

COMUNE DI CAROVIGNO

Provincia di Brindisi

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA ATTIVITA' DEDITA ALLA TRASFORMAZIONE DI PRODOTTI ORTOFRUTTICOLI IN CONTRADA FURCHI NEL COMUNE DI CAROVIGNO

IL PROGETTISTA

arch. Cosimo LOMONACO
arch. Mara BRANDI

IL COMMITENTE

Ditta EPIFANI Teodosio

IL GEOLOGO

Dott. Massimilian BRANDI

Data

12 marzo 2013

Tavola

studio
GEOLOGICO E GEOTECNICO

D.M. 11 marzo 1988 " norme tecniche riguardanti..." TU DM 14.01.2008

INDICE

1. OGGETTO

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL' AREA

4. CENNI GEOLOGICI

5. ASPETTI MORFOLOGICI

6. STRATIGRAFIA DELL' AREA IN ESAME

7. CARATTERI IDROGEOLOGICI DELLE LITOLOGIE PRESENTI

7.1. Terreni a permeabilità media per porosità

7.1.1. Terreni ad elevata permeabilità

7.1.2. Terreni impermeabili

8. ASPETTI IDROGRAFICI

9. ASPETTI IDROGEOLOGICI

10. METODI E MEZZI DI CONOSCENZA DEL SOTTOSUOLO

10.1. Generalità

10.2. Rilevamento Geologico

10.3. Prospezioni Sismiche

10.3.1 Indagine sismica a rifrazione

11. TOMOGRAFIA ELETTRICA

*12. INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA REMI (REFRACTION
MICROTREMOR)*

13. MODELLO SISMICO DEL SITO.

14. CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE ROCCE RILEVATE

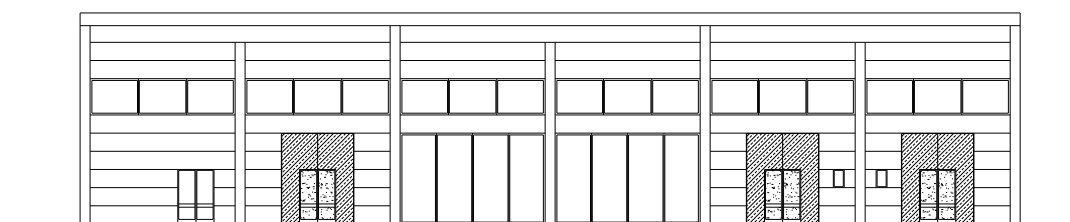
15. TIPOLOGIA FONDAZIONALE

16. CONCLUSIONI

ALLEGATI

1. OGGETTO

Il sottoscritto, dott. Geologo Massimilian BRANDI, è stato incaricato dalla Ditta EPIFANI Teodosio, per caratterizzare dal punto di vista geologico un' area ricadente in agro di Carovigno (BR) alla contrada " Furchi" . In quest' area, ai sensi del D.P.R. 447/98, la Committente intende realizzare un insediamento da destinare ad attività produttiva per la trasformazione e commercializzazione di prodotti ortofrutticoli.



Prospetto proprietà Ditta Epifani

A supporto di tale progetto è stata richiesta allo scrivente dott. Geologo Massimilian BRANDI l' indagine geologica e geotecnica sui terreni di sedime. Tale scienza prevede le applicazioni delle Scienze geologiche nei riguardi dei problemi propri dell' Ingegneria Civile e cioè relativi e/o connessi alla progettazione e costruzione di opere edili di qualsiasi tipo. Ricordiamo come in fase di realizzazione di un' opera le indagini geotecniche conferiscono dati atti a valutare il comportamento meccanico dei terreni sottoposti al carico dalle strutture sovrastanti. Inoltre l' indagine geologica con i metodi di seguito riportati riesce a definire la situazione litostratigrafica e strutturale esistente in profondità, conferendo indicazioni sulla eventuale presenza di cavità che potrebbero danneggiare le strutture superficiali o comprometterne la stabilità.

Per il presente lavoro non sono state condotte dallo scrivente indagini di alcun tipo. Si farà quindi riferimento a risultati ottenuti da indagini svolte nelle immediate vicinanze del lotto in oggetto, correlandole con la natura, la giacitura e le condizioni fisiche dell' ammasso roccioso affiorante nell' area a costruire. Il direttore dei lavori dovrà, durante le attività di sbancamento, verificare l' assenza di anomalie o fratture che potrebbero determinare instabilità alle strutture in elevazione

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

In data 23 ottobre 2005 è entrato in vigore il DM 14.09.2005 "Norme tecniche per le costruzioni", spesso indicate con il termine di TESTO UNICO sulle costruzioni. In pari data, con l'entrata in vigore delle suddette norme, entra in vigore il disposto dell'art. 2 comma 2 dell'OPCM 3274/03 e, per conseguenza, diventa vigente in tutti i comuni ricadenti nel territorio pugliese la nuova classificazione sismica, così come riclassificati dalla DGR Puglia 2 marzo 2004 *"Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale..."* pubblicata il 18.03.2004 sul BURP n. 33. Pertanto dal 23.10.2005 tutti i comuni pugliesi sono ormai classificati sismici, con classificazioni differenziate da ZONA 1 fino a ZONA 4.



L'art. 14 undevicies della L. 168 del 17.08.2005 ha concesso che, per un periodo transitorio di 18 mesi (**ormai scaduto**), le progettazioni potranno essere svolte con l'applicazione del DM 14/9/05 o, in alternativa, con la normativa sismica previgente (DM 16/1/96). Spetta al progettista ed al committente la scelta del modello di calcolo, e quindi della normativa

tecnica da utilizzare (par. 2.3 DM 14.09.2005), ma cio' sempre garantendo i livelli di sicurezza e di prestazioni attese, e nel rispetto della nuova zonazione sismica del territorio introdotta dalla prima ricordata riclassificazione (OPCM 3274/03 e DGR Puglia 2 marzo 2004).

A tal fine si ricordano le note regionali n. 14167/DDG/2005 del 18/11/05, indirizzate anche all'Ordine dei Geologi e n° 1393/tg del 11/11/05 indirizzata ai Sindaci e Dirigenti Tecnici delle strutture Tecniche periferiche.

Progetti di opere

A prescindere dalla classificazione sismica del territorio comunale o dei vincoli particolari presenti sullo stesso, i seguenti elaborati :

- Indagini Geologiche, Modellazione Geologica e Relazione Geologica;
- Indagini e caratterizzazione Geotecnica, Modellazione Geotecnica e Relazione Geotecnica;

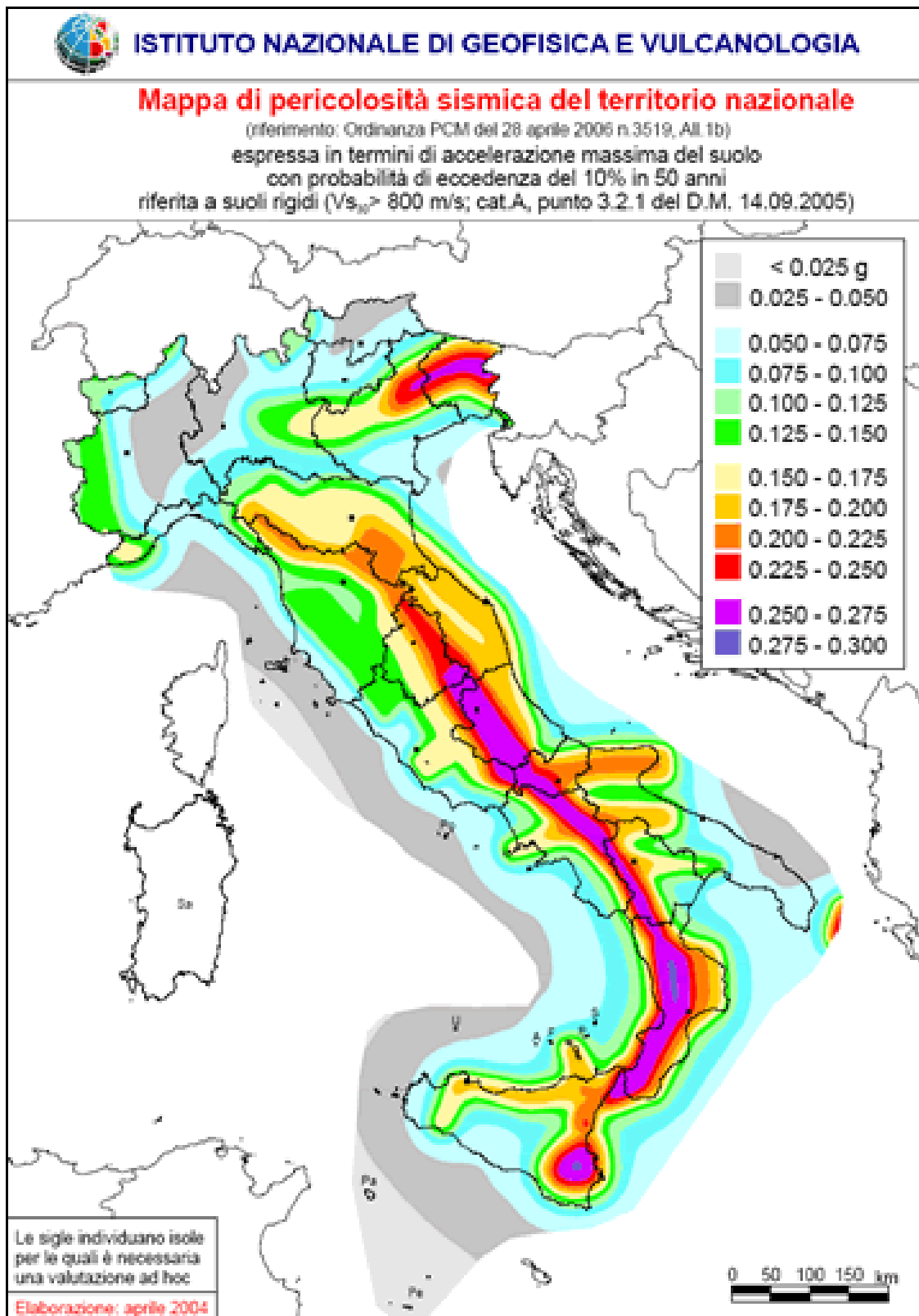
sono tutti sempre obbligatori (par. 7.1.1 - 7.1.2 - 7.1.3 - 10.1 del DM 14.09.2005) per qualsiasi progetto di:

"...opere interagenti con i terreni e con le rocce" (opere di fondazione, opere di sostegno, opere in sotterraneo, opere e manufatti di materiali sciolti naturali)

".. .interventi nei terreni e nelle rocce" (fronti di scavo, miglioramento e consolidamento dei terreni e ammassi rocciosi, consolidamento dei terreni interessanti opere esistenti)

" . .la valutazione della sicurezza dei pendii e la fattibilità di opere su grandi aree" (stabilità dei pendii e dei fronti di scavo, discariche controllate, fattibilità di opere su grandi aree come:

- a) nuovi insediamenti urbani, civili e industriali;
- b) ristrutturazione di insediamenti esistenti, reti idriche e fognarie urbane e reti di sottoservizi di qualsiasi tipo;
- c) strade, ferrovie ed idrovie;
- d) opere marittime e difese costiere;
- e) aeroporti;
- f) bacini idrici artificiali e sistemi di derivazione da corsi d'acqua;
- g) sistemi di impianti per l'estrazione di liquidi o gas dal sottosuolo (pozzi, etc.);
- h) bonifiche e sistemazioni del territorio;
- i) attività estrattive di materiali da costruzione (cave).



