}K), in concentrazioni variabili a seconda della tipologia e della provenienza.

L'Istituto Superiore di Sanità ha stilato un Rapporto ISTISAN, avente come oggetto la "Radioattività naturale nei materiali da costruzione nell'Unione europea: un database di concentrazioni di attività, emanazioni di radon e rateo di esalazione di radon", in cui viene presentato l'elenco di numerose misure di concentrazione di radionuclidi naturali, ^{226}Ra (radio), ^{232}Th (torio), ^{40}K (potassio) nei materiali da costruzione utilizzati dall'industria edilizia nei paesi membri dell'UE.

I materiali da costruzione hanno notevole importanza in campo di prevenzione dall'inquinamento da radon, sia per quanto riguarda il possibile rilascio di gas radon dai componenti della materia prima di cui sono composti i materiali da costruzione, sia per quanto attiene la difesa che questi offrono dall'ambiente circostante e dal sottosuolo.

In particolare è necessario fare una distinzione tra i materiali da costruzione costituiti da rocce "tal quali", che possono contenere radionuclidi (tipo tufi vulcanici o graniti) e i materiali da costruzione contenenti componenti derivanti da rocce sotto forma di inerti o leganti, contenenti nuclidi (come pozzolana o cemento pozzolanico).

Di seguito si riporta una tabella di riepilogo dello studio Riscia et al. sui principali materiali da costruzione usati in Italia.

Materiale da costruzione	Ra-226 (Bq* / kg)		Th-232 (Bq* / kg)	
	media	min-max	media	min-max
tufo	209	136–316	349	99–542
cemento	42	7–98	66	9–240
pietra sienite	317	239–384	234	173–342
pietra peperino	159	109–256	171	152–231
calcestruzzo	22	21–23	16	16
laterizi	29	0–67	26	3–51
sabbia	18	0–24	22	6–27
ghiaia	15	11–21	14	13–16
gesso	8	0–16	3	1–8
calce	9	7–15	6	2–8
travertino	1	0–2	0	0–1
marmo	4	1–13	1	0–3
granito	89	24–378	94	36–358
porfido	41	25–51	59	45–73

Fig. 32 – Riepilogo dei dati (1082 campioni) sulla concentrazione di radioattività di diversi materiali da costruzione usati in Italia (tratto da Riscia et al. 1999)

In questa fase preliminare, pertanto, è opportuno fornire indicazioni circa le conoscenze attualmente disponibili per valutare quali siano i materiali da costruzioni più idonei da utilizzare.

Facendo riferimento alla tabella 14 del Rapporto ISTISAN 17/36 relativo alle misurazioni di concentrazione dei radionuclidi naturali eseguite su 1095 campioni di materiali strutturali (mattoni, calcestruzzo, ecc.), sui loro componenti (cemento, aggregati fini e grossolani, residui NORM, ecc.) e sui materiali superficiali (mattonelle, pietre) più impiegati in Italia, è risultato che i materiali quali pozzolana (del Lazio), il basalto, il porfido scisto e la syenite sono maggiormente ricchi di nucleotidi.

Le informazioni su densità di emanazione e/o esalazione del radon relative a circa 292 campioni di materiali e loro componenti, invece, hanno evidenziato che ad essere più soggetti ad esalazioni di radon sono il tufo vulcanico, diverse qualità di granito (granito rosa limbara, granito rosa porrino e granito rosso) ed in minor quantità anche il marmo.

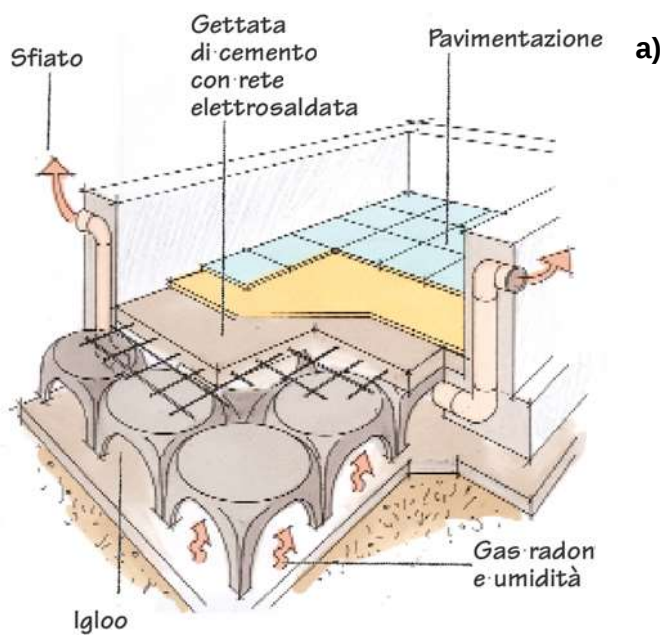
In considerazione di ciò, si consiglia in fase di progettazione esecutiva di utilizzare in maniera oculata i materiali ad alto potenziale di esalazione di radon, al fine di evitare l'accumulo di materiali ad alta concentrazione di nucleotidi.

Soluzioni per ridurre l'accumulo di radon

La migliore prevenzione dal radon ha inizio dalla progettazione adeguata, con particolare attenzione riguardo alla disposizione e destinazione dei locali, alla scelta dei materiali da costruzione impermeabili al radon, alla pianificazione dei passaggi delle condotte dal terreno, all'isolamento termico ed al sistema d'aerazione.

Le tecniche preventive possono essere di tipo attivo o passivo. Tra le tecniche di tipo passivo, possono essere suggerite:

- ventilazione naturale attraverso vespaio: tecnica ormai diffusa anche per ridurre problemi di umidità dei locali interrati. È possibile mediante l'introduzione di tubi forati all'interno del vespaio per tutta l'impronta del fabbricato, collegati a due sfiati, a nord e sud in modo da generare l'effetto Venturi tra i due punti.
Spesso utilizzati anche gli igloo (o iglù), che sono dei casseri a perdere di forma e altezza diversa, affiancati in serie; si realizza una piattaforma pedonale autoportante sulla quale viene eseguito una gettata di calcestruzzo, in maniera semplice ed economica, ottenendo così un vespaio ventilato poggiante su pilastri con area sottostante cava, sfruttabile per vespaio ventilato per contrastare risalita di umidità e di gas radon (ovviamente si realizzano sempre gli sfiati esterni per la fuoriuscita).



b)



Fig. 33 – a) Schema e b) foto reale di vespaio con iglù



- intercapedine areata: in modo naturale o forzato, per tutta l'altezza dello scavo interrato, dal piede della fondazione al piano campagna, in modo da intercettare eventuali propagazioni di gas provenienti dalle pareti dello scavo;

Fig. 34 – Esempio di intercapedine areata

- Messa in opera di una barriera ritardante al carbone attivo o zeolite (silicati complessi), che sono miscelati al terreno di fondazione e posti accanto alle strutture di fondazione. Si tratta di materiali con alta resistenza al passaggio del gas radon, che hanno lo scopo di ritardarne il percorso. Dal momento che il tempo di dimezzamento del radon è di 3.8 gironi, ogni ritardo nel percorso di migrazione potrà ridurre il livello di concentrazione indoor. Le prime applicazioni sperimentali di questo sistema hanno dato risultati soddisfacenti, senza modificare le proprietà ingegneristiche del suolo.

È opportuno tuttavia evidenziare che anche una membrana impermeabile (bituminosa, PVC, ecc.) fornisce adeguate prestazioni, specie se del tipo “barriera al vapore” e sottolineare che la posa in opera riveste un ruolo determinante sull’efficacia della barriera. Va ricordato infatti che il radon non fuoriesce dal terreno in pressione, ma viene richiamato dalla leggera depressione che si crea all’interno dell’edificio ed è quindi sufficiente ostacolare questo leggero flusso di gas con una barriera sintetica.

Pertanto, particolare attenzione deve però essere posta alla posa in opera della membrana, evitando qualsiasi tipo di bucatatura o lacerazione che potrebbe risultare poco importante nell’arrestare la risalita nell’edificio dell’umidità ma sicuramente più critica per quanto riguarda il radon.



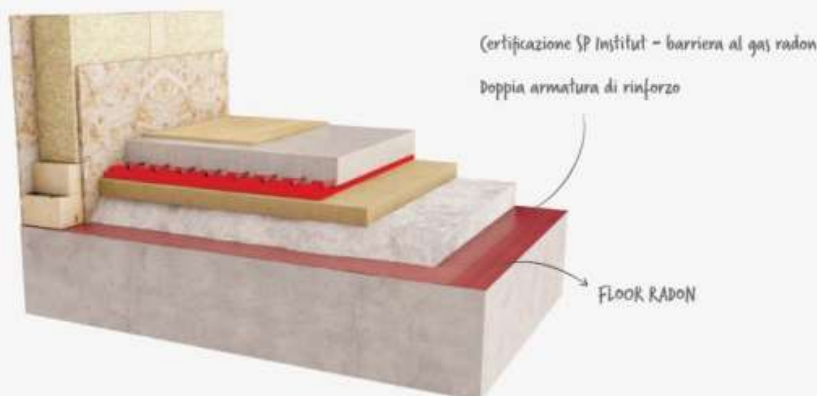
Fig. 35 – Esempio di membrana

FLOOR RADON



Barriera al gas radon impermeabilizzante per fondazioni

Doppio strato di polietilene a bassa densità (LDPE) con rete di rinforzo e armatura in polietilene ad alta densità (HDPE)



DATI TECNICI

proprietà	normativa	valore
Grammatura	EN 1849-2	350 g/m ²
Spessore	EN 1849-2	0,4 mm
Rettilinearità	EN 1848-2	conforme
Trasmissione del vapore d'acqua (Sd)	EN 1931 / EN ISO 12572	232 m
Resistenza a trazione MD/CD	EN 12311-1	450 / 420 N/50 mm
Allungamento MD/CD	EN 12311-1	12 / 12 %
Resistenza a lacerazione chiodo MD/CD	EN 12310-1	300 / 300 N
Impermeabilità all'acqua	EN 1928	conforme
Resistenza termica	-	-40 / +80 °C
Resistenza a carico statico	-	200 N
Resistenza all'urto	-	200 mm
Resistenza giunti	EN 13501-1	> 60 N
Resistenza al passaggio dell'aria	EN 12114	0 m ³ /m ² h50Pa
Flessibilità a basse temperature	-	-20 °C
Stabilità dimensionale	EN 13984	< 2 %
Conduttività termica (λ)	-	0,4 W/mK
Calore specifico	-	1800 J/kgK
Densità	-	ca. 875 kg/m ³
Fattore di resistenza al vapore (μ)	-	ca. 580000
Permeabilità al gas radon	-	< 10 x 10 ⁻¹² m ² /s
Trasmissione radon	-	< 20 x 10 ⁻⁹ m/s
Compatibilità al bitume	-	compatibile

COMPOSIZIONE



- ① strato superiore: strato in LDPE rosso
- ② armatura: griglia di rinforzo in PL
- ③ strato intermedio: strato in HDPE
- ④ strato inferiore: strato in LDPE nero

CODICI E DIMENSIONI

codice	ex codice	descrizione	tape	H x L [m]	A [m ²]	pz/
RADON350	D45205	FLOOR RADON	-	2,0 x 25	50	42



In relazione alle tecniche attive, invece, bisogna focalizzare l'attenzione sulla gestione della ventilazione forzata degli ambienti indoor, attraverso dispositivi che creano un aumento di pressione nei locali interrati, impedendo così al radon di entrare. In fase di costruzione risulta spesso semplice ed economici installare dei sistemi di ventilazione/aspirazione da

attivare in caso di necessità, qualora i sistemi passivi non diano risultati soddisfacenti. Sono pertanto, possibili soluzioni miste che prevedano il passaggio delle canalizzazioni in adiacenza a fonti di calore, che favoriscano l'innescarsi di un effetto camino aspirante nella tubazione.

