

COMUNE DI RUTIGLIANO

CITTA' METROPOLITANA DI BARI

Piano di Lottizzazione "Comparto n.8"

Zone "C4-6, F2-38 e C4-7" residenziali a bassissima densità edilizia

PROGETTISTI:

Geologo Vito Pellegrini

COMMITTENTI:

CHIAIA A.

CHIAIA A. / DICIOLLA A. e DICIOLLA D.

CHIAIA E. F. / DIGIORGIO L.

NITTI G. / LOMBARDI M.

CHIAIA NITTI G.

CHIAIA F. / DALENA M. L.

OLIVA S.

CANNITO M.

CANNITO L. / LOIOTILE P.

VALENZANO P.D.

ARBOREA D. / DIDIO E.

ALTIERI T. A.

DIOGUARDI A. / SIAD srl

POLI T.

GUERRA C. A.

LOMBARDO A. / D. / V.

DISCIGLIO G. / ROMITO R.

ELABORATO:

Relazione geologica preliminare

2020

Indice

Premessa	pag. 02
Inquadramento geografico	pag. 03
Inquadramento vincolistico ambientale	pag. 08
Quadro geologico	pag. 15
Quadro geomorfologico	pag. 19
Quadro idrogeologico	pag. 22
Indagini di sismica a rifrazione e MASW	pag. 26
Suolo di fondazione e Pericolosità Sismica (NTC 2018)	pag. 31
Modellazione geologica del sito	pag. 37
Piano di indagini	pag. 41
Conclusioni	pag. 42
<i>Allegati fotografici dell'indagine sismica</i>	<i>pag. 44</i>
<i>Allegati cartografici</i>	<i>pag. 45</i>

Premessa

La presente “*Relazione geologica preliminare*”, corredata dall’analisi della vincolistica ambientale e dalla caratterizzazione del terreno di fondazione nel sito di intervento, in ottemperanza alle NTC2018, è stata redatta dal sottoscritto Geologo Vito Pellegrini (C.F.: PLLVTI83H20F376H) iscritto all’Ordine dei Geologi della Regione Puglia con matr. n. 777 (P.IVA 07284740722) e con studio tecnico professionale a Polignano a Mare (BA) in Via V. Chiantera n. 41.

L’oggetto dell’intervento è il Piano di Lottizzazione del Comparto n. 8 del vigente P.R.G. del Comune di Rutigliano (BA) al cui interno sono individuate le Zone C4 - 6, C4 - 7 (residenziali a bassissima densità edilizia) ed F2 - 38; il sito in esame è individuato nel territorio compreso tra la S.P. n. 240 delle grotte orientali, Via Pietro Nenni, Via Turi e Via Italia; il punto all’incirca baricentrico di tale area ha le seguenti coordinate geografiche (WGS84):

Latitudine 41° 00’ 08,00 “ N / Longitudine 17° 00’ 24,00” E.

Il progetto del Piano di lottizzazione ha, nello specifico, come obbiettivi sia la definizione urbanistica delle aree ricadenti nell’area del Comparto che il completamento della viabilità dei tratti di via Turi e di via Italia, confinanti appunto con il perimetro del Comparto.

Presa visione dei luoghi sono stati espletati i seguenti rilevamenti di campagna: 1) rilevamento geologico per riconoscere in sito la natura delle rocce affioranti e gli eventuali elementi tettonici che interessano il territorio circostante; 2) rilevamento geomorfologico per il riconoscimento in sito delle forme del paesaggio e della loro eventuale implicazione con l’intervento a realizzarsi; 3) studio idrogeologico dell’area a contorno del progetto e il riconoscimento di eventuali interferenze tra l’opera e la falda idrica o le acque superficiali; 4) indagini sismiche a rifrazione e MASW per la caratterizzazione del terreno di fondazione, infatti l’elaborato è stato redatto in ottemperanza alle NTC 2018; 5) analisi dei dati di campagna estrapolati dall’amplia bibliografia specialistica esistente per la zona in esame e il suo immediato intorno.

Il presente elaborato e i dati contenuti non possono essere utilizzati per fini differenti da quelli qui indicati, ossia, per la caratterizzazione preliminare del sito.

Inquadramento geografico

Il sito investigato dal punto di vista geografico ricade a ridosso della fascia litoranea adriatica a Sud di Bari (Fig. 1), infatti, dista in linea d'aria dal Mar Adriatico grossomodo poco meno di 10 km verso NE. La sua quota topografica è modesta e pur sempre compresa tra valori massimi di circa + 142 m s.l.m. (vertice SO) e valori minimi di circa + 133 m s.l.m. (vertice NE); considerando che il suo sviluppo in lunghezza è pari a circa 470 m ne consegue che la pendenza media del terreno è stimabile nell'ordine del 2%.

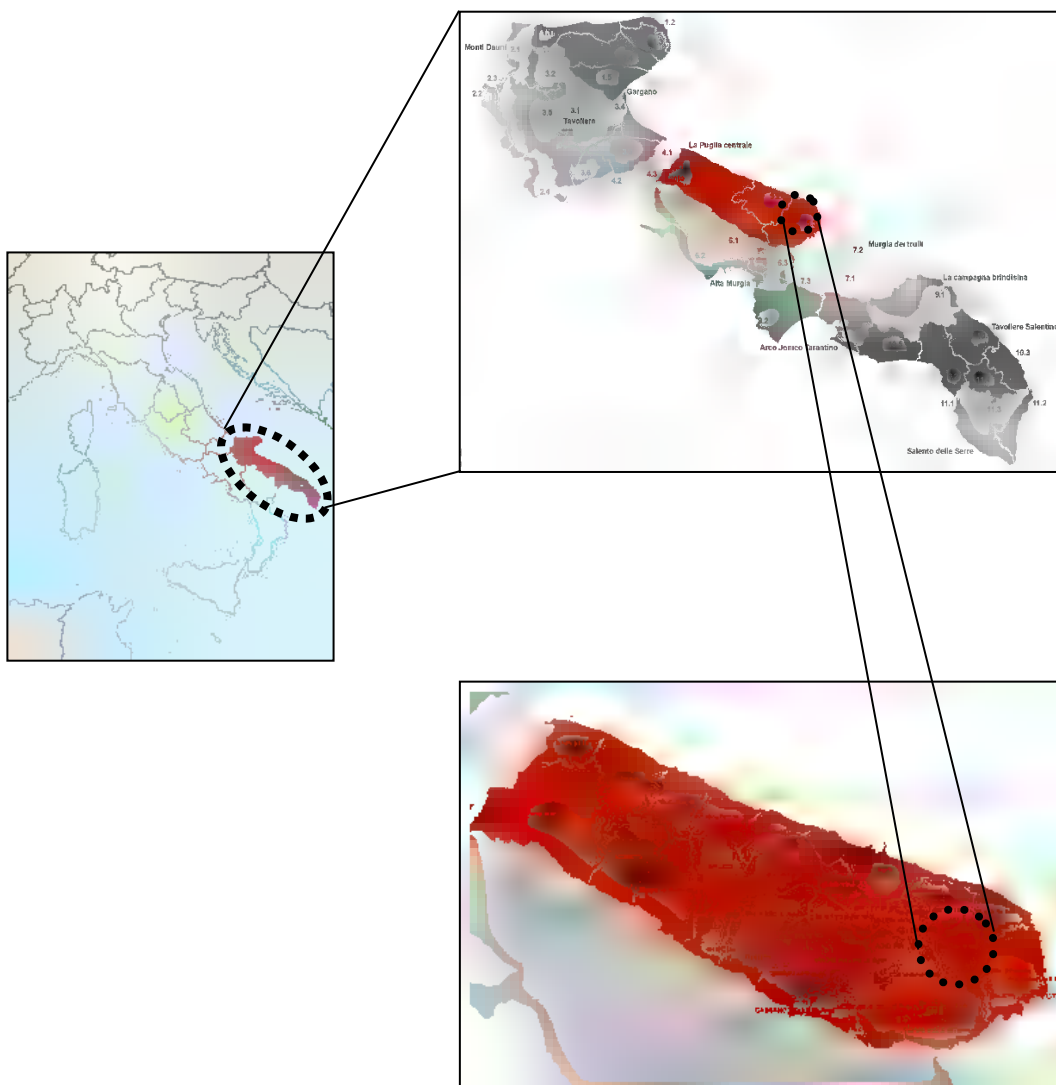


Fig. 1 - Inquadramento geografico del sito di intervento nel Comune di Rutigliano (BA).

Il nostro sito di intervento è inquadrato nel Foglio n. 439 “Mola di Bari” e per una minima parte, la sua porzione più meridionale, anche nel Foglio n. 456 “Monopoli” della Carta d’Italia in scala 1:50.000 (Fig. 2).

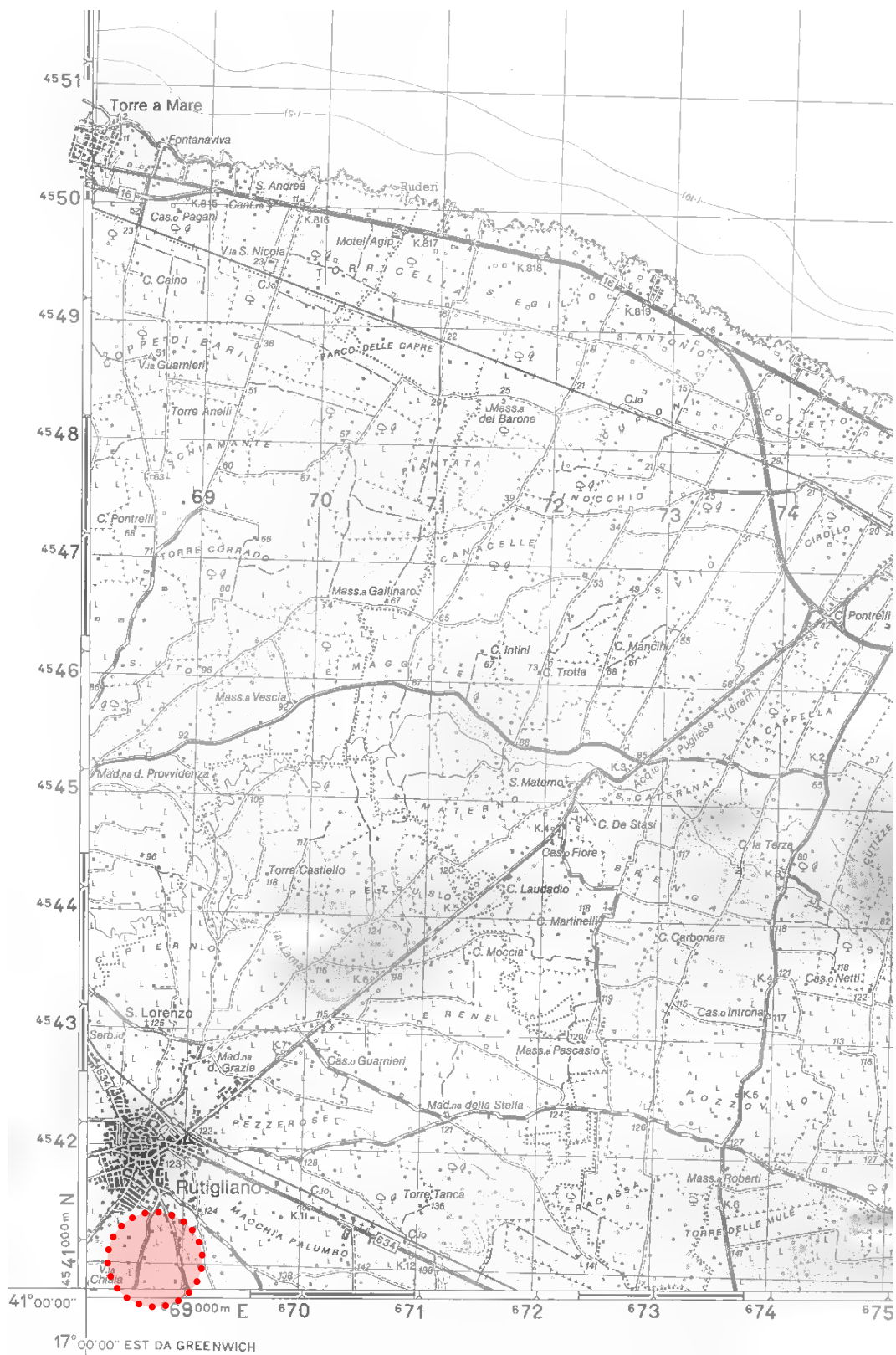


Fig. 2 - Inquadramento geografico del sito di intervento nel Comune di Noicattaro (BA); con il tracciato del percorso ciclopeditoneo segnato in rosso.

Il sito del Piano di Lottizzazione del Comparto n. 8 è inquadrato a cavallo del Foglio n. 178 e del Foglio n. 190 della Carta d'Italia, ossia, ricade a cavallo tra la Tavoletta 178 III SO_NO "Rutigliano" e la Tavoletta 190 IV NO "Masseria Purgatorio" in scala 1:25.000 (Fig. 3 e Fig. 4).

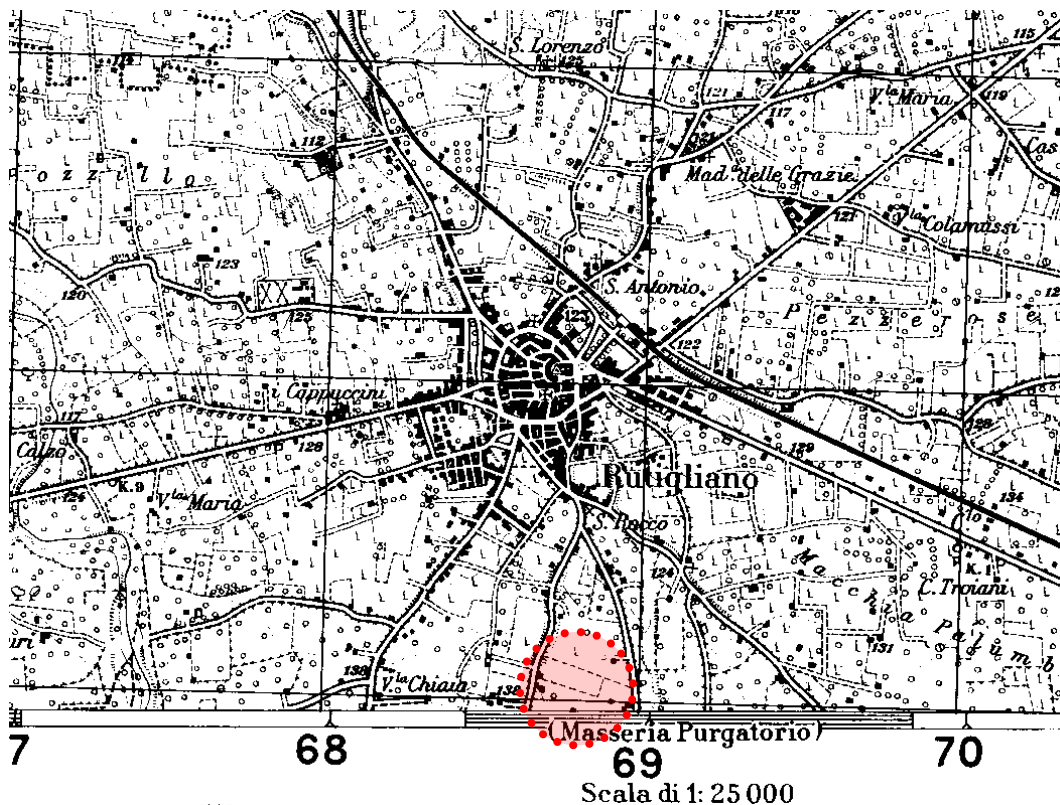


Fig. 3 - Inquadramento del sito nel Foglio n. 178 della Carta d'Italia, Tav. III SO_NO "Rutigliano" in scala 1:25.000.

