

The map shows a network of roads and railways connecting several towns. The highlighted area is centrally located near the intersection of a major road and railway line.

**22/03/2018**

Indagine GEOLOGICO-TECNICA (D.M. 14.01.2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni) sui terreni ubicati nel territorio comunale di Carovigno (BR) a ridosso dell'area marina protetta di Torre Guaceto censiti al foglio di mappa n° 36 particelle n° 704, 705, 706 e 707, nell'ambito del progetto di "Realizzazione della porta della riserva, interventi per miglioramento mobilità sostenibile e infrastruttura verde area marina protetta di Torre Guaceto".

**Consorzio di Gestione di Torre Guaceto**  
Via Sant'Anna, 6  
72012 Carovigno (BR)  
P.Iva/C.F.: 01918280742

STUDIO TECNICO &amp; AMBIENTALE

C.so Garibaldi, 27 – 72100 Brindisi (BR)  
Tel./Fax 0831 597236 Cell. 389 0382220  
e.mail: [fischetto.dario@libero.it](mailto:fischetto.dario@libero.it)

P.IVA: 01892970748 C.F.: FSC DRA 71E27 B180Z



# INDICE

1. PREMESSA .....	2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA INVESTIGATA.....	4
4. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E GEOLITOLOGICO.....	6
5. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA DELL'AREA INDAGATA .....	8
6. PERICOLOSITA' GEOLOGICHE, ASSETTO IDROGEOLOGICO ED IDROGRAFICO .....	14
7. INDAGINI GEOGNOSTICHE .....	15
8. DEFINIZIONE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO, CONDIZIONI TOPOGRAFICHE E PARAMETRI SISMICI LOCALI .....	16
8.1 DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO.....	19
8.1.1 Definizione categoria di sottosuolo locale .....	20
8.2 PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI LOCALI .....	24
8.2.1 Definizione condizioni topografiche locali .....	24
8.2.2 Parametri e coefficienti sismici locali .....	25
9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI DEPOSITI INDAGATI.....	26
9.1 PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE.....	26
10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....	33



## 1. PREMESSA

Il **Consorzio di gestione di Torre Guaceto** con sede in Carovigno alla via S. Anna civ. 6, ha affidato allo scrivente Geologo dott. Dario Fischetto iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Puglia con il N° 475 con studio in Brindisi (BR) al Corso Garibaldi civ. 27, l'incarico di effettuare uno studio geologico-tecnico sui terreni ubicati nel territorio comunale di Carovigno (BR) a ridosso dell'area marina protetta di Torre Guaceto censiti al foglio di mappa n° 36 particelle n° 704, 705, 706 e 707, nell'ambito del progetto di "Realizzazione della porta della riserva, interventi per miglioramento mobilità sostenibile e infrastruttura verde area marina protetta di Torre Guaceto".

Lo studio dell'area che sarà interessata dai lavori, secondo quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" come aggiornate dal D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", è finalizzato alla definizione:

- a. della caratterizzazione e modellazione geologica al fine della ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio indagato onde verificare la fattibilità tecnica delle opere in progetto;
- b. della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni indagati, definire il modello geotecnico e la categoria sismica di sottosuolo ed i parametri e coefficienti sismici locali.

L'indagine, svolta in conformità alle normative tecniche vigenti, è stata articolata nelle seguenti fasi di studio:

- raccolta e consultazione della documentazione geologica e geomorfologica esistente relativa a studi ed analisi effettuate nella stessa area, in aree limitrofe o in situazioni del tutto analoghe;
- raccolta ed analisi accurata della cartografia dell'area;
- rilievi di superficie, effettuati allo scopo di definire le forme e l'estensione delle strutture di superficie e di descrivere l'idrografia superficiale (Rilievo geomorfologico), di riconoscere l'estensione areale ed i limiti dei litotipi presenti nell'area (Rilievo geolitologico), di individuare eventuali strutture di tipo fragile e di tipo duttile (Rilievo geologico - strutturale);
- indagine di prospezione sismica dei terreni realizzate a mezzo di **N° 1 indagini sismiche con metodologia Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e **N° 1 indagini sismiche con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)** eseguito dallo scrivente in area adiacente a quella interessata dalla sagoma di ingombro dell'opere che si andranno a realizzare;
- indagine di prospezione sismica dei terreni realizzate a mezzo di **N° 1 indagini sismiche con metodologia a Rifrazione** eseguito dallo scrivente in area adiacente a quella interessata dalla sagoma di ingombro dell'opere che si andranno a realizzare;
- elaborazione dei dati e stesura della presente relazione geologico – tecnica.

La Committenza, con la presente e con quanto altro dovesse rendersi necessario, intende adempiere alle prescrizioni legislative in vigore secondo la prassi corrente.

## **2. RIFERIMENTI NORMATIVI**

- D.M. 14.01.2008 – “Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- D.M. 11.03.1988 - “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”, applicabile per le costruzioni di tipo 1 e 2 e Classe d’uso I e II, limitatamente a siti ricadenti in Zona 4 (CAPITOLO 2.7 del D.M. 14.01.2008).



### 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA INVESTIGATA

L'area investigata, ubicata nel territorio comunale di Carovigno (BR) in località Punta Penna Grossa a ridosso dell'Area Marina Protetta di Torre Guaceto censita al foglio di mappa n° 36 particelle n° 704, 705, 706 e 707, è cartografata nel II quadrante del foglio n° 191 della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 denominata "OSTUNI", più precisamente nella tavoletta, scala 1:25.000, S.O. denominata "CASTELLO DI SERRANOVA".

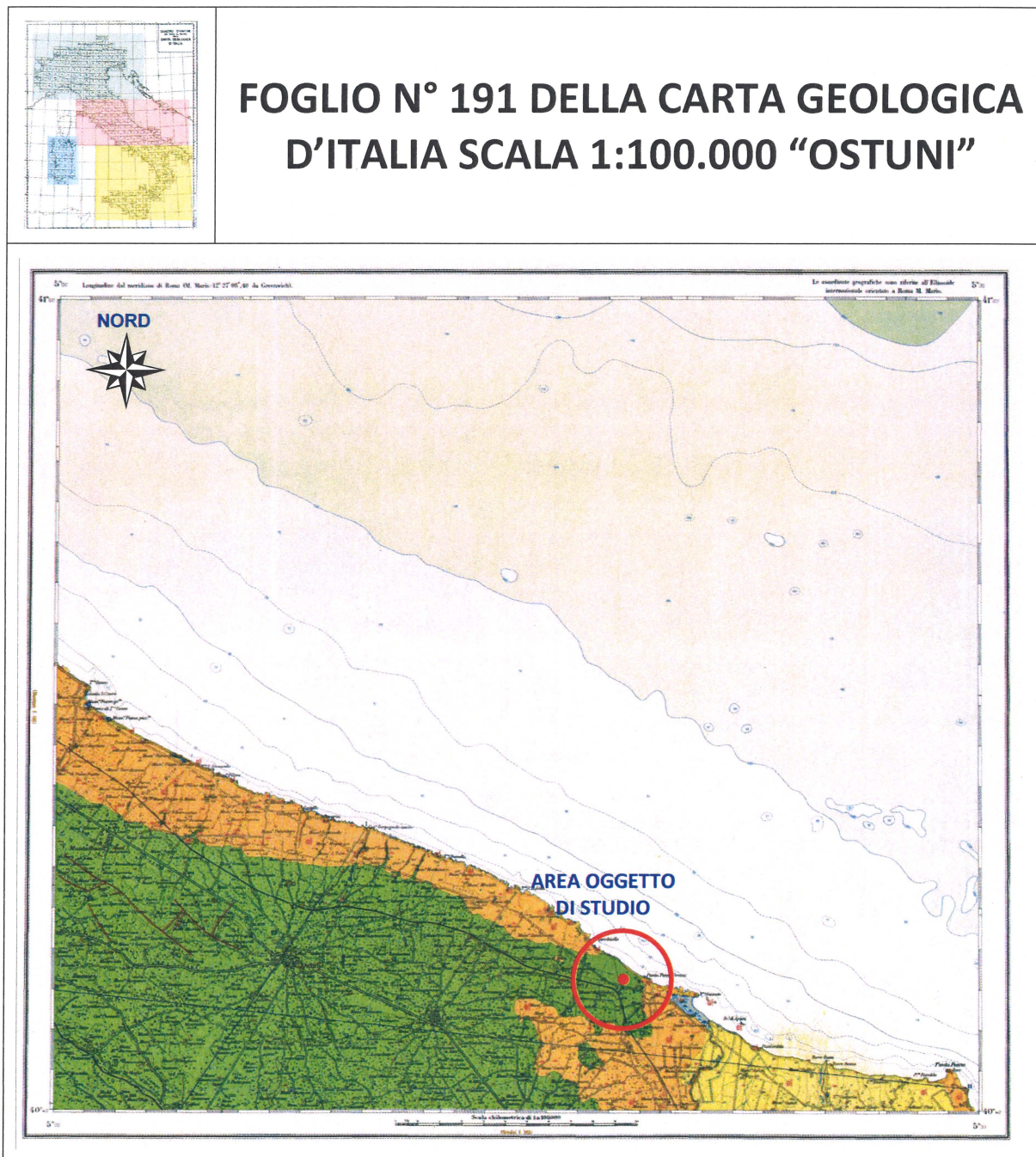
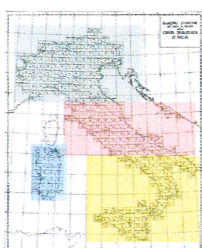


FIG. 3.1: Foglio n° 191 della Carta D'Italia Scala 1:100.000 "OSTUNI" - Ubicazione delle aree oggetto di intervento





## FOGLIO N° 191 DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA SCALA 1:100.000 "OSTUNI"

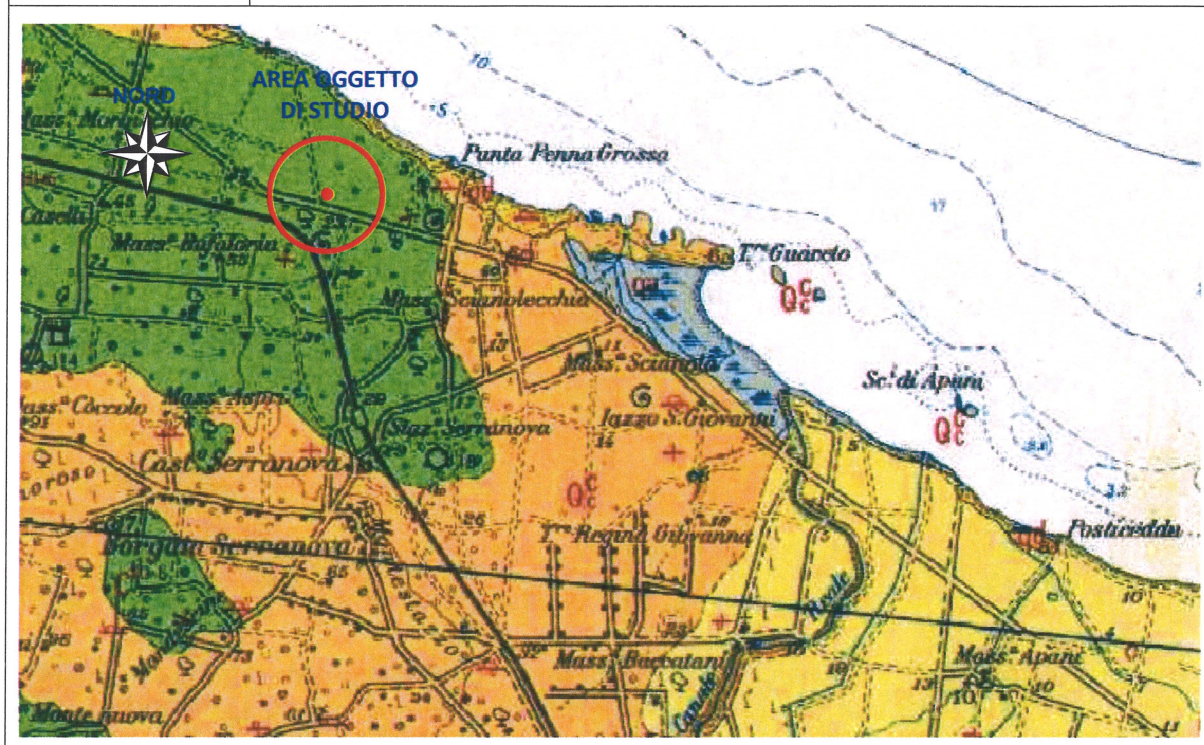


FIG. 3.2: Stralcio del Foglio n° 191 della Carta D'Italia Scala 1:100.000 "OSTUNI" - Ubicazione delle aree oggetto di intervento

### LEGENDA:

Olocene		Alluvioni e spiagge attuali.
		Dune costiere.
Pleistocene		Sabbie gialle e grane prevalentemente fine, ben stratificate con intercalazioni arenacee. Associazione a <i>Hyalinina balthica</i> (CALABRIANO).
		Calcarei detritico-organogeni di colore bianco giallastro, ben stratificati. Fauna a <i>Arctica islandica</i> (CALABRIANO), <i>Hyalinina balthica</i> (CALABRIANO), Pectinidi, Echinidi e Brachiopodi. (CALABRIANO).
Cretacico		Calcarei grigio-chiaro talora vacuolari a grana generalmente fine in banchi potenti circa 1 metro, con abbondanti Rudiste (CENOMANIANO-SENONIANO).



## **4. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E GEOLITOLOGICO**

### **4.1 Assetto geolitologico**

L'area oggetto degli interventi progettuali è situata a confine tra l'altopiano delle Murge e la Penisola Salentina, caratterizzata da una serie di "Horst" e "Graben", di varia estensione, generalmente orientati in direzione NO e SE.

In particolare, l'area in oggetto, ubicata ad una quota media di circa 23 mt. s.l.m.m., rappresenta come da Fig. 4.1, l'estremo tratto sud-occidentale dell'altopiano delle Murge, potente complesso calcareo di età cretacea in facies di piattaforma epiocceanica caratterizzata da piatti fondali e acque limpide profonde da qualche metro ad alcune decine di metri; esse rivestono nel contesto degli eventi orogenetici cenozoici, un ruolo di avampaese debolmente piegato ma in linea di massima stabile.

