

# Comune di Trepuzzi

Provincia di Lecce

PIANO URBANISTICO ESECUTIVO IN VARIANTE AL  
PUG AI SENSI DELL'ASRT. 12 COMMA 3 E-BIS L.R.  
20/2001 DELIBERA DI C.C. N° 20 DEL 28/07/2022  
– SUB COMPARTO C8 DE NIGRIS -

Relazione geologica e geomorfologica

Proponente: Geom. Luigi De Nigris

Il tecnico

Dott. Geol. Gianluca Selleri



Lecce, giugno 2024

## **1 Premessa**

Nella presente relazione geologica e geomorfologica sono riportati i risultati dello studio effettuato a corredo del PIANO URBANISTICO ESECUTIVO – Sub Comparto C8 De Nigris. Lo studio di che trattasi è stato condotto, secondo le disposizioni normative vigenti, al fine di verificare la compatibilità delle previsioni di progetto con le condizioni geologiche del territorio; il quadro normativo di riferimento sulla base del quale è stato svolto lo studio ed è stata redatta la presente relazione è rappresentato da:

- NTC 2018,
- D.M. 11/3/88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce; la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione",
- Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 - Norme in materia ambientale e ss.mm.ii.,
- D.P.R. 380/2001 e ss.mm.ii.,
- NTA del PAI, PPTR, PTA.

Lo studio è stato articolato in più fasi di ricerca. Inizialmente sono state consultate la bibliografia e la cartografia specialistiche disponibili per l'area in studio. Successivamente è stato eseguito un dettagliato rilevamento geologico, geomorfologico ed idrogeologico esteso ad un vasto territorio limitrofo al sito d'intervento e, in ultimo, sono state condotte le indagini strumentali.

## **2 Ubicazione e descrizione del sito di intervento**

Il sito di interesse è ubicato alla periferia Sud del tessuto urbano di Trepuzzi (Fig. 1) ed è delimitato:

- a Sud dalla grande area destinata dal PUG ad A.T.U. S-I.g.3 ovvero area destinata Servizi di interesse generale,
- a Ovest dal prolungamento di via Kennedy, ex SS 16 nel tratto Trepuzzi – Lecce,
- a Est dalla linea ferroviaria Lecce – Brindisi
- a Nord con altre proprietà private.

La particolare forma dell'area, la sua posizione all'interno del Comparto C8 del PUG operante, hanno reso possibile lo stralcio dell'area d'intervento rispetto al resto dell'intero Comparto. La proposta non altera in nessun modo gli indici di Piano, le destinazioni urbanistiche previste e tanto meno crea dei limiti o dei vincoli allo sviluppo futuro dell'intero comparto C8. Sono stati rispettati gli assi viari previsti nel PUG ad eccezione di una piccola rotazione dell'asse stradale d'inserimento. Che si è resa

necessaria per far rientrare totalmente l'intera fascia stradale all'interno della proprietà "De Nigris" poiché i proprietari confinanti ed interessati dalla fascia stradale non hanno dimostrato interessamento per intervento proposto.

Il sub-comparto così perimetrato è costituito da complessivi 13.680,46 mq che ricadono in zona "A.T.U. C3" con un indice di 0.2 mc /mq. L'area è individuata catastalmente dalle seguenti particelle:

Foglio	Particella	Superficie (mq)
31	1085	12.279,00
31	1086	194,00
31	1087	1.033,00
<b>TOTALE Superficie Catastale</b>		<b>13.506,00</b>

il comparto ricade a cavallo delle sezioni 512024 e 496143 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10000 mentre sulla Carta d'Italia in scala 1:25000 ricade sulla Tavoletta 204 II SO "Campi Salentina".



Fig. 2.1 – Inquadramento del sito su immagine satellitare

### **3 Lineamenti geologici**

Il sito di interesse ricade in una vasta area pianeggiante; qui la successione stratigrafica affiorante è rappresentata dal basso verso l'alto dalle seguenti unità (Fig. 3.1):

- Calcarea di Altamura (Cretaceo superiore) (sensu Ciaranfi et alii, 1988 e riferibili all'unità indicata dalla sigla C<sup>8-6</sup> sulla carta Geologica d'Italia)
- Calcareniti di Gravina (Pleistocene inferiore) (sensu Ciaranfi et alii, 1988 e riferibili all'unità indicata dalla sigla p<sup>3</sup> sulla carta Geologica d'Italia)
- Depositi marini terrazzati (Pleistocene medio e superiore) (sensu Ciaranfi et alii, 1988 e riferibili all'unità indicata dalla sigla Q<sup>1</sup>-P<sup>3</sup> sulla carta Geologica d'Italia)

I terreni riferibili alla Formazione del Calcarea di Altamura affiorano esternamente a sito e si rinvengono costantemente nel sottosuolo, ricoperti in trasgressione dalle unità più recenti.

La formazione è rappresentata nei limiti del territorio salentino da una successione irregolare e ben stratificata di calcari micritici di colore bianco, di norma con strutture a lamine organiche (stromatoliti) e sedimentarie, di calcari dolomitici e dolomie calcaree di colore grigiastro e subordinatamente di dolomie di colore nocciola o anche nerastro. Tale successione è esposta per alcune centinaia di metri ma di fatto è notevolmente più potente rappresentando la parte alta della successione carbonatica giurassico – cretacea che costituisce l'ossatura del substrato geologico regionale.

In seno alla successione, localmente, sono presenti dei sottili livelli di argille residuali e di breccie che marcano delle superfici di emersione ed erosione più o meno estese. Gli strati hanno una potenza compresa tra il decimetro ed il metro. I macrofossili sono rari; l'associazione microfossilifera è invece abbondante e rappresentata da prevalenti foraminiferi bentonici (*Accordiella conica*, *Murciella cuvillieri*, *Moncharmonia apenninica*, *Raadshowenia selentina*, *Raphydionina liburnica*), ostracodi e oftalmidi. Questa associazione fossilifera e l'assenza di detrito grossolano suggeriscono un ambiente di sedimentazione di bassa energia di piana intertidale con associate paludi algali (piattaforma carbonatica interna). Sulla base del contenuto paleontologico la successione può essere riferita al Campaniano (Bosellini & Parente, 1994). Il limite inferiore della unità non affiora; il limite superiore è inconforme, discordante con le unità più recenti.

L'unità sopra descritta corrisponde in parte al Calcarea di Melissano di Bosellini & Parente, 1994. Non esiste piena corrispondenza, inoltre, anche tra la denominazione utilizzata in questo lavoro e quella di Calcarea di Melissano proposta da Martinis (1969) e ripresa dagli autori della Carta Geologica d'Italia, con la quale è indicata la porzione

prevalentemente calcarea della successione carbonatica giurassico - cretacea affiorante sul territorio salentino.