I contenuti del Modello Geologico e della Relazione Geologica, e quindi la programmazione e progettazione delle indagini geologiche necessarie per fornire il suddetto modello, sono riportati nel par. 7.2.1 del DM 14.09.2005 per le prescrizioni generali e nei vari paragrafi dei capp. 7.3 e 7.4 per le diverse tipologie di opere di cui sopra. Tra tali contenuti appare estremamente qualificante la individuazione delle pericolosità geologiche del sito, che possono variare, sia lateralmente, che

verticalmente, da caso a caso. Su tale aspetto dunque si invitano i colleghi a ottemperare con particolare approfondimento.

Il Modello Geologico dovrà obbligatoriamente essere validato e supportato da indagini geologiche specifiche, in funzione dell'importanza dell'opera (par. 7.2.1 del DM 14.09.2005). Pertanto non sono ammessi modelli geologici genetici e non supportati da idonee e specifiche indagini (ad es: rilevamenti, indagini geognostiche dirette, indagini geognostiche indirette, indagini precedenti, etc.).

I contenuti del Modello Geotecnico e della Relazione Geotecnica, e quindi la programmazione e progettazione delle indagini geotecniche necessarie per fornire il suddetto modello, sono riportati nel par. 7.2.2 del DM 14.09.2005 per le prescrizioni generali e nei vari paragrafi dei capp. 7.3 e 7.4 per le diverse tipologie di opere di cui sopra.

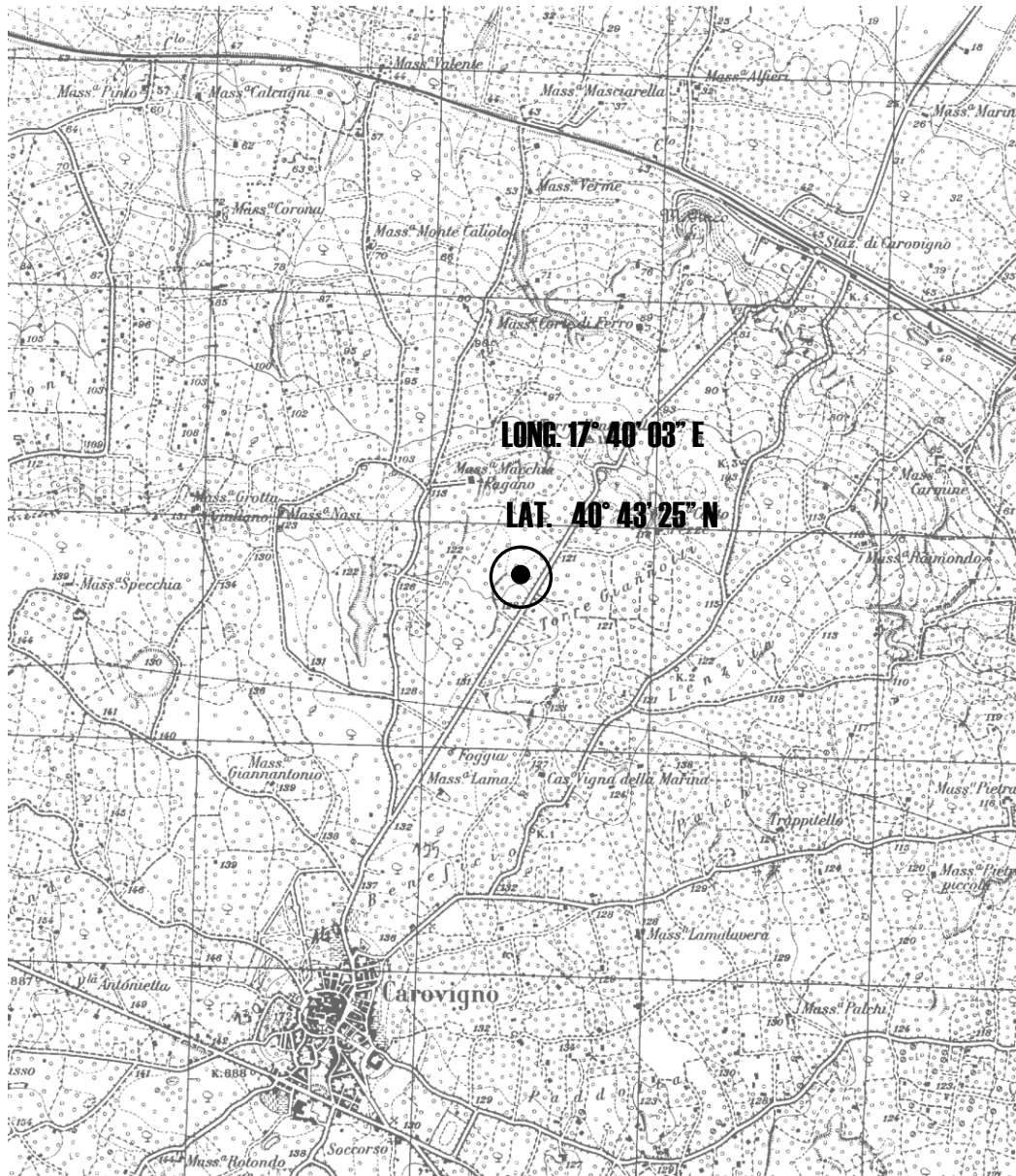
La scelta delle indagini geotecniche discende dal modello geologico e quindi anche dalle pericolosità geologiche del sito (par. 7.2.1 del DM 14.09.2005). Assume quindi sempre più valenza e importanza il modello geologico, che deve essere adeguato e completo.

Progettazione antisismica

L'entrata in vigore del TU (DM 14.01.2008) impone che, per l'analisi sismica, nella definizione dell'azione sismica di progetto deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali (par. 3.2.1 comma 1). Tale influenza va definita con studi di risposta sismica locale (RSL, che fornisce direttamente lo spettro di risposta elastico sul piano di fondazione) o, in caso di mancanza di tali studi, con la classificazione dei terreni tramite definizione delle "categorie di suolo di fondazione" (par. 3.2.1) e, più in generale, con i contenuti di cui al cap. 3.2 "azione --- sismica". Il tutto secondo le indicazioni tecniche riportate nel capitolo citato. In particolare, qualora si opti per la classificazione tramite definizione delle categorie di suolo, l'influenza della morfologia potrà essere valutata introducendo un coefficiente di amplificazione del fattore S (fattore suolo delle tabelle 3.2.II-V).

La categoria di suolo di fondazione deve riguardare i terreni compresi tra il piano d'imposta delle fondazioni ed il bedrock (ovvero la profondità

STRALCIO COROGRAFICO
SCALA 1.25.000 CON UBICAZIONE DEL PUNTO DI SCARICO



FOGLIO 191 OSTUNI III S.E della Carta d' Italia

significativa) (par. 3.2.1). Il bedrock è ovviamente definibile su criteri geologici (litologici, stratigrafici, geostrutturali, idrogeologici, litotecnici, etc.). L'importanza di una corretta definizione delle categorie di suolo dunque si riflette direttamente sulla adeguatezza delle verifiche (SLU, SLE, SLD) e quindi sulla sicurezza e, non ultimo, sui costi dell'opera, con riguardo a fondazioni e struttura.

I suddetti contenuti dovranno quindi corredare il modello e le Relazioni Geologiche e Geotecniche di cui sopra.

Ulteriori indicazioni per Studi Geologici a corredo degli strumenti urbanistici per comuni ricadenti in zona sismica.

Gli strumenti urbanistici generali e particolareggiati, nonché le lottizzazioni convenzionate e loro varianti, devono acquisire il parere di compatibilità delle previsioni urbanistiche con le condizioni geomorfologiche del territorio (Art 89 DPR 380/2001 ed Informativa prot. 14168/DDG del 18.11.05 del Settore Regionale LL.PP.). Il parere, obbligatorio, viene rilasciato dall'Ufficio Tecnico Regionale competente (individuato negli ex Geni Civili, oggi Strutture Tecniche Provinciali del Settore LL.PP. Ai fini di quanto sopra, è dunque indispensabile che le indagini, gli studi e le relazioni geologiche a corredo degli strumenti urbanistici siano adeguate e complete di tutti i contenuti necessari (geologici) morfologici, idrogeologia, litotecnici, etc.) alla emissione di un fondato e consapevole parere da parte dell'Ufficio Pubblico competente.

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL' AREA

L' area in esame è riportata dalla cartografia ufficiale nella tavoletta I.G.M. del foglio 191 OSTUNI III S.E in scala 1:25.000 della quale se ne allega uno stralcio (cfr.fig 1). Amministrativamente il sito, posto a fregio della S.P. 34 tratto Carovigno-Santa Sabina, ricade nelle campagne del Comune di Carovigno alla c.da Furchi ed è riportato nel Foglio di Mappa 17 Particella 127, occupando una superficie complessiva di ha 6.58.15.