Esiti sul gas radon

Alla luce di quanto illustrato nelle pagine precedenti, in questa fase preliminare, è possibile affermare quanto segue:

- le rocce sedimentarie calcaree presenti nell'area in oggetto non sono predisposte al rilascio di gas radon, a differenza di quelle di origine vulcanica e metamorfica;
- il monitoraggio eseguito dall'ARPA Puglia ha rilevato valori annui ampiamente inferiori al limite di concentrazione di 300 Bq/m³, stabilito dalla Regione Puglia.
- nella scelta dei materiali, si consiglia l'utilizzo di cementi antiritiro, nei quali risulta minore la formazione di fessure attraverso le quali può penetrare il gas radon;
- dal punto di vista costruttivo, in questa fase, si ritiene sufficiente adottare almeno due delle tecniche passive descritte, tralasciando i sistemi di pressurizzazione.

Come riportato al comma 1 dell'art. 3 della L.R. 36/2017, per le nuove costruzioni, eccetto i vani tecnici isolati o a servizio di impianti a rete, il livello limite di riferimento per concentrazione di attività di gas radon in ambiente chiuso, e in tutti i locali dell'immobile interessato, non può superare 300 Bq/mc, misurato con strumentazione passiva.

Infine, ai sensi del comma 3 dell'art. 3 della L.R. 30/2016 modificato dalla L.R. 36/2017, *entro e non oltre sei mesi dal deposito della segnalazione certificata presentata ai fini della agibilità devono essere avviate su ogni locale della nuova costruzione le misurazioni del livello di concentrazione, con le modalità previste dall'articolo 4, commi 2, 3, 4, 5, 6 e 7.*

Eventualmente si potrà prevedere la messa in opera di una tecnica di tipo attivo, qualora dopo il primo monitoraggio dei fabbricati, si evidenziassero valori di concentrazioni di radon vicine al limite normativo di 300 Bq/m³.

12 - Conclusioni

L'area in esame presenta un andamento morfologico subpianeggiante non interessato da fronti di instabilità, forme carsiche e/o tettoniche di notevoli dimensioni, linee di ruscellamento meteorico.

Allo stato attuale, parte dell'area da edificare risulta interessata da pericolosità idraulica, ai sensi del PAI. Tuttavia, la zona è stata oggetto di progetto di mitigazione della pericolosità idraulica con conseguente ripermimetrazione delle aree a pericolosità idraulica. Pertanto, la proposta di progetto è subordinata alla realizzazione dell'intervento previsto nel progetto di mitigazione della pericolosità idraulica, presentato dal Comune di Bisceglie ed approvato dall'Autorità di Bacino, con conseguente modifica della perimetrazione dei vincoli PAI.

L'estrema a porzione settentrionale dell'area in esame è interessata da ex cave di "tufo" ricolmate con materiale detritico vario. Attualmente questa zona è completamente urbanizzata ed edificata e non presenta ulteriori aree libere.

L'indagine geologica ha evidenziato che la litologia presente è costituita da sabbie-calcarenitiche e/o roccia calcarea, con caratteristiche geomeccaniche che la rendono idonea all'edificazione.

Nello specifico, i terreni calcarenitici in presenza di acqua sono soggetti a saturazione e quindi ad uno scadimento dei parametri elastomeccanici, variabile dal 30% al 50%. Pertanto, è opportuno evitare che le acque piovane interessino il piano di fondazione.

Per quanto riguarda il basamento calcareo, in alcune zone sono stati individuati livelli carsificati a circa 5 m dal piano campagna. Pertanto, preliminarmente alla progettazione esecutiva si consigliano indagini geofisiche esplorative (radar, tomografia elettrica) e sondaggi meccanici.

Infine, in riferimento alle condizioni geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche di cui all'art. 89 del DPR 380/2001, è possibile affermare:

- La categoria di sottosuolo è la "B";
- La zona non è interessata da pericolosità geomorfologica e sono previste opere di mitigazione idraulica con ripermimetrazione delle aree a vincolo PAI.
- l'area non rientra in Parchi, aree protette, SIC, ZPS, aree a tutela PTA, aree estrattive;

-
- L'area di progetto, come le aree circostanti, non presentano pericoli geomorfologici come frane, alluvioni, liquefazione del terreno, amplificazione sismica, cedimenti differenziali, rischi tettonici, fenomeni di dissesto, ecc.
- La falda idrica è ubicata ad oltre 30 m di profondità e non interferisce con le strutture portanti di progetto.
- il monitoraggio eseguito dall'ARPA Puglia ha rilevato valori annui di gas Radon ampiamente inferiori al limite di concentrazione di 300 Bq/m³, stabilito dalla Regione Puglia.
-

Alla luce dei risultati ottenuti risulta verificata la compatibilità geomorfologica, di cui all'art. 89 del DPR 380/2001.

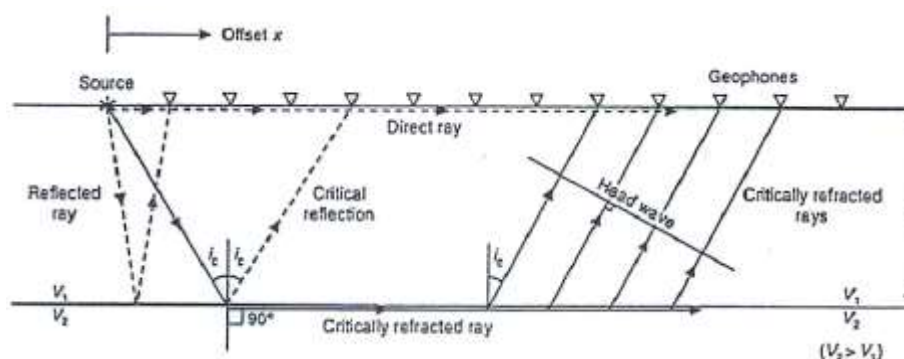
INDAGINI

Sismica a rifrazione

Cenni metodologici

La tecnica della sismica a rifrazione permette di determinare le velocità di propagazione delle onde longitudinale o primarie P. È basata sulla bifrazione delle onde elastiche a seguito del formarsi di un fronte d'onda conico, che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di dati, la costruzione d'immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica.

Ad ogni geofono arriveranno le onde generate dalla sorgente: onde dirette, onde riflesse e onde coniche o bifratte (head wave). Quelle analizzate sono quest'ultime, ovvero quelle che giungono sulla superficie di separazione (p.c.) con un angolo d'incidenza critico (secondo la legge di Snell) e che quindi vengono rifratte con un angolo di 90° , propagandosi parallelamente alla superficie rifrangente e venendo nuovamente rifratte verso la superficie con lo stesso angolo d'incidenza.



Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde P e S è articolata nelle seguenti fasi:

- individuazione dei primi arrivi attraverso l'osservazione dei sismogrammi e l'operazione di picking, previa elaborazione dei segnali ed operazione di filtraggio anche consecutivo con diverse tipologie di filtro digitale;

- ricostruzione delle dromocrone (grafico distanza-tempo) e scelta del modello di sottosuolo da utilizzare nell'interpretazione;
- elaborazione dei dati

Modalità esecutive

Nel caso in oggetto, l'indagine sono stati realizzati n° 1 stendimento lungo il quali sono stati disposti e collegati in serie 24 geofoni con frequenza di 4.5 Hz e distanza intergeofonica di 1.50 – 2.00 m.

Sono stati eseguiti n° 3 shots, mediante l'utilizzo di una massa battente del peso di 10 kg e l'energizzazione è avvenuta secondo il seguente modo:

- 2 shots esterni allo stendimento;
- 1 shot centrale, in corrispondenza del 12° geofono.

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo DoReMi della “SARA e.i.” a 16 bit.

L'elaborazione dei dati ottenuti ha permesso di definire la successione lito-stratigrafica e le anomalie strutturali nonché di realizzare il modello sismostratigrafico del sottosuolo

Sismica “MASW”

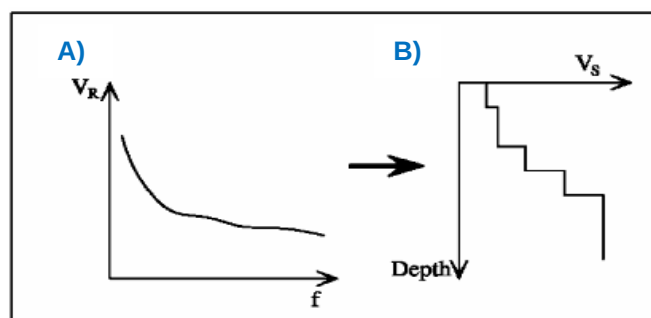
Cenni metodologici

Il metodo “MASW” è una tecnica d'indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.



La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione.



A) Velocità delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza; **B)** profilo di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità (a destra) ricavato tramite processo d'inversione.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 3 passi fondamentali:

1. calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale;
2. calcolo della velocità di fase apparente numerica;
3. individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due. Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson, la densità di massa e si variano lo spessore h e la velocità V_s degli strati.

Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità V_s e degli spessori h , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale. Nella procedura automatica, invece, la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica. In genere quando l'errore relativo, tra curva sperimentale e curva numerica è compresa tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio V_s e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

Modalità esecutive

La modalità d'esecuzione è la stessa utilizzata per la sismica a rifrazione: uno stendimento di lunghezza di 36-48 metri, lungo i quali sono stati disposti alternativamente e collegati in serie 24 geofoni con frequenza di 4.5 Hz e distanza intergeofonica di 1.50-2.00 m. Gli shots realizzati, mediante l'utilizzo di una massa battente del peso di 10 kg sono stati disposti nel secondo seguente modo:

- 2 shot esterni allo stendimento (10 m dal geofono estremo);

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo DoReMi della "SARA e.i." a 16 bit.

L'elaborazione, eseguita con il software della GeoStru "Easy Masw", ha consentito di determinare un profilo di velocità delle onde "S" fino ad oltre 30 m dal p.c.

La velocità delle onde di taglio, essendo legata alle caratteristiche dello scheletro del materiale, costituisce un parametro di grande rilevanza per la definizione delle caratteristiche geomeccaniche dei materiali.

Risulta evidente che a velocità elevate corrispondono materiali con buone caratteristiche geomeccaniche, viceversa a bassi valori corrispondono materiali con scadenti caratteristiche geotecniche.

