



Progetto preliminare per la realizzazione del Nuovo Ospedale "San Cataldo" di Taranto

RELAZIONE GEOLOGICA

(Redatta nelle forme previste dal DM Infrastrutture del 14/01/2008 - nuove Norme Tecniche per le Costruzioni)

| | |
|---|---|
| Ubicazione: Taranto Strada Provinciale n. 176 | |
| | |
| il Responsabile del Procedimento: dr. ing. Paolo MOSCHETTINI DIRETTORE AREA GESTIONE TECNICA - ASL TARANTO | il tecnico incaricato: dr. geol. Mario ALFINO Viale Concilio Vaticano II n. 91 70124 - BARI email: alfimario@libero.it PEC: geologomarioalfino@epap.sicurezzapostale.it cell.: 347.1234128 - tel./fax: 080.5042700 |
| Ditta appaltatrice Indagini: "TARAS PALI SOCIETÀ COPERATIVA" | |
| ELABORATO: Relazione |  |
| | |
| | DATA 30 novembre 2013 |

INDICE

| | |
|--|----|
| 1. Premessa | 2 |
| 2. Ubicazione dell'area di intervento..... | 4 |
| 3. Inquadramento geologico | 7 |
| 4. Caratteri geologici locali | 8 |
| 5. Tettonica e morfologia | 11 |
| 6. Idrografia | 14 |
| 7. Idrogeologia | 15 |
| 8. Conformità dell'intervento con norme e piani | 19 |
| 8.1 Verifica del PAI | 19 |
| 8.2 Verifica del Piano Urbanistico Territoriale (PUTT/p) e Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR) | 20 |
| 9. Riferimenti normativi | 29 |
| 10. Indagini eseguite..... | 30 |
| 10.1 Perforazioni geognostiche..... | 31 |
| 10.2 Prospezioni geoelettriche | 34 |
| 10.3 Indagini sismiche a rifrazione di superficie | 34 |
| 10.4 Indagini sismiche con metodologia RE.MI. | 35 |
| 10.5 Indagini sismiche in foro | 35 |
| 10.6 Prelievo dei campioni e indagini di laboratorio | 36 |
| 11. Azione sismica | 37 |
| 11.1 Pericolosità sismica del territorio di Taranto | 38 |
| 11.2 Sismicità dell'area studiata | 39 |
| 11.3 Valutazione delle azioni sismiche..... | 40 |
| 11.4 Valutazione del potenziale di liquefazione de terreni | 40 |
| 12. Aspetti tecnici | 43 |
| 13. Conclusioni e prescrizioni | 47 |

Su incarico dell'Area Gestione Tecnica della ASL di Taranto è stata redatta la presente relazione geologica, ai sensi del § 6.2.1 del D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" e per le finalità di cui all'art. 17 del DPR 207/2010, a corredo del progetto preliminare per la realizzazione del Nuovo Ospedale "San Cataldo" di Taranto.

Lo studio ha avuto lo scopo di esaminare gli aspetti geologici dell'area, per poter determinare la fattibilità geologica del progetto rapportandolo al sito individuato, e determinare i caratteri geologico-tecnici dei terreni presenti per poter disporre dei dati necessari per il giusto dimensionamento delle opere fondazionali.

Così come previsto al § 6.1.2 del D.M. 14/01/2008 la relazione è stata redatta analizzando e definendo il modello geologico e determinando i parametri geotecnici necessari al progettista per la caratterizzazione e modellazione geotecnica dell'area.

Il lavoro è stato eseguito per approfondire i livelli di conoscenza dei fattori geologici (processi geomorfologici, assetto litostratigrafico, caratteristiche idrogeologiche) rapportandoli alla finalità dell'opera e individuando le caratteristiche geologico-tecniche dei terreni che saranno interessati dalle costruende strutture.

Alle definizioni del quadro conoscitivo e all'elaborazione delle carte si è pervenuti attraverso una metodologia di lavoro sviluppata secondo tre successive fasi:

prima fase di sintesi bibliografica

consistente nella raccolta della documentazione esistente per la predisposizione della cartografia di analisi geologica, idrogeologica e geomorfologica, con particolare attenzione alla Relazione Geologica.

seconda fase di approfondimento/integrazione

programmata partendo da un rilevamento geologico su basi litostratigrafiche alla scala 1:10.000 della zona direttamente interessata dal progetto e di un'ampia area limitrofa e dall'analisi aerofotogeologica delle foto e riprese aeree eseguite sul territorio del Comune di Taranto.

Tutti gli elementi rilevati con la foto interpretazione sono stati successivamente correlati al rilevamento diretto di campagna infine, allo scopo di delineare le caratteristiche litostratigrafiche e litotecniche dei terreni interessati è stata espletata una campagna d'indagini geognostiche che, pianificata e programmata preliminarmente durante i lavori di rilevamento in situ con la Stazione Appaltante, è consistita in:

- Esecuzione di n. 10 sondaggi a carotaggio continuo, durante la realizzazione dei quali sono stati prelevati n.20 campioni indisturbati e n. 10 campioni rimaneggiati per le prove e le analisi di laboratorio
- esecuzione di n. 12 prospezioni geoelettriche 2D mediante l'impiego delle configurazioni dipolo-dipolo assiale e Wenner per la individuazione dell'andamento del sottosuolo
- Esecuzione di n. 12 prospezioni sismiche a rifrazione di superficie per la misura della velocità delle Onde P e la definizione degli strati presenti nel sottosuolo

- Esecuzione di n. 12 prospezioni sismiche eseguite con tecnica "RE.MI", sulle medesime basi sismiche, per la misurazione delle Onde S e la conseguente definizione della categoria di appartenenza del suolo di fondazione attraverso la determinazione delle V_{s30} secondo quanto stabilito dalle *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/1/2008 (G.U. 4 febbraio 2008, n.29 - s. o. n.30)*

- Esecuzione di n. 6 profili sismici in foro "down-hole" per la misura delle Onde S mediante l'elaborazione delle quali è stato definito l'Incremento Sismico Locale e la determinazione dei parametri elasto-dinamici dei terreni interessati.

L'espletamento della campagna di indagini e delle prove di laboratorio è stata condotta dalla Ditta Appaltatrice "TARAS PALI SOCIETÀ COOPERATIVA" e diretta dal sottoscritto.

terza fase di valutazione, proposte e prescrizioni

definita attraverso la redazione di una carta geologica e relative sezioni geolitologiche, della carta idromorfologica e della carta delle isofreatiche. In tali elaborati, nella relazione descrittiva, e nei risultati delle prove in situ e in laboratorio, sono stati individuati gli elementi più significativi emersi dalle analisi condotte, con lo scopo di fornire un quadro sintetico dello stato dell'ambito territoriale in esame, al fine di procedere alle successive valutazioni diagnostiche, concretizzate nell'accertamento della fattibilità geologica e dalle correlate proposte e prescrizioni da adottare per gli interventi necessari alla realizzazione delle opere.

Infine si è analizzata la posizione del lotto individuato per l'intervento rispetto ai vincoli territoriali regionali e sono state redatte: la carta dello stralcio del PAI (AdB Puglia), la carta di inquadramento delle prescrizioni del PUTT/p - Puglia e, sebbene solo adottato e non ancora approvato, la carta delle prescrizioni del PPTR Puglia.

A corredo della relazione vengono allegati i seguenti elaborati cartografici:

- **TAVOLA 1:** Inquadramento territoriale su ctr e ortofoto
- **TAVOLA 2:** Stralcio del PAI (AdB Puglia)
- **TAVOLA 3:** Carta di inquadramento delle prescrizioni del PPTR - Puglia
- **TAVOLA 4:** Carta di inquadramento delle prescrizioni del PUTT/p - Puglia
- **TAVOLA 5:** Carta geologica
- **TAVOLA 6:** Carta idromorfologica
- **TAVOLA 7:** Carta delle isofreatiche
- **TAVOLA 8:** Sezioni geolitologiche

2. Ubicazione dell'area di intervento

L'area di intervento è situata ad est del centro abitato di Taranto e precisamente in località S. Paolo in un'area agricola a ridosso della S.P. n.176, a sud della S.S. 7 Ter per S. Giorgio Jonico (Fig. 1).

Topograficamente, essa ricade nel Foglio 202 Tav. II NO "Taranto" della Carta Ufficiale d'Italia (IGM 1:25.000 - Fig. 2)).

L'area, situata a quote comprese tra 13m e 19m s.l.m. con un andamento sub-pianeggiante digradante verso sud- est, dista in linea d'aria circa 2km dalla sponda meridionale del II Seno del Mar Piccolo ed è compresa in un territorio a vocazione prettamente agricola (Fig. 3 - stralcio aerofotogrammetrico).

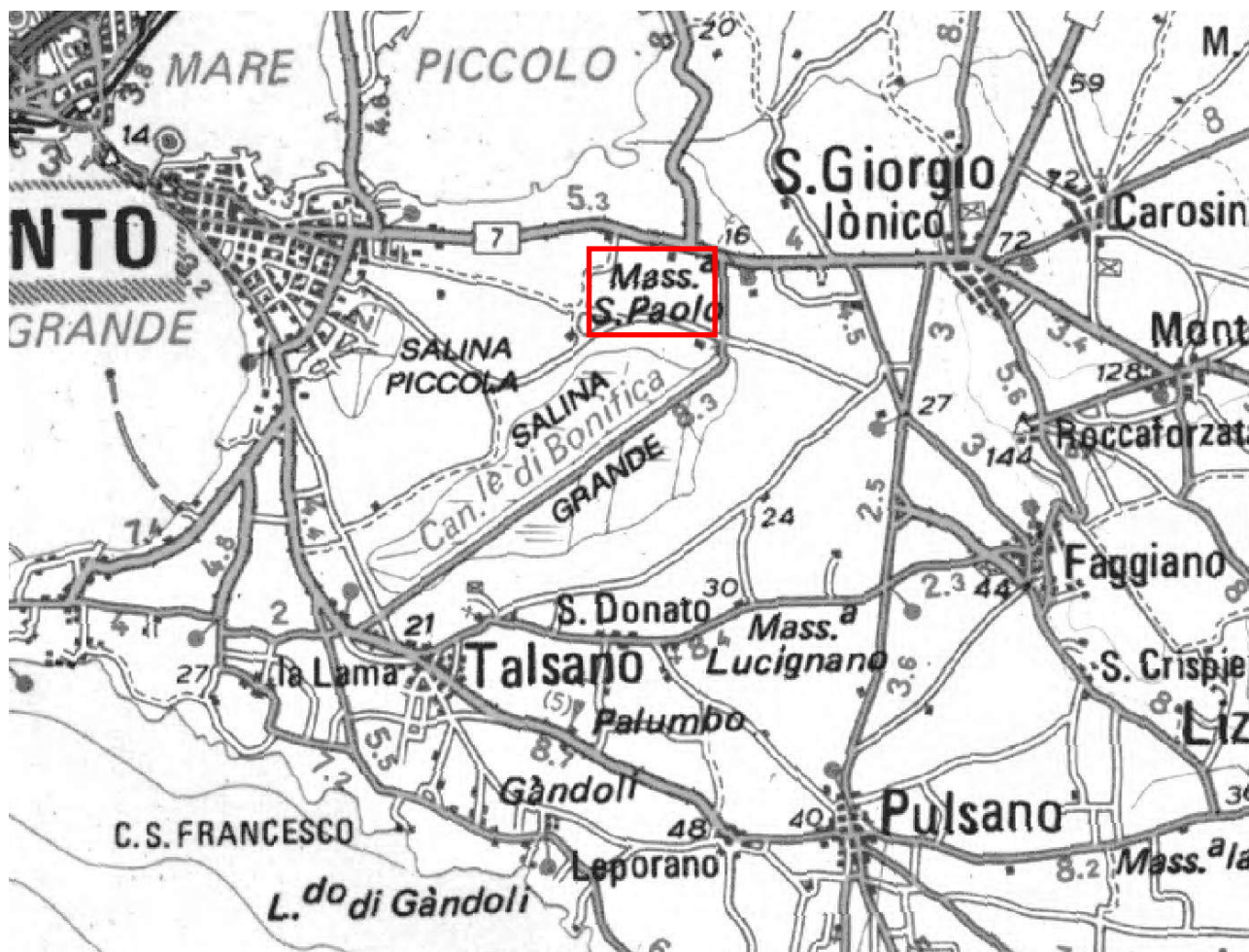


Fig.1 - Ubicazione dell'area

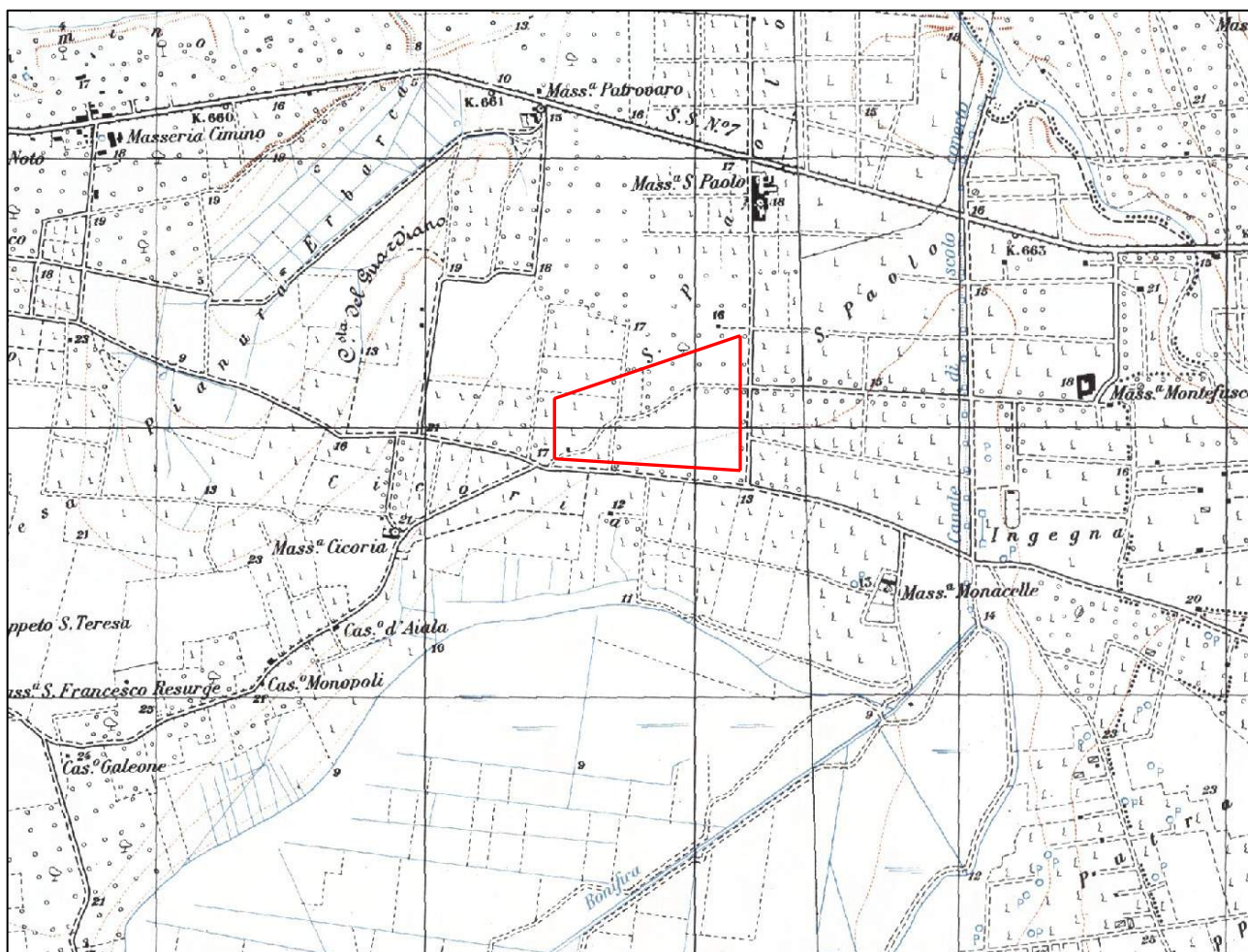


Fig. 2 - Stralcio della Tav. II NO "Taranto" Foglio 202 - IGM 25.000



Fig. 3 - Stralcio aerofotogrammetrico

3. Inquadramento geologico

L'area dove sorge la Città di Taranto ricade, dal punto di vista geologico, al limite tra il dominio dell'Avampaese Apulo (Murge) e quello dell'Avanfossa Appenninica (Fossa Bradanica). Le Murge sono caratterizzate da una spessa successione di strati calcarei, e in subordine dolomitici, di età Mesozoica la cui parte affiorante, nota in letteratura con il nome di "Gruppo dei Calcari delle Murge", è distinta in due unità litostratigrafiche principali: "Calcari di Bari" (Cretaceo inf. medio) e "Calcare di Altamura" (Cretaceo sup.).

Verso il lato Bradanico delle Murge, i calcari sono ribassati a gradinata fino al fronte della Catena Appenninica e giacciono sotto una spessa copertura di depositi appartenenti al ciclo sedimentario plio-pleistocenico della "Fossa Bradanica" e al di sotto di terreni alloctoni dell'Appennino Meridionale (Fig. 4).

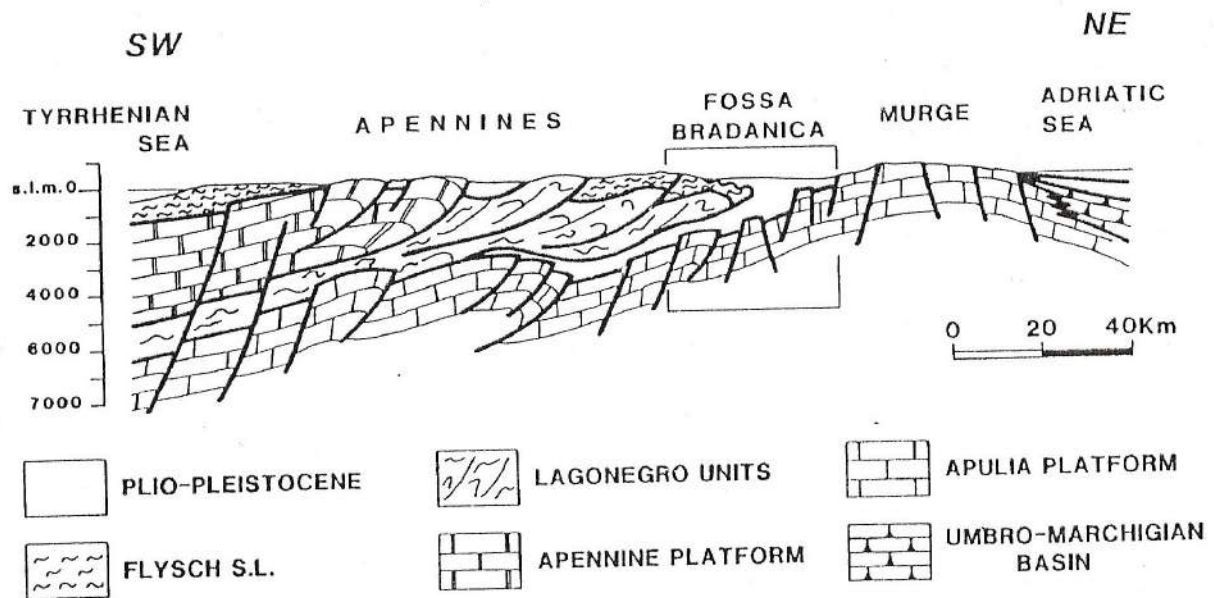


Fig. 4 - sezione geologica attraverso l'Appennino Meridionale e la Fossa Bradanica (da Sella M. et Alii, 1988)

4. Caratteri geologici locali

Per la definizione dello scenario territoriale di riferimento, alla scala del progetto in epigrafe, è stato effettuato un rilievo geologico e strutturale all'intorno dell'area di intervento.

La geologia del territorio di Taranto è caratterizzata da un potente basamento carbonatico cretaceo (riferibile al "Calcare di Altamura") sovrastato, in trasgressione, dai termini basali della sequenza sedimentaria marina plio-pleistocenica della "Fossa Bradanica" (Calcarenite di Gravina e Argille subappennine) su cui, durante le fasi di ritiro del mare presso le attuali linee di costa, si sono accumulati, ai vari livelli, depositi terrazzati marini e/o, depositi continentali.

La stratigrafia della zona di studio, dalla più antica alla più recente, è rappresentata da:

- "Calcare di Altamura" (Cretaceo sup.)
- "Calcarenite di Gravina" (Pliocene sup. - Pleistocene inf.)
- "Argille subappennine" (Pleistocene inf.)
- "Depositi Marini Terrazzati" - DMT (Pleistocene medio - sup.)
- "Depositi recenti e attuali" - (Olocene)

Calcare di Altamura: questa unità litostratigrafica costituisce la litologia più antica presente nell'area; si tratta di calcari detritici bianchi o grigiastri a luoghi dolomitizzati in genere ben stratificati con giacitura sub-orizzontale o al più, inclinati di alcuni gradi con una leggera immersione verso sud sud-est. Nella formazione, i cui litotipi predominanti, nella successione litostratigrafica, sono rappresentati da facies carbonatiche massive o finemente stratificate possono essere riconosciuti calcari biancastri, dolomie grigie, calcari micritici debolmente dolomitici di colore avana, con prevalenza predominante della *litofacies* calcarea su quella dolomitica. I calcari si presentano generalmente di colore chiaro e a granulometria ora fine (calcari micritici), ora grossolana (calcari bioclastici); i calcari dolomitici e le dolomie sono, viceversa, di colore grigio più o meno scuro e mostrano una struttura ora subsaccaroide ora fine e laminare.

Nell'area in esame il calcare non affiora ma si rinviene a notevole profondità e non è mai stato intercettato nelle perforazioni eseguite.

Calcareniti di Gravina: tale formazione poggia in trasgressione sul Calcare di Altamura. Lo spessore è variabile dai 15 ai 35m in base all'andamento irregolare del basamento calcareo. Si tratta di biocalcareniti porose, variamente cementate, biancastre o giallastre, fossilifere. Si presentano massive, a luoghi stratificate in banchi con giacitura sub-orizzontale. Localmente, in corrispondenza della superficie di trasgressione, si rinviene un orizzonte discontinuo di breccia calcarea rossastra ad elementi carbonatici poco elaborati.

Le Calcareniti di Gravina affiorano, con un lembo modestissimo, nella estrema parte settentrionale dell'area investigata e non sono state mai intercettate nelle perforazioni eseguite.

Argille subappennine: questa formazione risulta in continuità stratigrafica con le Calcareniti di Gravina.

Si tratta di argille marnoso-siltose con intercalazione limoso-sabbiose, di colore grigio-azzurro che sfuma al giallastro, per l'alterazione, nella parte sommitale. Il loro spessore è elevatissimo (circa 100 metri).

Tale formazione affiora vistosamente lungo la sponda meridionale del II Seno del Mar Piccolo in località "il Fronte" nei pressi della Pineta Cimino, e borda completamente sia la Salina Grande che la Salina Piccola.

Le argille sono state rinvenute in tutte le perforazioni di sondaggio eseguite nell'area di intervento.

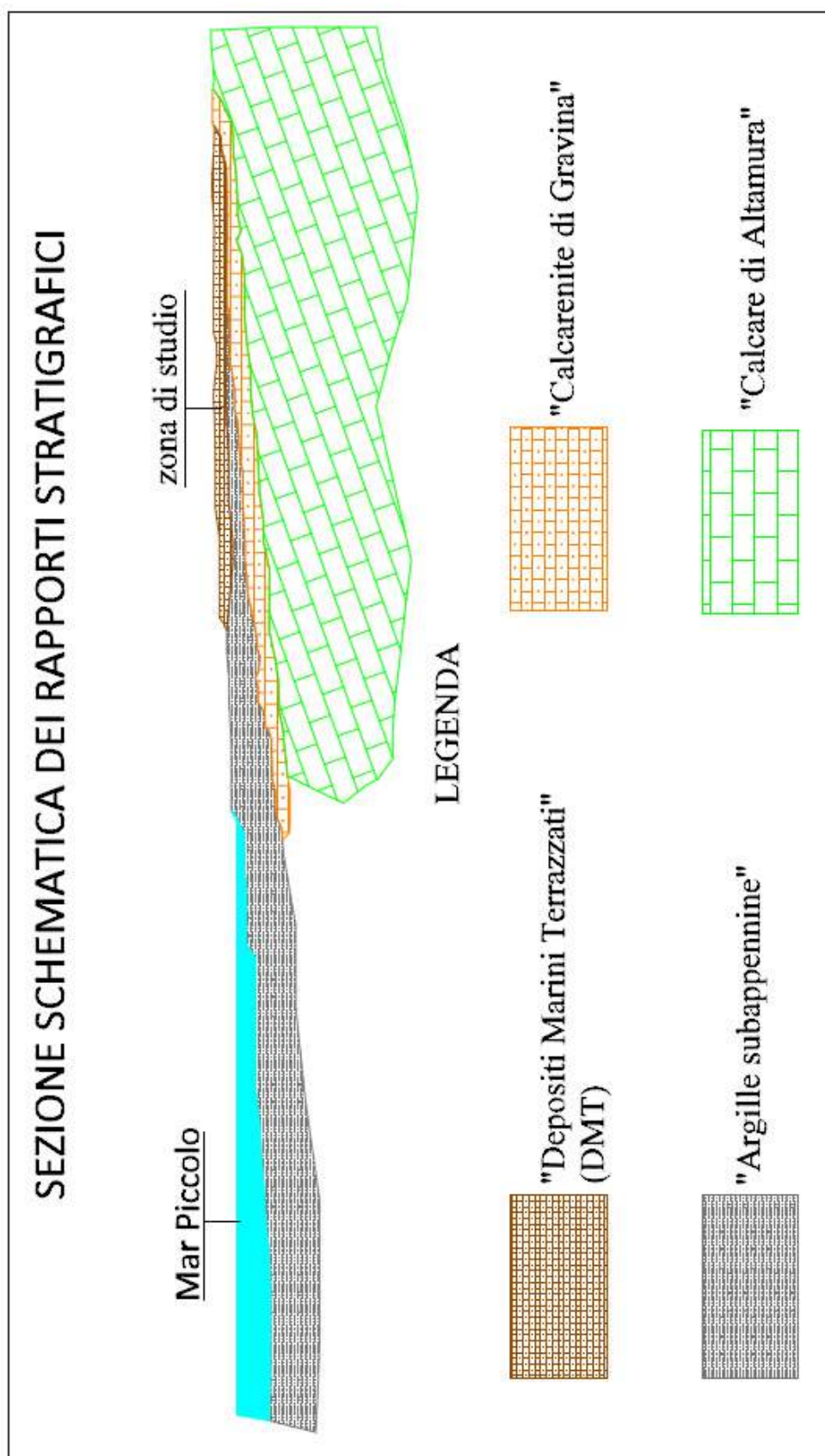
DMT: poggiano con contatto trasgressivo su superfici di abrasione incise, a vari livelli, nei termini della serie plio-pleistocenica della Fossa Bradanica e in qualche caso direttamente sui calcari cretacei. Sono costituiti da biocalcareniti grossolane, di colore bruno-giallastro che si presentano compatte pur con presenza di vacuoli. Posseggono un buon grado di diagenesi e il loro spessore residuo affiorante è dell'ordine di qualche metro.

