

COMPLETAMENTO DELLE INFRASTRUTTURE DI COLLEGAMENTO
TRA IL COMPARTO "A" E IL COMPARTO "B" DELLA ZONA
INDUSTRIALE AEROPORTO

PROGETTO ESECUTIVO

ELABORATO:

RELAZIONE GEOLOGICA

Tav. n.

B.3.1
GEO-01

Scala

Il R.U.P.

L'Ente

Autorizzazioni

Responsabile della Sicurezza

In fase di
progettazione

In fase di
esecuzione

Progettazione strutturale

Dott. Giuseppe SCALAMANDRE

Il Geologo

Il Direttore dei Lavori

L'impresa



geological consulting

Data

Elaborato

Controllato

Approvato

Revisione

Data revisione

Preliminare

Definitivo

Esecutiva

Variante al
progetto
esecutivo

INDICE

1 PREMESSA.....	3
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
COROGRAFIA GENERALE.....	6
3 CARATTERI GEOLOGICI GENERALI	7
4 LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI	9
5 I LAVORI IN PROGETTO E IL NUOVO PSC	14
6 RICOSTRUZIONE DELLE VARIAZIONI DI QUOTA DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA	18
7 FORMAZIONI PRESENTI.....	22
8 IDROGEOLOGIA E LINEAMENTI CLIMATICI GENERALI	24
9 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA.....	27
10 CONCLUSIONI	31

1 PREMESSA

Il Consorzio Regionale Attività Produttive (CORAP), attraverso l'Unità Operativa Territoriale di Vibo Valentia, ha conferito al sottoscritto, geologo Giuseppe SCALAMANDRÉ, l'incarico di redigere lo Studio Geologico finalizzato al progetto esecutivo per i lavori di **"Completamento delle infrastrutture di collegamento tra il comparto "A" e il comparto "B" della Zona Industriale Aeroporto"** nel Comune di Vibo Valentia.

La realizzazione di questa strada è indispensabile per collegare tra loro i due settori, in cui sono distribuite varie attività produttive, senza interessare la viabilità ordinaria con le conseguenze che è facile immaginare.

Il tracciato in progetto, lungo ca. 400 m, corre per lo più parallelo alla strada provinciale n° 17 "Tropea – S.S. n° 18" attraversando un'area che negli ultimi anni è stata interessata da consistenti movimentazioni di terreno, tali da aver reso necessari specifici approfondimenti.

Le varie opere e manufatti sono da considerarsi come *opere ordinarie* di classe d'uso "II" ai sensi del D.M. 14.01.2008 (NTC).

Dopo una preliminare analisi delle cartografie di base e di fotografie aeree, una ricognizione dell'area d'intervento ha permesso di delimitare l'area dello studio.

In parallelo allo sviluppo dell'asse stradale, è stata definita una fascia, larga 300 m e lunga 600 m, per la quale è stato appositamente commissionato un aggiornamento della Carta Tecnica comunale con

un'integrazione da fotografie aeree digitali del volo *Aeroriprese* del luglio 2015 a risoluzione 18 cm.

La fase di analisi di questo studio, proprio sfruttando l'aggiornamento cartografico di cui sopra, è stata supportata da elaborazioni eseguite con un sistema informativo geografico (GIS), che ha permesso di ottenere una dettagliata ricostruzione del terreno con un modello digitale dal quale è stata derivata una carta delle pendenze (*cfr. tav. GEO-05*).

In precedenza, nel 2010, con analoghe procedure, erano state ricostruite le variazioni di quota della superficie topografica fra gli anni 1981 - 2002 - 2009 (*cfr. tav. GEO-06 - GEO-07*).

Le profonde mutazioni dei luoghi resero infatti necessario un attento lavoro di fotointerpretazione in stereoscopia, alla ricerca di pregressi fenomeni morfologico-evolutivi.

La base-dati per le varie analisi ed elaborazioni, è stata comunque ottenuta anche con una serie di dettagliati rilievi di campagna finalizzati alla definizione dei limiti delle varie formazioni geologiche affioranti, e al rilievo di forme e processi geomorfologici (*cfr. tav. GEO-03 - GEO-04*).

Su basi bibliografiche sono invece stati approfonditi i lineamenti climatici e i caratteri sismici del territorio.

I necessari approfondimenti con i mezzi propri della geognostica sono stati avviati dal CSI già nell'ottobre del 2007, con l'esecuzione di 3 sondaggi meccanici a carotaggio continuo, nel corso dei quali, a varie quote, sono stati prelevati campioni indisturbati sui quali sono state eseguite le opportune prove di laboratorio (*cfr. tav. GEO-08 - GEO-09*).

Sulla base di preliminari indicazioni progettuali, nel settembre 2009, è stata condotta un'integrazione d'indagine con lo scavo di 4 *pozzetti geognostici* per il prelievo di altrettanti campioni di terreno e conseguenti ulteriori prove di laboratorio (*cfr. tav. GEO-10*).

Un ulteriore e definitivo approfondimento è stato effettuato nell'aprile 2016 con l'esecuzione di prove penetrometriche di tipo DPSH nelle zone che saranno interessate da specifici interventi geotecnici (*cfr. tav. GEO-11*).

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- *Decreto Ministeriale 11.03.1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;*
- *Eurocodice 7.1 (1997) - Progettazione geotecnica - Parte I: Regole Generali;*
- *Eurocodice 8 (1998) - Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;*
- *Decreto del Presidente Della Repubblica 6.06.2001 n° 380 - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;*
- *Eurocodice 7.2 (2002) - Progettazione geotecnica - Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio;*
- *Eurocodice 7.3 (2002) - Progettazione geotecnica - Parte II: Progettazione assistita con prove in sito;*
- *Regione Calabria - Autorità di Bacino Regionale - Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia (agg. 11.05-2007);*
- *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale - Allegato al voto n° 36 del 27.07.2007;*
- *Decreto Ministeriale 14.01.2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni;*
- *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Circolare 2 febbraio 2009 Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;*
- *Regione Calabria - Legge n° 35 del 19.10.2009 Denuncia, deposito e autorizzazione di interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica;*
- *Decreto Legislativo 18.04.2016 n° 50 - Disposizioni per l'attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture;*
- *Provincia di Vibo Valentia - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale;*
- *Comune di Vibo Valentia - Piano Regolatore Generale.*

COROGRAFIA GENERALE

SCALA 1:25.000



10

AREA DELLO STUDIO

TRACCIATO STRADALE IN PROGETTO

F. 579 SEZ. III



TERRA & ACQUA
geological consulting

In questa area, proprio la provinciale segna il margine settentrionale di un'ampia spianata naturale che è comunemente indicata come altopiano di Monte Poro.