Base sismica 1

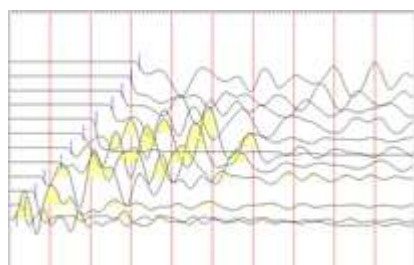
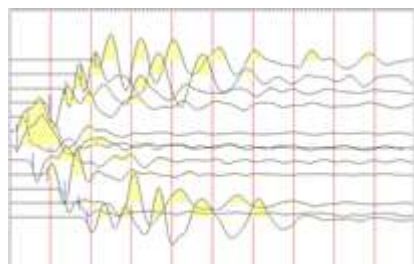
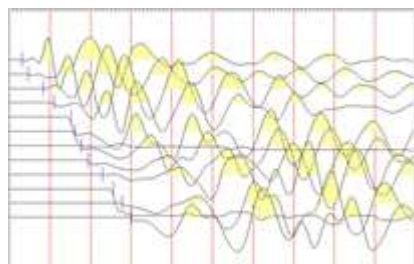
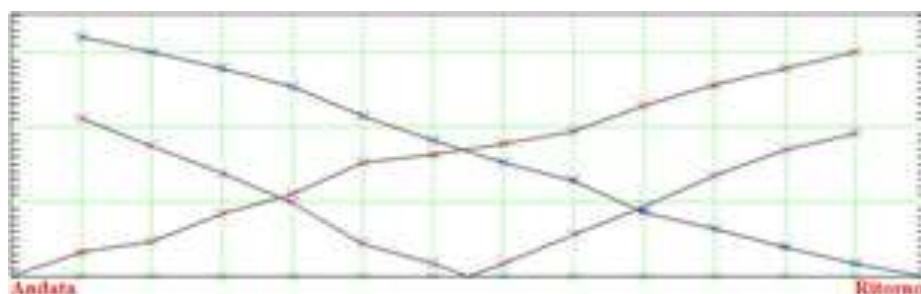
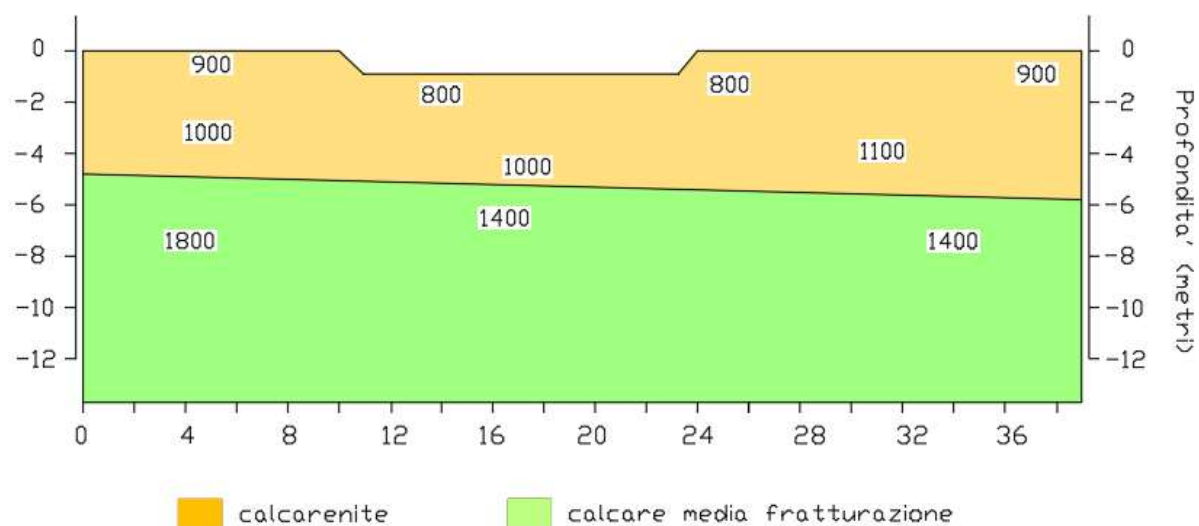


Foto 13



Sismogrammi e dromocrona (Vp)



Sezione: Interpretazione sismo-stratigrafica (Vp)

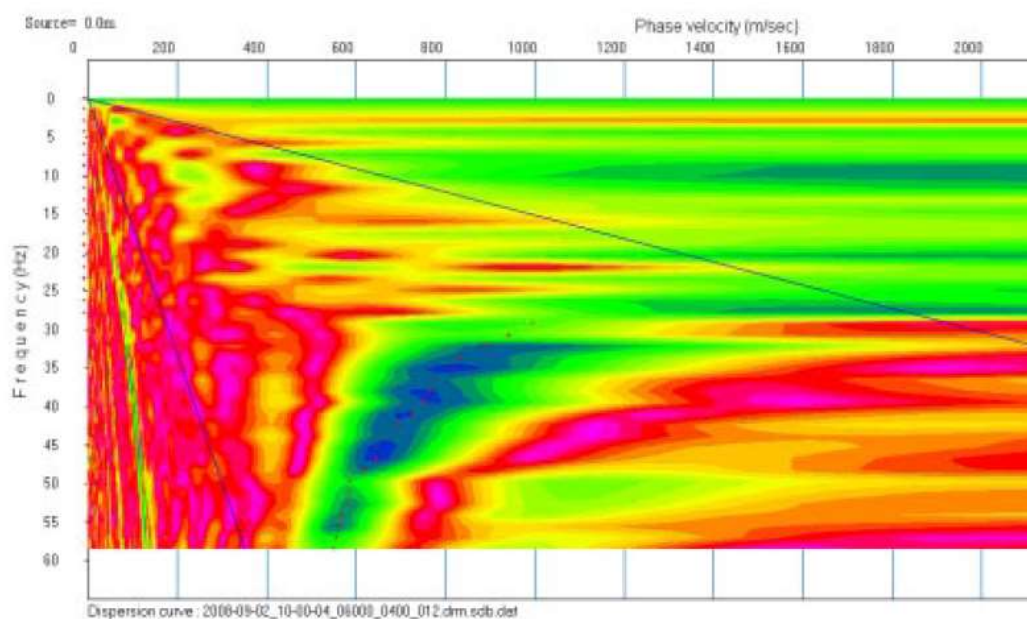
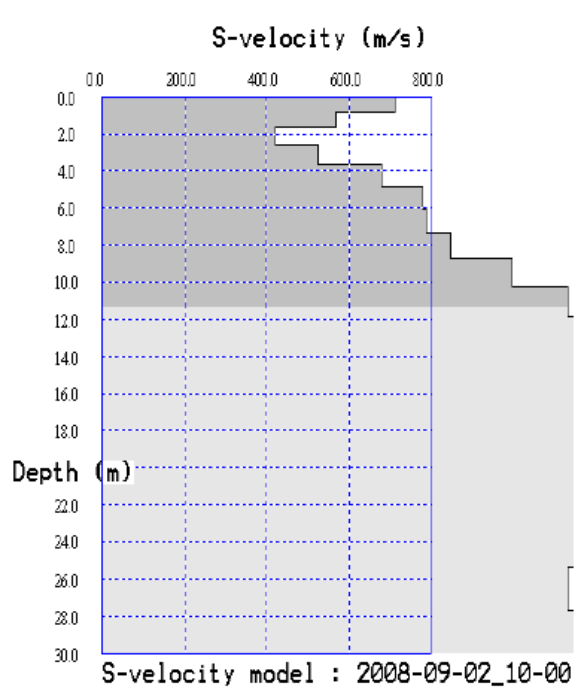
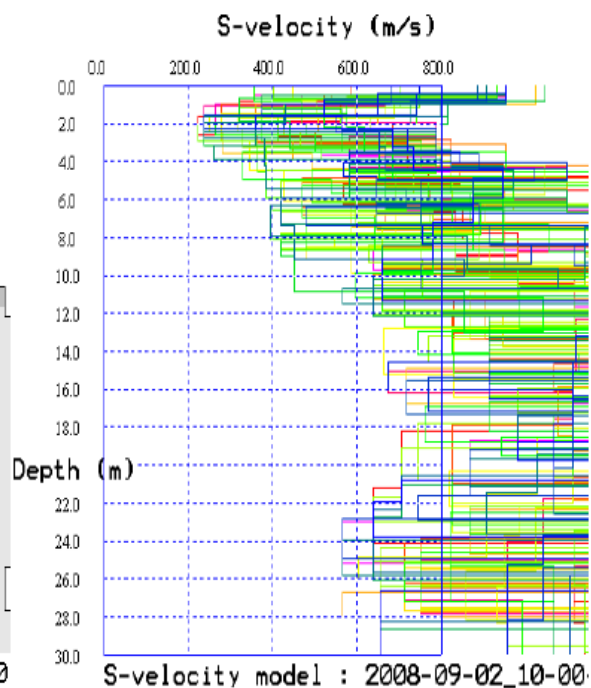


diagramma potenza di spettro



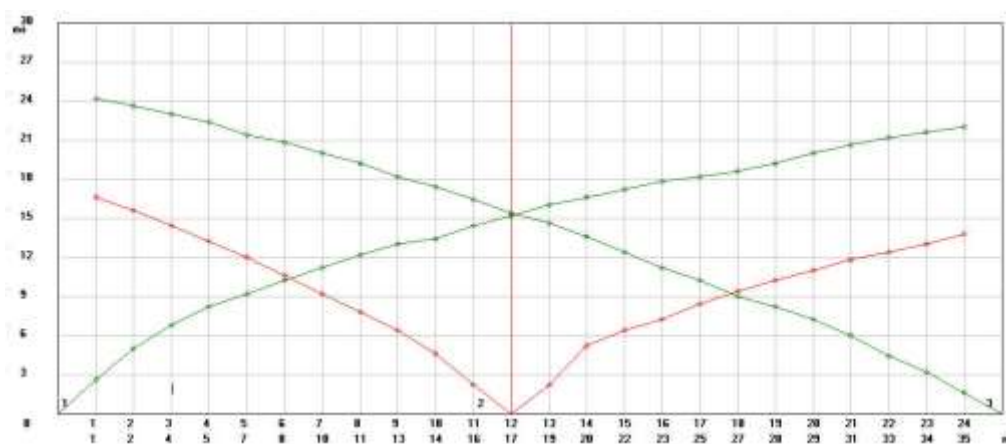
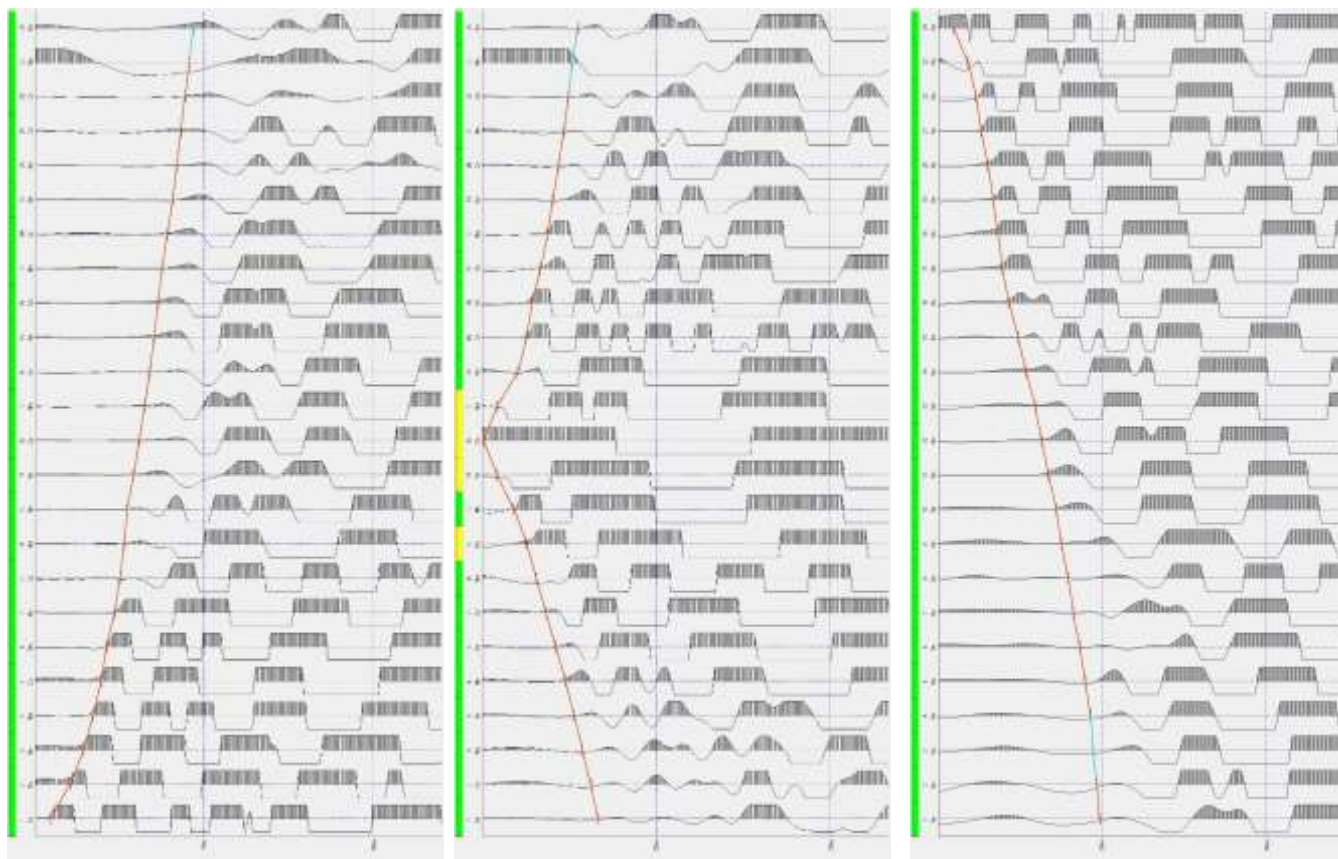
profilo di velocità