I DMT sono stati rinvenuti, subito al di sotto del terreno vegetale, in tutti i sondaggi eseguiti.

Depositi Recenti e Attuali: si tratta di limi generalmente gialli e neri che rappresentano il deposito di zone paludose quali quelli che si rinvencono nella Salina Grande e nella Salina Piccola.

Tali Depositi non sono stati intercettati in nessun sondaggio.

In definitiva il sottosuolo del sito di indagine, per la porzione di interesse dell'opera, è caratterizzato da depositi calcarenitici-sabbiosi costituenti i DMT posti in trasgressione sulle Argille Subappennine grigio-azzurre. Si riporta, di seguito, uno schema dei rapporti stratigrafici mentre nella TAV. 5 è rappresentata la geologia dell'area a scala 1:10.000.



5. Tettonica e morfologia

Dal punto di vista strutturale, la successione carbonatica cretacea delle Murge forma un'estesa monoclinale, immergente a SSO, complicata da blande pieghe e da faglie dirette (Ricchetti 1980; Ciaranfi et al. 1983).

Varie fasi tettoniche hanno interessato l'area tra il Cretaceo superiore e l'inizio del Terziario. In particolare, si sono verificate due fasi tettoniche distensive durante il Terziario alto mentre l'azione legata alla tetto-genesi appenninica è stata essenzialmente di tipo compressivo.

Le fasi più antiche hanno determinato una suddivisione in grandi blocchi della Piattaforma Apula mentre le fasi successive hanno prodotto delle blande pieghe.

Secondo la letteratura più accreditata gli eventi neotettonici (riferibili a deformazioni più recenti) sono riconducibili a due fasi:

- una prima fase, dal Pliocene al Pleistocene inf., durante la quale le Murge sono state interessate da sforzi compressivi attenuati, collegati alle fasi terminali della tetto-genesi appenninica
- una seconda fase, che comprende l'ultimo milione di anni, durante la quale le Murge sono state soggette ad un generale sollevamento, disuniforme, connesso con il riaggiustamento isostatico regionale.

Per quanto riguarda l'assetto tettonico dell'area tarantina, esso riflette la storia geologica del territorio pugliese. Si osserva, infatti, una concordanza tra morfologia e tettonica: i rilievi corrispondono ad alti strutturali (horst) costituiti litologicamente dalla formazione più antica costituita dal Calcare di Altamura, mentre le aree più pianeggianti corrispondono a zone strutturalmente depresse (graben), riempite dalle più recenti coperture sedimentarie.

I calcari cretacei, ribassati a gradinata, formano un'estesa monoclinale con immersione a S-SO, complicata da blande pieghe e interrotta da sistemi di faglie normali di direzione ONO-ESE.

Nei dintorni del Mar Piccolo, i calcari mesozoici affiorano in una serie di rilievi allineati NNO-SSE tra Crispiano e Lizzano in cui si delinea una anticlinale, detta di Statte, separata dalle Murge dalla sinclinale di Mottola-Lizzano.

Nei pressi dell'abitato di San Giorgio Jonico, ad Est del sito di intervento, al nucleo di questa anticlinale affiora anche la Calcarenite di Gravina trasgressiva sui Calcari di Altamura ed è osservabile percorrendo, da San Giorgio Jonico, la S.P. 109 verso Pulsano. I calcari qui presenti hanno immersione verso NE e sono interessati da faglie sub-verticali ben visibili sui fronti di cave aperte in questa zona.

La copertura sedimentaria deposta in seguito alla trasgressione plio-pleistocenica (ossia i termini basali della sequenza della Fossa Bradanica: Calcarenite di Gravina e Argille subappennine) mostrano di non aver subito la fase tettonica disgiuntiva che ha interessato i calcari cretacei ma, insieme a questi ultimi, ha però subito lenti sollevamenti differenziati nel tempo, che hanno portato alla deposizione in terrazzi dei sedimenti dei cicli marini post-calabrianici (nell'area sono stati riconosciuti fino a 11 ordini di terrazzi).

Gli effetti del sollevamento tettonico post-calabriano, insieme con le oscillazioni glacioeustatiche, si osservano nella configurazione del paesaggio con tipiche forme di coste in sollevamento, rappresentate da una successione di ripiani digradanti verso il mare.

Questi ripiani corrispondono rispettivamente a superfici di spianamento marino, sia di accumulo che di abrasione, e a paleolinee di costa. L'andamento delle antiche linee di riva sembra indicare che l'attuale bacino del Mar Piccolo ha cominciato a delinearsi in un'epoca immediatamente successiva al deposito dei sedimenti del III ciclo marino post-calabriano. Infatti, mentre le linee di riva e i depositi dei cicli più antichi (I-II ciclo) si estendono ad est dell'area in esame, indicando una comunicazione tra il Mar Jonio ed il Mar Adriatico, le linee di riva e di depositi dei cicli più recenti (III-IV) formano, nella zona tra Montemesola, Grottaglie, Monteparano e San Giorgio Jonico, archi di cerchi grosso modo concentrici e sempre più vicini all'attuale linea di costa del Mar Piccolo di Taranto (Ricchetti, 1967 - Fig. 5).

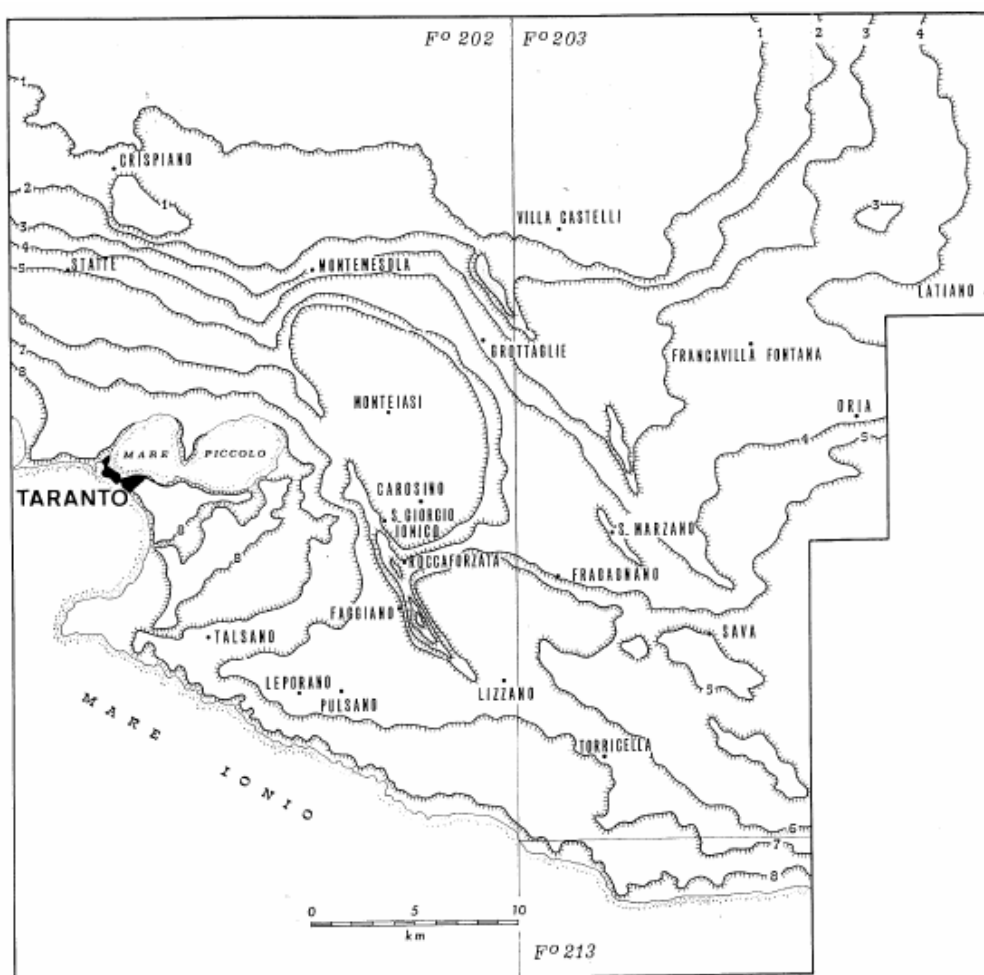


Fig. 5 - Ricostruzione schematica dell'andamento delle ripe costiere pleistoceniche nei dintorni del Mar Piccolo di Taranto.
 Legenda: 1 - ripa calabriana (in fase di regressione); 2, 3, 4, 5, - ripe postcalabrianne e pretirreniane; 7 - ripa tirreniana;
 8 - ripa post-tirreniana.

Questi terrazzi marini sono incisi da "lame" che con la loro azione erosiva hanno interrotto la continuità della copertura post-calabrianica portando a giorno le Argille subappennine e in alcuni punti anche terreni più antichi. Il sito di indagine ricade nell'ambito del terrazzo marino del Tirreniano (spianata 7 - Ricchetti 1967) interrotto a Nord-Ovest dal Canale Manganeccia (che convoglia al Mar Piccolo le acque raccolte nella Palude Erbara) e a sud dalla Salina Grande (collegato al Mar Piccolo da un canale collettore, in parte interrato e in parte scoperto).

La Salina Grande, insieme con la Salina Piccola e la Palude Erbara sono le ultime terre emerse a sud dell'attuale bacino del Mar Piccolo. Si tratta di aree depresse e conchiformi con il piano collocato a quote differenti: Palude Erbara a 4 metri s.l.m.; la Salina Grande a 9 metri s.l.m.; la Salina Piccola a 14 metri s.l.m..

Esse rappresentavano bacini chiusi i quali, probabilmente, hanno avuto una genesi simile a quella che ha portato alla formazione dell'attuale bacino del Mar Piccolo, e che un tempo erano collegate al Mar Grande così come ora lo è il Mar Piccolo.

Tali aree depresse e paludose sono state bonificate grazie alle opere di bonifica delle terre paludose iniziate durante il Regno Borbonico.

Per quanto riguarda il sito di stretto interesse, esso presenta un andamento sub-pianeggiante digradante dolcemente verso sud-est, come si osserva dall'andamento delle isoipse della Carta Tecnica Regionale (TAV. 1 - CTR 1:5.000) e non è interessato da faglie e pieghe.

L'area oggetto di intervento è situata a quote comprese tra 19,20 metri s.l.m. e 13,20 metri s.l.m. e si osservano pendenze dell'ordine del 2%-3% nel settore sud-orientale, a ridosso della S.P. 176 (ex Strada vicinale Solito).

Dal rilievo geologico di superficie si è individuata un'area depressa nella zona nord-ovest del lotto, non riportata dalle cartografie ufficiali, su cui insistono alberi di ulivo secolari e che nei periodi particolarmente piovosi tende ad allagarsi per parecchi giorni (informazioni raccolte dai contadini della zona).

Tale conca depressiva che ha una estensione di circa 8.000 m², sebbene rientra in piccola parte nel lotto di intervento, è stata oggetto di un'indagine sismica a rifrazione e di una perforazione di sondaggio.

L'area in questione, qualora dovesse essere interessata da opere significative, dovrà essere oggetto di indagini più approfondite.

6. Idrografia

L'area di intervento è inclusa in un territorio a vocazione prettamente agricola caratterizzato, come tutto il territorio pugliese, da una carenza di idrografia superficiale dovuta alle basse pendenze presenti e all'elevata infiltrazione delle piogge zenitali. L'idrografia è dovuta solo alle meteoriche che, mentre nel passato hanno trovato una situazione morfologica favorevole alla formazione di dreni naturali, oggi, condizionate dalle opere antropiche (muretti a secco, strade interpoderali e opere viarie), risultano meno regimentate infatti, in concomitanza di eventi meteorici abbondanti e prolungati, le strade costituiscono una via di scorrimento delle acque verso le quote più basse.

Nella zona studiata gli impluvi naturali sono poco significativi, se non del tutto assenti, e danno luogo a temporanei ed effimeri deflussi superficiali come, ad esempio, quello che si sviluppa lungo il Canale "Manganecchia" ad est del sito di intervento.

Un reticolo idrografico più importante, invece, è rappresentato dal Canale "d'Aiedda" che sfocia nel Secondo Seno del Mar Piccolo e che convoglia le acque sia del torrente "Levrano d'Aquino" (che nasce con dei fossi minori in zona premurgiana) sia le acque dell'affluente "Cicora" che ha origine nei dintorni di Carosino.

Nella parte terminale del canale "d'Aiedda" confluiscono anche le acque del Canale di Bonifica della Salina Grande (il canale "Taddeo") insieme alle acque provenienti dal Canale "Maestro" che nasce nei dintorni di Faggiano a sud-est del sito d'intervento (TAV. 6 - Carta idromorfologica).

In riferimento alla circolazione idrica superficiale è da segnalare che l'area di intervento, dall'analisi della cartografia ufficiale dell'Autorità di Bacino della Puglia (AdB), non ricade in nessuno dei vincoli fissati dallo Strumento Territoriale di Settore (zona a pericolosità idraulica - PAI) né rientra nelle limitazioni previste dall'articolo 6 comma 8 e articolo 10 comma 3 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI (TAVV. 2 e 6).

7. Idrogeologia

Le caratteristiche idrogeologiche del territorio sono rappresentate, per la successione litologica esistente, dalla presenza di due falde distinte e sovrapposte: una falda freatica ospitata nei DMT e sostenuta dai termini argillosi scarsamente permeabili e una profonda, o di base, circolante, ora a pelo libero ora in pressione, nel basamento calcareo.

La falda freatica ha, trasversalmente, profilo immergente verso la Salina Grande, comunque con gradienti modestissimi (limitati a meno dell'1%), e la sua alimentazione è dovuta agli apporti meteorici ricadenti nella ristretta zona a nord. Il bacino idrografico così limitato rendono la falda freatica di dimensioni ridottissime e non sfruttabile, come risorsa, per quanto riguarda l'approvvigionamento idrico per uso irriguo infatti il suo pelo libero subisce, nel tempo, oscillazioni dipendenti dal regime pluviometrico, innalzandosi in occasione di precipitazioni intense e prolungate ed abbattendosi, invece, in circostanze di siccità protratta.

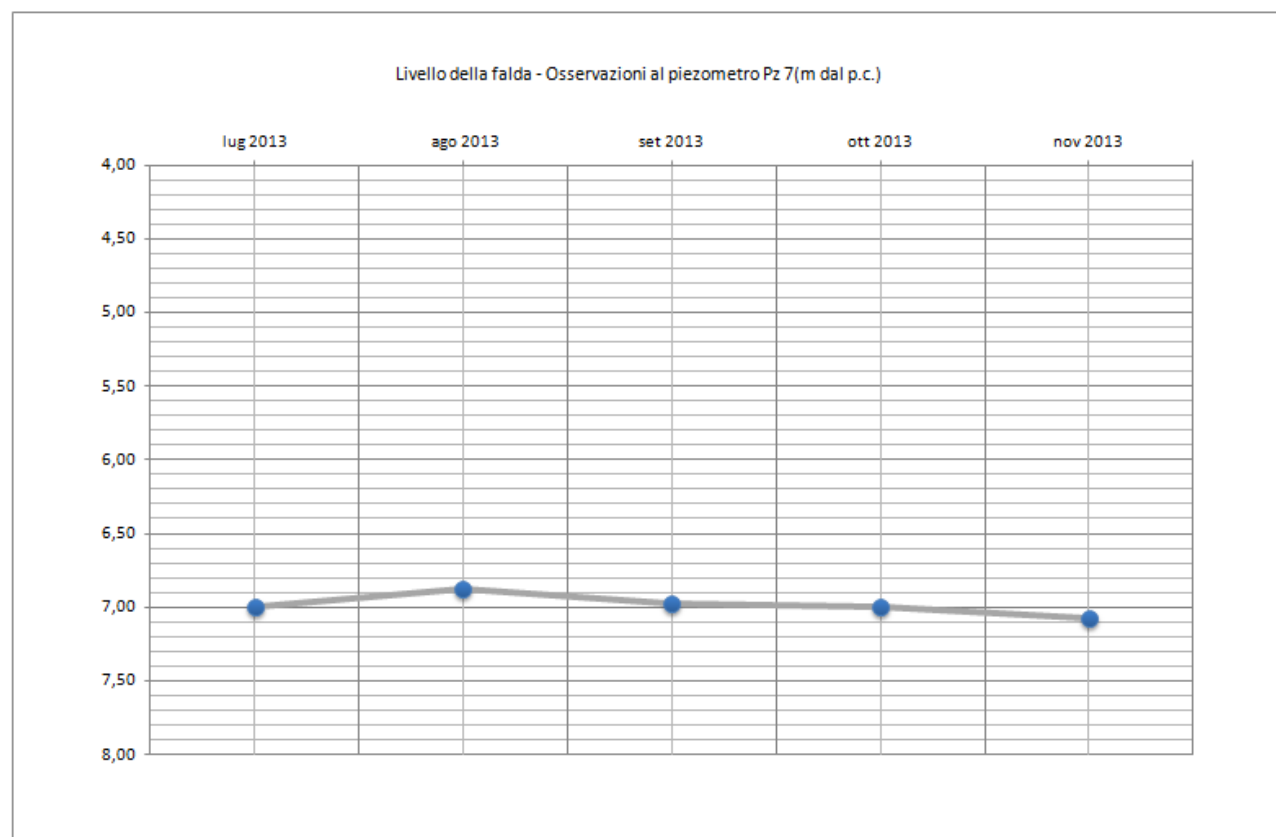
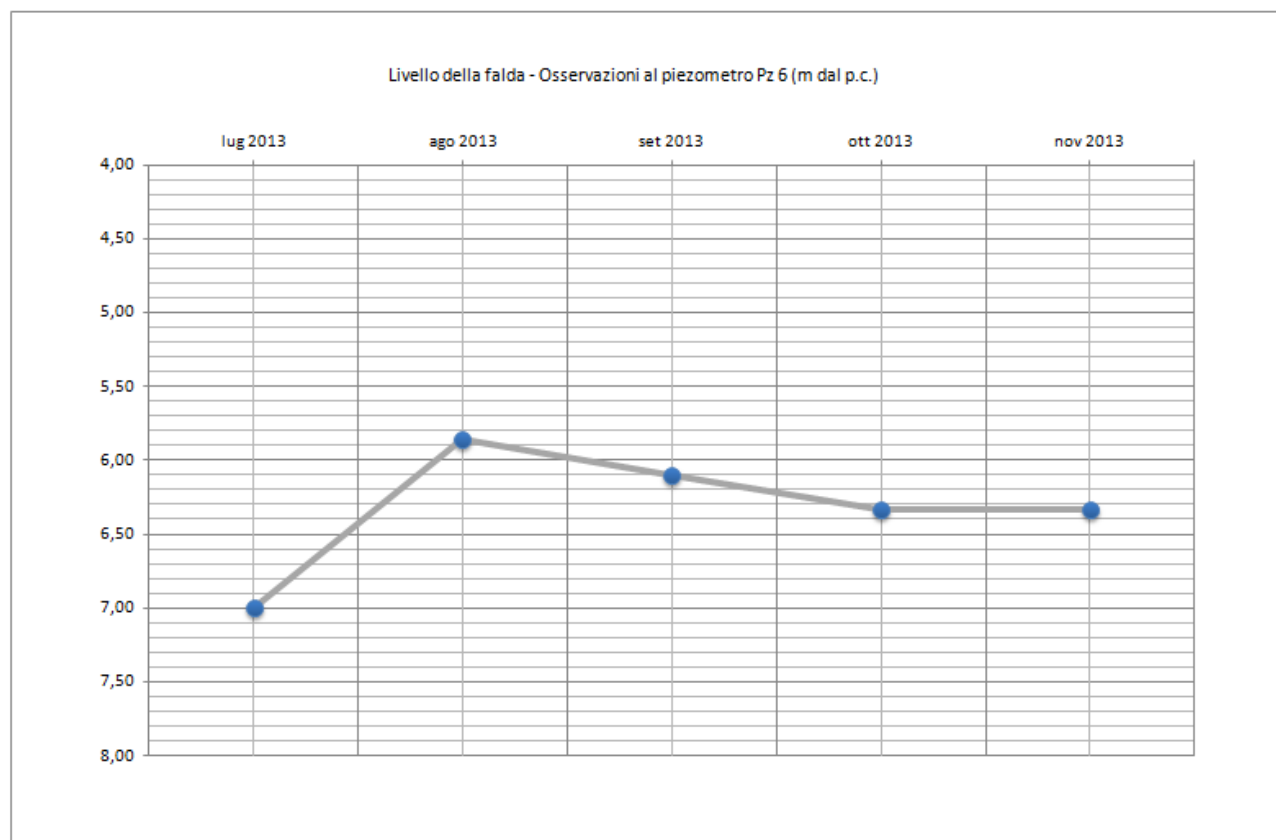
In generale il livello statico della falda freatica nella zona è stato misurato a circa 5,50÷8,50 metri dal p.c. in tutti i sondaggi e nei sondaggi S03, S04 e S09 oltre che a questa quota più superficiale la falda è stata intercettata anche a circa 20,00 metri di profondità.

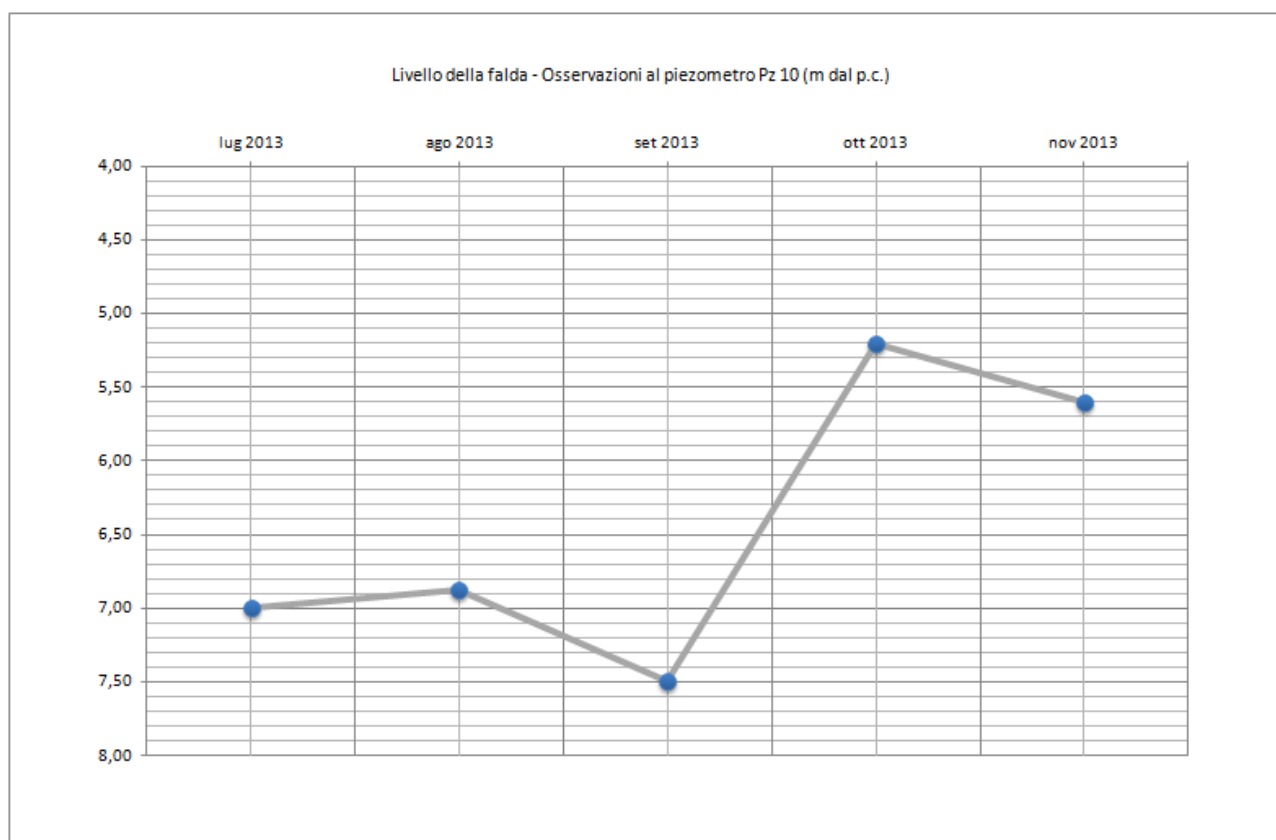
Nel sondaggio S05 è stata, addirittura, intercettata, oltre che a 7,00 metri anche alle quote: 11,50, 16,50 e 18,60 metri dal p.c. (cfr. stratigrafie dei sondaggi riportate nella relazione sulle indagini).

In particolare nei sondaggi S03, S04, S05 e S09, sono stati intercettati distinti livelli idrici (falde sospese), a diverse quote, che hanno indotto ad approfondire le perforazioni in tre sondaggi a 40 metri di profondità (rispetto ai 30 metri previsti preliminarmente) per ottenere informazioni più dettagliate.

La presenza di questi distinti livelli idrici, non riscontrati in tutti i sondaggi, è dovuta ad una alternanza di sabbie e limi-sabbiosi, disposti alle varie profondità, che indicano una accentuata disomogeneità verticale da attribuire, verosimilmente, a una variazione della sequenza deposizionale anche se a livello della medesima *facies*.

Nel corso delle perforazioni geognostiche, per poter disporre di un monitoraggio completo della falda freatica, sono stati realizzati, mediante l'inserimento di tubazioni in PVC, n. 3 piezometri (Pz6, Pz7 e Pz10) nei fori di sondaggio S06, S07 e S10. Si riportano, di seguito, le misurazioni effettuate sino a novembre 2013.





