

REGIONE
PUGLIA



IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI PORTO CESAREO (LE) RECAPITO FINALE ALTERNATIVO TRINCEE DRENANTI

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA

Progettista

Ing. Angela Pentassuglia

Geom. Francesco Palano

Responsabile del procedimento

Ing. Nicola La Tegola

Responsabile STO di Lecce

Ing. Marcello Raino'

Il Progettista per la geologia e l'ambiente
Geol. *Fernando SBRANDOLINO*

Elaborato

ED 07

RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA

(RIPRESA DAL PROGETTO: P9109 -ADEGUAMENTO DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI PORTO CESAREO (LE) - II LOTTO FUNZIONALE)

Codice Intervento	Codice SAP:	Data: Giugno 2021	Scala:
-------------------	-------------	----------------------	--------

N. Rev.	Data	Descrizione	Disegnato	Controllato	Approvato

INDICE

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	2
3. LINEAMENTI IDROGEOLOGICI.....	10
4. SISMICITA'	13
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	15
6. CARATTERIZZAZIONE CHIMICO AMBIENTALE DEI TERRENI.....	30
7. MODELLO GEOLOGICO	31
8. MODELLO GEOLOGICO-TECNICO	31
9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	32

1. PREMESSA

La presente relazione geologica ha lo scopo di illustrare, e caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dei terreni interessati dal progetto “*P9109 –Adeguamento dell’impianto di depurazione di Porto Cesareo (Le) – Il lotto funzionale*”.

Il presente intervento è finalizzato al completamento e nuove realizzazioni dell’impianto di depurazione di Porto Cesareo, comune situato nella parte occidentale della penisola salentina.

Al fine di caratterizzare, dal punto di vista geomeccanico, i terreni interessati dalle opere in progetto, sono state prese in considerazione campagne geologiche (indagini geognostiche dirette ed indirette) pregresse, effettuate per precedenti interventi nell’area del Depuratore, osservazioni di cantiere e studi geologici effettuati dal sottoscritto per l’occasione.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geologico, l’area di interesse rientra nel Foglio Geologico n. 213 “Maruggio” della Carta Geologica d’Italia in scala 1:100.000. Essa fa parte della penisola salentina caratterizzata da una morfologia che è la diretta conseguenza delle vicissitudini tettonico-paleogeografiche verificatesi a partire dal Cretaceo. L’ossatura della penisola salentina è data da un basamento carbonatico interessato a più riprese da ripetute subsidenze con formazione di faglie ad andamento NW-SE e NE-SW che hanno dislocato la formazione creando strutture tipo horst e graben e delineando nel contempo una serie di bacini. I litotipi affioranti appartengono a cicli sedimentari diversi, il più antico dei quali, corrisponde alla successione calcareo-dolomitica mesozoica che costituisce i rilievi collinari noti localmente come “Serre”. Si tratta di una monotona successione di calcari (unità dei “Calcari di Melissano”), calcari dolomitici e dolomie (“Dolomie di Galatina”), di

colore variabile dal bianco, al grigio, all'avana scuro, generalmente compatti e tenaci, a luoghi fossiliferi, in strati e banchi di spessore variabile e caratterizzati da una fitta rete di fratture.

I depositi miocenici rinvenibili in tutto il Salento corrispondono a due tipi formazionali noti con i nomi di “Pietra Leccese” e “Calcareniti di Andrano”.

La prima unità è costituita da calcareniti marnose, fossilifere a grana fine di colore giallo, di norma compatte e piuttosto tenere a stratificazione indistinta.

La seconda unità è formata da termini calcarei organogeni detritici a grana variabile, grigio chiaro o biancastri stratificati, di norma piuttosto compatti e tenaci, interessati da una fitta rete di fratture, variamente orientate ed elaborate dalla dissoluzione carsica, spesso ricolme di terra rossa che tendono a richiudersi procedendo in profondità.

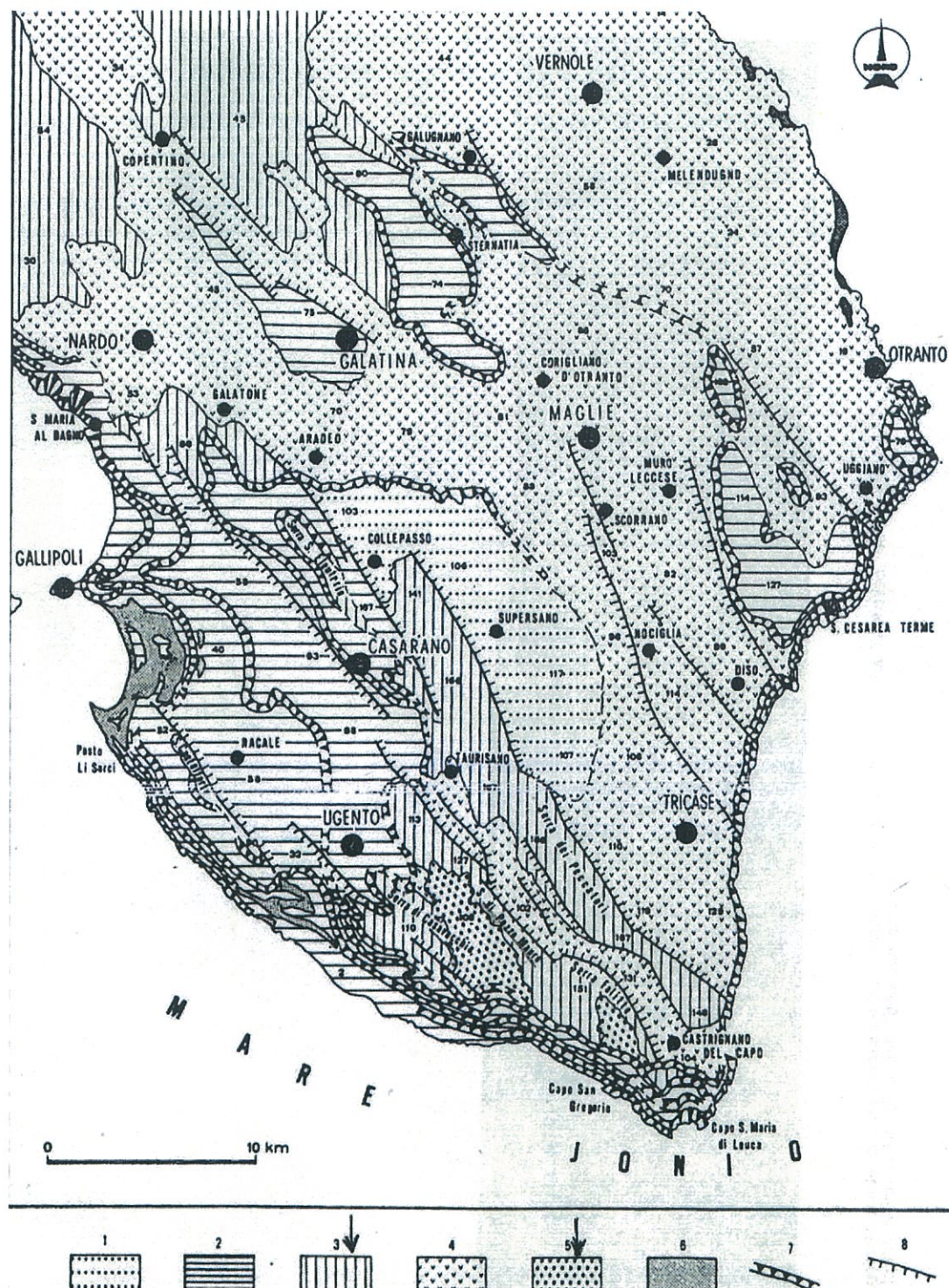
I depositi plio-quaternari affiorano nelle aree strutturalmente depresse e lungo la fascia costiera. Essi sono distinti in tre unità litostratigrafiche denominate: “Sabbie di Uggiano”, “Formazione di Gallipoli”, “Calcareniti del Salento”. La formazione delle Sabbie di Uggiano del Pliocene medio-sup. affiora lungo la fascia costiera del Salento tra Uggiano e Melendugno; è costituita da limi sabbioso-argillosi in strati e banchi e da calcareniti tenere bianco-giallognole a grana medio-fine, localmente marnose. I sedimenti riferiti alla Formazione di Gallipoli e alle Calcareniti del Salento sono riconducibili ad una successione di litotipi costituiti, procedendo dal basso verso l'alto, da calcareniti, argille e sabbie correlabili ai depositi della serie della Fossa Bradanica. Le calcareniti presentano caratteri litostratigrafici analoghi a quelli della Calcarenite di Gravina formata da biocalcareniti biancastre e giallognole, discretamente cementate, tenere e porose. Le argille praticamente impermeabili presentano un'elevata percentuale di limo e passano verso l'alto a limi sabbiosi e a sabbie medio-fini con livelli concrezionati.