4. CENNI GEOLOGICI

La Puglia, di cui le Murge e il Salento sono due parti molto rappresentative, costituisce la più estesa area di avampaese non deformato dell' area mediterranea; fa parte della micropiastra apula e presenta una struttura uniforme basata su crosta continentale con una

spessa copertura paleozoica-mesozoica alla quale si sovrappongono depositi cenozoici di limitato spessore.

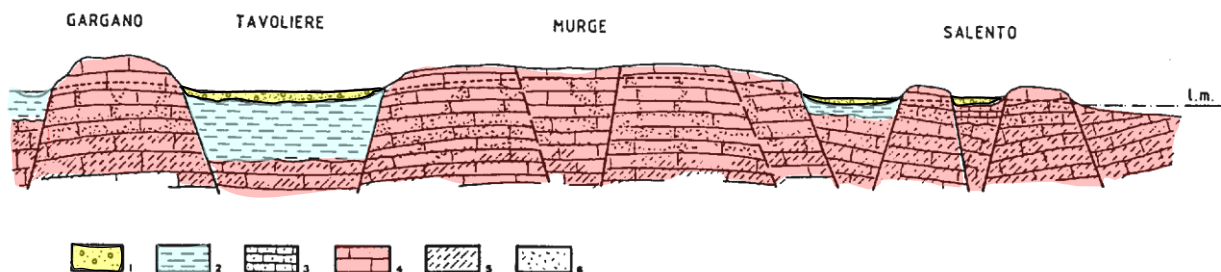


Fig. 1 : Sezione idrogeologica schematica della Puglia in direzione NO-SE. 1. Depositi alluvionali (Olocene-Pleistocene sup.); 2. Argille grigio azzurre (Pleistocene inf.-Pliocene); 3. Calcareniti mioceniche; 4. Calcari di piattaforma apula (Cretaceo); 5. Sup.piezometrica H₂O salata; 6. Sup.piezometrica H₂O dolce.

Sotto l'aspetto morfostrutturale l'avampaese affiorante corrisponde alla parte più sollevata di un'ampia struttura uniforme, allungata in direzione ONO-ESE interessata da più sistemi di faglie con diversa orientazione (solitamente parallele alla costa le principali e perpendicolari a queste sistemi minori).

Questo sistema di faglie ha separato nei tempi geologici l'avampaese in enormi blocchi (Gargano, Murge, Salento) sollevati in modo differenziato, costituendo aree con caratteri tettonici peculiari.

5. ASPETTI MORFOLOGICI

L'area in esame fa parte delle propaggini più estreme dell'altopiano murgiano che prograda, più o meno bruscamente, verso mare lasciandosi sommergere dallo stesso e dai depositi da esso accumulati nei tempi geologici recenti.

I rilievi che orlano la costa in esame s'innalzano con quote massime comprese tra i 220 m di Ostuni e i 170 m di Carovigno. Tali quote diminuiscono rapidamente attraverso una serie di cadute di pendio originarie di terrazzi marini di diverso ordine. La pendenza media del territorio di Carovigno è di circa un 3% con punte massime, in corrispondenza dei *gradini dei terrazzi*, del 6-7 %.

Tali terrazzi sono la testimonianza di cicli di trasgressione e regressione marina i quali hanno avuto origine sia dalle glaciazioni che da sollevamenti tettonici.

I terrazzi sono stati datati di età medio e supra-pleistocenica.

Ovunque gli affioramenti presentano incisioni o morfologie di origine carsica che rendono il territorio assai caratteristico. Un intreccio di canali e depressioni che raccoglievano e raccolgono tuttora i residui di acque meteoriche sfuggite, in casi eccezionali, all' elevata permeabilità del terreno.

Verso la costa le incisioni diventano imponenti trasformandosi in veri e propri paleoalvei, noti in letteratura con il nome di lame, delimitati da argini naturali profondi alcuni metri. Tali incisioni sono delle vere e proprie sezioni naturali che consentono l' identificazione delle dimensioni degli strati più superficiali e della loro struttura.

Nella parte terminale delle lame è, per alcune di esse, sempre presente un tratto colmo di acqua di origine continentale. Infatti, in questi punti, la falda di acqua dolce, ostacolata nel deflusso naturale verso il mare da terreni poco permeabili, emerge creando il classico ambiente di retrospiaggia ricco di fauna e flora propria degli stagni ad acque salmastre.

Tale ambiente ormai è continuamente invaso dal mare a causa dell' abbassamento della quota del *bagnoasciuga* dovuto ad uno sfruttamento sconsiderato della costa.

La costa in questa zona è del tipo bassa e frastagliata caratterizzata da baie colme di sabbia. Sono presenti le dune fossili che nei pressi di Santa Sabina raggiungono quote di 3-4 m sul livello del mare.

6. STRATIGRAFIA DELL' AREA IN ESAME

Il quadro stratigrafico, ricostruito recentemente da un complesso lavoro eseguito dall' Università di Bari, mostra che le diverse unità affioranti possono essere distinte in 4 gruppi in base ai caratteri di facies in relazione all' evoluzione geodinamica dell' area pugliese dal Cretaceo ai giorni nostri.

■ Il primo gruppo è formato dalle formazioni cretacee costituite da depositi di piattaforma carbonatica interna.

■ Il secondo gruppo è composto da formazioni del terziario, anche esse carbonatiche, ma con caratteri paleoambientali indicanti ambienti aperti meno profondi dei precedenti.

■ Il terzo gruppo è costituito da unità che formano un ciclo sedimentario completo supra-infraPliocenico di mare poco profondo.

■ Il quarto gruppo medio-supraPleistocenico, comprende un insieme di unità litostratigrafiche disposte in terrazzi, riferibili ad ambienti costieri. Nella nostra area affiorano unità appartenenti al:

PRIMO GRUPPO *Calcare di Altamura* (Cretaceo)

TERZO GRUPPO  *Calcareenite di Gravina* (Pliocene med.-Pleistocene inf.)
Argille subappennine (Pleistocene inf.)

QUARTO GRUPPO *Depositi marini terrazzati* (Pleistocene med.-inf.)

- *Calcare di Altamura*. E' estesamente presente nell' area salentina. Lo spessore affiorante si aggira intorno ai 1000 metri. E' costituito da calcare micritico microfossilifero e da calcare a Rudiste in sequenza di norma cicliche, regolarmente stratificate. Di colore grigio chiaro si presenta talune volte fratturato e altre volte in banchi potenti circa un metro.

- *Calcareenite di Gravina*. Affiora su aree estese o in lembi residui. Nel Salento sono prevalentemente presenti in aree depresse con notevoli spessori. La stratificazione non evidente è marcata da superfici irregolari e da pacchi di lamine clinostratificate. Si tratta di un deposito carbonatico costituito da banchi di calcareniti e calciruditi biancastre non molto fini, con liti via via più cementati all' aumentare della profondità. Tale unità non interessa l' area in esame ma si sviluppa a nord ed ad est della stessa.

- *Argille subappennine* Si tratta di argille siltose-marnose miste nella nostra zona ai depositi marini terrazzati.

Troviamo tale unità lungo la costa nel tratto.

- *Depositi marini terrazzati* E' l' unità affiorante più estesa nella zona a sud-est di Santa Sabina.. E' costituita prevalentemente da areniti miste a sabbie argillose giallastre con superficie regolare modellata dai diversi agenti esogeni. Gli spessori sono alquanto variabili da zona a zona.

Tale unità affiora a nord e ad est dell' area in oggetto, al disopra delle Calcareeniti.

Tengo a precisare che di tutte le unità citate l' unica che si rinviene al disotto dell' area da edificare è quella del Calcare di Altamura. Al disopra di tale unità, all' interno delle incisioni vallive e lungo il litorale, sono presenti limitati spessori di depositi alluvionali costituiti da materiale argilloso rossastro e clasti derivanti dall' alterazione dei calcari Cretacici e delle calcareniti Pleistoceniche. Si tratta essenzialmente di idrosilicati ed idrossidi di alluminio residuo insolubile delle rocce precedentemente citate.

Lo schema litostratigrafico riportato di seguito indica la situazione locale ed è valido per un' area di circa 4km di raggio da essa (**figura 3**).

7. CARATTERI IDROGEOLOGICI DELLE LITOLOGIE PRESENTI

In base ai caratteri litologici descritti e alle osservazioni di campagna, i terreni affioranti possono essere così classificati in base al tipo di permeabilità:

- *Terreni a permeabilità media per porosità;*
- *Terreni ad elevata permeabilità per fratturazione;*
- *Terreni impermeabili.*

7.1. Terreni a permeabilità media per porosità

A questa categoria sono correlabili i termini calcarenitici e sabbiosi debolmente cementati della formazione di Gravina.

Solo in corrispondenza dei livelli macrofossiliferi la permeabilità diventa medio-alta a causa delle numerose vie preferenziali che l' acqua incontra tra i macrofossili. Nei livelli più fini e cementati il valore della permeabilità diminuisce per poi riaumentare in corrispondenza del contatto trasgressivo con i calcari Cretacici sottostanti.

Qualora al contatto tra le calcareniti e i sottostanti calcari vi siano accumuli di terra rossa o limi, d' origine diversa, allora si possono creare situazioni di microfalde sospese.

7.1.2. Terreni ad elevata permeabilità per fratturazione

Sono rappresentati dai calcari del Cretaceo. La presenza di fratture, piani di stratificazione, e condotti carsici dovuti all' allargamento di fratture e giunti di strato, costituiscono una rete fessurativa che conferisce all' ammasso roccioso una elevata permeabilità che varia sia

verticalmente che lateralmente al variare del grado di fratturazione e della natura litologica della roccia (calcari e/o dolomie).

7.1.3 Terreni impermeabili.

A questa classe appartengono le argille ed i limi presenti in maniera quasi omogenea lungo il litorale compreso tra Torre Guaceto e Brindisi a profondità modeste variabili tra il metro e i 3 metri. Nella zona dove verrà realizzato il complesso residenziale i terreni presenti li possiamo ascrivere a quelli con permeabilità per porosità nello strato più superficiale, dove sono presenti i depositi dei prodotti di alterazione del calcare (Terra Rossa), mentre quelli più profondi li possiamo ascrivere a terreni con permeabilità per fratturazione e carsismo.