Si precisa che il tempo di osservazione della falda, per essere esaustivo, deve essere esteso ad un periodo superiore a quello indagato per avere informazioni sufficienti sul comportamento della stessa.

In questa ottica, per essere in linea con la letteratura ufficiale, si ritiene doveroso fare riferimento all'anno idrologico (intervallo di tempo compreso tra due periodi consecutivi di magra ott-set). A tale proposito lo scrivente si impegna a fornire - senza alcuna spesa per il committente - la integrazione al presente lavoro che conterrà le ulteriori letture ai piezometri con il commento sulle future osservazioni.

Questa fase di monitoraggio della falda, al fine di valutare la massima escursione della piezometrica, terminerà ad agosto 2014.

Notevole è invece la circolazione idrica sotterranea costituita dalla falda profonda di tipo carsico detta falda carsica, o di base, che ha sede nel substrato carbonatico costituito dal "Calcere di Altamura".

La formazione carbonatica mesozoica rappresenta un'unità da poco a molto permeabile con valori compresi tra 10 e 10^{-4} cm/s, pertanto, in considerazione anche del notevole spessore e della elevata estensione, è sede di una cospicua e ben alimentata falda. Essa circola, in pressione, attraverso la rete di discontinuità del calcare a luoghi ampliate dalla dissoluzione carsica che ha generato autentici condotti. L'infiltrazione e la circolazione avvengono sia in forma concentrata che diffusa e sono, in ogni caso, influenzate sempre dall'orientazione dei principali sistemi di fratturazione.

La falda carsica galleggia sulla più densa acqua marina di invasione continentale e al contatto acqua dolce-acqua salata si individua una zona detta di transizione o zona di diffusione dove si verificano fenomeni di miscelamento salino.

Essendo la falda confinata, la superficie piezometrica non coincide con il tetto della falda infatti, nell'area di interesse, la piezometrica è collocata alla quota di circa 1 metro s.l.m. (Fig. 6 - Stralcio PTA - Carichi Piezometrici) mentre per quanto riguarda la circolazione, la quota è posta a profondità maggiori per la presenza della potente successione argillosa, che confina le acque a profondità più elevate (falda in pressione). Data l'elevata profondità tale falda è di nessun interesse per il nostro studio.

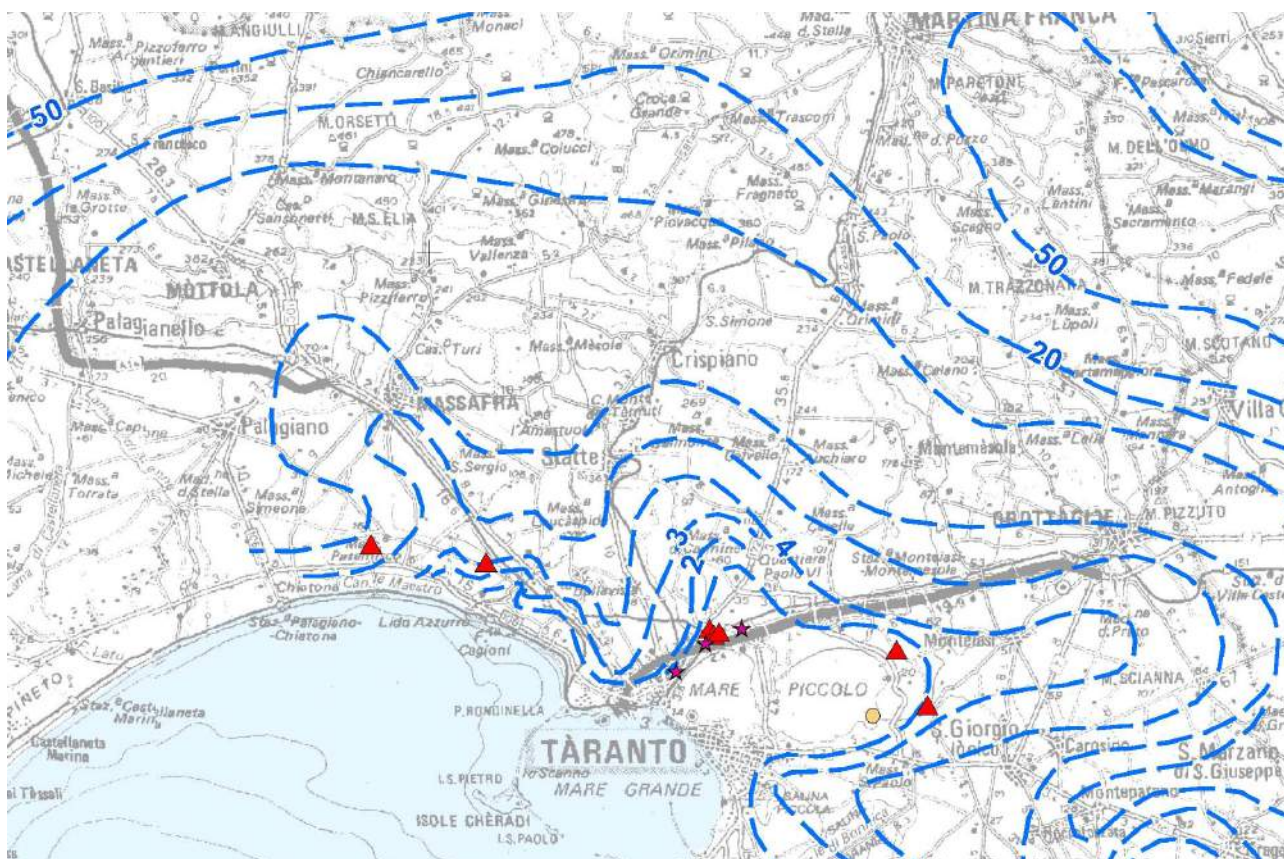


Fig. 6 - Stralcio del PTA della Regione Puglia - Carichi Piezometrici

8. Conformità dell'intervento con norme e piani

8.1 Verifica del PAI

Finalità, contenuti ed effetti del Piano per l'Assetto Idrogeologico.

Il Piano di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Puglia (PAI) è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità geomorfologia, necessari a ridurre gli attuali livelli di pericolosità e consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso.

Il PAI costituisce il Piano Stralcio del Piano di Bacino, ai sensi dell'articolo 17 comma 6 ter della Legge n.183 del 18 maggio 1989; ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia.

Le finalità di cui sopra sono realizzate, dall'Autorità di Bacino della Puglia e dalle altre Amministrazioni competenti, mediante:

- la definizione del quadro della pericolosità idrogeologica in relazione ai fenomeni di esondazione e di dissesto dei versanti;
- la definizione degli interventi per la disciplina, il controllo, la salvaguardia, la regolarizzazione dei corsi d'acqua e la sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture, indirizzando l'uso di modalità di intervento che privilegino la valorizzazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del territorio attraverso:
- l'individuazione, la salvaguardia e la valorizzazione delle aree di pertinenza fluviale;
- la manutenzione, il completamento e l'integrazione dei sistemi di protezione esistenti;
- la definizione degli interventi per la protezione e la regolazione dei corsi d'acqua;
- la definizione di nuovi sistemi di protezione e difesa idrogeologica, ad integrazione di quelli esistenti, con funzioni di controllo dell'evoluzione dei fenomeni di dissesto e di esondazione, in relazione al livello di riduzione del rischio da conseguire.

In tutte le aree a pericolosità idraulica si applicano le disposizioni del Titolo II, IV, V e VI delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI.

Nelle aree a pericolosità idraulica, tutte le nuove attività e i nuovi interventi devono essere tali da:

- migliorare o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica;
- non costituire in nessun caso un fattore di aumento della pericolosità idraulica, né localmente, né nei territori a valle o a monte, producendo significativi ostacoli al normale libero deflusso delle acque ovvero causando una riduzione significativa della capacità di invaso delle aree interessate;
- non costituire un elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione delle specifiche cause di rischio esistenti;

- non pregiudicare le sistemazioni idrauliche definitive né la realizzazione degli interventi previsti dalla pianificazione di bacino o dagli strumenti di programmazione provvisoria e urgente;
- garantire condizioni adeguate di sicurezza durante la permanenza di cantieri mobili, in modo che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un ostacolo significativo al regolare deflusso delle acque;
- limitare l'impermeabilizzazione superficiale del suolo impiegando tipologie costruttive e materiali tali da controllare la ritenzione temporanea delle acque anche attraverso adeguate reti di regimazione e di drenaggio;
- rispondere a criteri di basso impatto ambientale facendo ricorso, laddove possibile, all'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica.

Dall'analisi della cartografia regionale si può affermare che il sito dov'è prevista la realizzazione del Nuovo Ospedale "S. Cataldo" di Taranto non ricade in aree a rischio perimetrate (TAV. 2) e non interferisce con la circolazione idrica superficiale, così come definita dall'art. 6 comma 8 e art. 10 comma 3 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI.

8.2 Verifica del Piano Urbanistico Territoriale (PUTT/p) e Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR)

Con Delibera di Giunta Regionale n. 1435 del 2 agosto 2013 - BURP n. 108 del 6 agosto 2013 la Regione Puglia ha adottato il PPTR quale nuovo strumento territoriale per il paesaggio e nel periodo di transizione, prima della sua definitiva approvazione, restano vigenti le norme del precedente PUTT/p.

Considerando che la stesura del presente studio coincide con il succitato periodo transitorio, nel presente paragrafo viene verificato il sito individuato per l'intervento sia in riferimento agli Ambiti Territoriali Estesi (ATE) e agli Ambiti Territoriali Distinti (ATD) del PUTT/p che con i nuovi vincoli del PPTR (TAV. 3 e TAV. 4).

PUTT/p Puglia - Ambiti Territoriali Estesi

Definizioni

Il Piano perimetra ambiti territoriali, con particolare riferimento al livello dei valori paesaggistico-ambientali, di:

- valore eccezionale ("A"), laddove sussistano condizioni di rappresentatività di almeno un bene costitutivo di riconosciuta unicità e/o singolarità, con o senza prescrizioni vincolistiche preesistenti;
- valore rilevante ("B"), laddove sussistano condizioni di compresenza di più beni costitutivi con o senza prescrizioni vincolistiche preesistenti;
- valore distinguibile ("C"), laddove sussistano condizioni di presenza di un bene costitutivo con o senza prescrizioni vincolistiche preesistenti;
- valore relativo ("D"), laddove pur non sussistendo la presenza di un bene costitutivo, sussista la presenza di vincoli (diffusi) che ne individuino una significatività;
- valore normale ("E"), laddove non è direttamente dichiarabile un significativo valore paesaggistico.

I terreni e gli immobili compresi negli ambiti territoriali estesi di valore eccezionale, rilevante, distinguibile e relativo, sono sottoposti a tutela diretta dal Piano:

- non possono essere oggetto di lavori comportanti modificazioni del loro stato fisico o del loro aspetto esteriore senza che per tali lavori sia stata rilasciata l'autorizzazione paesaggistica di cui all'art. 5.01;
- non possono essere oggetto degli effetti di pianificazione di livello territoriale e di livello comunale senza che per detti piani sia stato rilasciato il parere paesaggistico di cui all'art. 5.03;
- non possono essere oggetto di interventi di rilevante trasformazione, così come definiti nell'art. 4.01, senza che per gli stessi sia stata rilasciata l'attestazione di compatibilità paesaggistica di cui all'art. 5.04.

Indirizzi di Tutela

In riferimento agli ambiti con il rilascio delle autorizzazioni e con gli strumenti di pianificazione sott'ordinati devono essere perseguiti obiettivi di salvaguardia e valorizzazione paesaggistico-ambientale nel rispetto dei seguenti indirizzi di tutela:

- negli ambiti di valore eccezionale "A": conservazione e valorizzazione dell'assetto attuale; recupero delle situazioni compromesse attraverso l'eliminazione dei detrattori;
- negli ambiti di valore rilevante "B": conservazione e valorizzazione dell'assetto attuale; recupero delle situazioni compromesse attraverso l'eliminazione dei detrattori e/o la mitigazione degli effetti negativi; massima cautela negli interventi di trasformazione del territorio;
- negli ambiti di valore distinguibile "C": salvaguardia e valorizzazione dell'assetto attuale se qualificato; trasformazione dell'assetto attuale, se compromesso, per il ripristino e l'ulteriore qualificazione; trasformazione dell'assetto attuale che sia compatibile con la qualificazione paesaggistico-ambientale;
- negli ambiti di valore relativo "D": valorizzazione degli aspetti rilevanti con salvaguardia delle visuali panoramiche;
- negli ambiti di valore normale "E": valorizzazione delle peculiarità del sito.

Limiti di efficacia delle Norme di Piano

- In riferimento all'appartenenza dei territori agli ambiti di cui all'art. 2.01, l'efficacia delle norme tecniche del Piano varia, rispettivamente da assoluta a nulla.
- Efficacia "nulla" significa che la tutela e la valorizzazione dei caratteri paesaggistico-ambientali, sempre presenti, sono affidate alle capacità degli operatori pubblici e privati di perseguire obiettivi di qualità, accrescendo e non sminuendo il "valore" del sito attraverso una qualificata previsione e reazione della trasformazione (qualità della strumentazione urbanistica, qualità della progettazione, qualità della costruzione, qualità della gestione).

Dalla consultazione della cartografia ufficiale, di cui si riporta uno stralcio, si è constatato che il sito di intervento ricade, in riferimento agli Ambiti Territoriali Estesi (ATE), in ambito di "valore normale E".

PUTT/p Regione Puglia - Ambiti Distinti

Vincoli

I vincoli per il sito di intervento possono essere riassunti nel seguente quadro ricavato dalla Cartografia ufficiale della Regione Puglia (TAV. 4):

- Boschi - Macchie - Biotopi - Parchi
- Decreti Galasso / Catasto delle Grotte
- Vincoli idrogeologici / Vincoli e segnalazioni Architettonico - Archeologiche
- Aree di gestione sociale
- Bacini idrografici
- Oasi

Boschi - Macchie - Biotopi - Parchi

Il sito di intervento non è interessata da aree con tali vincoli.

Decreti Galasso

Il sito di intervento non è interessata da aree con tale vincolo.

Catasto delle Grotte

Il sito di intervento non è interessata da aree con tale vincolo.

Vincolo idrogeologico e idrologia superficiale

Le modificazioni d'uso del suolo, la trasformazione di boschi o l'estirpazione di essenze arboree aventi funzioni protettive, in terreni sottoposti a vincolo idrogeologico ai sensi della Legge 3267/23, sono subordinate all'autorizzazione del Corpo Forestale.

Il sito di intervento non ricade in area vincolata.

Vincoli e segnalazioni Architettonico - Archeologiche

Il sito di intervento non ricade in area vincolata.

Aree di gestione sociale

Il sito di intervento non ricade in area vincolata.

Bacini idrografici e Oasi

Il sito di intervento non ricade in area vincolata.

PPTR Puglia - Ambiti Paesaggistici

Definizioni

Il Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR) è piano paesaggistico ai sensi degli artt. 135 e 143 del Codice dei beni culturali e del Paesaggio, con specifiche funzioni di piano territoriale ai sensi dell'art. 1 della L.r. 7 ottobre 2009, n. 20 "Norme per la pianificazione paesaggistica". Esso è rivolto a tutti i soggetti, pubblici e privati, e, in particolare, agli enti competenti in materia di programmazione, pianificazione e gestione del territorio e del paesaggio.

Il PPTR persegue le finalità di tutela e valorizzazione, nonché di recupero e riqualificazione dei paesaggi di Puglia, in attuazione dell'art. 1 della L.R. 7 ottobre 2009, n. 20 "Norme per la pianificazione paesaggistica" e del D.lgs. 22 gennaio 2004, n. 42 "Codice dei beni culturali e del Paesaggio" e successive modifiche e integrazioni, nonché in coerenza con le attribuzioni di cui all'articolo 117 della Costituzione, e conformemente ai principi di cui all'articolo 9 della Costituzione ed alla Convenzione Europea sul Paesaggio adottata a Firenze il 20 ottobre 2000, ratificata con L. 9 gennaio 2006, n. 14.

Il PPTR persegue, in particolare, la promozione e la realizzazione di uno sviluppo socioeconomico autosostenibile e durevole e di un uso consapevole del territorio regionale, anche attraverso la conservazione ed il recupero degli aspetti e dei caratteri peculiari dell'identità sociale, culturale e ambientale, la tutela della biodiversità, la realizzazione di nuovi valori paesaggistici integrati, coerenti e rispondenti a criteri di qualità e sostenibilità. Le finalità perseguite dal PPTR sono ulteriormente declinate negli obiettivi generali e specifici di cui al Capo I del Titolo IV che disciplina lo "Scenario strategico".

Contenuti

Il PPTR, in attuazione della intesa interistituzionale sottoscritta ai sensi dell'art. 143, comma 2 del Codice, disciplina l'intero territorio regionale e concerne tutti i paesaggi di Puglia, non solo quelli che possono essere considerati eccezionali, ma altresì i paesaggi della vita quotidiana e quelli degradati.

Esso ne riconosce le caratteristiche paesaggistiche, gli aspetti ed i caratteri peculiari derivanti dall'azione di fattori naturali, umani e dalle loro interrelazioni e ne delimita i relativi ambiti ai sensi dell'art. 135 del Codice.

In particolare il PPTR comprende, conformemente alle disposizioni del Codice:

- a) la ricognizione del territorio regionale, mediante l'analisi delle sue caratteristiche paesaggistiche impresse dalla natura, dalla storia e dalle loro interrelazioni;
- b) la ricognizione degli immobili e delle aree dichiarati di notevole interesse pubblico ai sensi dell'articolo 136 del Codice, loro delimitazione e rappresentazione in scala idonea alla identificazione, nonché determinazione delle specifiche prescrizioni d'uso ai sensi dell'art. 138, comma 1, del Codice;
- c) la ricognizione delle aree tutelate per legge, di cui all'articolo 142, comma 1, del Codice, la loro delimitazione e rappresentazione in scala idonea alla identificazione, nonché determinazione di prescrizioni d'uso intese ad assicurare la conservazione dei caratteri distintivi di dette aree e, compatibilmente con essi, la valorizzazione;

- d) la individuazione degli ulteriori contesti paesaggistici, da ora in poi denominati ulteriori contesti, diversi da quelli indicati all'art. 134 del Codice, sottoposti a specifiche misure di salvaguardia e di utilizzazione;
- e) l'individuazione e delimitazione dei diversi ambiti di paesaggio, per ciascuno dei quali il PPTR detta specifiche normative d'uso ed attribuisce adeguati obiettivi di qualità;
- f) l'analisi delle dinamiche di trasformazione del territorio ai fini dell'individuazione dei fattori di rischio e degli elementi di vulnerabilità del paesaggio, nonché la comparazione con gli altri atti di programmazione, di pianificazione e di difesa del suolo;
- g) la individuazione delle aree gravemente compromesse o degradate, perimetrare ai sensi dell'art. 93, nelle quali la realizzazione degli interventi effettivamente volti al recupero e alla riqualificazione non richiede il rilascio dell'autorizzazione di cui all'articolo 146 del Codice;
- h) la individuazione delle misure necessarie per il corretto inserimento, nel contesto paesaggistico, degli interventi di trasformazione del territorio, al fine di realizzare uno sviluppo sostenibile delle aree interessate;
- i) le linee-guida prioritarie per progetti di conservazione, recupero, riqualificazione, valorizzazione e gestione di aree regionali, indicandone gli strumenti di attuazione, comprese le misure incentivanti;
- l) le misure di coordinamento con gli strumenti di pianificazione territoriale e di settore, nonché con gli altri piani, programmi e progetti nazionali e regionali di sviluppo economico.

In attuazione dell'articolo 135, comma 1, del Codice il PPTR sottopone a specifica normativa d'uso il territorio regionale e i beni paesaggistici di cui all'articolo 143, comma 1, lettere b) e c) del Codice nelle forme ivi previste.

Ambiti paesaggistici

Individuazione e schede degli ambiti paesaggistici

1. Il territorio regionale è articolato in undici ambiti paesaggistici, come definiti all'art 7, punto 4; a ciascun ambito corrisponde la relativa scheda nella quale, ai sensi dell'art. 135, commi 2, 3 e 4, del Codice, sono individuate le caratteristiche paesaggistiche dell'ambito di riferimento, gli obiettivi di qualità paesaggistica e le specifiche normative d'uso.
2. Gli ambiti paesaggistici sono individuati attraverso la valutazione integrata di una pluralità di fattori:
 - la conformazione storica delle regioni geografiche
 - i caratteri dell'assetto idrogeomorfologico
 - i caratteri ambientali ed ecosistemici
 - le tipologie insediative: città, reti di città infrastrutture, strutture agrarie
 - l'insieme delle figure territoriali costitutive dei caratteri morfotipologici dei paesaggi
 - l'articolazione delle identità percettive dei paesaggi.

3. Ogni scheda di ambito si compone di tre sezioni:

- a) Descrizione strutturale di sintesi
- b) Interpretazione identitaria e statutaria
- c) Lo scenario strategico.

L'individuazione degli ambiti (aggregazioni complesse di figure territoriali) è scaturita integrando numerosi fattori, sia fisico-ambientali sia storico culturali, che ha permesso il riconoscimento di sistemi territoriali complessi (gli ambiti) in cui fossero evidenti le dominanti paesaggistiche che connotano l'identità di lunga durata di ciascun territorio.

Gli ambiti paesaggistici sono individuati attraverso la valutazione integrata di una pluralità di fattori:

- la conformazione storica delle regioni geografiche
- i caratteri dell'assetto idrogeomorfologico
- i caratteri ambientali ed ecosistemici
- le tipologie insediative: città, reti di città infrastrutture, strutture agrarie
- l'insieme delle figure territoriali costitutive dei caratteri morfotipologici dei paesaggi
- l'articolazione delle identità percettive dei paesaggi.

Il territorio di Taranto è inserito nell'Ambito Arco Jonico Tarantino e il sito, oggetto di intervento, si colloca in Area a persistenza urbana e urbanizzazione di aree agro-forestali.

I sistemi delle Tutele

Essendo il PPTR ancora in fase di definitiva approvazione, in questa sede, sono state verificate le componenti, adottate dal piano, che sono più inerenti al presente studio e più prossime al sito di intervento (TAV. 3):

Componenti geomorfologiche

- Doline
- Versanti

Il sito di intervento non ricade in area vincolata.

Componenti idrogeologiche

- Reticolo idrografico di connessione al REC
- Vincolo idrogeologico
- Aree intorno alle sorgenti

Il sito di intervento non interferisce con tali componenti.

Componenti botanico-vegetazionali

- Aree umide
- Aree di rispetto boschi

- Pascoli naturali
- Formazioni arbustive

Il sito di intervento non ricade in aree vincolate.

Componenti delle aree protette e dei siti naturalistici

- Area di rispetto parchi
- Area di rilevanza naturalistica

Il sito di intervento non è prossimo a tali aree.

Componenti culturali insediative

- Stratificazione insediativa storico culturale
- Area di rispetto ai siti storico culturale
- Siti di segnalazione archeologica

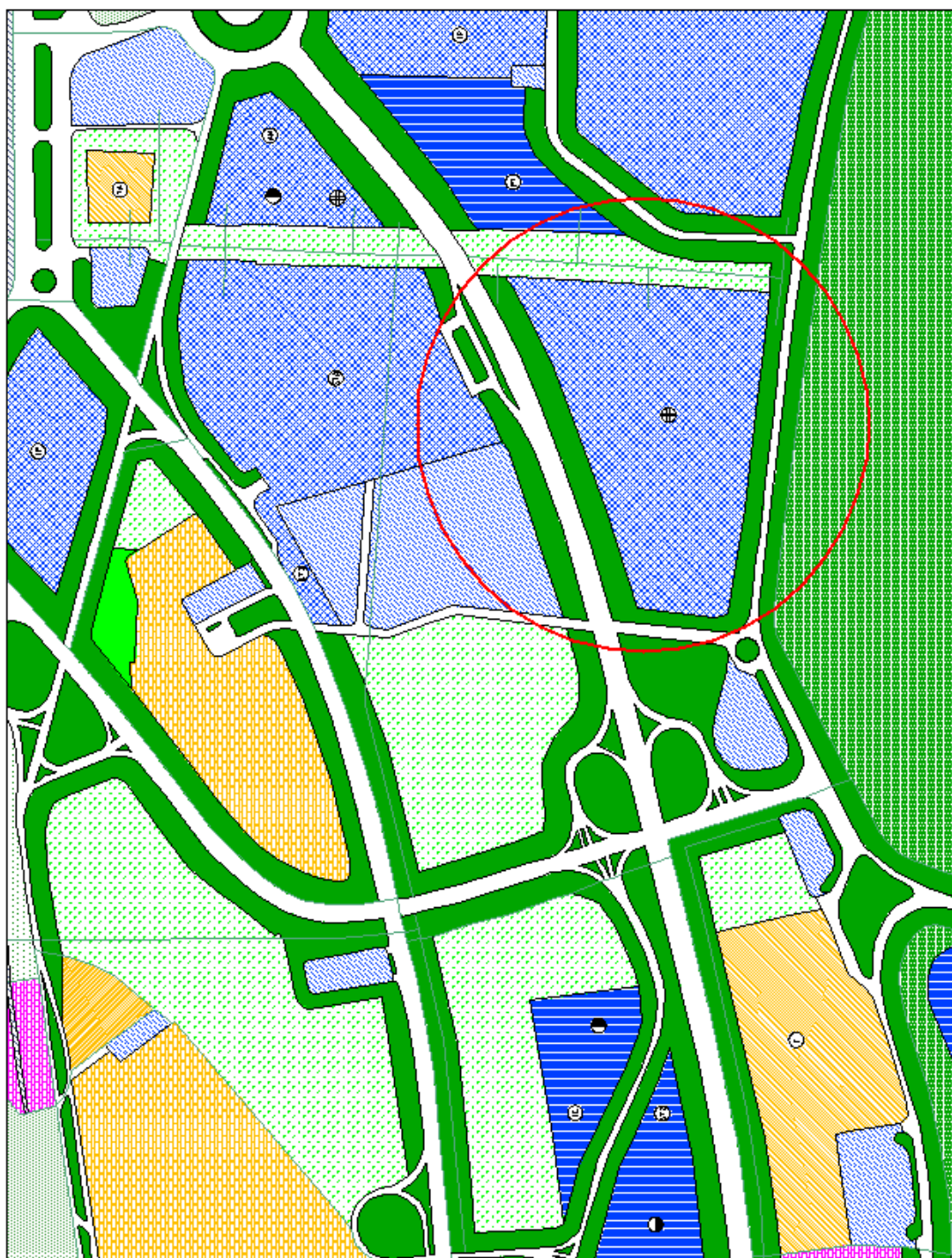
Il sito di intervento non ricade in aree vincolate.