Come mostra la Fig. 4.1, il substrato del territorio in esame afferisce alla formazione carbonatica nota come il Calcare di Altamura (Cretaceo sup), la quale dislocata da faglie, di direzione NO-SE ed E-O, tende a digradare verso costa, ove il tetto della formazione raggiunge profondità superiori a 40 mt dal l.m.m. (Ciaranfi et al, 1983). Essa è costituita da calcari prevalentemente micritici, talora detritici, calcari dolomitici e dolomie, organizzati in strati dello spessore variabile dal decimetro a qualche metro. L'ambiente deposizionale dei Calcari di Altamura corrisponde alla zona interna di una piattaforma carbonatica (laguna) caratterizzata da debole energia idrodinamica.

Questa formazione cretacea affiora diffusamente in gran parte del territorio di Carovigno, ove presenta un grado di fratturazione e carsismo variabile, maggiormente intenso in corrispondenza dei principali lineamenti tettonici che dislocano il settore pugliese di esame.

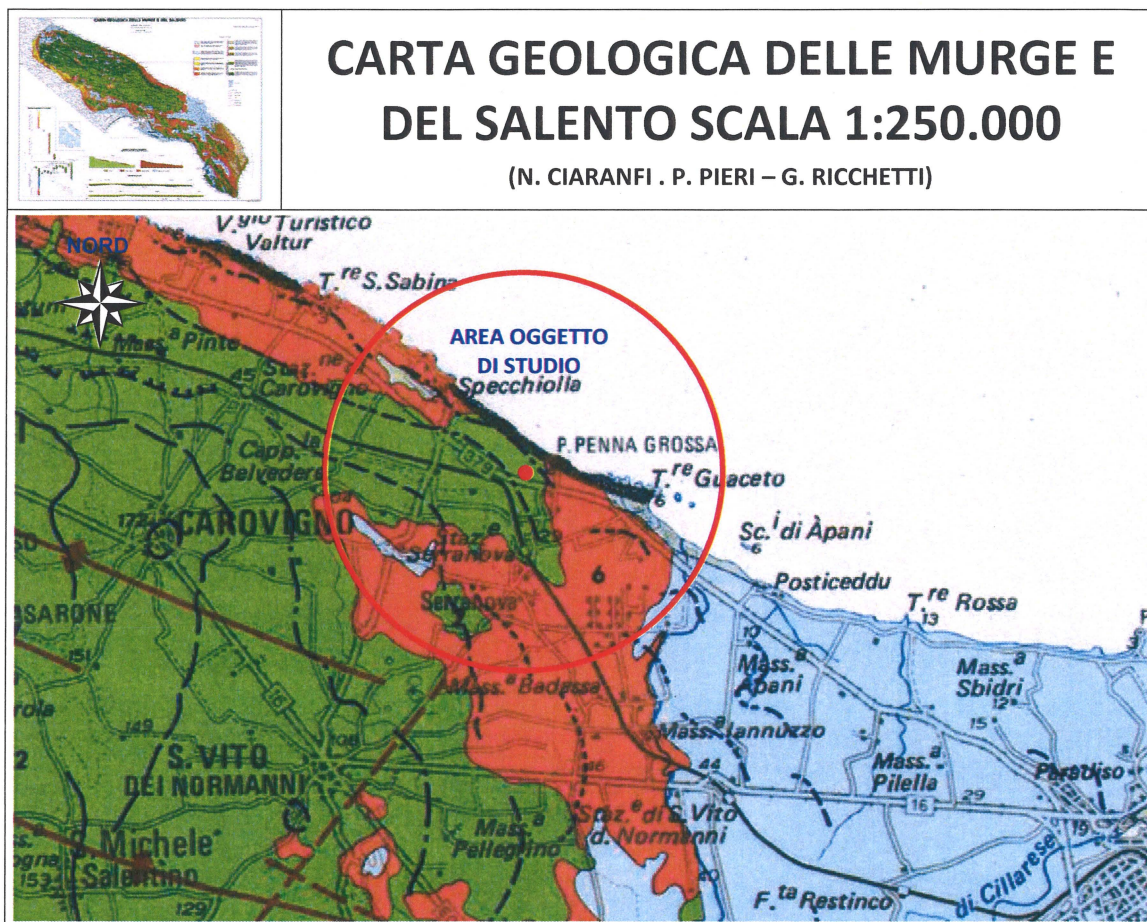
Infine, la successione carbonatica cretacea è sede della cosiddetta falda profonda abbondantemente sfruttata.

In trasgressione sulla formazione carbonatica mesozoica, poggiano i termini inferiori del ciclo sedimentario della "Fossa Bradanica", ascrivibili alle Calcareniti di Gravina (Pliocene-Pleistocene inf.; Fig. 4.1). Esse sono formate da livelli calcarenitici e calciruditici con orizzonti a diverso contenuto fossilifero, che presentano un grado di diagenesi variabile, passando da litotipi compatti e porosi, noti come "tufi", a litotipi non litificati localmente definiti "tufine". Gli strati, orizzontali o con rara pendenza in direzione NNE, presentano degli spessori variabili da 40 cm a 2 m, talora separati tra loro da livelli riferibili a probabili regressioni marine.

In continuità di sedimentazione, nell'area indagata (Fig. 4.1), sono presenti i Depositi marini terrazzati (Pleistocene) definiti dall'alternanza di livelli sabbiosi e di calcare organogeno riferibili a brevi cicli sedimentari post-calabrianici in seguito a regressione marina. I loro spessori sono limitati, comunque non eccedenti i 20÷25 m. Essi presentano giaciture sub-orizzontali e trasgressive su distinte superfici di abrasione poste a quote differenti. Queste superfici di terrazzamento sono incise sia nelle formazioni del Ciclo Bradanico sia negli stessi Depositi marini terrazzati.

Infine, sui Depositi marini terrazzati affiorano, localmente e con spessori esigui, i Depositi recenti

ed attuali (alluvionali e costieri). Essi sono costituiti da limi argillosi e/o sabbiosi, giallastri o nerastri, con intercalazioni di sostanze organiche che rappresentano il riempimento delle lagune e degli stagni costieri formatisi all'interno dei cordoni litorali, nonché da sabbie fluviali e di duna. I depositi alluvionali caratterizzano tutta la costa più meridionale del territorio di Carovigno là dove, appunto, si rinvencono aree umide.



**LEGENDA:**

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div style="background-color: lightblue; width: 30px; height: 20px; margin-bottom: 5px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">10</div> <div style="background-color: green; width: 30px; height: 20px; margin-bottom: 5px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">2</div> <div style="background-color: red; width: 30px; height: 20px; margin-bottom: 5px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">6</div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px; margin-bottom: 5px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> </div> | <p>Complesso di depositi di spiaggia e di piana costiera, riferibili a numerose unità litostratigrafiche terrazzate in vari ordini collegate a distinte fasi eustatico – tettoniche: sabbie, conglomerati, calcareniti e calcari coralgali. PLEISTOCENE MEDIO-SUPERIORE.</p> <p>Calcare di Altamura: successione carbonatica di piattaforma interna caratterizzata da ripetute sequenze cicliche di mare sottile (tidale, lagunare), con sedimentazione compensata da subsidenza; micriti e dolomicriti ad alche, calcareniti a foraminiferi e frequenti livelli con rudiste. CRETACEO.</p> <p>Calcareniti di Gravina: depositi calcarenitici e calciruditici in facies litorale, con foraminiferi, alghe, molluschi ed echini. PLEISTOCENE MEDIO-INFERIORE.</p> <p>Dune</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fig. 4.1: Carta geologica dell'area indagata (Carta geologica delle Murge e del Salento "Ciaranfi N. – Pieri P. – Ricchetti G." scala 1:250.000)



#### **4.1 Assetto geolitologico dell'area oggetto dell'intervento progettuale**

Al di sotto di una più o meno spessa copertura vegetale di terreno alterato, l'area oggetto di interesse è caratterizzata dalla presenza in affioramento dei "depositi calcari", formazione costituita dall'alternanza di calcari dolomitici e dolomie a frattura irregolare.

#### **4.2 Configurazione morfologica**

L'area oggetto dell'intervento progettuale si presenta generalmente sub-pianeggiante, caratterizzata da deboli pendenze  $0,5 \div 1$  % molto lievi e poco apprezzabili digradanti verso la linea di costa, interrotta in alcuni punti dell'area dalla presenza di lievi "salti morfologici".

Dai rilievi di superficie eseguiti si evince come l'area in oggetto non mostri evidenze strutturali che lascino intendere alla presenza di aree di instabilità morfologica e/o possibili forme dovute a fenomeni carsici di qualche interesse (cavità, ...).

## 5. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA DELL'AREA INDAGATA

### 5.1 Lineamenti idrogeologici regionale

I caratteri litologici delle diverse formazioni, le loro giaciture ed i relativi rapporti di posizione, fanno sì che in Puglia la circolazione idrica sotterranea si espliciti attraverso di due distinti sistemi la cui interazione tende a variare da luogo a luogo.

Il primo, più profondo, come falda di base o profonda è rappresentato dalla falda carsica circolante nel basamento carbonatico mesozoico, fortemente fratturato e carsificato; il secondo, rinvenibile nei depositi della copertura post-cretacea è costituito da una serie di falde superficiali, che si rinvergono a profondità ridotte dal piano campagna, ovunque la presenza di livelli impermeabili vada a costituire uno sbarramento a letto.

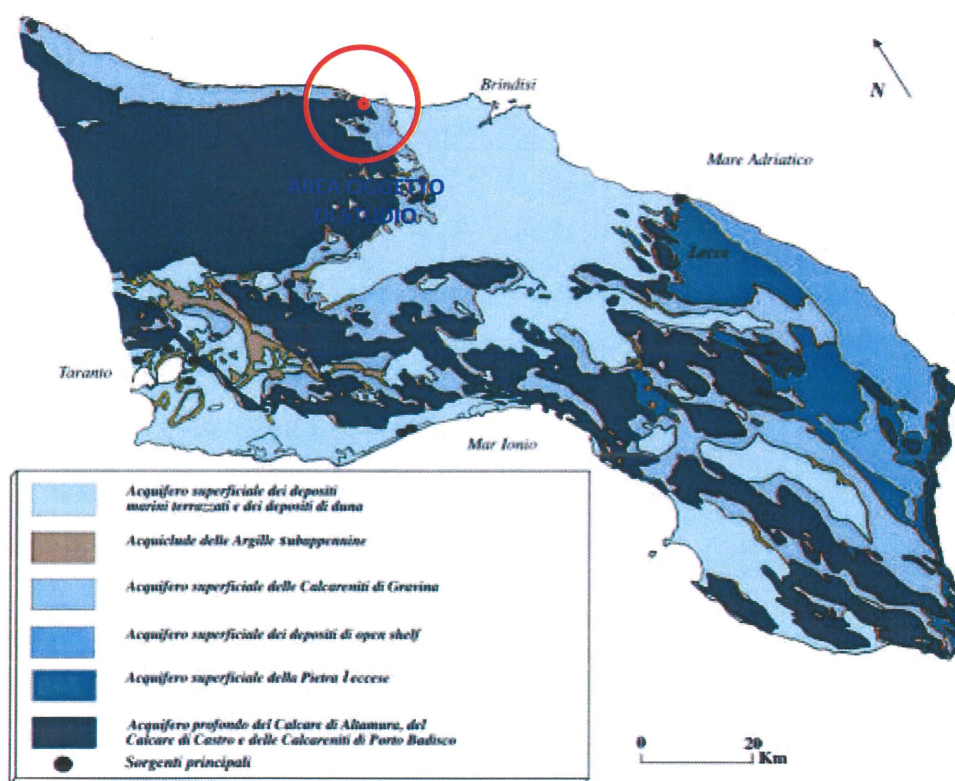


Fig. 5.1: Carta della permeabilità e delle principali manifestazioni sorgentizie costiere del Salento

Le acque dolci della falda profonda, invece, sono sostenute alla base dalle acque marine di invasione continentale, dalle quali sono separate da una fascia idrica di transizione, la zona di diffusione, caratterizzata da un rapido incremento verticale del contenuto salino; naturalmente, essendo l'equilibrio fra queste acque legato al carico idraulico delle acque dolci, lo spessore di queste ultime si riduce man mano che ci si avvicina alla linea di costa, fino ad annullarsi completamente.

Nell'ambito della falda profonda sono inoltre individuabili tre distinte unità idrogeologiche; la garganica, la murgiana e la salentina. In particolare, queste ultime due sono in contiguità laterale tra di loro lungo l'allineamento Taranto-Brindisi attraverso il quale, in virtù dei differenti carichi idraulici, si



concretizza un forte sversamento di acque sotterranee dall'unità murgiana in quella salentina; nell'unità idrogeologica murgiana, infatti, si riscontrano sempre carichi idraulici molto alti, anche oltre i 50 metri, ed una circolazione prevalentemente in pressione, mentre in tutto il Salento si hanno carichi modesti, mai superiori ai 4 metri, con una circolazione usualmente a pelo libero.

## 5.2 Lineamenti idrografici dell'area indagata

L'area in oggetto fa parte dell'estremo tratto sud-occidentale dell'altopiano delle Murge, potente successione carbonatica mesozoica (cretacea) costituita da rocce calcareo-dolomitiche, interessate da un tipo di permeabilità secondaria dovuta alla presenza di giunti di fessurazione, piani di stratificazione e condotti carsici, che presentano un grado di permeabilità da medio ad elevato (variabile in funzione dello stato di fratturazione e carsismo).

Essa si colloca, dal punto di vista geomorfologico, nel sistema morfoclimatico temperato con regime pluviometrico di tipo mediterraneo-marittimo caratterizzato da un periodo di massima piovosità compreso tra ottobre e marzo (con massimi in novembre e dicembre) e da un periodo di magra compreso tra aprile e settembre (con minimi in luglio e agosto).

L'area oggetto dell'intervento progettuale è ubicata laddove le ultime balze in affioramento del basamento calcareo cretacico pugliese, immergendosi più o meno bruscamente, lasciano spazio ai terreni pleistocenici costituiti da calcareniti, sabbie argillose ed argille marnose (Fig. 1).