L'assetto geomorfologico generale abbastanza regolare, caratterizzato solo da modeste ondulazioni della superficie topografica, ha ovviamente uno stretto legame con la storia geologica di questo settore territoriale e con quella dell'intera Calabria, a sua volta fortemente condizionata dall'evoluzione dell'intero arco calabro-peloritano.

Un dominio geologico-strutturale, quest'ultimo, originato dalla messa in posto, durante il *miocene inferiore*, di una serie di falde cristalline in sovrapposizione alle rocce sedimentarie del versante ionico che in origine costituivano un tutt'uno con l'Appennino meridionale e la Sicilia.

All'orogenesi alpina è quindi seguita la formazione di importanti faglie organizzate prevalentemente secondo un sistema longitudinale, parallelo cioè alle direttrici strutturali della catena appenninica, e un sistema trasversale alla stessa, che hanno segmentato l'intero arco in più unità morfologico-strutturali individuando, fra queste, "alti strutturali" quali il *massiccio del Monte Poro*, di cui l'altopiano rappresenta il naturale prolungamento verso NE, ben delimitato da due importanti dislocazioni tettoniche ad andamento SO-NE (*Vibo fault e Mileto faults*), e grandi "bacini sedimentari" come la *Piana di Gioia Tauro* o la *Valle del Fiume Mesima* (cfr. fig. 1).

Sempre a dislocazioni tettoniche, con un sistema di faglie normali, all'incirca parallelo allo sviluppo costiero, è legato il ribassamento a gradinata dei margini del massiccio che ha così originato una serie di terrazzamenti.

La struttura del rilievo, oltre che dalla roccia di base così dislocata e articolata, è in generale completata da una serie trasgressiva di sedimenti marini sinorogenici, di età compresa fra il *miocene inferiore* fino a tutto il *pliocene*.

4 LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

L'ossatura del rilievo su cui si sviluppa l'area di studio, è stata dunque generata da una complessa evoluzione tettonica che ne ha imbastito le forme per grandi linee.

L'altopiano di Vibo Valentia è il risultato della regolarizzazione dell'originaria morfologia della roccia di base, decisamente più accidentata, con lo spianamento dei tratti più elevati e il riempimento delle zone depresse con coltri sedimentarie e/o detritiche di spessore estremamente variabile.

Il sollevamento crostale è il principale artefice dell'assetto geomorfologico e stratigrafico attuale, che vede una potente serie sedimentaria marina innalzata, insieme alla roccia di base che la sostiene, fino a quote che superano agevolmente i 500 m s.l.m..

L'area dell'Aeroporto di Vibo Valentia, è così costituita, nel suo sottosuolo, dalla formazione delle c.d. sabbie mioceniche che qui, "risalendo" la roccia di base, raggiungono il loro minimo spessore.

Le sabbie seguono infatti, per grandi linee, la morfologia del basamento cristallino metamorfico, mutuandone in genere le varie dislocazioni con un aumento di spessore dall'interno verso la costa.

La strada provinciale, nel tratto d'interesse, segna dunque il margine di un'area soggetta a un'evoluzione geomorfologica molto lenta, in cui l'assetto del substrato è evidentemente favorevole a una sostanziale stabilità.

Tuttavia, nel corso degli ultimi decenni, l'azione antropica ha profondamente modificato, non solo la morfologia superficiale dei luoghi, ma anche la stratigrafia per un consistente spessore.

Lavori di scavo e di riporto si sono infatti succeduti in maniera del tutto incontrollata, tanto da aver reso necessario, nella fase di progettazione preliminare del 2010, uno specifico approfondimento per la ricostruzione dell'originaria superficie topografica naturale che viene qui sinteticamente riportato al *paragrafo 6*.

Le coltri di riporto più recenti, cioè gli ammassi caotici di materiali maggiormente instabili, sono invece riportati nella *carta geomorfologica* (cfr.

Tav. GEO-04), insieme ai principali "processi" morfologico-evolutivi in atto nell'area, interpretate da analisi stereoscopica e rilievi di campagna.

Come è evidente da tale elaborato cartografico, scavi e riporti hanno naturalmente prodotto anche delle scarpate che sono ancora in piena evoluzione con periodici crolli e/o scivolamenti dello stesso materiale di riporto.

L'accumulo di questi materiali, e il conseguente aumento di carico, è verosimilmente all'origine dello scorrimento individuato appena più a nord del tracciato in progetto.

L'attività di questa frana subisce evidentemente lunghe fasi di quiescenza e di parziale ripresa a seguito di prolungate precipitazioni.



Fig. 2 - Stralcio della "Carta inventario dei movimenti franosi" allegata al "Master plan per la sistemazione dei versanti e dei pendii instabili" (scala 1:5.000).

La sua più recente attività (negli ultimi 6 anni) ha prodotto un accumulo di frana che ha sbarrato il piccolo impluvio sottostante, creando un'area regolarmente soggetta ad allagamenti.

Altri isolati movimenti gravitativi sono osservabili solo esternamente alla nostra area di studio (cfr. fig. 2), caratterizzati, anche qui, da una attività ritmica nel "corpo" principale, mentre nella zona di "unghia" subiscono parziali accelerazioni per scalzamento al piede da parte delle acque incanalate.

Queste ultime, come dimostrato dall'analisi multitemporale, sono infatti in lento ma progressivo approfondimento.

grado di suscettibilità: ■ molto basso ■ basso ■ alto ■ molto alto



Fig. 3 - Stralcio della "Carta di suscettibilità da frana superficiale" allegata allo "Studio idraulico e geomorfologico per la definizione degli areali a rischio idrogeologico del territorio comunale" (scala 1:5.000).

L'attività erosiva degli impluvi naturali, la scarsa consistenza dei materiali di riporto (*ma anche la relativa friabilità delle sabbie mioceniche*), a fronte delle notevoli pendenze e ai frequenti salti di quota (cfr. Tav. GEO-05), creano tuttavia le condizioni sufficienti e necessarie perché i principali versanti siano caratterizzati da una elevata propensione al dissesto per frana superficiale e all'erosione areale.

Tali caratteristiche furono dimostrate dallo "Studio idraulico e geomorfologico per la definizione degli areali a rischio idrogeologico del territorio comunale", commissionato a seguito dell'evento alluvionale del 3 luglio 2006 e redatto nel 2010 dal sottoscritto.