Componenti dei valori percettivi:

- Strade a valenza paesaggistica
- Strade panoramiche

Il sito di intervento non ricade in area prossima a tali indicazioni.

Riassumendo, dall'analisi delle norme e dei piani considerati, si evince che l'area di intervento non presenta alcuna prescrizione relativamente agli strumenti urbanistici e vincoli di qualsiasi genere inoltre, l'opera in progetto è congrua con il sito individuato essendo ubicato, quest'ultimo, come riportato nello stralcio che segue, in area destinata a *Servizi di interesse pubblico: Ospedali nelle NTA del PRG del Comune di Taranto.*



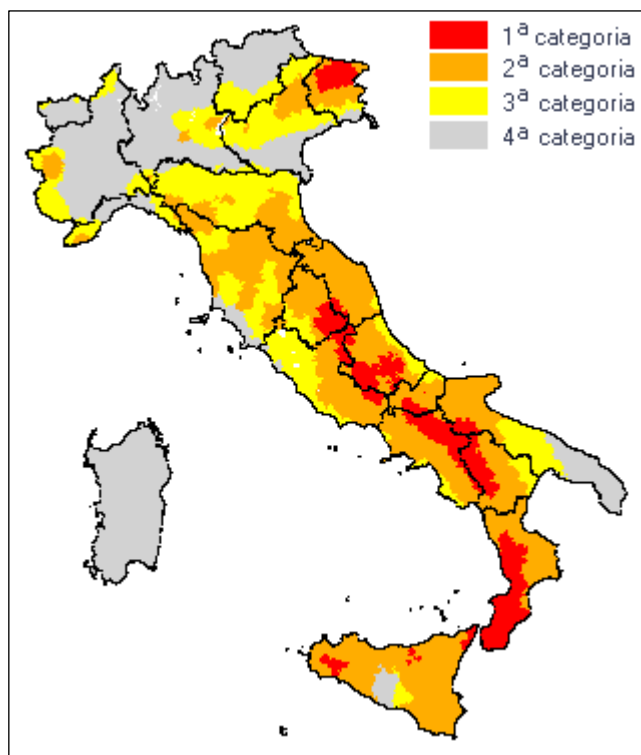
Servizi di interesse pubblico: ospedali (art. 29 NTA - PRG)

9. Riferimenti normativi

In data 4 Marzo 2008 è entrato in vigore il D.M. Infrastrutture n. 29 del 4/2/2008 - "Le nuove Norme Tecniche per le 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 classificati dalla DGR Puglia 2 marzo 2004 "Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale" pubblicata il 18/03/2004 sul BURP n. 33.

L'area del Comune di Taranto è stata inquadrata in Zona Sismica 3, pertanto, si è provveduto alla realizzazione di puntali prospezioni sismiche per la determinazione dell'incremento sismico locale; le risultanze ottenute, riportate nelle pagine seguenti, vengono analizzate e rapportate alle tematiche inerenti alla tipologia e al dimensionamento geotecnico delle strutture di appoggio da impiegare per le opere programmate.

Classificazione sismica del territorio nazionale (OPCM 3274/03)



10. Indagini eseguite

Allo scopo di ricostruire la stratigrafia dell'area, e definire le caratteristiche geotecniche dei terreni che ospiteranno le strutture previste nelle direttive progettuali, è stata espletata una campagna di indagini geognostiche che ha permesso di integrare e incrementare le conoscenze acquisite durante il rilevamento geologico di campagna.

I lavori, pianificati e programmati preliminarmente durante le fasi di analisi, sono stati eseguiti successivamente al rilevamento di superficie e sono consistiti in:

- esecuzione di n. 10 sondaggi a carotaggio continuo (S01÷S10) spinti fino a una profondità di 40,00 metri per i sondaggi S5, S6 e S10 e 30,00 metri per i restanti
- prelievo di n. 20 campioni indisturbati (CI)
- prelievo di n. 10 campioni rimaneggiati (CR)
- esecuzione della rilevazione, mediante GPS, delle coordinate di ogni sondaggio
- esecuzione di n. 12 prospezioni geoelettriche 2D (TE01 ÷ TE12) mediante l'impiego delle configurazioni dipolo-dipolo assiale e Wenner tutte di lunghezza pari a 115 metri
- esecuzione di n. 12 indagini sismiche a rifrazione di superficie (BS01 ÷ BS12) tutte di lunghezza pari a 125 metri
- Esecuzione di n. 12 prospezioni sismiche eseguite con tecnica "RE.MI" (RE.MI 01÷ 12), sulla medesima base sismica, per la misurazione delle Onde S e la conseguente definizione della categoria di appartenenza del suolo di fondazione attraverso la determinazione delle V_{s30}
- Esecuzione di n. 6 profili sismici in foro "down-hole" (DH 01 ÷ 06) per la misura delle Onde S realizzati nei fori di sondaggio: S03, S04, S05, S06, S07, S09 mediante l'elaborazione delle quali è stato definito l'Incremento Sismico Locale e la determinazione dei parametri elasto-dinamici dei terreni interessati
- realizzazione di n. 3 piezometri mediante attrezzatura di rivestimento in PVC nei sondaggi S6, S7 e S10.

Le indagini sono iniziate alle ore 9,00 dell' 8 luglio 2013 e sono terminate alle ore 16,00 dell' 8 agosto 2013.

Alla fine di ogni sondaggio i testimoni estratti sono stati fotografati (cfr. all. Relazione sulle indagini) e ordinatamente disposti in cassette catalogatrici, correlate di tutte le informazioni necessarie all'identificazione del loro contenuto, e sono state riposte in un locale presso il Padiglione Vinci nel plesso ospedaliero SS Annunziata di Taranto in Via Bruno n. 1.

Le esatte ubicazioni delle indagini sono riportate nella Relazione sulle indagini.

10.1 Perforazioni geognostiche

Sono stati eseguiti n. 10 sondaggi meccanici, del tipo a carotaggio continuo con metodo di perforazione "a rotazione" e diametro pari a 101mm.

Le indagini programmate prevedevano una profondità di perforazione, identica per tutti i sondaggi, spinta fino alla quota di -30,00 metri dal piano campagna.

Nel corso della perforazione del sondaggio geognostico S03 si è riscontrata una falda sospesa alla profondità di 24,50m dal p.c., circolante in un banco sabbioso presente all'interno del deposito limoso-argilloso.

Questa condizione, del tutto inaspettata, poteva compromettere la caratterizzazione geotecnica delle argille subappennine presenti in profondità pertanto si è provveduto all'approfondimento delle terebrazioni in n. 3 sondaggi (S5, S6 e S10) sino alla quota di -40,00 m dal p.c..

Tali ulteriori approfondimenti, considerando i lineamenti geologici regionali e locali precedentemente descritti, hanno assicurato una buona ricostruzione della situazione litostratigrafica, consentendo di prelevare campioni a profondità sufficientemente elevata per gli scopi preposti.

Le stratigrafie ottenute sono mostrate graficamente nella Relazione sulle indagini; i dati stratigrafici ottenuti, correlati con le indagini geofisiche, hanno consentito di tracciare le Sezioni Geologiche A-A', B-B', C-C' e D-D' riportate nella Tavola 8.

Si riporta, di seguito, una descrizione geologica dei terreni attraversati e l'indicazione della falda intercettata, naturalmente le descrizioni litologiche puntuali sono riportate nella già citata relazione delle indagini.

SONGAGGIO S01 (quota 19m s.l.m. - da metri 0,00 a metri 30,00)

da 0,00m fino a 0,60m: Terreno vegetale

da 0,60m fino a 9,00m: DMT sabbiosi con falda (-8,50m)

da 9,00m fino a 10,00m: DMT limosi debolmente sabbiosi

da 10,00 fino a 19,00m: DMT limosi debolmente sabbiosi

da 19,00 fino a 30,00m: ARGILLE Subappennine compatte

SONGAGGIO S02 (quota 18m s.l.m. - da metri 0,00 a metri 30,00)

da 0,00m fino a 0,80m: Terreno vegetale

da 0,80m fino a 7,50m: DMT sabbiosi con falda (-7,30m)

da 7,50m fino a 15,00m: DMT limosi debolmente sabbiosi

da 15,00 fino a 30,00m: ARGILLE Subappennine compatte

SONGAGGIO S03 (quota 19m s.l.m. - da metri 0,00 a metri 30,00)

da 0,00m fino a 0,80m: Terreno vegetale
da 0,80m fino a 9,50m: DMT sabbiosi con falda (-7,50m)
da 9,50m fino a 12,50m: DMT limosi debolmente sabbiosi
da 12,50 fino a 21,00m: DMT limosi-argillosi
da 21,00 fino a 24,50m: DMT limosi-sabbiosi con falda (-22,50m)
da 24,50 fino a 30,00m: ARGILLE Subappennine compatte

SONGAGGIO S04 (quota 18m s.l.m. - da metri 0,00 a metri 30,00)

da 0,00m fino a 0,80m: Terreno vegetale
da 0,80m fino a 8,50m: DMT sabbiosi con falda (-6,50m)
da 8,50m fino a 10,50m: DMT limosi debolmente sabbiosi
da 10,50 fino a 19,00m: DMT limosi-argillosi
da 19,00 fino a 23,00m: DMT limosi-sabbiosi con falda (-22,00m)
da 23,00 fino a 30,00m: ARGILLE Subappennine compatte

SONGAGGIO S05 (quota 17m s.l.m. - da metri 0,00 a metri 40,00)

da 0,00m fino a 0,50m: Terreno vegetale
da 0,50m fino a 7,50m: DMT sabbiosi con falda (-6,50m)
da 7,50m fino a 10,50m: DMT limosi debolmente sabbiosi
da 10,50 fino a 11,00m: DMT sabbiosi con falda (-11,50m)
da 11,00 fino a 16,00m: DMT limosi debolmente sabbiosi
da 16,00 fino a 16,70m: DMT sabbiosi con falda (-16,50m)
da 16,70 fino a 18,60m: DMT sabbiosi con falda (-18,50m)
da 18,60 fino a 24,70m: DMT limosi
da 24,70 fino a 40,00m: ARGILLE Subappennine compatte

SONGAGGIO S06 (quota 17m s.l.m. - da metri 0,00 a metri 40,00)

da 0,00m fino a 0,40m: Terreno vegetale
da 0,40m fino a 9,00m: DMT sabbiosi con falda (-7,00m)
da 9,00m fino a 10,00m: DMT limosi debolmente sabbiosi
da 10,00 fino a 18,50m: DMT limosi-argillosi
da 18,50 fino a 22,00m: DMT limosi debolmente sabbiosi
da 22,00 fino a 40,00m: ARGILLE Subappennine compatte

SONGAGGIO S07 (quota 18m s.l.m. - da metri 0,00 a metri 30,00)

da 0,00m fino a 0,10m: Terreno vegetale

da 0,10m fino a 10,20m: DMT sabbiosi con falda (-7,00m)

da 10,20m fino a 21,00m: DMT limosi-argillosi debolmente sabbiosi

da 21,00 fino a 30,00m: ARGILLE Subappennine compatte

SONGAGGIO S08 (quota 17m s.l.m. - da metri 0,00 a metri 30,00)

da 0,00m fino a 3,00m: Terreno vegetale

da 3,00m fino a 7,00m: DMT sabbiosi con falda (-6,50m)

da 7,00m fino a 10,00m: DMT limosi debolmente sabbiosi

da 10,00 fino a 20,00m: DMT limosi-argillosi

da 20,00 fino a 24,00m: DMT limosi-argillosi debolmente sabbiosi

da 24,00 fino a 30,00m: ARGILLE Subappennine compatte

SONGAGGIO S09 (quota 16m s.l.m. - da metri 0,00 a metri 30,00)

da 0,00m fino a 0,30m: Terreno vegetale

da 0,30m fino a 8,20m: DMT sabbiosi con falda (-7,50m)

da 8,20m fino a 19,00m: DMT limosi-argillosi debolmente sabbiosi

da 19,00 fino a 20,50m: DMT sabbiosi con falda (-19,90m)

da 20,50 fino a 25,20m: DMT limosi-argillosi

da 25,20 fino a 30,00m: ARGILLE Subappennine compatte

SONGAGGIO S10 (quota 15m s.l.m. - da metri 0,00 a metri 40,00)

da 0,00m fino a 1,00m: Terreno vegetale

da 1,00m fino a 7,80m: DMT sabbiosi con falda (-7,50m)

da 7,80m fino a 11,30m: DMT limosi debolmente sabbiosi

da 11,30 fino a 18,70m: DMT limosi-argillosi

da 18,70 fino a 21,50m: DMT limosi debolmente sabbiosi

da 21,50 fino a 40,00m: ARGILLE Subappennine compatte

Come si evince dalle descrizioni effettuate il sottosuolo è verticalmente costituito da un deposito calcarenitico sabbioso-limoso (DMT) poggiato sul banco argilloso (Argille Subappennine).

10.2 Prospezioni geoelettriche

Il metodo geoelettrico in generale, consente di caratterizzare il sottosuolo in base alle sue proprietà elettriche, dalle quali è possibile desumere informazioni sulla litologia e sulla presenza di eventuali anomalie stratigrafiche e tettoniche (cavità, presenza di "terra rossa", faglie e fratture), nonché individuare zone maggiormente conduttive per la presenza di falda.

In questa campagna di indagini sono stati eseguiti n. 12 profili elettrici (T.E. 01 ÷ T.E. 12) secondo le configurazioni "dipolo-dipolo assiale" e "Wenner" tutti di lunghezza pari a 115 metri.

La configurazione "dipolo-dipolo assiale" permette di investigare il sottosuolo con maggior dettaglio lungo le direttrici laterali mentre la configurazione di "Wenner" permette una migliore risoluzione lungo la verticale in un sottosuolo stratificato.

Le metodologie utilizzate hanno permesso una modellazione bidimensionale del sottosuolo investigato fino alla profondità compresa tra 16 e 25 metri.

Come indicazione generale relativa all'area investigata, il sottosuolo presenta una situazione elettrostratigrafica piuttosto semplice data la natura omogenea del sottosuolo in esame: si registrano infatti evidenti zone più conduttive, individuate dal colore azzurro nei modelli di resistività riportati nella relazione sulle indagini, che sono correlabili ai depositi argillosi delle Argille subappennine ed evidenti zone più resistenti, individuate dal colore rosso, che sono correlabili ai depositi sabbiosi dei Depositi Marini Terrazzati.

In generale la metodologia utilizzata ha sostanzialmente confermato quanto riscontrato durante le perforazioni geognostiche.

10.3 Indagini sismiche a rifrazione di superficie

L'indagine geosismica del tipo a rifrazione di superficie, come tutti i metodi di indagine indiretta del sottosuolo, permette di investigare un certo volume variabile a seconda della lunghezza dei profili eseguiti e della natura litologica del sito.

Il metodo consiste nell'inviare nel terreno un impulso sismico, tramite un'opportuna sorgente ad impatto o esplosiva, e nel rilevare il primo arrivo di energia, costituito da un'onda elastica diretta e da una rifratta.

L'onda rifratta, emergente in superficie, viene generata da interfacce rifrangenti che separano mezzi a differente velocità sismica (sismostrati), generalmente crescente con la profondità.

I primi arrivi, individuati su sismogrammi rilevati dai geofoni e registrati tramite un sismografo, sono riportati su grafici tempo-distanza (dromocrone), in seguito interpretati per ottenere informazioni sismostratigrafiche.

Naturalmente i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità. In genere la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e diminuisce con la profondità. Nell'area di studio sono state eseguite n. 12 prospezioni sismiche a rifrazione (BS01 ÷ BS12) tutte di lunghezza pari a 125 metri per l'acquisizione delle onde P.

Date le lunghezze degli stendimenti è stato possibile rilevare il sottosuolo fino ad una profondità compresa tra 18 e 25 metri dal piano campagna.

10.4 Indagini sismiche con metodologia RE.MI.

Le indagini con la metodologia RE.MI. (indagine sismica passiva) sono state eseguite per misurare il valore della velocità delle onde di taglio (Onde S) fino alla profondità di 30 metri per poter determinare il valore delle V_{S30} e quindi definire la classe di appartenenza del terreno di fondazione secondo quanto è richiesto D.M. Infrastrutture n. 29 del 4/2/2008 §3.2.2.

Sono stati eseguiti n. 12 profili RE.MI. (Re.MI.01 ÷ Re.MI.12) in corrispondenza degli stendimenti sismici di superficie ognuno di lunghezza pari a 115 metri.

La tecnica di tale metodo consiste nel registrare il "rumore di fondo" o "ambientale" (frequenze) ed elaborare il segnale con un opportuno software. È doveroso segnalare che la tecnica impiegata consente la misura della velocità delle onde superficiali (Onde di Rayleigh) che, in pratica, risultano uguali alle velocità delle Onde S (95 ÷ 97%). Con tali modalità è stato possibile definire, con un'approssimazione valutabile tra il 5 % e il 15%, il profilo delle V_{S30} .

10.5 Indagini sismiche in foro

La tecnica del down-hole (profilo sismico in foro) è stata anch'essa eseguita per ricavare il valore del V_{S30} e quindi determinare la classe di appartenenza del terreno di fondazione ma, a differenza di quella RE.MI., fornisce valori delle velocità sismiche di compressione e di taglio con maggiore dettaglio poiché eseguita in un perforo fornendo dati sismici con caratteristiche puntuali.

In questo modo le informazioni ricavate si riferiranno esclusivamente alla porzione di sottosuolo presente nelle immediate vicinanze del perforo all'interno del quale è stata eseguita la prova.

Nella campagna di indagini sono stati eseguiti n. 6 profili sismici in foro (DH01 ÷ DH06) la cui esatta ubicazione è indicata nella relazione sulle indagini.

Le misure dei tempi di propagazione delle onde elastiche longitudinali (P) e trasversali polarizzate (S) sono state condotte nei fori delle perforazioni geognostiche, precisamente nei sondaggi S03, S04, S05, S06, S07 e S09, appositamente rivestiti con tubo in PVC da 80mm di diametro cementato sulle pareti del perforo con miscela di fanghi bentonitici (cfr. fotografie relazione sulle indagini).

La prova consiste nel calare nel foro la sonda contenente cinque geofoni di frequenza 4,5 Hz (geofono tridimensionale) uno ad oscillazione verticale e quattro ad oscillazione orizzontale determinando, ogni due metri di profondità fino alla profondità di 30 metri, i tempi di propagazione secondo le tre componenti di registrazione ed effettuando due o più registrazioni.

Il punto di "scoppio" (energizzante) è stato posto ad off-set fisso a 3 metri rispetto alla bocca del foro ed è stato eseguito utilizzando una massa battente del peso di 8kg, la quale è sottesa da un piattello in acciaio di

raggio pari a 20cm posto sul piano campagna per quanto riguarda l'acquisizione delle onde P, lo stesso, viene posto trasversalmente al piano campagna a contrasto con una trave di legno per quanto riguarda l'acquisizione delle onde S.

10.6 Prelievo dei campioni e indagini di laboratorio

Nel corso delle perforazioni geognostiche sono stati prelevati:

- n. 10 campioni rimaneggiati, identificati nei certificati di laboratorio dalla sigla CR, a profondità comprese tra 3,50 e 5,50 metri attestati tutti nei DMT

- n. 20 campioni indisturbati, identificati dalla sigla CI, a profondità comprese tra 8,50 e 33,50 metri attestati nelle Argille subappennine.

I campioni, inviati al laboratorio, sono stati sottoposti a una caratterizzazione fisica, finalizzata alla classificazione dei terreni, mediante le determinazioni generali e granulometriche e i soli campioni indisturbati sono stati sottoposti, a seconda delle diverse necessità definite in fase di esecuzione delle indagini, a:

- Prove di compressione Triassiale in condizioni drenate (C.D.)
- Prove di compressione Triassiale in condizioni non drenate (U.U.)
- Prove di Taglio Diretto (C.D)
- Prove di Taglio Diretto con residuo (C.D.)
- Prove di Compressione edometrica.

Le risultanze ottenute sono riportate nei Fascicoli dei Certificati redatti dalla Ditta appaltatrice mentre in allegato alla presente relazione sono indicate le interpolazioni grafiche - effettuate sui dati ottenuti in laboratorio - e le relative determinazioni dei parametri di interesse geotecnico (coesione efficace - C' , coesione non drenata - C_u e angolo di attrito interno - ϕ).

11. Azione sismica

Il Comune di Taranto, secondo la deliberazione della giunta regionale 2 marzo 2004, n. 153 "Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e delle tipologie di edifici ed opere strategici e rilevanti - Approvazione del programma temporale e delle indicazioni per le verifiche tecniche da effettuarsi sugli stessi", risulta classificato **in zona sismica 3**, cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, compresi tra 0,05 g e 0,075 g (dove g è l'accelerazione di gravità).

L'area di interesse ricade in zona sismica 3 che comprende aree con $a(g)$ compresa tra 0,05-0,075 g.

Per le verifiche delle azioni sismiche di progetto, si procede alla identificazione della categoria di sottosuolo (NTC 2008), e tale classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità.

La velocità equivalente delle onde di taglio V_{s30} è definita dall'espressione (§3.2.2 D.M. Infrastrutture del 14/01/08):

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

dove:

- h_i spessore (in metri) dell'i-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;
- $V_{s, i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati compresi nei primi 30 m di profondità.

In base ai valori che si ottengono si individuano 5 classi di terreno, A, B, C, D ed E ad ognuna delle quali è associato un determinato spettro di risposta elastico:

| Classe | Descrizione |
|--------|--|
| A | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m. |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $360 \text{ m/s} < V_{s30} < 800 \text{ m/s}$ (ovvero $N_{sPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $C_{u30} > 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina) |
| C | 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 $180 \text{ m/s} < V_{s30} < 360 \text{ m/s}$. (ovvero $15 < N_{sPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u30} < 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina). |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o 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_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{sPT30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $C_{u30} < 70 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina). |
| E | Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800 \text{ m/s}$). |

In generale il fenomeno dell'amplificazione sismica diventa più accentuato passando dai terreni appartenenti alla classe A a quelli appartenenti alla classe E.

Alle categorie appena descritte se ne aggiungono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare

| Classe | Descrizione |
|--------|--|
| S1 | Depositi di terreni caratterizzati da valori di $VS_{30} < 100$ m/s (ovvero $10 < \sigma_{cu30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche |
| S2 | Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti. |

11.1 Pericolosità sismica del territorio di Taranto

Geologicamente il territorio comunale di Taranto ricade, come detto, al limite tra il dominio dell'Avampaese Apulo (Murge) e quello dell'Avanfossa Appenninica (Fossa Bradanica).

Da un punto di vista tettonico e geodinamico, l'intero Avampaese risulta debolmente deformato e con attività sismica molto ridotta. Sebbene il termine "*debolmente deformato*" induce a pensare ad un'area particolarmente stabile, in realtà anche questa porzione di territorio non è esente da una considerevole esposizione al *rischio sismico*. Rimanendo nel contesto geologico e sismotettonico dell'area di Taranto, se da un lato le conoscenze in termini di aree sismogenetiche (cioè quelle porzioni di territorio in cui sono state riconosciute strutture tettoniche attive), che attribuiscono a queste un carattere di "bassa energia", sembrano non esporre il territorio ad un considerevole rischio, al contrario, il quadro sismogenetico delle aree contermini (Capitanata, Gargano, Subappennino, Mare Jonio) attribuiscono un "medio-alto rischio" in termini di *sismicità risentita* (cioè legata ad eventi sismici che hanno epicentro in altre aree ma considerevoli effetti anche a notevoli distanze).

E' proprio in quest'ottica che la nuova normativa ha riclassificato l'intero territorio nazionale.

La pericolosità sismica di un sito è definita dalla probabilità che, in un fissato intervallo di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato.

Nelle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008), tale intervallo di tempo, espresso in anni, è denominato "periodo di riferimento" VR e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" PVR.

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dalle NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti. Le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di riferimento, per una fissata PVR, si ritengono individuate quando se ne conosca l'accelerazione massima ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione.

Il valore di a_g è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento, attualmente fornita, dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), mentre F_0 e T_C * (parametri degli spettri di accelerazione) sono calcolati in modo che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento forniti dalle NTC approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.

Al fine della costruzione dello spettro di risposta elastici, per la valutazione dell'azione sismica vengono, di seguito, forniti la categoria di suolo di fondazione, il coefficiente S ($S = S_S \cdot S_T$) e la categoria topografica: con: S_S Coefficiente di amplificazione stratigrafica; S_T Coefficiente di amplificazione topografica.

11.2 Sismicità dell'area studiata

La categoria del suolo di fondazione è stata determinata attraverso la misura delle V_{s30} e definita attraverso l'espressione:

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

così come riportata al paragrafo 3.2.2 del D.M. Infrastrutture del 14/01/08.

Le misure sono state ottenute sperimentalmente mediante le esecuzioni delle indagini sismiche di superficie e in foro realizzate durante la campagna geognostica.

Considerando che la misura delle onde di taglio deve essere eseguita nei primi 30 metri, partendo dal piano di appoggio della struttura in progetto, e considerando che per la tipicità dell'opera sicuramente saranno realizzati locali sottoposti rispetto all'attuale piano campagna, la misurazione delle V_{s30} è stata eseguita sia partendo dall'attuale piano campagna che da - 4,00 metri dallo stesso.

Le misure ottenute, riportate nella Relazione delle indagini, indicano una velocità di propagazione delle onde sismiche comprese tra 417 e 600 m/s misurando dal piano campagna e valori compresi tra 474 e 770 m/s misurando da - 4 metri dal p.c..

Tali misure hanno consentito di classificare il suolo di fondazione del sito di intervento di categoria **"B"** così come riportato nel D.M. e definirlo (Tabella 3.2.II del D.M. Infrastrutture del 14/01/2008): "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_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s" (ovvero $15 < N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ KPa nei terreni a grana fina).