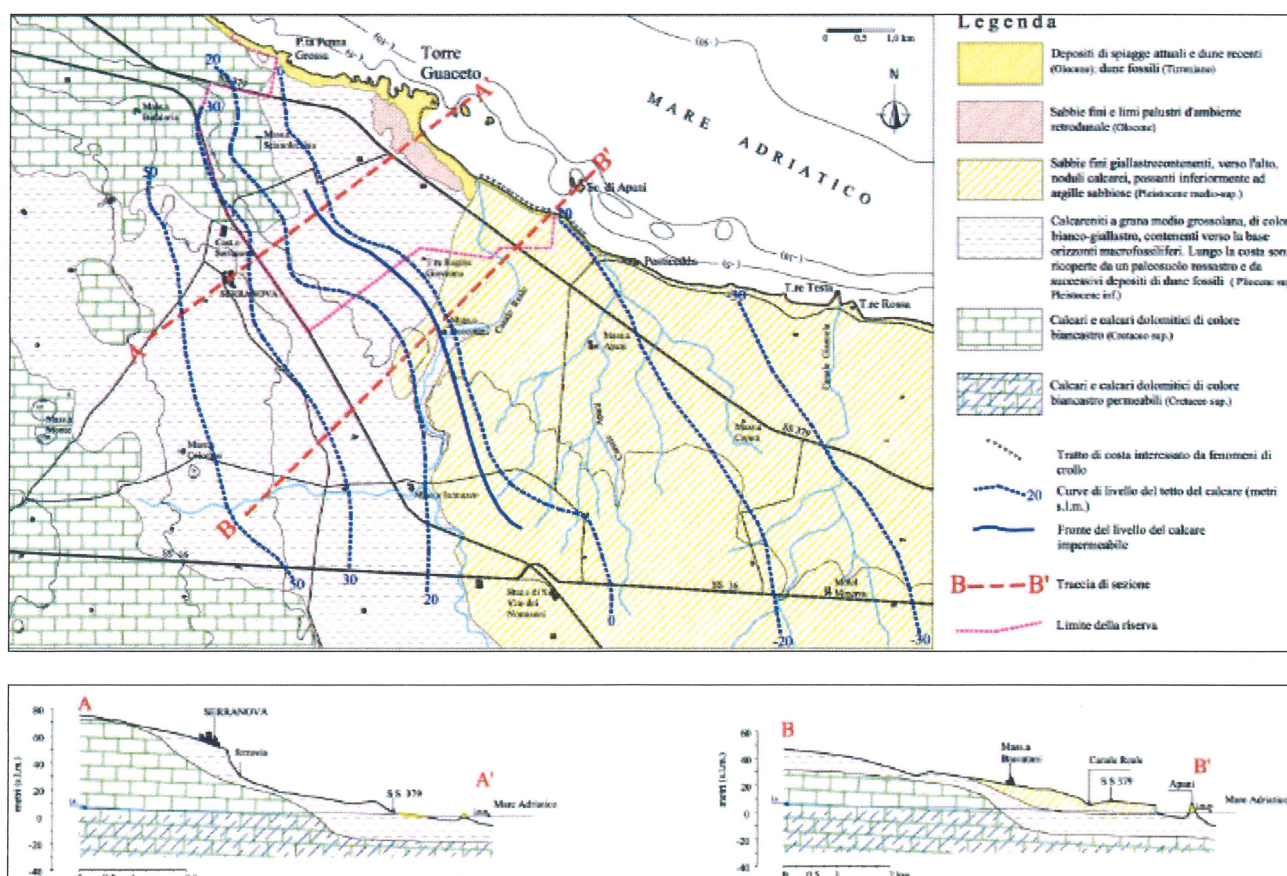


Fig. 5.2: Carta geologica e sezioni idrogeologiche dell'area indagata

L'area costiera risulta così attraversata da numerose incisioni vallive a fondo quasi piatto, generalmente asciutte e poco profonde, che nascono alla base della scarpata calcarea e corrono parallelamente verso l'Adriatico.

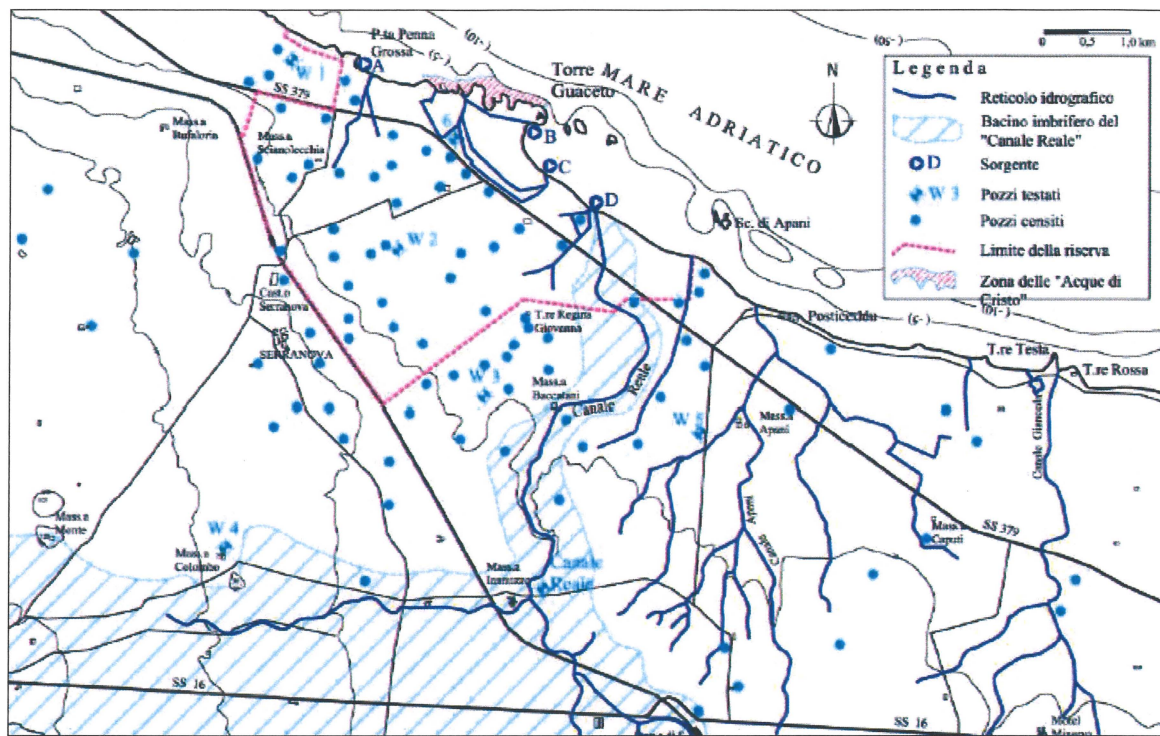


Fig. 5.3: Aspetti morfologici ed idrologici dell'area indagata

In particolare l'area indagata, come da Carta Idrogeomorfologica della Puglia estratta dal sito internet dell'Autorità di Bacino della Puglia <http://www.adb.puglia.it> riportata nella pagina seguente, è interessata dalla presenza, ad una distanza di poco superiore ai 300 mt, di un corso d'acqua episodico interessato dalla presenza di acqua solo in occasione di particolari eventi meteorologici.

### 5.3 Lineamenti idrogeologici dell'area indagata

Le caratteristiche della circolazione idrica sotterranea sono la diretta conseguenza dell'assetto geologico – strutturale e litologico, illustrato nel capitolo precedente, in relazione al quale ed a seconda delle loro caratteristiche di permeabilità, i depositi che interessano l'area di studio si suddividono in due gruppi:

- impermeabili** a cui appartengono i terreni affioranti costituiti da argille e limi, presenti seppur fino a modeste profondità, in maniera quasi omogenea su tutto il territorio comunale ed in particolar modo in quello indagato (coefficiente di permeabilità compreso tra  $10^{-7} \div 10^{-9}$  cm/s);
- permeabili per fessurazione**, a cui appartengono le rocce permeabili del complesso carbonatico, la formazione mesozoica calcarea che, costituente l'acquifero sotterraneo, è caratterizzato dalla presenza di fratture, piani di stratificazione e condotti carsici dovuti all'allargamento di fratture e giunti di strato che conferiscono al deposito in oggetto un'elevata permeabilità che varia sia

verticalmente che lateralmente al variare della natura litologica ed al relativo grado di carnificazione (coefficiente di permeabilità compreso tra  $10^{-1} \div 10^{-2}$  cm/sec).

In virtù di quanto sopra la zona oggetto è interessata dalla presenza di un acquifero profondo, presente nel basamento calcareo mesozoico, permeabile per fessurazione e carsismo, importante in termini di quantità che di qualità, la cui superficie piezometrica si attesta alla profondità di circa 20,00 mt dal p.c. con carico idraulico che varia nell'area in oggetto fra gli 2 ed i 3 mt s.l.m. (Fig. 5.4), il cui deflusso, proveniente dalla contigua Murgia, ha prevalentemente direzione NO-SE con cadente piezometrica in genere inferiore a 1‰ (Fig. 5.5).



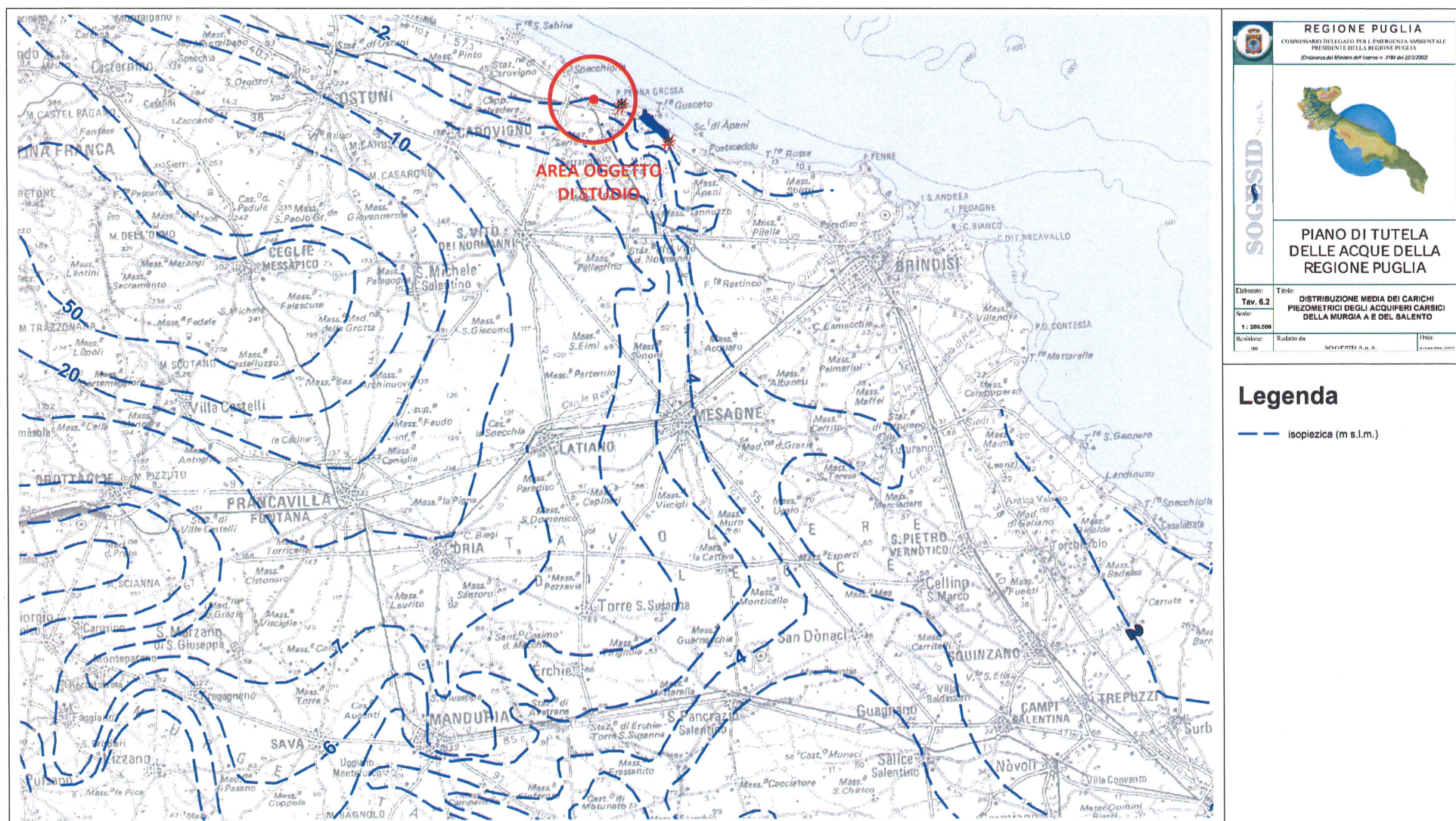


Fig. 5.4: Estratto Tav. 6.2 "Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi carsici della murgia e del Salento" del Piano di tutela delle acque della Regione Puglia - Isofreatiche dell'acquifero profondo



## 6. PERICOLOSITA' GEOLOGICHE, ASSETTO IDROGEOLOGICO ED IDROGRAFICO

Al fine di effettuare una valutazione complessiva della pericolosità geomorfologia, idraulica e del rischio, è stata effettuata:

1. l'analisi della cartografia allegata al **Piano di bacino stralcio assetto idrogeologico (P.A.I.)** della Regione Puglia in cui l'Autorità di Bacino ha individuato le aree esposte a pericolosità geomorfologia e idraulica e pertanto a rischio, di cui agli stralci riportati nelle pagine seguenti, estratte dal sito internet dell'Autorità di Bacino della Puglia <http://www.adb.puglia.it>;
2. l'analisi della **Carta Idro-geomorfologica della Regione Puglia allegata al Piano di bacino stralcio assetto idrogeologico (P.A.I.)** della Regione Puglia in cui l'Autorità di Bacino, al fine della salvaguardia dei corsi d'acqua, della limitazione del rischio idraulico e per consentire il libero deflusso delle acque, ha individuato il reticolo idrografico in tutto il territorio di competenza, nonché l'insieme degli alvei fluviali in modellamento attivo e le aree golenali, ove vige il divieto assoluto di edificabilità, di cui agli stralci riportate nelle pagine seguenti, estratte dal sito internet dell'Autorità di Bacino della Puglia <http://www.adb.puglia.it>.

Dall'analisi di cui ai punti precedenti, si evidenzia che l'area ospitante l'opificio in oggetto non ricade, neanche parzialmente:

- in aree perimetrate a pericolosità idraulica;
- in aree perimetrate a pericolosità geomorfologica;
- in aree perimetrate a rischio idraulico o geomorfologico;
- a meno di 75 mt da tratti di reticolo idrografici, alveo in modellamento attivo ed aree golenali non arealmente individuabili;

pertanto, secondo tale analisi, *sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio.*

## 7. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per la definizione dei caratteri litologici, stratigrafici e strutturali per la caratterizzazione fisico-meccanica e per la definizione della categoria di sottosuolo e dei parametri e coefficienti sismici locali dei terreni oggetto dell'intervento in progetto, è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche come di seguito dettagliata:

- a. indagine di prospezione sismica dei terreni realizzate a mezzo di **N° 1 indagini sismiche con metodologia Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e **N° 1 indagini sismiche con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)**;
- b. indagine di prospezione sismica dei terreni realizzate a mezzo di **N° 1 indagini sismiche con metodologia a Rifrazione**;



Fig. 7.1 Ubicazione delle indagini geognostiche

**LEGENDA:**

- ◆—◆ Profilo sismico M.A.S.W. - RE.MI
- ◆—◆ Profilo sismico a Rifrazione
- Area oggetto di interesse

## **8. DEFINIZIONE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO, CONDIZIONI TOPOGRAFICHE E PARAMETRI SISMICI LOCALI**

L'attuale normativa sismica si fonda sull'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20.03.2003 pubblicata sulla G.U. n° 105 del 08.05.2003 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zone sismiche" .