Dal punto di vista geomorfologico, la penisola salentina si presenta come un irregolare Tavolato, debolmente inclinato dalla quota di 150 m circa della parte meridionale alla quota 30-40 m

di quella settentrionale, dal quale, a sud dell'allineamento Porto Cesareo (sullo Jonio) - San Cataldo (sull'Adriatico), si elevano esili dorsali più accentuate a occidente che a oriente. I ripiani relativamente angusti e allungati da NW a SE sono scaglionati a quote diverse e sempre debolmente inclinati verso i quadranti settentrionali. Si presentano regolari e subpianeggianti: in alcuni casi, corrispondono ancora a tratti di fondi marini pleistocenici, in altri, a superfici di erosione scolpite in depositi del Pleistocene inf. e regolarizzate nel Pleistocene medio-sup. a seguito di accumulo su di esse di sedimenti di suolo. Le dorsali allungate come i ripiani raggiungono la massima elevazione con la Serra S. Eleuterio (195 m) presso Parabita; quelle più occidentali, le Serre Salentine, modellate nei calcari mesozoici, hanno profilo trasversale asimmetrico con il versante orientale, corrispondente a pareti di faglia più o meno arretrate dall'erosione, assai più acclive di quello occidentale che in più parti corrisponde a superfici di strato (ad es. lungo le Serre di Castelforte, di Pozzo Mauro, dei Peccatori ecc.).

Quelle più orientali, in genere modellate nei sedimenti miocenici, si ergono molto meno sul paesaggio circostante e hanno in molti casi la superficie superiore subpianeggiante perché erosa o abrasa (Palmentola G.).

In particolare, l'impianto di depurazione di Porto Cesareo, posta quota di circa 16 m sl.m.m, è posto a poca distanza dalla linea di costa, vicino alla località denominata La Strea, nella zona sud orientale dell'abitato, impostata sulla formazione carbonatica delle Dolomie di Galatina.



Schema geomorfologico del Salento leccese; 1) lembi residui della superficie di chiusura del ciclo sedimentario infrapleistocenico; 2) superfici di abrasione a luoghi con sottili coperture sedimentarie; 3) superfici di origine complessa (abrasione e modellamento subaereo in sedimenti preneogenici); 4) superfici di modellamento subaereo in sedimenti neogenici e quaternari; 5) superfici regolarizzate di accumuli di sedimenti di suolo; 6) dune; 7) orli di falesie di abrasione; 8) orli di scarpate di faglia e di linea di faglia (da Palmentola G. "Lineamenti geologici e morfologici del Salento leccese").

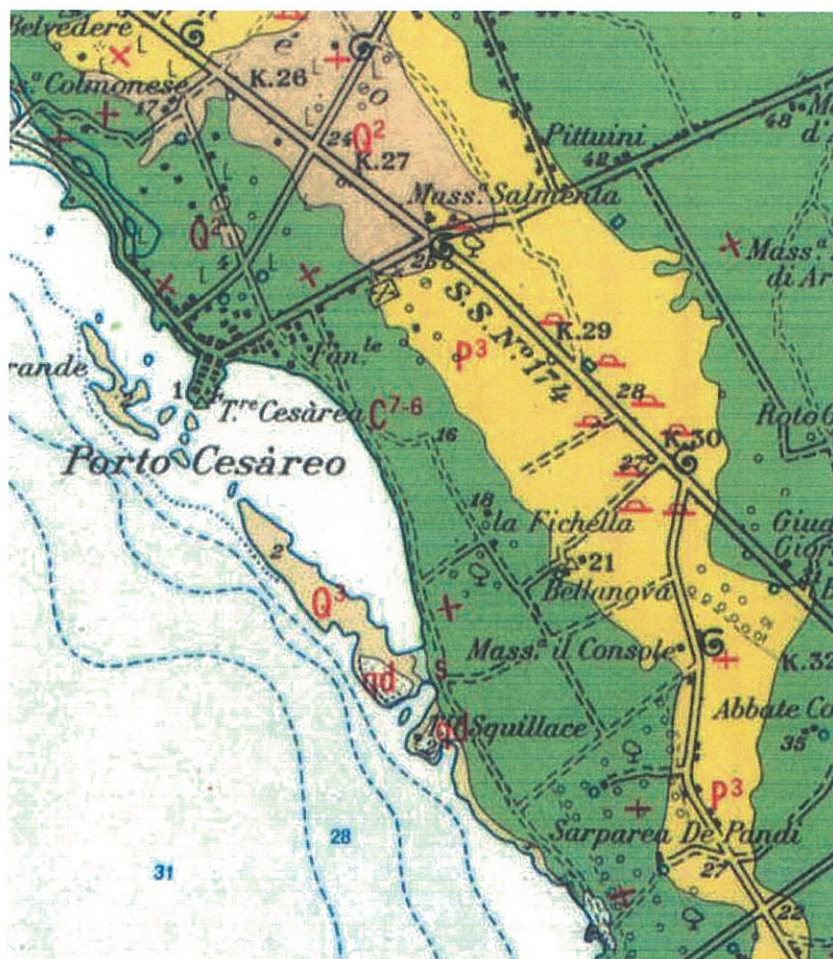
Gli effetti del fenomeno carsico rappresentati essenzialmente da doline e inghiottitoi si riconoscono su tutte le rocce affioranti nella regione. Per quel che concerne le successioni calcaree, oggettivamente le più carsificate, sembra che esse siano state esposte al fenomeno a più riprese e per periodi lunghi fin dal cretaceo tanto da dar luogo a forme ampie e diffuse. La distribuzione e la densità delle forme carsiche denunciano spesso il loro condizionamento da parte della tettonica.

Più frequenti sono comunque le voragini che si aprono nelle Calcareni del Salento e che durante i periodi piovosi assorbono grandi quantità d’acqua.

Come già visto, la zona costiera presenta affioramenti di calcari anche di notevole durezza (dolomitici) con la mancanza quasi totale di ricoperture di terreno vegetale e/o alluvionale.

Dal punto di vista geologico, il litotipo affiorante in corrispondenza del depuratore di Porto Cesareo sono i calcari, denominati “Dolomie di Galatina” e correlabili ai “Calcari di Altamura”.

Dal punto di vista strutturale l’ammasso roccioso calcareo, generalmente fratturato, è caratterizzato da fenomeni di dissoluzione carsica; in affioramento si presenta quasi sempre vacuolare con presenza di terra rossa.