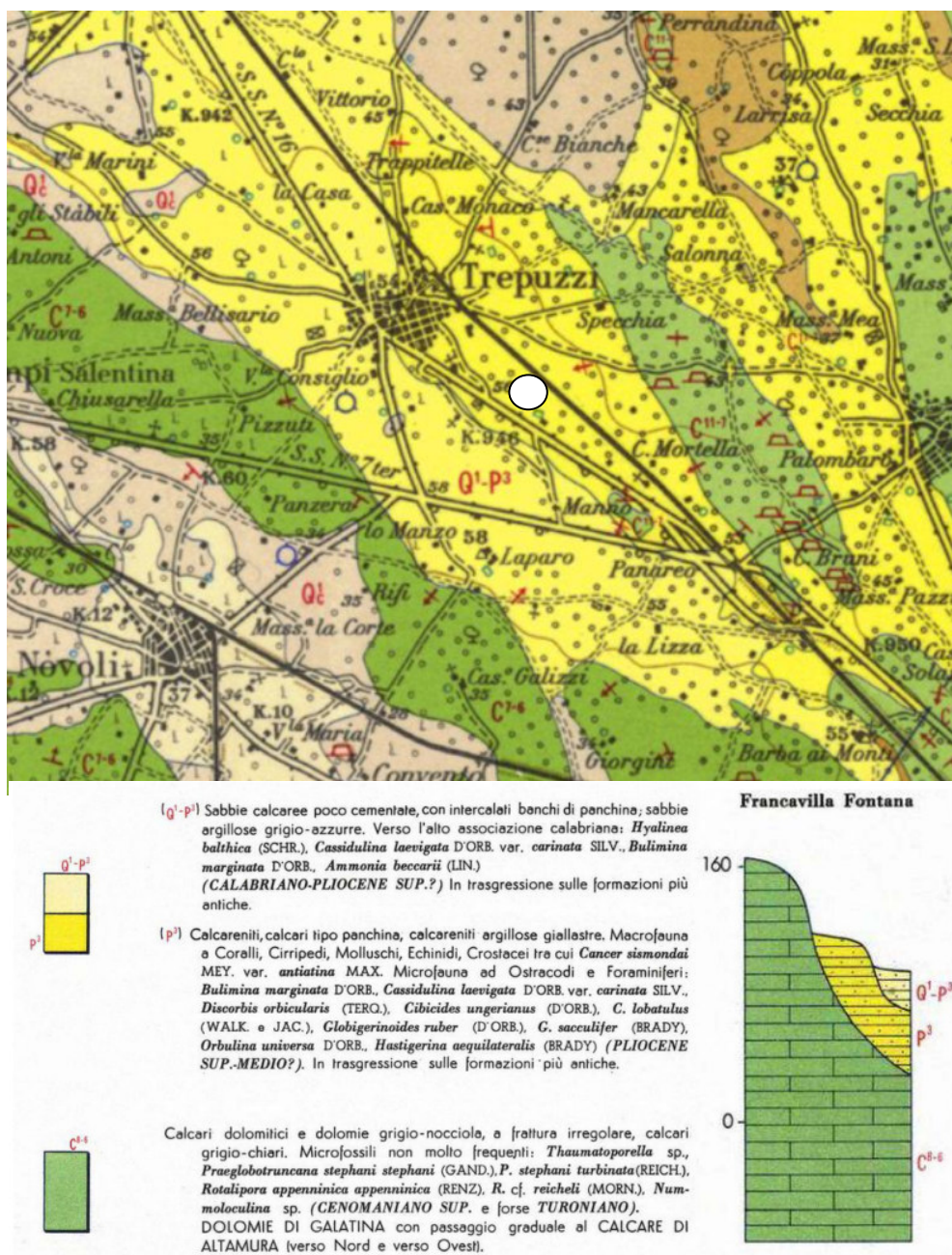


Fig. 3.1 – Stralcio della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100000 e schema dei rapporti stratigrafici (il cerchio bianco individua il sito di interesse)

I terreni riferibili alla Calcarenite di Gravina sono interposti tra i calcari cretacei ed i Depositi marini terrazzati ed affiorano in lembi più o meno estesi proprio nel settore in cui ricade il sito di interesse. L'unità è localmente rappresentata da calcari detritico-organogeni di colore bianco o giallastro, di granulometria variabile da arenitica

grossolana a siltitica, porosi, variamente cementati e a luoghi fossiliferi, cui si intercalano lenti e strati di sabbie siltose calcareo-marnose giallastre con abbondanti noduli diagenetici. Il contenuto macrofossilifero è abbondante e contraddistinto dalla presenza dei così detti "ospiti nordici" che ne permettono la chiara attribuzione, almeno nei limiti del territorio salentino, al Pleistocene inferiore. La potenza massima di questa unità può arrivare fino ad alcune decine di metri.

La denominazione di Calcarenite di Gravina, almeno nei limiti della penisola salentina corrisponde alla Calcarenite del Salento di Bossio et alii, 1987. Anche sulla Carta Geologica d'Italia è usata la denominazione di Calcarenite del Salento ma con riferimenti cronologici al Quaternario, al Calabriano e anche al Pliocene; tale denominazione, tuttavia, almeno nel suo significato originale non ha più ragione di essere utilizzata.

I litotipi riferibili ai Depositi marini terrazzati affiorano immediatamente ad ovest del sito. Si tratta di un complesso di più unità litostratigrafiche messo in posto successivamente al ciclo trasgressivo-regressivo della Fossa Bradanica (cui si riferiscono le sottostanti Calcareniti di Gravina) nel corso probabilmente di più ingressioni marine. La successione è rappresentata in basso da sabbie limoso-argillose verdastre, caratterizzate dalla presenza di abbondanti brachiopodi, passanti verso l'alto ad argille limoso sabbiose di colore grigiastro (per anni confuse con le Argille subappennine) su cui poggiano limi sabbiosi o sabbie limose carbonatiche terrigene cui si intercalano livelli calcarenitici e vere e proprie arenarie a cemento calcareo. La parte estesamente affiorante è quella alta limoso sabbiosa la cui frazione grossolana è rappresentata dalla associazione quarzo e mica bianca. La frazione carbonatica è costituita quasi esclusivamente da resti e gusci interi di ostreidi e di foraminiferi. Il contenuto paleontologico si caratterizza per la presenza di una fauna scarsa e poco differenziata; in particolare si può sottolineare l'assenza di *Hyalinea Balthica* che è invece molto diffusa nelle argille sottostanti (Salvatorini, 1969).

La sedimentazione è avvenuta probabilmente in un mare poco profondo ma comunque al di sotto della wave base. La parte sommitale dell'unità, più grossolana e cementata, potrebbe rappresentare la chiusura del ciclo e quindi corrispondere alla fase di regressione con graduale diminuzione di profondità del bacino fino alla completa emersione. Sulla Carta geologica d'Italia i Depositi marini terrazzati sono indicati sia come Formazione di Gallipoli che come Calcarenite del Salento ed attribuiti genericamente al Quaternario o al Calabriano. Tale suddivisione, nel quadro delle relativamente recenti nuove acquisizioni sulla stratigrafia della penisola salentina, non hanno più ragione di essere utilizzate quantomeno con il loro significato originale.

Con riferimento specifico al sito di interesse è stato accertato attraverso il rilevamento condotto in campo e da una stratigrafia di pozzo per acqua, di seguito allegata, reperibili presso la banca dati dell'Archivio indagini nel sottosuolo (Legge 464/84)<sup>1</sup> - banca dati dei sondaggi acquisiti ai sensi della Legge del 4 agosto 1984 n. 464 - che il substrato geologico è rappresentato dai terreni calcarenitici riferibili alla Calcarenite di Gravina e potenti circa 23 m.




 		<b>Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale</b>			
<b>Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)</b>					
<b>Dati generali</b>		<b>Ubicazione indicativa dell'area d'indagine</b>			
<b>Codice:</b> 208249 <b>Regione:</b> PUGLIA <b>Provincia:</b> LECCE <b>Comune:</b> LECCE <b>Tipologia:</b> PERFORAZIONE <b>Opera:</b> POZZO PER ACQUA <b>Profondità (m):</b> 90,00 <b>Quota pc sm (m):</b> ND <b>Anno realizzazione:</b> 1996 <b>Numero diametri:</b> 1 <b>Presenza acqua:</b> SI <b>Portata massima (l/s):</b> 12,000 <b>Portata esercizio (l/s):</b> ND <b>Numero falde:</b> 0 <b>Numero filtri:</b> 0 <b>Numero piezometrie:</b> 1 <b>Stratigrafia:</b> SI <b>Certificazione(*):</b> NO <b>Numero strati:</b> 4 <b>Longitudine WGS84 (dd):</b> 18,093739 <b>Latitudine WGS84 (dd):</b> 40,392619 <b>Longitudine WGS84 (dms):</b> 18° 05' 37.46" E <b>Latitudine WGS84 (dms):</b> 40° 23' 33.43" N  (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia					
<b>DIAMETRI PERFORAZIONE</b>					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	
1	0,00	90,00	90,00	400	
<b>MISURE PIEZOMETRICHE</b>					
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)	
apr/1996	55,00	55,00	0,00	12,000	
<b>STRATIGRAFIA</b>					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	2,50	2,50		TERRENO VEGETALE
2	2,50	26,00	23,50		CALCARENITI BIANCASTRE ORGANOGENE
3	26,00	51,00	25,00		CALCARE BIANCO POROSO CON ACQUA
4	51,00	90,00	39,00		CALCARE DOLOMITICO CARSLIFICATO CON FALDA ACQUIFERA

Fig. 3.2 – Scheda stratigrafica

<sup>1</sup> Con la Legge del 4 agosto 1984 n. 464 viene fatto obbligo di comunicare al Servizio Geologico d'Italia (ISPRA) le informazioni relative a studi o indagini nel sottosuolo nazionale realizzati per scopi di ricerca idrica o per opere di ingegneria civile. Tali informazioni riguardano in particolare le indagini spinte a profondità maggiori di 30 metri dal piano campagna e, nel caso delle gallerie, maggiori di 200 metri di lunghezza. I dati corrispondono alle informazioni dichiarate nelle comunicazioni senza alcuna aggiunta o contributo interpretativo in fase di informatizzazione

Nel dettaglio, nei limiti dell'area di interesse, le calcareniti sono ricoperte discontinuamente da pochi decimetri di sabbie limose rossastre di origine colluviale e frequentemente sono subaffioranti.