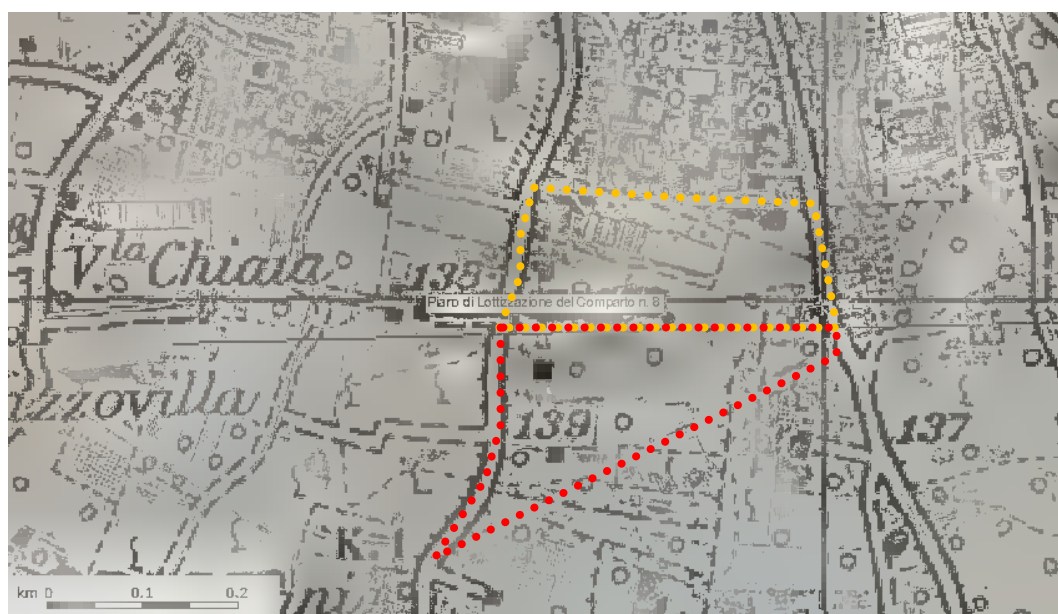


Fig. 4 - Inquadramento del sito su stralcio dal WebGIS dell'AdB; in arancione la porzione ricadente nel Foglio n. 178 e in rosso quella rientrante nel Foglio n. 190.



Fig. 5 - Inquadramento generale del sito di intervento su foto aerea.

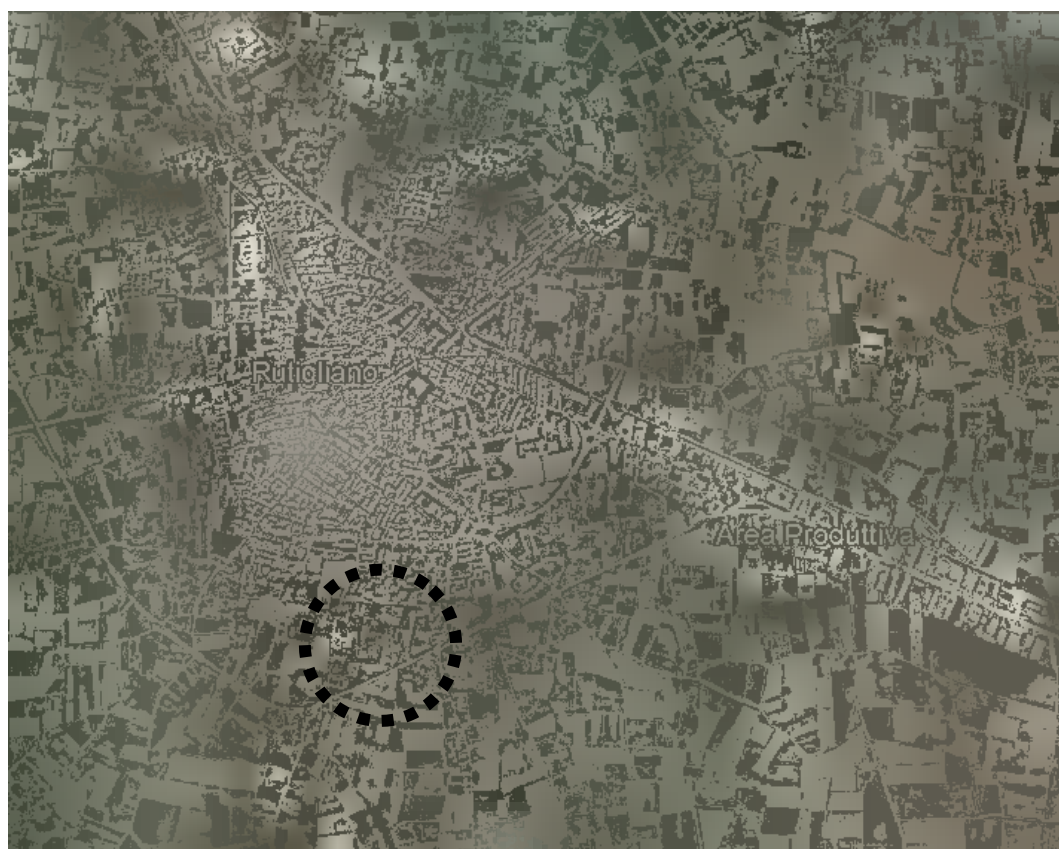


Fig. 6 - Inquadramento di dettaglio del sito di intervento su foto aerea.



Fig. 7 - Traccia della sezione topografia nel territorio del sito di intervento (<https://macrostrat.org/map/#/z=12.0/x=16.9777/y=41.0407/bedrock/lines/>).

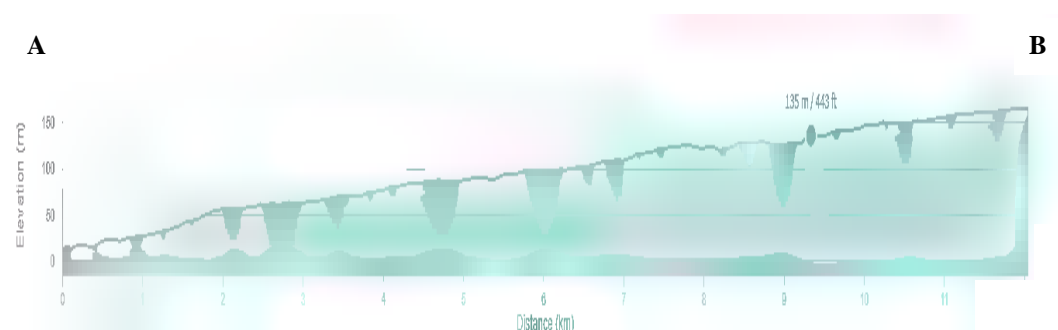


Fig. 8 - Sezione topografia nel territorio del sito di intervento (<https://macrostrat.org/map/#/z=12.0/x=16.9777/y=41.0407/bedrock/lines/>).

Inquadramento vincolistico ambientale

Il sito in esame, per quanto concerne il PPTR (Fig. 9) rientra nell'Ambito della Puglia centrale e nella Figura del Sud-Est barese e il paesaggio del frutteto.

Dalla scheda dell'ambito paesaggistico: “[...] (esso è) *caratterizzato dalla prevalenza di una matrice olivetata che si spinge fino ai piedi dell’altopiano murgiano. La delimitazione dell’ambito si è attestata principalmente lungo gli elementi morfologici costituiti dalla linea di costa e dal gradino murgiano nord-orientale [...]. Questa fascia rappresenta la linea di demarcazione tra il paesaggio della Puglia centrale e quello dell’Alta Murgia sia da un punto di vista dell’uso del suolo [...] sia della struttura insediativa [...]. Il perimetro che delimita l’ambito segue, a Nord-Ovest, i confini dei comuni della Valle dell’Ofanto, a Sud-Ovest, la viabilità interpoderale che delimita i boschi e i pascoli del costone murgiano orientale, a Sud e Sud- Est, i confini del Comune di Gioia del Colle e quelli della Valle d’Itria, a Nord-Est la linea di costa fino alla foce dell’Ofanto”.*

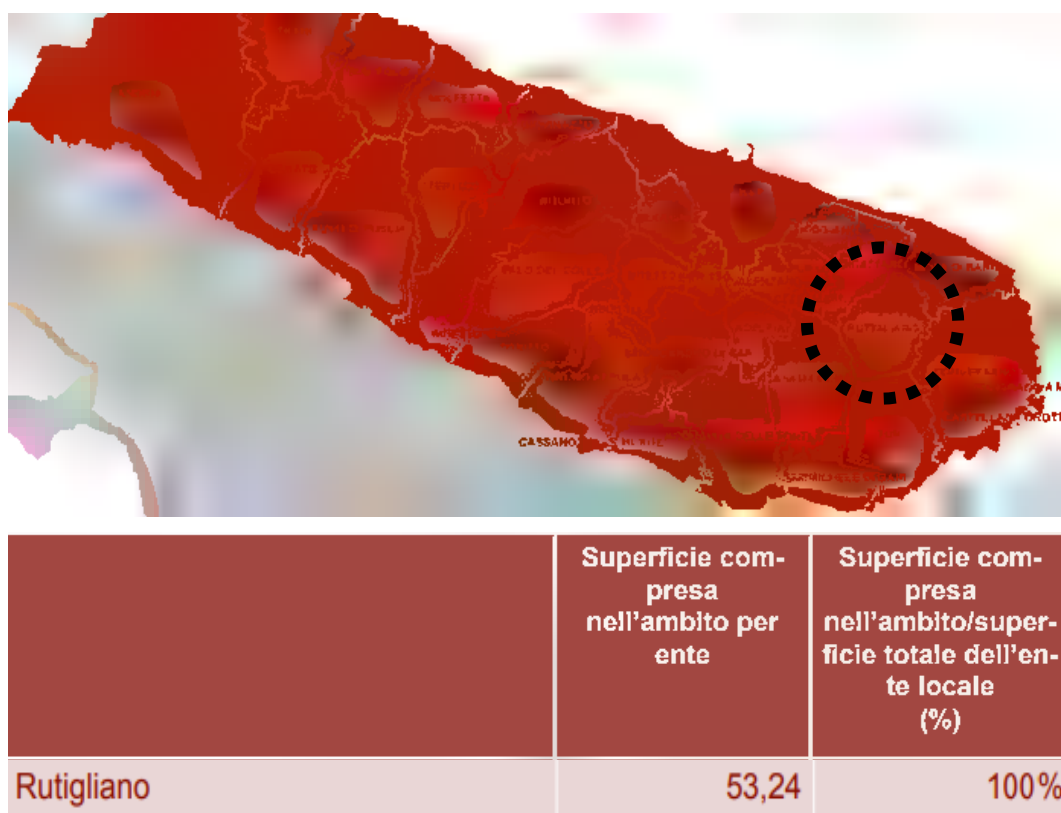


Fig. 9 - Stralcio dalla scheda di paesaggio dell'inquadramento dell'ambito della Puglia Centrale con cerchiato il territorio comunale di Rutigliano.

Per il territorio circostante l'area di studio e per il sito stesso (Fig. 10) non si segnala la presenza di Aree Protette, di Riserve Naturali Statali, di Riserve Naturali Orientate Regionali, di Parchi Naturali Regionali, di Siti di Interesse Comunitario (SIC) così come di Zone di Protezione Speciale (ZPS) o, ancora, di Important Bird Areas (IBA) o di Ulivi monumentali.

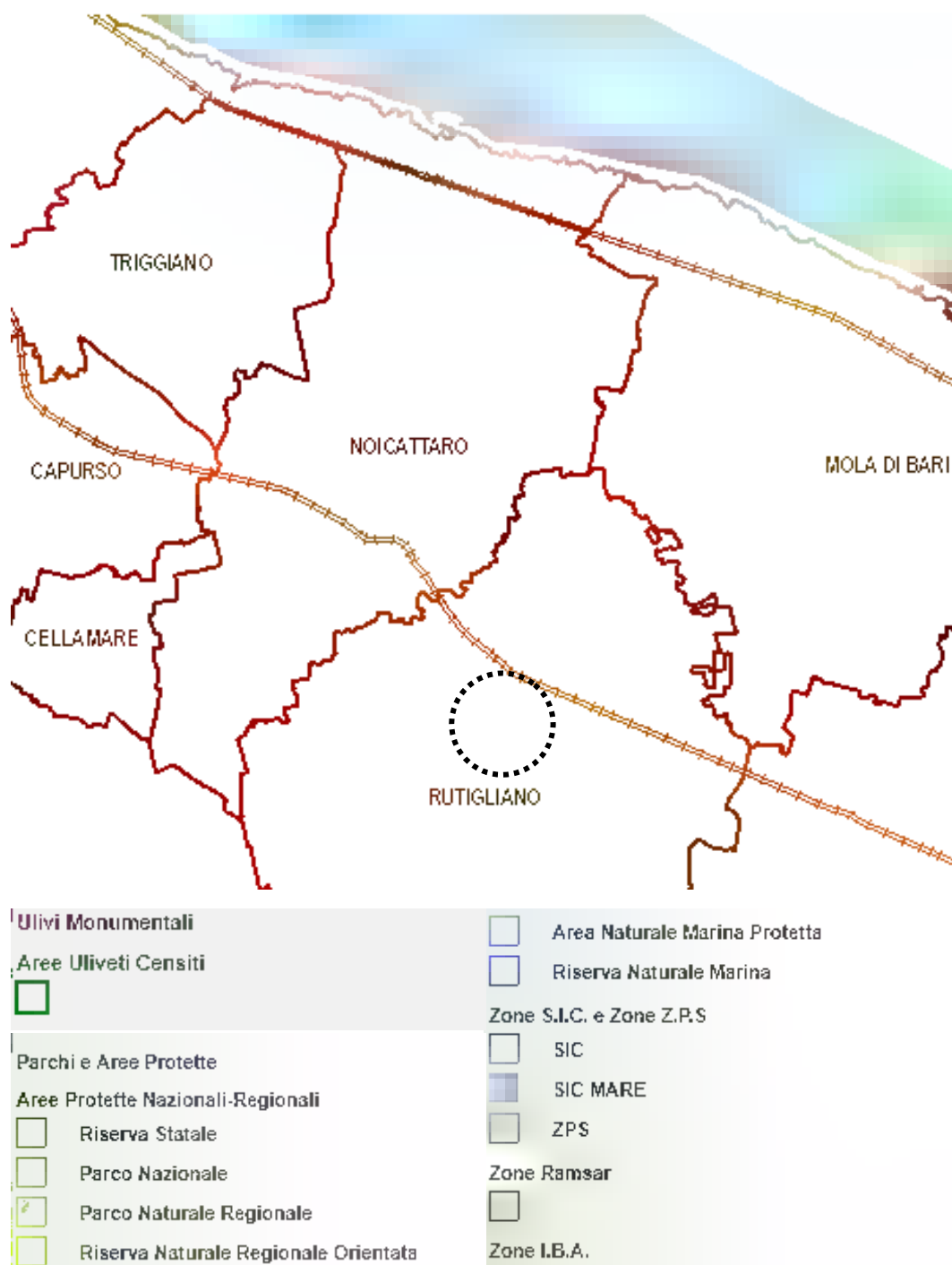


Fig. 10 - Stralcio dalla sezione "Parchi, Aree Protette e Ulivi Monumentali" della "Consultazione Parchi, Aree Protette e Ulivi Monumentali" del SIT-Puglia con il territorio di Noicattaro (<http://webapps.sit.puglia.it/freewebapps/ParchiAreeProtette/index.html>).