Le fig. 3 e 4 mostrano rispettivamente uno stralcio della "Carta della suscettibilità da frana superficiale" e della "Carta della suscettibilità da erosione areale intensa" redatte da quello studio, con le quali venne stimata la propensione dell'intero territorio comunale all'occorrenza di fenomeni di dissesto geomorfologico.



Fig. 4 - Stralcio della "Carta di suscettibilità da erosione areale intensa" allegata allo "Studio idraulico e geomorfologico per la definizione degli areali a rischio idrogeologico del territorio comunale" (scala 1:5.000).

Ad ogni buon fine è bene specificare che questi due elaborati non abbiano mappato specifici fenomeni di dissesto, ma abbiano semplicemente discretizzato il territorio comunale in funzione del livello relativo di propensione all'occorrenza, in caso di eventi di pioggia di notevole intensità, dei due distinti tipi di dissesto (la *frana superficiale* e l'*erosione areale intensa*) che sono da considerarsi di "intensità" limitata e a pericolosità da moderata a media.

Queste carte devono quindi essere intese come utili strumenti per l'attuazione di strategie utili alla difesa del suolo attraverso l'adozione di misure atte a migliorare localmente l'assetto geomorfologico e/o prevenire l'innescò di fenomeni di dissesto superficiale.

In tal senso, la Determina n° 33 del 16.10.2014 del Dirigente del Settore

3 dell'Amministrazione Comunale di Vibo Valentia prevede l'adozione, sulla base di uno specifico studio e di elaborati grafici la descrizione delle opere e degli interventi finalizzati alla semplice mitigazione di tale propensione al dissesto attraverso il miglioramento dell'assetto geomorfologico e del drenaggio delle acque superficiali tali da prevenire l'insacco di frane superficiali o di fenomeni erosivi.

5 I LAVORI IN PROGETTO E IL NUOVO PSC

Il nuovo PSC del Comune di Vibo Valentia ha classificato l'area del nostro studio, da punto di vista della fattibilità, in 2 differenti categorie (cfr. fig. 5).

Gran parte del futuro tracciato ricade nella *classe 1* della carta "Fattibilità delle azioni di piano (pericolosità idrogeomorfologiche)", ovvero della *fattibilità senza particolari limitazioni* che rappresenta le aree sulle quali non sono state individuate specifiche controindicazioni di carattere "geologico-tecnico-ambientale".

Per un breve tratto il progetto interseca invece un'area di *classe 4* cioè un'area soggetta a gravi limitazioni per la modifica della sua destinazione d'uso poiché ritenuta ad elevato rischio geomorfologico o idraulico.

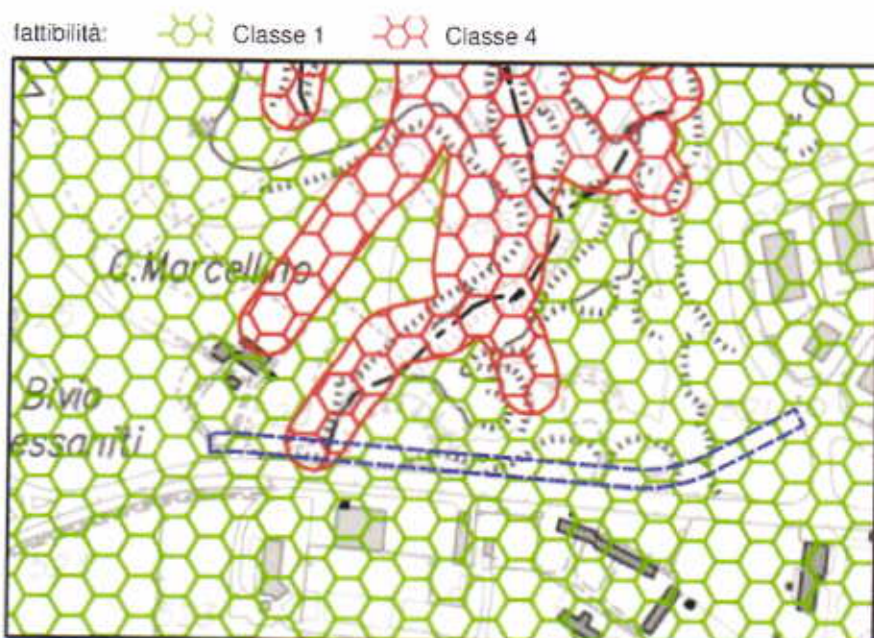


Fig. 5 - Stralcio della Tav. n° 20 "Fattibilità delle azioni di piano (pericolosità idrogeomorfologiche)" allegata al PSC del Comune di Vibo Valentia (scala 1:5.000).

Ai sensi dell'art. 26 c 2d del REU, per le opere pubbliche o di interesse pubblico, tipologia alla quale può senz'altro essere associata la strada in progetto, è prevista una puntuale valutazione che dimostri, tramite una relazione geologica, la compatibilità dell'intervento con il livello di rischio indicato dal Piano.

A tal fine riteniamo importante evidenziare come la carta della fattibilità rappresentata in *fig. 5* sia stata elaborata dagli estensori del PSC fondamentalmente con il semplice recepimento delle indicazioni fornite da altri strumenti cartografici finalizzati alla gestione del territorio in rapporto ai rischi idrogeologici, vale a dire il *"Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni"* (PGRA) redatto dall'ABR ed entrato in vigore il 22.06.2015, e il *"Master plan per la sistemazione dei versanti e dei pendii instabili"* redatto dall'Amministrazione Comunale nel 2010 e approvato dalla stessa ABR.

In particolare, la breve interferenza con l'areale definito di classe 4 deriva dalle nuove perimetrazioni di pericolosità idraulica effettuate dall'ABR (*cfr. fig. 6*), prodotte per gran parte da una mera elaborazione GIS priva di alcuna verifica analitica da parte dei tecnici dell'ABR.