#### ***4 Idrogeologia e vulnerabilità degli acquiferi***

Gli studi di numerosi ricercatori, confermati dai risultati delle perforazioni dei pozzi per acqua effettuate su tutto il territorio pugliese da privati e da enti pubblici (Consorzi di Bonifica, Ente Irrigazione di Puglia e Basilicata, ecc.), hanno dimostrato l'esistenza di una potente falda di acqua dolce circolante nel basamento carbonatico-mesozoico, fratturato e carsificato, detta falda di base o profonda. Questa falda nella porzione peninsulare della Puglia ha una tipica conformazione forma a lente biconvessa e galleggia sulle acque più dense di intrusione marina che stabiliscono un collegamento idraulico sotterraneo tra il Mare Adriatico e il Mare Ionio.

La separazione tra l'acqua dolce e l'acqua salata è rappresentata da una zona di transizione il cui spessore cresce all'aumentare della distanza dalla costa. Lo spessore di questa zona, infatti, è dell'ordine di diverse decine di metri nei settori più interni della penisola e si riduce fino ad annullarsi in corrispondenza della costa.

La falda profonda è alimentata dalle acque di pioggia ricadenti sugli affioramenti delle rocce carbonatiche e dai deflussi sotterranei dovuti alle perdite degli acquiferi superficiali. Le acque della falda profonda si sversano nel Mar Ionio e nel Mar Adriatico in virtù di un gradiente idraulico diretto dall'interno verso la costa.

Al di sopra della falda profonda possono essere presenti delle falde superficiali contenute di norma nei depositi sabbiosi e sabbioso-argillosi del Pleistocene medio - superiore ed esclusivamente per la parte più meridionale della penisola, nei depositi marnoso - calcarei del Pliocene e del Miocene. Le caratteristiche di queste falde sono tuttora poco conosciute.

Per definire nel dettaglio i caratteri idrogeologici dell'area di interesse occorre prestare particolare attenzione al tipo di permeabilità e al coefficiente di permeabilità (K) delle rocce costituenti la locale serie geologica.

La permeabilità è la proprietà delle rocce di lasciarsi attraversare dall'acqua per effetto di un carico idraulico in condizioni normali di temperatura e pressione. In letteratura si distinguono tradizionalmente i seguenti tipi di permeabilità:

- per porosità,
- per fessurazione,
- per carsismo.



L'ultimo tipo è considerato da diversi autori derivazione diretta del secondo. Questi tipi fondamentali di permeabilità sussistono spesso in associazione. I mezzi rocciosi in cui prevalgono il secondo ed il terzo tipo sono detti permeabili in grande, mentre quelli permeabili per porosità sono detti permeabili in piccolo.

Il coefficiente di permeabilità (K) è la costante di proporzionalità che lega la velocità di filtrazione al gradiente idraulico nella Legge di Darcy. K si determina in laboratorio o, meglio, in situ per le terre ed esclusivamente in situ per le rocce litoidi attraverso la realizzazione di pozzi o pozzetti superficiali.

Sulla base di queste indicazioni e dei caratteri delle diverse unità affioranti nell'area di studio si può affermare che le rocce del Cretaceo rappresentano una unità permeabile esclusivamente per fessurazione e per carsismo; i livelli dei Depositi marini terrazzati stratigraficamente più bassi, in ragione di un graduale arricchimento nella frazione limoso-argillosa, sono praticamente impermeabili.

Alla successione cretacea, stratificata e fratturata può essere attribuito un valore medio di K pari a  $10^{-3}$  m/s (o anche inferiore per la parte satura). Ai Depositi marini terrazzati si può attribuire nel complesso un valore di K relativamente modesto, anche inferiore a  $10^{-7}$  m/s nella parte stratigraficamente bassa che risulta difatti impermeabile.

Sulla base di quanto scritto, in seno alla successione litostratigrafica che caratterizza l'area rilevata possono essere distinti quindi due acquiferi sovrapposti, uno profondo ed uno superficiale, separati da un aquiclud. Nel presente lavoro questi sono denominati rispettivamente:

- acquifero profondo: corrisponde alla successione di rocce calcaree de Cretaceo inferiore e del Pleistocene inferiore. È permeabile prevalentemente per fessurazione e carsismo. In genere è molto permeabile anche se, localmente, in ragione della variabilità del grado di fratturazione dell'ammasso roccioso, può essere caratterizzato dalla presenza di modesti volumi impermeabili. Ospita la falda di base che circola generalmente in condizioni freatiche.
- acquifero superficiale: corrisponde alla parte alta dei Depositi marini terrazzati. È permeabile esclusivamente per porosità; ospita una falda superficiale il cui campo di esistenza è limitato all'area di affioramento di questa unità. La sua presenza non è riportata sul PTA; si tratta, infatti, di un livello idrico alquanto discontinuo e di scarsa produttività la cui piezometrica si attesta a qualche metro di profondità al di sotto del p.c..

Le modalità di deflusso di questa falda dipendono esclusivamente dalla geometria del substrato impermeabile che la sostiene. In generale, comunque, la mobilità

delle acque è bassa ed i tempi di rinnovamento delle stesse sono elevati. Le portate estraibili dai singoli pozzi sono generalmente modeste e comunque di norma inferiori a 0,5 l/s. I valori di salinità sono variabili ma comunque in generale bassi e dipendono esclusivamente dai tempi di contatto tra l'acqua ed il substrato argilloso.



Fig. 4.1 - Isofreatiche della falda profonda - Stralcio del PTA 1° ciclo

Con riferimento specifico al sito di interesse si rileva che esso è interessato dalla presenza della sola falda profonda; qui la piezometrica di detta falda si attesta a 2.5 m slm e dunque a oltre 50 m di profondità rispetto al p.c..

Noto il carico piezometrico, utilizzando la relazione di Ghiben - Herzberg per la quale è dimostrato che:

$$h = df / (dm - df) * t$$

dove:

- h è la profondità dell'interfaccia acqua dolce - acqua salata dal livello del mare;
- dm è la densità dell'acqua del mare pari a 1,028 g/cm<sup>3</sup>;
- df è la densità delle acque dolci di falda pari a 1,0028 g/cm<sup>3</sup>;
- t è la quota piezometrica pari in questo settore a 2.5 metri

è possibile calcolare lo spessore della falda.

Semplificando la relazione si ricava che il valore cercato corrisponde a circa 40 volte t e quindi è pari a circa 100 m.

Per quanto attiene alla valutazione della vulnerabilità di questa risorsa idrica bisogna considerare la compatibilità dell'intervento di progetto in funzione della tutela della risorsa idrica sotterranea. In generale i fattori più importanti, naturali o idrogeologici, di protezione delle falde dall'inquinamento riguardano:

- i parametri idraulici del sistema acquifero, ossia le caratteristiche litologiche e di permeabilità dei terreni di copertura che influenzano la velocità di percolazione dell'inquinante e l'azione di attenuazione (autodepurazione) da parte dei terreni attraversati;
- la soggiacenza (spessore dell'insaturo) della superficie piezometrica per gli acquiferi non confinati;
- la posizione della superficie piezometrica.

Questi elementi determinano la vulnerabilità intrinseca (o naturale) dell'acquifero all'inquinamento. Alla luce di ciò, la vulnerabilità dell'acquifero non è altro che la facilità o meno per un inquinante di introdursi, propagarsi e perdurare in un determinato acquifero. Bisogna, inoltre, aggiungere che la vulnerabilità intrinseca degli acquiferi è collegata ad almeno tre fattori che sono tra loro intimamente connessi (Civita, 1990):

- il tempo di transito impiegato dall'acqua o dall'inquinante per attraversare l'insaturo e raggiungere la superficie piezometrica dell'acquifero;
- il deflusso sotterraneo;
- la capacità di attenuazione dell'impatto degli inquinanti sul sistema acquifero.

Questi tre fattori dipendono, a loro volta, da tutta una serie di casi che rendono ogni situazione idrogeologica e antropica differente l'una dall'altra. Ecco perché la valutazione della vulnerabilità dell'acquifero richiede una conoscenza approfondita e articolata di tutta una serie di dati provenienti dall'area studiata.