La Regione Puglia si è adoperata nel recente passato alla definizione dei *Geositi* e delle *Emergenze geologiche* secondo quanto è stato previsto dalla L.R. n.33/2009 sulla tutela e sulla valorizzazione del patrimonio geologico e speleologico. Il progetto è stato finanziato dall'Asse IV del Piano Operativo del Fondo Europeo di Sviluppo Regionale 2007-2013, Azione 4.4.1, Linea 4.4, e ha visto tre fasi di lavoro: 1) rilievo dei geositi e delle emergenze geologiche, 2) diffusione della loro conoscenza, 3) realizzazione di un portale web con un catasto dei geositi su base WebGIS. Tale attività di analisi, studio e catalogazione dei geositi ha avuto lo scopo di consegnare alla popolazione pugliese e ai turisti che visitano la regione la consapevolezza della rilevanza della geodiversità del territorio, indispensabile per conservare la memoria dell'evoluzione del territorio, dei paesaggi e delle sue forme, molte delle quali tipiche della regione pugliese. Il patrimonio geologico diventa così una nuova opportunità legata all'utilizzo responsabile del territorio e per le comunità locali diventa una risorsa ambientale, sociale ed economica, essenziale nella pianificazione territoriale. Per il territorio di interesse per la realizzazione della pista ciclopedonale, e in generale per il territorio di Noicattaro, non si segnala però la presenza né di Geositi né di Emergenze geologiche al momento catalogate (Fig. 11).

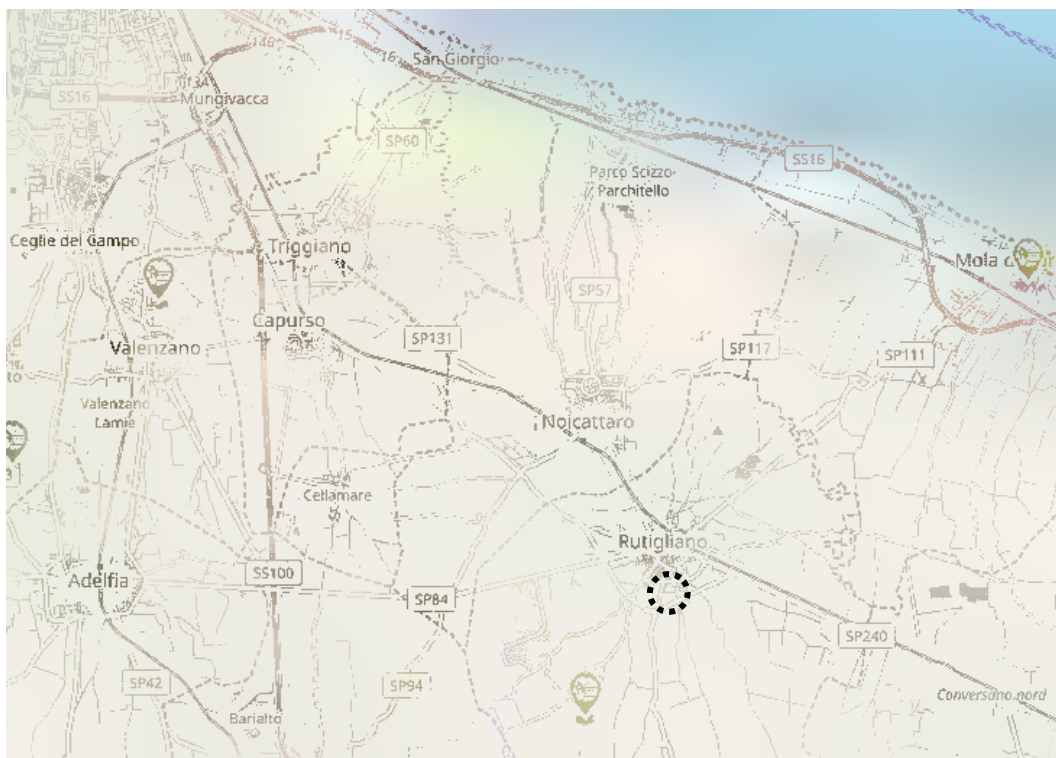


Fig. 10 - Stralcio dal WebGis (<http://193.206.35.15/geoportal/map.php>) del progetto Geositi della Regione Puglia.

L'Autorità di Bacino Interregionale della Puglia (AdB - Puglia), istituita con la Legge 19/2002 e attualmente denominata Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale - Sede Puglia (secondo il D.Lgs.152/2006 e s.m.i., la Legge 221/2015, il D.M. n. 294/2016 e il DPCM 4 aprile 2018), ha provveduto a redigere il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) adottato con Delibera Istituzionale n. 25 del 15/12/2004 e approvato con Delibera Istituzionale n. 39 del 30/11/2005. Tale piano è finalizzato 1) alla sistemazione, alla conservazione ed al recupero del suolo nei bacini idrografici, con interventi idrogeologici, idraulici, idraulico-forestali, idraulico-agrari compatibili con i criteri di recupero naturalistico, 2) alla difesa e al consolidamento dei versanti e delle aree instabili, nonché la difesa degli abitanti e delle infrastrutture contro i movimenti franosi e gli altri fenomeni di dissesto, 3) al riordino del vincolo idrogeologico, 4) alla difesa, alla sistemazione e alla regolazione dei corsi d'acqua, infine, 5) allo svolgimento funzionale dei servizi di polizia idraulica, di piena e di pronto intervento idraulico, nonché della gestione degli impianti. Tutto ciò è reso necessario dal bisogno di ridurre gli attuali livelli di pericolosità e di consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso.

L'Autorità di Bacino per mezzo del suo strumento di pianificazione, ossia il PAI, individua il reticolo idrografico sul territorio di competenza, nonché l'insieme degli alvei fluviali in modellamento attivo e le aree golenali; inoltre, lo stesso ente ha provveduto a redigere le perimetrazioni delle aree a pericolosità geomorfologica e idraulica, nonché la carta idro-geomorfologica e, in entrambi i casi, con un costante aggiornamento tramite rettifiche, riperimetrazioni e monitoraggi continuativi dello stato del territorio in costante evoluzione.

Nel Titolo VII – Glossario, all'Art. 36 “Definizioni” si precisa che ai fini del PAI si intende per:

- **Alveo**: porzioni di territorio direttamente interessate dal deflusso concentrato, ancorché non continuativo, delle acque e delle sue divagazioni;
- **Alveo in modellamento attivo**: porzioni dell'alveo interessato dal deflusso concentrato delle acque, ancorché non continuativo, legato a fenomeni di piena con frequenza stagionale;

- **Area a pericolosità geomorfologica molto elevata (P.G.3):** porzione di territorio interessata da fenomeni franosi attivi o quiescenti;
- **Area a pericolosità geomorfologica elevata (P.G.2):** porzione di territorio caratterizzata dalla presenza di due o più fattori geomorfologici predisponenti l'occorrenza di instabilità di versante e/o sede di frana stabilizzata;
- **Area a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1):** porzione di territorio caratterizzata da bassa suscettività geomorfologica all'instabilità;
- **Area ad alta pericolosità idraulica (A.P.):** porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o pari a 30 anni;
- **Area a media pericolosità idraulica (M.P.):** porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso tra 30 e 200 anni;
- **Area a bassa pericolosità idraulica (B.P.):** porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso tra 200 e 500 anni;
- **Area golenale:** porzione di territorio contermini all'alveo in modellamento attivo, interessata dal deflusso concentrato delle acque, ancorché non continuativo, per fenomeni di piena di frequenza pluriennale. Il limite è di norma determinabile in quanto coincidente con il piede esterno dell'argine maestro o con il ciglio del versante;
- **Area inondabile:** porzione di territorio soggetta ad essere allagata in seguito ad un evento di piena. Può essere caratterizzata da una probabilità di inondazione in funzione del tempo di ritorno considerato;
- **Fascia di pertinenza fluviale:** porzione di territorio contermini all'area golenale;
- **Suscettibilità geomorfologica:** propensione al dissesto franoso di un'area, risultante dalla presenza di fattori predisponenti legati essenzialmente alle condizioni geologiche, geotecniche e di copertura del suolo;
- **Sicurezza idraulica:** condizione associata alla pericolosità idraulica per fenomeni di insufficienza del reticolo di drenaggio e generalmente legata alla non inondabilità per eventi di assegnata frequenza. Agli effetti del PAI si intendono in sicurezza idraulica le aree non inondate per eventi con tempo di ritorno fino a 200 anni.

Nel nostro caso, l'analisi della cartografia WebGIS del PAI non include il territorio dove è previsto il Piano di Lottizzazione del Comparto n. 8 del vigente P.R.G. del Comune di Rutigliano (BA) tra le aree a pericolosità idraulica e/o geomorfologica (Fig. 11) e di conseguenza esclude la possibilità di rischio per persone e/o cose (Fig. 12). Inoltre, dalla osservazione della Carta Idro-geomorfologica e di altra cartografia storica è possibile rilevare l'assenza di reticoli idrografici degni di nota e che interessano il nostro sito, benché una depressione è rilevabile nella zona denominata “Area a Standard F2”.

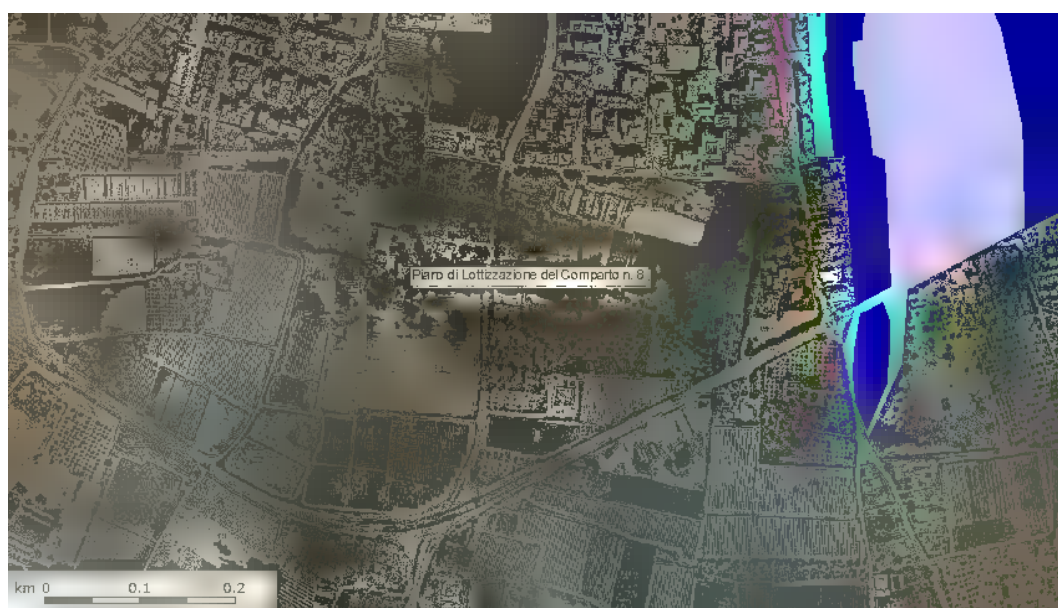


Fig. 11 - Stralcio della pericolosità idro-geomorfologica dal PAI della Puglia.

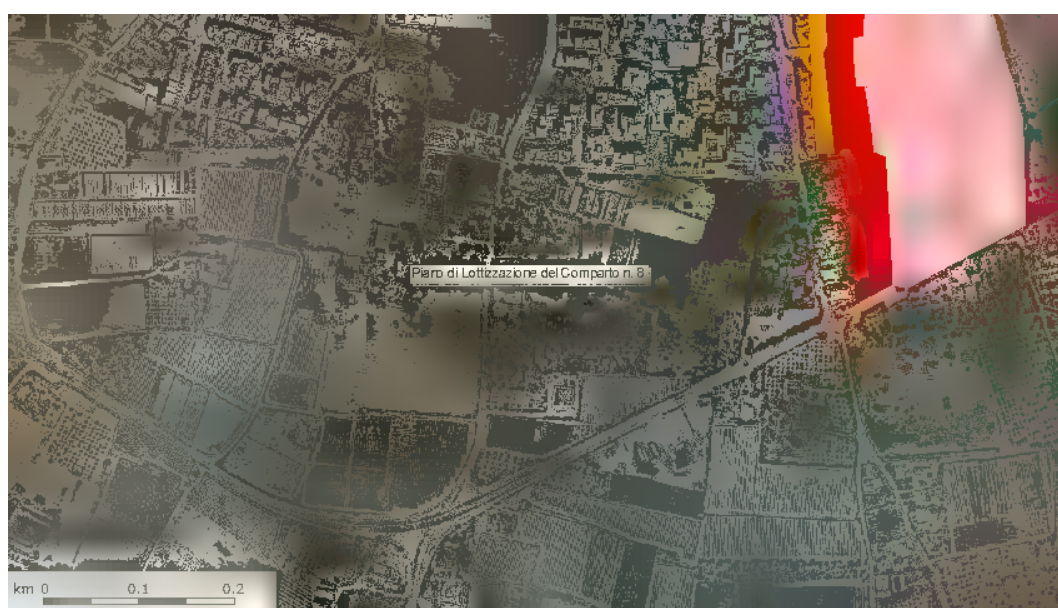


Fig. 12 - Stralcio del rischio idro-geomorfologico dal PAI della Puglia.

Il sito in esame ricade nei Fogli di mappa catastale n. 21 e n. 27 e per quanto concerne il vigente Piano di Tutela delle acque della Regione Puglia essi rientrano nelle Aree di vincolo d'uso dell'acquifero e per la precisione nelle Aree di tutela quali-quantitativa (Figg. 13 e 14).

Allegato 2a

AREE DI VINCOLO D'USO DEGLI ACQUIFERI – ACQUIFERO CARSIICO DELLA MURGIA – (Cfr. Figure da 5 a 12)

Comune (Sezione)	Fig.	Numeri dei Fogli catastali interessati
OSTUNI	9	82, 108, 112, 113, 154, 222
PALAGIANELLO	10	1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10
PA. AGIANO	10	1, 2, 7, 8
POLIGNANO A MARE	8	42, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 55
RUTIGLIANO	7	3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 34, 35, 36, 39, 41, 42, 43
RUVO DI PUGLIA	6	1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 12, 13
SAN FERDINANDO DI PUGLIA	5	48, 49, 50
SAN VITO DEI NORMANNI	9	17, 26, 32, 45, 57, 58, 68, 69
TERLIZZI	6	1, 2, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 34, 35, 36, 37, 38, 43, 45, 46
TRANI	6	104, 105, 107, 108, 109, 110, 111
TRIGGIANO	7	22
TURI	7	2, 3, 4
VALENZANO	7	8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31
VILLA CASTELLI	12	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18

Fig. 13 - Stralcio dal PTA della Puglia con riportati i Fogli dei vari comuni interessati per le Aree di vincolo d'uso dell'acquifero dalle Aree di tutela quali-quantitativa.