Riportiamo uno schema riassuntivo dei caratteri idrogeologici delle unità descritte:

FORMAZIONE	PERMEABILITA'	LITOLOGIA	FALDA
Depositi Marini Terrazzati (a Nord-Est dell'area in oggetto)	media	sabbie e conglomerati	Superficiale e profonda
Argille subappennine (lungo la costa Torre Guaceto Brindisi)	impermeabile	argille e limi sabbiosi	Profonda
Calcareni calabrian (a Nord dell'area in esame)	per porosità	lapidea	Profonda
Calcare di Altamura (area in esame)	permeabile per fratturazione e fessurazioni	Lapidea	falda profonda

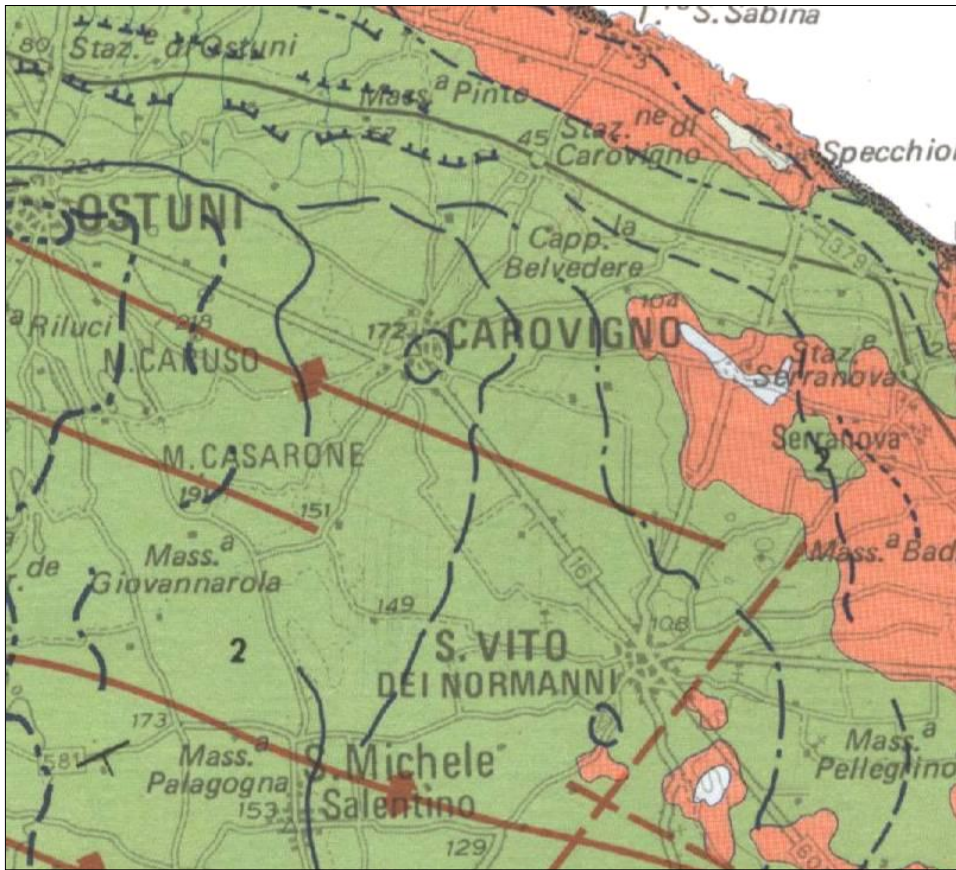
8. ASPETTI IDROGRAFICI

Caratteristica comune al territorio salentino o se vogliamo sud pugliese è l' assenza d' idrografia superficiale. Le cause sono molteplici: dalla elevata permeabilità delle rocce affioranti alla mancanza di monti, sorgenti, ghiacciai e quant' altro garantisca un rifornimento continuo a possibili alvei fluviali.



COMUNE DI CAROVIGNO

Carta Geologica Generale



LEGENDA

- DEPOSITI ALLUVIONALI**
- 12 Depositi alluvionali antichi, recenti ed attuali; depositi recenti e attuali di spiaggia emersa; dune costiere - PLEISTOCENE MEDIO E SUPERIORE - OLOCENE.
 - 13 Breccie calcaree cementate; detriti di falda e di conoidi cementati e non; PLEISTOCENE MEDIO (?) - SUPERIORE.
- DEPOSITI DEL CICLO DELLA FOSSA BALANICA**
- 14 Complesso di depositi di spiaggia e di piana costiera, riferibili a numerose unità litografiche terrazzate in vari ordini collegate a distinte fasi eustatico-tettoniche: sabbie, conglomerati, calcareniti e calcari coralligali; PLEISTOCENE MEDIO E SUPERIORE.
 - 15 Conglomerato di fraina: depositi fluvio-deltizi conglomeratici e sabbioso-conglomeratici. PLEISTOCENE MEDIO.
 - 16 Saliere di Monte Mariano: depositi litorali calcareo-sabbiosi e calcarenitici, con livelli a molluschi. PLEISTOCENE INFERIORE-MEDIO (?).
 - 17 Argille subappennine: depositi argillosi, argilloso-marnosi e argilloso-sabbiosi, con foraminiferi e molluschi. PLEISTOCENE INFERIORE.
 - 18 Calcarenite di Gravina: depositi calcarenitici e calciruditi in facies litorale, con foraminiferi, alghe, molluschi ed echini. PLEISTOCENE MEDIO (?) - PLEISTOCENE INFERIORE.

- DEPOSITI DI PIATTAFORMA INTERNA**
- 19 Calcare di Altamura: successione carbonatica di piattaforma interna caratterizzata da ripetute sequenze cicliche di mare sottile (tidale, lagunare), con sedimentazione compensata da subsidenza; lacune stratigrafiche nella parte alta della successione sono testimoniate da facies di soglia; micriti ad alghe, calcareniti a foraminiferi e frequenti livelli con Rudiste; nella parte alta calcareniti, calciruditi e patch reef a Rudiste. CRETACEO (Turoniano superiore? - Maastrichtiano).
 - 20 Lacuna con continentalizzazione (Bauziti).
 - 21 Calcare di Bari: Successione carbonatica di piattaforma interna con sedimentazione di mare sottile (tidale, lagunare) compensata da subsidenza; micriti e dolomitici ad alghe e foraminiferi, con episodici livelli a Rudiste. CRETACEO (Valanginiano - Turoniano inf.?).
- Linee di costa**

Figura 3

Così tutta l'acqua meteorica, ad esclusione della parte evapotraspirata, si infila nel terreno alimentando la falda profonda.

Però, anche se raramente, le abbondanti precipitazioni specie quelle degli ultimi anni *rianimano* l'idrografia superficiale determinando in molti casi problemi alle cose e persone. Questo è dovuto soprattutto alle azioni antropiche che hanno modificato e ostruito quelle che erano le vie preferenziali di deflusso superficiale delle acque.

9. ASPETTI IDROGEOLOGICI

Com'è noto le caratteristiche idrogeologiche degli acquiferi condizionano la circolazione idrica nel suolo e sottosuolo. L'acquifero in oggetto è del tipo "Acquifero fessurato" costituito da calcari (con $\text{CaCO}_3 \geq 95\%$) e/o dolomie (con $\text{MgCO}_3 \geq 40\%$) al letto e calcareniti a granulometria variabile (composizione carbonatica) al tetto. Esso presenta sia microfratture (0.1-1.0)mm che veri e propri canali sotterranei dove l'acqua si muove di moto turbolento determinando un ampliamento delle cavità per azione meccanica.

La porosità primaria (dovuta ai meati nati con la roccia) è scarsa mentre quella secondaria (dovuta alle fratture d'origine carsica e tettonica) è assai elevata. Queste caratteristiche determinano per la falda profonda un'elevata trasmissività.

Le vie preferenziali di deflusso delle acque sono i giunti di strato o i contatti fra rocce a differente porosità.

L'acqua d'infiltrazione determina nel sottosuolo la presenza delle seguenti zone:

- Zona di Aerazione
- Zona di infiltrazione

Nel nostro caso la prima zona, zona di aerazione, è praticamente inesistente sia per la notevole distanza tra lo strato superficiale e la zona di *fluttuazione* e sia per l'elevata permeabilità delle rocce. Solo in concomitanza di eventi meteorici il terreno superficiale a causa della elevata *capacità idrica di campo* riesce a rimanere umido per alcuni giorni.

La seconda zona, zona di saturazione, va esaminata con più dettaglio. Essa, come è possibile notare dalla schematizzazione riportata sopra,

presenta partendo dal basso la superficie di fondo e la zona di fluttuazione.



La superficie di fondo coincide o con una superficie a permeabilità minore di quella dello strato sovrastante o con la superficie del mare. Questo è il nostro caso cioè quello di una *superficie di fondo definita e variabile*. La presenza di tale superficie è dovuta alla presenza di due liquidi a differente densità: quella del mare a densità superiore di quella della falda di acqua dolce.

SEZIONE IDROGEOLOGICA SCHEMATICA

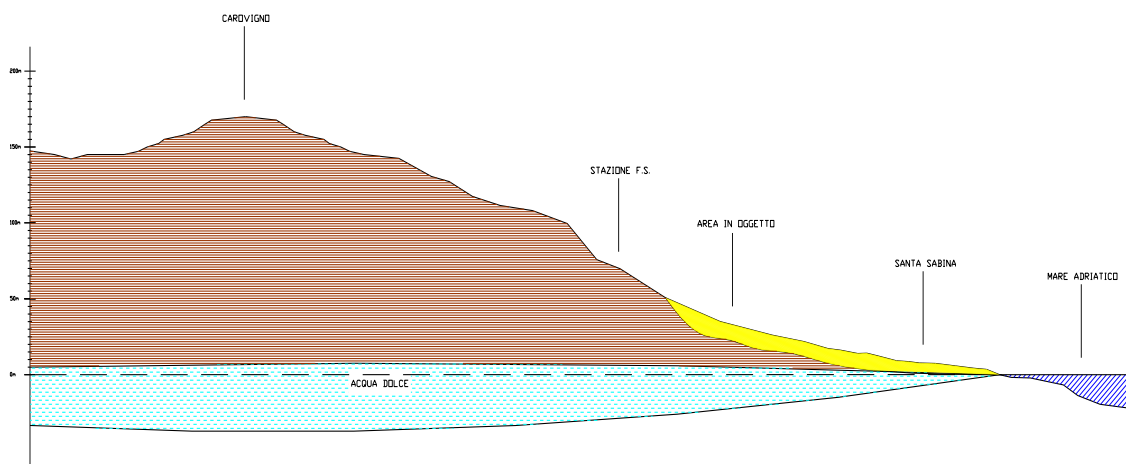


Fig.4

disegno non in scala

Quest' ultima esercita con il suo peso una pressione sulla superficie marina deformandola e spingendola verso il basso. Si ha quindi la nascita di una lente biconvessa di acqua dolce che galleggia su quella salata (vedi **fig.4** schema idrogeologico).