Con la relazione di Darcy, è possibile calcolare la velocità di un inquinante che si sposta nel non saturo, oppure il tempo impiegato dallo stesso per raggiungere la superficie della falda. Sebbene questa relazione risulti poco adatta, il suo utilizzo consente di ottenere valori approssimati ragionevolmente attendibili. Essendo  $b$  lo spessore del terreno non saturo,  $k$  il coefficiente di permeabilità,  $i$  il gradiente idraulico,  $n$  la porosità efficace, si può calcolare  $t$ , tempo necessario perché la sostanza inquinante possa raggiungere la superficie della falda attraverso la relazione:

$$t = b/(ki/n)$$

Per maggiore sicurezza il terreno viene considerato in condizioni di saturazione e con  $i = 1$  (le traiettorie delle particelle sono subverticali).

Un'altra espressione molto simile alla precedente utilizza il tempo impiegato dalle acque contaminate per raggiungere la superficie della falda (tempo di transito) per stabilire la vulnerabilità. Partendo dalla conoscenza della velocità di percolazione per differenti litotipi  $v$  (con dati sperimentali e di letteratura:  $K = 10^{-1} \div 10^{-2}$  cm/sec per i calcari e  $K = 10^{-3} \div 10^{-4}$  cm/sec per i livelli calcarenitici) e dallo spessore  $b$  del mezzo non saturo, si ricava:

$$t = b/v$$

DE LUCA D.A. e VERGA G., seguendo tale metodologia hanno distinto 6 classi, a vulnerabilità verticale crescente, in base al tempo teorico di arrivo in falda di un eventuale inquinante.

<b>TEMPO DI ARRIVO</b>	<b>VULNERABILITA' VERTICALE</b>
> 20 anni	Molto bassa
20 – 10 anni	Bassa
10 – 1 anno	Media
1 anno – 1 settimana	Alta
1 settimana – 24 ore	Elevata
< 24 ore	Molto elevata

Tab. 1 – Classi di vulnerabilità in base al tempo di arrivo in falda.

Il tempo di arrivo ( $T_a$ ) può essere calcolato come rapporto tra i valori di soggiacenza ( $S$ ) e di velocità d'infiltrazione ( $V_i$ ):

Ipotizzando condizioni molto negative, se si considera completamente saturo (gradiente idraulico = 1) il terreno tra la superficie del suolo e la falda, la velocità di infiltrazione può essere assunta pari al coefficiente di permeabilità.

Con riferimento specifico al sito di intervento si rileva che il franco roccioso è costituito dalle calcareniti pleistoceniche spesse circa 23 m e dai calcari del Cretaceo. Rispetto al piano campagna applicando le formule precedentemente indicate risulta che il tempo di arrivo ( $T_a$ ) nella falda superficiale di un eventuale inquinante è dell'ordine di alcuni giorni quindi la vulnerabilità della falda profonda è elevata.

E' opportuno far presente tuttavia che la realizzazione dell'intervento di progetto non comporta attività e contesti che espongono l'acquifero a particolari criticità

## **5 Caratteri geomorfologici ed idrografici**

Il sito di intervento ricade in un settore caratterizzato da un paesaggio fisico poco articolato altimetricamente, con quote oscillanti tra 51 m e 54 m.

Questo territorio è contraddistinto dalla presenza diffusa di aree debolmente depresse. Data la natura del substrato geologico non è corretto descrivere queste depressioni come vere e proprie doline (queste non hanno in realtà neanche un ciglio ben definito) ma esse possono essere denominate più correttamente "conche alluvionali"; qui, durante gli eventi meteorici eccezionali possono raccogliersi e ristagnare le acque di pioggia. Per effetto di questo fenomeno all'interno di queste aree depresse è presente una coltre di terreni di alterazione (in parte anche di origine colluviale) più spesso rispetto alle aree esterne.

Dalla consultazione della Carta Idrogeomorfologica redatta dall'ex AdB Puglia emerge che non sono presenti in questo settore forme o elementi geomorfologici o idrologici oggetto di tutela o che possono rappresentare un pregiudizio o un vincolo per la realizzazione dell'intervento proposto (Tavola 1).

Allo scopo di approfondire tale aspetto e con l'obiettivo di avere un quadro dell'assetto geomorfologico-idraulico più aderente alla realtà del territorio rispetto a quanto riportato sulla carta Idrogeomorfologica e sulla CTR, si è provveduto ad estrarre dal DTM Puglia con pixel 8 x 8 m attraverso il software **SAGA GIS** facente parte del pacchetto QGIS ed attraverso il toolbox Topo di **MATLAB** le linee di impluvio.

Per l'estrazione delle linee di impluvio attraverso SAGA è stato applicato il modulo Channel network and drainage basins su un DTM elaborato ottenendo sottraendo al DTM Puglia le aree chiuse utilizzando il modulo di calcolo Fill sinks. Questo modulo sfrutta l'algoritmo proposto da Wang & Liu (2006) per identificare e riempire le depressioni superficiali nei DEM. La sottrazione delle depressioni topografiche simula la condizione di estesa formazione di ristagni superficiali e l'instaurarsi di un flusso idrico continuo verso il recapito finale. Il modulo di calcolo non riempie solo le depressioni ma può anche preservare una pendenza verso il basso lungo il percorso del flusso. Nel caso specifico è stata sfruttata tale opportunità preservando un gradiente di pendenza minimo. Sul raster di output di tale modulo è stato poi applicato il modulo Channel network and drainage basins per l'estrazione degli impluvi e del loro assetto gerarchico.

Topotoolbox di MATLAB fornisce un insieme di funzioni per analisi geomorfologiche e idrologiche in ambiente non GIS. Esso opera su DTM tramite classi di funzioni applicate in successione, che estraggono diverse informazioni.

Tramite la funzione GRIDObj, il DTM è stato inizializzato come matrice in MATLAB, ovvero come variabile su cui operare con Topotoolbox. Applicando la funzione flowacc(FD), algoritmo della classe FLOWObj, sono stati identificati i bacini di deflusso, quindi con STREAMObj è stato individuato il reticolo idrografico, impostando la soglia, ovvero il valore oltre il quale il flusso diventa canalizzato, pari a N pixel. L'algoritmo applicato è il seguente:

```
DEM = GRIDObj('dtm unito.tif');
FD = FLOWObj(DEM);
A = flowacc(FD);
S1 = STREAMObj(FD,A>N);
figure('Name','N')
imageschs(DEM,[],'colormap',[1 1 1],'colorbar',false)
hold on
plot(S1,'b')
S_500 = STREAMObj2GRIDObj(S1)
GRIDObj2geotiff(S_N,'S_N')
```

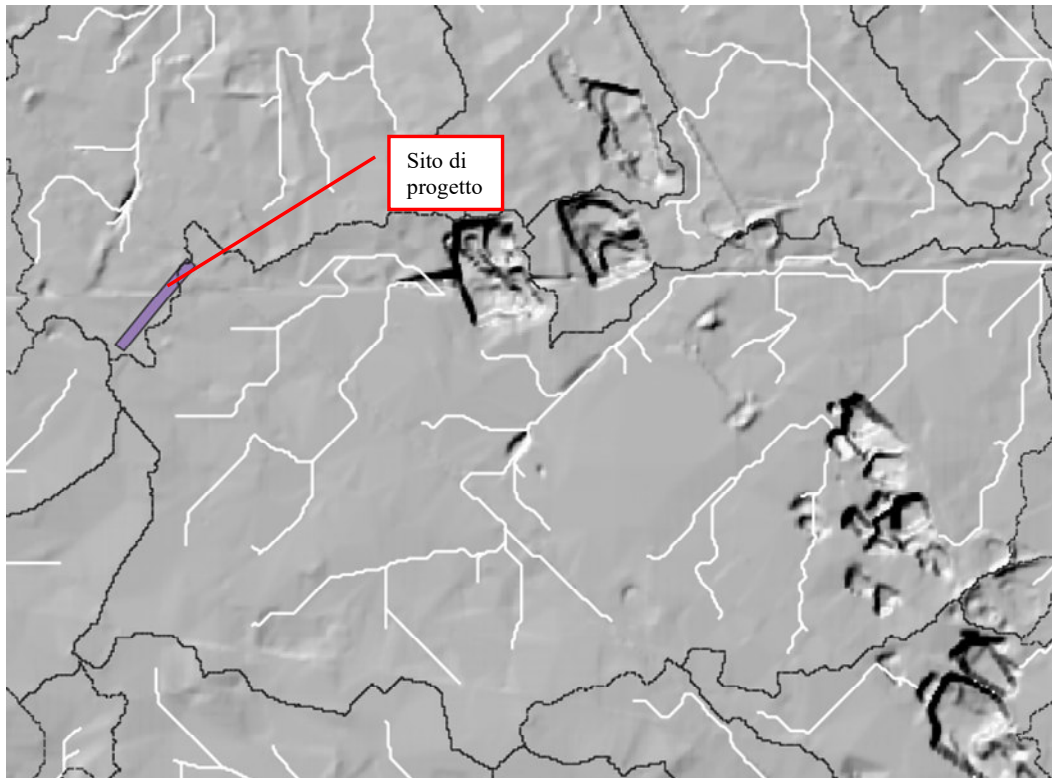
Infine, il reticolo ottenuto è stato esportato come geotiff per la gestione in ambiente GIS.