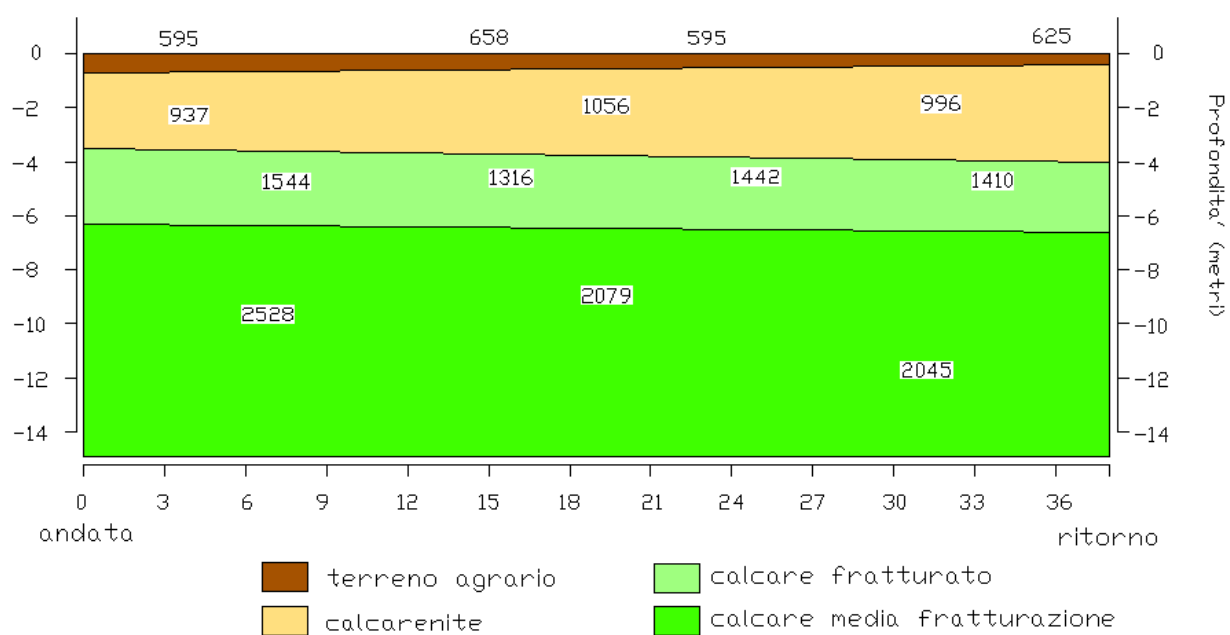
elaborazione modelli equivalenti

MASW: Spettro, Sismostratigrafia (Vs)

Base sismica 2

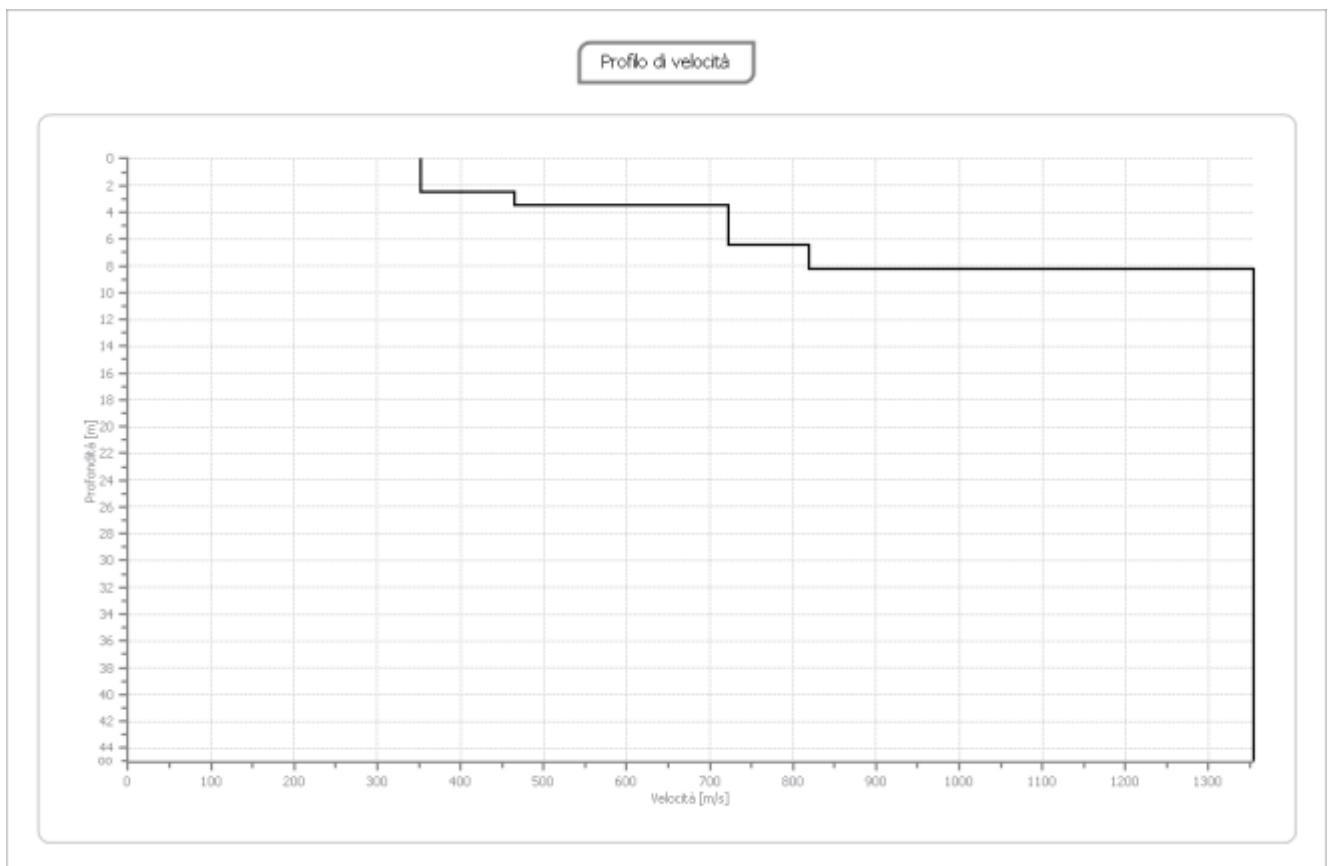
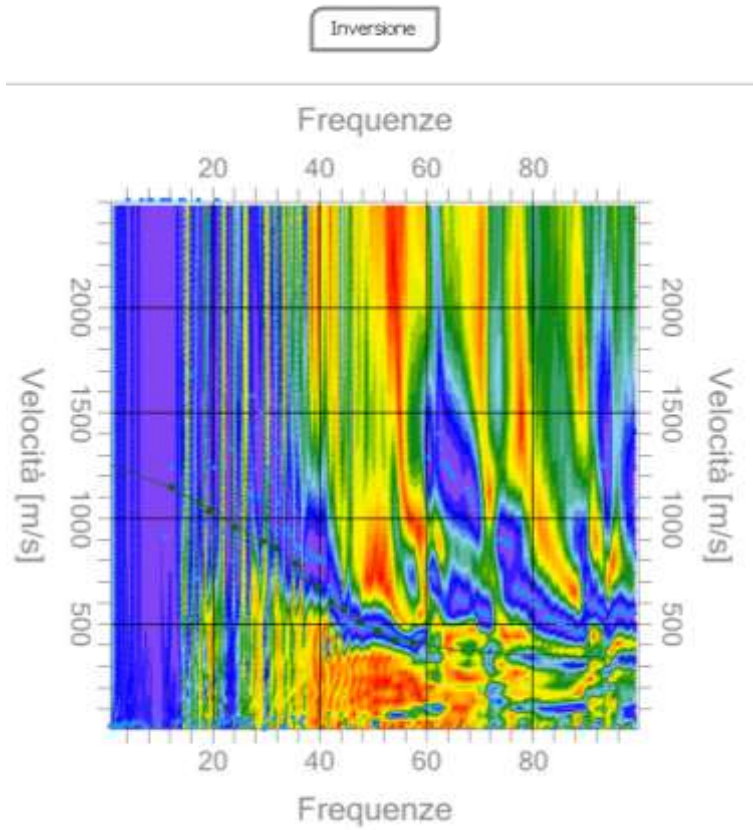
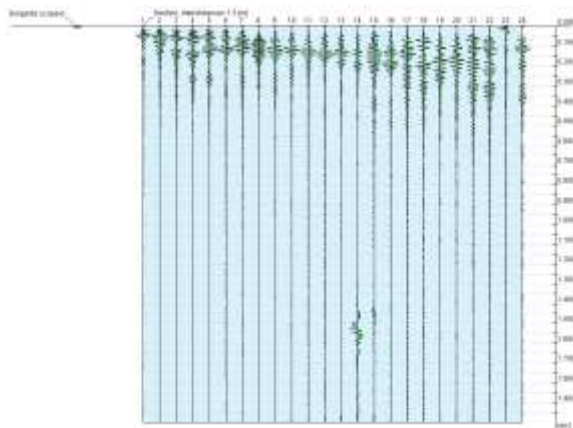


Sismogrammi e dromocrona (Vp)