11.3 Valutazione delle azioni sismiche

Per quanto riguarda la valutazione delle azioni sismiche, cui saranno sottoposte le future opere, si definiscono partendo dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione che *"...è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_s(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R ..."* (D.M. Infrastrutture del 14/01/2008 paragrafo 3.2.).

Per quanto di competenza geologica si può asserire che nel sito in questione il valore del coefficiente $S = S_s \cdot S_T$, che tiene conto della categoria del suolo di fondazione (S_s) e delle condizioni topografiche (S_T), può essere assunto pari a 1,20 perché le amplificazioni stratigrafiche (sottosuolo categoria "B") sono pari a 1,20 mentre le amplificazioni topografiche sono pari all'unità in quanto non vi sono accentuate condizioni morfologiche di instabilità (superficie sub-pianeggiante $\leq 15^\circ$).

11.4 Valutazione del potenziale di liquefazione de terreni

La liquefazione dei terreni granulari saturi poco addensati consiste in una perdita totale o parziale di resistenza del terreno, causata dall'accumulo di sovrappressioni inerziali dovute al moto ciclico indotto dal terremoto, che si innesta con un'eccitazione di frequenza molto elevata rispetto ai tempi necessari alla consolidazione. La suscettibilità di un terreno alla liquefazione dipende dalla tendenza alla variazione di volume (diminuzione o aumento) che esso manifesta per effetto di uno sforzo di taglio ciclico oltre che dall'entità e durata dello scuotimento. I materiali potenzialmente liquefacibili sono per lo più i terreni sabbiosi sciolti e poco profondi.

In considerazione della tipologia dei terreni in esame, si è ritenuto opportuno valutare, in via del tutto cautelativa e preliminare, se tale fenomeno può eventualmente interessare i suoli in esame, in ragione dei parametri geologico-tecnici e geofisici determinati.

Le condizioni di saturazione dei terreni sono un aspetto quanto mai importante nella valutazione del potenziale di liquefazione di un terreno. Durante una sollecitazione sismica, infatti, le sollecitazioni indotte nel terreno possono determinare un aumento delle pressioni interstiziali fino a eguagliare la pressione litostatica e la tensione di sconfinamento, annullando la resistenza al taglio e inducendo fenomeni di fluidificazione con il conseguente collasso della struttura.

La probabilità che un deposito raggiunga tali condizioni dipende:

- dal grado di addensamento;
- dalla granulometria e forma dei granuli;
- dalle condizioni di drenaggio;
- dall'andamento ciclico delle sollecitazioni sismiche e loro durata;
- dall'età del deposito;
- dalla bassa profondità della superficie piezometrica (prossima alla superficie - primi 5-7 metri).

In ogni caso, affinché in un sito possano avvenire fenomeni di liquefazione, è necessario che la scossa sismica raggiunga una certa intensità. Dall'osservazione di zone colpite da liquefazione, si è notato che questa avviene principalmente nelle seguenti circostanze:

- terremoti di magnitudo (M) uguale o superiore a 5,5 con accelerazioni superiori o uguali a 0,2 g;
- depositi sabbiosi entro i 15 metri di profondità; oltre questa profondità non sono state osservate liquefazioni;
- profondità della falda prossima alla superficie (inferiore ai 7 m).

Nel caso in esame, ai fini della stima di tale potenziale, è stata applicata la metodologia di calcolo di Andrus e Stokoe (1997) per la valutazione del potenziale di liquefazione da prove sismiche a rifrazione.

In questo studio il potenziale di liquefazione è stato determinato assegnando ai terreni oggetto di valutazione:

- i parametri ottenuti dalle indagini sismiche eseguite
- i parametri fisici ottenuti dalle prove di laboratorio.

Nella fattispecie è stato analizzato uno strato sabbioso-limosi presente nella parte centrale del sito di intervento: a 7,00 di profondità intercettati dal sondaggio S5 le cui caratteristiche fisiche sono state definite nei campioni CR1 e CI1.

Per i valori delle velocità delle Onde S sono stati utilizzati i valori ottenuti dalla prova RE.MI.09.

I valori considerati sono stati:

Profondità 7,00 metri dal p.c.

peso dell'unità di volume (γ) = 1,98 g/cm³

profondità della prova (z) (ossia profondità del sismostrato) = 700cm

profondità della falda = 650cm

velocità media delle onde S (V_s) = 345m/s

parametro funzione della percentuale di frazione fine FC (VS1C) = 210

magnitudo (M) = 8

accelerazione orizzontale (a_{max}/g) = 0,15 (zona sismica 3)

Profondità della verifica z (rd) = 7,00m

Si riporta, di seguito, la tabella riepilogativa dei dati ottenuti:

| VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE | | | | | | | | | |
|---|---|---|--------------------|----------|--------|-------------|--|------------------|--|
| (da prove sismiche a rifrazione) | | | | | | | | | |
| Metodo semplificato | | | | | | | | | |
| Metodo di Andrus e Stokoe (1997) modificato | | | | | | | | | |
| PARAMETRI: | | | | | | | | | |
| γ | = | 1,98 | g/cm ³ | | | | | | |
| σ_{vo} | = | 1,386 | kg/cm ² | | | | | | |
| σ_{vo}' | = | 1,336 | kg/cm ² | | | | | | |
| profondità della prova | = | 700 | cm | | | | | | |
| profondità falda | = | 650 | cm | | | | | | |
| γ_{H_2O} | = | 1 | g/cm ³ | | | | | | |
| Pressione neutra | = | 0,05 | kg/cm ² | | | | | | |
| z | = | 7 | m | | | | | | |
| V_s | = | 345 | | | | | | | |
| V_{s1C} | = | 210 | m/s | FC<5% | FC=20% | FC>35% | | | |
| | | | | 220 | 210 | 200 | | | |
| V_{s1} | = | 320,90 | | | | | | | |
| M | = | 8,0 | | | | | | | |
| MSF | = | 0,81 | se M≤7,5 | | | | | | |
| | | 0,85 | se M>7,5 | | | | | | |
| FORMULE: | | | | | | RISULTATI: | | | |
| V_{s1} | = | $V_s(1/\sigma_{vo})^{0,28}$ | | | | 320,90 | | V_{s1} | |
| R | = | $0,03 \cdot (V_{s1}/100)^2 + (0,9/(V_{s1C}-V_{s1})) - (0,9/V_{s1C})$ | | | | 0,296525994 | | R | |
| T | = | $0,65 \cdot ((a_{max}/g) \cdot (\sigma_{vo}/\sigma_{vo}')) \cdot r_d \cdot 1/MSF$ | se M≤7,5 | | | 0,041301908 | | $T_{M \leq 7,5}$ | |
| | | | se M>7,5 | | | 0,039389974 | | $T_{M > 7,5}$ | |
| a_{max}/g | = | 0,05 | | | | | | | |
| r_d | = | 0,99 | | | | | | | |
| $F_s=R/T$ | > | 1 | | se M≤7,5 | | 7,179474449 | | Verificato F_s | |
| | | | | se M>7,5 | | 7,527956059 | | Verificato F_s | |

Verifica Strato a 7,00 metri dal p.c.

Come si può osservare dal valore di magnitudo assegnato per la verifica (≥ 8), è stata ipotizzata una situazione peggiorativa con valori massimi di magnitudo, ossia statisticamente superiori a quelli storicamente registrati nel Comune di Taranto mentre la profondità di strato assegnata è stata di - 7,00 metri dal p.c.

Per quanto riguarda il sismostrato analizzato il fattore F_s risulta verificato pertanto, lo strato acquifero considerato, non risulta suscettibile di liquefazione per terremoti di magnitudo 8 o di magnitudo inferiori, anche se tali eventi sismici in queste aree posso definirsi senz'altro rari e improbabili.

12. Aspetti tecnici

In base alle indicazioni ricavate dai sondaggi geognostici, dai risultati delle prove geofisiche e dalle indicazioni delle analisi di laboratorio si può affermare che il sottosuolo in esame, per gli spessori di interesse geotecnico, è verticalmente formato da un banco calcarenitico (DMT) posto su una potente successione argillosa (Argille subappennine).

Come evidenziato nei paragrafi precedenti i DMT presentano una certa variabilità, latero-verticale, costituita da alternanze di orizzonti sabbiosi e sabbioso-limosi prevalenti, con subordinati orizzonti limoso-argillosi, contraddistinti da un diverso grado di addensamento mentre le argille posseggono una omogeneità che, naturalmente, è da rapportare alla variabilità intrinseca di qualsiasi materiale naturale che qui si manifesta con intercalazioni, ai vari livelli, di lenti sabbioso-limose.

Sulla base di questi criteri, è stato possibile definire due distinte unità con diverse caratteristiche geologico-geotecniche:

- Unità geologico-tecnica (1): Depositi Calcarenitici

Formazione geologica: Depositi Marini Terrazzati

Descrizione litologica: alternanza di sabbie, sabbie limose, limi sabbiosi e limi argillosi, caratterizzate da una marcata variabilità latero-verticale soprattutto negli orizzonti superficiali (fino a 8 ÷ 10 m di profondità).

Soggiacenza della falda: compresa nell'intervallo 6,50 ÷ 8,50m.

Caratteristiche geotecniche generali: terreni a comportamento geotecnico mediocre, prevalentemente incoerente, a consistenza generalmente bassa nei livelli superficiali, o costituito da livelli sabbioso-limosi a grado di addensamento variabile, permeabilità relativamente elevata nei livelli sabbiosi, scarsa in quelli a componente limosa e argillosa.

Parametri geotecnici (valori min. e max. definiti in laboratorio):

- Peso dell'unità di volume totale (t/m^3) compreso tra 1,57 ÷ 2,13
- Peso dell'unità di volume secco (t/m^3) compreso tra 1,54 ÷ 1,82
- Contenuto naturale d'acqua (%) compreso tra 0,2 ÷ 26,9
- Coesione non drenata C_u (kg/cm^2) compreso tra 0,4 ÷ 1,7

- Unità geologico-tecnica (2): Depositi Argillosi

Formazione geologica: Argille subappennine

Descrizione litologica: argille marnoso-siltose con intercalazione limoso-sabbiose, di colore grigio-azzurro che sfuma al giallastro, per l'alterazione, nella parte sommitale.

Caratteristiche geotecniche generali: terreni a comportamento geotecnico prevalentemente coesivo con buone caratteristiche geotecniche, nella porzione più profonda della formazione (circa 15 metri dal p.c.), che si riducono sensibilmente nella parte più superficiale.

Parametri geotecnici (valori min. e max. definiti in laboratorio e nelle interpretazioni allegate):

- Peso dell'unità di volume totale [γ] (t/m^3) compreso tra 1,57 ÷ 2,17
- Peso dell'unità di volume secco [γ_d] (t/m^3) compreso tra 1,33 ÷ 1,75
- Peso dell'unità di volume saturo [γ_s] (t/m^3) compreso tra 1,86 ÷ 2,13
- Angolo di attrito interno ($^\circ$) compreso tra 7,79 ÷ 28,14 (escludendo i valori min. e max. interpolati)
- Coesione non drenata [C_u] (kg/cm^2) 7,79 ÷ 28,14 (escludendo i valori min. e max. interpolati)
- Coesione drenata o efficace [C'] (kg/cm^2) 0,02 ÷ 1,28 (escludendo i valori min. e max. interpolati)
- Coefficiente di permeabilità [K] (m/s) 3,31E-11 ÷ 1,10E-11 (media escludendo i valori min. e max.)

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa dei valori medi dei parametri dei terreni, appartenenti alle unità geologico/tecniche definite.

TABELLA RIEPILOGATIVA

| | Unità geologico/tecnica (1) | Unità geologico/tecnica (2) |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Spessore [m] | 7,00 | > 50,00 |
| Velocità onde "p" [m/s] | 837 | 1.661 |
| Velocità onde "s" [m/s] | 383 | 547 |
| Modulo di Poisson (ν) | 0,37 | 0,44 |
| Peso dell'unità di volume totale (γ) [t/m^3] | 1,90 | 2,00 |
| Peso dell'unità di volume secco (γ_d) [t/m^3] | 1,75 | 1,60 |
| Peso dell'unità di volume saturo (γ_s) [t/m^3] | 2,00 | 2,05 |
| " E_s " Modulo di Young statico [kg/cm^2] | 856 | 2.100 |
| Coesione drenata (c') [kg/cm^2] | - | 0,70 |
| Coesione non drenata (c_u) [kg/cm^2] | 0,50 | 8,20 |
| Angolo di attrito interno [ϕ] | 24° | 26° |
| Coefficiente di permeabilità (k) [m/s] | - | 2,80E-11 |

Alla luce di quanto riportato e considerando che l'opera in progetto sarà verosimilmente costituita da un corposo edificio principale e altri insediamenti sicuramente di dimensioni più modeste si può ipotizzare, quali appoggi idonei per le opere in elevazione, di due distinti tipi di fondazioni: una di tipo "profondo" come pali trivellati, armati e gettati in opera ammassati nel complesso delle argille e "incamiciati" per i primi $7,00 \div 8,00$ metri e una di tipo "superficiale" poggiata direttamente sui DMT alla profondità di almeno 2,00 metri dal p.c.... Si riportano, di seguito, le indicazioni di carattere geotecnico da utilizzare durante la fase del progetto definitivo/esecutivo:

- Fondazioni superficiali:

Per piano di appoggio fino a 2,00 metri dall'attuale p.c. i dati da considerare sono:

- Peso dell'unità di volume totale $[\gamma]$ (t/m^3) 2,10
- Peso dell'unità di volume secco $[\gamma_d]$ (t/m^3) 1,80
- Peso dell'unità di volume saturo $[\gamma_s]$ (t/m^3) 2,10
- Contenuto naturale d'acqua (%) 18,50
- Coesione non drenata $[C_u]$ (kg/cm^2) 0,5
- Modulo di Poisson $[\nu]$ 0,38
- Modulo Elastico $[ES]$ (kg/cm^2) 750

Il modulo di sottofondo, da impiegare nei calcoli strutturali, può essere assunto pari a:

$K = E_{SR}/B (1-\nu^2)$ (kg/cm^3) (per una fondazione ipotizzata di larghezza B); con:

- ν = Modulo di Poisson
- B = Larghezza della fondazione(cm)
- ES = Modulo Elastico (kg/cm^2)

Per piano di appoggio compreso tra $2,00 \div 5,00$ metri dall'attuale p.c. i dati da considerare sono:

- Peso dell'unità di volume totale $[\gamma]$ (t/m^3) 2,10
- Peso dell'unità di volume secco $[\gamma_d]$ (t/m^3) 1,80
- Peso dell'unità di volume saturo $[\gamma_s]$ (t/m^3) 2,10
- Contenuto naturale d'acqua (%) 16,50
- Coesione non drenata $[C_u]$ (kg/cm^2) 0,5
- Modulo di Poisson $[\nu]$ 0,39
- Modulo Elastico $[ES]$ (kg/cm^2) 856

Il modulo di sottofondo, da impiegare nei calcoli strutturali, può essere assunto pari a:

$K = E_{SR}/B (1-\nu^2)$ (kg/cm^3) (per una fondazione ipotizzata di larghezza B); con:

- ν = Modulo di Poisson
- B = Larghezza della fondazione(cm)
- ES = Modulo Elastico (kg/cm^2)

Si ricorda che nel paragrafo delle azioni sismiche è stato verificato che lo strato acquifero, presente a -6,50 metri dal p.c., non risulta suscettibile di liquefazione.

- Fondazioni profonde:

Per le anomalie riscontrate nei sondaggi, a causa dei livelli idrici intercettati alle diverse profondità, si consiglia, durante il progetto definitivo/esecutivo, di eseguire puntuali perforazioni geognostiche prima di definire le lunghezze effettive dei pali. Tali perforazioni di indagine dovranno essere finalizzate alla ricostruzione del sottosuolo per l'esatta individuazione delle quote di rinvenimento dei vari livelli saturi che nel lotto di terreno in esame, come detto, variano sia arealmente che verticalmente (TAV. 8).

In presenza di tali livelli saturi si consiglia di prevedere una sorta di "franco di sicurezza" di 2 metri, tra la base del palo e il tetto della zona satura, per evitare la trasmissione, in tale zona, di carichi puntuali.

Infine, per ogni palo, prevedere una "incamiciatura" fino alla profondità di $7,00 \div 8,00$ metri per la presenza della falda freatica.

I dati da considerare sono:

- Peso dell'unità di volume totale $[\gamma]$ (t/m^3) 2,15
- Peso dell'unità di volume secco $[\gamma_d]$ (t/m^3) 1,60
- Peso dell'unità di volume saturo $[\gamma_s]$ (t/m^3) 2,10
- Contenuto naturale d'acqua (%) 35,00
- Coesione non drenata $[C_u]$ (kg/cm^2) 8,00
- Coesione drenata $[C']$ (kg/cm^2) 0,70
- Modulo di Poisson $[\nu]$ 0,44
- Modulo Elastico $[E_s]$ (kg/cm^2) 2.050

Il modulo di sottofondo, da impiegare nei calcoli strutturali, può essere assunto pari a:

$K = n_d \cdot z/d$ [kg/cm^3] con:

z = Profondità del palo [m]

d = Diametro del palo [m]

$n_d = 0,5$ [kg/cm^3] (valore per le argille normal-consolidate)

I parametri sismici da utilizzare, per tutte le soluzioni progettuali indicate, sono (NTC - 2008):

- Zona sismica: 3
- Categoria del suolo di fondazione: Tipo B
- Valore del coefficiente $S = 1,20$.

13. Conclusioni e prescrizioni

Considerando che le condizioni geologiche delle aree interessate dalle opere in progetto non presentano fenomeni che fanno presupporre movimenti gravitativi che potrebbero mettere in crisi le opere future e considerando inoltre che le verifiche eseguite sia mediante rilevamento di campagna che mediante prove in sito hanno dato buoni risultati per quel che concerne le caratteristiche geotecniche del sito di fondazione, se ne deduce, ottemperando alle indicazioni di seguito riportate, la fattibilità geologico-tecnica dell'opera in progetto.

Si richiamano le seguenti linee conclusive:

- La zona di intervento, non ricade né in ambiti vincolati né in zone a rischio.
- In un intorno significativo dell'area di intervento non sussistono condizioni morfologiche, geologiche, idrogeologiche e litologiche atte ad impedire la realizzazione delle opere previste in progetto.
- Il sito di intervento si colloca in un'ampia area pianeggiante compresa tra la Salina Grande e la Salina Piccola di Taranto, tale zona presenta una morfologia armoniosa e poco articolata e non presenta fenomeni di movimenti in atto.
- La geologia dell'area rispecchia le caratteristiche deposizionali di un ampio bacino sedimentario costituito da un substrato calcareo, dislocato in blocchi, su cui si sono depositi, alle varie profondità, sedimenti calcarenitici, argillosi e, a copertura, sedimenti calcarenitici sabbioso-limosi.

In tutta l'area non sono presenti fenomeni erosivi in atto.

- Dal punto di vista idrografico si può asserire che l'opera in progetto non interferirà in alcun modo con la circolazione idrica superficiale, tra l'altro poco sviluppata, per l'elevata distanza dagli unici deflussi superficiali esistenti. Si segnala invece la necessità, peraltro prevista dalla legge, di provvedere alla realizzazione di opportune opere di regimazione delle meteoriche mediante un idoneo sistema di raccolta, trattamento e smaltimento delle acque di precipitazione in considerazione del fatto che verranno impermeabilizzate ampie superfici che attualmente risultano permeabili.

- La idrogeologia è rappresentata, per quanto di interesse progettuale, da una falda freatica circolante dei depositi calcarenitici e sostenuta dalle argille. La circolazione avviene a profondità variabile e compresa tra le quote di -5,50 e -8,00 metri dal piano campagna.

Come già citato si provvederà, senza nessun ulteriore costo da parte dell'Ente appaltante, a monitorare tale falda fino ad agosto 2014 e si trasmetteranno, a integrazione del presente lavoro, le ulteriori letture ai piezometri con il commento sull'andamento completo della falda.

In attesa del monitoraggio completo in questa fase si può asserire che, data la profondità della piezometrica, il progetto potrà prevedere la esecuzione di locali interrati purché realizzati con piano di fondazione posto a profondità massima pari a -4,00 metri dal p.c..

Una condizione diversa, ma sempre di ambito idrogeologico, è rappresentata dalla presenza di zone sature, intercettate in alcune perforazioni geognostiche.

Le informazioni ottenute durante la campagna geognostica non sono state esaustive pertanto, si ribadisce la necessità di eseguire, nel progetto definitivo/esecutivo, puntuali sondaggi a carotaggio continuo, per l'esatta definizione tridimensionale di tali falde sospese.

- Riguardo alle indicazioni inerenti le fondazioni profonde, riportate nel paragrafo precedente, si raccomanda una verifica appropriata, da parte del tecnico progettista, delle quote delle zone sature in riferimento al dimensionamento dei pali, seguendo quanto indicato in termini di "franco di sicurezza".

- Per quanto riguarda infine le verifiche sismiche, da effettuare sulle opere in elevazione, si consiglia di utilizzare i parametri indicati in particolar modo quanto assegnato in termini di amplificazione sismica S e valutare gli accorgimenti da adottare, sulle strutture fondazionali, per tener conto degli spostamenti attesi del terreno in concomitanza di eventi sismici.

In conclusione si attesta che non si rilevano controindicazioni di natura geologico - tecnica per la fattibilità del progetto in esame, la cui esecuzione è comunque vincolata alle prescrizioni su esposte.

Taranto, novembre 2013

il geologo
dr. Mario ALFINO



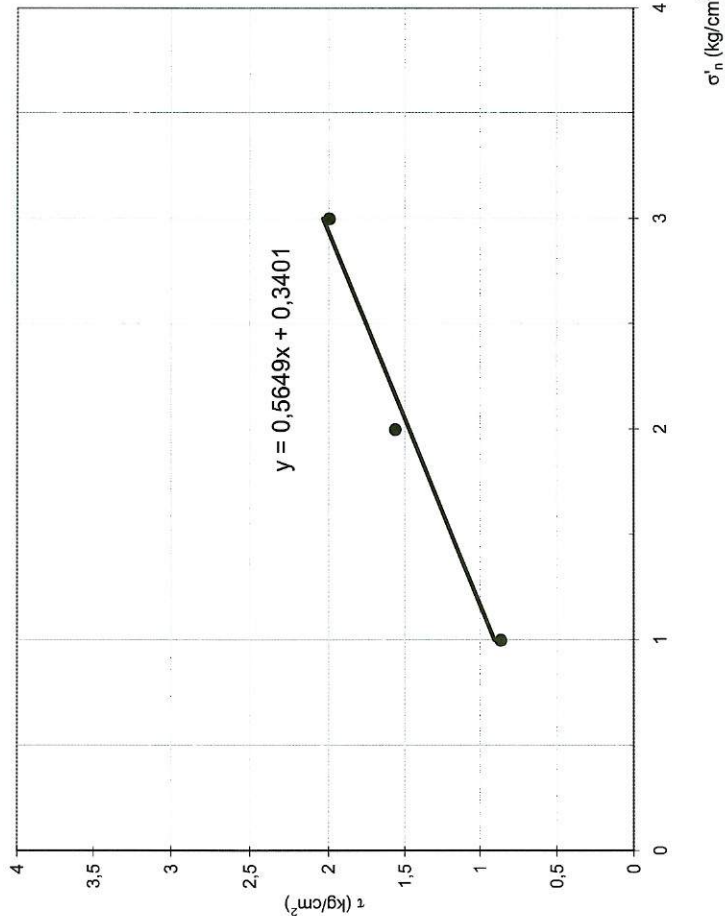
ALLEGATI

DETERMINAZIONE PARAMETRI GEOTECNICI DALLE
PROVE DI LABORATORIO

| Sondaggio | Campione | Provino | Profondità (m) | |
|-----------|----------|---------|----------------|------|
| S1 | CI1 | | 10 | 10,5 |

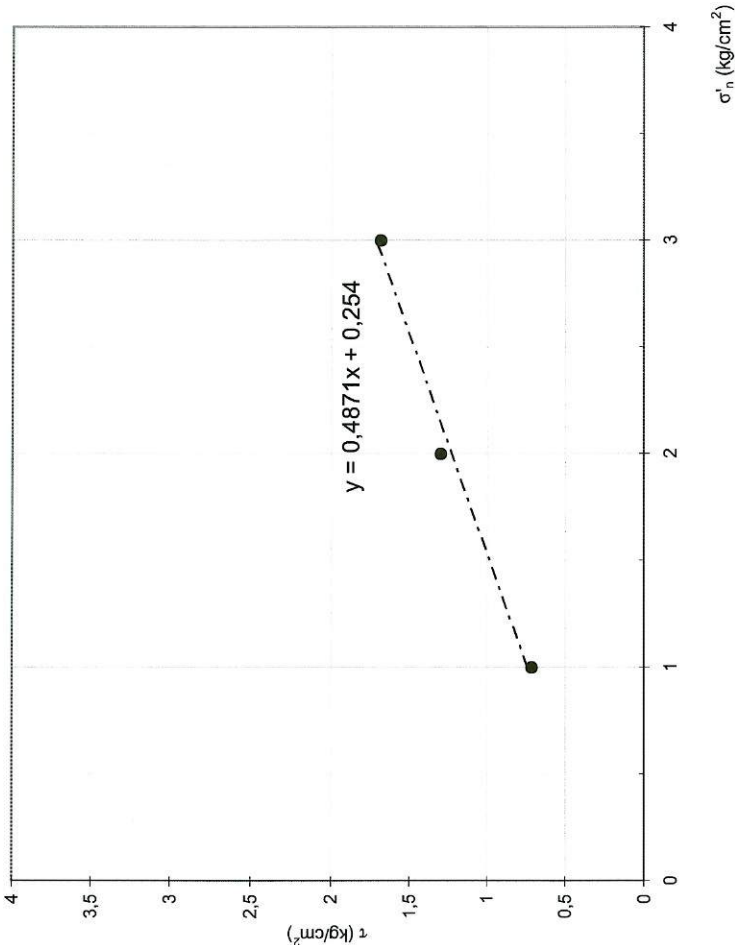
PROVA DI TAGLIO DIRETTO CON DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA RESIDUA

RESISTENZE DI PICCO



| Dati regr. lineare | |
|------------------------------|-------|
| c'_p (kg/cm ²) | 0,34 |
| ϕ'_p (°) | 29,46 |
| r | 0,99 |