I 2 modelli realizzati sono praticamente equivalenti al netto di minime differenze e sono stati utilizzati per implementare e raffittire la rete idrografica cartografata dall'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale, consultabile al link: <http://wms.distrettoappenninomeridionale.it/geoserver/RETICOLO/wms?service=WMS>

Come considerazioni generali rispetto a tali elaborazioni si riporta che:

- l'organizzazione della rete idrografica nel settore in cui ricade il sito di interesse è estremamente semplice;
- tutti i reticoli hanno deflusso endoreico;
- le strade sono gli elementi antropici che maggiormente condizionano il deflusso superficiale;
- il bacino in cui ricade il sito di progetto è una piccola porzione di territorio con deflusso verso il quadrante NE;
- il sito di progetto non è direttamente attraversato da linee di impluvio.

Si rileva in ultimo che il bacino in cui ricade il sito di progetto ha come recapito un'area depressa posta ai margini dell'abitato di Trepuzzi.



*Fig. 5.1 – Rete idrografica estratta dal DTM Puglia e limiti dei bacini scolanti (su base cartografica modello altimetrico)*



*Fig. 5.2 – Rete idrografica estratta dal DTM Puglia (su base cartografica Ortofoto puglia 2019)*

## **6 Dinamica geomorfologica**

La dinamica geomorfologia è contraddistinta da bassissime velocità di evoluzione dei processi morfogenetici. La pericolosità del territorio è determinata esclusivamente dal fenomeno dell'accumulo delle acque meteoriche nelle aree più depresse.

## **7 Interferenze di carattere idraulico e pericolosità idraulica**

### 7.1 Premessa

Le interferenze di carattere idraulico possono essere valutate sotto l'aspetto del rischio idraulico e idrogeologico, cioè con riferimento alle conseguenze prodotte da eventi meteorologici che causano un aumento critico dell'acqua lungo gli impluvi, valutando dunque l'esposizione delle opere di progetto a tali eventi e l'effetto che esse potrebbero avere sullo sviluppo di questi eventi e sugli effetti da essi prodotti.

Le interferenze possono anche essere valutate tuttavia a prescindere dalle condizioni di rischio e cioè a prescindere dalla presenza nei corsi d'acqua di livelli idrici critici, studiando semplicemente gli effetti che esse producono sul deflusso ordinario.

### 7.2 Rischio Idraulico

La valutazione del rischio idraulico non può prescindere dalla consultazione dei Piani operativi specificatamente previsti dalle norme vigenti per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni e quindi dalla consultazione del PGRA e del PAI.

Il Piano di Gestione Rischio di Alluvioni del Distretto idrografico Appennino Meridionale PGRA DAM è stato adottato, ai sensi dell'art. 66 del d.lgs. 152/2006, con Delibera n° 1 del Comitato Istituzionale Integrato del 17 dicembre 2015, è stato approvato dal Comitato Istituzionale Integrato in data 3 marzo 2016. Con l'emanazione del DPCM in data 27/10/2016 si è concluso il I ciclo di Gestione e con Delibera n.2 della Conferenza istituzionale permanente del 20 dicembre 2021 è stato adottato, ai sensi degli artt. 65 e 66 del D.Lgs. 152/2006, il primo aggiornamento del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale (2021-2027) – II Ciclo di gestione- di cui all'art. 7 della Direttiva 2007/60/CE e all'art. 7 del D.Lgs. 49/2010, predisposto al fine degli adempimenti previsti dal comma 3 dell'art. 14, della Direttiva medesima.

Il PAI, con la finalità della salvaguardia dei corsi d'acqua, della limitazione del rischio idraulico e per consentire il libero deflusso delle acque, individua il reticolo idrografico regionale nonché l'insieme degli alvei fluviali in modellamento attivo e le aree golenali.



In tutte queste aree è consentito lo svolgimento di attività che non comportano alterazioni morfologiche o funzionali né un apprezzabile pericolo per l'ambiente e le persone.

Tali attività sono definite all'articolo 6 delle NTA che comunque prescrivono, in funzione della valutazione del rischio associato alla realizzazione di piani e progetti, la redazione di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica che analizzi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area di intervento. Quando il reticolo idrografico e l'alveo in modellamento attivo e le aree golenali non sono arealmente individuate nella cartografia allegata al PAI e le condizioni morfologiche non ne consentano la loro individuazione, tali prescrizioni si applicano alla porzione di terreno a distanza planimetrica, sia in destra che in sinistra, dall'asse del corso d'acqua, non inferiore a 75 m cui si aggiunge una striscia di ulteriori 75 m di ampiezza qualora la "fascia di pertinenza fluviale" (di cui all'articolo 10 delle NTA) non è arealmente individuata nelle cartografie del PAI.

Analogamente il PAI riconosce e cartografa aree ad alta probabilità di inondazione, a media probabilità di inondazione ed a bassa probabilità di inondazione, individuando gli interventi consentiti nel loro perimetro (Artt. 7, 8 e 9 delle NTA). Per tutti gli interventi consentiti è comunque richiesta, in funzione della valutazione del rischio ad associato alla loro realizzazione, la redazione di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica che analizzi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata.

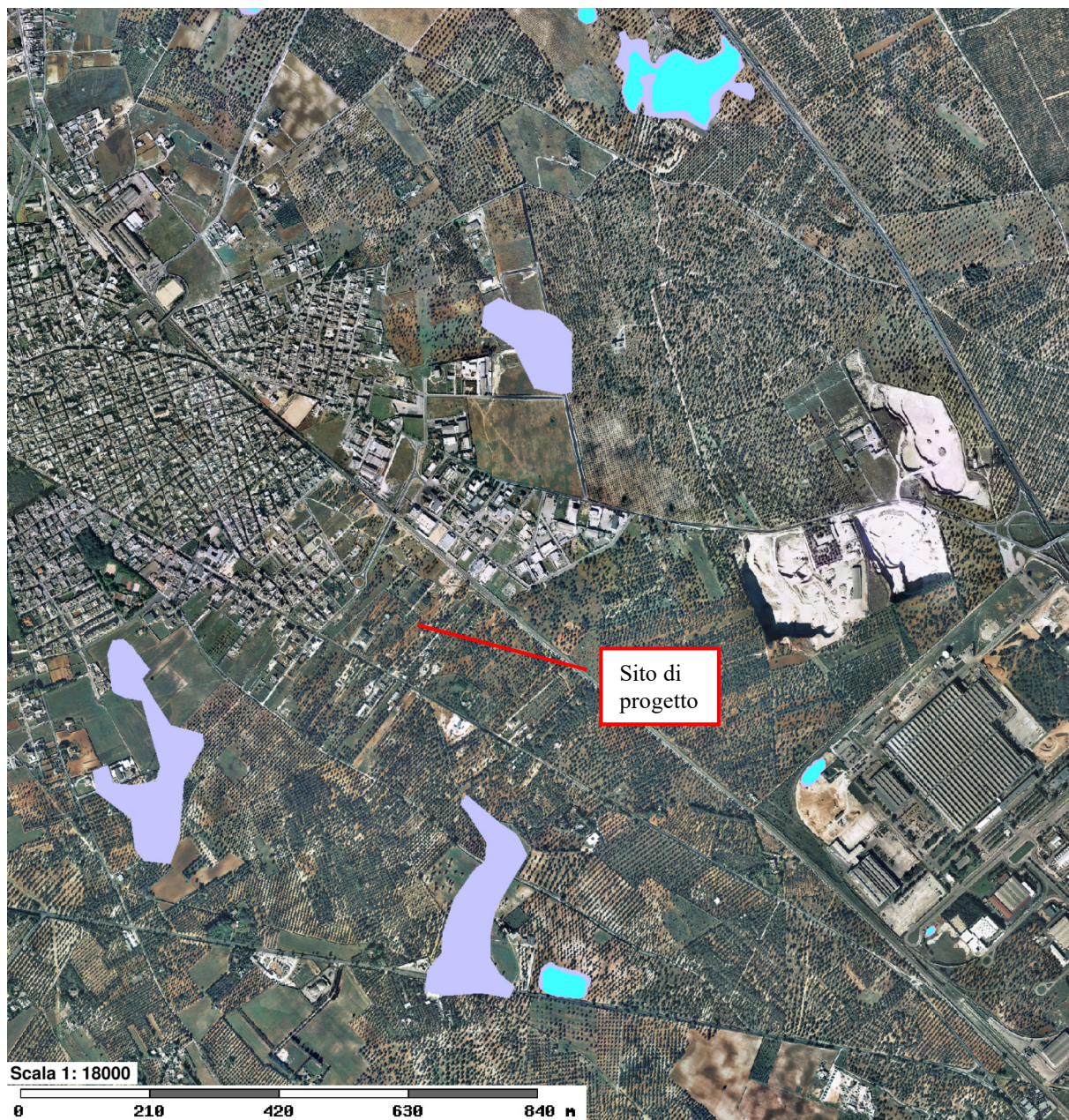
Il PAI cartografa anche le aree a pericolosità geomorfologica media e moderata - PG1, elevata - PG2 e molto elevata - PG3, individuando gli interventi consentiti nel loro perimetro (Artt. 12, 13, 14 e 15 delle NTA). Per tutti gli interventi consentiti è comunque richiesta, in funzione della valutazione del rischio ad associato alla loro realizzazione, la redazione di uno studio di compatibilità geologica e geotecnica che ne analizzi compiutamente gli effetti sulla stabilità dell'area interessata.