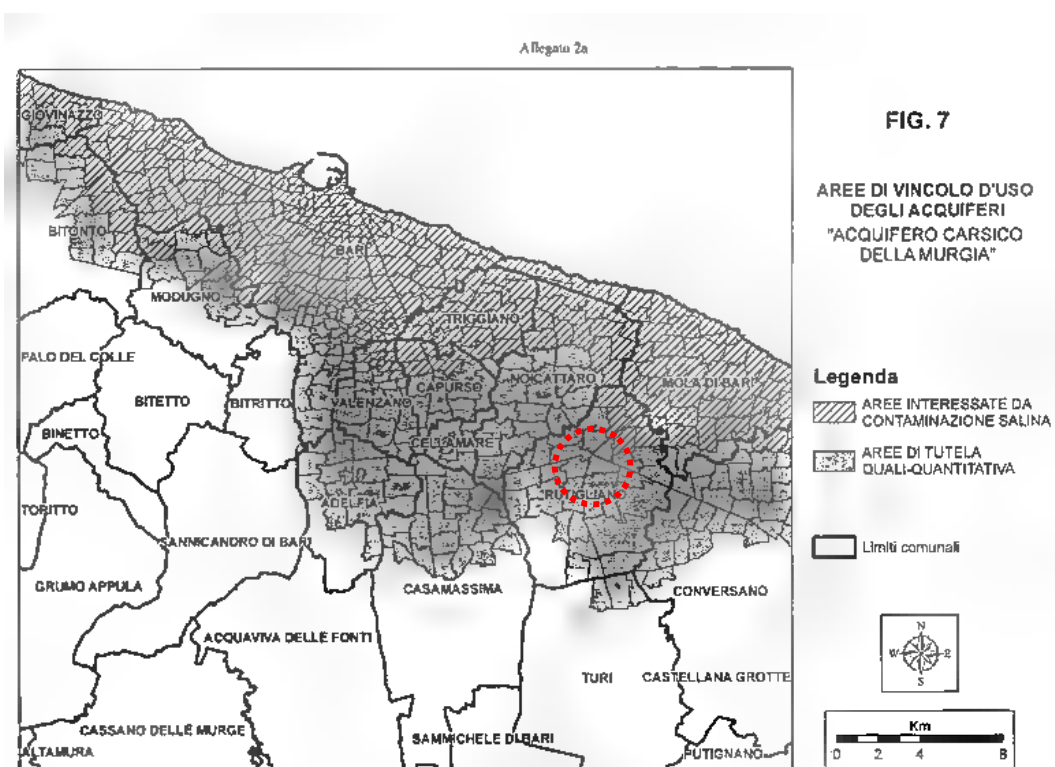


Fig. 14 - Stralcio dal PTA della Puglia della mappa con riportato il territorio del barese entro il quale ricade il sito in esame; si nota come il nostro sito sia appunto ricompreso per le Aree di vincolo d'uso dell'acquifero dalle Aree di tutela quali-quantitativa (cerchietto rosso).

Quadro geologico

L'area di studio ricade interamente nel territorio comunale di Rutigliano ma si ritrova, per la Carta Geologica d'Italia su base cartografica della Carta 1:100.000 dell'IGM, a cavallo tra il Foglio n. 178 "Mola di Bari" (per la sua parte settentrionale) e il Foglio n. 190 "Monopoli" (per la sua porzione meridionale); per un inquadramento di dettaglio della suddivisione si veda la Fig. 4.

Dal punto di vista delle unità geologiche affioranti, secondo la cartografia geologica, ritroviamo estesi depositi di **Tufi delle Murge** (Pleisitocene) e, solo nel vertice SO del sito in esame, il **Calcarea di Bari** (Turoniano - Cenomaniano). Il contatto tra le due unità è trasgressivo con una evidente discordanza angolare tra gli strati calcarei, spesso dislocati o blandamente deformati dalla tettonica, e i più recenti termini dei tufi, per nulla o quasi interessati dai medesimi fenomeni tettonici se non per locali riattivazioni di faglie del substrato calcareo cretaceo. Lo spessore in affioramento di entrambe le unità si aggira, date le piccole dimensioni del sito rilevato, in pochi metri, mentre, lo spessore massimo per il calcarea si aggira in qualche migliaio di metri e per la calcarenite o per i tufi che sormontano la precedente unità in qualche decina di metri.

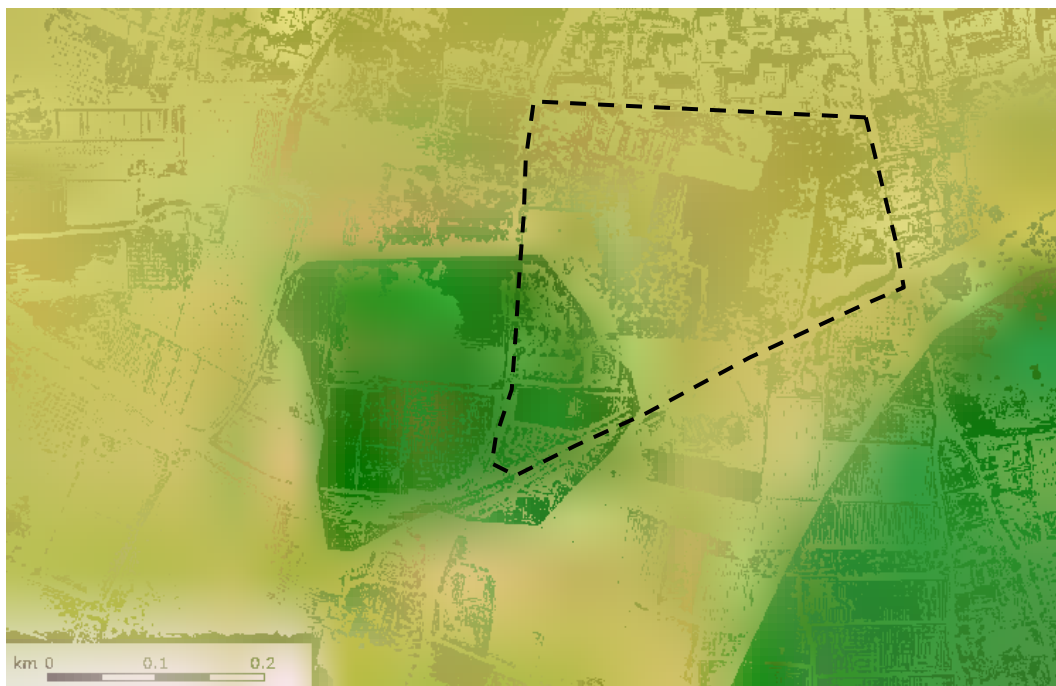


Fig. 15 - Stralcio dal WebGIS dell'AdB della Puglia con riportate in affioramento le unità prevalentemente arenitiche e quelle prevalentemente calcaree o dolomitiche (come riportato nella relativa legenda).

Tufi delle Murge o Calcarenite di Gravina (Pliocene-Pleistocene): rappresenta l'unità di apertura del ciclo bradanico ed è costituita da depositi trasgressivi su piattaforma di erosione; è formata da sedimenti carbonatici a componente autoctona (bioclasti) e componente terrigena (calsti arrotondati di calcari cretacei) con facies riferibili ad ambienti compresi fra la spiaggia e la piattaforma. Presenta regionalmente una grande variabilità nei caratteri di facies, legati al forte condizionamento indotto dalla morfologia predeposizionale e dalla presenza, in prossimità del contatto di trasgressione, di un'abbondante frazione carbonatica terrigena, composta da sabbie grossolane e litoclasti carbonatici erosi dal substrato cretaceo. Nel complesso si presenta massiccia con colorazione bianco-giallastra e una stratificazione accennata e non sempre ben visibile; i grossi banchi biocalcarenitici e biocalciruditici, con intercalazioni biocaciluditiche, spesso mostrano argilla e terra rossa prodotte dall'alterazione e dall'accumulo residuale. La componente scheletrica è costituita da: bivalvi, echinidi, alghe rosse, serpulidi e foraminiferi bentonici con frammenti di brachiopodi, gasteropodi, briozoi e oramminiferi planctonici.

La Formazione del Calcare di Bari presenta uno spessore anche superiore ai 3000 metri ed è costituita da calcari micritici microfossiliferi e da calcari dolomitici in sequenze irregolari o cicliche, ben stratificate, con frequenti livelli detritici, dal colore variabile dal bianco al grigiastro, talora di colore nocciola. Essa si è formata in seguito alla subsidenza di un'estesa piattaforma carbonatica e sedimentazione in ambiente di mare poco profondo caratterizzato da sequenze cicliche tidali. Notevole importanza biostratigrafia riveste la presenza di livelli fossiliferi a Rudiste e a macroforaminiferi, di limitato spessore ma estremamente diffusi con costante posizione stratigrafica in tutto il dominio della piattaforma, che hanno permesso di eseguire precise correlazioni a scala regionale.

Dal punto di vista tettonico, l'intera area rappresentata nei Fogli n. 178 e n. 190 appartiene al dominio geodinamico-strutturale dell'Avampaese Apulo ed è caratterizzata da una serie sedimentaria autoctona che mostra motivi strutturali tipici di un comportamento fragile e un livello di deformazione abbastanza spinto. L'Avampaese Apulo presenta, nel complesso, uno stile tettonico semplice con le formazioni mesozoiche che formano a grande scala un'estesa struttura monoclinale, con immersione a SO e interessata da numerose faglie e subordinatamente da blande pieghe. Le strutture disgiuntive maggiori

corrispondono a sistemi di faglie che scompongono in blocchi il substrato calcareo, originando una struttura a gradinata orientata da NO a SE, con le direttrici di tali strutture corrispondenti appunto ai sistemi di faglie. Oltre a questo sistema, allineato in senso NO-SE, lo stile tettonico è caratterizzato anche da un altro sistema di faglie, quest'ultimo allineato, però, in senso E-O. Inoltre, il substrato carbonatico mesozoico presenta deformazioni plicative ad ampio raggio di curvatura che fanno presupporre regimi dinamici compressivi e transpressivi; tali strutture con assi delle pieghe ad andamento simile alla direttrice appenninica risultano appunto dell'orogenesi della stessa catena montuosa. L'assetto strutturale del territorio di Noicattaro e di interesse per il presente elaborato non è contraddistinto né lungo la fascia costiera né verso l'entroterra dalla presenza di faglie. I dati bibliografici evidenziano la presenza di due giaciture principali per il Calcarea di Bari, entrambe monoclinali, la prima con direzione NO-SE e immersione a S, la seconda con direzione NNO-SSE e immersione sempre a S; in entrambi i casi le inclinazioni raramente superano i 15°. Le giaciture dei banchi calcarenitici, che a luoghi nascondono i motivi strutturali dei calcari cretacei, sono invece tipicamente orizzontali e mostrano in pratica un assetto tabulare che raramente può essere clinostratificato con immersione a N o NE, ossia verso il mar Adriatico, e con una inclinazione sempre di pochi gradi.

È infine importante sottolineare che l'intera area in esame è interessata da un sollevamento regionale iniziato circa un milione di anni fa, nel tardo Pleistocene inferiore. Tale sollevamento regionale ha causato il graduale ritiro del mare, trasformando le aree a sedimentazione marina in terre emerse, e l'approfondimento, a luoghi molto evidente, dei corsi d'acqua (lame) che hanno inciso valli relativamente strette e profonde anche nei calcari. In tale contesto, l'interferenza fra il sollevamento regionale e le oscillazioni glacio-eustatiche avrebbe determinato la successione di numerose fasi sedimentarie, distinte nel tempo e nello spazio, ciascuna delle quali testimoniata da un deposito di ambiente costiero con trend regressivo (depositi marini terrazzati) e da due ordini di depositi alluvionali, limitati ai solchi erosivi. Sia i depositi regressivi sia quelli alluvionali sono disposti in terrazzi a quote decrescenti dal più antico al più recente. Per il territorio in esame i movimenti tettonici sono stati il fattore determinante la morfogenesi a partire dal Pliocene, allorquando si è delineato l'assetto dei corpi rocciosi e si è definita la morfologia attualmente osservabile.

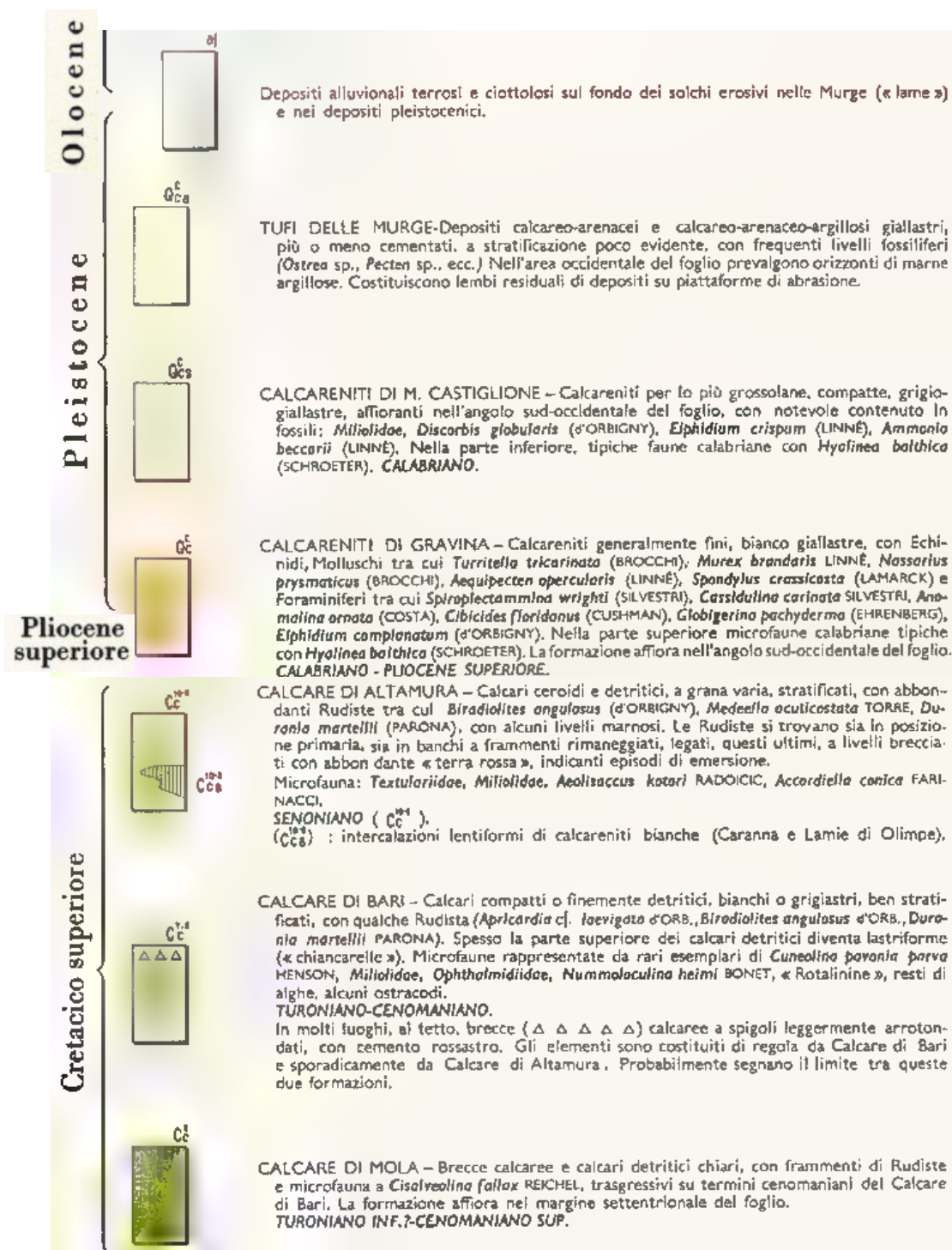


Fig. 16 - Stralcio della Legenda del Foglio n. 190 "Monopoli" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000; all'epoca i termini Calcarenite di Gravina e Tufi delle Murge erano intesi per due differenti unità, mentre, attualmente essi vengono accorpati considerando la Calcarenite di Gravina come una unità con una forte variabilità dei suoi caratteri (visibile laddove affiora sia in senso verticale che in senso orizzontale). Con il futuro aggiornamento e redazione della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 con il progetto CARG saranno, infine, rivisti i caratteri delle unità affioranti e discriminato tra la presenza effettiva della Calcarenite di Gravina o di altri terreni (cfr Foglio n. 438 Bari" del progetto CARG e il capitolo "Modellazione geologica del sito del presente elaborato).