La zona di separazione tra i due fluidi è detta superficie di transizione. Ricordiamo come il passaggio da acqua dolce a acqua salata avviene in maniera graduale con aumento di salinità costante verso il basso.

Nel nostro caso le fondazioni del nuovo intervento non interagiscono con la falda profonda. Esse non saranno neanche da ostacolo al ruscellamento superficiale poiché le acque meteoriche seguono le pendenze delle vie di comunicazione principale allontanandosi dalla zona in esame verso nord.

10. METODI E MEZZI DI CONOSCENZA DEL SOTTOSUOLO

10.1 Generalità

I metodi che sono a disposizione del geologo per ottenere la conoscenza del sottosuolo sono: le ricerche geologiche di superficie (*Rilevamento Geologico*), le prospezioni geofisiche, gli scavi e le prospezioni meccaniche (*Perforazioni di sondaggio*).

Il ***rilevamento geologico*** rappresenta il metodo più rapido. I suoi limiti sono dovuti al fatto che non sempre esso consente di ricostruire le condizioni geologiche del sottosuolo con dettaglio.

Il metodo più efficace e sicuro è quello degli scavi e delle ***prospezioni meccaniche***, in quanto è l'unico che permette l'esame diretto dei terreni del sottosuolo.

Il metodo delle ***prospezioni geofisiche*** è il metodo d'investigazione più utilizzato. Esso consente di investigare elevati volumi di terreno in breve tempo. Le prospezioni geofisiche consentono solo la conoscenza indiretta del sottosuolo, potendo giungere alla natura dello stesso unicamente tramite la determinazione e l'interpretazione di talune sue caratteristiche fisiche.

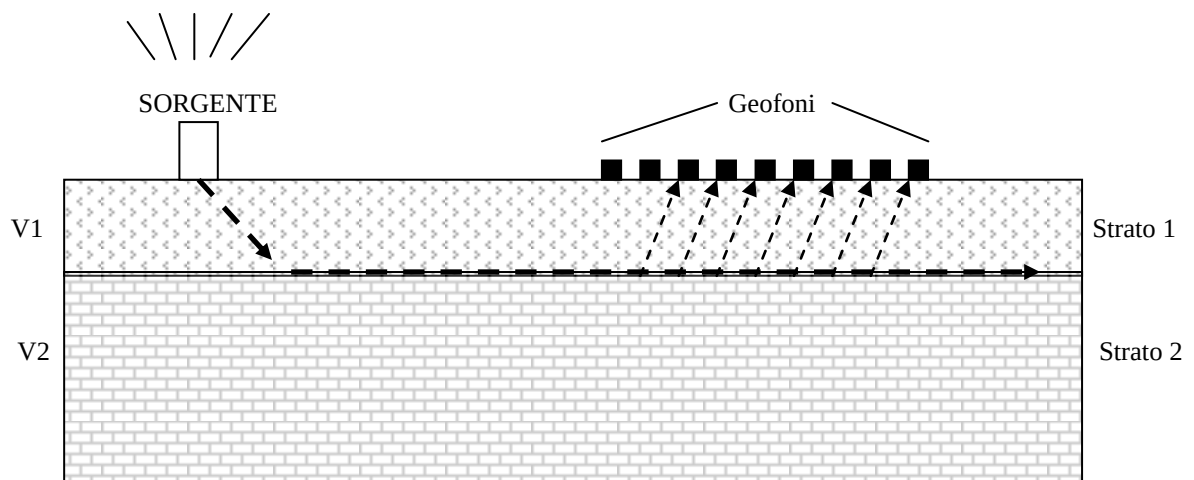
I metodi di investigazione utilizzati in questo lavoro, per la definizione delle caratteristiche geologiche-stratigrafiche dell'area in esame, appartengono al primo. Non sono state previste perforazioni di sondaggio in quanto il territorio in esame presenta in più punti sezioni artificiali (cave dismesse, trincee per condotte di liquame destinate al depuratore, trincee per realizzazione di piani interrati di nuove abitazioni...), che a seguito di visionamento hanno conferito dati sufficienti all'indagine in corso.

10.2 Rilevamento geologico

Il rilevamento geologico (prospezione geologica di superficie) è stato compiuto alla luce delle conoscenze acquisite attraverso una documentazione bibliografica. Lo scopo principale dell' applicazione di tale metodo è stato, nel nostro caso, quello di rilevare dei dati da confrontare e correlare con quelli ottenuti dall' indagine sismica. Il grado utilizzato nell' espletare tale indagine fa ricadere la stessa nel genere “ *rilevamento di ricognizione* ”. Infatti esso è stato compiuto su un' area più estesa di quella interessata dall' opera con lo scopo di individuare, in grandi linee, le condizioni stratigrafiche e strutturali dell' area in esame. Dall' esame visivo delle litologie affioranti attorno la zona d' intervento appare evidente come la roccia presenti alterazioni di origine carsica. Lungo alcune sezioni stradali si individuano nelle pareti di scavo megabrecce a contorni irregolari, a volte lisci a volte scabrosi, isolate e circondate da depositi di terra rossa (cfr. foto allegate). Tali depositi riempiono anche le discontinuità interstiziali e le numerose fratture caratterizzanti l' ammasso roccioso.

10.3 Prospezioni sismiche

Se in un punto del suolo si provoca un urto, le onde elastiche che si generano si propagano attraverso il sottosuolo via via smorzandosi.



Esempio di terreno a due strati con $V_1 < V_2$ e interfaccia parallela alla sup. topografica

Il tempo necessario perché tali onde vengano registrate da ricevitori (geofoni) opportunamente collocati in superficie, dipende dalla natura e

dalla disposizione delle formazioni geologiche. Le prospezioni sismiche hanno per base lo studio di questi tempi di propagazione ed in ciò utilizzando i metodi sismici i cui principi teorici sono quelli della propagazione delle onde elastiche. Nella prospezione sismica si prendono in considerazione generalmente onde longitudinali P (di compressione), in quanto essendo più veloci vengono ricevute per prime dagli strumenti e quindi meglio identificate.

La velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali nel sottosuolo è compresa, per ogni litologia, in certi limiti. **Proprio questa caratteristica ci consente di individuare lo stato della roccia o la presenza di cavità.** Infatti per ogni litologia la velocità diminuisce con l' aumentare del grado di fratturazione, fessurazione, ecc.

Per questo lavoro **la caratterizzazione geotecnica** delle rocce viene esplicitata sulla base di indagini (Sondaggi a Tomografia elettrica e Sondaggi Sismici a Rifrazione) **svolte dallo scrivente in un' area prossima a quella oggetto del presente lavoro**, nella quale affiorano litologie analoghe a quelle in oggetto. Sono stati utilizzati anche dati reperiti da studi universitari e da ricerche bibliografiche.

I litotipi presi in considerazione per la seguente caratterizzazione geotecnica sono: calcari cretacici.

10.3.1 INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE (n°1 sondaggio)

L' indagine è stata finalizzata alla ricostruzione dei rapporti geometrici dei sismostrati rilevabili lungo una direttrice, consentendo di determinare con buona approssimazione la stratigrafia e l' eventuale andamento in profondità di strutture geologiche di rilievo.

Lo stendimento sismico di lunghezza pari a 33m è stato ubicato come da planimetria allegata. La prospezione è stata eseguita mediante l' utilizzo di n° 11 geofoni con frequenza di oscillazione di 14Hz.

L' interpretazione è stata effettuata utilizzando il metodo Palmer (GRM) che consente di tener conto delle variazioni laterali di velocità nella costruzione del modello interpretativo. Per lo stendimento sono stati effettuati tre scoppi: due esterni (offset 6m) e uno interno ad una distanza di 34m dalle estremità.

Le registrazioni sono avvenute convogliando i dati dalle singole stazioni alla centrale di raccolta dati PS 32 a 16 canali della MAE avente le seguenti caratteristiche tecniche: gestione a microprocessore; memoria di accumulo dati digitali con capacità di 64 Kbytes; 1024 campioni per traccia; frequenza di campionatura 250-1000-2000-4000 c/s; lunghezza del record $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, 1, 4 secondi in relazione alla frequenza di

campionatura; controllo guadagni da 0 a 90 dB; risoluzione a 12 bit; sommatoria automatica; elaborazione software Gremix v2.0 della Interprex; geofoni con frequenza di 10 Hz; energizzazione con sorgente ad impatto.

I dati raccolti unitamente alle distanze dei geofoni sono stati successivamente elaborati con apposito programma, il quale ha consentito il calcolo delle velocità delle onde di volume (V_p V_s) e della profondità degli orizzonti rifrangenti con le relative inclinazioni.

Si ritiene di dover sottolineare come il modello geosismico ottenuto lungo lo stendimento sia molto chiaro e leggibile a testimonianza della qualità del lavoro svolto. Esso presenta, nell'area investigata, due sismostrati ben definiti costituiti da:

- area superficiale costituita da terreno vegetale con spessore variabile sino ad un massimo di 1,2m inutilizzabile come piano di posa fondale. La velocità di propagazione delle onde sismiche in questo strato è pari a 400m/s;
- area sub superficiale fratturata e carsificata con presenza di fratturazioni modeste in alcuni casi riempite da terreno vegetale. Lo spessore è superiore ai 2m. Al disotto di tale strato la roccia si compatta assumendo caratteristiche meccaniche migliori. La velocità di propagazione delle onde sismiche aumenta sino ai 2400m/s. Tale risultato conferisce sicurezza per le strutture in elevazione.