Depositi eluviali principali e di "terra rossa".



Sabbie grigio-giallastre; dune costiere attuali e recenti; queste ultime sono parzialmente cementate e ricche di *Helix*.



Sabbie, argille sabbiose e limi grigi lagunari-palustri recenti.

Livelli appartenenti alle CALCARENITI DEL SALENTO, aventi le seguenti caratteristiche:



Q³ Calcareni e calcari tipo panchina, con ricca fauna non indicativa a *Elphidium crispum* (LIN.), *Bulimina marginata* (ORB.), *Cassidulina laevigata* (ORB.) var. *carinata* SILV., *Uvigerina peregrina* (ORB.), *Sphaeroidina bulloides* (ORB.), *Cibicides boueanus* (ORB.), *Cibicides floridanus* (ORB.).

In trasgressione su (Q²), oppure sulle formazioni cretache. In base ai rapporti stratigrafici, questo livello è attribuibile al Pleistocene.



Q² Calcareni bioclastici ben cementati ricchi di fossili non indicativi: *Elphidium complanatum* (ORB.), *E. crispum* (LIN.), *Discorbis orbicularis* (ORB.), *Ammonia beccarii* (LIN.), *Cibicides floridanus* (ORB.). In trasgressione su (P³) oppure sul Cretaceo.

In base ai rapporti stratigrafici, questo livello è attribuibile al Pleistocene.



Q¹-P³ Sabbie calcaree poco cementate, con intercalati banchi di panchina, sabbie argillose grigio-azzurre. Verso l'alto associazione calabrona: *Hyalinea balthica* (ORB.), *Cassidulina laevigata* (ORB.) var. *carinata* SILV., *Bulimina marginata* (ORB.), *Ammonia beccarii* (LIN.). (CALABRONA - PLEISTOCENE SUP.?) In trasgressione sulle formazioni più antiche.



P³ Calcareni, calcari tipo panchina, calcareniti argillose giallastre. Macrofauna a Coralli, Cirripedi, Molluschi, Echinidi, Crostacei tra cui *Cancer sismondai* MAY. var. *antiatina* MAX. Microfauna ad Ostracodi e Foraminiferi: *Bulimina marginata* (ORB.), *Cassidulina laevigata* (ORB.) var. *carinata* SILV., *Discorbis orbicularis* (ORB.), *Cibicides ungerianus* (ORB.), *C. lobatulus* (WALK. & JAC.), *Globigerinoides ruber* (ORB.), *G. sacculifer* (BRADY), *Orbulina universa* (ORB.), *Hastigerina aequilateralis* (BRADY) (PLEISTOCENE SUP. - MEDIO?). In trasgressione sulle formazioni più antiche.

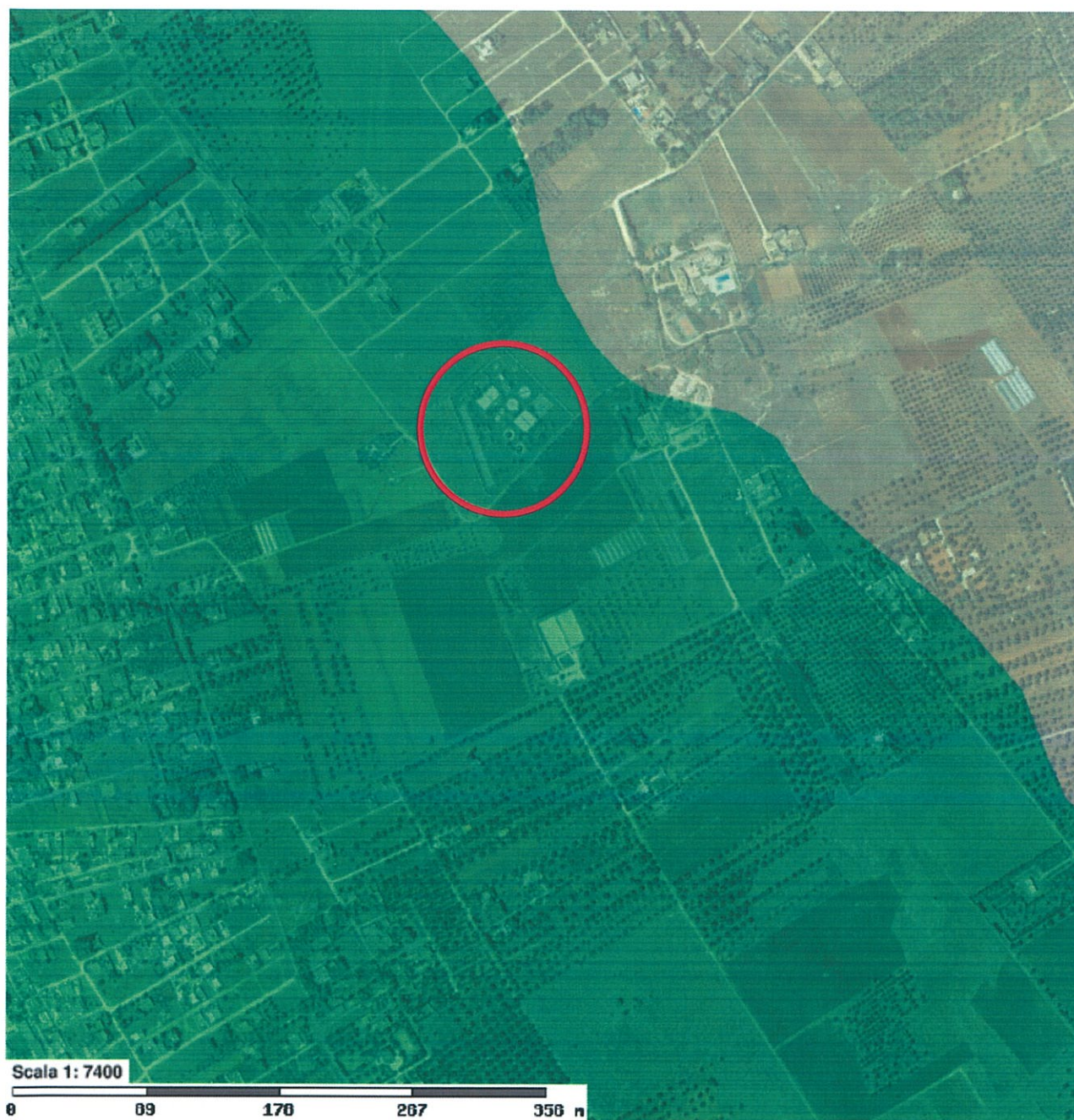


C¹⁻² Calcari compatti a frattura irregolare, grigi e nocciola, talora chiari e porcellanacei, con intercalati calcari dolomitici. Tra i fossili particolarmente significativi sono: *Sauvagesia*, *Durania*, *Jostia reticulata* BOSS. Microfauna in genere scorsa, eccezionalmente si rinvencono *Orbitoides*, *Accordiella conica* TAS. *Cuneolina pavonia* (ORB.) var. *parva* HISSON (SENONIANO-TURONIANO). CALCARI DI MELISSANO.








C²⁻³ Calcari dolomitici e dolomie grigio-nocciola, a frattura irregolare, calcari grigi spesso vacuolari. Tra i fossili frequente è *Apricardia carantonensis* (ORB.). Microfauna scorsa con *Milolidae*, *Ophthalmitidae* e *Textularidae* (CENOMANIANO e forse TURONIANO). DOLOMIE DI GALATINA con passaggio graduale al CALCARE D'ALTA-MURA.





Stralcio del Foglio Geologico n. 213 "Maruggio" scala 1:50.000.