L'O.P.C.M. n° 3274/2003 rappresenta un primo tentativo di allineamento della normativa italiana con quella europea dato che esso si ispira completamente all'Eurocodice 8.

In prima fase di applicazione dell'ordinanza e fino alla formale individuazione e riclassificazione delle zone sismiche delle singole regioni, tale ordinanza, individua 4 nuove zone sismiche da 1 (maggiore pericolo) a 4 (minore pericolo) nelle quali suddivide l'intero territorio nazionale in relazione all'intensità e frequenza dei terremoti del passato.

A differenza della precedente classificazione, con l'O.P.C.M. n° 3274/2003, sparisce il territorio "non classificato", e viene introdotta la zona 4.

Secondo tale provvedimento legislativo, tutti i comuni italiani sono stati classificati in 4 categorie principali, indicative del loro rischio sismico, calcolato in base al PGA, Peak Ground Acceleration, cioè il valore di accelerazione massima del suolo (picco di accelerazione al suolo) misurata nel corso di un terremoto o attesa in un determinato sito che tiene conto dell'influenza degli eventuali effetti di amplificazione del moto sismico dovuti alle caratteristiche del sottosuolo o alla topografia.

**Zona 1** (identificata nella carta della "Classificazione sismica del territorio nazionale" con il colore **ROSSO**): Sismicità alta

Identifica la zona più pericolosa dove "possono verificarsi fortissimi terremoti" (PGA oltre 0,25 g).

**Zona 2** (identificata nella carta della "Classificazione sismica del territorio nazionale" con il colore **ARANCIONE**): Sismicità medio-alta

In questa zona possono verificarsi forti terremoti (PGA fra 0,15 e 0,25 g).

**Zona 3** (identificata nella carta della "Classificazione sismica del territorio nazionale" con il colore **GIALLO**): Sismicità medio-bassa

In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari (PGA fra 0,05 e 0,15 g).

**Zona 4** (identificata nella carta della "Classificazione sismica del territorio nazionale" con il colore **GRIGIO**): Sismicità bassa

È la zona meno pericolosa (PGA inferiore a 0,05 g).

L'O.P.C.M. n° 3274/2003 attribuisce alle singole regioni la facoltà di introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica in opere da edificare in zona 4 ad eccezione delle tipologie di edifici ed opere strategiche e rilevanti ai fini di protezione civile e del collasso degli stessi ove sussiste comunque l'obbligo di progettazione antisismica anche in zona 4.

In seguito con Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3519 del 28 aprile 2006, è stato adottato un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale, fornendo alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il territorio nelle quattro zone proposte, altre Regioni hanno classificato diversamente il proprio territorio, ad esempio adottando solo tre zone (zona 1, 2 e 3) e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità.

La Regione Puglia, con Deliberazione di Giunta n° 153 del 02.03.2004 pubblicata sul B.U.R.P. n° 33 del 18.03.2004, in recepimento della previgente normativa statale ha, provveduto alla classificazione sismica dell'intero territorio pugliese, elencando i comuni ricadenti nelle zone sismiche 1, 2, 3 e 4, nonché individuando le tipologie di edifici di interesse strategico e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità, durante gli eventi sismici assumeva rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, nonché degli edifici e delle opere infrastrutturali che potevano assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso, così come distinti negli elenchi "A" e "B", allegati alla medesima delibera n° 153/04. Contestualmente, stabiliva, "sino ad eventuale diversa determinazione" l'insussistenza dell'obbligo "della progettazione antisismica per gli edifici e le opere da realizzare sul territorio pugliese classificato in zona sismica 4", eccezion fatta per gli edifici di interesse strategico e/o rilevanti di cui ai suddetti elenchi "A" e "B", per i quali erano immediatamente applicabili i disposti normativi introdotti dalla citata O.P.C.M. n° 3274/03 e s.m.i., di cui all'O.P.C.M. n° 3316/03.

A seguito dell'anticipazione alla data dell'01.07.2009 dell'entrata in vigore delle Norme Tecniche, approvate con D.M. 14.01.2008, in conseguenza degli eventi sismici avvenuti in Abruzzo, al fine di meglio tutelare la pubblica e privata incolumità, la Regione Puglia con D.G.R. n. 1626 del 15 settembre 2009 ha ritenuto opportuno l'estensione dell'obbligo della progettazione antisismica anche per le costruzioni private da realizzare in zona sismica classificata "4", modificando quanto precedentemente previsto, nella fattispecie, dalla succitata delibera di G.R. n° 153/04. Pertanto, per tutte le tipologie di fabbricati ricadenti in siti classificati come zona sismica 4, il riferimento normativo è da ricondursi al disposto di cui al cap. 2 punto 2.7 delle Norme Tecniche di cui al D.M. 14.01.2008, nonché al capitolo C7 della relativa circolare esplicativa ministeriale 02 febbraio 2009 n° 617.



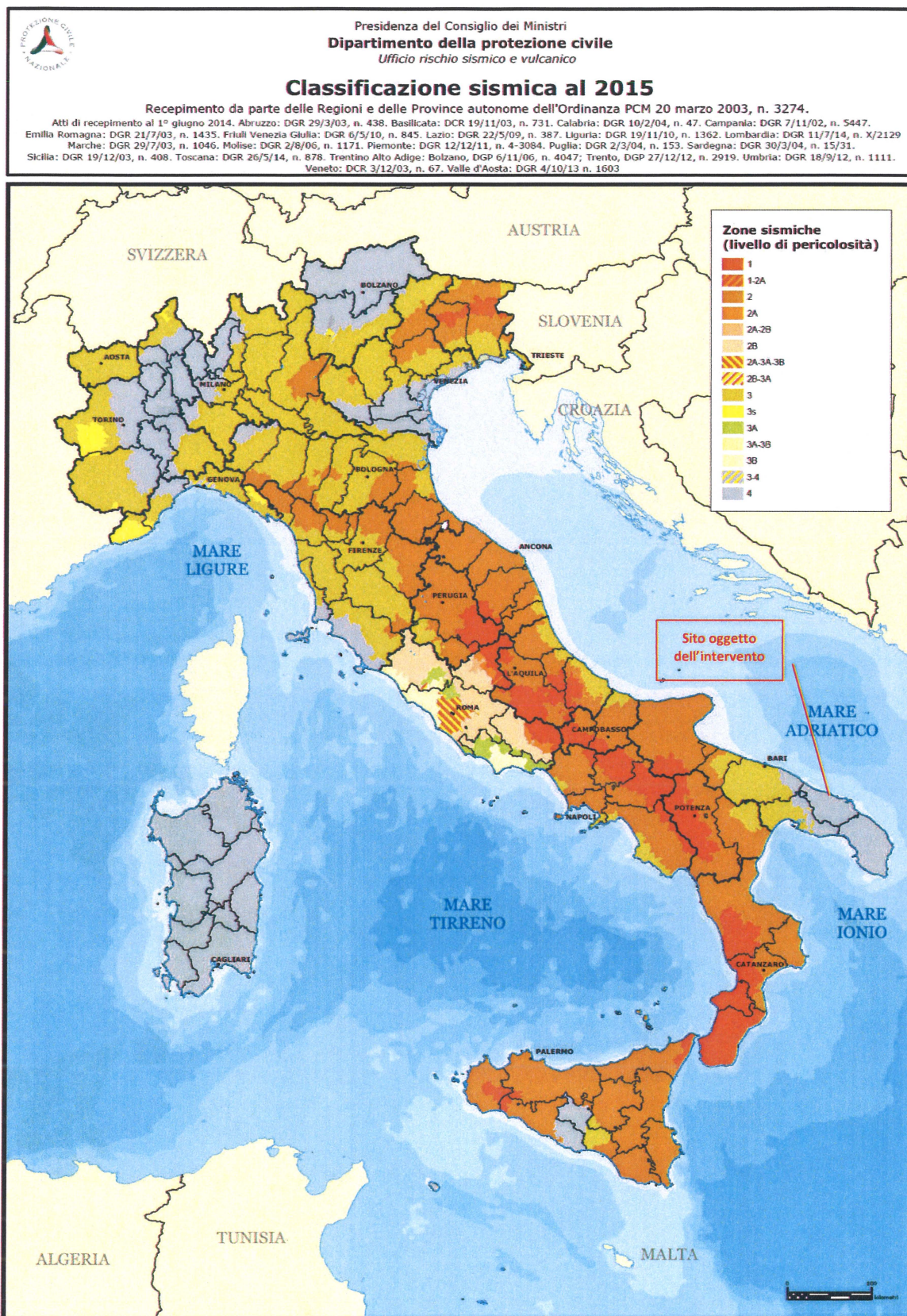


Fig. 8.1 Classificazione sismica del territorio del territorio nazionale (<http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/classificazione.wp>)

## 8.1 DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

In ottemperanza a quanto prescritto dal D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" come aggiornate dal D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 del D.M. 17 gennaio 2018 (NTC 2018).

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II di cui al D.M. 17 gennaio 2018 come sotto riportata, 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, VS.

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

CATEGORIA	DESCRIZIONE
<b>A</b>	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>B</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.
<b>C</b>	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.
<b>D</b>	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.
<b>E</b>	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.

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo (si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso), ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, 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 dalla seguente espressione

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

dove:

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

$V_{S,i}$  = 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 VS 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  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Il profilo delle velocità equivalenti di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  risulta necessario per:

- valutare l'azione sismica di progetto al livello delle fondazioni di qualunque struttura;
- valutare il rischio di liquefazione del terreno in sito;
- valutare rischi di instabilità dei pendii e/o delle opere di sostegno;
- valutare i cedimenti dei rilevati stradali, delle opere di sostegno, delle fondazioni degli edifici;
- valutare la trasmissione delle vibrazioni generate dai treni, dalle macchine vibranti, dalle esplosioni in superficie o in sotterraneo, dal traffico veicolare.

Le azioni sismiche delle cinque categorie di sottosuolo descritte nella tabella 3.2. Il sopra riportata, sono definite al § 3.2.3 delle NTC 2018.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

### 8.1.1 Definizione categoria di sottosuolo locale

Per la definizione della categoria di sottosuolo, come anticipato al capitolo precedente, è stata realizzata una campagna di indagine di prospezione sismica dei terreni a mezzo di **N° 1 indagine sismica con metodologia Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e **N° 1 indagine sismica con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)** eseguite con sismografo DoReMi RS232 a 12 canali e 16 bit della SARA Electronic Instruments con geofoni a 4.5 Hz, attraverso uno stendimento di 38,50 mt con distanza geofonica pari a 3,50 mt, le cui risultanze sono state elaborate per mezzo del software MASW ver. 4.1.0.0.

L'**analisi sismica** di sito, effettuata tramite l'utilizzo di antenne sismiche e metodologie **Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e **MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)**, consente di determinare il profilo di rigidezza del sito (velocità delle onde di taglio  $S$ ) tramite la misura di velocità di propagazione delle onde di superficie (onde di Rayleigh) ed un successivo processo di inversione. Le sorgenti sismiche sono rappresentate da una sorgente sismica passiva "rumori ambientali", o microtremori, costantemente generati da disturbi naturali o artificiali per la prova con metodologie **Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e da una sorgente sismica attiva, quale una mazza del peso di 5 kg battente verticalmente su una piastra circolare in acciaio del diametro di 220 mm, per la prova con metodologie **MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)**.

Le metodologie sopra riportate permettono altresì di definire il parametro  $V_{seq}$  utile per la classificazione dei terreni nelle categorie di suolo da utilizzare in seguito per la progettazione delle costruzioni secondo la normativa antisismica.

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency" (p-f), che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni (orizzontale e verticale) della linea sismica, e nel rappresentarne poi lo spettro di potenza su un grafico p-f (Fig. 8.2).

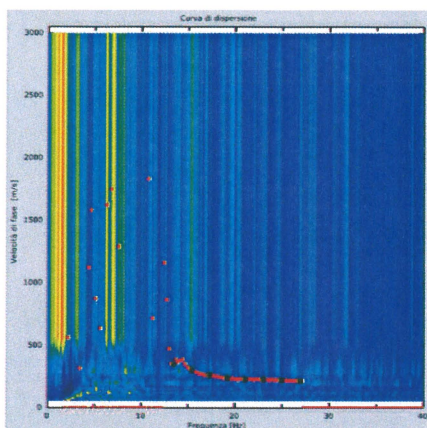


Fig. 8.2: Esempio di spettro di potenza p-f con picking.

Nell'immagine, riportata sopra, sono evidenziati gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza rilevante, e ciò consente un riconoscimento visivo delle onde di Rayleigh in quanto queste presentano un carattere dispersivo rispetto a quelle riconducibili ad altre modalità e tipi d'onda.

Sullo spettro di frequenza è eseguito un "picking" (soprassegno con quadratini neri) attribuendo ad un certo numero di punti una o più slowness (inverso della velocità di fase) per alcune frequenze (Fig. 8.2).

Tali valori poi sono riportati su di un diagramma periodo-velocità di fase (Fig. 8.3) per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo.

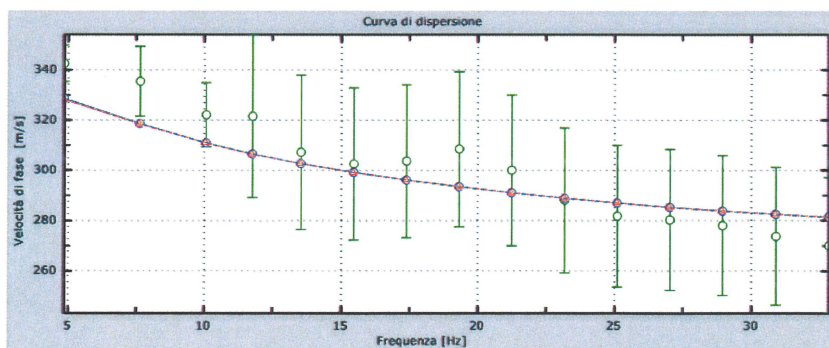


Fig. 8.3: Esempio di diagramma periodo-velocità di fase estratto dalla prova Re.Mi.