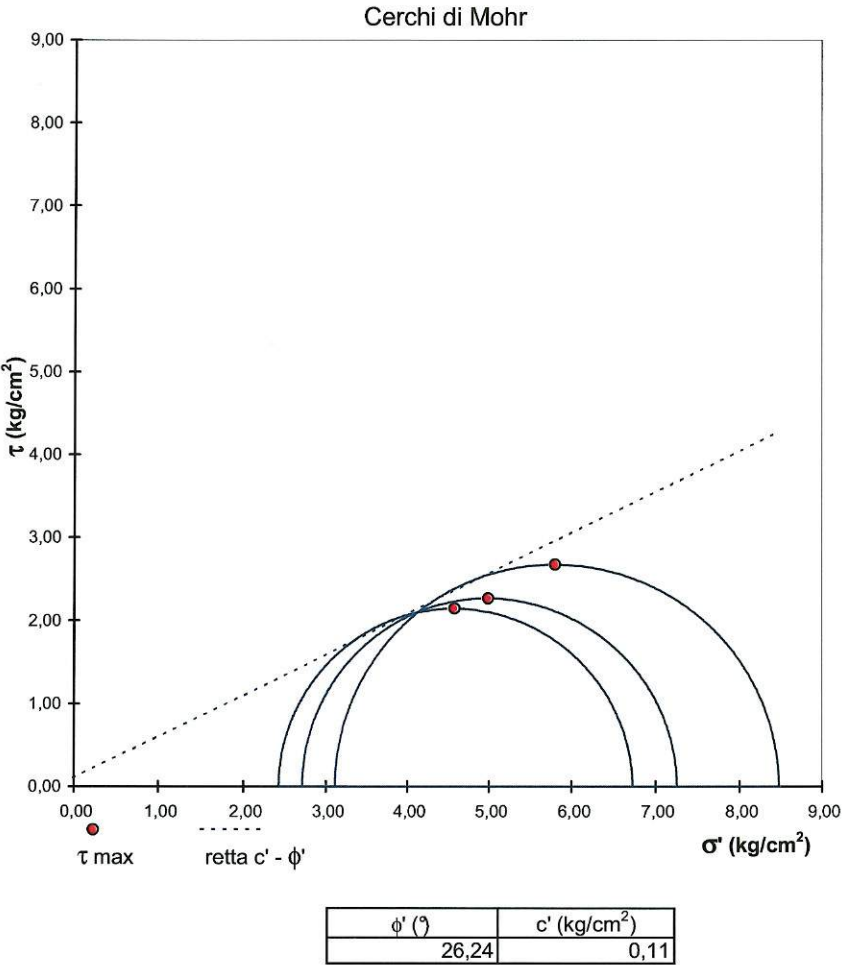
RESISTENZE RESIDUE



| Dati regr. lineare | |
|------------------------------|-------|
| c'_r (kg/cm ²) | 0,25 |
| ϕ'_r (°) | 25,97 |
| r | 0,99 |

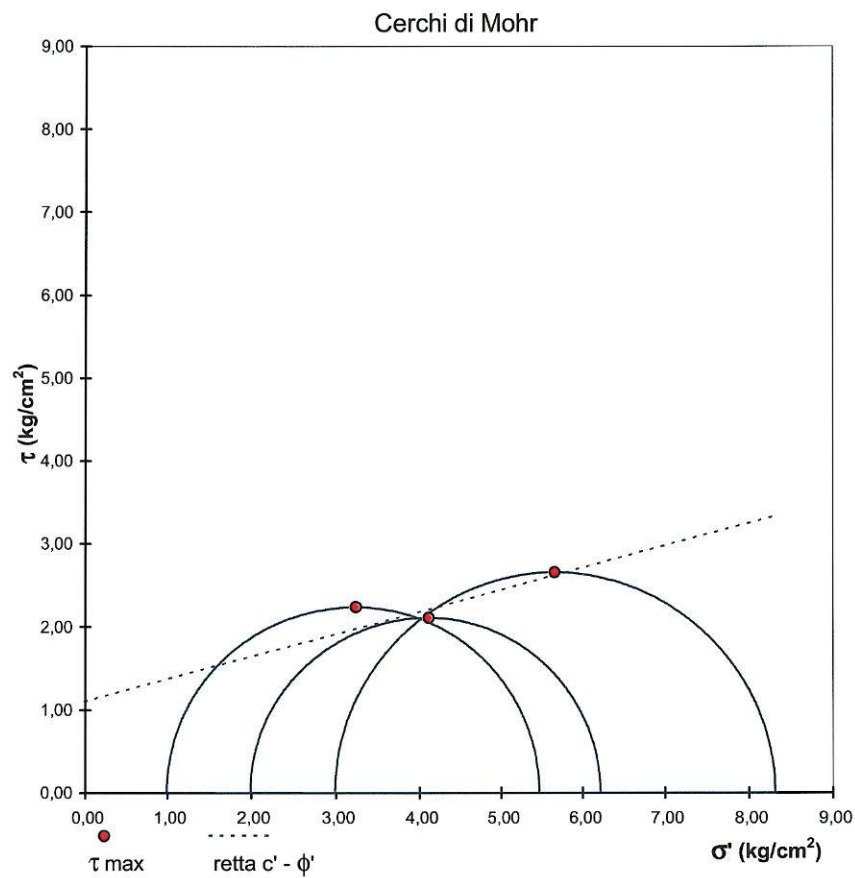
| Sondaggio | Campione | Provino | Profondità (m) | |
|-----------|----------|---------|----------------|------|
| S1 | CI2-CU | | 20 | 20,5 |

PROVA TRIASSIALE TIPO CU



| Sondaggio | Campione | Provino | Profondità (m) | |
|-----------|-----------|---------|----------------|------|
| S1 | CI2-UUbis | | 20 | 20,5 |

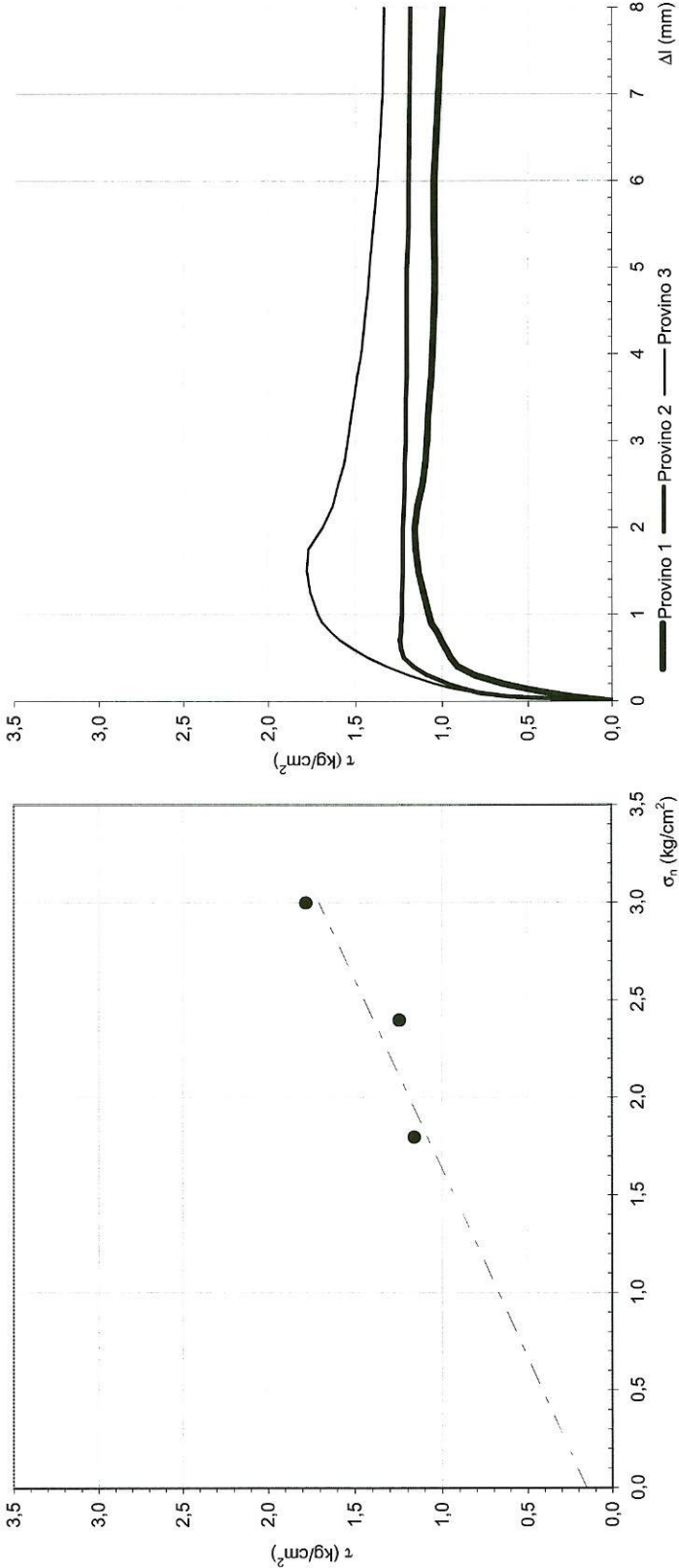
PROVA TRIASSIALE TIPO UU



| ϕ' (°) | c' (kg/cm ²) |
|-------------|----------------------------|
| 15,04 | 1,11 |

| Sondaggio | Campione | Provino | Profondità (m) |
|-----------|----------|---------|----------------|
| S2 | CI1 | | 11,5 |
| | | | 12,0 |

PROVA DI TAGLIO DIRETTO MODALITA' CD

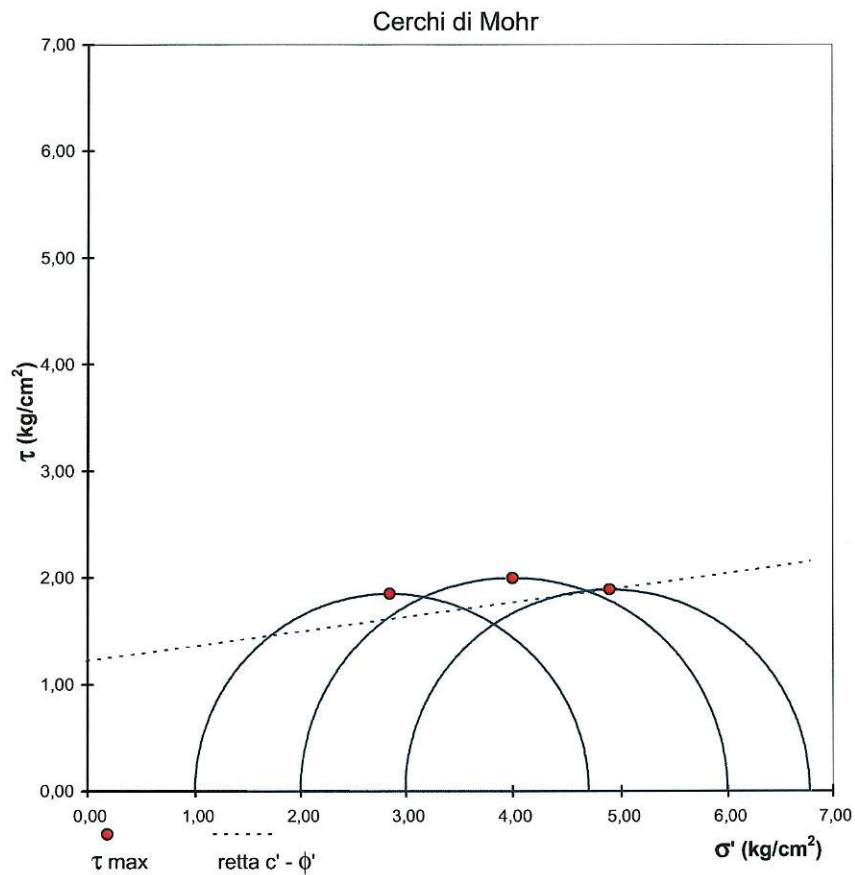


| Provino n° | γ_d (g/cm ³) | e_0 | w_i % | w_f % | τ_{max} (kg/cm ²) | σ_n (kg/cm ²) |
|------------|---------------------------------|-------|---------|---------|------------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 1,71 | 0,60 | 22,30 | 25,20 | 1,16 | 1,8 |
| 2 | 1,72 | 0,59 | 22,07 | 24,49 | 1,24 | 2,4 |
| 3 | 1,71 | 0,60 | 22,35 | 25,31 | 1,78 | 3 |

| Dati regressione lineare | |
|--------------------------|--------|
| c (kg/cm ²) | 0,16 |
| ϕ (°) | 27,30 |
| coeff. corr. | 0,9226 |

| Sondaggio | Campione | Provino | Profondità (m) | |
|-----------|----------|---------|----------------|----|
| S2 | CI2-UU | | 20,5 | 21 |

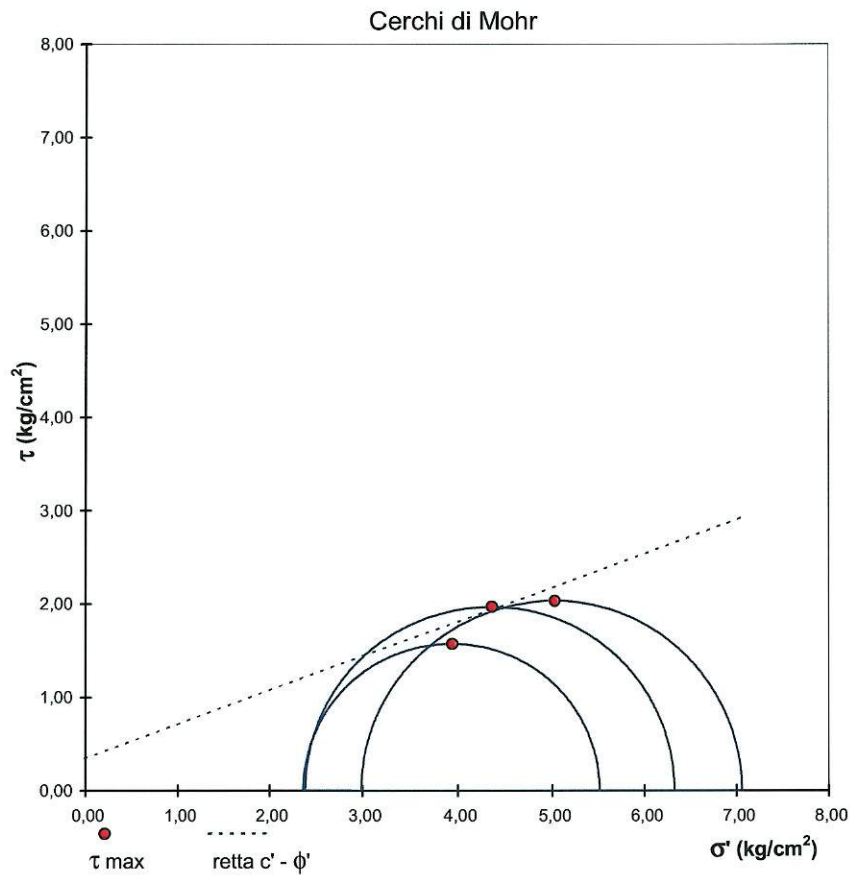
PROVA TRIASSIALE TIPO UU



| $\phi' (^{\circ})$ | $c' (\text{kg/cm}^2)$ |
|--------------------|-----------------------|
| 7,79 | 1,23 |

| Sondaggio | Campione | Provino | Profondità (m) | |
|-----------|----------|---------|----------------|----|
| S2 | CI2-CU | | 20,5 | 21 |

PROVA TRIASSIALE TIPO CU

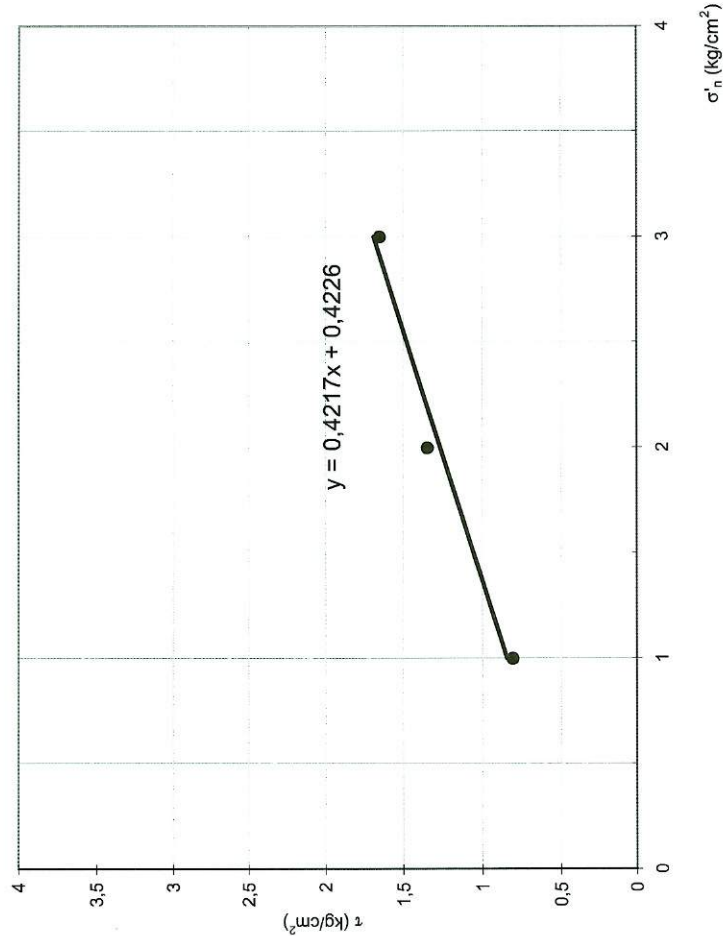


| φ' (°) | c' (kg/cm ²) |
|--------|--------------------------|
| 20,09 | 0,35 |

| Sondaggio | Campione | Provino | Profondità (m) | |
|-----------|----------|---------|----------------|------|
| S3 | CI1 | | 10 | 10,5 |

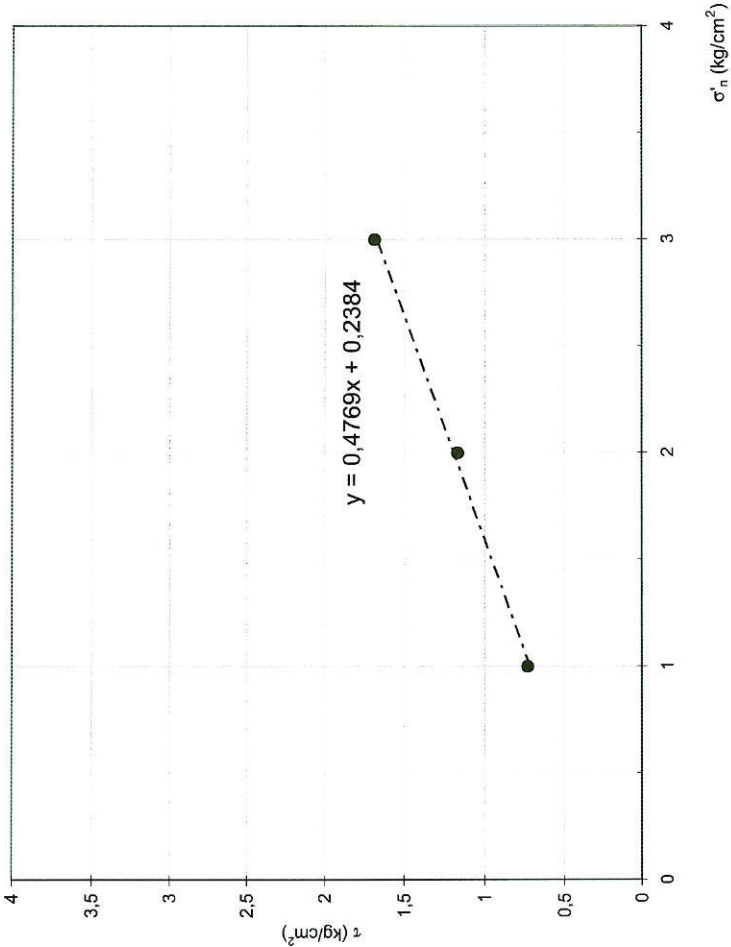
PROVA DI TAGLIO DIRETTO CON DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA RESIDUA

RESISTENZE DI PICCO



| Dati regr. lineare | |
|------------------------------|-------|
| c'_p (kg/cm ²) | 0,42 |
| ϕ'_p (°) | 22,87 |
| r | 0,99 |

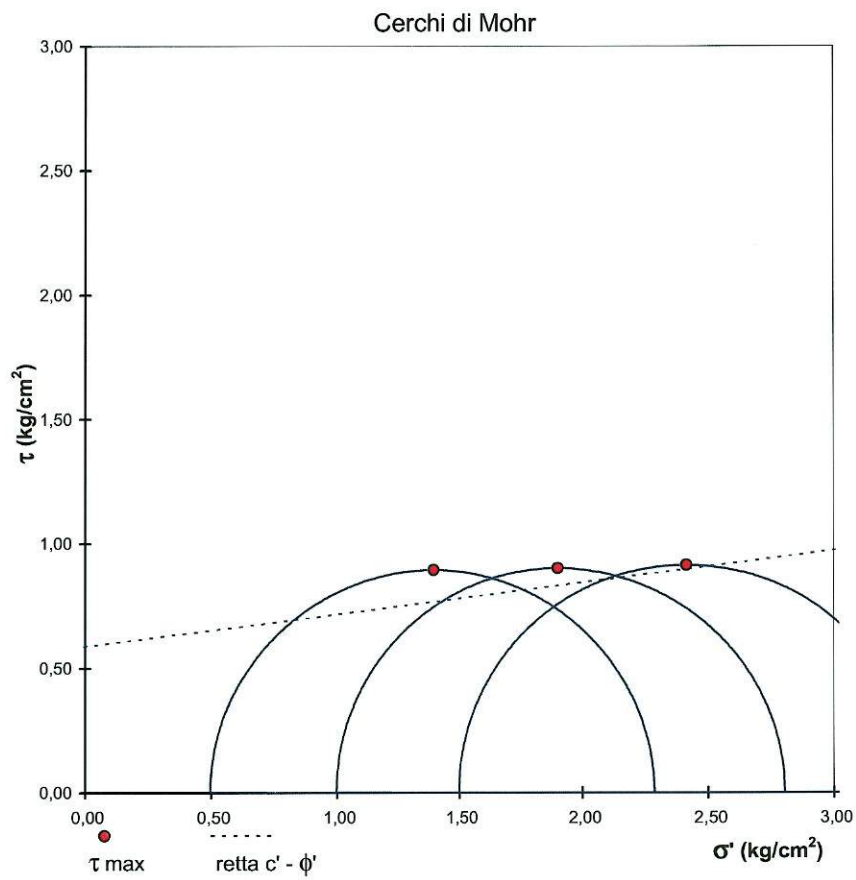
RESISTENZE RESIDUE



| Dati regr. lineare | |
|------------------------------|-------|
| c'_r (kg/cm ²) | 0,24 |
| ϕ'_r (°) | 25,50 |
| r | 1,00 |

| Sondaggio | Campione | Provino | Profondità (m) | |
|-----------|----------|---------|----------------|------|
| S3 | CI2-UU | | 20 | 20,5 |

PROVA TRIASSIALE TIPO UU

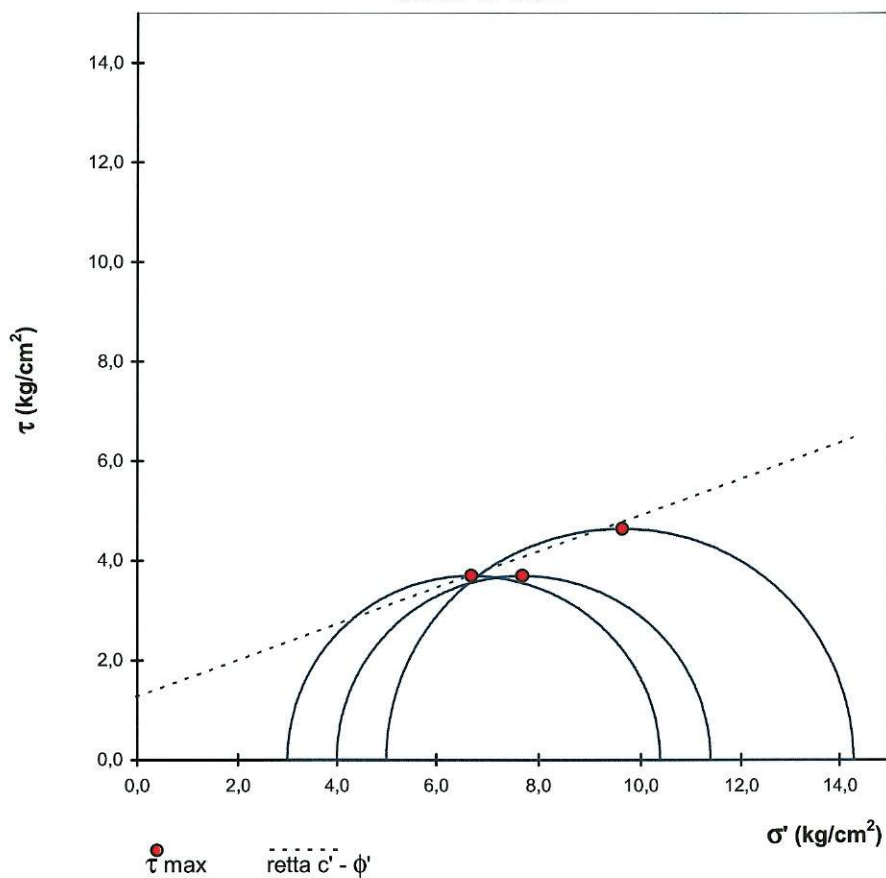


| $\phi' (^{\circ})$ | $c' \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ |
|--------------------|-------------------------------|
| 7,32 | 0,59 |

| Sondaggio | Campione | Provino | Profondità (m) | |
|-----------|----------|---------|----------------|------|
| S3 | CI2 | | 20,0 | 20,5 |