Quadro geomorfologico

Il motivo morfologico più importante dell'area è rappresentato da una serie di ripiani allungati parallelamente alla costa, posti a quote decrescenti procedendo verso mare, delimitati da modeste scarpate, non sempre nette e ben riconoscibili. I ripiani e le scarpate sono rivolti verso l'Adriatico e nel complesso sono una serie di terrazzamenti marini, ognuno dei quali definito da una superficie sub-pianeggiante (di accumulo e/o di erosione) e da un gradino. I gradini dei singoli terrazzi non di rado sono mascherati dai depositi quaternari che si sono accumulati nelle depressioni morfologiche e sono interpretabili come antiche linee di costa. Nel caso esaminato il territorio in esame si estende interamente tra due orli di terrazzo e per tale motivazione la sua pendenza è nell'ordine del 2 % circa e il terreno è pianeggiante.

A interrompere la continuità laterale dei ripiani murgiani concorrono le lame che hanno origine sulle Murge alte e arrivano sino al mare con andamento a luoghi meandriforme, a tratti rettilineo, e condizionato dalla tettonica, come dimostrato da brusche variazioni del loro corso in corrispondenza di zone di faglia o di intensa fatturazione. Nel caso in esame è visibile in sito, ma anche è riportata in cartografia, la presenza di un impluvio che corre circa parallelamente al confine E il quale però appare modificato se non del tutto obliterato dall'antropizzazione e in primo luogo dalle pratiche agricole (come è possibile riscontrare soprattutto nella porzione a monte rispetto all'area di interesse). Tale impluvio lo si riconosce in sito a partire da circa 800 m a monte e appare per lunghi tratti non incassato, senza cigli e terrazzi visibili, dalla conformazione blanda e dolce, e con una direzione di sviluppo N-S fino alla confluenza con un secondo impluvio (dai caratteri e dalle dimensioni del tutto simili) che avviene a poco più di 300 m a valle dal nostro sito e in ambiente urbano; da qui in poi la confluenza due impluvi devia assumendo un percorso con direzione NO-SE, e confluendo ulteriormente, oltre però l'abitato di Noicattaro, con altri impluvi in una delle lame maggiori del sud-est barese, ossia, in lama San Giorgio con sbocco a mare nell'omonima località litoranea poco a Sud di Bari.

Oltre alla morfologia fluviale il nostro sito rientra in un ambiente carsico, dove il noto fenomeno della dissoluzione chimica dei calcari (e subordinatamente dall'azione meccanica delle acque meteoriche) gioca un ruolo primario: si

possono rinvenire forme carsiche riconducibili sia al carsismo epigeo (suddivisibile in due fasi successive), sia ad una fase neocarsica ascrivibile al Quaternario, prettamente sotterranea e diaclasica, testimoniata dalla presenza di doline e di voragini che si aprono improvvisamente in superficie per evoluzione puramente meccanica di vistose cavità sotterranee fossili. Per quanto concerne l'orientazione della canalizzazione carsica ipogea si possono individuare le direzioni principali: 1) NO-SE, direzione di massima carsificazione; 2) E-W direzione di media carsificazione; 3) N-S, direzioni di bassa carsificazione. La corrispondenza tra le direzioni di carsificazione ed i principali elementi tettonici è evidente. Nella direzione appenninica confluiscono le più importanti faglie della regione: le fratture di trazione, in corrispondenza delle cerniere delle anticlinali e delle sinclinali con asse NO-SE e le fratture di taglio che si aprono sui fianchi delle pieghe con asse E-O. Presumibilmente, il processo carsogenetico è iniziato all'inizio del Terziario con l'emersione delle Murge e l'inizio di una lunga fase di continentalità legata al progressivo abbassamento del livello del mare, anche di diverse centinaia di metri. Dal Pliocene medio al Pleistocene inferiore l'area delle Murge è stata soggetta a subsidenza per effetto della tettonogenesi appenninica che ha prodotto il ritorno del mare e la formazione di estese coperture sedimentarie (Calcarene di Gravina e Argille subappennine). Nell'ultimo milione di anni si è verificato l'ultimo atto della morfogenesi dell'area, con l'inversione di tendenza geodinamica che ha causato il definitivo sollevamento regionale per fasi successive e l'emersione dell'area murgiana.

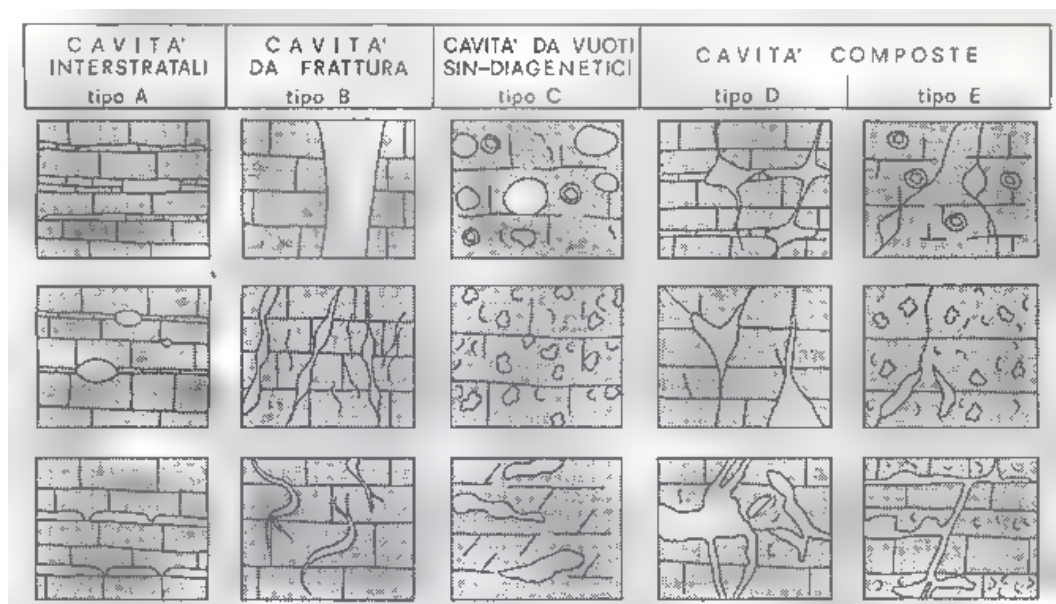


Fig. 17 – Tipologia delle cavità carsiche tipiche dell'area murgiana.

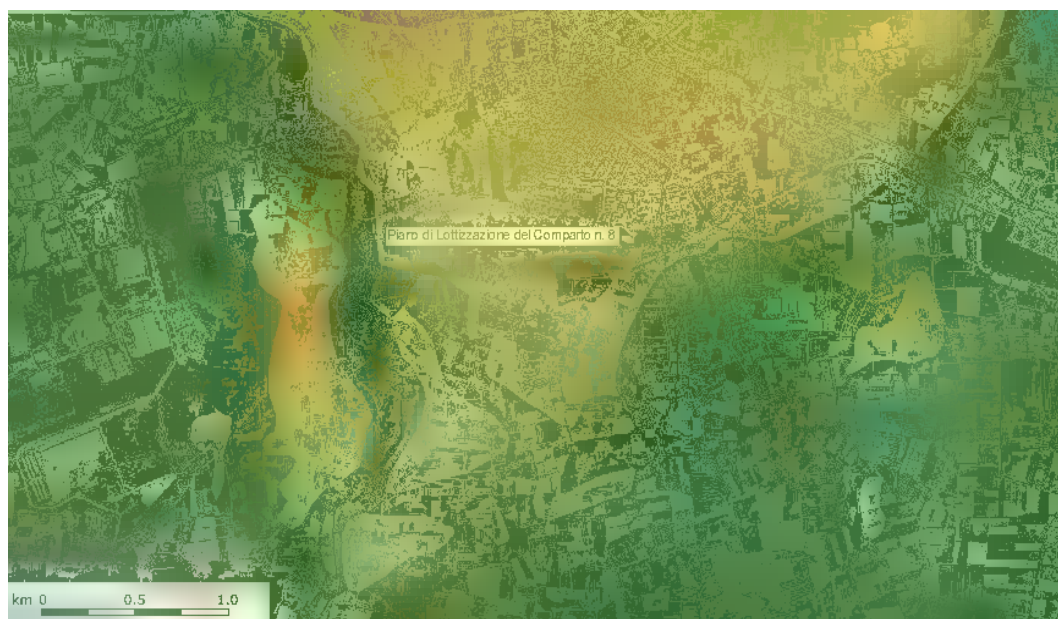


Fig. 18 - Stralcio della Carta idro-geomorfologica della Regione Puglia dove si osserva il reticolo idrografico alquanto esteso e gerarchizzato benché sia però poco evidente la corrispondenza tra lo sviluppo della forma fluviale e la direzione delle principale direttrici tettoniche regionali.

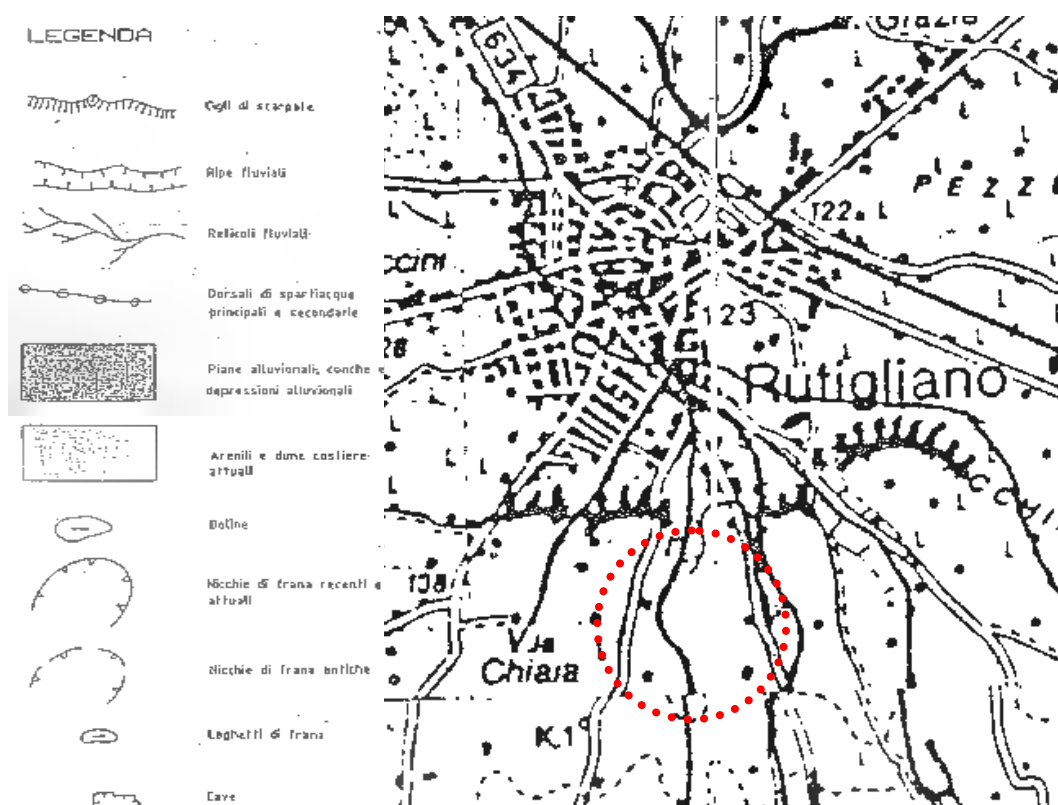


Fig. 19 - Stralcio dal PUTT/P della Tavola Geomorfologia con relativa legenda; si nota come il sito in esame presenti un impluvio che lo attraversa (zona denominata "Area a Standard F2") ormai del tutto obliterato e non più riconoscibile in sito se non dalla variazione di quota riscontrabile con il rilievo topografico.

Quadro idrogeologico

L'idrografia del versante Adriatico della Regione Puglia è particolarmente modesta a causa delle caratteristiche geologiche, morfologiche e del clima, infatti, per la generale conformazione del territorio con estese superfici pianeggianti con scarse pendenze non sono individuabili linee di displuvio definite, bensì, aree con spartiacque indeterminato. Il drenaggio delle acque meteoriche avviene attraverso le lame, corsi d'acqua effimeri ed a regime torrentizio, che hanno inciso nel substrato valli poco profonde e svasate, con un fondo piatto ricoperto da modesti spessori di sedimenti alluvionali essenzialmente limo-argillosi. Solo in occasione di precipitazioni particolarmente intense le lame possono convogliare grossi quantitativi di acqua poiché la successione calcareo-dolomitica delle Murge è fortemente permeabile per fessurazione e per carsismo. Sensibili limitazioni alla permeabilità delle rocce carbonatiche sono imputabili o alla presenza di cospicui livelli dolomitici oppure, ad un minore stato di fessurazione accompagnato da riempimenti di terra rossa.

Per quanto riguarda l'idrogeologia del territorio, è presente la cosiddetta falda idrica "principale" o "profonda" che, per tipologia, ubicazione e geometria, è parte integrante della cosiddetta falda idrica profonda pugliese, nota anche come "falda carsica" (Fig. 20).

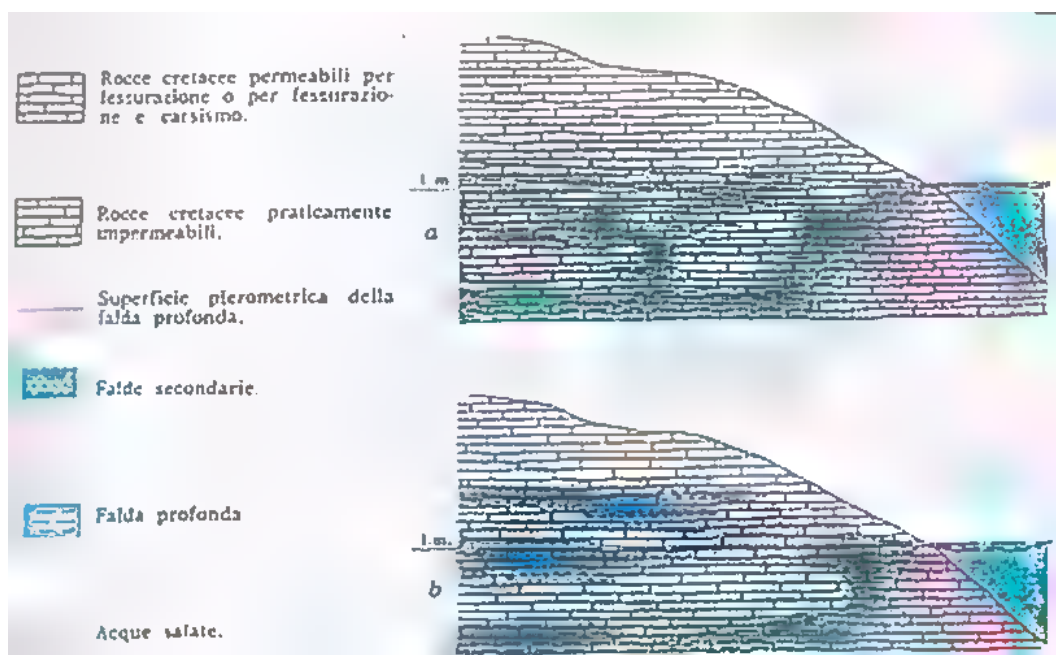


Fig. 20 - Sezioni idrogeologiche schematiche relative ai rapporti tra la falda profonda e le acque di ingressione marina (a) ed eventuali falde secondarie (b).