Variando la geometria del modello interpretativo ed i valori di velocità delle onde "S" si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione, rappresentata con il colore magenta nella figura 3; si consegue un buon fitting con i valori sperimentali e si assume tale modello come interpretativo.



Lo studio dello spettro di potenza permette in definitiva la ricostruzione di un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, con le velocità delle onde di superficie "S" (esprese in m/s) e la profondità (espressa in metri).

Si riporta di seguito la documentazione fotografica e la restituzione grafica delle risultanze dell'indagine in oggetto.

#### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Fig. 8.4: Documentazione fotografica Indagini Sismiche Re.Mi.-MASW



## RESTITUZIONE GRAFICA INDAGINE RE.MI. - MASW

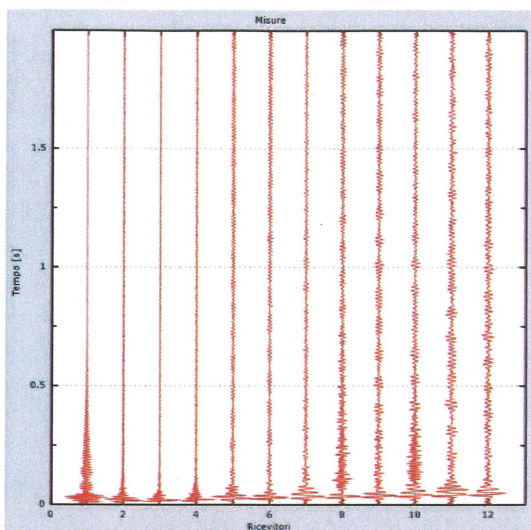


Fig. 8.5 Tracce sperimentali MASW

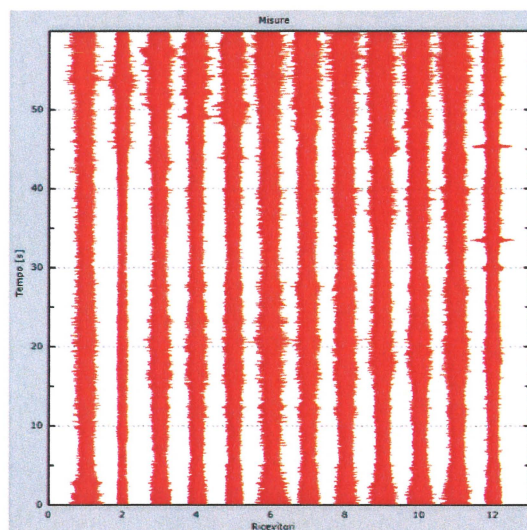


Fig. 8.6 Tracce sperimentali RE.MI

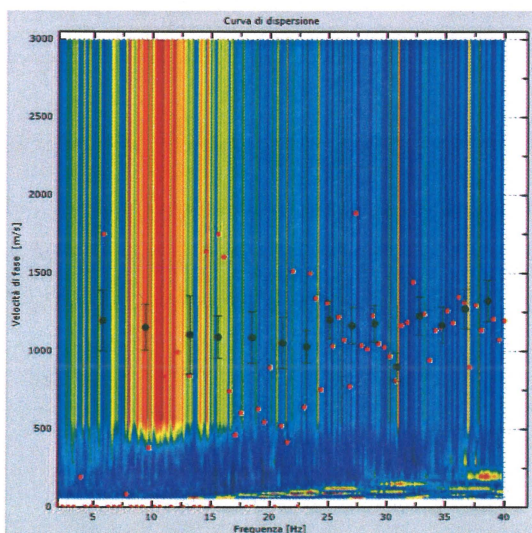


Fig. 8.7 Curva di dispersione nel piano f-p

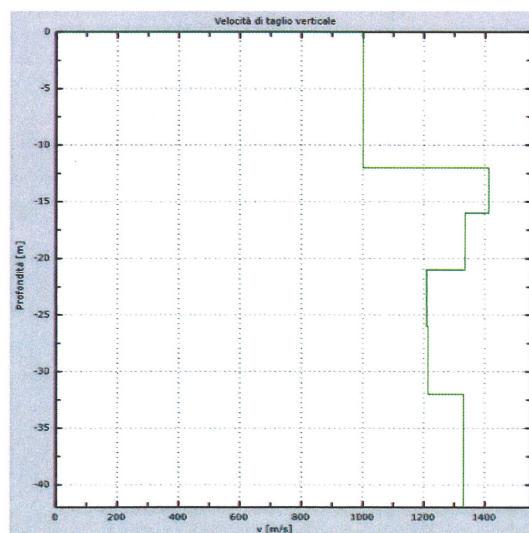


Fig. 8.8 Profilo Vs numerico

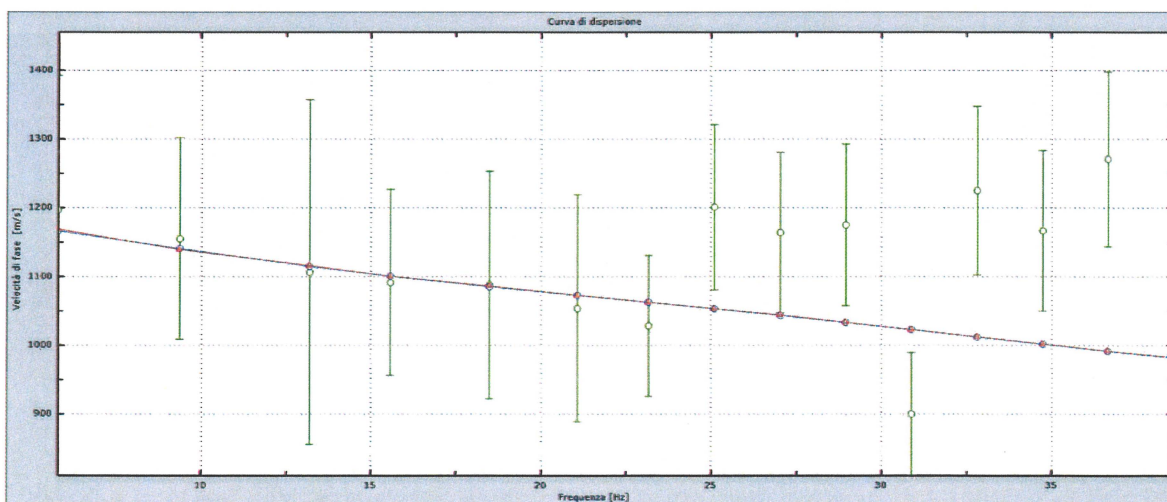


Fig. 8.9 Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

Dall'analisi sismica in sito effettuata tramite la metodologia **Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e **MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)** di cui sopra, ci si è ricavati un valore di  $V_{S30}$  pari a: 1.153,00 m/sec.

Nel caso di specie, trovandoci in condizione di roccia affiorante e considerando che, in relazione alle opere in progetto, la profondità piano di imposta delle fondazioni superficiali può essere ipotizzato pari al piano campagna, ed avendo misurato un valore di  $V_{S30}$  di cui sopra pari a 1.153,00, secondo la formula seguente:

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

la  $V_{S,eq}$  dovrà essere quella relativa al primo strato di roccia affiorante su cui si attesteranno le fondazioni delle opere in progetto, sulla base della quale è possibile classificare il sottosuolo di fondazione come segue:

**Tabella: Classificazione della categoria di sottosuolo**

$V_{S,eq}$ (m/s)	Descrizione	Stima categoria sottosuolo
<b>950,00</b>	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>A</b>

## 8.2 PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI LOCALI

### 8.2.1 Definizione condizioni topografiche locali

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III - NTC-2018):

**Tabella 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 $i > 30^\circ$

Trovandoci in condizioni superficiali semplici sulla base di quanto sopra esposto, è possibile classificare le condizioni topografiche dell'area indagata come rientranti nella categoria **T1** "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ".



### 8.2.2 Parametri e coefficienti sismici locali

Sulla base delle considerazioni esposte nei capitoli precedenti sono state determinati, attraverso l'utilizzo del software con **GeoStru PS Parametri sismici v. 1.5** (disponibile sul sito internet <http://www.geostru.com/geoapp>), i parametri e coefficienti sismici associato a ciascuno stato limite secondo le NTC 2008 e la Circolare Ministeriale n. 617 del 2 Febbraio 2009, come di seguito riportati.

PARAMETRO	VALORE
Tipo di costruzione (Tab. 2.4.I NTC-2018)	2. Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
Vita nominale di progetto ( $V_N$ ) (Tab. 2.4.I NTC-2018)	Valore minimo $V_N = 50$ anni
Classe d'uso dell'opera (§ 2.4.2 NTC-2018)	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, .....
Coefficiente d'uso (§ 2.4.2 NTC-2018, Tab. 2.4.II)	$C_u = 1,0$
Categoria di sottosuolo (§ 3.2.2 NTC-2018 Tab. 3.2.II)	A ( $V_{s,eq} = 950,00$ m/s)
Categoria topografica (§ 3.2.2 NTC-2018 Tab. 3.2.III)	T1
Periodo di riferimento per l'azione sismica (§ 2.4.3 NTC-2018 Tab. 2.4.II)	$V_R = V_N \cdot C_u = 50$ anni
Classificazione sismica (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274/03 come recepita dalla Regione Puglia con DGR n. 153 del 02.03.2004) come da figura di seguito riportata	Comune di Carovigno (BR) – ZONA 4
Coordinate geografiche del sito espresse in WGS84	Latitudine: 40.719496° Longitudine: 17.758467°
Coordinate geografiche del sito espresse in ED50	Latitudine: 40.720473° Longitudine: 17.759258°
Punti della maglia	1      33475      2      33476
	3      33254      4      33253

#### PARAMETRI SISMICI:

STATO LIMITE	Probabilità di superamento (%)	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
<b>SLO</b>	81	30	0,015	2,379	0,156
<b>SLD</b>	63	50	0,020	2,395	0,222
<b>SLV</b>	10	475	0,046	2,592	0,434
<b>SLC</b>	5	975	0,055	2,750	0,455

SLO = Stato Limite di Operatività - SLD = Stato Limite di Danno - SLV = Stato Limite di salvaguardia della Vita - SLC = Stato Limite di prevenzione del Collasso -  $T_R$  = Tempo di ritorno -  $a_g$  = accelerazione orizzontale massima del terreno -  $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale -  $T_c^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

#### COEFFICIENTI SISMICI:

STATO LIMITE	$S_S$ [-]	$C_c$ [-]	$S_T$ [-]	$K_h$ [-]	$K_v$ [-]	$A_{max}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$Beta$ [-]
<b>SLO</b>	1,000	1,000	1,000	0,003	0,002	0,147	0,200
<b>SLD</b>	1,000	1,000	1,000	0,004	0,002	0,195	0,200
<b>SLV</b>	1,000	1,000	1,000	0,009	0,005	0,452	0,200
<b>SLC</b>	1,000	1,000	1,000	0,011	0,007	0,535	0,200

$S_S$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica -  $S_T$  = coefficiente di amplificazione topografica -  $C_c$  = coefficiente funzione della categoria di sottosuolo -  $K_h$  = Coefficiente sismico orizzontale -  $K_v$  = Coefficiente sismico verticale -  $A_{max}$  = Accelerazione orizzontale massima attesa -  $Beta$  = Coefficiente di riduzione per  $A_{max}$ .

## **9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI DEPOSITI INDAGATI**

### **9.1 PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE**

Per la definizione delle caratteristiche geotecniche dei depositi indagati, come anticipato al capitolo 7, ci si è riferiti alle risultanze di una campagna di indagine di prospezione sismica dei terreni a mezzo di **N° 1 profilo sismico a rifrazione** eseguita dallo scrivente con sismografo DoReMi RS232 a 12 canali e 16 bit della SARA Electronic Instruments con geofoni a 4.5 Hz, attraverso n° 1 stendimento di 38,50 mt con distanza geofonica pari a 3,5 mt come di seguito ubicate, le cui risultanze sono state elaborate per mezzo del software INTERSISM del Geo&Soft.

La prospezione sismica studia i tempi di propagazione di onde elastiche che, generate al suolo, si propagano nel sottosuolo riflettendosi e rifrangendosi su eventuali superfici di discontinuità presenti.

Il principio secondo cui, quando un'onda sismica incontra una superficie di separazione tra due mezzi con caratteristiche elastiche differenti, una parte dell'energia dell'onda si riflette nello stesso mezzo in cui si propaga l'onda incidente, e una parte si rifrange nel mezzo sottostante, correlate con le note leggi di Snell permette di determinare la velocità di propagazione delle onde e le costanti elastiche dei terreni attraversati.

La sismica a rifrazione consiste quindi nel provocare delle onde sismiche che si propagano nei terreni, la cui velocità dipende dalle caratteristiche di elasticità degli stessi. In presenza di particolari strutture, possono essere rifratte e ritornare in superficie, dove, tramite appositi sensori (geofoni), posti a distanza nota dalla sorgente lungo una linea retta, si misurano i tempi di arrivo delle onde longitudinali (onde P), al fine di determinare la velocità ( $V_p$ ) con cui tali onde coprono le distanze tra la sorgente ed i vari ricevitori.

I dati così ottenuti si riportano su diagrammi cartesiani aventi in ascissa le distanze e in ordinata i tempi dei primi arrivi dell'onda proveniente dalla sorgente. In questo modo si ottengono delle curve (dromocrone) che, in base ad una metodologia interpretativa basata essenzialmente sulla legge di Snell, ci permettono di determinare la velocità di propagazione delle onde  $V_p$  (Velocità longitudinale) e  $V_s$  (Velocità trasversale) e le costanti elastiche dei terreni attraversati.

Nello specifico è stato eseguito un profilo sismico coniugato, adottando una distanza tra i geofoni di 4 metri; l'energizzazione è stata ottenuta utilizzando una massa battente del peso di 5 kg ed una piastra circolare.

Le onde così generate sono state registrate con un sismografo DoReMi RS232 a 12 canali e 16 bit della SARA Electronic Instruments, il quale consente di ottenere le misurazioni dei tempi di arrivo delle onde sismiche che si propagano nel sottosuolo.



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Fig. 9.1: Documentazione fotografica Indagini Sismiche a RIFRAZIONE

L'interpretazione dei dati di campagna, è stata eseguita tramite l'applicazione congiunta e computerizzata del Metodo Reciproco Generalizzato (G.R.M.), ideato da Palmer (1980) e delle intercette, attraverso il software INTERSISM 2.2 della Geo&Soft.

Dai profili sismici si individua un modello stratigrafico caratterizzato da due sismo-strati; in affioramento, al di sotto di un esiguo spessore di terreno vegetale, con  $V_p$  di 720,3 m/sec, si rileva una copertura assimilabile a depositi calcarei fratturati, seguiti alla profondità di circa 2,5 mt dal p.c. da



depositi calcarei da mediamente a poco fratturati caratterizzati da una  $V_p$  di 1.386,3 m/sec per uno spessore di almeno 5 mt.