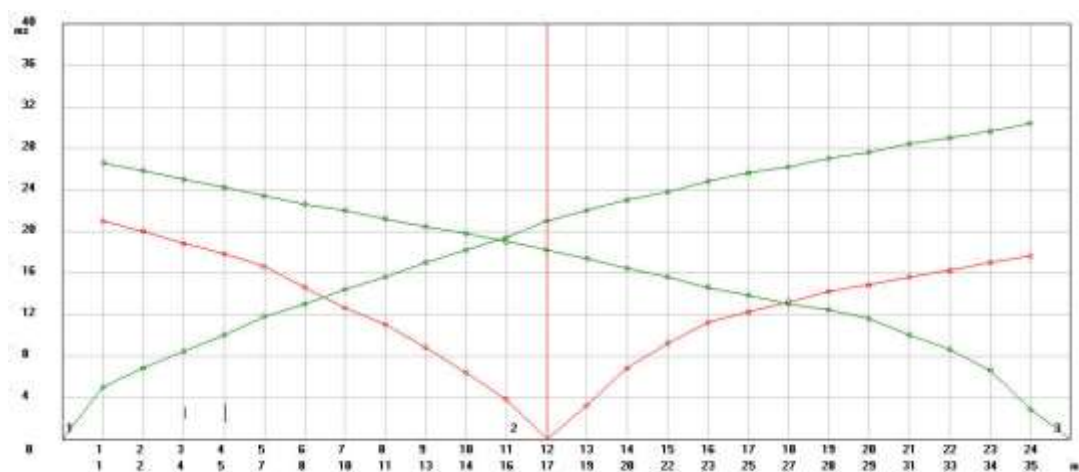
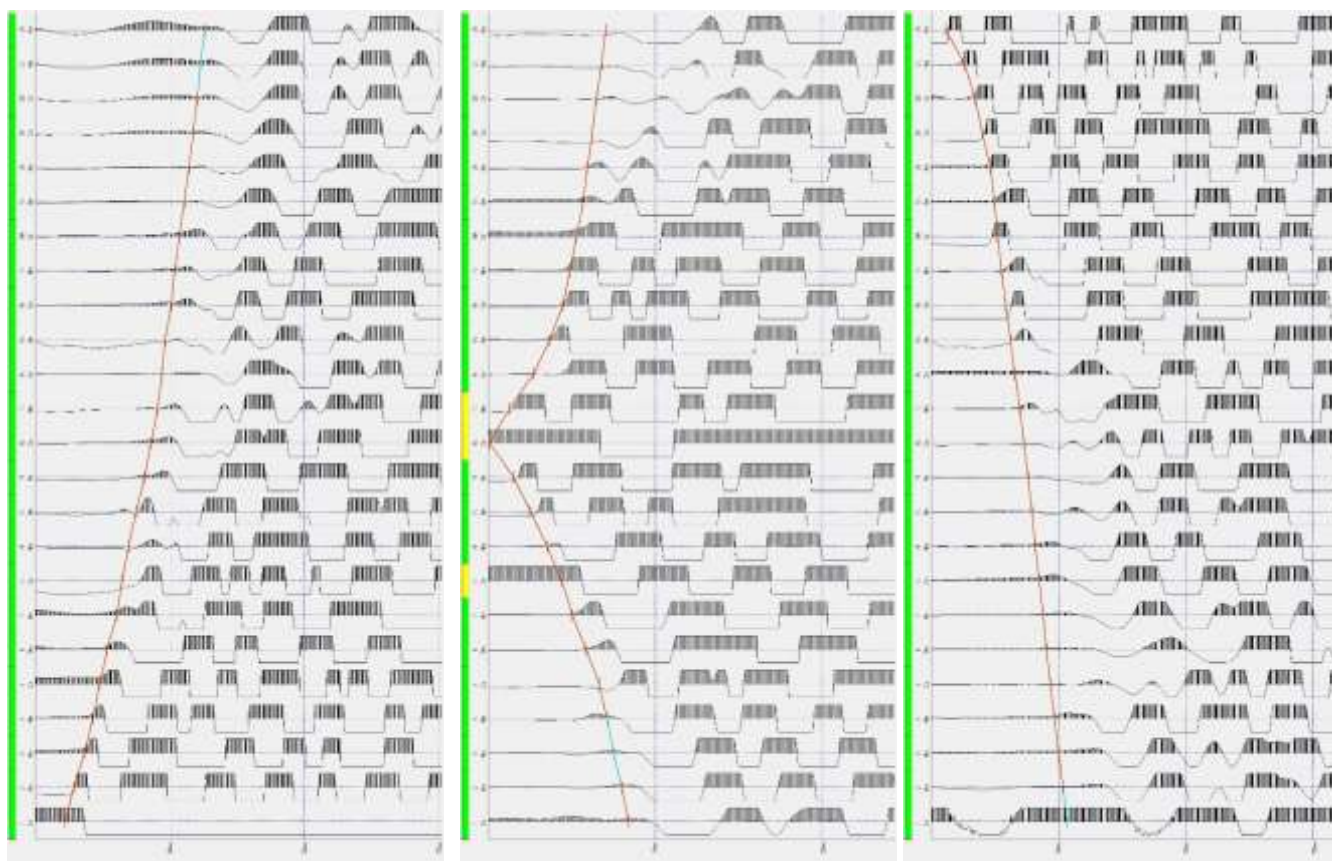
Sezione: Interpretazione sismo-stratigrafica (Vp)



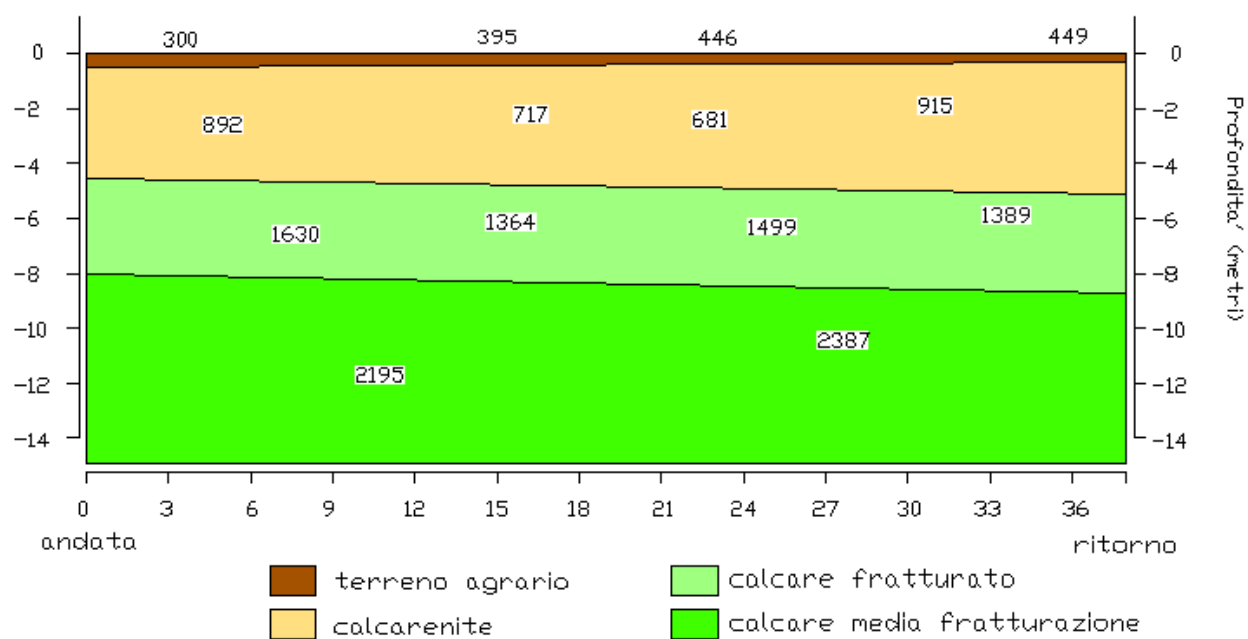


MASW: Sismogramma, spettro, sismostratigrafia (Vs)

Base sismica 3



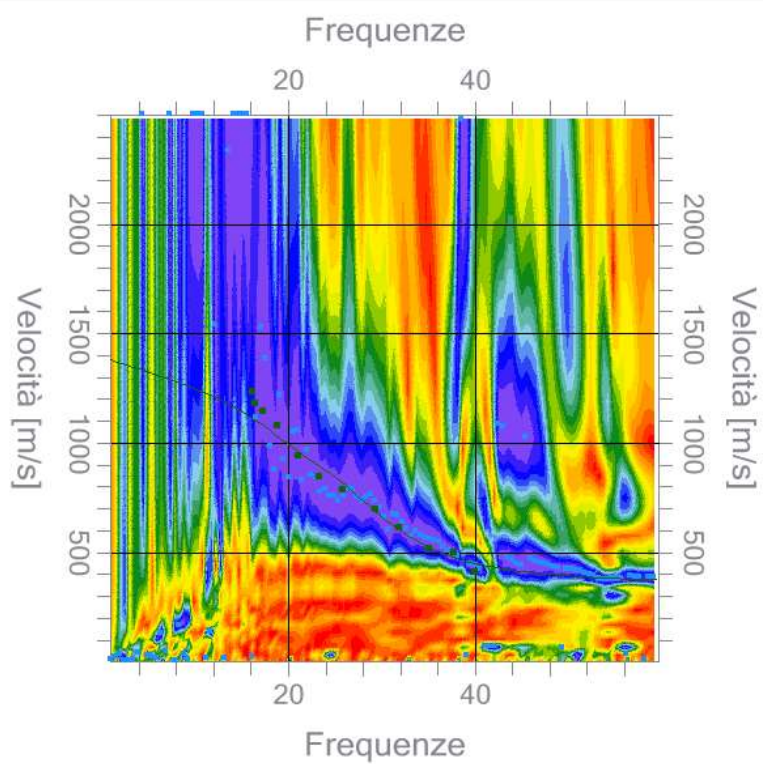
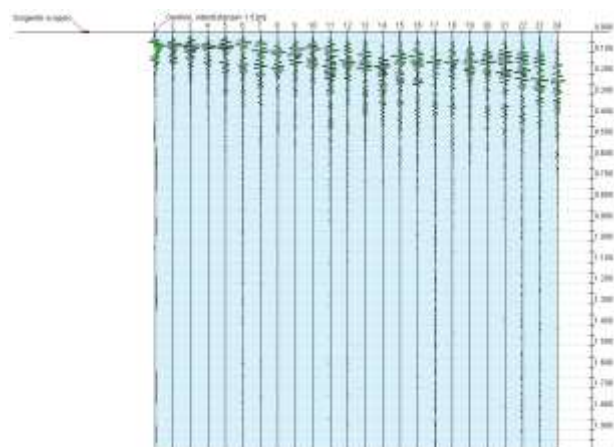
Sismogrammi e dromocrona (Vp)



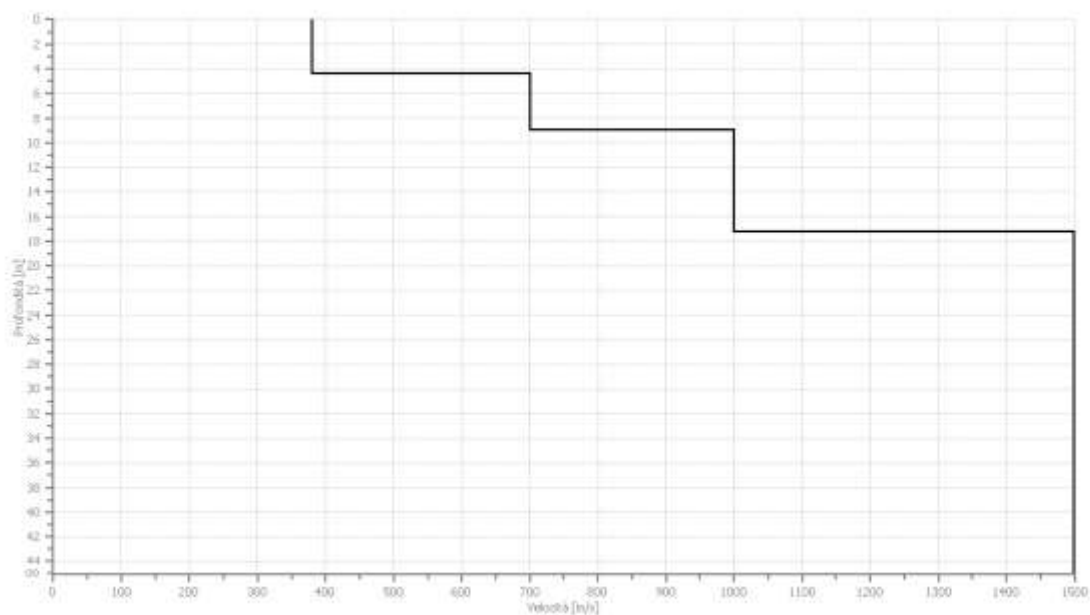
Sezione: Interpretazione sismo-stratigrafica (Vp)