Elementi Geostrutturali

Litologia substr.

-  Unità prevalentemente calcarea o dolomitica
-  Unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica
-  Unità a prevalente componente ruditica
-  Unità a prevalente componente argillitica con un generale assetto caotico
-  Depositi sciolti a prevalente componente sabbioso-ghiaiosa

-  Unità a prevalente componente argillosa
-  Unità a prevalente componente arenitica
-  Unità costituite da alternanze di rocce a composizione e/o granulometria variabile
-  Depositi sciolti a prevalente componente pelitica

Mappa geolitologica in scala 1 : 7400 (AdB – Puglia)

3. LINEAMENTI IDROGEOLOGICI

Le caratteristiche idrogeologiche dell'area rilevata sono abbastanza complesse e risultano strettamente legate alle differenti permeabilità dei litotipi affioranti.

La falda profonda, si estende nel sottosuolo della penisola salentina con continuità dal Mare Adriatico al Mare Jonio all'interno delle formazioni carbonatiche cretacee, sostenuta alla base dall'acqua marina di intrusione continentale. La circolazione idrica profonda si esplica in pressione nella formazione carbonatica la cui permeabilità è dovuta allo stato di fratturazione e al grado di carsificazione della roccia. Il deflusso idrico sotterraneo si realizza con cadenti idrauliche medie dell'ordine di 0.3-0.4 % con valori minimi dello 0.1% e massimi dello 0.5% in conseguenza dell'ampia eterogeneità dei caratteri di permeabilità dell'acquifero.

L'alimentazione, il deflusso e l'emergenza della falda lungo la linea di costa o a mare dipendono dalla distribuzione sia orizzontale che verticale del grado di permeabilità delle rocce costituenti l'acquifero. I bassi carichi idraulici e le modeste cadenti piezometriche, oltre alle rilevanti depressioni dinamiche del livello della falda durante emungimenti anche notevoli, confermano che l'acquifero profondo è dotato di un'elevata permeabilità determinata da un'intensa e uniforme fratturazione e da un considerevole sviluppo di condotti carsici e cavità.

L'alimentazione della falda profonda è prevalentemente dovuta agli afflussi meteorici incidenti sul territorio laddove sono presenti affioramenti calcarei e dolomitici ed avviene mediante infiltrazione sia in forma diffusa che concentrata. Non trascurabile è anche l'aliquota di alimentazione proveniente dalle acque delle falde idriche superiori circolanti nei terreni postcretacei che si sversano in quella profonda attraverso passaggi stratigrafici laterali e discontinuità tettoniche.

Gli acquiferi superiori sono presenti in vaste aree del territorio costituiti da terreni di diversa età nei quali, grazie all'esistenza di orizzonti a diverso grado di permeabilità, la circolazione idrica si esplica secondo più livelli spesso in modo piuttosto indipendente essendo gli strati acquiferi separati da orizzonti impermeabili. Le aree dove sono presenti più livelli acquiferi corrispondono alle zone tettonicamente depresse, caratterizzate in affioramento dai depositi sabbiosi e/o calcarenitici pliocenici e pleistocenici, e alle zone dove affiorano le rocce mioceniche. I livelli idrici più cospicui si rinvencono nell'ambito della Pietra leccese per la presenza di litotipi più permeabili alternati ad altri meno permeabili o praticamente impermeabili per lo più presenti nella parte basale della formazione.

Le altre falde idriche superficiali si rinvencono nei depositi sabbiosi e calcarenitici quaternari e plio-pleistocenici. Il substrato di queste falde è rappresentato dalle argille marnose calabrianne e dalle marne argillose plioceniche, dai livelli argillosi contenuti nella Formazione di Leuca. Solo in alcune zone costiere (es. area di S. Cataldo) il livello di base è costituito dall'orizzonte marino.

La cartografia ufficiale non evidenzia presenza di falde superficiali nella zona; la falda, trovandoci in prossimità della linea di costa e secondo anche quanto osservato da indagini svolte in precedenza e documentate dall'ISPRA, si attesta a 0 m sul livello medio marino e, quindi ad una profondità di circa 16 m dal p.c. ed è fondamentalmente composta da acque tendenzialmente salmastre, sebbene nella zona non manchino sorgenti di lieve entità di acqua dolce, perlopiù sottomarine e pericostali (polle).



12

Conducibilità di vari tipi di acque	
Acqua pura	0,055 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Acqua distillata	0,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Acqua oligominerale	1,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Acqua potabile	500-800 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Valore massimo per acqua	1.055 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Acqua di mare	56 mS/cm
Acqua iperalina	100 mS/cm

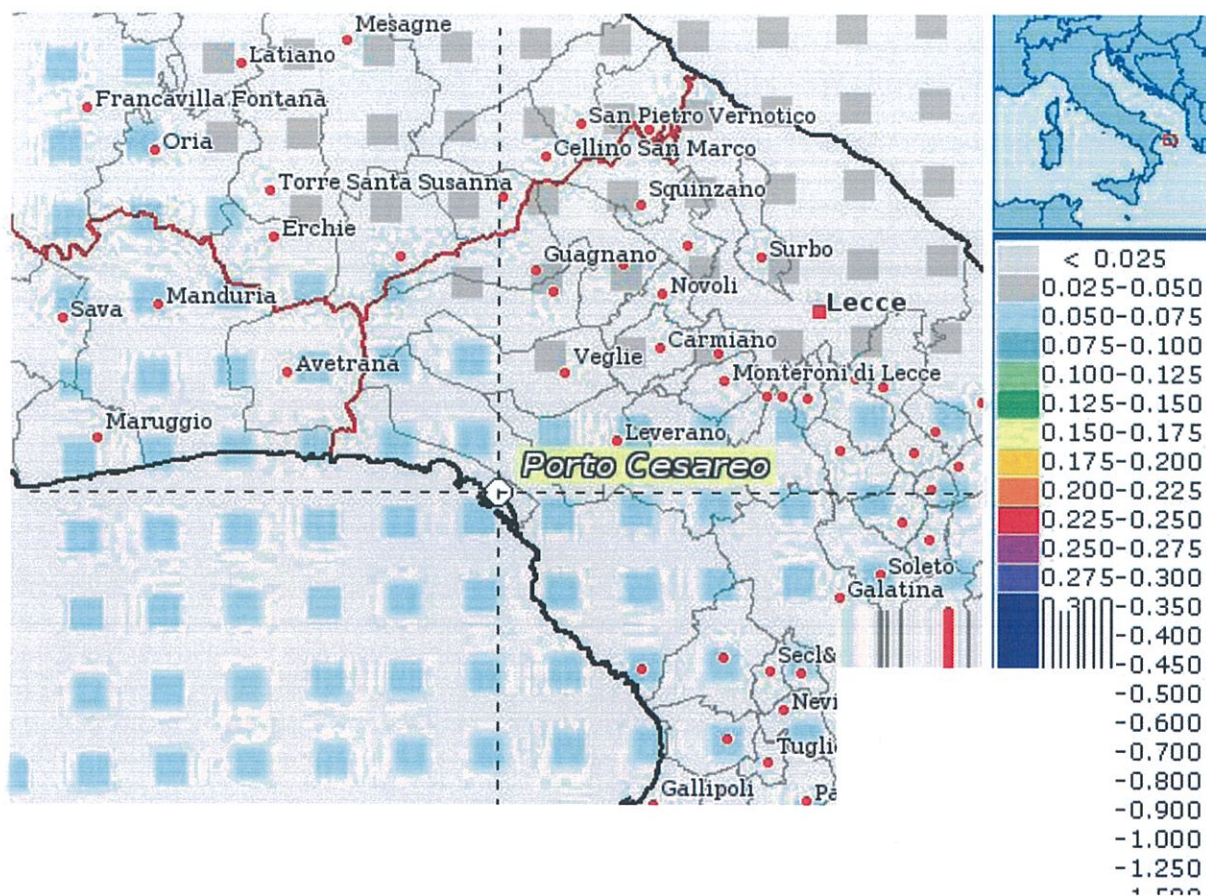
4. SISMICITA'

Il comune è stato classificato, in base all'O.P.C.M. 3274 del 2003 e successivo aggiornamento in base all'O.P.C.M. 3519 del 2006, nella zona sismica di 4^a categoria, pertanto andranno altresì considerati gli aspetti sismici connessi al terreno.