Quanto emerso dal rilevamento e dalle indagini geofisiche eseguite, opportunamente correlato con i dati di letteratura, ha permesso di ricostruire la stratigrafia ed i principali parametri geotecnici del sottosuolo come di seguito riportato.

### ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

Consorzio di gestione di Torre Guaceto  
C.da Bufaloria  
Carovigno (BR)

#### POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
-3.00	23.00	2018-03-21_10-42-10_05000_00025_012_Acquis_SEG2.dat
19.00	23.00	2018-03-21_10-39-13_05000_00025_012_Acquis_SEG2.dat
42.00	23.00	2018-03-21_10-34-36_05000_00025_012_Acquis_SEG2.dat

#### POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da -3 [ms]	FBP da 16,5 [ms]	FBP da 36 [ms]
1	0.00	23.00	8.40	22.00	35.00
2	3.50	23.00	11.80	18.80	32.60
3	7.00	23.00	13.60	16.60	30.40
4	10.50	23.00	14.20	13.80	28.00
5	14.00	23.00	18.00	10.60	25.60
6	17.50	23.00	22.20	4.60	23.20
7	21.00	23.00	24.60	3.41	20.00
8	24.50	23.00	27.00	7.87	16.60
9	28.00	23.00	28.80	9.40	13.20
10	31.50	23.00	31.20	13.60	10.80
11	35.00	23.00	35.20	18.40	6.40
12	38.50	23.00	37.20	20.40	3.80

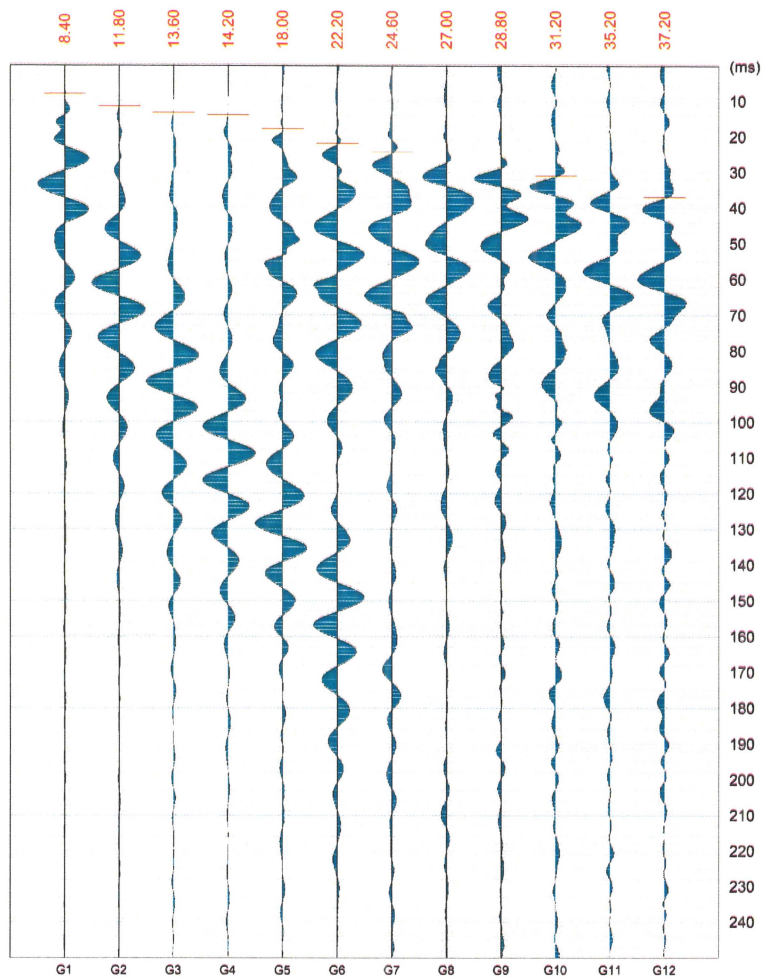
#### DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]
1	2.2
2	2.1
3	2.3
4	2.3
5	2.2
6	2.5
7	2.6
8	2.3
9	2.0
10	2.4
11	3.2
12	3.0

#### VELOCITA' DEGLI STRATI

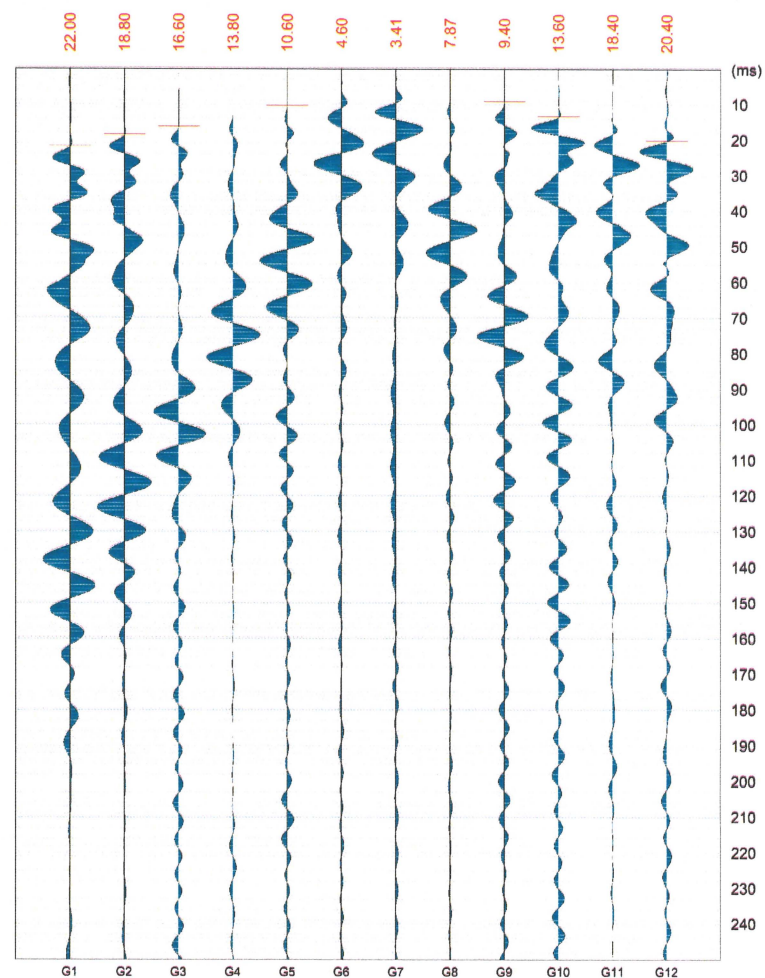
N. Strato	Velocità [m/s]
1	720.3
2	1386.3

**Consorzio di gestione di Torre Guaceto**  
**C.da Bufaloria**  
**Carovigno (BR)**



www.geoandsoft.com

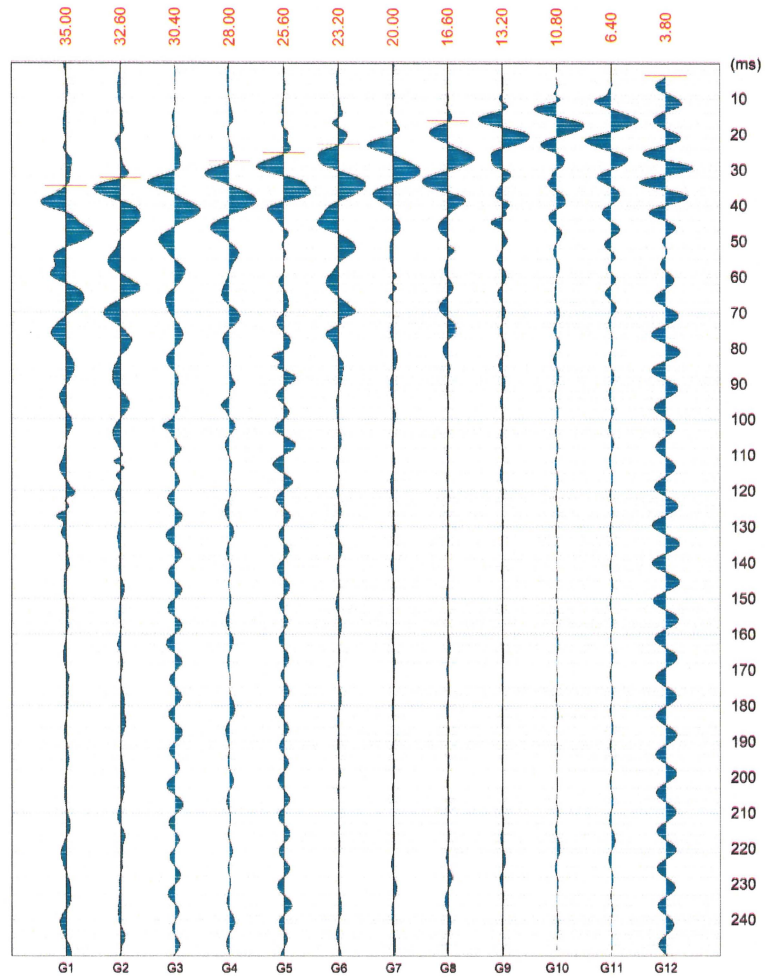
**Consorzio di gestione di Torre Guaceto**  
**C.da Bufaloria**  
**Carovigno (BR)**



www.geoandsoft.com



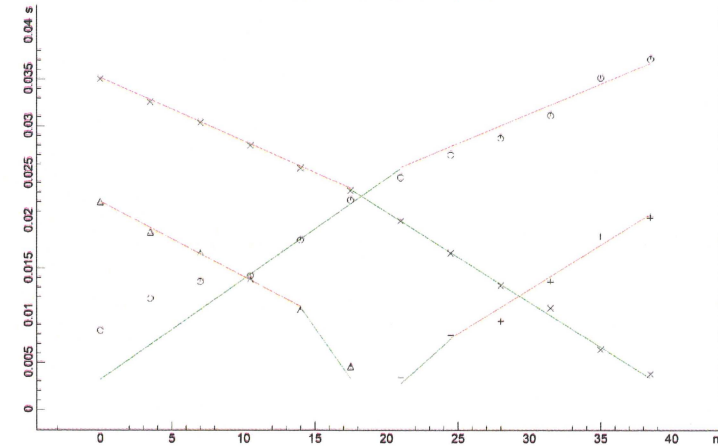
Consorzio di gestione di Torre Guaceto  
C.da Bufaloria  
Carovigno (BR)



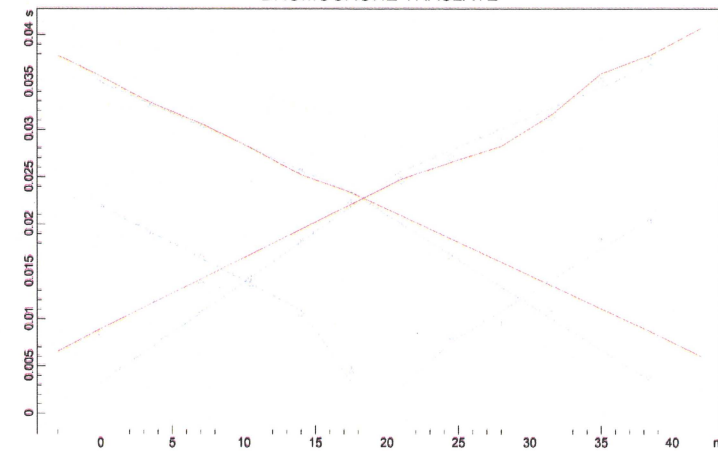
www.geoandsoft.com

Consorzio di gestione di Torre Guaceto  
C.da Bufaloria  
Carovigno (BR)

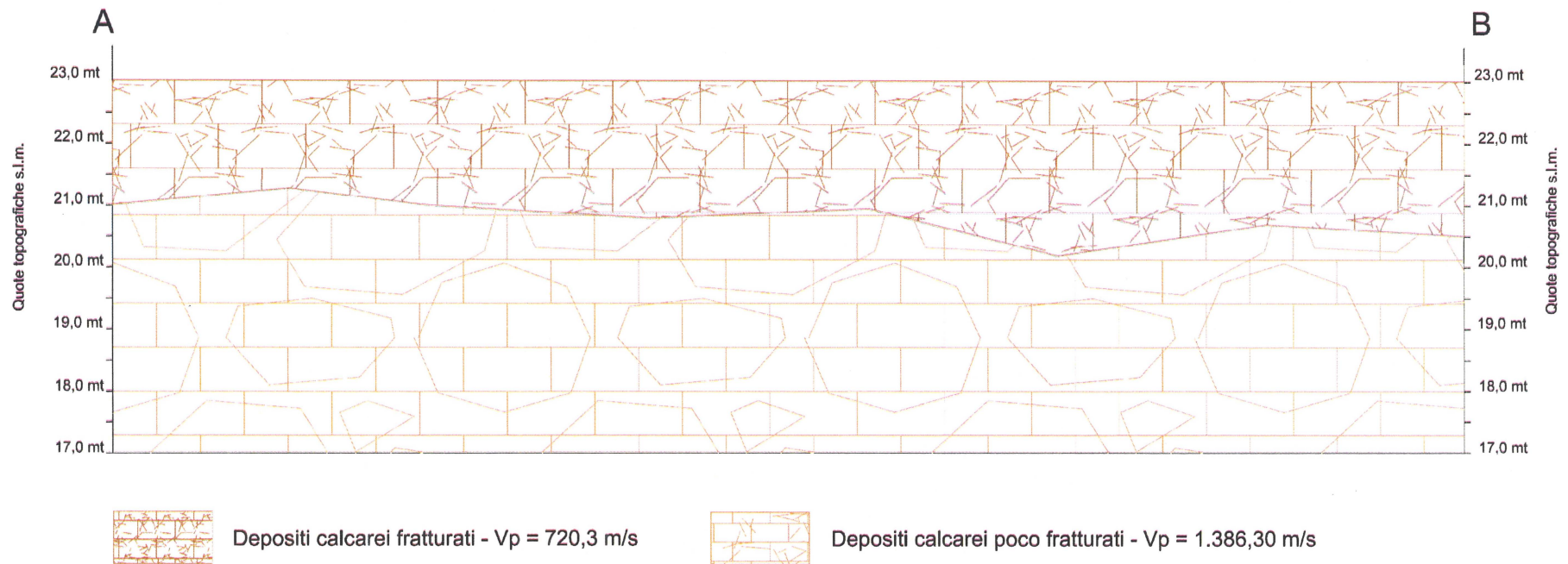
DROMOCRONE ORIGINALI



DROMOCRONE TRASLATE



www.geoandsoft.com



VELOCITÀ - MODULI ELASTICI – PARAMETRI GEOTECNICI											
Sismo-strato	Litologia	Prof. (m)	$V_p$ (m/sec)	$V_s$ (m/sec)	$\nu$	$\gamma$ ( $\text{t/m}^3$ )	$E_d$ (Mpa)	$E_s$ (Mpa)	$\phi$ ( $^\circ$ )	$C_u$ ( $\text{Kg/cm}^2$ )	$G_0$ (Mpa)
1	Calcarei fratturati	0,00 ÷ 2,50	720,30	320,00	0,38	1,98	875	105	24	0,03	259
2	Calcarei mediamente fratturati	2,50 ÷ 7,00	1.386,3	850,00	0,20	2,12	12.063	1.453	31	0,20	3.771

$V_p$  = Velocità longitudinale;  $V_s$  = Velocità trasversale;  $\nu$  = Modulo di Poisson;  $\gamma$  = Peso per unità di volume;  $E_d$  = Modulo elastico dinamico;  $E_s$  = Modulo elastico statico;  $\phi$  = Angolo di resistenza al taglio (angolo di attrito);  $C_u$  = Coesione non drenata;  $G_0$  = Modulo di taglio.