Inversione

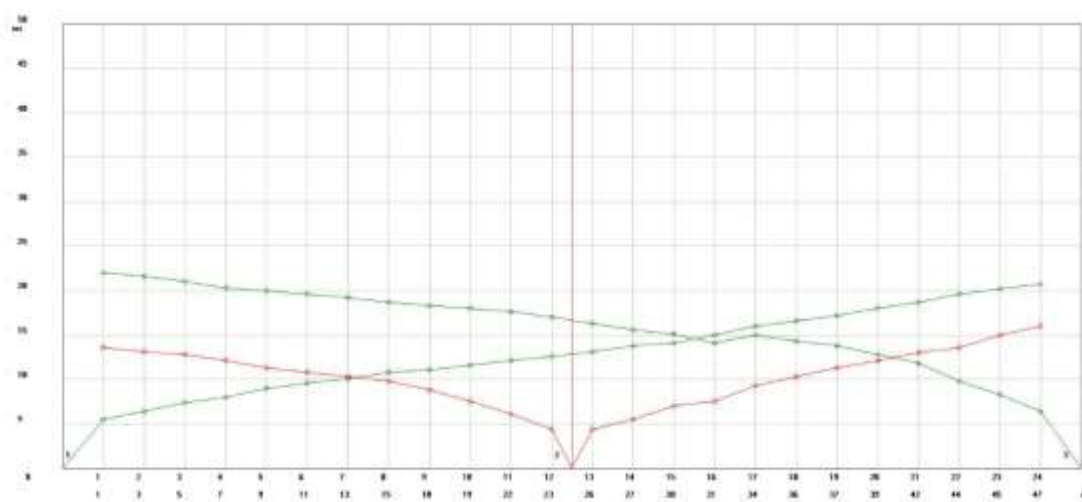


Profilo di velocità

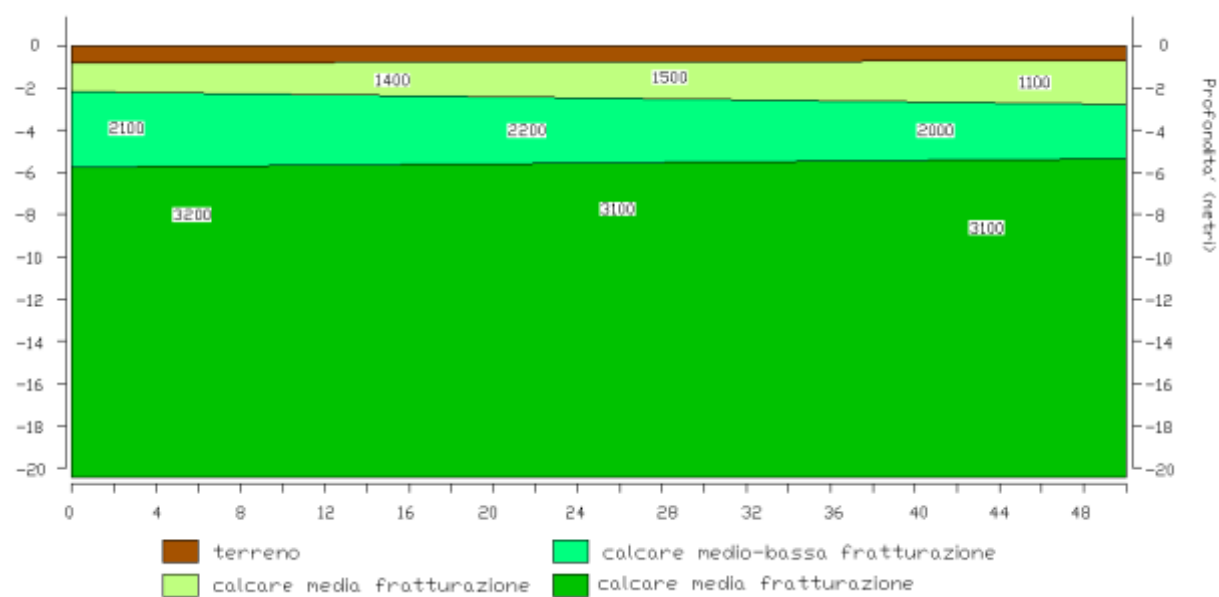


MASW: Sismogramma, spettro, sismostratigrafia (Vs)

Base sismica 4

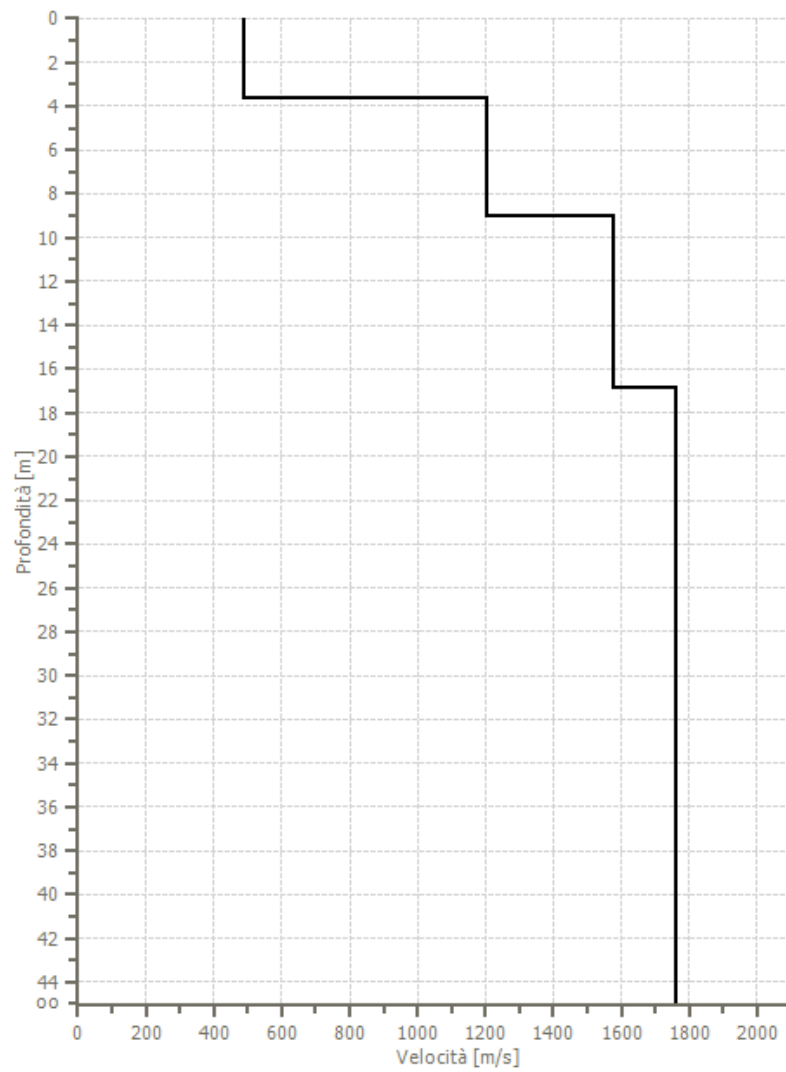
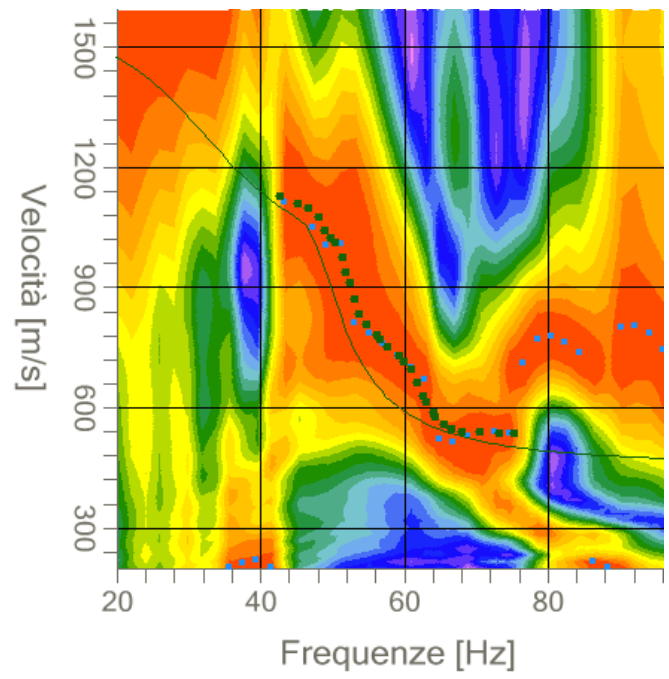
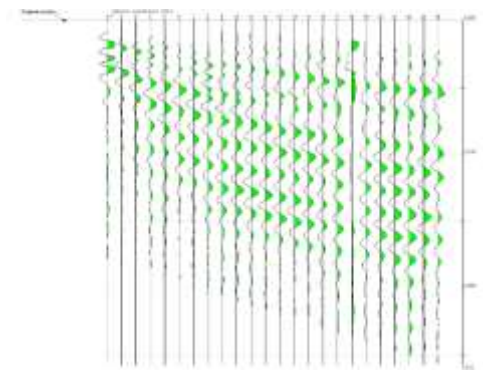


Sismogrammi e dromocrona (Vp)



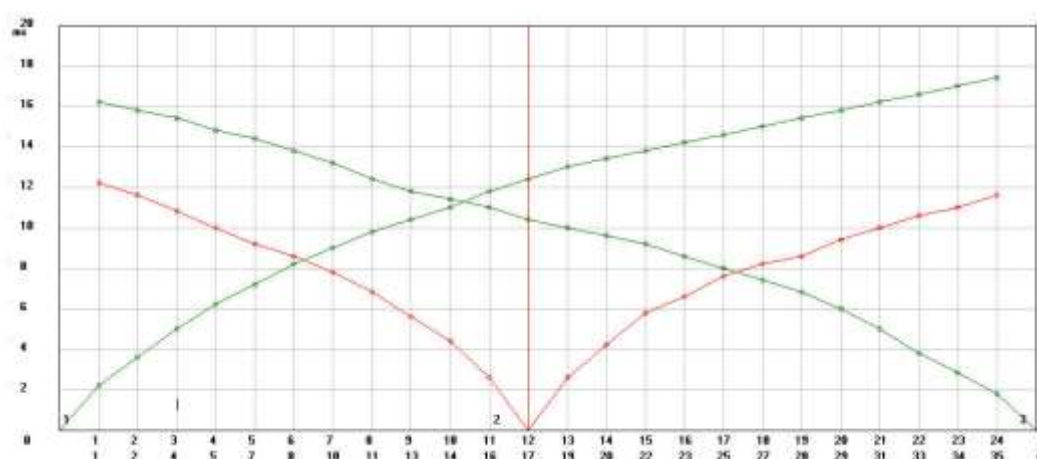
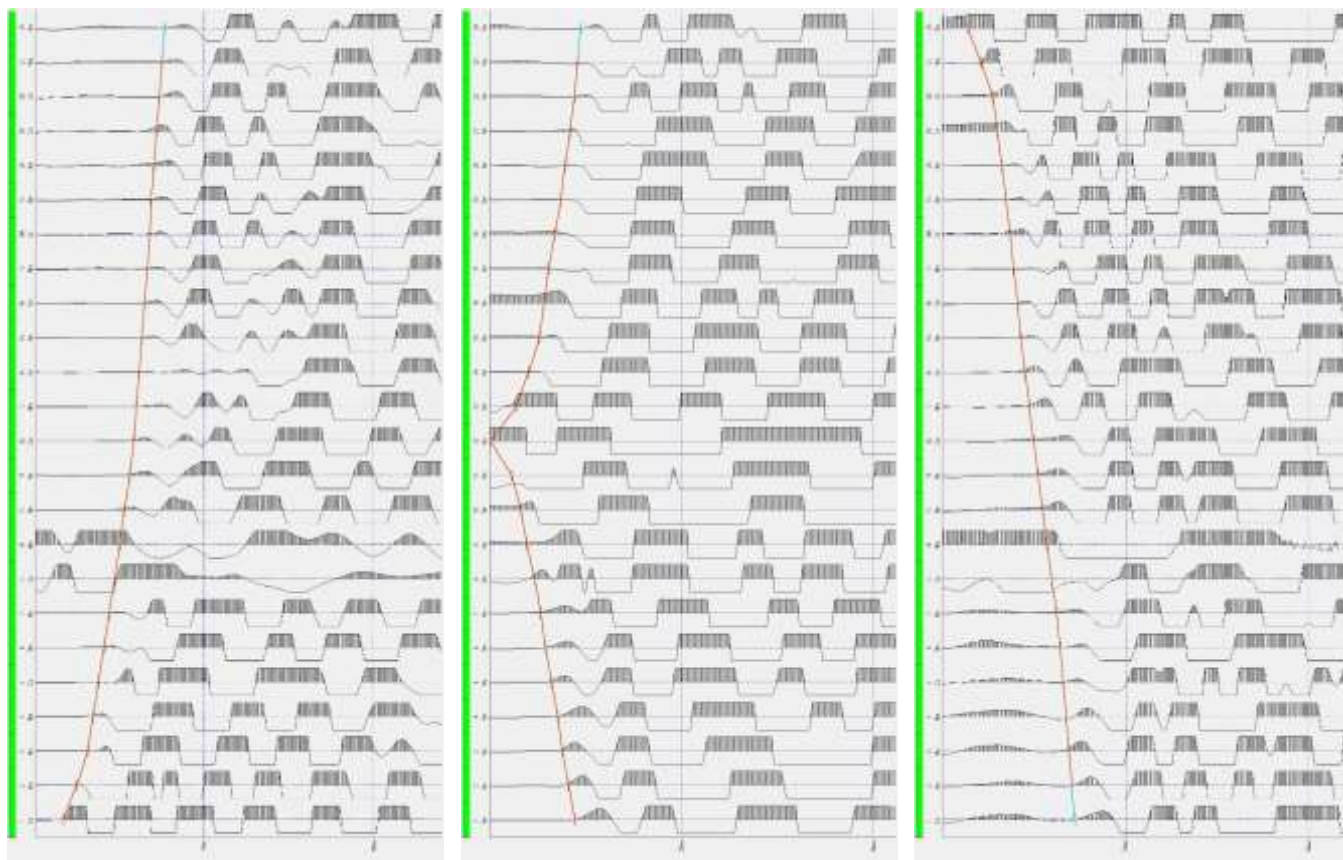
Sezione: Interpretazione sismo-stratigrafica (Vp)