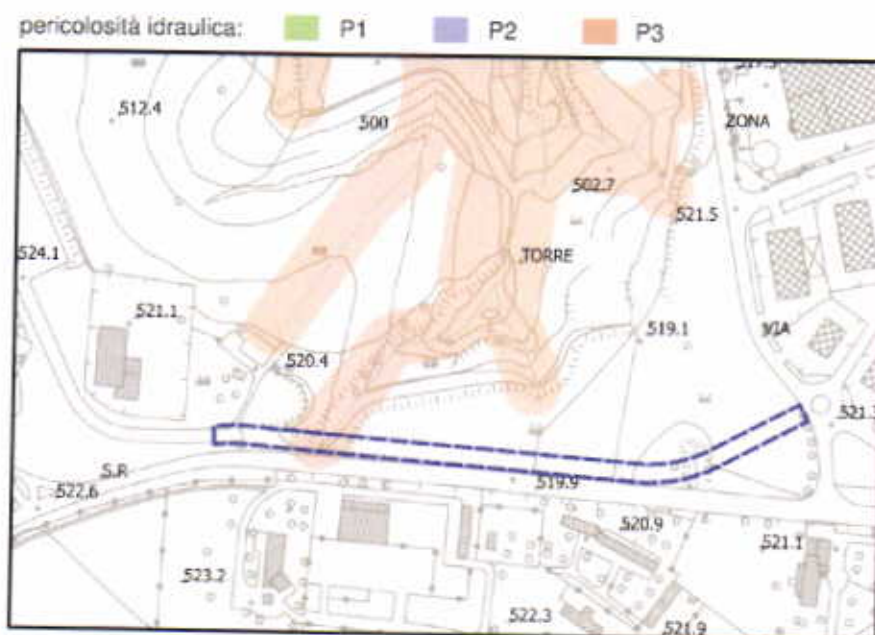


Fig. 6 - Stralcio della Tav. 579131P "Mappa della pericolosità idraulica" del Piano Gestione Rischio Alluvioni (scala 1:5.000).

A riprova di ciò è sufficiente evidenziare come una fascia a pericolosità P3, ovvero un'area a massima pericolosità perché ritenuta allagabile a seguito di eventi di piena caratterizzati da tempi di ritorno di 50 anni, interessi anche un ipotetico corso d'acqua che scorrerebbe, secondo la CTR di base, in corrispondenza di un piccolo crinale anziché di un impluvio.

È quindi evidente come tali perimetrazioni siano per gran parte frutto di una meccanica delimitazione di una fascia di rispetto al contorno del reticolo idrografico estratto dalla CTR, senza alcuna considerazione circa la reale morfologia della superficie topografica, dell'estensione delle aree di alimentazione e (cosa più grave) senza tenere in conto le reali portate di ogni singolo impluvio.

L'infondatezza, nel caso della nostra area di studio, delle indicazioni fornite dagli elaborati dall'ABR emerge con ancora maggiore evidenza quando si passa ad esaminare la "Mappa del rischio idraulico" rappresentata dallo stralcio di fig. 7, che mostra come all'asta di cui sopra venga associata una area a rischio R3, per la quale oltre ai danni agli edifici e alle infrastrutture si teme l'incolumità delle persone.

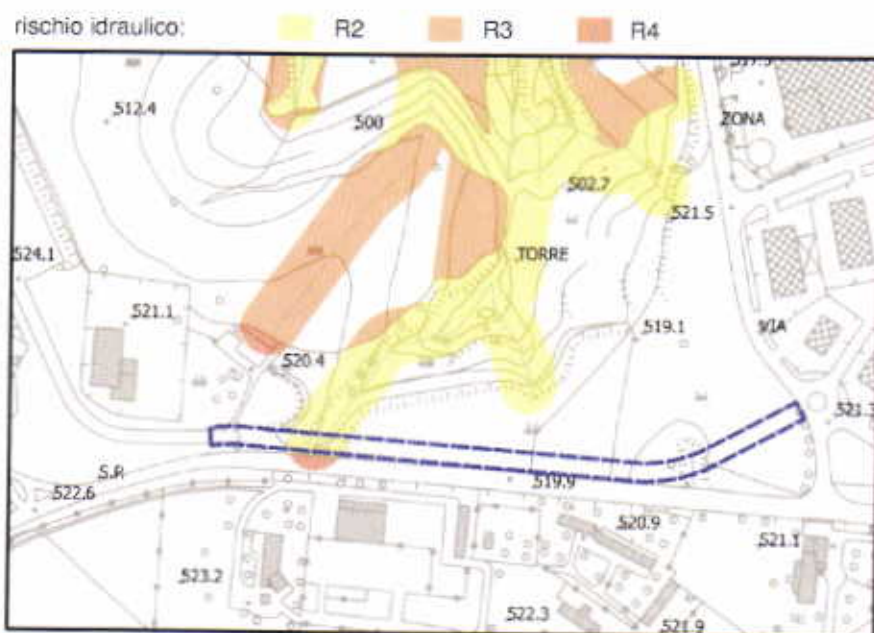


Fig. 7 - Stralcio della Tav. 579131R: "Mappa del rischio idraulico" del Piano Gestione Rischio Alluvioni (scala 1:5.000).

Nel tratto che invece riguarda direttamente il tracciato in progetto il livello di rischio si riduce drasticamente a R2, per il quale sono previsti danni che non pregiudicano l'agibilità e la funzionalità di edifici e infrastrutture e l'incolumità delle persone.

Le limitazioni all'uso del territorio, così come indicate dal PSC, risultano dunque sproporzionate e non rappresentative della reale pericolosità idraulica dell'area che sarà interessata dalla nuova strada, d'altronde il suo tracciato interesserà la zona di testata di un modesto impluvio che non rappresenta un corso d'acqua a regime perenne, che si riattiva solo in occasione dei principali eventi di pioggia, rappresentando niente di più che un semplice canale di scolo che raccoglie le acque meteoriche provenienti dalla sovrastante strada provinciale e da parte della vicina area aeroportuale.

In tal senso la realizzazione della nuova strada non solo si configura come un intervento perfettamente compatibile con il livello di pericolosità idraulica (*che in verità riteniamo essere trascurabile*), ma capace di migliorare l'attuale assetto geomorfologico e idraulico locale.

Sono infatti insite nel progetto specifiche misure per la raccolta e l'allontanamento delle acque di ruscellamento superficiale che non potranno che migliorare la rete di scolo attualmente esistente.

6 RICOSTRUZIONE DELLE VARIAZIONI DI QUOTA DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA

Le indagini geognostiche, condotte nell'ottobre 2007 sotto la supervisione diretta del CSI, evidenziarono l'esistenza, nel sottosuolo del tracciato in progetto, di una consistente coltre di terreni di riporto.

I sondaggi S1 ed S2 (cfr. § 9) attraversarono infatti una serie di terreni, estremamente eterogenei, dello spessore rispettivamente di 22.00 e 14.60 m.