Si riporta in seguito la zonazione sismica del territorio eseguita da parte dell'INGV da cui si evincono le accelerazioni del suolo (INGV) in termini di frazioni di "g" (accelerazione di gravità), in caso di evento sismico. L'accelerazione sismica varia tra 0.025 g e 0.050 g

Il valore delle Vs30 calcolato per l'area dell'impianto di depurazione è di 900 m/s per cui, come da riferimento alla nuova normativa sismica (Ordinanza 3274 del 20/03/2003 e N.T.C. del 17/01/2018), ricade in classe A ($> 800 \text{ m/s}$): *"Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 metri"*.

Chiaramente tutte le strutture previste in progetto dovranno essere fondate direttamente sul banco calcareo asportando lo strato di terreno sovrastante.

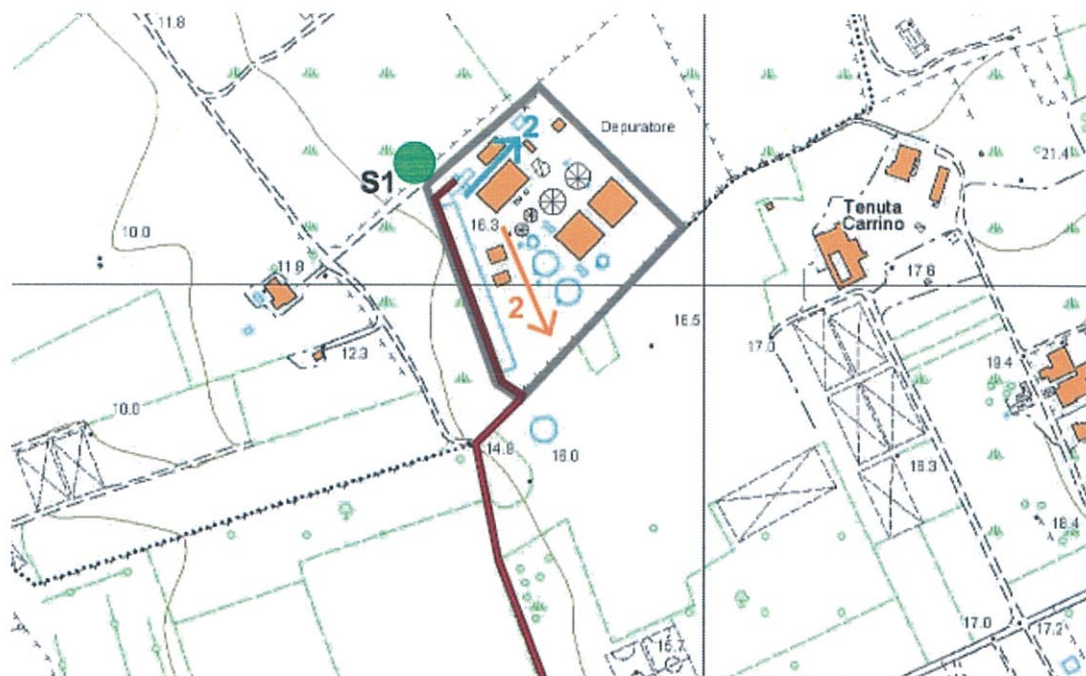


5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Allo scopo di determinare il modello geologico e geotecnico dell’area interessata dal progetto, sono stati utilizzati i risultati di una campagna geognostica effettuata per i lavori del I lotto funzionale nel 2009, consistita in sondaggi diretti e indiretti. Oltre a questo sono stati effettuati sopralluoghi con osservazioni di cantiere durante l’esecuzione del suddetto progetto relativo al I lotto.

In particolare sono stati presi in considerazione:

- Una perforazione a carotaggio continuo
- Una profilo sismico a rifrazione
- Una tomografia elettrica



 **PROFILO SISMICO Masw (75 metri)**

 **TOMOGRAFIA ELETTRICA (50 metri)**

S_n  **SONDAGGIO GEOGNOSTICO e relativo n.
d'ordine**

Perforazione effettuata da: IDROGEO S.r.l.		Data perforazione: 24 settembre 2009	
Profondità (metri)	Stratigrafia	DESCRIZIONE	S.P.T.
0.30		Terreno vegetale di colore marrone rossiccio	
1			
2		Calcere dolomitico debolmente fratturato, di colore nocciola	
2.50			
3			
4		Calcere dolomitico compatto, di colore grigio chiaro	
5			
6.20			
8			
7		Calcere dolomitico debolmente fratturato, di colore grigio chiaro	
8			
8.00			
9			
10			
11			
12		Calcere dolomitico compatto, di colore da grigio chiaro a nocciola	
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20		Calcere dolomitico compatto, di colore da grigio chiaro a nocciola	
21			
22			
23			
24			
25			
25.00			



Da 0-5 m



Da 5-10 m



Da 10-15 m



Da 15-20 m



Da 20-25 m

Sondaggio S1 (depuratore di Porto Cesareo):

- da 0,0 a 0,3 m dal p.c. Terreno vegetale di colore marrone rossiccio;
- da 0,3 a 2,5 m dal p.c. Calcare dolomitico, debolmente fratturato, di colore nocciola;
- da 2,5 a 5,2 m dal p.c. Calcare dolomitico, compatto, di colore grigio chiaro;
- da 5,2 a 8,0 m dal p.c. Calcare dolomitico, debolmente fratturato, di colore grigio chiaro;
- da 8,0 a 25,0 m dal p.c. Calcare dolomitico, compatto, di colore da grigio chiaro a nocciola.

Per la caratterizzazione ambientale sono stati effettuati tre sondaggi nell'area dell'impianto che hanno dato risultanze simili alla perforazione effettuata precedentemente. Le specifiche sono allegate.



Ubicazione perforazioni

Certificato n° 139 del 23/06/2018

Verbale n° 29p/18 del 20/06/2018

Committente: Acquedotto Pugliese s.p.a.

Sondaggio: S15

Progetto: Completamento rete idrica fognaria di Nardo'

Data: 22/06/2018

Coordinate: 40°13'14.25"N, 17°56'32.67"E

Quota: 24m

Perforazione: Sondaggio geognostico a carotaggio continuo

SCALA 1:50

STRATIGRAFIA

Pagina 1/1

Ø mm	R v	metri	LITOLOGIA	prof. m	Speci. m	DESCRIZIONE	Campioni	Cass.
				0.4	0.4	Materiale di riporto costituito da ghiaie e sabbie di color marrone chiaro		
		1				Terreno sabbioso debolmente limoso di color marrone, con clasti calcarei-calcarenitici.	CA1) Ind < 0.50 1.00	
		2		1.5	1.2	Calcarei dolomitici di color variabile dal biancastro al marroncino chiaro, nel complesso risultano fratturati.	CA2) Ind < 2.50 3.00	1
		3						
		4						
101		5		5.0	3.5		CA3) Ind < 4.50 5.00	

Certificato n° 139 del 23/06/2018

Verbale n° 29r/18 del 20/06/2018

Committente: Acquedotto Pugliese s.p.a.