Con riferimento al caso di studio, dalla sovrapposizione del perimetro del sito di progetto con PAI e reticolo idrografico cartografato dalla Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale emerge che:

- a) il sito è esterno alle perimetrazioni di pericolosità idraulica,
- b) il sito è localizzato al di fuori dell'area buffer di 150 m dagli alvei fluviali del reticolo idrografico regionale.

In ragione di tale evidenza si osserva che il sito di progetto ricade in territori che si trovano in condizioni di sicurezza idraulica (Fig. 4.2.1).

Ai fini autorizzativi del progetto, dunque, non è necessario redigere uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica che analizzi gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle delle aree di intervento da sottoporre a parere vincolante della Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.



#### **Pericolosità e Rischio**

- Peric. Idraulica AP
- Peric. Idraulica MP
- Peric. Idraulica BP

*Fig. 7.2.1 – Stralcio del PAI – pericolosità idraulica*

### 7.3 Interferenza sul deflusso ordinario

La valutazione delle interferenze sul regime idrico ordinario è propriamente l'oggetto del presente paragrafo.

In merito a questo aspetto si osserva che il modello di deflusso superficiale estratto dal DTM Puglia evidenzia che il sito di progetto non è attraversato da alcuna linea di impluvio, pertanto, la realizzazione di quanto in progetto non avrà alcun effetto sulla geometria ed organizzazione delle linee di deflusso.

Si rileva inoltre che le acque piovane incidenti sulla strada di nuova realizzazione, saranno canalizzate e convogliate presso una vasca di raccolta ubicata all'interno del lotto perequativo, dove esse verranno trattate, stoccate e utilizzate ai fini irrigui del verde pubblico. L'eventuale eccesso di acqua piovana sarà canalizzato verso un sistema di dispersione nel primo sottosuolo. Per limitare l'estensione delle superfici impermeabilizzate inoltre la progettazione è stata sviluppata in conformità alle linee guida della "città giardino" e pertanto l'unica strada di inserimento ai lotti è realizzata in asfalto drenante con alberature, marciapiedi e pista ciclabile, e in particolare è caratterizzata da un'occupazione del suolo "puntiforme" per favorire l'ampiezza dei giardini privati e dei grandi spazi verdi.

In ragione di tutto quanto sopra evidenziato si può ritenere che la realizzazione di quanto previsto in progetto avrà un impatto irrilevante sul deflusso ordinario delle acque meteoriche.

### **8 Pericolosità geomorfologica**

Il PAI individua insieme alle aree a pericolosità idraulica anche quelle a pericolosità geomorfologica. La valutazione di questo aspetto del rischio idrogeologico è legata a possibili fenomeni di instabilità del territorio e si basa sulla combinazione di analisi di previsione dell'occorrenza di tali fenomeni, in termini spaziali e temporali, e di previsione della loro tipologia, intensità e tendenza evolutiva. La pericolosità geomorfologica viene distinta in tre classi: PG1, PG2 e PG3, che corrispondono a gradi crescenti di pericolosità geomorfologica. In particolare, il valore PG3 corrisponde alle aree ad alta pericolosità geomorfologica, già coinvolte da fenomeni di dissesto.

In tutte queste aree trovano applicazione gli articoli 11, 12, 13, 14 e 15 delle NTA del PAI che definiscono, tra l'altro, gli interventi consentiti per i quali è comunque richiesta, in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità geologica e geotecnica che analizzi compiutamente gli effetti sulla stabilità dell'area interessata

Tanto premesso, con riferimento specifico al sito di progetto, si rileva che esso non ricade in aree perimetrate nel PAI a pericolosità geomorfologica (fig. 8.1).



### Pericolosità e Rischio

#### Peric. Geomorf.

media e moderata (PG1)

elevata (PG3)

elevata (PG2)

*Fig. 8.1 – Stralcio del PAI – pericolosità geomorfologica*

## **9 Sismicità**

L'area di studio, come del resto l'intera Penisola Salentina, pur non essendo interessata da sismi di forte intensità, presenta degli interrogativi di indubbia importanza circa la probabile presenza nel suo ambito di zone sismiche attive, anche se storicamente non sono noti eventi sismici con epicentro nel territorio salentino. E' opinione comune che la pericolosità sismica del territorio salentino sia esclusivamente legata al risentimento di effetti sismici prodotti da terremoti generati in prossimità delle prospicienti coste balcaniche o delle isole greche ioniche. Tale opinione è supportata dal fatto che il Salento è l'area più prossima al margine balcanico della placca adriatica, sede di intensi stress tettonici testimoniati dagli elevati tassi di sismicità e che la natura strutturale della placca adriatica permette la trasmissione delle onde sismiche generate da tale sismicità con elevata efficienza. Dal punto di vista della sismicità storica l'unico evento sismico con conseguenze nefaste che ha interessato il territorio salentino è il terremoto del 20/02/1743 che provocò numerose vittime ed ingenti danni in numerosi centri della provincia, in particolare nell'area di Nardò. Allo stato attuale delle conoscenze la pericolosità sismica del Salento appare associata al risentimento dei terremoti di area greco-albanese. Sulla base dei criteri generali adottati per la classificazione sismica del territorio nazionale di cui all'Ordinanza PCM 3274 del 20.03.2003 tutti i comuni della provincia di Lecce appartengono alla zona 4 per la quale non esiste l'obbligo per la progettazione antisismica.

## **10 Indagini strumentali e profilo della Vs**

Per la caratterizzazione litotecnica preliminare dei terreni affioranti nel perimetro della lottizzazione si è proceduto all'esecuzione di un sondaggio MASW (necessario anche per la determinazione della categoria di suolo ai sensi della normativa vigente) denominato MASW1.

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine geofisica non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs. Il metodo sfrutta il fenomeno della dispersione delle onde di superficie (Reyleigh e Love); queste vengono registrate durante la loro propagazione lungo lo stendimento di geofoni e sono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno. La teoria del metodo parte dalla considerazione che nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella

forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione. Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere sfruttata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali ed in particolare per la costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ). Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare una proprietà critica per molti studi geotecnici: la rigidità superficiale. L'intero processo di indagine comprende tre passi successivi: l'acquisizione delle onde superficiali, la costruzione di una curva di dispersione (sul grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza), l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$ . Per ottenere un profilo  $V_s$  bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore mentre l'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente.

L'indagine MASW è stata realizzata con un sismografo multicanale digitale modulare DOREMI della SARA ELECTRONICS INSTRUMENTS a 24 bit avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- No. of Bits 24 (144dB dynamic range)
- A/D Converter Type: SAR SIGMA DELTA
- Converter Input Span: 5 V
- S/N Ratio @ 500 SPS 140 dB
- S/N Ratio @ 5000 SPS 130 dB
- S/N Ratio @ 20000 SPS 105 dB
- Input Type: Unipolar Differential
- Input Impedance: 20 k $\Omega$
- Common Mode Rejection: > 80 dB
- Low Pass Filter: DC-400 Hz
- Filtri (IIR o 0 Phase): Low pass, High pass, notch and customizable
- Low pass, High pass, notch and customizable
- Max Sampling Lag Between Ch.: <30 ppm
- Max Error Between Trigger Ch.: < 0.2 us
- Ch. Memory: 128000 bytes
- Maximum Samples: 40000

- Sampling Rates: 200 Hz to 20000 Hz
- Maximum Connectable Channels: 255
- Power Consumption:  $\approx$  0.3 W per Ch.
- Instrument Chain Max Length: 1000 m
- Memory Status (OK / Vdc)
- Baud Rate: 115200/230400, N, 8,1

Ogni canale di tale strumentazione è di per sé un piccolo sismografo ed è collegato in una microrete facile da trasportare; i vari canali, insieme, costituiscono un sistema completamente modulare che può funzionare permettendo di utilizzare anche solo i canali effettivamente necessari.