Tali dati resero quindi necessario avviare una specifica verifica sull'intera area di studio per ricostruire, in maniera più dettagliata, la consistenza e l'assetto di tali terreni.

L'approfondimento fu operato con la ricostruzione della superficie topografica con riferimento a tre distinte epoche di ripresa aerea, stabilite in funzione della disponibilità e della qualità delle coperture in stereoscopia.

Un primo modello del terreno a curve di livello con equidistanza pari a 0.50 m fu ottenuto dal volo del 1981, il più "antico" e a scala adeguata per ottenere un buon dettaglio.

Analoga operazione fu ripetuta sulla base del volo del 2002, dal quale fu derivata la Carta Tecnica comunale.

Infine, integrando lo stesso volo 2002 con un rilievo GPS di dettaglio e con l'ortofoto del giugno 2009, si ottenne un ulteriore aggiornamento.

Tutti i modelli furono inoltre oggetto di un'accurata "vestizione", per ottenere le rispettive aerofotogrammetrie alla scala 1:1.000 in formato vettoriale.

Le tre rappresentazioni cartografiche permisero quindi di elaborare altrettanti modelli digitali del terreno (DTM), che furono "discretizzati", con una matrice a maglia quadra di lato 0.50 m.

I *grid* ottenuti da tali operazioni, essendo rappresentativi dell'effettivo valore di quota della superficie topografica, consentirono di ottenere in automatico, con le funzioni tipiche dei GIS, un confronto fra i tre DTM,

mappando le variazioni relative di quota, ed evidenziando così le aree che hanno subito scavo e/o erosione, e quelle che sono state oggetto di riporto.



Fig. 8 – Confronto fra i DTM del 2009 e del 1981.

Ovviamente tali valutazioni si basarono sull'assunto che la superficie di riferimento del volo 1981, rappresentasse effettivamente i soli terreni di copertura naturale, senza sostanziali modifiche da parte dell'uomo.

Proprio il riferimento al volo del 1981, che riporta un'ampia "zona oscurata" in corrispondenza dell'Aeroporto, considerato all'epoca della ripresa "obiettivo sensibile", impedì l'analisi comparativa su tutta l'area a sud della S.P. n°17.

La carta "*Variazioni di quota della superficie topografica – Planimetrie*" che viene qui riproposta integralmente (cfr. tav. GEO-06) illustra in modo efficace i risultati di tali elaborazioni, evidenziando in termini quantitativi le

aree che hanno subito abbassamenti o innalzamenti della superficie topografica negli intervalli temporali 1981-2002 e 2002-2009.

Le tonalità rosse utilizzate nelle due planimetrie sono quindi da ricondurre a zone che hanno subito erosione naturale o attività di scavo da parte dell'uomo.

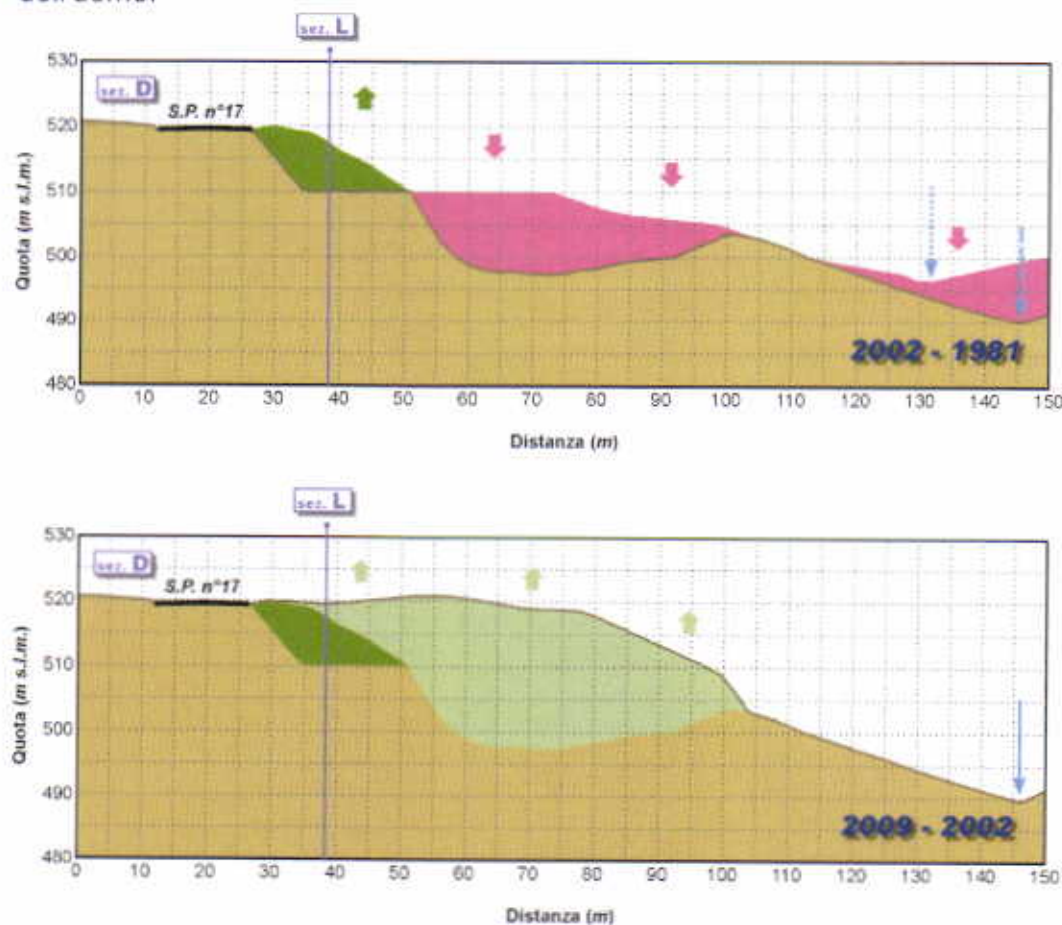


Fig. 9 – Stralcio della tav. GEO-07 "Variazioni di quota della superficie topografica- Sezioni".

Al contrario, le aree in verde, rappresentano per gran parte innalzamenti dovuti al riporto di terreni di varia natura, e solo in minima parte a un'evoluzione naturale (*aree di accumulo di detrito, aree di soliflusso etc.*).

Degna di nota è la marcata variazione di tendenza dell'area centrale delle due planimetrie, dove a una consistente attività estrattiva è seguito un altrettanto importante lavoro di scarica.