Sondaggio: S16

Progetto: Completamento rete idrica fognaria di Nardo'

Data: 22/06/2018

Coordinate: 40°14'40.09"N, 17°55'13.78"E

Quota: 16m

Perforazione: Sondaggio geognostico a carotaggio continuo

SCALA 1:50

STRATIGRAFIA

Pagina 1/1

Ø mm	R v	metri	LITOLOGIA	prof. m	Speci. m	DESCRIZIONE	Campioni	Cass.
		1		0.8	0.8	Terreno sabbioso debolmente limoso di color marrone, con clasti calcarei-calcarenitici.	CA1) Ind < 0.50 1.00	
		2				Calcarei dolomitici di color variabile dal biancastro al marroncino chiaro, nel complesso risultano fratturati.	CA2) Ind < 2.50 3.00	1
		3						
		4						
101		5		5.0	4.2		CA3) Ind < 4.50 5.00	

Certificato n° 139 del 23/06/2018	Verbale n° 29s/18 del 20/06/2018
Committente: Acquedotto Pugliese s.p.a.	Sondaggio: S17
Progetto: Completamento rete idrica fognaria di Nardo'	Data: 22/06/2018
Coordinate: 40°14'42.34"N, 17°55'11.02"E	Quota: 16m
Perforazione: Sondaggio geognostico a carotaggio continuo	

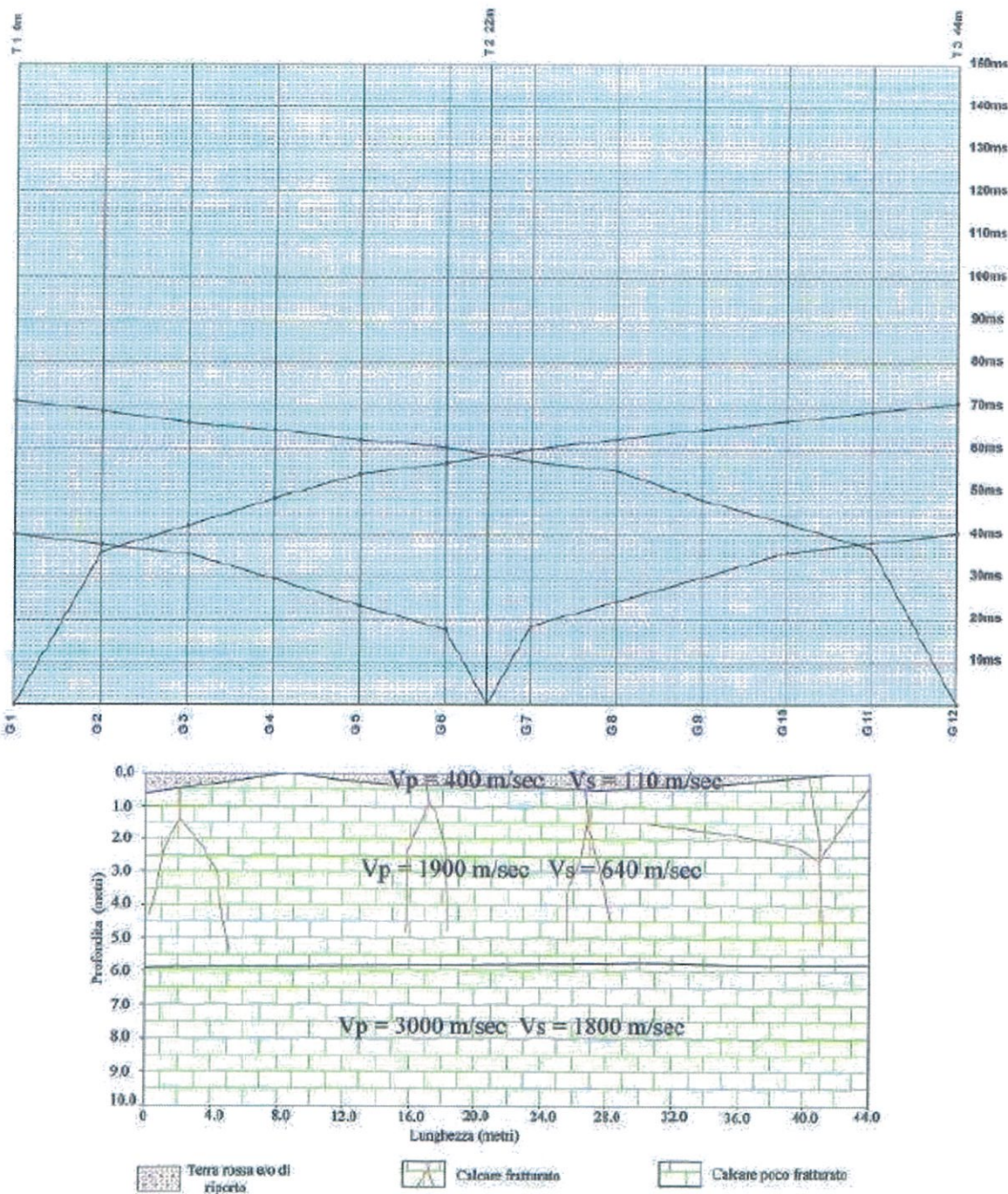
SCALA 1 :50

STRATIGRAFIA

Pagina 1/1

o mm	R v	metri	LITOLOGIA	prof. m	Spec. m	DESCRIZIONE	Campioni	Cass
				0.3	0.3	Materiale di riporto costituito da sabbie e ghiaie di color marrone chiaro.		
				0.8	0.5	Terreno sabbioso debolmente limoso di color marrone, con clasti calcarei-calcarenitici.	CA1) Ind < 0.50 1.00	
		1				Calcarei dolomitici di color variabile dal biancastro al marroncino chiaro, nel complesso risultano fratturati.		
		2						
		3					CA2) Ind < 2.50 3.00	1
		4						
101		5		5.0	4.2		CA3) Ind < 4.50 5.00	

A parte una variazione nel materiale di riporto sabbioso – limoso, che oscilla tra 0.8 e 1.5 m dal p.c., a partire dal 1,5 m dal p.c. si ritrova essenzialmente il calcare dolomitico fratturato già evidenziato nel sondaggio riportato in precedenza.



Sismica a rifrazione SR

Dal profilo sismico si rilevano due sismostrati:

- il primo sismostrato ha uno spessore di circa 0,0÷12,0 m, le onde di taglio hanno una velocità media di circa 700 m/s. Questo strato può essere correlato ad un calcare fratturato. Sono presenti all'interno

di questo sismostrato aree con velocità leggermente più bassa e fasce che presentano velocità più alte: questo sta ad indicare livelli calcarei più o meno fratturati;

- il secondo sismostrato si rinviene dai 12 metri dal pc. fino ai 18 metri di profondità, le onde di taglio hanno una velocità di circa 2000 m/s. Questo strato può essere correlato ad un calcare poco fratturato.

Il valore delle Vs30 calcolato per l'area dell'impianto di depurazione è di 900 m/s per cui, come da riferimento alla nuova normativa sismica (Ordinanza 3274 del 20/03/2003 e N.T.C. del 17/01/2018), ricade in classe A (> 800 m/s): "Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 metri".

Chiaramente tutte le strutture previste in progetto dovranno essere fondate direttamente sul banco calcareo asportando lo strato di terreno sovrastante.