Con questa strumentazione la digitalizzazione del segnale è vicinissima al geofono, pertanto, in questo modo è abbattuta la quasi totalità dei disturbi, specialmente quelli elettromagnetici. La trasmissione in digitale inoltre elimina il problema della perdita di dati e il crosstalk non si verifica lungo il cavo. In campo sono stati utilizzati geofoni verticali da 4.5Hz ad alto guadagno.

L'indagine MASW è stata realizzata con varie energizzazioni su uno stesso punto di scoppio con offset di 12 m ed è stata registrata la componente RVF Rayleigh.

La fase di acquisizione dei dati è stata gestita con il software GEOEXPLORER fornito da SARA ELECTRONICS INSTRUMENTS mentre la qualità del dato è stata verificata con il software HS QUALITY CHECK (HS-QC) commercializzato da Eliosoft

I dati acquisiti sono stati elaborati con il software WINMASW Academy. Questo software consente l'analisi congiunta di dati sismici al fine di ricavare il profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio), quindi anche il parametro Vs30 e la Vs equivalente richiesti dalla normativa di riferimento (Norme Tecniche per le Costruzioni - NTC)

La versione Academy implementa soluzioni altamente innovative e avanzate che consentono la ricostruzione precisa del modello del sottosuolo secondo metodi multicanale attivi e passivi, nonché secondo una vastissima serie di approcci e strumenti in grado di gestire qualsiasi tipo di analisi e problema. Le principali caratteristiche di questo software sono:

- analisi MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) in onde di Rayleigh e Love (anche congiuntamente) secondo tre possibili modalità: curve di dispersione modali, effettive e FVS (Full Velocity Spectrum)
- analisi attenuazione onde di Rayleigh per determinazione fattori di qualità QS
- metodo ESAC per array bidimensionali
- analisi ReMi (Refraction Microtremors)

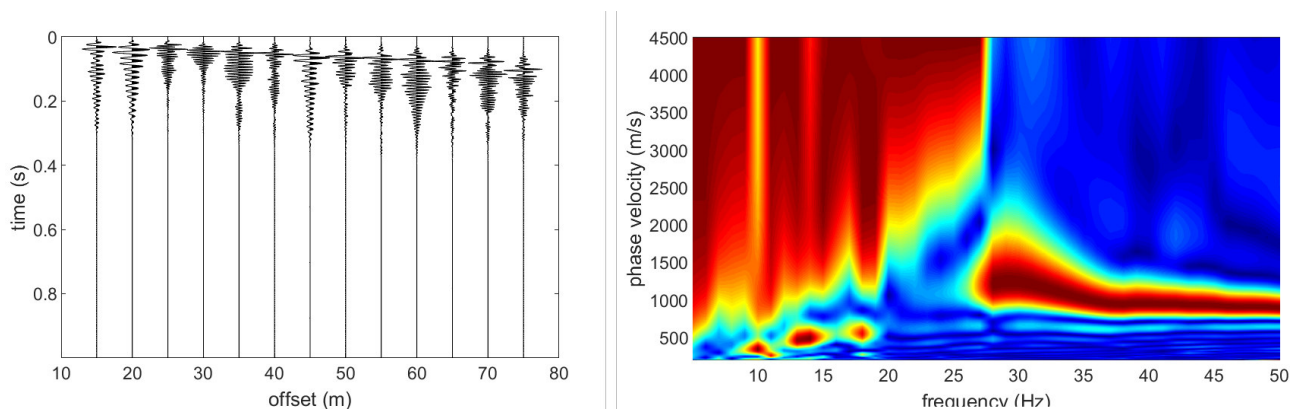
- analisi velocità di gruppo tramite MFA (Multiple Filter Analysis) sia per onde di Rayleigh che Love
- analisi congiunta velocità di fase e gruppo
- analisi dati HVSR (Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio) per determinazione periodo di risonanza di sito
- modellazione rapporto spettrale H/V (Nakamura)
- determinazione  $V_s$  equivalente (Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17 gennaio 2018)
- determinazione  $V_{s30}$
- filtraggio (passa-basso, passa-alto, passa-banda)
- analisi spettrale e spettrogrammi
- tool per la modellazione dei tempi delle onde rifratte (1D) considerando anche canali a bassa velocità (sia per onde SH che P)
- strumento per la somma di 2 (o più) stese per simulare acquisizioni con numero di canali doppio (triplo ecc.)
- calcolo moduli elastici
- sismogrammi sintetici (modal summation)
- inversione dello spettro di velocità (da dati MASW o MFA) tramite approccio Full Velocity Spectrum (FVS)
- tool per il vertical stack
- tool per la creazione di sezioni 2D
- tool per la selezione/filtraggio di specifici modi - anche "nascosti" (per analisi MASW)
- computo delle curve di dispersione apparenti (o effettive) da utilizzare nelle indagini ESAC
- inversione dei dati (anche congiuntamente all'HVSR) senza alcuna valutazione dei modi
- rispetto alle release precedenti, minori tempi di calcolo nell'approccio FVS
- tool TCEMCD per gestire dati multi-canale "misti" (ad esempio 21 geofoni verticali + 3 canali ai quali è collegato un geofono triassiale calibrato utile per analisi HVSR ma privo di digitalizzatore) acquisiti in modalità passiva (utili ad esempio - ma non unicamente - ad analisi congiunte ESAC + HVSR)
- calcolo e analisi/inversione della superficie RPM (Rayleigh-wave Particle Motion)
- tool per il filtraggio di dataset
- possibilità di assemblare assieme spettri MASW ed ESAC



- gestione dati MASW non-equispaziati con doppia modalità di calcolo dello spettro della velocità di fase
- strumento analisi back scattering

Le elaborazioni effettuate hanno permesso di determinare il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  e attraverso il quale è possibile procedere al calcolo di  $V_s$  eq o  $V_s30$  nel rispetto della normativa nazionale di riferimento.

Nello specifico si è proceduto ad acquisire la componente RVF dell'onda di Rayleigh; si riporta di seguito il dataset nel dominio  $x - t$  e  $f - v$  (si riportano nello specifico l'output di un filtraggio nel dominio  $x - t$  che ha permesso di rimuovere la parte di segnale ascrivibile alle onde di volume, non utile per le successive elaborazioni)



*Fig. 9.1 – Sismogramma e spettro*

Lo spettro relativo alla componente RVF è chiaramente dominato da 2 segnali che potrebbero essere interpretati come l'espressione di almeno 2 (dal modo fondamentale al primo superiore in parte sovrapposti fino a 25 Hz). Ciononostante, per ovviare alla perniciosità insita nella tecnica classica di elaborazione (che prevede appunto l'estrazione, attraverso il picking, delle presunte curve di dispersione sperimentali o della curva effettiva e la successiva inversione delle stesse), si è proceduto alla modellazione diretta a partire da un modello di input costruito sulla base dei dati stratigrafici già discussi; la modellazione è stata sviluppata sia con la tecnica FVS che prevede la sovrapposizione di spettri sintetici a quello rilevato alla ricerca della migliore confidenza sia attraverso le curve di dispersione. Si riportano di seguito i grafici relativi alle elaborazioni svolte ed il modello di sottosuolo ottenuto.