## 10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Scopo del presente studio è stato quello di:

1. della caratterizzazione e modellazione geologica al fine della ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio indagato onde verificare la fattibilità tecnica delle opere in progetto;
2. della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni indagati, definire il modello geotecnico e la categoria sismica di sottosuolo ed i parametri e coefficienti sismici locali, secondo quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" come aggiornate dal D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni";

dei terreni ubicati nel territorio comunale di Carovigno (BR) a ridosso dell'area marina protetta di Torre Guaceto censiti al foglio di mappa n° 36 particelle n° 704, 705, 706 e 707, nell'ambito del progetto di "Realizzazione della porta della riserva, interventi per miglioramento mobilità sostenibile e infrastruttura verde area marina protetta di Torre Guaceto".

L'indagine, svolta in conformità alle normative tecniche vigenti, è stata articolata nelle seguenti fasi di studio:

- raccolta e consultazione della documentazione geologica e geomorfologica esistente relativa a studi ed analisi effettuate nella stessa area, in aree limitrofe o in situazioni del tutto analoghe;
- raccolta ed analisi accurata della cartografia dell'area;
- rilievi di superficie, effettuati allo scopo di definire le forme e l'estensione delle strutture di superficie e di descrivere l'idrografia superficiale (Rilievo geomorfologico), di riconoscere l'estensione areale ed i limiti dei litotipi presenti nell'area (Rilievo geolitologico), di individuare eventuali strutture di tipo fragile e di tipo duttile (Rilievo geologico - strutturale);
- indagine di prospezione sismica dei terreni realizzate a mezzo di **N° 1 indagini sismiche con metodologia Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e **N° 1 indagini sismiche con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)** eseguito dallo scrivente in area adiacente a quella interessata dalla sagoma di ingombro dell'opere che si andranno a realizzare;
- indagine di prospezione sismica dei terreni realizzate a mezzo di **N° 1 indagini sismiche con metodologia a Rifrazione** eseguito dallo scrivente in area adiacente a quella interessata dalla sagoma di ingombro dell'opere che si andranno a realizzare.

In virtù di quanto sopra si attesta che:

- l'area interessata dalle opere in progetto:
  - a. non ricade, neanche parzialmente:
    - in aree perimetrate a pericolosità idraulica;
    - in aree perimetrate a pericolosità geomorfologica;
    - in aree perimetrate a rischio idraulico o geomorfologico;



- b. mentre ricade a meno di 75 mt da tratti di reticolo idrografici, alveo in modellamento attivo ed aree golenali non arealmente individuabili.
- l'area indagata è interessata dalla presenza di una falda profonda, il cui il livello statico si attesta alla profondità superiori ai 20,00 mt dal p.c.;
  - sulla base del valore della velocità equivalente  $V_{s30}$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità ricavata dall'analisi sismica in sito è possibile classificare il sottosuolo di fondazione di tipo **A** ( $V_{s,eq} = 950,00$  m/s);
  - le condizioni topografiche dell'area indagata fanno sì che la stessa rientri nella categoria **T1** "Superficie piana, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ";
  - sulla base delle premesse riportate al capitolo 7.3 considerando che l'area oggetto di studio è similmente classificata come zona 4, i parametri sismici locali sono sintetizzati nelle tabelle seguenti:

**PARAMETRI SISMICI:**

STATO LIMITE	Probabilità di superamento (%)	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
<b>SLO</b>	81	30	0,015	2,379	0,156
<b>SLD</b>	63	50	0,020	2,395	0,222
<b>SLV</b>	10	475	0,046	2,592	0,434
<b>SLC</b>	5	975	0,055	2,750	0,455

SLO = Stato Limite di Operatività - SLD = Stato Limite di Danno - SLV = Stato Limite di salvaguardia della Vita - SLC = Stato Limite di prevenzione del Collasso -  $T_R$  = Tempo di ritorno -  $a_g$  = accelerazione orizzontale massima del terreno -  $F_o$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale -  $T_c^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

**COEFFICIENTI SISMICI:**

STATO LIMITE	$S_S$ [-]	$C_c$ [-]	$S_T$ [-]	$K_h$ [-]	$K_v$ [-]	$A_{max}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$Beta$ [-]
<b>SLO</b>	1,000	1,000	1,000	0,003	0,002	0,147	0,200
<b>SLD</b>	1,000	1,000	1,000	0,004	0,002	0,195	0,200
<b>SLV</b>	1,000	1,000	1,000	0,009	0,005	0,452	0,200
<b>SLC</b>	1,000	1,000	1,000	0,011	0,007	0,535	0,200

$S_S$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica -  $S_T$  = coefficiente di amplificazione topografica -  $C_c$  = coefficiente funzione della categoria di sottosuolo -  $K_h$  = Coefficiente sismico orizzontale -  $K_v$  = Coefficiente sismico verticale -  $A_{max}$  = Accelerazione orizzontale massima attesa -  $Beta$  = Coefficiente di riduzione per  $A_{max}$ .

- i principali parametri fisico-meccanici che caratterizzano il modello geotecnico dei depositi indagati sono sintetizzati nella tabella seguente:

**SINTESI PARAMETRI MODELLO GEOTECNICO**

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)		PARAMETRI GEOTECNICI	CORRELAZIONE	VALORE
	DA	A			
TERRENO VEGETALE (ORIZZONTE 1)	0,00	0,50	=	=	=
DEPOSITO CALCAREO FRATTURATO	0,50	2,50	Coesione ( $C_u$ )	Kg/cmq	0,03
			Angolo di attrito	Gradi ( $^\circ$ )	24
			Peso unità di volume ( $\gamma$ )	t/mc	1,98

**SINTESI PARAMETRI MODELLO GEOTECNICO**

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)		PARAMETRI GEOTECNICI	CORRELAZIONE	VALORE
	DA	A			
(ORIZZONTE 2)			Modulo Elastico Dinamico (Ed)	Mpa	875
			Modulo Elastico Statico (Es)	Mpa	105
			Modulo di Poisson (v)	=	0,38
			Modulo di Taglio (G <sub>0</sub> )	Mpa	259
			Profondità falda	mt dal piano campagna	Non rilevata
DEPOSITO CALCAREO DA MEDIAMENTE A POCO FRATTURATO (ORIZZONTE 3)	2,50	7,00	Coesione (Cu)	Kg/cm <sup>2</sup>	0,20
			Angolo di attrito	Gradi (°)	31
			Peso unità di volume (γ)	t/mc	2,12
			Modulo Elastico Dinamico (Ed)	Mpa	12.063
			Modulo Elastico Statico (Es)	Mpa	1.453
			Modulo di Poisson (v)	=	0,20
			Modulo di Taglio (G <sub>0</sub> )	Mpa	3.771
			Profondità falda	mt dal piano campagna	Non rilevata

*Dovendo sempre supporre un certo grado di imprevedibilità, caratteristica propria delle formazioni geologiche, si rimanda comunque al progettista e/o direttore dei lavori l'onere di verificare, in fase esecutiva, la rispondenza tra quanto previsto e quanto effettivamente riscontrato, differendo in caso contrario le soluzioni progettuali sulla scorta di ulteriori approfondimenti.*

Tanto si doveva in espletamento dell'incarico affidatomi.

Brindisi, li 22.03.2018

IL TECNICO  
(Timbro e firma)