Per ciò che concerne la correlazione delle caratteristiche fisico-dinamiche con quelle geotecniche del sottosuolo esplorato mediante i sondaggi, si può ritenere che:

- sismostrati con Vp di circa 400 m/s, sono associabili a terreno vegetale e/o di riporto;
- sismostrati con Vp comprese tra 1700÷2300 m/s, sono correlabili a rocce calcaree poco fratturate e/o carsificate;
- sismostrati con Vp comprese tra 2300÷3400 m/s sono associabili a rocce calcaree mediamente compatte.

In base ai risultati delle indagini sismiche e mediante opportune correlazioni è possibile desumere i parametri medi dei terreni presenti nelle aree d'interesse che possono essere qui di seguito sintetizzati:

· Terre rosse e/o di riporto: costituiti da terre rosse, localmente a componente sabbiosa, con Vp mediamente di circa 400 m/s. Questi terreni sono essenzialmente da asportare. Per essi si possono assumere le seguenti caratteristiche tecniche:

Peso di volume = $1,2 \text{ g/cm}^3$

Angolo di attrito interno = 18°

Ed (Modulo di elasticità dinamica) = 260 kg/cm^2

Es (Modulo di elasticità statica) = 28 kg/cm^2

Tensione ammissibile $s_a = 0,4 \text{ kg/cm}^2$

Le caratteristiche fisico-meccaniche di tali terreni migliorano quando il terreno vegetale tende a passare verso il basso a calcare poco fratturato ($V_p=1700\div1800 \text{ m/s}$).

· Litotipi carbonatici costituiti da calcari: questi litotipi, con $1700 \text{ m/s} < V_p < 3400 \text{ m/s}$, sono presenti nell'area in esame. Le indagini sismiche svolte hanno rivelato, per questi terreni le seguenti caratteristiche:

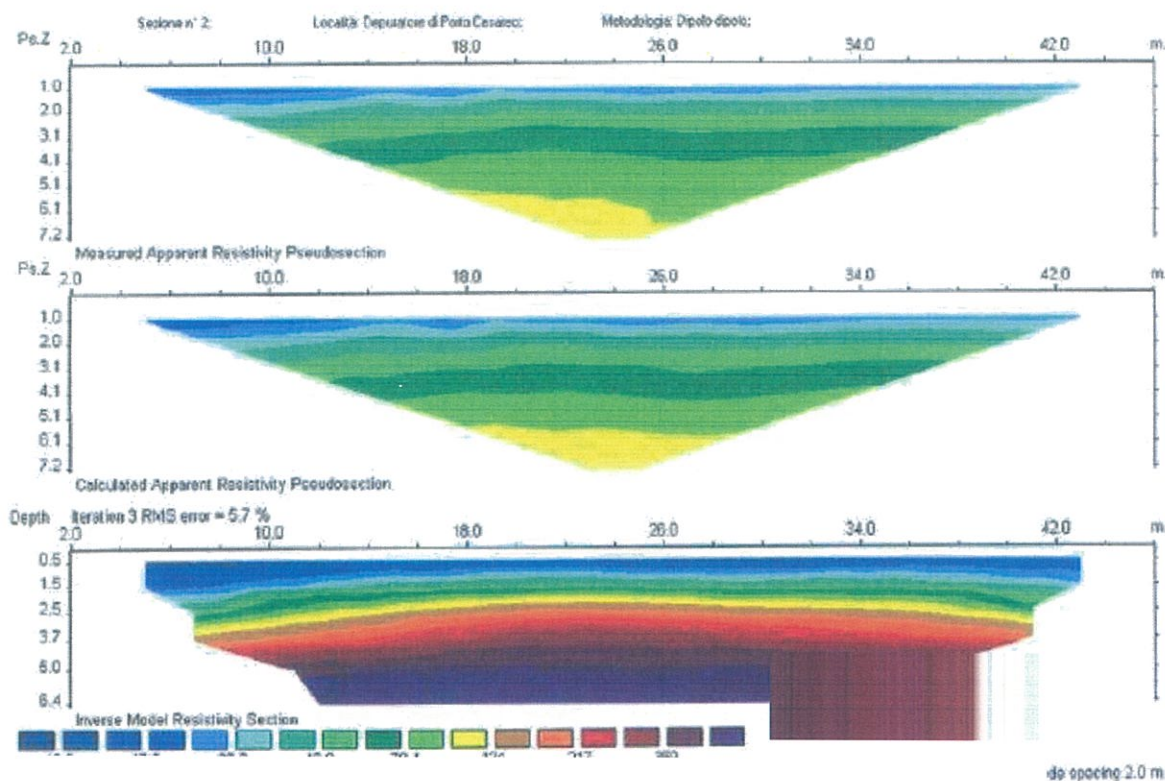
Peso di volume = $2,1\text{-}2,2 \text{ g/cm}^3$

Angolo di attrito interno = 32°

Ed (Modulo di elasticità dinamica) = 10000 g/cm^2

Es (Modulo di elasticità statica) = 1132 kg/cm^2

Tensione ammissibile $s_a = 2,7 \text{ kg/cm}^2$



Tomografia elettrica

Le misure di resistività registrate (profondità indagata 7 metri), hanno messo in evidenza:

- da 0,0 a 1,0 metri dal p.c. Valore di resistività riscontrato $< 50 \text{ } \Omega/\text{m}$ Terreno vegetale (colore azzurro/verde nella sezione)
- da 1,0 a 3,5 metri dal p.c. Valore di resistività riscontrato $50 \text{ } \Omega/\text{m}$ Terreno vegetale frammisto a pietrame calcareo (colore verde nella sezione)
- da 3,5 a 7,0 metri dal p.c. Valore di resistività riscontrato $200 \text{ } \Omega/\text{m}$ Calcare fratturato (colore arancio/rosso nella sezione)

Alla profondità di 3,5 metri viene evidenziata una abbassamento della resistività apparente, a causa di probabili vuoti strutturali di natura carsica.

Dalle osservazioni di cantiere, relative agli scavi per la realizzazione del I lotto del progetto, si desume la correttezza dei dati sperimentali geognostici, con la presenza massiccia di calcari dolomitici di notevole durezza, a luoghi fratturati con presenza di terre rosse.





Il fronte di scavo mantiene bene la verticalità.

6. CARATTERIZZAZIONE CHIMICO AMBIENTALE DEI TERRENI

Nel corso dei sondaggi meccanici, sono stati prelevati 3 campioni nei terreni attraversati, al fine di caratterizzare i materiali di scavo da un punto di vista chimico-ambientale, ai sensi del DPR 120/2017; sono state quindi eseguite sui campioni analisi chimiche di laboratorio, test di cessione sui materiali di riporto e percentuale di materiale di origine antropica, così come prescritto dal DPR 120/2017.

Le analisi sono state eseguite dal laboratorio certificato dello “Centro Analisi Ambientali s.r.l.”, con sede legale in via F.lli Bandiera, 10 a Casarano (LE).

Inoltre, i campioni prelevati nel riporto sono stati analizzati anche al fine della quantificazione dei materiali di origine antropica presenti all’interno del riporto, ai sensi dell’all.10 del DPR 120/2017.

Si riporta di seguito una tabella che sintetizza il numero di campioni prelevati per ciascun foro di sondaggio e le profondità di prelievo degli stessi.

Sondaggio	Campioni	Profondità prelievo (m dal p.c.)
S15	CA1 – CA2- CA3	0.5÷1.0 – 2.5÷3.0 – 4.5÷5.0
S16	CA1 – CA2- CA3	0.5÷1.0 – 2.5÷3.0 – 4.5÷5.0
S17	CA1 – CA2- CA3	0.5÷1.0 – 2.5÷3.0 – 4.5÷5.0

Durante il campionamento, è stata costantemente verificata la pulizia degli strumenti e l'assenza di perdite liquide. Il campionamento è avvenuto al momento dell'estrazione dei materiali utilizzando buste sterili pronte per il trasferimento in laboratorio.