La fig. 9, che riporta la sezione "D" dell'elaborato "Variazioni di quota della superficie topografica – Sezioni" (cfr. tav. GEO-07), mostra come fra il 1981

e il 2002 la superficie topografica sia stata abbassata di circa 12.50 m, mentre fra il 2002 e il 2009, quindi in soli 7 anni, sia stata innalzata di oltre 21,50 m.

I risultati ottenuti con l'articolata elaborazione tridimensionale sono perfettamente in linea con i dati delle indagini geognostiche dell'ottobre 2007.

7 FORMAZIONI PRESENTI

Data la limitata estensione dell'area studiata, il rilevamento geologico di campagna ha permesso di osservare, in affioramento, solo una limitata parte della successione stratigrafica locale.

La roccia di base di età paleozoica, che forma l'ossatura dell'intero massiccio, rimane infatti dislocata ad una profondità imprecisata al di sotto della serie sedimentaria, qui rappresentata solamente dalle *sabbie mioceniche*, mentre la formazione dei c.d. *depositi continentali*, come sempre, chiude la serie alla sommità di tutte le superfici a limitata pendenza.

Le *sabbie mioceniche* si presentano grossolane e di colore variabile dal nocciola all'avana giallastro.

Sono in genere ben costipate e a tratti arenacee, grazie ad una leggera cementazione marnoso calcarea che gli conferisce una discreta stabilità anche su tagli verticali.

Rappresentano il litotipo prevalente, nel sottosuolo dell'area dell'intervento, al di sotto della copertura continentale e/o della diffusa e potente coltre di terreni di riporto, come dimostrato dalla campagna d'indagini dell'ottobre 2007.

I *depositi continentali* hanno composizione granulometrica assai variabile ed eterogenea, con la costante presenza di grani e ciottoli di composizione analoga a quella della roccia di base, della quale rappresentano il prodotto del naturale disfacimento.

Si ritrovano in cima alla colonna stratigrafica ma comunque normalmente soggiacenti alla copertura pedologica con la quale, specie quando sono in facies limo-argillosa, formano passaggi assai gradualmente.

Possono alternativamente presentarsi con una composizione più affine ad un deposito residuale (*eluvium*), alla sommità dei rilievi, con prevalenza di sabbie limose e limi sabbio-argillosi di colore bruno rossastro con occasionali livelli di ghiaie fini, oppure come vere e proprie coltri detritico alluvionali (*colluvium*), in corrispondenza di avvallamenti e depressioni, dove acquistano più frequentemente un colore bruno scuro.

Si tratta comunque di materiali dotati di buona permeabilità e un'estrema friabilità che giustifica come non siano mai presenti sulle pendici dei rilievi.

I terreni di riporto, che tanto hanno condizionano l'evoluzione recente dell'area, sono naturalmente rappresentativi delle più svariate tipologie di materiali.

Dai semplici terreni di sbancamento, alla vera e propria discarica di laterizi, è possibile rinvenire una vasta gamma di materiali, ovviamente senza alcuna struttura e privi di alcuna regola nella geometria dei vari accumuli.

Costituiscono, dal punto di vista geotecnico il vero problema delle verifiche di progetto, non essendo dotati di grandezze geomeccaniche omogenee.

8 IDROGEOLOGIA E LINEAMENTI CLIMATICI GENERALI

Il clima rappresenta sicuramente uno dei principali fattori della morfogenesi del territorio, in relazione soprattutto alla probabilità del verificarsi di eventi piovosi di particolare magnitudo, in termini d'intensità e durata.

I lineamenti climatici del territorio comunale di Vibo Valentia, rispecchiano in generale i caratteri tipici di una regione mediterranea caratterizzata da estati calde e secche, ed inverni miti e piovosi.



Fig. 10 - Zonazione delle piogge in Calabria. (da Versace et alii 1989 modificato).

L'orografia regionale produce tuttavia un marcato effetto sulle masse umide che provengono prevalentemente da NW e da SE, permettendo di distinguere tre distinte zone climatiche dalle differenze abbastanza marcate soprattutto per quanto concerne la distribuzione delle piogge (cfr. fig. 10).

I marcati rilievi che caratterizzano il versante tirrenico provocano infatti la rapida ascensione delle masse d'aria umide che danno luogo a precipitazioni d'intensità proporzionale alla quota.

La zona tirrenica (T) si caratterizza così per una piovosità elevata e con un numero frequente di giorni piovosi a differenza di una zona ionica (I) decisamente più arida con pochi eventi di pioggia che possono tuttavia raggiungere notevoli intensità.

Con riferimento alle medie mensili registrate alla stazione pluviometrica di Vibo Valentia (cfr. fig. 11), il regime pluviometrico appare caratterizzato da una marcata stagione arida estiva con un minimo di 25.44 mm nel mese di luglio, alla quale si contrappone un periodo piovoso autunno-invernale con un massimo in novembre-dicembre che supera i 128 mm di pioggia.

TERRA & ACQUA GEOLOGICAL CONSULTING
VIALE KENNEDY, 65 - 89900 VIBO VALENTIA - TEL. 335492747
www.terraeacqua.eu - info@terraeacqua.eu
GIUSEPPE SCALAMANDRÉ - GEOLOGO

TERRA & ACQUA

www.terraeacqua.eu - info@terraeacqua.eu
GIUSEPPE SCALAMANDRÉ - GEOLOGO

TERRA & ACQUA

La soggiacenza di tale falda idrica rispetto alla superficie topografica può essere stimata intorno ai 40.00 m.

La circolazione idrica sotterranea non è pertanto in grado di interferire negativamente con i lavori in progetto.