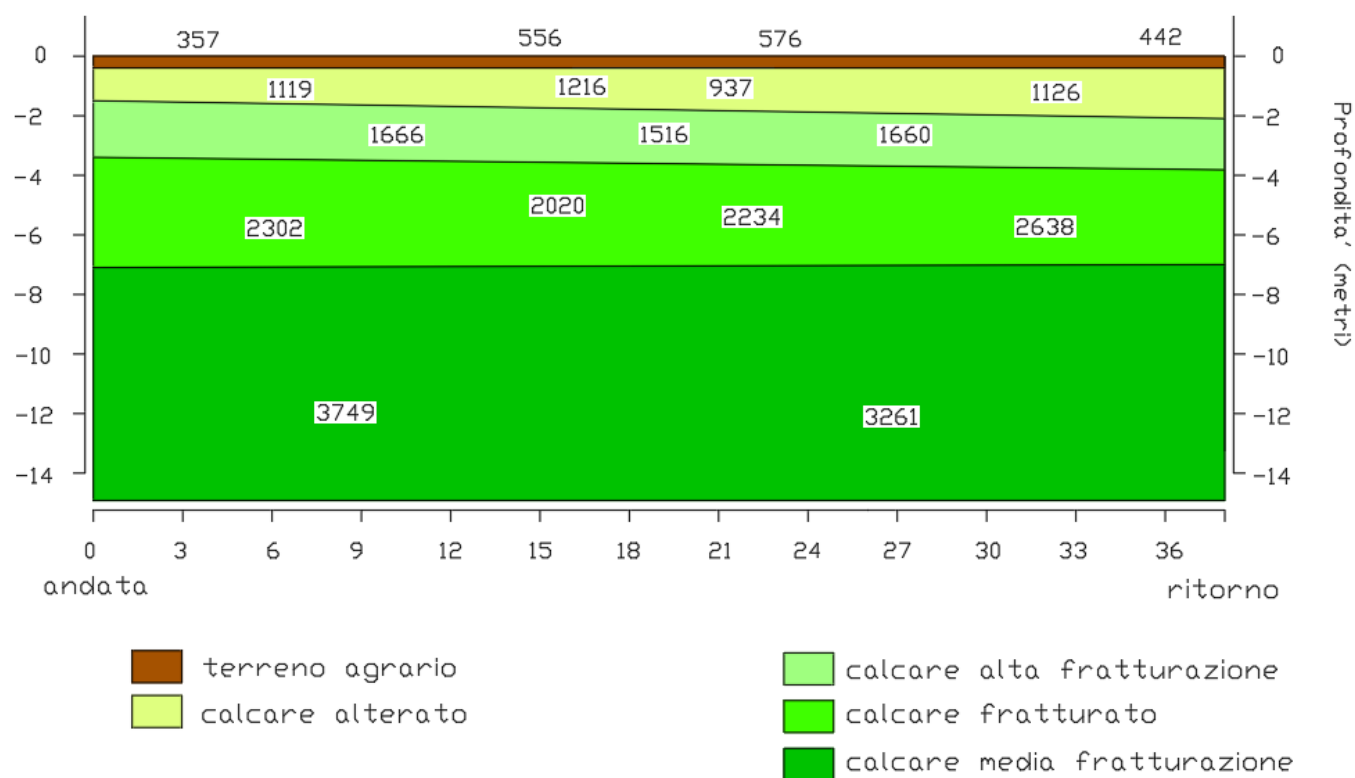


MASW: Sismogramma, spettro, sismostratigrafia (Vs)

Base sismica 5



Sismogrammi e dromocrona (Vp)

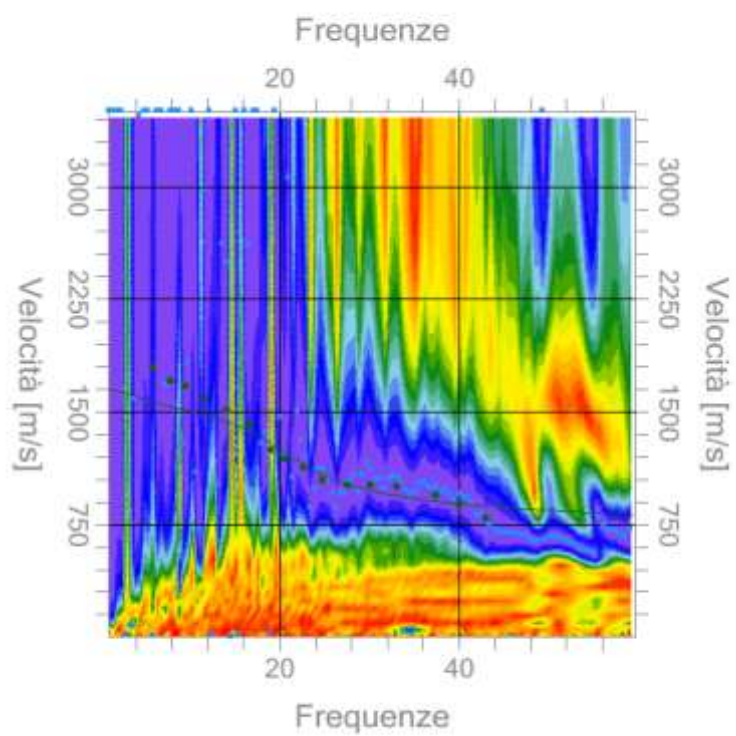
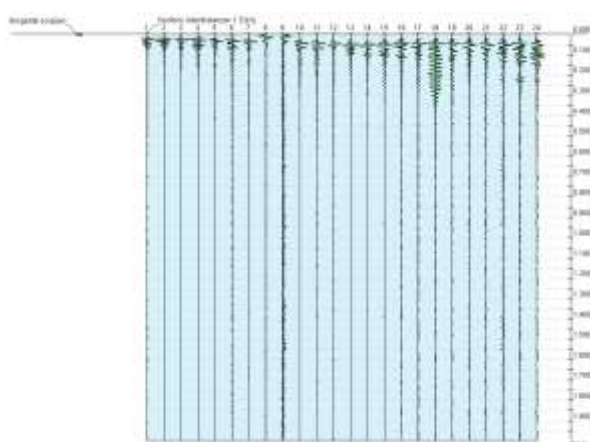


Sezione: Interpretazione sismo-stratigrafica (Vp)