Geologo dott. Dario FISCHETTO







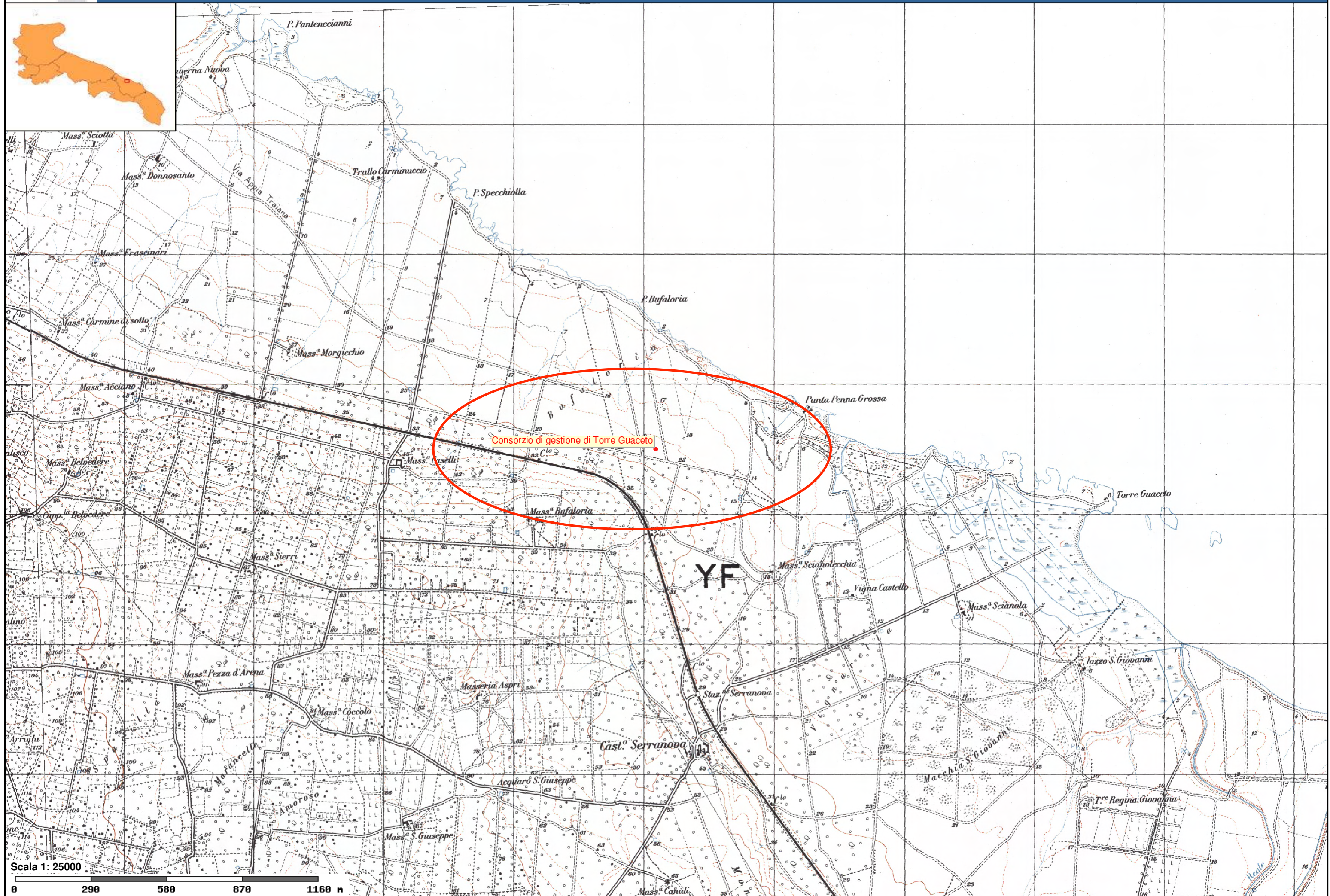


Consorzio di gestione di Torre Guaceto

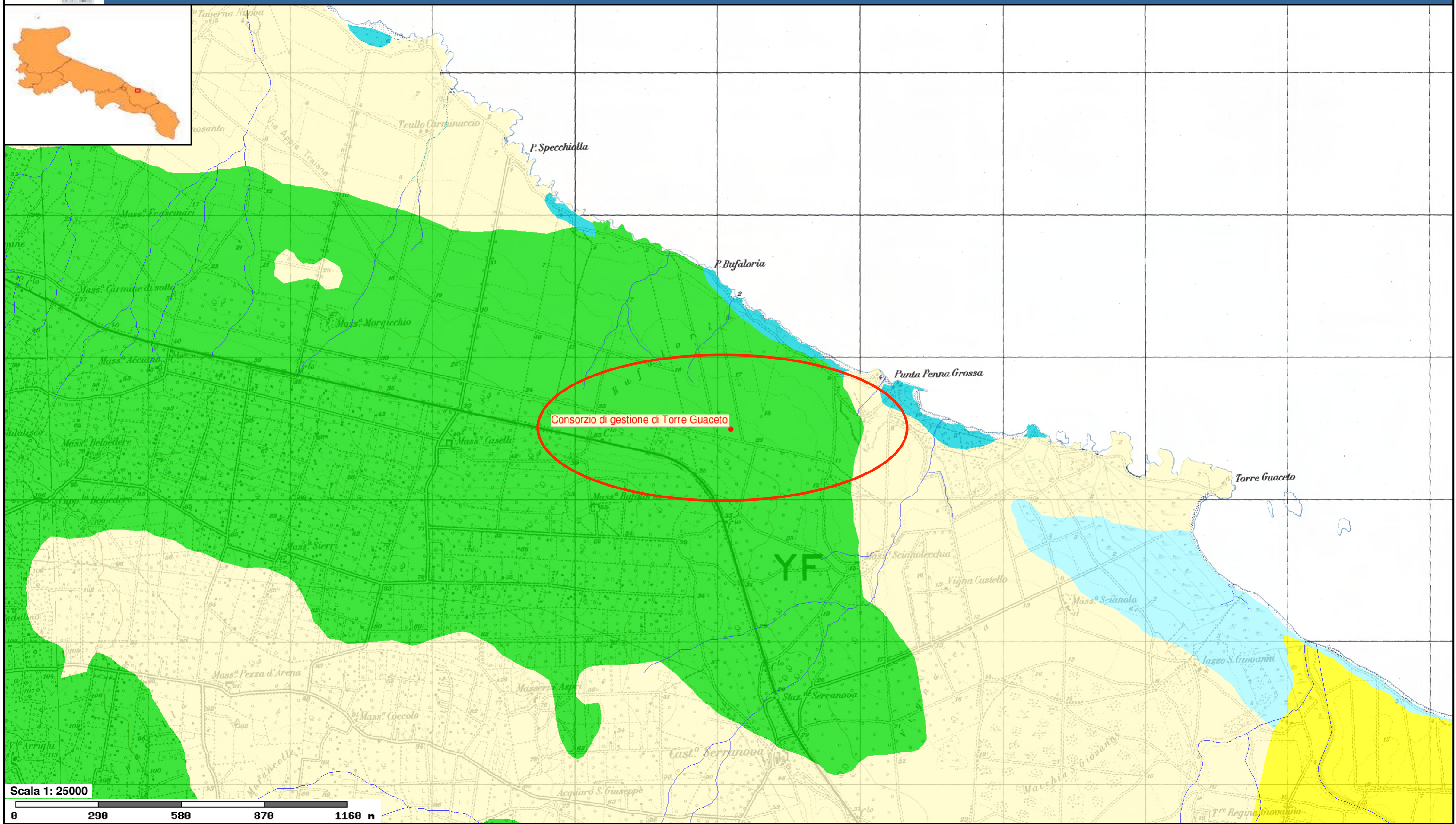
Scala 1: 5000

0 60 120 180 240 m



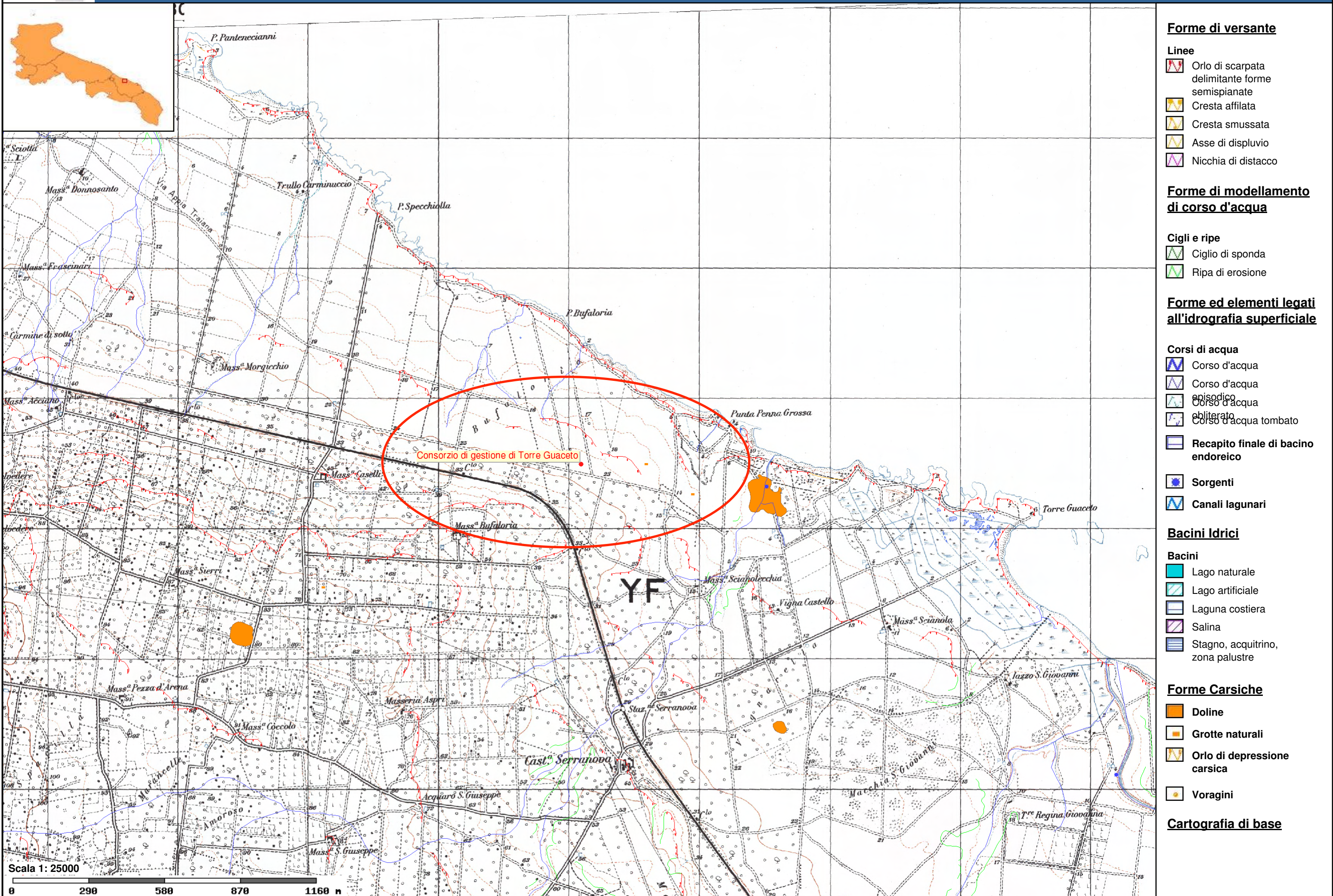




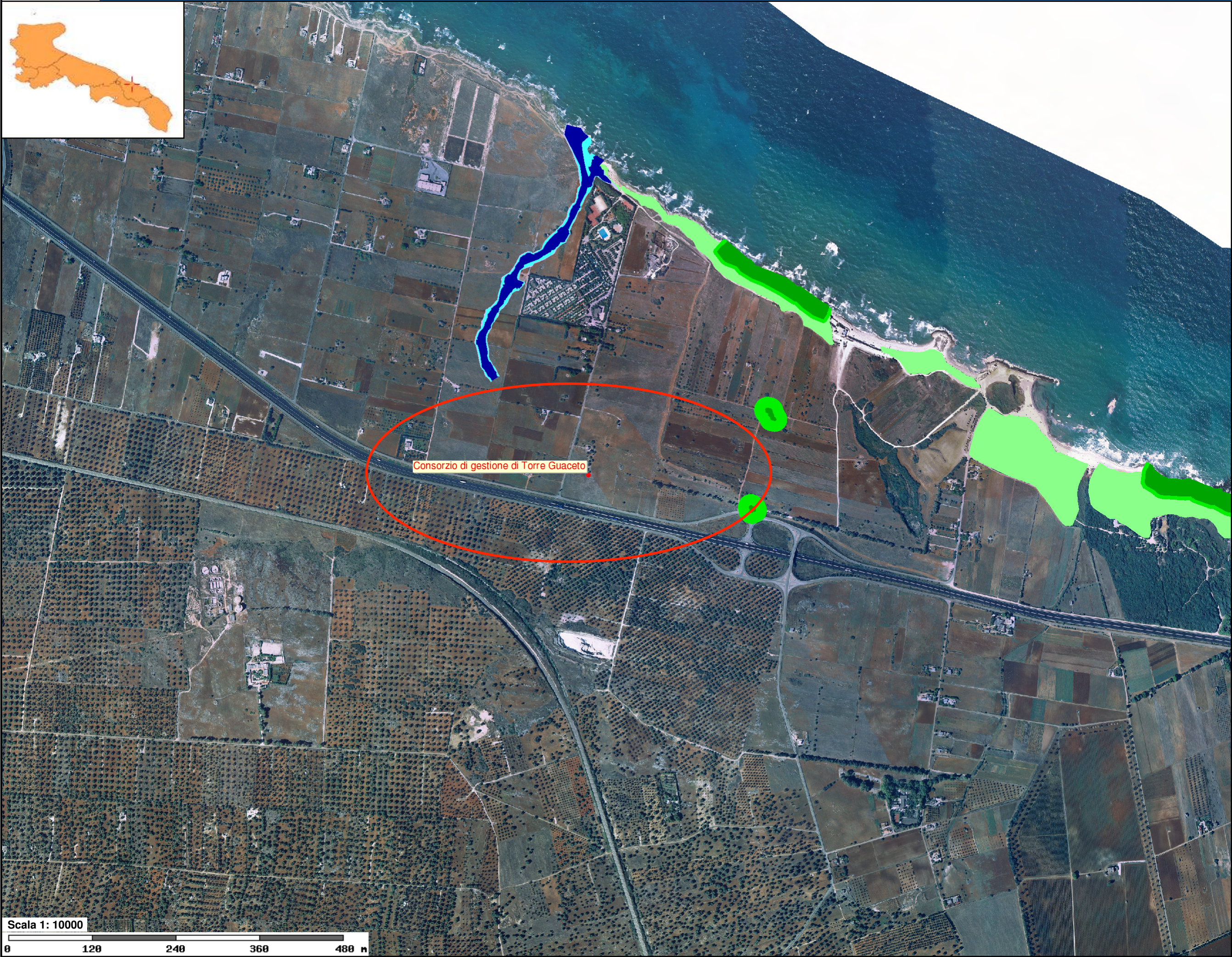


<b>Elementi Geostrutturali</b>  <b>Litologia substr.</b> <div> <div></div> Unità prevalentemente calcarea o dolomitica </div> <div> <div></div> Unità a prevalente componente argillosa </div> <div> <div></div> Unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica </div>			<div> <div></div> Unità a prevalente componente arenitica </div> <div> <div></div> Unità a prevalente componente ruditica </div> <div> <div></div> Unità costituite da alternanze di rocce a composizione e/o granulometria variabile </div> <div> <div></div> Unità a prevalente componente argillitica con un generale assetto caotico </div> <div> <div></div> Depositi sciolti a prevalente componente pelitica </div>			<div> <div></div> Depositi sciolti a prevalente componente sabbioso-ghiaiosa </div> <div> <b>Forme ed elementi legati all'idrografia superficiale</b>   <b>Corsi di acqua</b>  <div> <div></div> Corso d'acqua </div> <div> <div></div> Corso d'acqua episodico </div> <div> <div></div> Corso d'acqua obliterato </div> </div>			<div> <div></div> Corso d'acqua tombato </div> <div> <b>Cartografia di base</b> </div>		
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	----------------------------------------------------------------------------------------	--	--









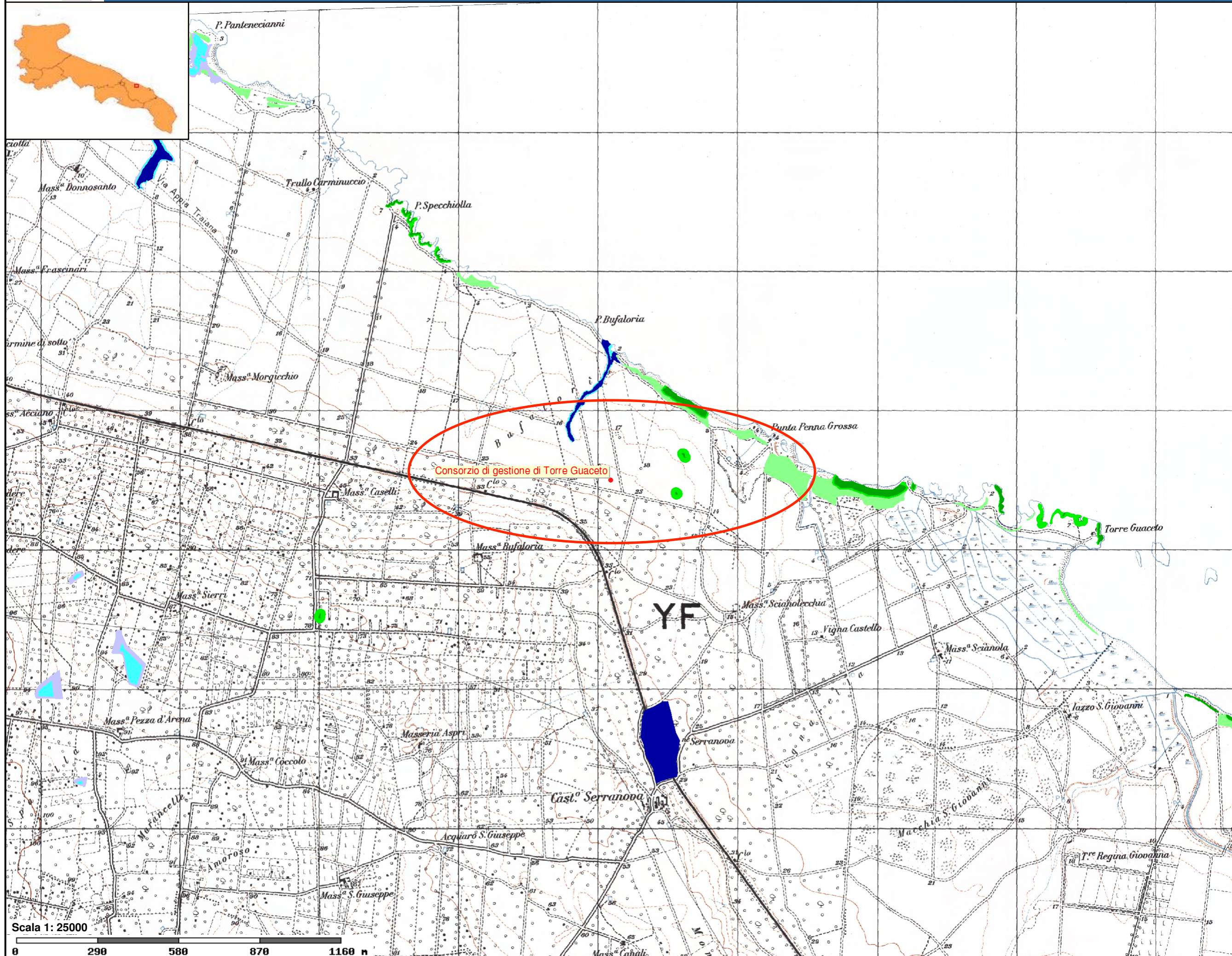
**Pericolosità e Rischio**

- Peric. Geomorf.**
- media e moderata (PG1)
  - elevata (PG2)
  - elevata (PG3)

- Peric. Idraulica**
- bassa (BP)
  - media (MP)
  - alta (AP)

**Cartografia di base**





**Pericolosità e Rischio**

**Peric. Geomorf.**

media e moderata (PG1)

elevata (PG2)

elevata (PG3)

**Peric. Idraulica**

bassa (BP)

media (MP)

alta (AP)

**Cartografia di base**