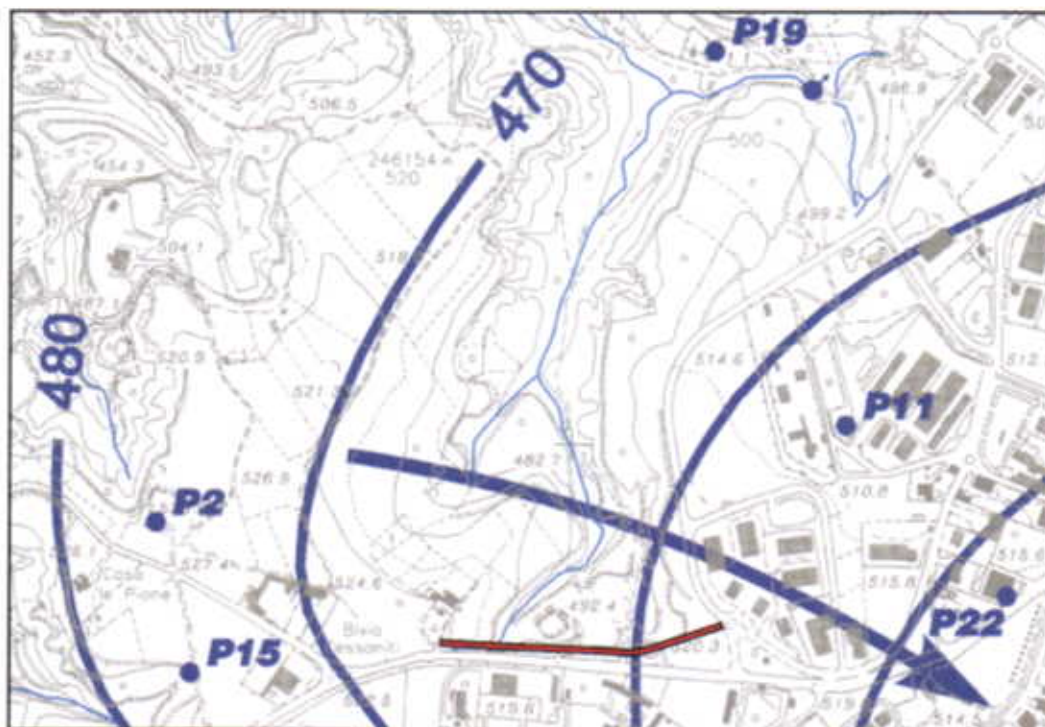


Fig. 12 - Stralcio della Carta Idrogeologica redatta per lo studio "Indagine Idrogeologica sul tracciato dell'acquedotto del Poro" (Regione Calabria - 2002 - scala 1:10.000).

Le testate delle incisioni presenti nell'area di studio sono originate dall'erosione delle acque di ruscellamento diffuso e da quelle incanalate, in occasione degli eventi meteorici più intensi e improvvisi, quando cioè gli afflussi sono tali da non permettere, specie a seguito di prolungati periodi aridi, di essere assorbite interamente nel sottosuolo.

Il loro regime è quindi del tutto occasionale, mentre acquista una certa regolarità solo a quote inferiori a quelle di fig. 12, dove cioè una quota parte delle acque sotterranee viene restituita alla superficie.

Il drenaggio di superficie acquista dunque una certa importanza solo più a nord, dove rinveniamo le prime vere linee di impluvio, tutte afferenti alla Fiumara Trainiti.

9 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

La caratterizzazione geomeccanica dei terreni in posto e dei materiali di riporto che costituiscono il sottosuolo dell'area interessata dalla realizzazione della strada in progetto è stata ottenuta, proprio per l'eterogeneità più volte evidenziata in questa relazione, in fasi successive e con differenti mezzi di indagine.

Nell'ottobre del 2007, sotto la supervisione diretta del CSI, lungo l'asse stradale di progetto, sono stati eseguiti 3 sondaggi geognostici a rotazione a carotaggio continuo (*cfr. tav. GEO-08*).

I sondaggi S1 ed S2 hanno attraversato una serie di terreni di riporto, estremamente eterogenei, dello spessore rispettivamente di 22.00 e 14.60 m.

Nella fase di avanzamento di questi sondaggi, i campioni più superficiali sono stati prelevati nelle sabbie avana, attribuite alla formazione delle c.d. *sabbie mioceniche*, rispettivamente a 24.50 e 17.00 m di profondità.

Nel corso del sondaggio S3 che, a parte i primi 1.70 m di "pacchetto stradale", ha attraversato esclusivamente i terreni della serie stratigrafica "naturale", il primo campione indisturbato, rappresentativo di un'argilla sabbiosa, è stato prelevato a 4.50 m di profondità.

Tutti i campioni prelevati nel corso dei 3 sondaggi sono stati sottoposti a prove di laboratorio, per la determinazione delle proprietà indici e delle resistenze meccaniche i cui risultati (*cfr. tav. GEO-09*) sono riassunti in *tab. 1*.

I parametri ottenuti da tali prove denotano una discreta cementazione, per le sabbie mioceniche, e una buona compattezza per le argille, che si traduce per entrambi i litotipi in una soddisfacente resistenza meccanica che tuttavia, data la profondità di soggiacenza, si rivela poco utile ai fini delle verifiche di progetto.

L'allora Consorzio per lo Sviluppo Industriale si avvale infatti, nell'aprile 2009, di una consulenza geotecnica, da parte della "Harpo S.p.a." con sede in Trieste, per i particolari esecutivi della struttura di fondazione stradale.

La relazione finale della Harpo evidenziava la necessità di impiegare un geosintetico per il rinforzo dei terreni di fondazione, dei quali evidentemente già si conosceva la natura antropica.

I geotecnici nelle loro previsioni progettuali, dopo aver evidenziato l'indisponibilità di parametri geotecnici relativi a primi strati di terreno, caratterizzarono dal punto di vista geomeccanico lo spessore di sottosuolo direttamente interessato dai carichi d'esercizio con un'ipotetica *coesione non drenata* c_u pari a 30 kPa, ridotta cautelativamente a 20 kPa.

Tab. 1
PARAMETRI GEOTECNICI OTTENUTI DA PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE SUI CAMPIONI INDISTURBATI PRELEVATI NEL CORSO DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI DEL 2007

Sond.	Camp.	Prof. m	Proprietà Indici					Proprietà Meccaniche		
			γ_s	γ	γ_d	e	w	Cc	ϕ'	c'
1	CR1	24.50-25.00	2.780	1.670	1.520	0.828	0.101			
2	CI1	17.00-17.50	2.720	2.030	1.770	0.538	0.145	0.091	32.86	0.59
2	CR1	23.00-23.50	2.740	1.630	1.500	0.826	0.088			
2	CR2	28.50-29.00	2.720	1.890	1.640	0.659	0.152			
3	CI1	4.50-5.00	2.690	1.820	1.400	0.922	0.298	0.211	32.59	0.43
3	CI2	9.00-9.50	2.740	1.760	1.370	0.969	0.282	0.333	34.01	0.07
3	CI3	15.00-15.50	2.710	1.760	1.360	0.986	0.289	0.235	30.64	0.02
3	CR1	19.50-20.00	2.640	1.710	1.530	0.728	0.117			

CI = Campione indisturbato CR = Campione rimaneggiato
 γ_s = Peso specifico dei grani (t/m^3) γ = Peso dell'unità di vol. (t/m^3) γ_d = Peso secco dell'unità di vol. (t/m^3)
e = Indice di porosità w = Contenuto naturale d'acqua Cc = Indice di compressibilità edometrica
 ϕ' = Angolo d'attrito (°) c' = Coesione (kg/cm^2)

Tale stima era evidentemente basata sull'assunto che i terreni di riporto fossero di natura prevalentemente argillosa, e quindi le verifiche dovessero essere effettuate in termini di pressioni effettive.