Spettro con curve di dispersione sintetiche relative al modello di sottosuolo finale

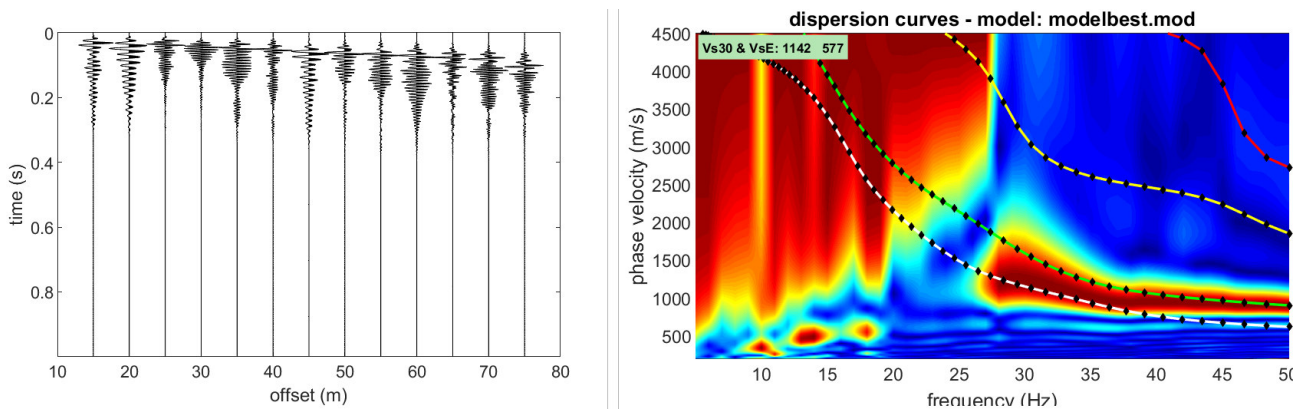


Fig. 9.2 – Spettro con curve di dispersione sintetiche relative al modello di sottosuolo finale

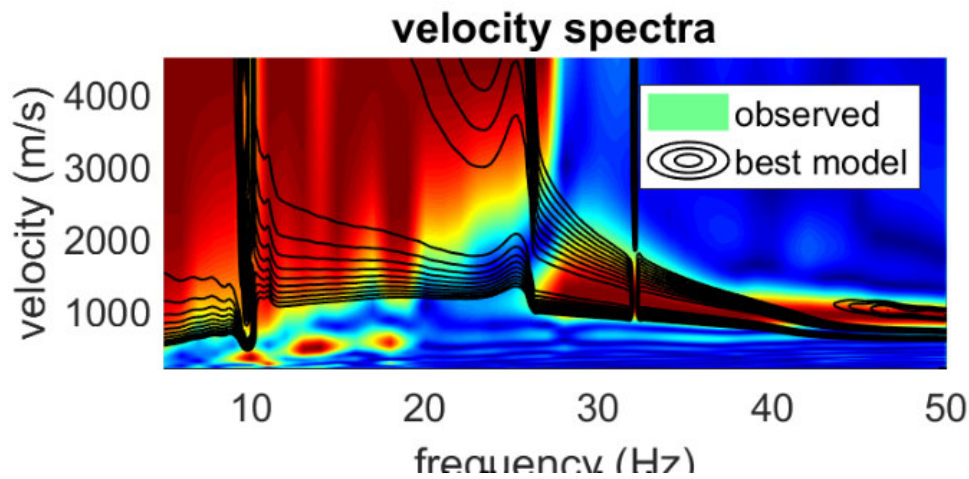


Fig. 9.3 - Sovrapposizione dello spettro sintetico relativo al modello di sottosuolo finale e lo spettro derivante dai dati rilevati

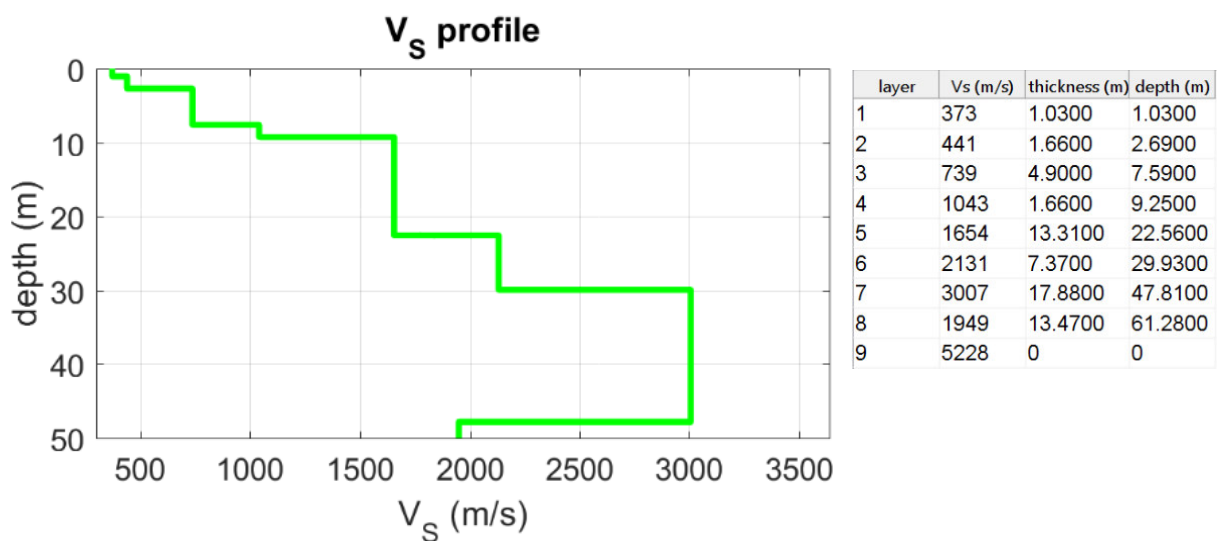


Fig. 9.4 – Modello di sottosuolo

Vs (m/s): 373, 441, 739, 1043, 1654, 2131, 3007, 1949, 5228

Thickness (m): 1.0, 1.7, 4.9, 1.7, 13.3, 7.4, 17.9, 13.5

Density (gr/cm<sup>3</sup>): 2.01, 2.05, 2.19, 2.29, 2.41, 2.48, 2.58, 2.46, 2.73

Seismic Shear modulus (MPa): 279 399 1198 2489 6604 11278 23313 9341 74638



Foto 1 – Stendimento sismico

### **11 Modello geologico e geotecnico**

Sulla base dei dati raccolti è possibile descrivere il seguente modello geologico e geotecnico del sottosuolo nel perimetro dell'area interessata dal PUE

#### UNITA' A

- da 0,00 a circa 2.7 metri dal p.c.

*Calcareniti poco cementate, subafforanti, a luoghi ricoperte da pochi decimetri di terreno vegetale e rivestite superficialmente da una crosta pedogenetica*

#### UNITA' B

- da 2.7 a circa 7.6 metri dal p.c.

*Calcareniti molto cementate*

#### UNITA' C

- da 7.6 metri a 9,25 metri dal p.c.

*Calcareniti molto cementate*

#### UNITA' D

- da 9.25 metri

Calccare fratturato

Per la definizione del "Modello geotecnico", sono stati elaborati i dati derivanti dall'indagine MASW

- UNITA' A

Si tratta di calcareniti grossolane e porose, non omogeneamente cementate ed a luoghi ricoperte da pochi decimetri di terreno vegetale di natura sabbiosa; per questo materiale si ottiene un  $P_v$  pari a circa 2 g/cmc. Ad esso si può attribuire un angolo di attrito interno di  $30-32^\circ$  ed una coesione non drenata di 100-150 kPa. Il modulo di taglio dinamico vale circa 280 Mpa Si consiglia di rimuovere la parte più superficiale di tale livello roccioso (0.5 – 0.7 m).

- UNITA' B

Si tratta di calcareniti grossolane e porose; per questo materiale si ottiene un  $P_v$  pari a circa 2.1 – 2.2 g/cmc. Ad esso si può attribuire un angolo di attrito interno di  $32-33^\circ$  ed una coesione non drenata di 150-200 kPa. Il modulo di taglio dinamico vale circa 400 Mpa.

- UNITA' C

Si tratta di calcareniti grossolane e porose; per questo materiale si ottiene un  $P_v$  pari a circa 2.1 – 2.2 g/cmc. Ad esso si può attribuire un angolo di attrito interno di  $33-35^\circ$  ed una coesione non drenata di 200-250 kPa. Il modulo di taglio dinamico vale circa 1200 Mpa.

### **12 Determinazione della categoria di suolo**

Il DM 17 gennaio 2018 prescrive che ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II del D.M., 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 paragrafo 6.2.2 del D.M..

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

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

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

con:

$h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato;

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

$N$  numero di strati;

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

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

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30,00 metri, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H = 30,00$  metri 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. Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al paragrafo 3.2.3 delle norme. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre

specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche. L'indagine geofisica di riferimento ha evidenziato per l'area in esame una profondità del bedrock sismico pari a 7.5 m (dunque inferiore a 30 m), pertanto, si calcola  $V_s eq$  che risulta pari a 577 m/s (per  $z = 0$ ). Si ricava una attribuzione alla Categoria di Suolo "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".