PROVA TRIASSIALE TIPO CD

Cerchi di Mohr

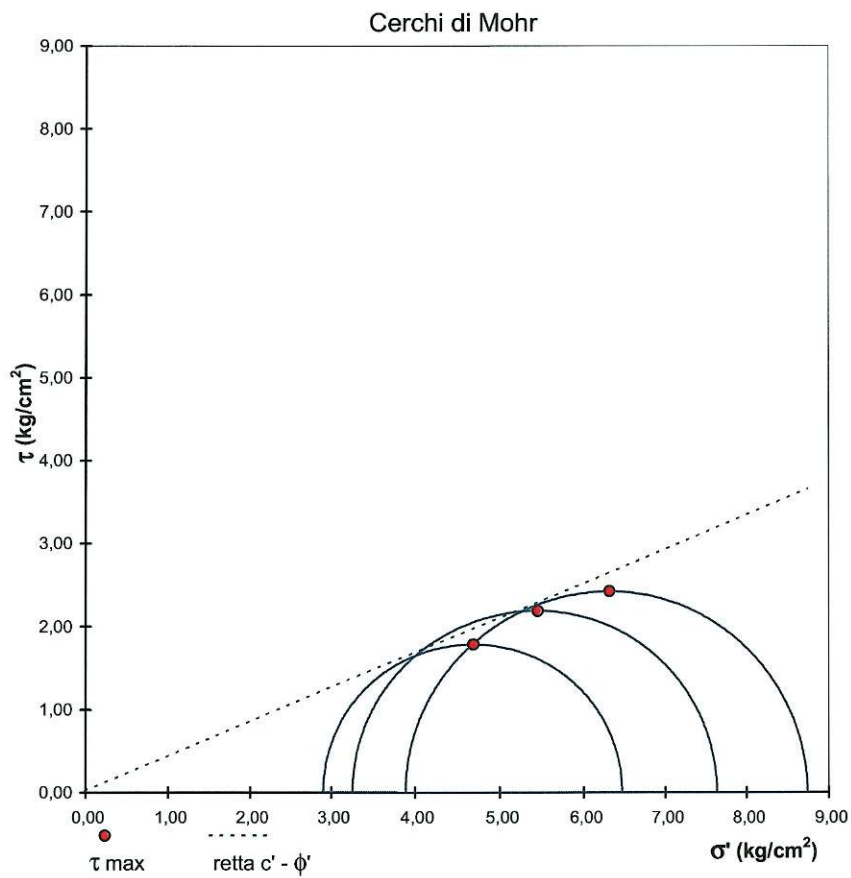


| ϕ' (°) | c' (kg/cm ²) |
|-------------|----------------------------|
| 20,02 | 1,28 |

| Dato | Provino 1 | Provino 2 | Provino 3 |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| \varnothing (mm) | 38,00 | 38,00 | 38,00 |
| H (mm) | 76,00 | 76,00 | 76,00 |
| γ_t (g/cm ³) | 2,05 | 2,04 | 2,05 |
| γ_d (g/cm ³) | 1,66 | 1,66 | 1,66 |
| w_i (%) | 23,33 | 22,84 | 23,05 |
| w_f (%) | 18,45 | 17,77 | 17,54 |
| σ_3 (kg/cm ²) | 5,00 | 6,00 | 7,00 |
| u_0 (kg/cm ²) | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| τ_{max} (kg/cm ²) | 3,69 | 3,69 | 4,64 |

| Sondaggio | Campione | Provino | Profondità (m) | |
|-----------|----------|---------|----------------|----|
| S4 | CI2-CU | | 24,5 | 25 |

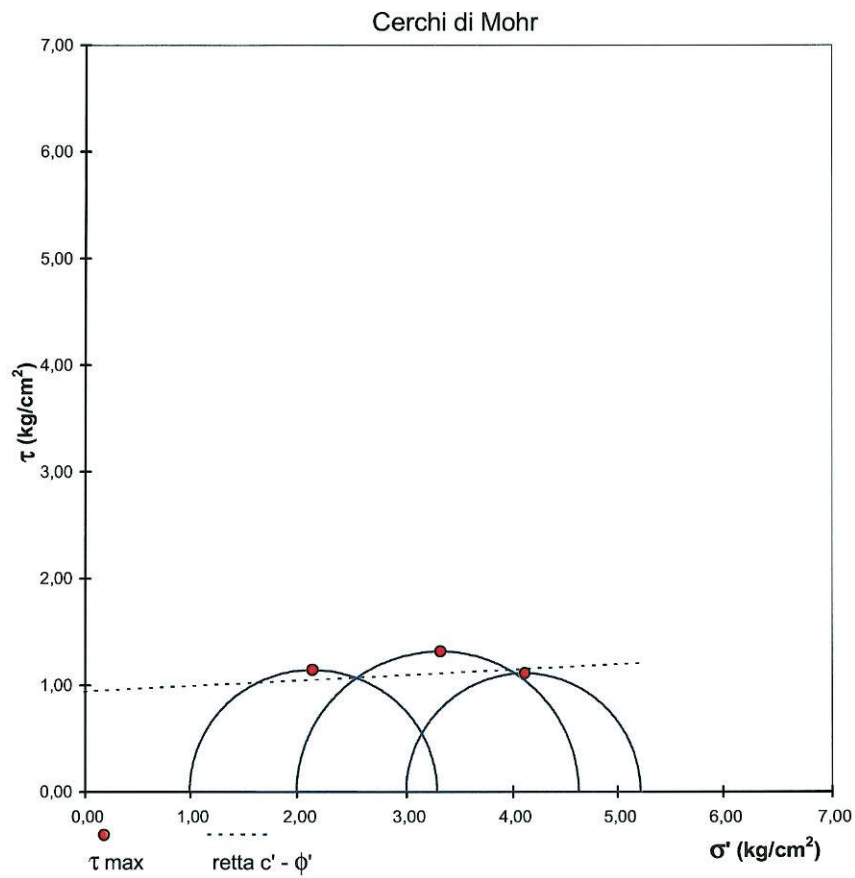
PROVA TRIASSIALE TIPO CU



| φ' (°) | c' (kg/cm ²) |
|--------|--------------------------|
| 22,60 | 0,03 |

| Sondaggio | Campione | Provino | Profondità (m) | |
|-----------|----------|---------|----------------|----|
| S4 | CI2 | | 24,5 | 25 |

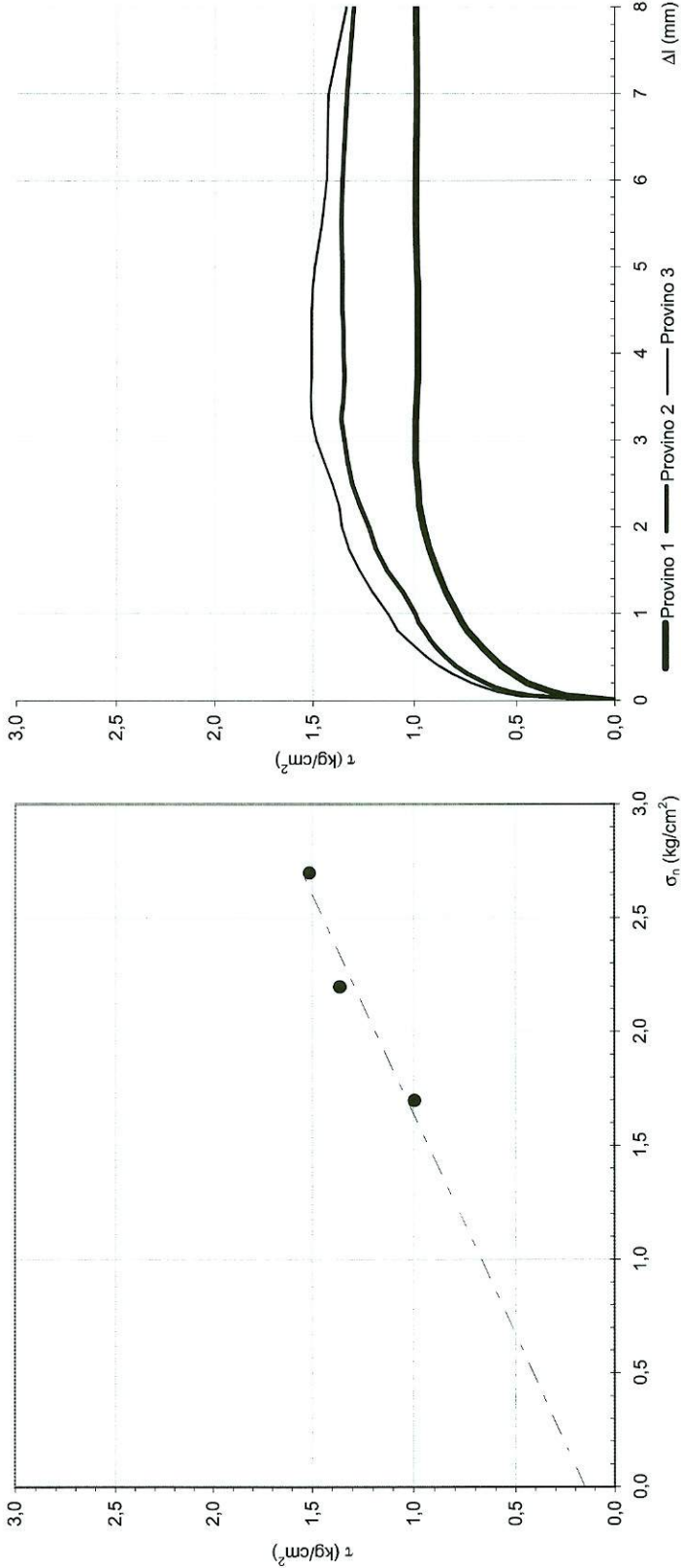
PROVA TRIASSIALE TIPO UU



| ϕ' (°) | c' (kg/cm ²) |
|-------------|----------------------------|
| 2,91 | 0,94 |

| Sondaggio | Campione | Provino | Profondità (m) |
|-----------|----------|---------|----------------|
| S5 | CI1 | | 11,0 |
| | | | 11,5 |

PROVA DI TAGLIO DIRETTO MODALITA' CD



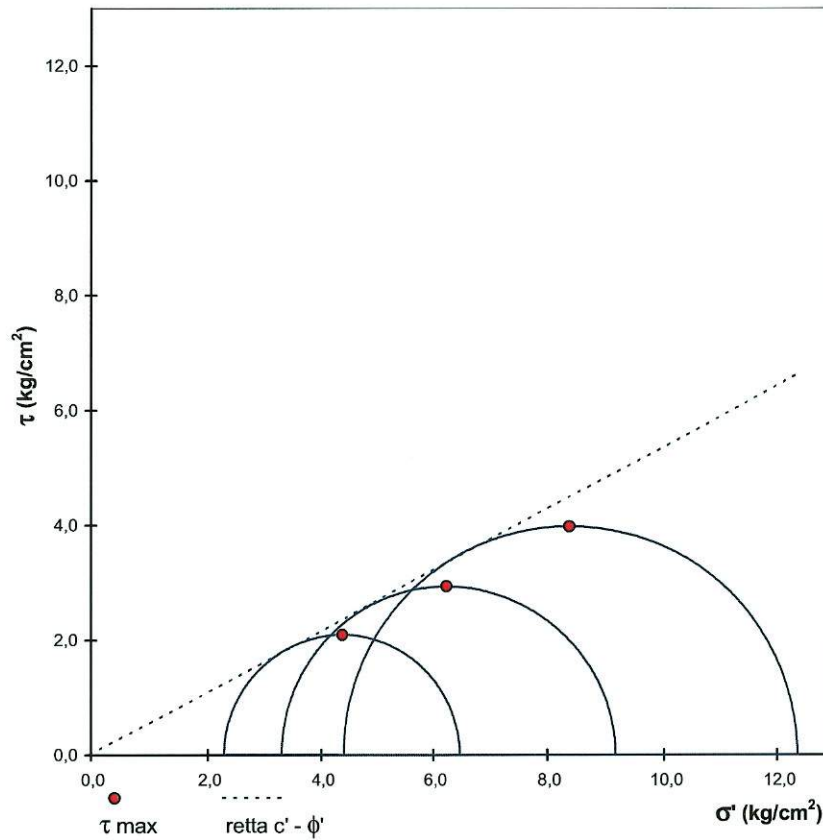
| Provino n° | γ_d (g/cm ³) | e_0 | w_i % | w_f % | τ_{max} (kg/cm ²) | σ_n (kg/cm ²) |
|------------|---------------------------------|-------|---------|---------|------------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 1,57 | 0,73 | 27,54 | 25,98 | 0,99 | 1,7 |
| 2 | 1,56 | 0,75 | 27,89 | 25,90 | 1,36 | 2,2 |
| 3 | 1,58 | 0,73 | 26,93 | 24,84 | 1,51 | 2,7 |

| Dati regressione lineare | |
|--------------------------|--------|
| c (kg/cm ²) | 0,15 |
| ϕ (°) | 27,35 |
| coeff. corr. | 0,9724 |

| Sondaggio | Campione | Provino | Profondità (m) | |
|-----------|----------|---------|----------------|----|
| S5 | CI2-CU | | 34,5 | 35 |

PROVA TRIASSIALE TIPO CU

Cerchi di Mohr

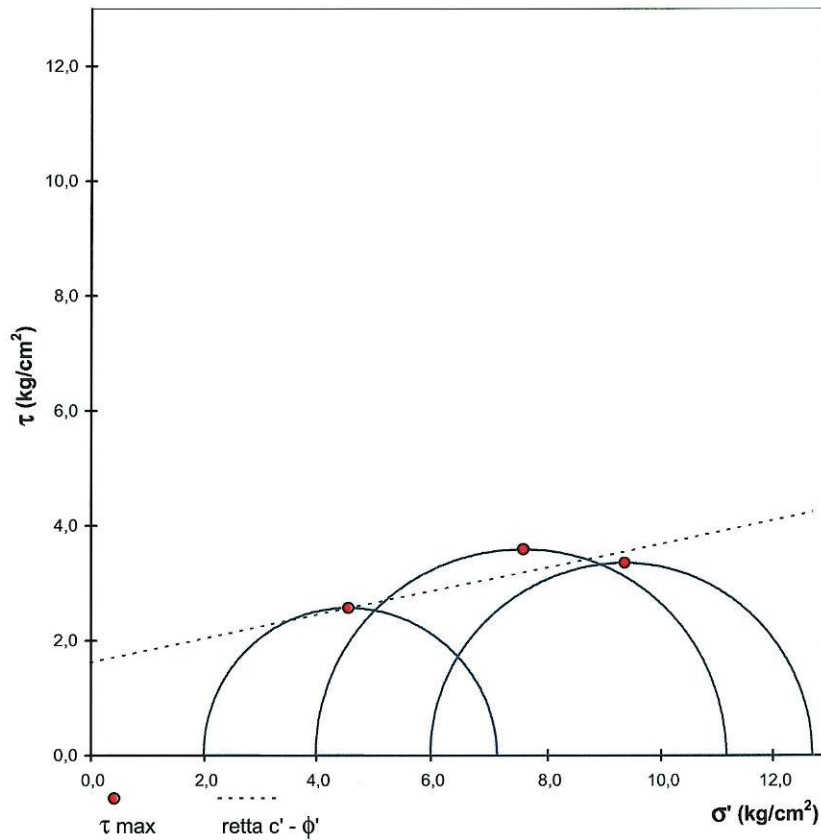


| $\phi' (^{\circ})$ | $c' \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ |
|--------------------|-------------------------------|
| 28,14 | 0,02 |

| Sondaggio | Campione | Provino | Profondità (m) | |
|-----------|----------|---------|----------------|----|
| S5 | CI2-UU | | 34,5 | 35 |

PROVA TRIASSIALE TIPO UU

Cerchi di Mohr

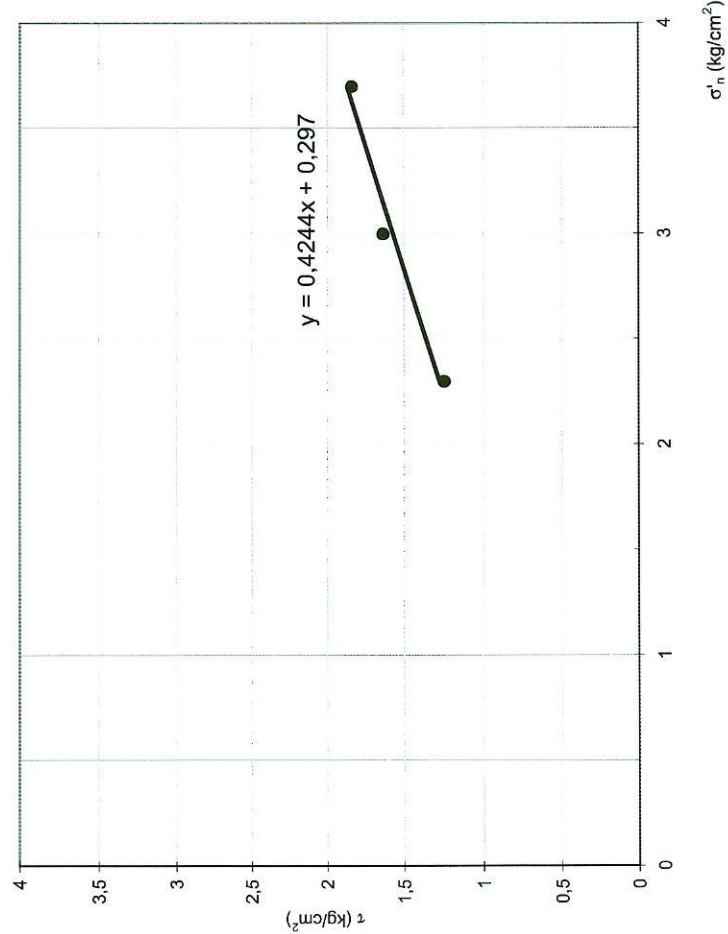


| ϕ' (°) | c' (kg/cm ²) |
|-------------|----------------------------|
| 11,66 | 1,62 |

| Sondaggio | Campione | Provino | Profondità (m) | |
|-----------|----------|---------|----------------|------|
| S6 | CI1 | | 15 | 15,5 |

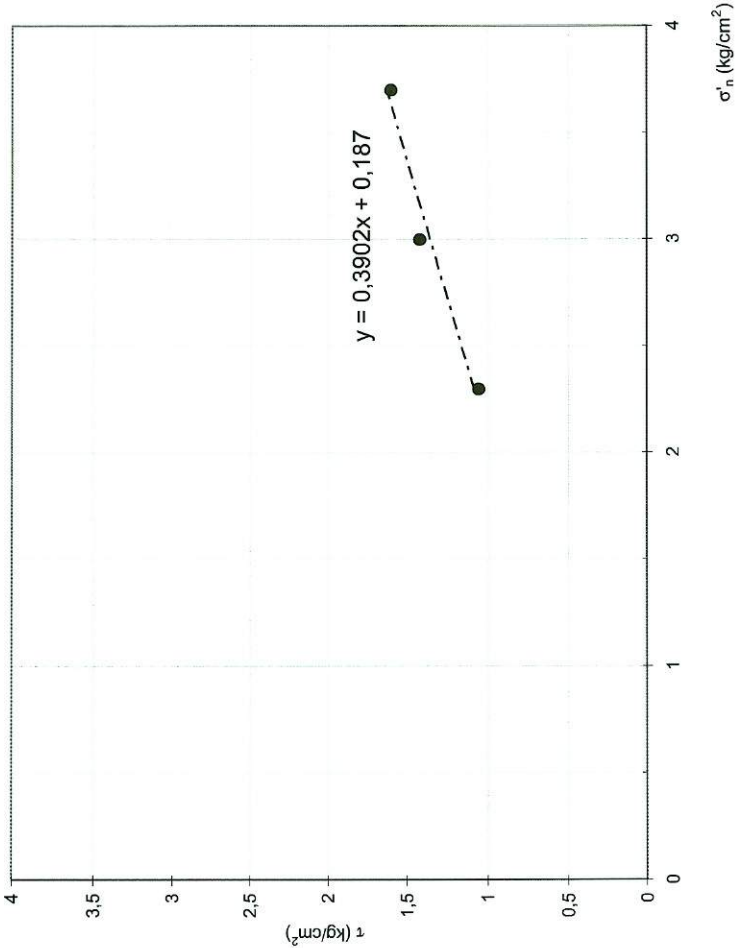
PROVA DI TAGLIO DIRETTO CON DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA RESIDUA

RESISTENZE DI PICCO



| Dati regr. lineare | |
|------------------------------|-------|
| c'_p (kg/cm ²) | 0,30 |
| ϕ'_p (°) | 23,00 |
| r | 0,98 |

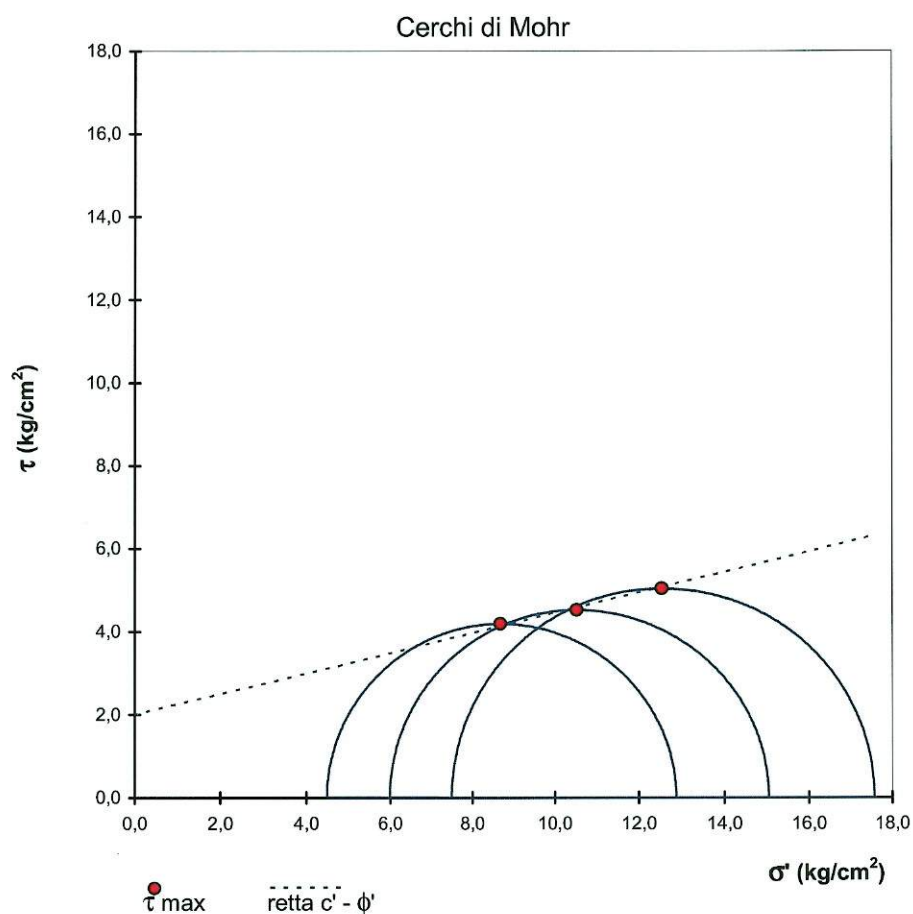
RESISTENZE RESIDUE



| Dati regr. lineare | |
|------------------------------|-------|
| c'_r (kg/cm ²) | 0,19 |
| ϕ'_r (°) | 21,31 |
| r | 0,98 |

| Sondaggio | Campione | Provino | Profondità (m) | |
|-----------|----------|---------|----------------|------|
| S6 | CI2 | | 29,5 | 30,0 |

PROVA TRIASSIALE TIPO CD

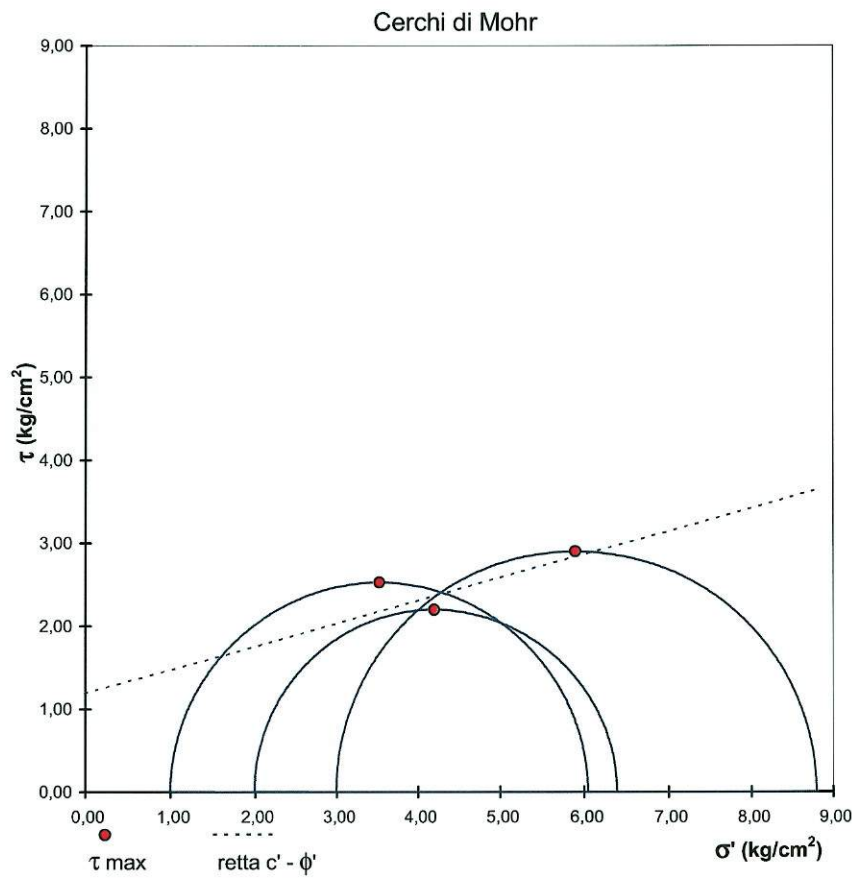


| ϕ' (°) | c' (kg/cm ²) |
|-------------|----------------------------|
| 13,79 | 2,01 |

| Dato | Provino 1 | Provino 2 | Provino 3 |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| \varnothing (mm) | 38,00 | 38,00 | 38,00 |
| H (mm) | 76,00 | 76,00 | 76,00 |
| γ_t (g/cm ³) | 2,01 | 2,02 | 1,99 |
| γ_d (g/cm ³) | 1,61 | 1,61 | 1,58 |
| w_i (%) | 25,15 | 24,98 | 26,52 |
| w_f (%) | 22,89 | 22,04 | 23,13 |
| σ_3 (kg/cm ²) | 6,50 | 8,00 | 9,50 |
| u_0 (kg/cm ²) | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| τ_{max} (kg/cm ²) | 4,19 | 4,52 | 5,04 |

| Sondaggio | Campione | Provino | Profondità (m) | |
|-----------|----------|---------|----------------|----|
| S6 | CI2-UU | | 29,5 | 30 |