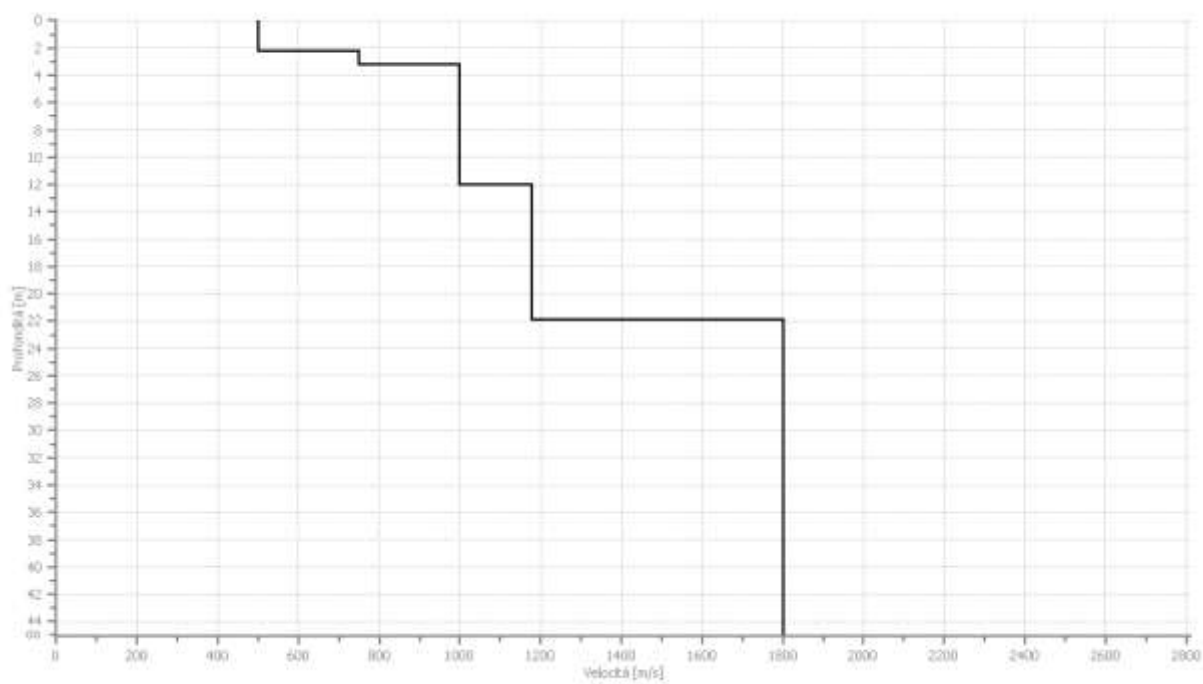


Foto 17

Inversione

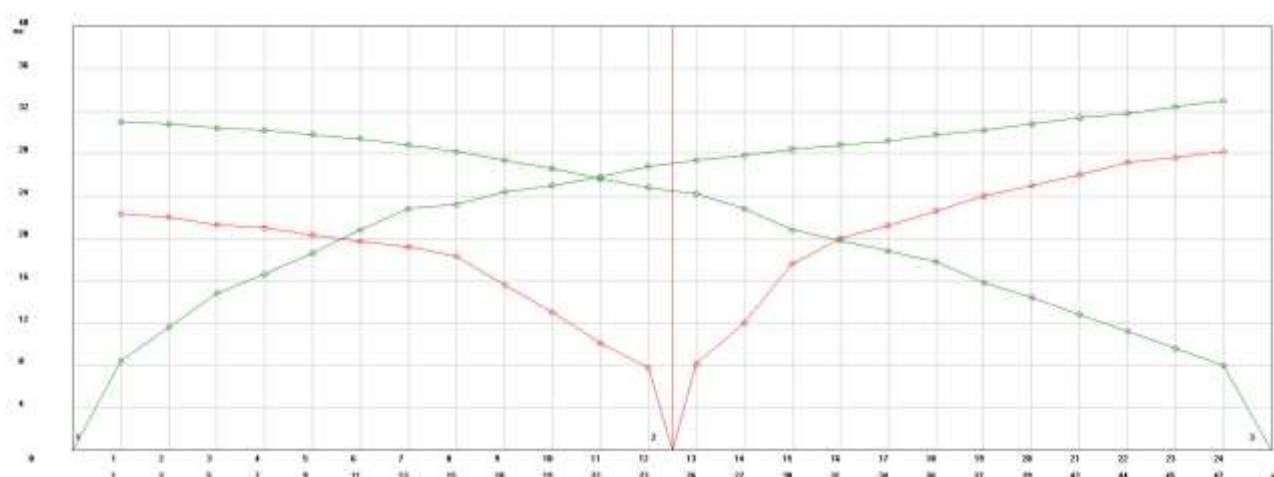
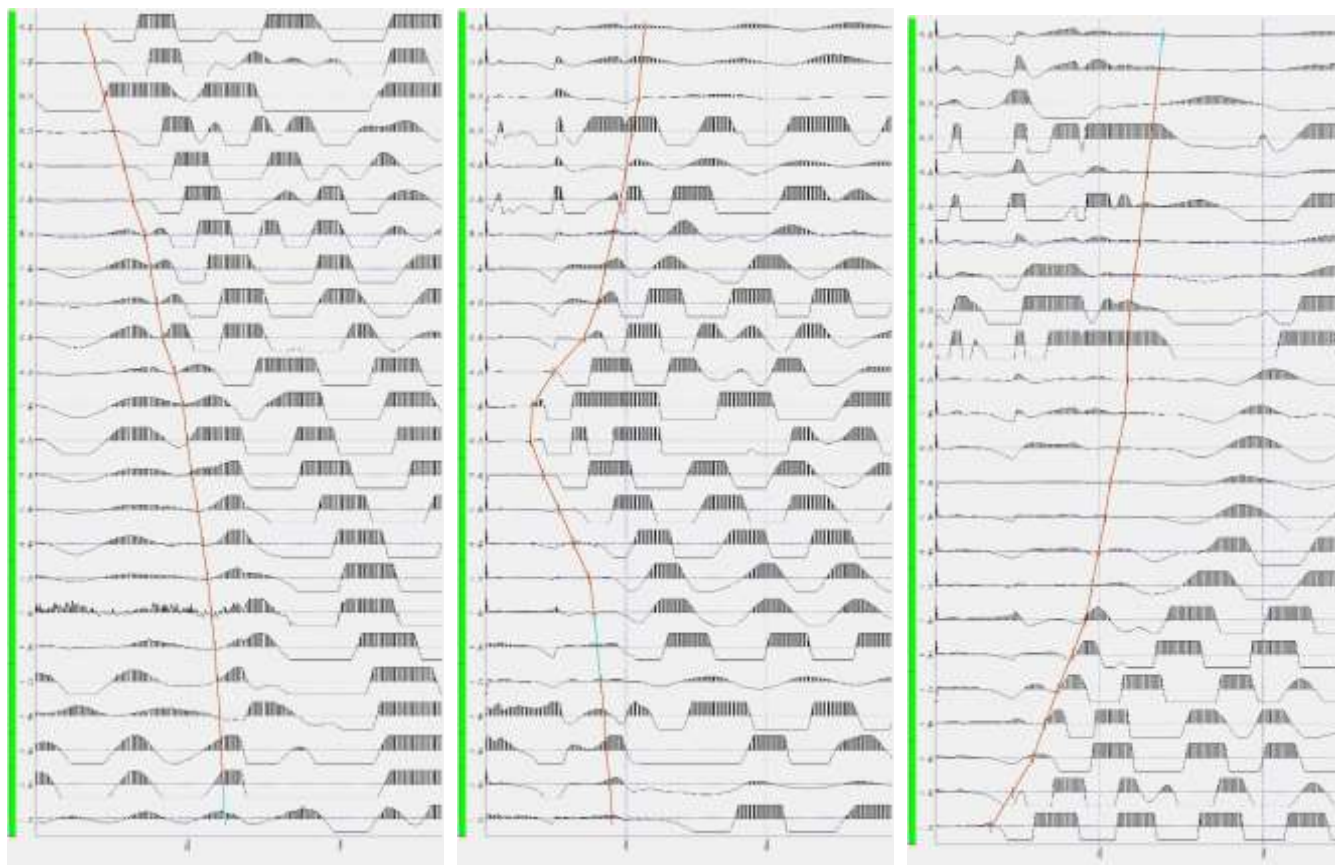


Profilo di velocità

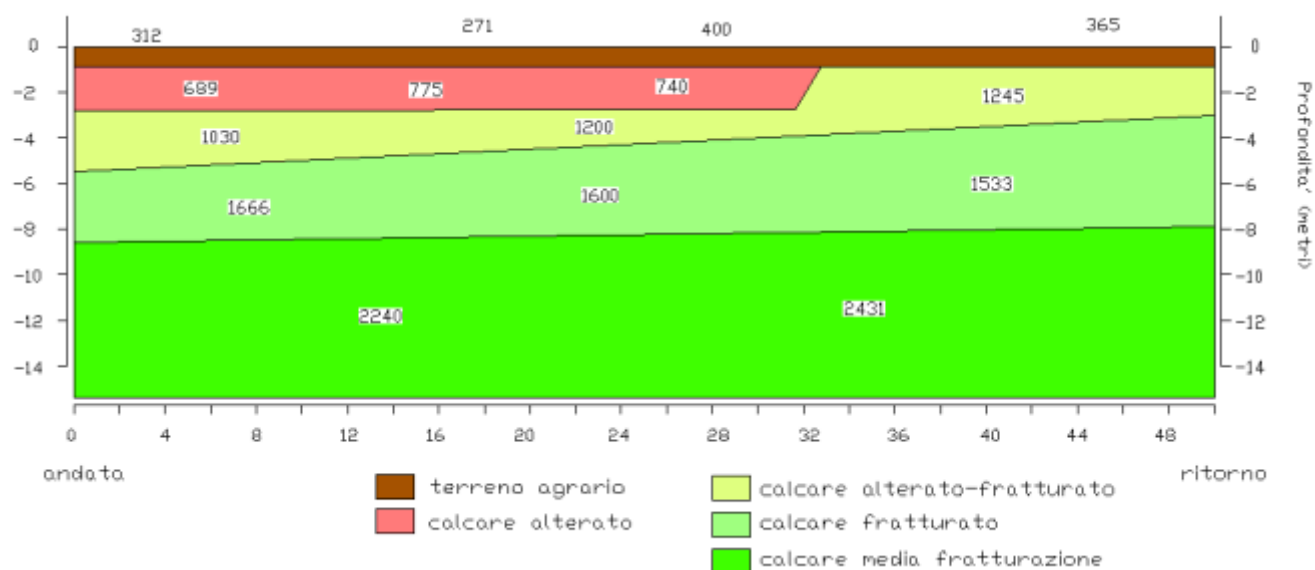


MASW: Sismogramma, spettro, sismostratigrafia (Vs)

Base sismica 6

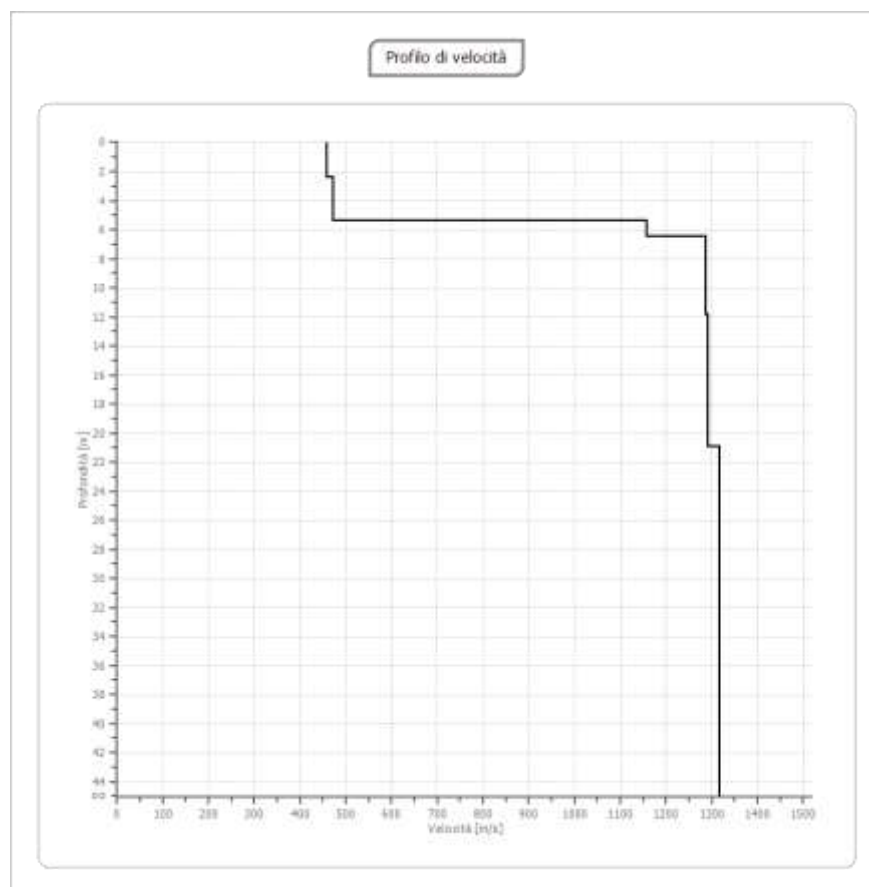
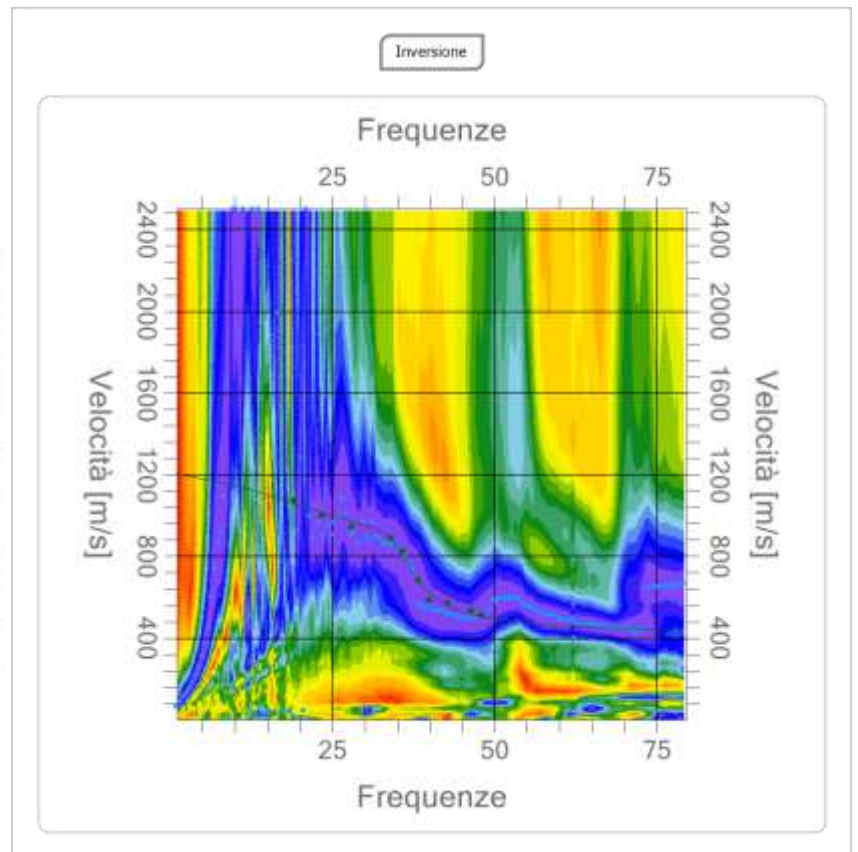
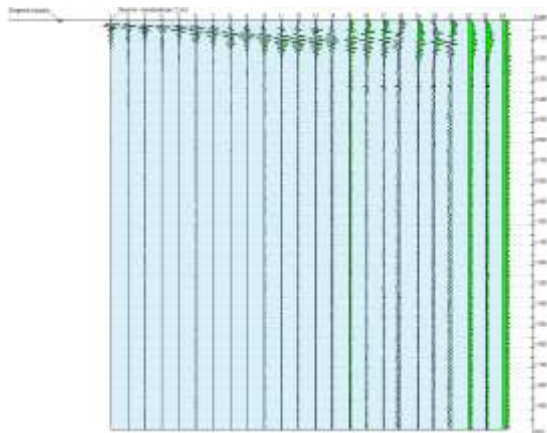


Sismogrammi e dromocrona (Vp)



Sezione: Interpretazione sismo-stratigrafica (Vp)





MASW: Sismogramma, spettro, sismostratigrafia (Vs)

Trivellazione a carotaggio continuo



Foto 19