11. TOMOGRAFIA ELETTRICA (n°1 sondaggio)

La cosiddetta tomografia elettrica è l'attuale evoluzione della ben nota geoelettrica e si ottiene disponendo sul terreno un numero elevato di elettrodi (Barker, 1981). La strumentazione li userà facendo misure con tutte le possibili combinazioni quadripolari ottenibili dagli elettrodi, secondo uno dei sottili schemi (Wenner, polo polo, dipolo dipolo).

Il vantaggio è costituito dalla possibilità di ottenere un'elevata quantità di dati in tempi brevi in maniera del tutto automatica. L'elevata quantità di dati di resistività apparente disponibili permette un'inversione direttamente bidimensionale (2D) delle pseudosezioni sperimentali.

La sezione elettrica allegata è stata ottenuta con la strumentazione multielettrodo IRIS ed utilizzando il dispositivo Wenner, con passo di due metri. Nella parte inferiore (*legenda*) compare l'insieme delle resistività che compongono il modello interpretativo e le cui resistività apparenti calcolate sono plottate nella sezione intermedia. Durante la fase di

interpretazione il calcolo iterativo viene arrestato quando raggiunto un sufficiente Best-Fit tra le due sezioni di resistività apparente (sperimentale di campagna e calcolate sulla base del modello di inversione). La prova è stata eseguita sul piano calpestio costituito all'apparenza da materiale naturale in alcuni punti contaminato da residui di demolizioni. Essa ha confermato la presenza superficiale di un materiale a bassa resistività (da 13 a 98 ohm.m), terreno vegetale. Con l'aumentare della profondità si passa da uno strato sabbioso a roccia calcarea, fratturata e alterata in superficie, via via più compatta. Il valore della resistività aumenta con la profondità e questo fa presagire un miglioramento con essa della qualità meccanica della roccia.

12. INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA REMI (REFRACTION MICROTREMOR)

L'analisi dei microtremori viene effettuata utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione (a geofono singolo) disposta sul terreno con array lineare, da 12 a 48 geofoni; per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni con bassa frequenza di risonanza (4-14 Hz raccomandati), è indispensabile allungare il tempo di registrazione (15-30s) rispetto alla sismica a rifrazione tradizionale. Si possono così registrare onde di superficie il cui contenuto in frequenza copre un range da 25-30Hz fino a 2 Hz che, in condizioni ottimali, offre una dettagliata ricostruzione dell'andamento delle Vs relativamente ai primi cento metri di profondità. Si tratta di una modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh. Per rilevare onde sismiche trasversali, anche la sorgente energizzante deve generare onde a prevalente componente di taglio. Per tale motivo è stato utilizzato un sismografo della Geometrics "modello GEODE" con geofoni da 4.5 Hz.

Recenti studi hanno consentito di creare un modello matematico anche per trattare le onde S, cercando di godere del vantaggio della elevata energia associata a questo tipo di propagazione.

L'analisi delle onde S mediante tecnica ReMi viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P, propagazione in aria, ecc.

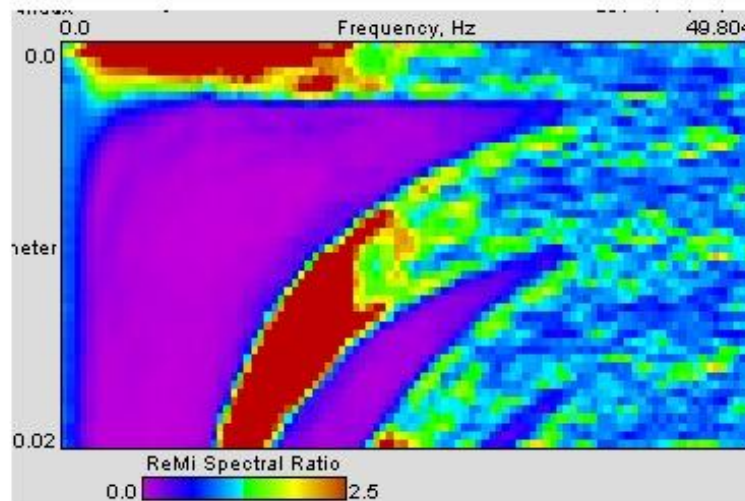


Fig. 1 Esempio di spettro di potenza p-f.

L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione, ed è caratteristico di questo tipo di onde. La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente posa sui massimi del valore assoluto dello spettro. 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 della linea sismica e nel rappresentarne lo spettro di potenza su un grafico p-f (fig.1).

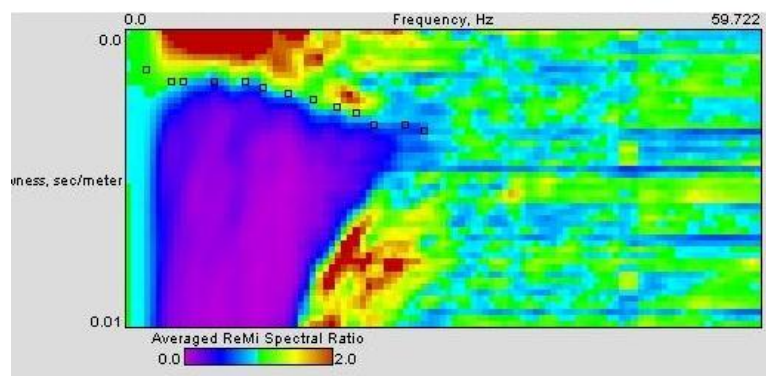


Fig. 2 Esempio di picking

Nell'immagine di figura 1 è possibile un riconoscimento visivo delle onde di Rayleigh, che hanno carattere dispersivo.

A questo punto l'operatore, in maniera arbitraria ed in base all'esperienza, esegue un "picking" (fig.2) attribuendo ad un certo numero di punti una o più slowness (p o $1/\text{velocità di fase}$) per alcune frequenze.

Tali valori vengono in seguito plottati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello diretto.

La curva di dispersione in realtà può non essere così facile da estrarre, questo perché dipende molto dalla pulizia dei dati e da quanto disturbano gli altri segnali presenti nel sismogramma. Ecco perché questa fase in realtà deve essere considerata una interpretazione, e per questo i migliori software di analisi di dati ReMi consentono di modificare anche manualmente la curva di dispersione per soddisfare le esigenze dell'utente più esperto.

I dati selezionati dall'immagine p - f vengono plottati su un diagramma nel quale compare anche una curva di dispersione calcolata a partire da un modello di V_s che è modificabile dall'interprete. Variando il numero di strati, la loro velocità e la densità nel modello, la curva di dispersione calcolata viene adattata fino a farla aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking (fig.3).

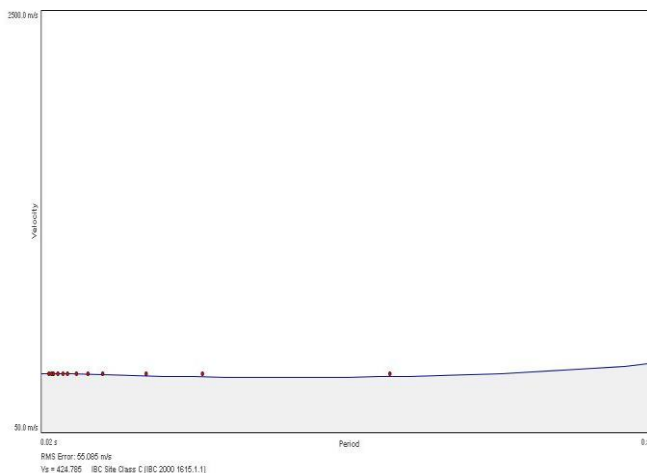


Fig.3:

Modellizzazione diretta interattiva: curva di dispersione calcolata (grigio) e curva sperimentale con picking (puntinato rosso).

La curva di dispersione calcolata, approssimativamente coincidente con la curva sperimentale, viene associata ad un modello sintetico.

Questa delicata seconda fase di interpretazione è comunemente detta fase di inversione, e dipendentemente dal software usato può anch'essa avvenire in maniera automatica e/o manuale.

Entrambe le due fasi di interpretazione, per quanto debbano seguire le linee guida dettate dalla teoria, devono rigorosamente essere controllate

accuratamente dall'utente poiché non è possibile affidarsi completamente ad un sistema automatico che lavora alla ricerca della soluzione matematicamente migliore. La V_{s30} è stata calcolata con la seguente espressione

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum h_i/V_i}$$

Da tale relazione è emerso un valore di V_{s30} di 962.55 m/sec. Le categorie di suolo individuate dall'OPCM 3274/03 sono le seguenti:

- A. **Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi:** caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/sec;
- B. **Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti:** con spessori di diverse centinaia di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 e 800 m/sec;
- C. **Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza:** con spessori variabili da diverse decine di metri a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/sec;
- D. **Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti:** caratterizzati da valori di $V_s < 180$ m/sec
- E. **Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali:** con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 metri, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/sec

Il suolo di fondazione rientra pertanto nel caso della categoria A con valore di V_{s30} pari a 962.55 m/sec; la litologia risulta perciò rigida e litoide costituita da calcari cretaci debolmente fratturati.