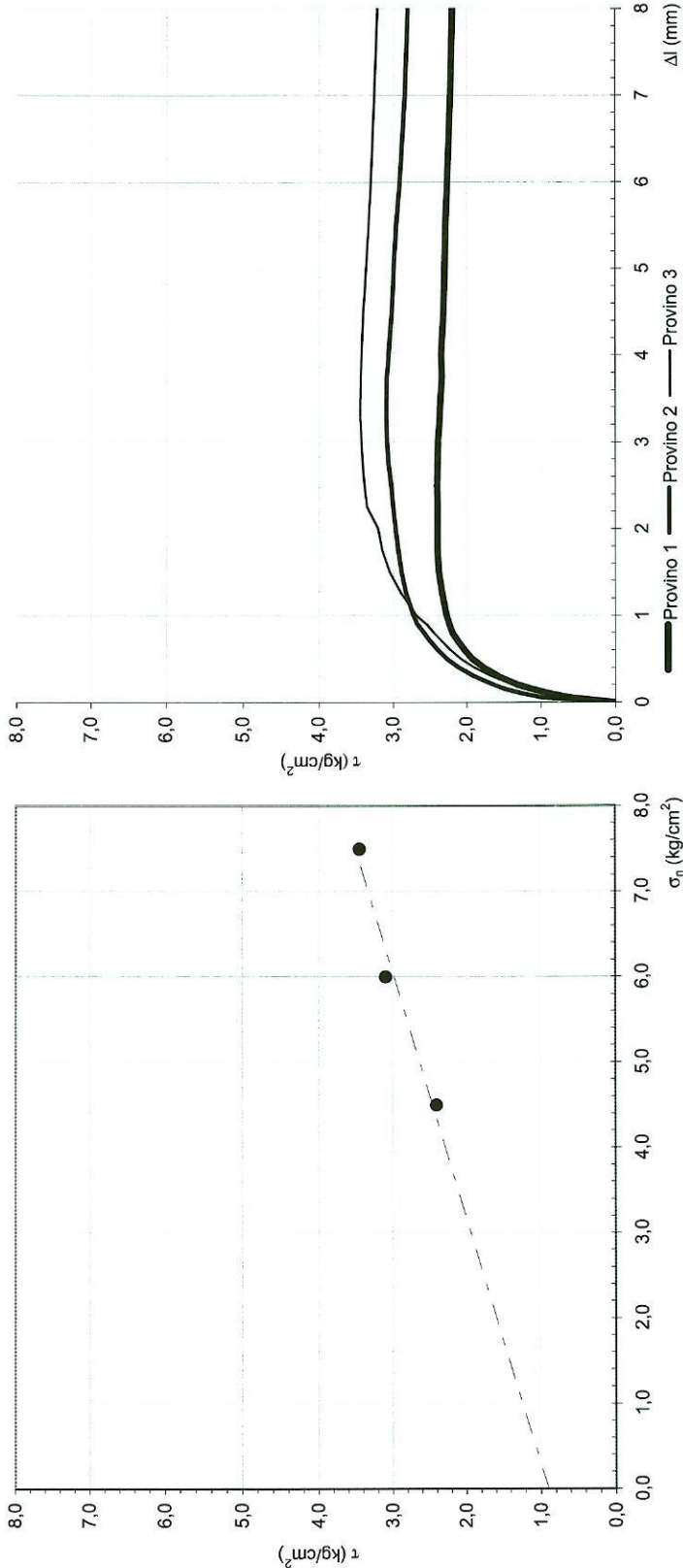
PROVA TRIASSIALE TIPO UU



| $\phi' (^{\circ})$ | $c' \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ |
|--------------------|-------------------------------|
| 15,56 | 1,19 |

| Sondaggio | Campione | Provino | Profondità (m) |
|-----------|----------|---------|----------------|
| S6 | CI2 | | 29,5 |
| | | | 30,0 |

PROVA DI TAGLIO DIRETTO MODALITA' CD



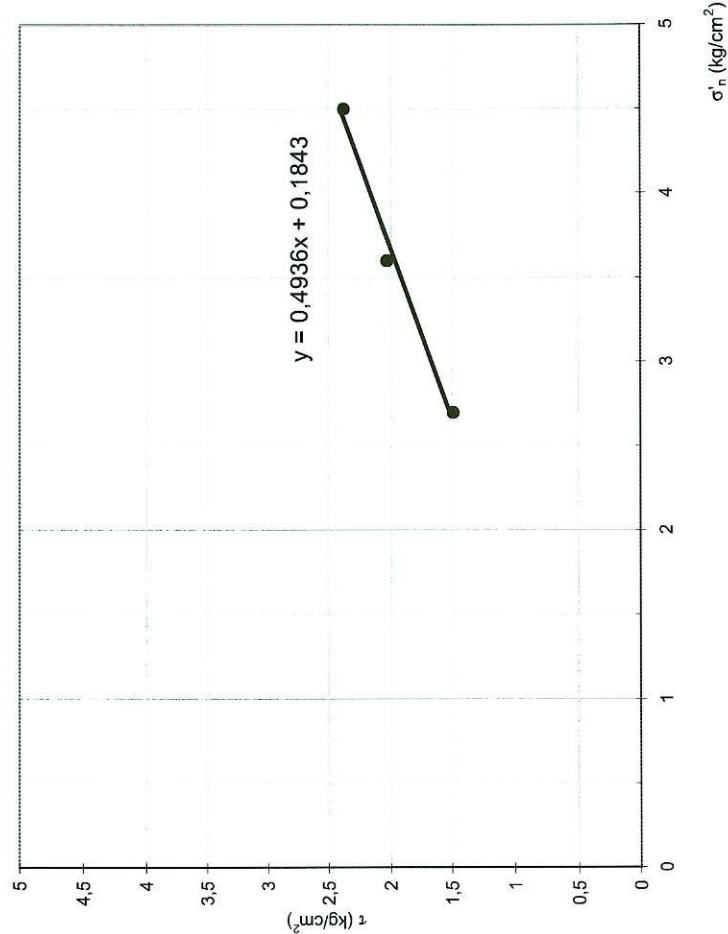
| Provino n° | γ_d (g/cm ³) | e_0 | w_i % | w_f % | τ_{max} (kg/cm ²) | σ_n (kg/cm ²) |
|------------|---------------------------------|-------|---------|---------|------------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 1,55 | 0,76 | 26,76 | 26,67 | 2,40 | 4,5 |
| 2 | 1,56 | 0,75 | 115,24 | 26,65 | 3,09 | 6 |
| 3 | 1,56 | 0,75 | 26,53 | 26,85 | 3,45 | 7,5 |

| Dati regressione lineare | |
|---------------------------|--------|
| c (kg/cm ²) | 0,90 |
| ϕ (°) | 19,14 |
| coeff. corr. | 0,9834 |

| Sondaggio | Campione | Provino | Profondità (m) | |
|-----------|----------|---------|----------------|------|
| S7 | CI1 | | 18 | 18,5 |

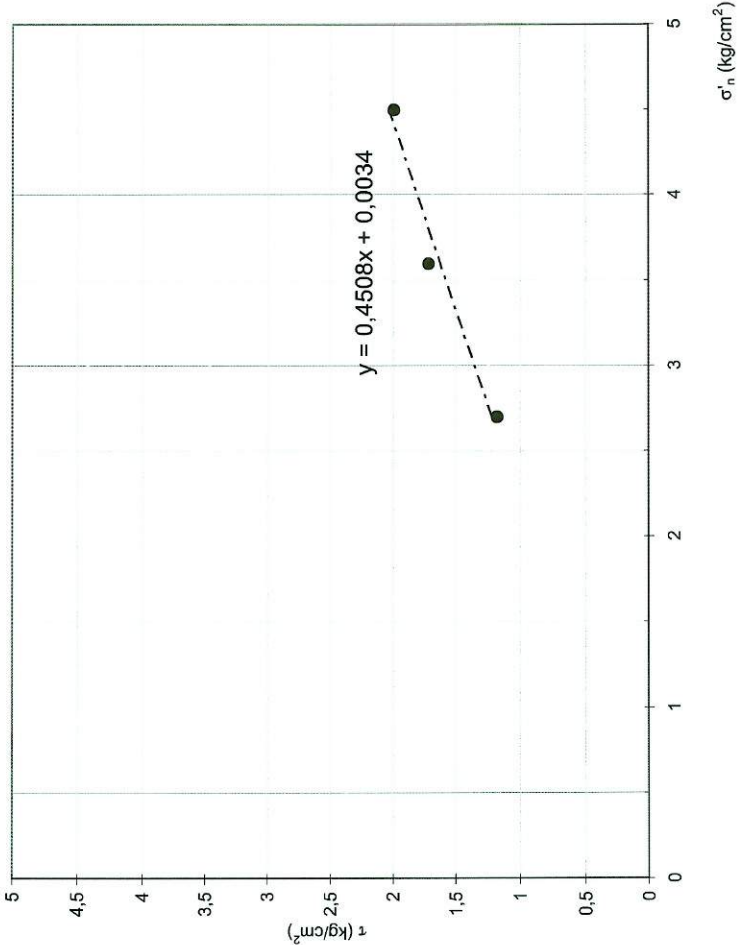
PROVA DI TAGLIO DIRETTO CON DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA RESIDUA

RESISTENZE DI PICCO



| Dati regr. lineare | | |
|------------------------------|-------|--|
| c'_p (kg/cm ²) | 0,18 | |
| ϕ'_p (°) | 26,27 | |
| r | 0,99 | |

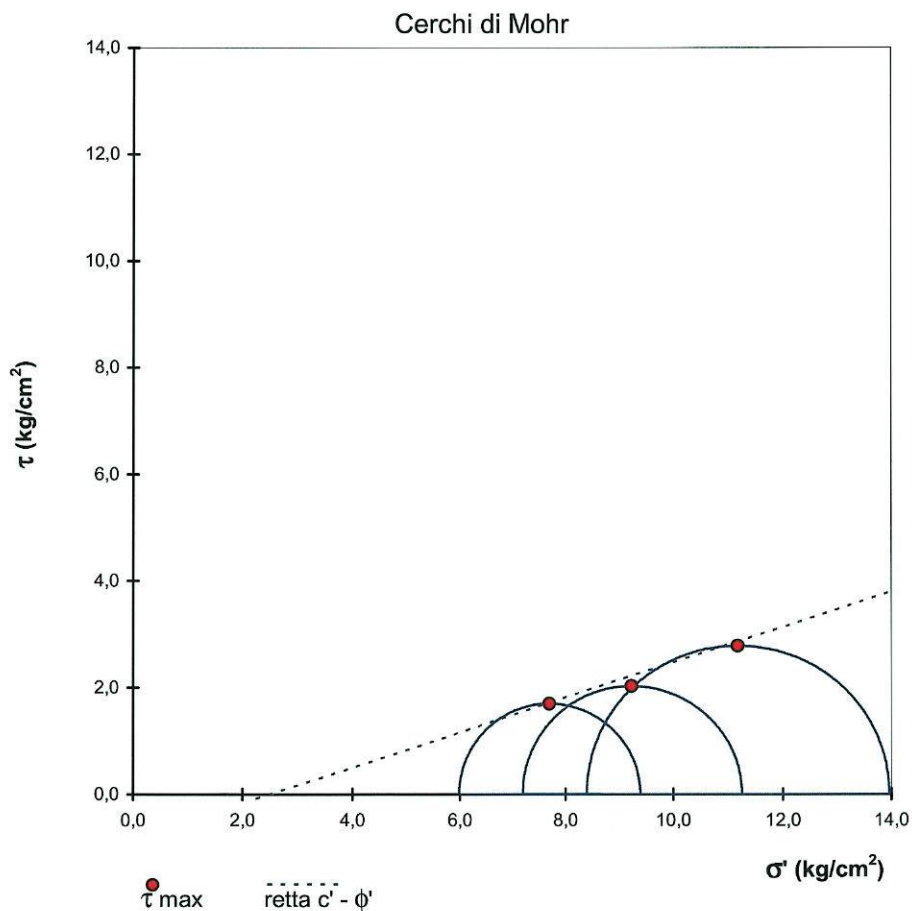
RESISTENZE RESIDUE



| Dati regr. lineare | | |
|------------------------------|-------|--|
| c'_r (kg/cm ²) | 0,00 | |
| ϕ'_r (°) | 24,27 | |
| r | 0,98 | |

| Sondaggio | Campione | Provino | Profondità (m) | |
|-----------|----------|---------|----------------|------|
| S7 | CI2 | | 26,0 | 26,5 |

PROVA TRIASSIALE TIPO CD

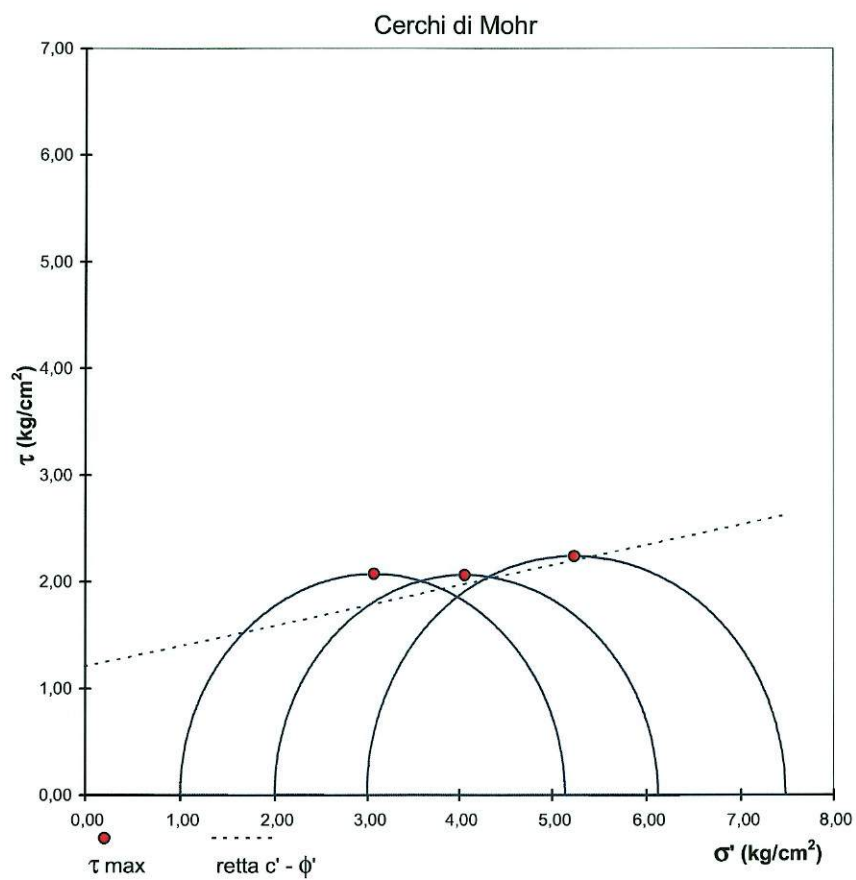


| ϕ' (°) | c' (kg/cm ²) |
|-------------|----------------------------|
| 18,29 | -0,82 |

| Dato | Provino 1 | Provino 2 | Provino 3 |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| \varnothing (mm) | 38,00 | 38,00 | 38,00 |
| H (mm) | 76,00 | 76,00 | 76,00 |
| γ_t (g/cm ³) | 1,99 | 2,00 | 1,98 |
| γ_d (g/cm ³) | 1,57 | 1,58 | 1,55 |
| w_t (%) | 26,63 | 26,51 | 27,89 |
| w_r (%) | 25,81 | 24,56 | 25,94 |
| σ_3 (kg/cm ²) | 6,00 | 7,20 | 8,40 |
| u_0 (kg/cm ²) | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| τ_{max} (kg/cm ²) | 1,70 | 2,03 | 2,78 |

| Sondaggio | Campione | Provino | Profondità (m) | |
|-----------|----------|---------|----------------|------|
| S7 | CI2-UU | | 26 | 26,5 |

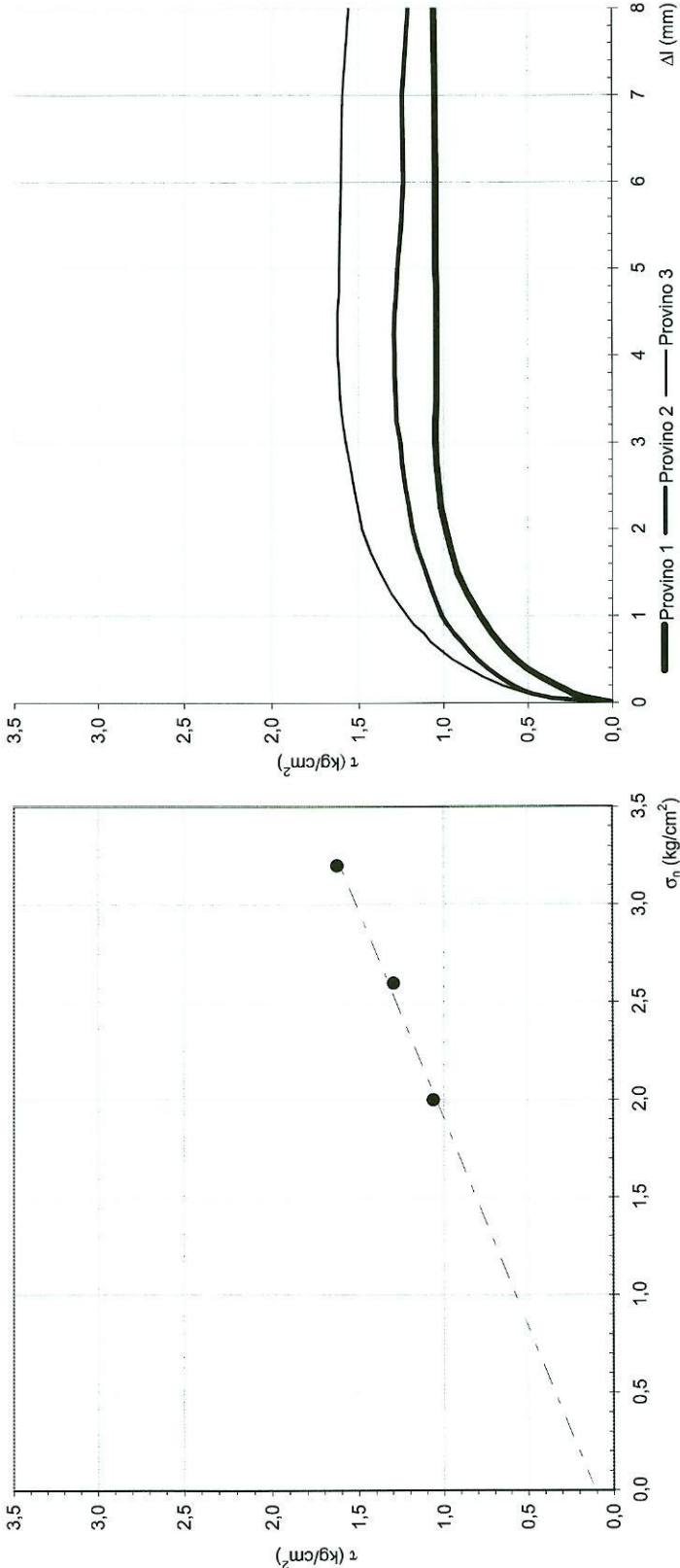
PROVA TRIASSIALE TIPO UU



| $\phi' (^\circ)$ | $c' (\text{kg/cm}^2)$ |
|------------------|-----------------------|
| 10,75 | 1,21 |

| Sondaggio | Campione | Provino | Profondità (m) | |
|-----------|----------|---------|----------------|------|
| S8 | CI1 | | 12,5 | 13,0 |

PROVA DI TAGLIO DIRETTO MODALITA' CD

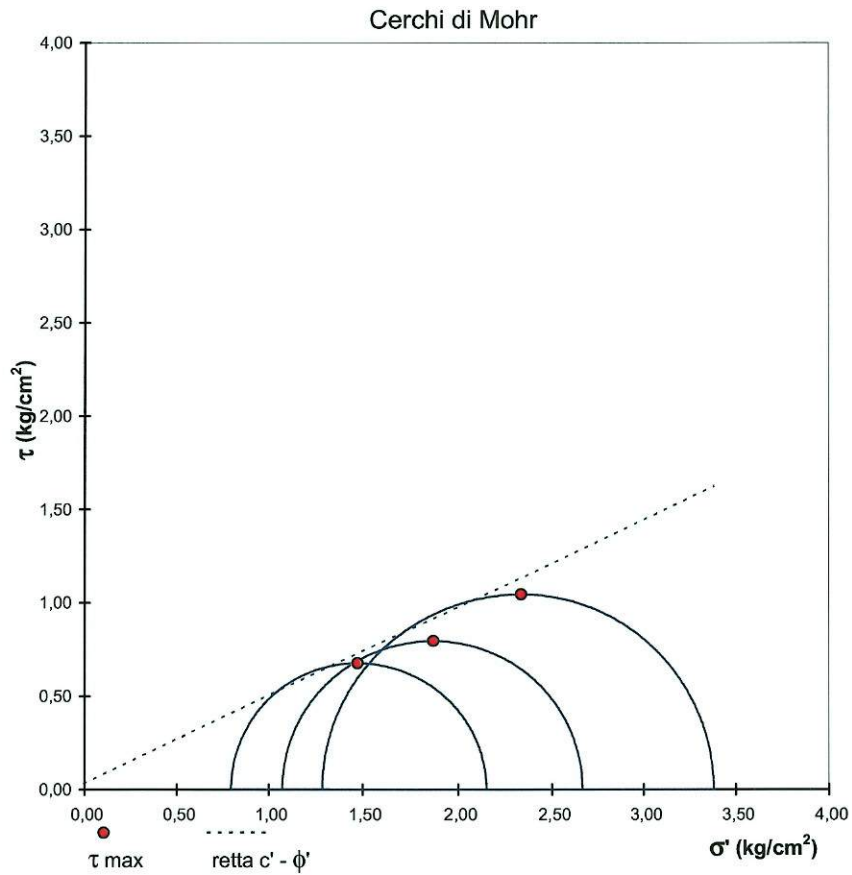


| Provino n° | γ_d (g/cm ³) | e_0 | w_i % | w_f % | τ_{max} (kg/cm ²) | σ_n (kg/cm ²) |
|------------|---------------------------------|-------|---------|---------|------------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 1,27 | 1,14 | 46,11 | 34,63 | 1,06 | 2 |
| 2 | 1,33 | 1,05 | 40,28 | 32,87 | 1,29 | 2,6 |
| 3 | 1,33 | 1,05 | 40,14 | 31,86 | 1,62 | 3,2 |

| Dati regressione lineare | |
|---------------------------|--------|
| c (kg/cm ²) | 0,11 |
| ϕ (°) | 25,13 |
| coeff. corr. | 0,9953 |

| Sondaggio | Campione | Provino | Profondità (m) | |
|-----------|----------|---------|----------------|----|
| S8 | CI1-CU | | 12,5 | 13 |

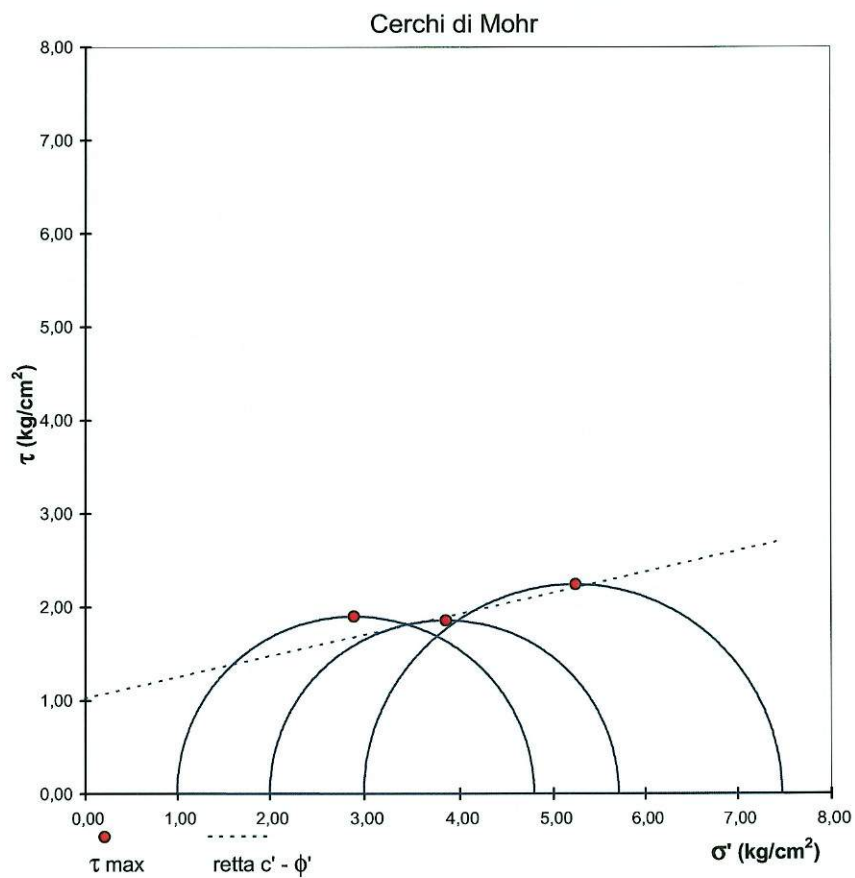
PROVA TRIASSIALE TIPO CU



| $\phi' (^{\circ})$ | $c' (\text{kg/cm}^2)$ |
|--------------------|-----------------------|
| 25,25 | 0,03 |

| Sondaggio | Campione | Provino | Profondità (m) | |
|-----------|----------|---------|----------------|----|
| S8 | CI2-UU | | 26,5 | 27 |

PROVA TRIASSIALE TIPO UU



| ϕ' (°) | c' (kg/cm ²) |
|-------------|----------------------------|
| 12,70 | 1,03 |