La falda profonda ha l'acquifero costituito dai litotipi calcareo-dolomitici mesozoici ed è alimentata esclusivamente dalle acque meteoriche, soprattutto quelle che precipitano nelle zone più interne e topograficamente più elevate della regione. La presenza di forme carsiche epigee nei calcari affioranti favorisce una rapida infiltrazione e questa ricarica avviene maggiormente in concomitanza del periodo autunnale, in un'area caratterizzata da una pioggia media annua variabile tra i 550 e i 650 mm. La zona di scaturigine della falda è situata in prossimità della linea di costa, dove si rinvencono a luoghi piccole sorgenti situate proprio in corrispondenza della linea di riva oppure, più comunemente, direttamente in mare. Le principali caratteristiche idrodinamiche della falda idrica derivano dal grado di fessurazione e dall'intensità del carsismo, nonché, dalla presenza di strutture plicative e disgiuntive, pre-plioceniche e neotettoniche del substrato della piattaforma carbonatica Apula.

La falda circola, generalmente, in pressione e fluisce in maniera diffusa verso mare, livello di base della circolazione idrica sotterranea, in direzione perpendicolare alla linea di costa e con gradienti piezometrici compresi tra 0,1 ‰ e 0,5 ‰ e punte del 0,8 ‰. Il carico idraulico della falda decresce complessivamente in direzione della linea di costa. Per i marcati caratteri di disomogeneità e di anisotropia dell'acquifero nei confronti della permeabilità, la falda è frazionata in più livelli idrici, rinvenibili a profondità sempre maggiori rispetto al livello marino, procedendo dalla costa verso l'interno. Tale caratteristica è associabile all'esistenza di intervalli di roccia non carsificata o poco fratturata o alla presenza, all'interno della successione carbonatica mesozoica di strati fittamente laminati, a luoghi bituminosi. A scala locale, la direzione di deflusso della falda può differire da quella d'insieme, a causa di variazioni laterali di permeabilità legate a fattori strutturali quali l'intensità e la direzione di fratturazione, o alla distribuzione dei prelievi.

In prossimità della costa (Fig. 21), per una fascia di circa 4 km quindi ben al di fuori della condizione ambientale del nostro sito, la falda circola negli strati calcarei superficiali e galleggia sull'acqua marina a maggiore densità, la cui influenza, a causa del sovra-sfruttamento di origine antropica, si rileva per diversi chilometri verso l'interno. La transizione tra acque dolci e le acque marine non è netta, ma avviene attraverso una zona di miscelamento di spessore e di salinità progressivamente crescente, sia dall'alto verso il basso sia verso l'entroterra.

L'equilibrio è dovuto alla minore densità dell'acqua dolce rispetto all'acqua marina e può fluttuare in relazione a variazioni del carico idraulico dell'acqua dolce, a sua volta funzione di variazioni degli apporti, legati alle precipitazioni, oppure dei prelievi idrici. La salinità delle acque di falda aumenta da valori di 0,4-0,5 g/l, caratteristici delle zone interne delle Murge, fino a valori di 2 - 5 g/l e più, nelle zone prossime alla costa. Per il sito in esame è lecito aspettarsi la presenza dell'acqua della falda profonda a circa 100/110 metri di profondità dal p.c. (se non è in pressione al di sotto del livello del mare) con un carico piezometrico stimabile nell'ordine di 25/35 m (Fig. 22).

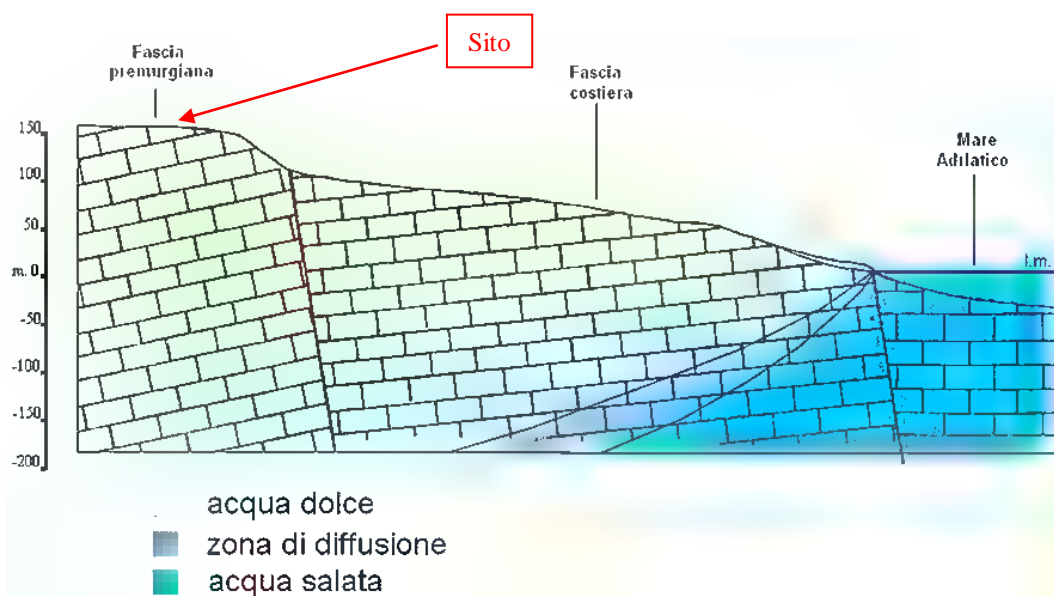


Fig. 21 - Schema della falda idrica pugliese in prossimità della linea di costa.



Fig. 22 - Distribuzione media dei carichi piezometrici (PTA - Puglia).

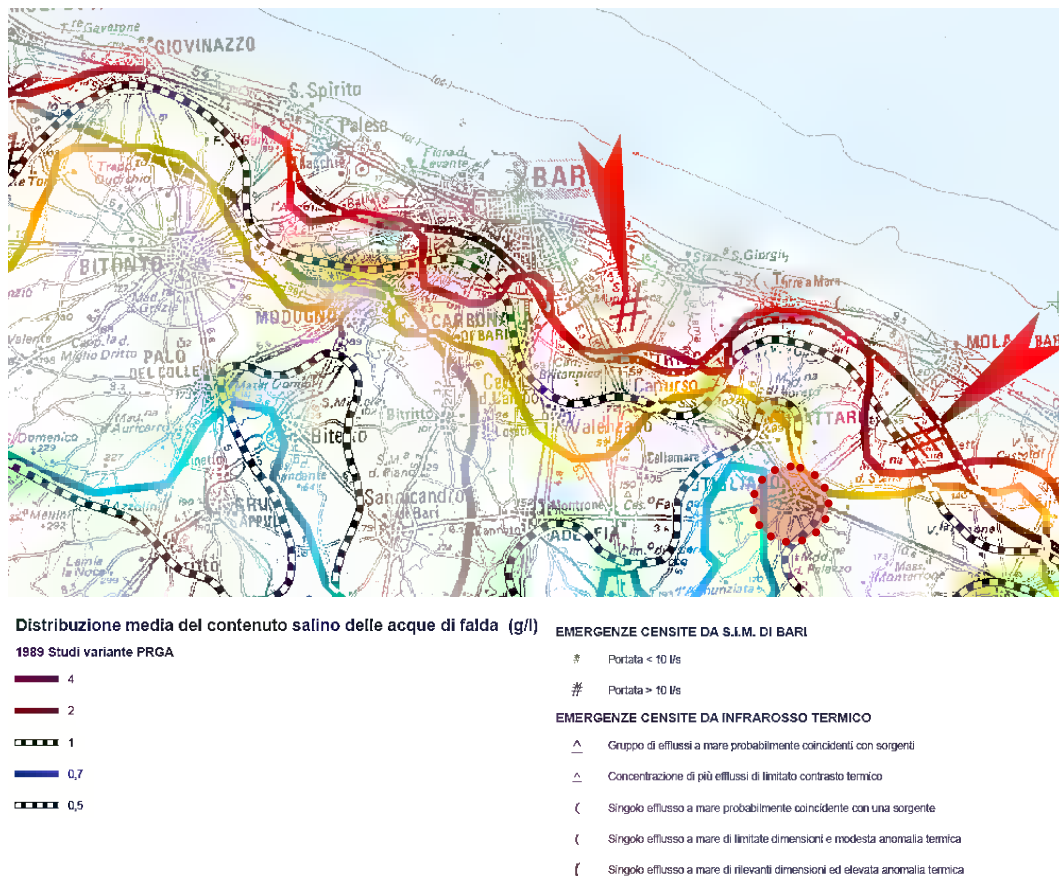


Fig. 23 - Distribuzione media del contenuto salino (PTA - Puglia).

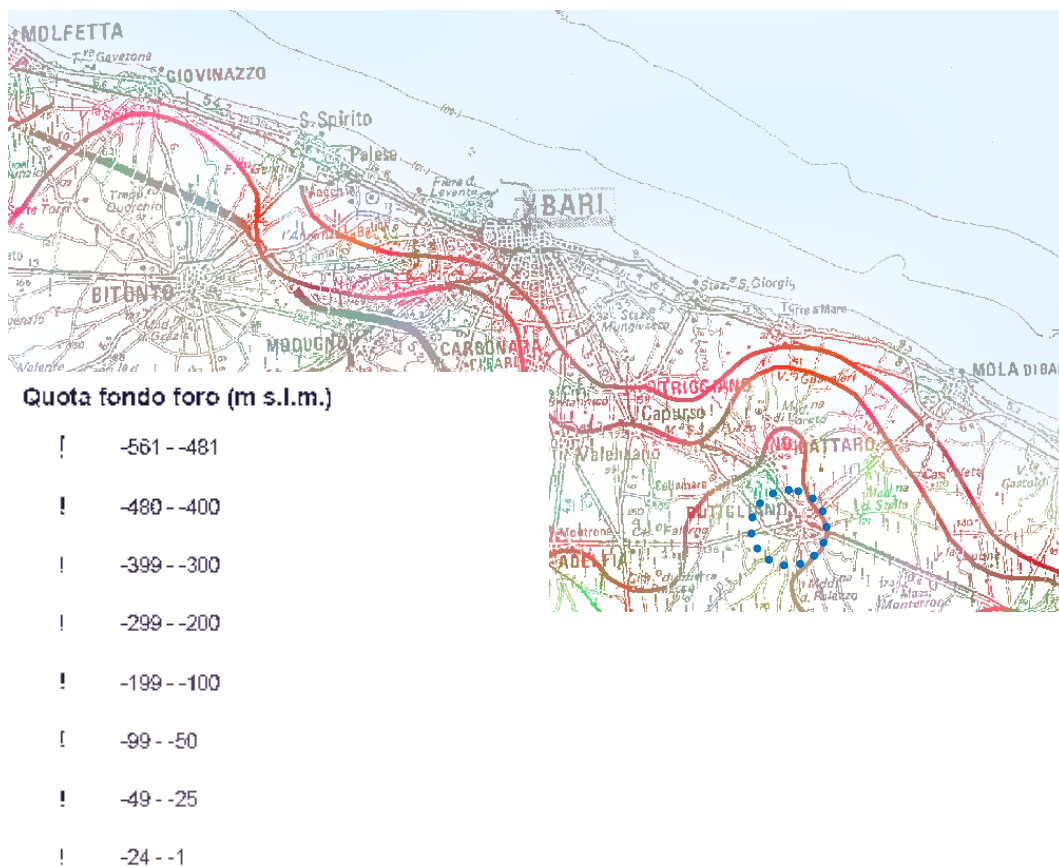


Fig. 24 - Quote di attestazione dei pozzi nell'acquifero carsico (PTA - Puglia).

Indagini di sismica a rifrazione e MASW

Per ricostruire la sismo-stratigrafia del terreno di fondazione e per poter estrapolare i moduli elasto-dinamici e alcune delle caratteristiche fisiche e meccaniche dello stesso, inoltre, per definire il parametro V_{seq} , è stata eseguita n.1 indagine sismica (Fig. 25) con la tecnica della tomografia in rifrazione e della MASW. Tale indagine è stata eseguita per caratterizzare, dal punto di vista preliminare ma conforme con la normativa nazionale antisismica, il sottosuolo del sito in esame. L'indagine è stata condotta utilizzando il sismografo A6000/SE della "MAE S.R.L." che ha la possibilità di stack degli impulsi sismici e di utilizzo di filtri analogici e digitali programmabili, il quale, inoltre, permette di registrare i dati con formato minimo a 16 bit; sono stati usati 24 geofoni verticali, con una spaziatura di 2 m e una lunghezza dello stendimento pari a 50 m, con n. 6 punti di battuta ubicati rispettivamente alle progressive 0 m, 10 m, 20 m, 30 m, 40 m e 50 m con n. 3 registrazione per ognuno dei singoli punti di battuta.



Fig. 25 - Ubicazione dell'indagine sismica eseguite nel sito di intervento (A = andata = 0 m e R = ritorno = 50 m).

Dall'indagine sismica è stato possibile ricavare i modelli sismo-stratigrafici del terreno di fondazione completati, per la ricostruzione del modello geologico, grazie ai dati reperiti dalla bibliografia esistente per il sito in esame e il suo immediato intorno (per la geometria e le profondità dei singoli rifrattori si rimanda al modello in Fig. 26).

- **R1** è il primo livello spesso tra 0,5 m e meno di 1 m dal p.c. ed è costituito da terreno vegetale aerato e poco compatto con V_p tra 330 m/s e 500 m/s.
- **R2** lo si ritrova fino a una profondità di circa 3/4 m dal p.c. e ha fatto registrare valori della V_p tra 1200 m/s e 1400 m/s denotando la presenza di Calcarenite di Gravina/Tufi ma eventualmente potrebbe anche essere presente argilla (benché appare poco probabile ma l'intervallo di valori non è tale da poter discriminare la natura del sottosuolo esclusivamente dai dati sismici).
- **R3** è il semi-spazio di chiusura del modello geofisico elaborato e quindi del modello geologico interpretato; qui si registrano i valori massimi delle velocità delle onde pari a 1800 m/s - 2000 m/s e anche in questo caso non è possibile discriminare la natura esclusivamente dai dati sismici essendo associabile a un ammasso roccioso calcarenito ad alta cementazione ma anche a un ammasso roccioso calcareo con grado di fratturazione medio-alto.

In definitiva con la sola indagine sismica non è possibile ricostruire un modello geologico del sottosuolo investigato essendoci nel sito di intervento la possibilità di una elevata variabilità della natura dei terreni; gli intervalli delle velocità misurate sono poi intervalli non univoci e che quindi non permettono di definire con certezza la tipologia di roccia/terreno riscontrato.