13. MODELLO SISMICO DEL SITO.

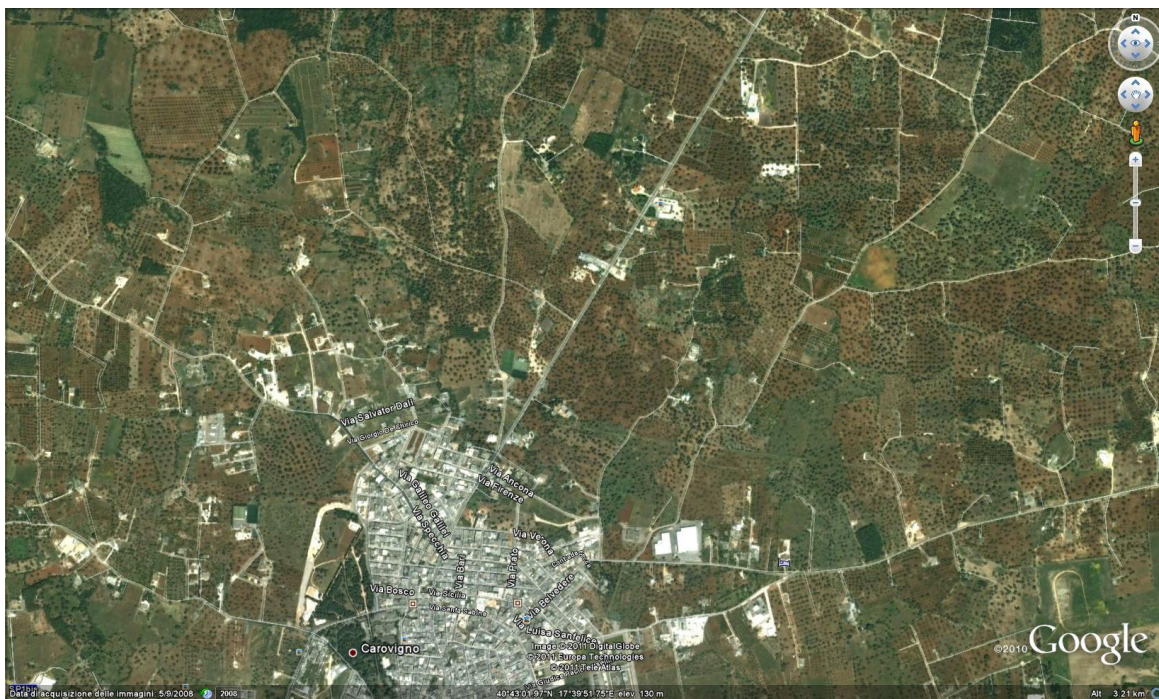
Il territorio del Comune di Carovigno (BR) non era classificato sismico ai sensi del D.M. 19.03.1982. L'ordinanza P.C.M. n.3274 del 23.03.2003 riclassifica l'intero territorio nazionale. In tale quadro il Comune di Carovigno ricade **in zona sismica 4**. Si riporta la tabella ove ciascuna

zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 ani [a_0/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_0/g]
1	>0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	<0.05	0.05

* in rosso valori del sito studiato

La determinazione esatta dell' accelerazione orizzontale massima attesa sul sito di riferimento rigido sono state determinate le coordinate geografiche mediante GPS portatile



Latitudine: 40° 43' 25" N Longitudine: 17° 40' 03"E

Inoltre con l' entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio “ sito dipendente” e non più tramite un criterio “ zona dipendente” . Pertanto l' azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati limite* presi in considerazione viene definita partendo dalla

pericolosità di base del sito di costruzione, che è l' elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell' azione sismica. Come descritto nel paragrafo precedente le misure sismiche del sito sono state eseguite mediante l' esecuzione di un' indagine sismica effettuata con la metodologia REMI attraverso la quale si sono ottenuti i seguenti valori:

Sondaggio S1 $S_{30} = 962.55 \text{ m/sec}$

Tale valore è congruente con la descrizione stratigrafica secondo la tab. 3.2. II delle NTC 2008 che fa rientrare il sito in esame nella categoria di sottosuolo A.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800 \text{ m/s}$).</i>

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_c^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_c^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_c^*)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_c^*)^{-0.40}$

$C_c = \text{coeff. } F \text{ (categ. Sottosuolo)}$

La categoria topografica risulta la T1, si tratta di area sub-pianeggiante con pendenza minore del 10%. I caratteri del moto sismico del territorio comunale di Carovigno nel punto di coordinate

Latitudine: 40° 43' 25" N
Longitudine: 17° 40' 03" E

sono:

Stato Limite	Tr (anni)	Ag (g)	Fo	Tc (s)
Operatività (SLD)	30	0.204	2.42	0.22
Danno (SLD)	50	0.271	2.36	0.28
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.545	2.82	0.43
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.636	2.98	0.45
Periodo di riferimento per l'azione sismica	50			

Ag= accelerazione massima al sito; Fo= valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; Tc= periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

14. CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DELLE ROCCE RILEVATE

La successione litostratigrafica riconosciuta con la prospezione sismica e con la tomografia elettrica è quella descritta nel paragrafo precedente con gli spessori riportati nelle sezioni presenti in allegato.

Il calcare cretacico di solito quando è integro ha delle proprietà meccaniche con resistenza alla compressione che varia da 400 kg/cmq a 900 kg/cmq. Questa grandezza però non sempre si correla alla reale situazione in situ in quanto i valori di capacità portante e resistenza, dipendono anche da:

Indice RQD (Rock Quality Designation);
Spaziatura dei giunti;
Peculiarità delle superfici di fratturazione.

Spesso accade che l' esistenza e l' ubicazione di difetti specifici rimangono sconosciuti fino al momento in cui la roccia è interessata da scavi o finché si manifestano comportamenti inaspettati delle fondazioni.

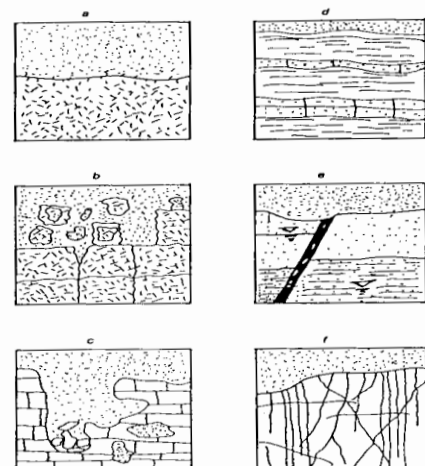


Fig. 1. - Tipologia del substrato roccioso (GOODMAN, 1980):
a) Terreno su roccia integra; b) Granito decomposto; c) Calcarei carsificati; d) Ammasso costituito da strati litoidi intercalati da terreno residuale; e) Terreno su faglia in roccia; f) Roccia altamente fratturata.

Nella Figura 1 si riportano dei casi in cui la roccia base dovrà essere esaminata attentamente se sarà interessata da fondazioni. Il caso b) è quello riscontrato dal lavoro investigativo condotto dallo studio in oggetto. Siamo di fronte ad un banco costituito da strati sub-orizzontali di natura calcarea fratturati in superficie e più massicci in profondità. Qui e là fratture, anche importanti riempite da terreno vegetale trasportato nel sottosuolo dalle acque di infiltrazione. All'aumentare della profondità le velocità delle onde sismiche aumentano, sinonimo di una maggiore compattezza della roccia.

Attraverso le prove di indagine indirette eseguite (Sismica a Rifrazione – Tomografia Elettrica) possiamo valutare il Modulo di Elasticità Dinamica mediante la valutazione delle velocità di propagazione delle onde sismiche. La formula empirica di Poisson che utilizzeremo è:

$$E_d = V_L^2 \times \rho \times \frac{(1+\mu) \times (1-2\mu)}{(1-\mu)}$$

dove:

v = velocità onde sismiche

ρ = densità della roccia

μ = coefficiente di Poisson

I valori medi ottenuti sono riportati in tabella:

Strato	Spessore (m)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	γ (gr/cm ³)	Ed (kg/cm ²)	Es (kg/cm ²)	Cu (kg/cm ²)	P	RQD
1	0.5	400	82	1.27	2500	-	-	0.45	-
2	5.0	2400	1090	2.3	771000	-	2,1	0.37	57%

Vp= vel. Long. Vs= Vel. Trasv. γ = Peso per unità di volume. E= Modulo di Elasticità. RQD= Qualità della roccia. P= Modulo di Poisson. ϕ = Angolo di Attrito, Cu= coesione.

Tali parametri geomeccanici sono stati ricavati facendo ricorso a modelli che correlano, tramite opportuni coefficienti, le sollecitazioni dinamiche a quelle statiche che si sviluppano dopo la realizzazione del manufatto. L'ammasso è stato classificato secondo il Biemiawski ed i parametri che sono stati presi in considerazione sono:

- resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta;
- Indice RQD;
- Condizione dei giunti di strato;
- Spaziatura dei giunti di strato;
- Condizioni idrauliche (afflusso di acqua, pressione interstiziale);

Ad ogni parametro è stato associato un indice parziale ricavabile da una tabella di Biemiawski. L'analisi è stata effettuata per il litotipo profondo, che sarà interessato dalle strutture fondali e dai carichi, individuato nella tabella precedente con la dicitura 2, e caratterizzato da una $V_p=2400\text{m/sec}$.

Per il litotipo caratterizzato da $V_p=2400\text{m/sec}$ si ha:

1. la resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta risulta pari a 950 kg/cm^2 a cui corrisponde un indice di 7;
2. L'indice RQD risulta pari a 57% a cui corrisponde un indice di 13;
3. La condizione dei Giunti di strato fa corrispondere un indice di 12;
4. Alla spaziatura dei Giunti di strato corrisponde un indice di 10;
5. Alle condizioni idrauliche (afflusso di acqua, pressione interstiziale) corrisponde un indice di 10;

Riepilogando i valori dei parametri relativi alla classificazione di Biemiawski:

<i>Resistenza a compressione uniassiale (cu) della roccia intatta</i>	7
<i>Indice RQD</i>	13
<i>Spaziatura dei giunti</i>	12
<i>Condizione dei giunti</i>	10
<i>Condizioni idrauliche</i>	10
Totale	52

In base al valore dell'indice RMR, l'ammasso roccioso viene suddiviso in 5 classi. Per ciascuna classe viene indicata una stima di larga massima dei parametri di resistenza globale. Nel nostro caso, con $\text{RMR}=52$, l'ammasso roccioso rientra nella classe III ed è classificato come "Discreto".