Per ciò che concerne i risultati si rimanda ai certificati riportati nell’elaborato “Indagini geognostiche” in coda alla descrizione di ciascun foro di sondaggio.

Per ciò che si è avuto modo di constatare, in riferimento ai valori analitici riscontrati nessun parametro, tra quelli esaminati, supera i limiti di concentrazione soglia di contaminazione (CSC) imposti dal D.lgs n.152/2006 -parte IV - Titolo V - All.5 Tabella 1, colonne A e B. Inoltre per i parametri del test di cessione rispettano le concentrazioni soglia di contaminazione delle acque sotterranee di cui alla tab.2 dell’all.5 alla parte IV del D.L. 152/2006. Anche la presenza di materiale antropico è sostanzialmente nulla. Pertanto il materiale soddisfa i requisiti di qualità ambientale

previsti dal D.P.R. 13/06/2017 n.120 e, quindi, il riutilizzo del materiale asportato per la chiusura degli scavi nello stesso sito senza alcun trattamento di recupero.

Per le specifiche si rimanda alla Relazione sulle indagini ambientali, allegata al progetto.

7. MODELLO GEOLOGICO

Sulla base delle osservazioni geologiche di campo, dei dati desunti dalla campagna di indagini relativa alla progettazione del I lotto e dei dati bibliografici consultati, è possibile definire che i terreni su cui insisteranno le condotte a farsi appartengono all'unità delle Dolomie di Galatina, correlabili con i Calcari di Altamura..

In particolare, i terreni potenzialmente intercettabili durante la realizzazione degli scavi, appartenenti alla suddetta unità litologica, sono dall'alto verso il basso:

- Terreni vegetali e/o di riporto con spessori medi di 0.3-0.5 m
- Calcari mediamente fratturate con terre rosse da – 0.5 m dal p.c. in poi

8. MODELLO GEOLOGICO-TECNICO

In virtù di quanto finora descritto è possibile attribuire dei parametri geologico-tecnici derivanti dalle indagini effettuate, ai terreni sede della posa in opera delle condotte, precisando che i seguenti parametri geologico-tecnici possono essere ritenuti medi.

Per quanto riguarda il dettaglio di una area, in particolare nella progettazione di opere puntuali, si consiglia di valutare direttamente i risultati di indagini insistenti sull'area in cui verrà fondata l'opera

Si attribuiscono ai calcari, i seguenti parametri geologico-tecnici medi:

Ed (Modulo di elasticità dinamica)	10000 g/cm ²
Es (Modulo di elasticità statica)	1132 kg/cm ²
Tensione ammissibile σ_a	2,7 kg/cm ²
Rigidità sismica R	3.00 t/m ³ *km/sec
Coefficiente di Poisson ν	0,24

Parametri geologico-tecnici

Peso di volume γ	2.1 g/cm ³
Angolo di attrito Φ	32°
Coesione c	1.0 – 2.0 Kg/cm ²

Parametri idrogeologici

Coefficiente di permeabilità k	da 10 ⁻⁴ a 10 ⁻⁵ cm/s
--------------------------------	---

9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dai rilevamenti e dalle indagini geognostiche è risultato che, nel sito di progetto dell'impianto di depurazione, la successione litostratigrafica è rappresentata esclusivamente dal basamento carbonatico del Cretaceo ("Calcere di Altamura"), su cui poggiano, in maniera piuttosto esigua, terreni di riporto o agricoli.

Infatti, la Formazione presente nell'area del depuratore di Porto Cesareo risulta costituita da un ammasso roccioso calcareo, da fratturato a poco fratturato.

Tali calcari hanno valori di velocità delle onde p (V_p) che passano da 1700 m/s (maggiormente fratturati) a 3400 m/s (poco fratturati).

I dati acquisiti in campo idrogeologico evidenziano che nell'area oggetto di studio è presente la falda profonda che permea con continuità regionale la formazione calcarea fessurata e carsificata.

La falda profonda è caratterizzata nell’intera provincia di Lecce da carichi idraulici molto bassi che da 3 m s.l.m. dell’interno, diminuiscono progressivamente andando verso la costa con cadenti piezometriche molto basse (0,01%–0,25%).

Quest’assetto delinea il verso di scorrimento della falda il cui livello piezometrico si deprime fino a raccordarsi con il livello marino. Nel sito di interesse il livello piezometrico si aggira a 0 - 1 m s.l.m. e si rinviene a circa 15 m di profondità dal p.c.

La capacità portante dei litotipi interessati dalla realizzazione delle opere diminuisce se i primi sono interessati da falde acquifere. Tali condizioni sfavorevoli non hanno ragione di verificarsi nel nostro sito, anche alla luce dell’esperienza di cantiere relativa la primo lotto, già eseguito nella medesima area, a meno di posizionarsi come scavi oltre i 15 m dal livello del suolo. Nel caso il progetto prevedesse un tale approfondimento, sarà necessario dotarsi di un adeguato sistema di aggotamento delle acque di falda che tenga conto della permeabilità della roccia in posto, valutata nell’ordine di $10^{-4} - 10^{-5}$ cm/s.

Per quanto concerne la sismicità dell’area, il territorio del comune Porto Cesareo, è stato classificato come “zona 4” dalla O.P.C.M. 3274/2003 e recepita anche dalla Regione Puglia con Deliberazione G.R. 02 marzo 2004 n. 153 e pertanto, come richiamato dal nuovo D.M. del 17/01/2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”, è necessario che le opere siano sottoposte a progettazione sismica”.

Ai fini della progettazione strutturale che verrà eseguita nelle successive fasi progettuali, si riporta il valore delle Vs30 pari a 900 m/s, (categoria A)

Alla luce di quanto emerso, quindi, si conferma in questa sede la fattibilità tecnica degli interventi in progetto.

Non sussistono problemi relativi all’interazione terreno-strutture, date le ottime caratteristiche tecniche del litotipo calcareo su cui saranno realizzati gli interventi di adeguamento dell’impianto di

depurazione di Porto Cesareo; l'unico pericolo è costituito dalla presenza di eventuali cavità carsiche che possono interessare la roccia al di fuori dell'indagine puntuale effettuata; in caso di intercettazione di vuoti carsici significativi, è consigliabile il riempimento degli stessi con calcestruzzo ed il successivo livellamento della superficie fondale.

Ovviamente sarà necessario asportare lo strato più superficiale di terreno, le cui caratteristiche fisico-meccaniche sono scadenti, fino al rinvenimento della roccia viva.

Le operazioni di scavo potranno essere condotte con l'impiego di mezzi meccanici negli strati più superficiali di terreno agrario, per circa 0,3 metri dal p.c.; nello strato calcareo, compatto, si dovrà prevedere l'uso del martellone pneumatico, data la tenacità della roccia presente, desumibile dagli alti valori di velocità delle onde p (massimi di 3400 m/s). Nel caso di fronti di scavo particolarmente alti è consigliabile, al fine di proteggere l'incolumità dei lavoratori, mettere in sicurezza le pareti con reti di contenimento o altre strutture atte a contenere e limitare il distacco di blocchi litoidi, a causa dello stato di fratturazione della roccia in posto. Per quanto riguarda la classificazione di "terre e rocce da scavo", dalle analisi effettuate risulta che il materiale soddisfa i requisiti di qualità ambientale previsti dal D.P.R. 13/06/2017 n.120 e, quindi, è possibile il riutilizzo del materiale asportato per la chiusura degli scavi nello stesso sito senza alcun trattamento di recupero.