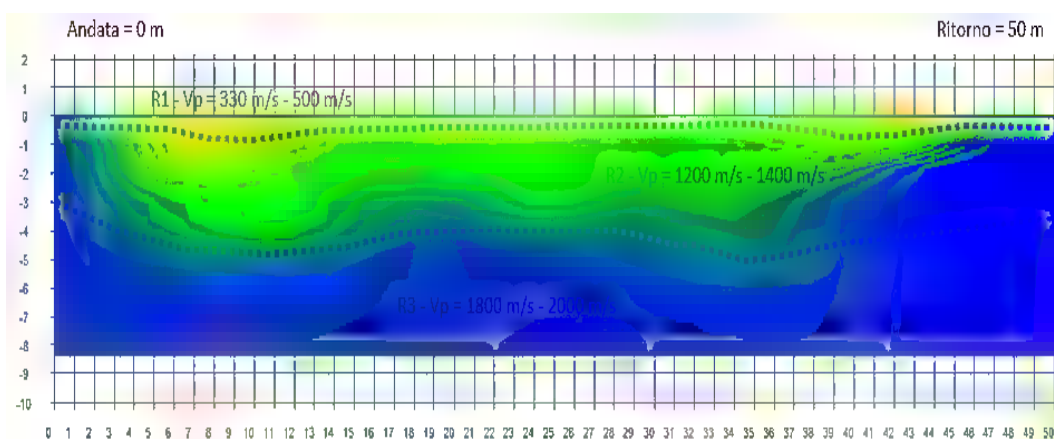


Fig. 26 - Modello del terreno ottenuto dalle elaborazioni sismo-stratigrafiche in rifrazione.

Attraverso l'indagine MASW eseguita nell'area in esame, è stato possibile ricostruire le colonne di velocità di taglio (onde S) e determinare il parametro V_{seq} secondo la normativa vigente, ossia secondo le NTC2018 che aggiornano e sostituiscono le precedenti NTC2008.

L'acquisizione dei dati con le prove che sfruttano la tecnica MASW considera le onde lunghe denominate e conosciute come di Rayleigh e la loro permanenza delle frequenze nel tempo, individuando infine la velocità di rotazione delle varie frequenze.

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si erano concentrati sulla propagazione delle onde profonde considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Studi successivi hanno invece consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie (le onde di Rayleigh appunto) in mezzi a differente rigidità e quindi a differente comportamento elasto-dinamico. Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale, appunto in analisi lineare, risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche.

In pratica l'analisi di Fourier è diventato lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale e la stessa analisi delle onde di Rayleigh, mediante appunto la tecnica della MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali; con tale tecnica MASW è possibile anche osservare, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza e il legame "velocità / frequenza" è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio $f-k$ è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in ultima analisi in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

L'acquisizione dei dati considera le onde lunghe di Rayleigh e la permanenza delle frequenze nel tempo, individuando la velocità di rotazione delle

varie frequenze. I valori di velocità delle onde sismiche, misurati in sito per ciascun volume di sottosuolo differenziato e interpretato, hanno consentito di determinare una serie di parametri elasto-meccanici e geologico-tecnici di riferimento e che sono derivati da correlazioni sperimentali ed empiriche per tipologia litologica. I parametri derivati risultano verificati nel complesso struttura / terreno cui si riferiscono e risultano associati ad un volume significativo di suolo che, puntualmente, può presentare caratteri differenti dai valori proposti.

L'elaborazione MASW eseguita per il sito in esame (Fig. 27) ha dato come risultato del profilo della velocità delle onde S con la profondità quanto di seguito riportato per una profondità compresa tra 0 m e 30 m:

- da 0 m dal p.c. a 1 m dal p.c. → 150 m/s;
- da 1 m dal p.c. a 3 m dal p.c. → 480 m/s;
- da 3 m dal p.c. a 10 m dal p.c. → 610 m/s;
- da 10 m dal p.c. a 25 m dal p.c. → 1000 m/s;
- da 25 m dal p.c. a 30 m dal p.c. → 1550 m/s.

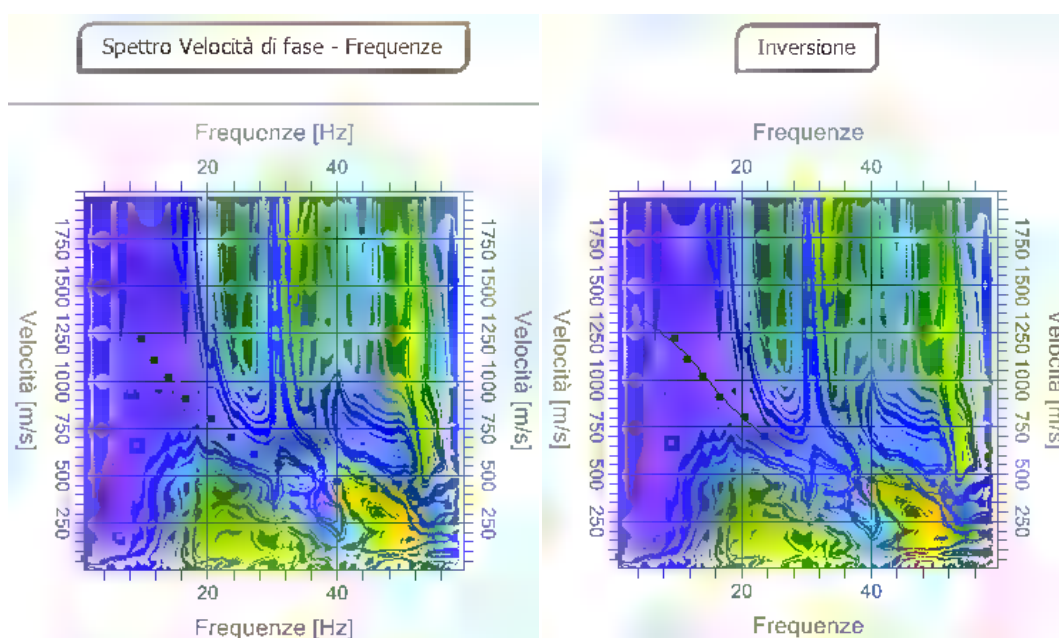


Fig. 27 - Spettro velocità di fase-frequenze e inversione ottenuto dalla indagine MASW per lo stendimento sismico eseguito dell'intero sito.

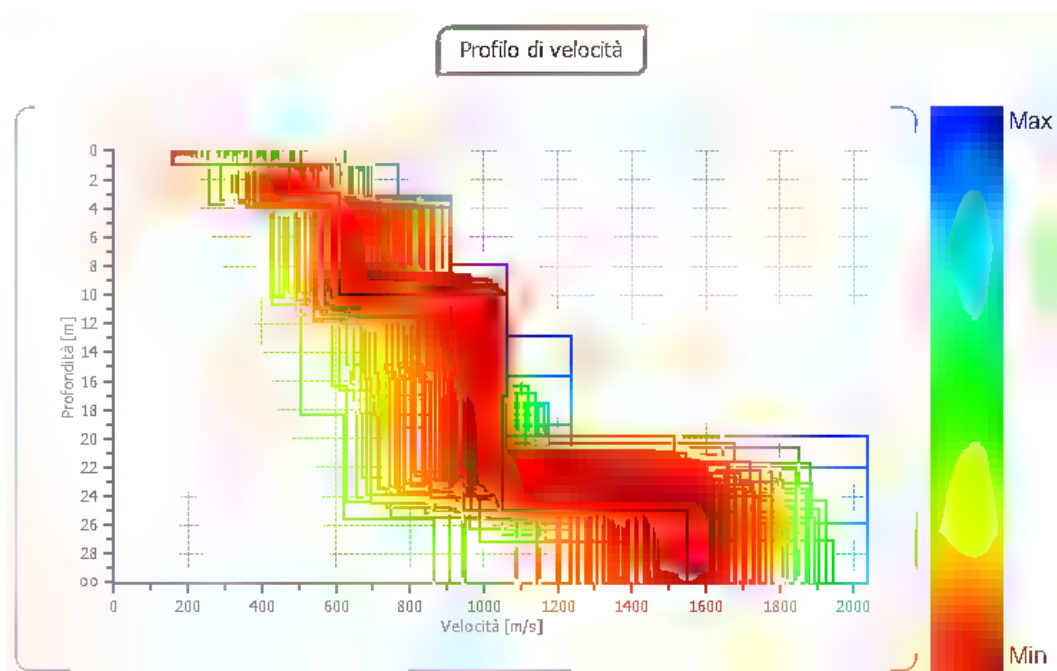


Fig. 28 - Profilo velocità delle onde S / profondità ottenuto dalla indagine MASW per lo stendimento S3 comunque rappresentativo dell'intero sito.

Nelle tabelle sottostanti (Tabb.1 e 2) sono riportati alcuni parametri elastodinamici e geotecnici ottenuti dall'elaborazione dei dati del sondaggio sismico.

n.	Peso unità di volume medio [kg/m ³]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Mod. di Poisson	Mod. di Bulk [MPa]	Mod. di Young [MPa]	Mod. di shear [MPa]
R1	1200-1400	330-500	150	0,43	200	100	30
R2	1400-1600	1200-1400	480	0,41	2000	1100	400
R3	1600-1800	1800-2000	610	0,40	5000	2000	700

Tab. 1 - Parametri con valori ottenuti dall'indagine sismica e alla scala dell'ammasso.

n.	Coesione [MPa]	Angolo di attrito [°]
R1	---	18-20
R2	80	32
R3	110	35

Tab. 2 - Parametri elasto-meccanici medi per il sito investigato.

Suolo di fondazione e Pericolosità Sismica (NTC 2018)

Sicurezza e prestazioni attese

Nel paragrafo 2.4 delle NTC 2018 si definiscono alcuni importanti aspetti delle costruzioni quali la Vita Nominale, le Classi d'uso e il periodo di riferimento. La vita nominale di progetto V_N di un'opera è definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I e tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in 4 classi d'uso definite come di seguito riportato.

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe 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.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N * C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Pericolosità sismica di base

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale. 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 categoria A come definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel § 2.4. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione. Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori dei parametri riportati di seguito considerando un 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^* valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

(*) Per i valori di a_g , F_0 e T_C^* , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 marzo 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella Tab. 3.2.I.

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R si ricava il periodo di ritorno T_R del sisma utilizzando la relazione:

$$T_R = - V_R / \ln (1 - P_{VR}) = - C_U * V_N / \ln (1 - P_{VR})$$

Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_S per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della V_{Seq} (in m/s), definita dall'espressione:

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

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

(*) Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{Seq} è definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	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.
B	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.
C	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.
D	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.
E	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.

L'indagine MASW eseguita in sito ha permesso di misurare le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze e, siccome la variazione della velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile alla stratificazione delle velocità delle onde S, l'indagine ha permesso quindi di ricavare un profilo "Profondità / Velocità onde S" dal quale poi è possibile calcolare il parametro V_{S30} come previsto dalle NTC 2018. Il calcolo del parametro V_{Seq} è stato eseguito considerando il piano di posa delle fondazioni in corrispondenza del p.c. delle indagini, ottenendo così calcoli conservativi e favorevoli per la sicurezza, e applicando la formula:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

e si è ottenuto un valore di V_{seq} per il sito di indagine pari a 450 m/s.

Il terreno di fondazione rientri nella categoria di suolo di fondazione “B”:
“Rocce tenere o depositi di terreni a grana grossa molto addensati o a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{seq} compresi tra 360 m/s e 800 m/s”.

Categorie topografiche e amplificazione topografica

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale mentre per configurazioni superficiali semplici si può adottare la 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 $i > 30^\circ$

Nel caso specifico in esame il sito di intervento ricade nella Categoria T1 trattandosi di “Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$ ”. 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 Tab. 3.2.V, in funzione delle categorie topografiche definite nel § 3.2.2 e dell’ubicazione dell’opera o dell’intervento. La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l’altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove S_T assume il valore massimo riportato sempre nella Tab. 3.2.V, fino alla base, dove S_T assume valore unitario.

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 caso specifico in esame ricadendo il sito di intervento nella Categoria T1 avrà un coefficienti di amplificazione topografica S_T pari a 1,0.

Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_S e C_C valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti S_S e C_C possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_C^* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV, nelle quali $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità e T_C^* è espresso in secondi.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_S e di C_C

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Nel caso specifico in esame il sito rientra in una Categoria di suolo B e quindi i coefficienti S_S e C_C saranno nel primo caso compresi tra 1,00 e 1,20 e nel secondo caso dati dalla formula riportata in Tab. 3.2.IV. Infine, S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche e lo si ottiene mediante la relazione seguente: $S = S_S \cdot S_T$.

Fattori di amplificazione - Risposta Sismica Locale

In condizioni stratigrafiche e morfologiche schematizzabili con un modello mono-dimensionale e per profili stratigrafici riconducibili alle categorie di cui alla Tab. 3.2.II, il moto sismico alla superficie di un sito è definibile mediante l'accelerazione massima (a_{\max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di a_{\max} può essere ricavato dalla relazione $a_{\max} = S_S \cdot a_g$.

Dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed S_S è il coefficiente di amplificazione stratigrafica. Rientrando il nostro sito in una zona sismica 3 esso ha una $a_g = 0,15 \text{ g}$ e di conseguenza una $a_{\max} = S_S \cdot a_g = S_S \cdot 0,15 \text{ g} = S_S \cdot 1,4715 \text{ m/s}$.

Per condizioni topografiche riconducibili alle categorie di cui alla Tab. 3.2.III, la valutazione dell'amplificazione topografica può essere effettuata utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica S_T . Il parametro S_T deve essere applicato nel caso di configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, di altezza superiore a 30 m. Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15° , altrimenti si applicano i criteri indicati nel § 3.2.2.

() Per la valutazione dell'Azione sismica e degli spettri di risposta elastico in accelerazione si rimanda a quanto riportato nel paragrafo 3.2.3 - Valutazione dell'azione sismica delle NTC 2018.*

Modellazione geologica del sito

Secondo la cartografia geologica ufficiale nel sito in esame si ritrova in affioramento il Calcarea di Bari nel suo vertice SO e della Calcarenite di Gravina o Tufi delle Murge per la restante parte. La Calcarenite di Gravina o i Tufi delle Murge è bene considerare che possono presentare, a differenza degli strati calcarei, una notevole variabilità ed essere più o meno cementate fino ad essere del tutto sciolte nei casi estremi e soprattutto per la porzione esposta agli agenti esogeni o per quei livelli fortemente interessati dall'infiltrazione e dallo scorrimento delle acque meteoriche.

L'indagine sismica ha evidenziato la presenza di sismo-strati con velocità delle onde P (V_p) che non permettono una loro univoca discriminazione, tanto che al di sotto del primo livello costituito da terreno vegetale potrebbe essere presente una calcarenite a bassa cementazione o anche una argilla (non molto lontano dal nostro sito sono segnalate il cartografia e in letterature le *Argille di Rutigliano*), mentre, il terzo livello che si palesa al di sotto dei 3/4 m dal p.c. potrebbe essere costituito da una calcarenite a cementazione maggiore o da una argilla maggiormente addensata, o ancora, benché appaia improbabile ma non lo si può escludere a priori, potrebbe anche essere formato da un ammasso calcareo ad elevata fratturazione. L'indagine MASW anch'essa non permette di discriminare al meglio la natura del sottosuolo nel sito di indagine, benché, si potrebbe azzardare la presenza più probabile di terreni sciolti e non di rocce per almeno una decina di metri.