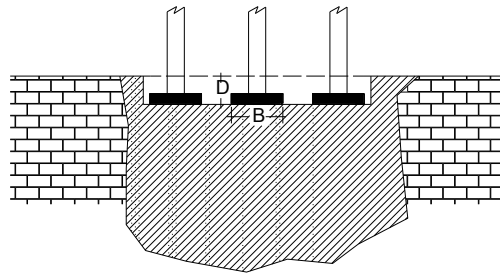
A questa classe corrispondono valori di coesione maggiori di $1,5\text{ kg/cm}^2$ e angolo di attrito di 30 gradi. L'ammasso può essere cavato solo mediante l'utilizzo di mezzi meccanici dotati di "martellone" con

l'ottenimento di una elevata frammentazione dei liti e formazione di ghiaio e breccia durante lo scavo.

15. TIPOLOGIA FONDAZIONALE

Il calcolo della capacità portante del terreno fondale è stato eseguito adottando la metodologia di Terzaghi-Peck per fondazioni a BASE QUADRATA.

Esempio grafico



Il terreno di posa delle fondazioni è quello caratterizzato dalle velocità medie V_p 2.400 m/s dalla profondità di circa 2,0m dal p.c.

Assumendo:

$$D_{\text{profondità}} = 0,6\text{m}; \quad B_{\text{larghezza}} = 1.5\text{m}; \quad \gamma = 2,3 \text{ g/cm}^3; \quad \phi = 30^\circ; \quad C = 2,1 \text{ kg/cm}^2.$$

$$Q_{\text{amm}} = \frac{[(0.5 \times B \times \gamma \times N_\gamma \times S_\gamma) + (c \times N_c \times S_c \times D_c) + (N_q \times S_q \times d_q \times q')]}{3}$$

Dove:

$$\begin{aligned} B &= \text{larghezza fondazione;} \\ D &= \text{profondità di incastro fondale;} \\ L &= \text{lunghezza fondazione (nel ns. caso=B)} \\ S_\gamma &= 1 - (0.4 \times B/L) \\ S_q &= 1 + 1 \times \tan \phi \\ S_c &= 1 + 1 \times N_q/N_c \\ d_q &= 1 + B/L \times \tan \phi \times (1 - \sin \phi)^2 \\ D_c &= d_q - (1 - d_q / N_c - \tan \phi) \\ q' &= \gamma \times D \end{aligned}$$

N_c N_q e N_γ sono fattori di capacità portante che risultano uguali rispettivamente a 30,14 – 18,40 – 22,40.

sostituendo si ha

$$Q_{amm} = 5,40 \text{ kg/cm}^2$$

per larghezza B della fondazione pari ad 1.3m e profondità D di 0.6m.

16. CONCLUSIONI

La presente indagine geologico-geotecnica è consistita in un rilevamento geologico di ricognizione, mediante il quale sono state individuate la roccia imposta, e di uno studio idrogeologico di massima, per verificare l' eventuale interazione tra le acque superficiali e/o di falda con le strutture fondazionali dell' opera da realizzare.

La caratterizzazione geotecnica delle rocce viene esplicitata sulla base di indagini (Sondaggi a Tomografia elettrica e Sondaggi Sismici a Rifrazione) svolte dallo scrivente in un' area prossima a quella oggetto del presente lavoro, nella quale affiorano litologie analoghe a quelle in oggetto. Sono stati utilizzati anche dati reperiti da studi universitari e da ricerche bibliografiche.

I risultati ci suggeriscono le seguenti considerazioni:

a) In base al valore dell' indice RMR, nel nostro caso pari a 52, l' ammasso roccioso rientra nella **classe III** ed è classificato come “ **Discreto**” . A questa classe corrispondono valori di coesione maggiori di 1,5 kg/cmq e angolo di attrito di 35 gradi. L' ammasso può essere cavato solo mediante l' utilizzo di mezzi meccanici dotati di “ martellone” con l' ottenimento di una elevata frammentazione dei liti e formazione di ghiaino e breccia durante lo scavo.

b) Le indagini eseguite hanno evidenziato lungo gli stendimenti situazioni analoghe le cui caratteristiche sono di seguito riportate:

- area superficiale costituita da terreno vegetale con spessore variabile sino ai 70cm inutilizzabile come piano di posa fondale. La velocità di propagazione delle onde sismiche in questo strato è pari a 400m/s;
- area sub superficiale fratturata e carsificata con presenza di fratturazioni modeste in alcuni casi riempite da terreno vegetale. Lo spessore è superiore agli 8m. La velocità di propagazione delle onde

sismiche aumenta sino ai 2400m/s. Il risultato conferisce sicurezza per le strutture in elevazione.

c) La roccia imposto assume valori di portanza via via più considerevoli all' aumentare della profondità. Il valore medio calcolato per lo strato fondale è pari a **5,40 kg/cm²**. Il calcolo della capacità portante è stato effettuato per strutture fondali dotate di dimensioni e forma simili a quelle ipotizzate per i calcoli matematici.

d) La falda di acqua sotterranea è riscontrabile ben al disotto del piano campagna e quindi del piano di posa delle fondazioni, pertanto non interesserà in alcun modo le stesse. Le acque di ruscellamento superficiale seguono le vie preferenziali di deflusso ben individuate nell' area in oggetto;

e) I cedimenti assoluti e differenziali, viste le caratteristiche meccaniche dei terreni di posa delle strutture portanti, saranno nei limiti previsti dalla norma.

f) La V_{s30} è stata calcolata con la seguente espressione

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum h_i/V_i}$$

Da tale relazione, per il caso in esame, è emerso un valore di V_{s30} di **962.55 m/sec.**

Le categorie di suolo individuate dall' OPCM 3274/03 sono le seguenti:

- a. **Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi:** caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/sec;
- b. **Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti:** con spessori di diverse centinaia di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 e 800 m/sec;
- c. **Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza:** con spessori variabili da diverse decine di metri a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/sec;

- d. Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti: caratterizzati da valori di $V_s < 180$ m/sec
- e. Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali: con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 metri, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/sec

Il suolo di fondazione rientra pertanto nel caso della **categoria A** con valore di V_{s30} pari a **962.55 m/sec**; la litologia risulta perciò rigida e litoide costituita da calcari cretatici debolmente fratturati.

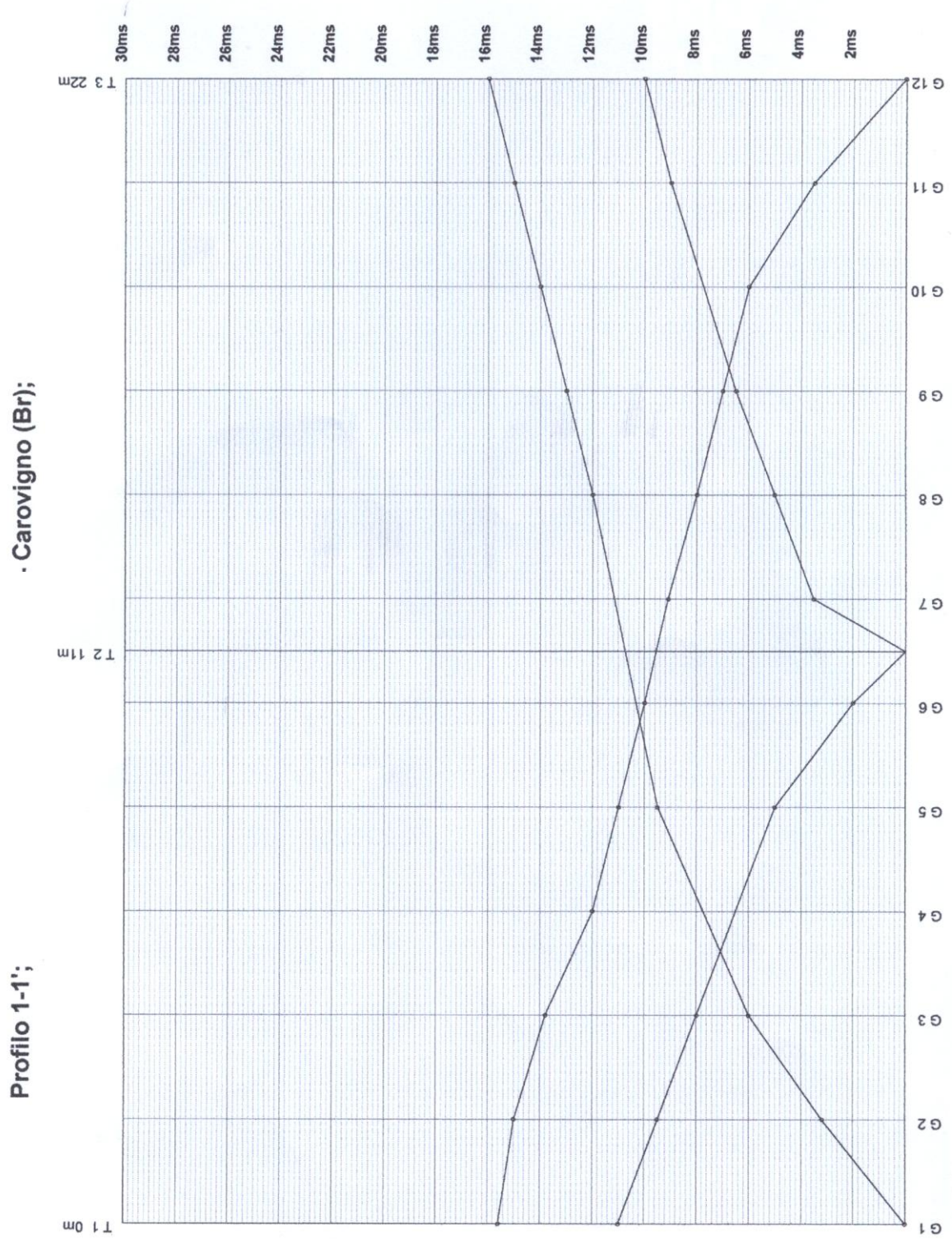
Carovigno li 12/03/2013

Dr. Geologo
Massimilian BRANDI

PROGETTO PER LA
REALIZZAZIONE DI UNA ATTIVITA' DEDITA ALLA
TRASFORMAZIONE DI PRODOTTI ORTOFRUTTICOLI
IN CONTRADA FURCHI NEL COMUNE DI CAROVIGNO

allegato 1

*RISULTATI INDAGINI
SISMICHE E GEOELETTICHE*



PROFilo SISMICO A RIFRAZIONE 1-1' LOCALITA': CAROVIGNO (BR)