Infine, il rilevamento in sito non ha permesso di osservare direttamente degli affioramenti per mancanza di pareti, scavi o tagli stradali, quindi, appare ancor più evidente l'incertezza nel definire un modello geologico del sito. La natura del terreno vegetale è apparsa però del tutto dissimile da quella che si ritrova in presenza di calcari o di calcareniti, ossia, di rocce la cui natura (soprattutto i primi) genera la così detta *terra rossa*; infatti, il terreno appare di un colore giallastro chiaro, con una certa componente limosa e subordinatamente sabbiosa e argillosa che lascia presupporre l'affioramento di terreni sciolti e non di rocce (anche se tali considerazioni non sono sempre diagnostiche). Inoltre, è doveroso anche rimarcare che secondo quanto evidenziato dalla cartografia del PUTT/P alla Tavola geomorfologica il sito in esame è attraversato da un solco fluviale e questo, seppur ormai modificato dall'uomo e non molto visibile nella forma, è pur sempre leggibile dalla topografia dei luoghi. La sua presenza concorre ulteriormente a rendere incerta la natura del sito essendoci la concreta possibilità che si ritrovi anche materiale alluvionale.

In conclusione, il sito potrebbe presentare nella sua totale estensione un sottosuolo con una elevata variabilità (senza considerare che alcune litologie, prima fra tutte la Calcarenite di Gravina o Tufi delle Murge possono avere anche al loro interno una estrema variabilità di caratteri) dato da: depositi alluvionali dei solchi torrentizi presenti e segnalati, Argille di Rutigliano, Calcarenite di Gravina o Tufi delle Murge, infine, Calcere di Bari. La cartografia geologica, le indagini in sito e il rilevamento non hanno permesso, in mancanza di una concreta possibilità di osservare *de visu* il terreno grazie a scavi, tagli stradali, affioramenti o saggi diretti, di definire con maggior precisione il sottosuolo nell'area di interesse; allo stesso modo la notevole variabilità dei terreni è bene evidenziare che è anche segnalata in zona dai dati in possesso dello scrivente nonché in quelli reperti dalla bibliografia scientifica e specialistica esistente.

In definitiva, si renderanno necessarie nelle successive fasi di progettazione tutta una serie di indagini soprattutto dirette (scavi, trincee e sondaggi profondi) per meglio caratterizzare il sottosuolo di fondazione per ogni sito di realizzazione degli edifici; solo in questo modo sarà possibile incrementare la bontà del modello geologico che, al momento attuale essendo una fase progettuale preliminare, non può essere meglio definito se non come è stato fin ora inquadrato e descritto.



Foto 1 - Sullo sfondo al centro dell'immagine si nota, pur non essendo molto ben visibile, una leggera depressione qual è l'impluvio menzionato.



Foto 2 - Vista di una porzione del sito in esame dove si osserva bene la sua uniformità e monotonia essendo una superficie pianeggiante o comunque a debolissima pendenza verso NE.

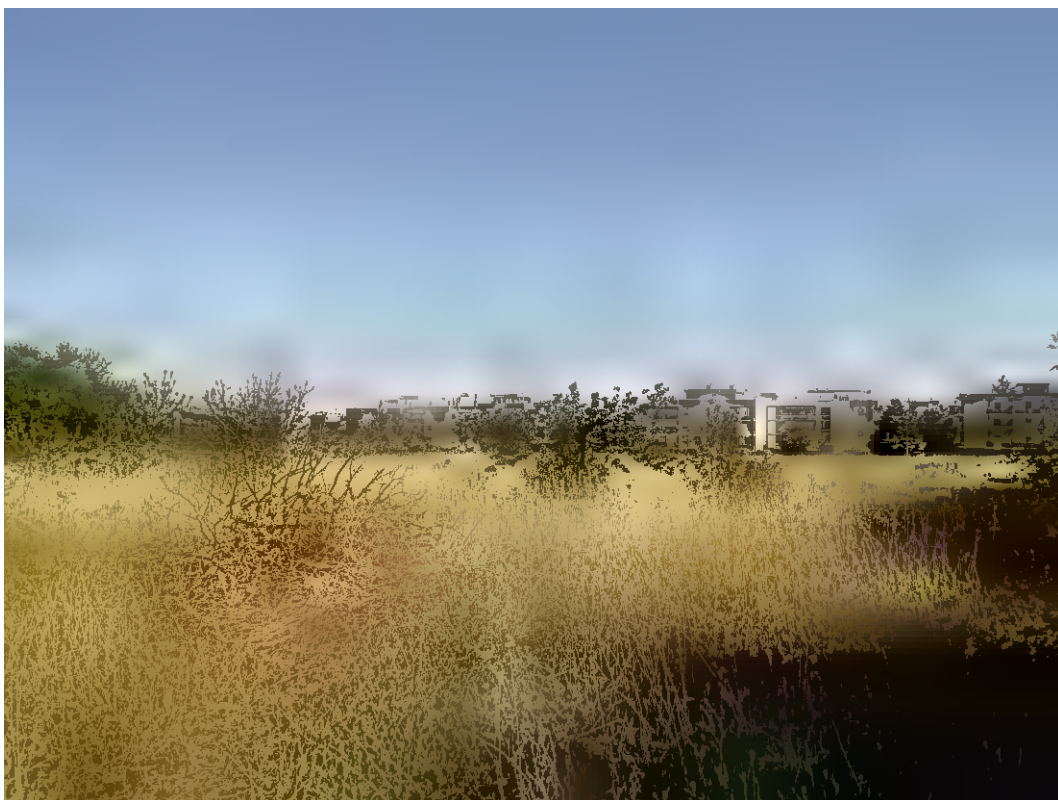


Foto 3 - Ulteriore vista di una porzione del sito in esame dove si osserva bene la sua uniformità e monotonia essendo una superficie pianeggiante o comunque a debolissima pendenza verso NE.



Foto 4 - Ulteriore vista della medesima porzione uniforme e monotona del sito in esame.

Piano di indagini

Considerando l'elevata e molto probabile variabilità dei terreni costituenti il sottosuolo nel sito in esame, appare doveroso redigere e consigliare un piano di indagine dettagliato da attuare per ogni singolo sito di intervento allorquando si approfondirà la progettazione passando alle fasi definitive ed esecutive.

- 1) Esecuzione per ogni edificio a realizzarsi, o comunque in maniera congrua con la loro estensione, di indagini sismiche per ricostruire il modello sismo-stratigrafico del volume significativo di sottosuolo e per determinare la categoria del suolo di fondazione in ottemperanza alle NTC 2018 e, infine, per calcolare i parametri elasto-dinamici del terreno. L'indagine dovrà essere svolta con la tecnica della rifrazione in onde P e in onde Sh, con almeno n. 24 geofoni a spaziatura intergeofonica variabile da 1,5 m a 3 m e con punti di battuta distanziati tra loro di un massimo di 8 m, e con la tecnica della M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Wave) sfruttando i medesimi stendimenti.
- 2) Esecuzione al di sotto delle impronte delle fondazioni degli edifici a realizzarsi di profili geo-elettrici (meglio ancora sarebbe realizzare una maglia di tali profili) attraverso la tecnica della tomografia e con almeno n. 32 elettrodi a spaziatura interelettrodica variabile da 1,5 m a 3 m; per tali indagini si dovranno adoperare in fase di acquisizione le configurazioni elettrodiche Wenner-Schlumberger, Dipolo-Dipolo ed eventualmente anche Polo-Dipolo per poi elaborarle in maniera combinata e ricostruire il modello elettro-stratigrafico del sottosuolo investigato. Le indagini geoelettriche serviranno per individuare anomalie nel sottosuolo e discriminare al meglio la natura dei terreni interessati.
- 3) Esecuzione di sondaggi diretti a carotaggio continuo in numero e distanza congrui con le dimensioni e l'estensione degli edifici a realizzarsi per avere un riscontro visivo diretto della natura dei terreni ed evitare eventuali difficoltà ad individuarli in maniera univoca e migliorare così la bontà del modello geologico e geologico-tecnico del sito in esame.
- 4) Esecuzione di opportune prove di laboratorio (in base alla natura dei terreni effettivamente riscontrati in sito e quindi da definire a valle dei sondaggi diretti a carotaggio continuo) per ottenere valori precisi di resistenza alla compressione, al taglio, alla trazione con determinazione delle proprietà indice e tali prove dovranno essere eseguite sia allo stato secco che allo stato saturo

Conclusioni

La presente “*Relazione geologica preliminare*”, corredata dall’analisi della vincolistica ambientale e dalla caratterizzazione del terreno di fondazione nel sito di intervento in ottemperanza alle NTC2018, è stata redatta dal sottoscritto Geologo Vito Pellegrini (C.F.: PLLVTI83H20F376H), iscritto all’Ordine dei Geologi della Regione Puglia con matr. n. 777 (P.IVA 07284740722) e con studio tecnico professionale a Polignano a Mare (BA) in Via V. Chiantera n. 41. L’oggetto dell’intervento è il Piano di Lottizzazione del Comparto n. 8 del vigente P.R.G. del Comune di Rutigliano (BA) al cui interno sono individuate le Zone C4 - 6, C4 - 7 (residenziali a bassissima densità edilizia) ed F2 - 38; il sito in esame è individuato nel territorio compreso tra la S.P. n. 240 delle grotte orientali, Via Pietro Nenni, Via Turi e Via Italia. Il progetto del Piano di lottizzazione ha, nello specifico, come obbiettivi sia la definizione urbanistica delle aree ricadenti nell’area del Comparto che il completamento della viabilità dei tratti di via Turi e di via Italia, confinanti appunto con il perimetro del Comparto.

Presa visione dei luoghi sono stati espletati i seguenti rilevamenti di campagna: 1) rilevamento geologico per riconoscere in sito la natura delle rocce affioranti e gli eventuali elementi tettonici che interessano il territorio circostante; 2) rilevamento geomorfologico per il riconoscimento in sito delle forme del paesaggio e della loro eventuale implicazione con l’intervento a realizzarsi; 3) studio idrogeologico dell’area a contorno del progetto e il riconoscimento di eventuali interferenze tra l’opera e la falda idrica o le acque superficiali; 4) indagini sismiche a rifrazione e MASW per la caratterizzazione del terreno di fondazione (infatti l’elaborato è stato redatto in ottemperanza alle NTC 2018); 5) analisi dei dati di campagna estrapolati dall’ampia bibliografia specialistica esistente per la zona in esame e il suo immediato intorno.

Dal punto di vista geologico il territorio esaminato presenta le seguenti caratteristiche: affioramento del Calcere di Bari, della Calcarenite di Gravina e, molto probabilmente, anche delle Argille di Rutigliano e di depositi alluvionali. Tale incertezza è segnalata anche in bibliografia e il sottoscritto ha a disposizione ulteriori dati su indagini eseguite in contesti analoghi che confermano tale ipotesi.

Per tale motivazione allorquando si passerà ad un livello più approfondito di progettazione sarà necessario eseguire una serie di indagini (geofisiche ma soprattutto dirette) per ottenere un modello geologico del sito quanto più aderente alla realtà e soddisfacente gli obiettivi ingegneristici da raggiungere; allo stesso modo sarà necessario eseguire una serie di prove di laboratorio per meglio caratterizzare i parametri geologico-tecnici e geotecnici del sottosuolo di fondazione.

Infine, si ribadisce che nel territorio sono presenti diversi impluvi, uno lambisce il confine E del nostro sito e risulta anche individuato sulla carta idrogeomorfologica della Regione Puglia, oltre che essere interessato dalla perimetrazione del PAI ed essere incluso tra le aree ad alta, media e bassa pericolosità idraulica; vi è anche la presenza di un ulteriore impluvio ormai del tutto obliterato e difficilmente osservabile in sito ma che si riscontra tanto nelle quote topografiche rilevate quanto nella cartografia geomorfologica “storica” del PUTT/P, inoltre, l’area indicata come “*Area a Standard F2*” ricalca grossomodo l’estensione della forma fluviale menzionata e non dovrà essere interessata dalla realizzazione di edifici e in generale di strutture.

In definitiva, non appaiono essere presenti per l’area investigata vincoli di natura ambientale che ne impediscano la realizzazione, mentre, appare doveroso ribadire l’importanza di mettere in atto una serie di indagini in sito e di prove di laboratorio adeguate e congrue con le opere a realizzarsi. Infine, in mancanza di opere di urbanizzazione si rimanda alla progettazione secondo il R.R. n. 26/2011 e s.m.i. per lo smaltimento delle acque reflue e al R.R. n. 26/2013 per lo smaltimento delle acque meteoriche delle quali si auspica un consono recupero.

Il presente elaborato e i dati contenuti non possono essere utilizzati per fini differenti da quelli qui indicati, ossia, per la caratterizzazione preliminare del sito.

Allegati fotografici dell'indagine sismica

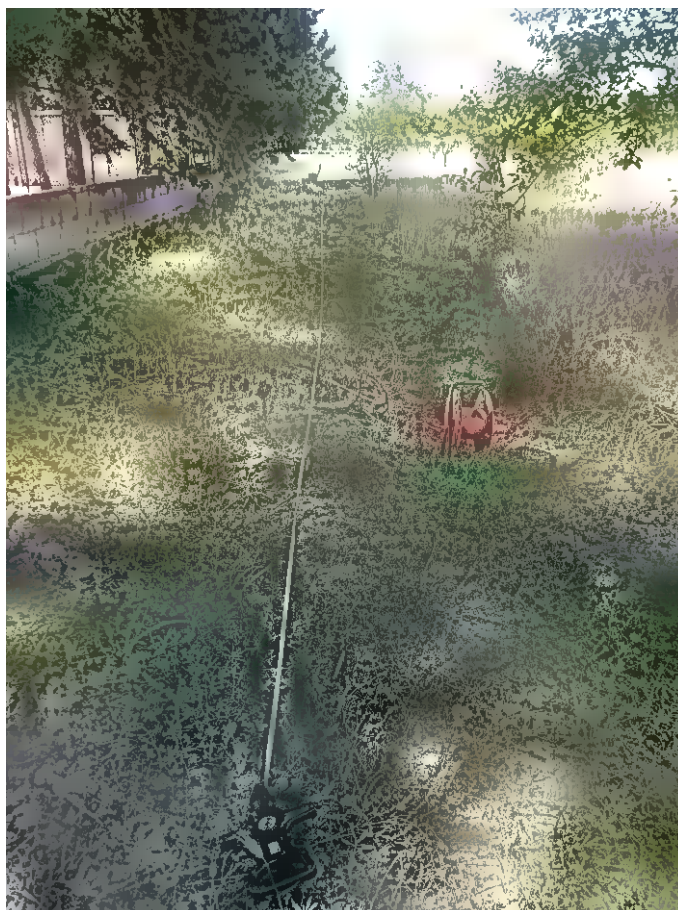




Foto 5, 6 e 7 - Indagine sismica eseguita in sito e relativa strumentazione utilizzata.

Allegati cartografici

- Inquadramento del sito su foto-aerea (fonte Google Earth Pro)
- Perimetrazioni del PAI in scala 1:25.000 (fonte WebGIS dell'AdB)
- Perimetrazioni del PAI in scala 1:10.000 (fonte WebGIS dell'AdB)
- Perimetrazioni del PAI in scala 1:5.000 (fonte WebGIS dell'AdB)
- Carta idrogeomorfologica in scala 1:25.000 (fonte WebGIS dell'AdB)
- Carta idrogeomorfologica in scala 1:10.000 (fonte WebGIS dell'AdB)
- Carta idrogeomorfologica in scala 1:5.000 (fonte WebGIS dell'AdB)
- Inquadramento del sito su PTA (da approvare, fonte SIT Puglia)
- Cartografia ufficiale dei pozzi per acqua potabile e irrigua (fonte ISPRA)
- Aree naturali e protette della Regione Puglia (fonte SIT Puglia)