L'approccio metodologico era corretto, soprattutto in considerazione della "rapidità" di applicazione dei carichi dinamici di esercizio.

Tuttavia il nostro studio, nel verificare la reale consistenza dei terreni di riporto alle profondità cui si registreranno le maggiori sollecitazioni trasmesse dalla pavimentazione stradale, ha potuto rilevare l'inesattezza delle condizioni al contorno ipotizzate per le verifiche di fondazione.

Con l'ausilio di un escavatore gommato, lungo il tracciato in progetto, nel settembre 2009 furono infatti aperti 4 pozzetti geognostici al fondo dei quali, a profondità comprese fra 1.50 e 1.80 m, furono prelevati altrettanti campioni di materiale con l'infissione diretta di fustelle campionatrici.

Presso il laboratorio Lagic S.r.l., di Montalto Uffugo, all'apertura dei 4 campioni emerse immediatamente, oltre all'eterogeneità dei materiali, anche l'inopportunità di eseguire prove finalizzate alla determinazione della *coesione non drenata* stante la natura prevalentemente incoerente degli stessi.

Tab. 2

PARAMETRI GEOTECNICI OTTENUTI DALLE PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE SUI CAMPIONI INDISTURBATI PRELEVATI NEI POZZETTI GEOGNOSTICI SCAVATI NEL 2009

Pozzetto	Camp	Prof. da m	Proprietà Indici					Proprietà Meccaniche			
			γ_s	γ	γ_d	e	w	Cc	E _{ed}	ϕ'	c'
1	1PA	1.80	2.613	1.857	1.402	0.864	0.324			27.08	0.053
2	1PA	1.50	2.717	1.777	1.289	1.109	0.379	0.298	119-350	22.40	0.055
3	1	1.70	2.613	1.879	1.547	0.690	0.215	0.261	43-234	25.72	0.092
4	1	1.60	2.543	1.770	1.304	0.949	0.357	0.316	49-214	29.21	0.049

PA = Parte alta del campione

γ_s = Peso specifico dei grani (t/m³) γ = Peso dell'unità di vol. (t/m³) γ_d = Peso secco dell'unità di vol. (t/m³)

e = Indice di porosità w = Contenuto naturale d'acqua Cc = Indice di compressibilità edometrica

E_{ed} = Modulo edometrico (kg/cm²) ϕ' = Angolo d'attrito (°) c' = Coesione (kg/cm²)

Con normali prove di taglio diretto eseguite con la scatola di Casagrande, si determinarono *angolo d'attrito* e *coesione drenata* c', oltre naturalmente alle *proprietà indici* e alla resistenza a *compressione edometrica*.

Oltre che dai certificati di laboratorio riportati dallo specifico elaborato (cfr. tav. GEO-10), le risultanze di tali prove sono sintetizzate dalla tab. 2.

I risultati ottenuti da quelle prove di laboratorio hanno evidenziato un'estrema eterogeneità di composizione granulometrica, sia fra i vari campioni che a scala del singolo prelievo, tanto da richiedere, per i campioni dei pozzetti 1 e 2, una differenziazione in "parte alta" e "parte bassa".

In linea generale è possibile individuare, nei terreni di riporto, una prevalenza di materiali sabbio limosi, dotati di un discreto angolo di attrito,

ma in cui la frequente presenza di livelli limo-argillosi ad alta plasticità rende assai variabile la compressibilità dell'insieme.

La *coesione drenata* c' , risultata variabile fra i 4.77 e i 9.04 kPa, non è in alcun modo correlabile alla *coesione non drenata* c_u di cui si è tenuto conto nelle verifiche per il dimensionamento del geosintetico di rinforzo della Harpo, ma è lecito ipotizzare che le caratteristiche di resistenza reali dei terreni di fondazione siano ben più limitate.

È evidente quindi, per le verifiche di progetto della pavimentazione stradale, in considerazione della natura prevalentemente incoerente dei terreni di fondazione, la necessità di operare nel dominio delle pressioni totali.

Per approfondire specifici aspetti inerenti la realizzazione di un manufatto necessario all'attraversamento del piccolo impluvio presente all'estremità occidentale del tracciato e ai lavori di consolidamento della scarpata creatasi con recenti lavori di scavo nella parte centrale dello stesso, nell'aprile 2016 sono state eseguite 4 prove penetrometriche dinamiche di tipo DPSH (cfr. tav. GEO-11).

Le 2 prove eseguite sulle sponde dell'impluvio (prove P1 e P2) hanno attraversato un primo strato di materiali di riporto (1.40+1.80 m) e un modesto livello di depositi alluvionali, di probabile natura limo-sabbiosa, complessivamente dotati di resistenze meccaniche assai modeste.

Analogamente le prove localizzate al piede della ripida scarpata hanno interessato una coltre detritica dello spessore di ca. 4.00 m di materiali eterogenei sabbiosi sciolti.

Tutte le verticali hanno quindi interessato, con differenti profondità, le sabbie mioceniche, agevolmente distinte dai terreni di copertura grazie al repentino aumento della resistenza alla penetrazione che si è tradotta, in fase di elaborazione dei dati di campagna, con valori di angolo di attrito coerenti con i valori ottenuti con le prove di laboratorio del 2008.

10 CONCLUSIONI

Lo studio descritto dalla presente relazione ha reso possibile un'approfondita conoscenza dei caratteri geologici e geomorfologici dell'area interessata dal progetto esecutivo per i lavori di ***"Completamento delle infrastrutture di collegamento tra il comparto "A" e il comparto "B" della Zona Industriale Aeroporto"*** che il Consorzio Regionale Attività Produttive (CORAP) intende realizzare, tramite la relativa Unità Operativa Territoriale, nel Comune di Vibo Valentia.

La geomorfologia dell'area è stata oggetto di una approfondita analisi che, oltre ad individuare i singoli processi e i principali fenomeni evolutivi naturali, ha ricostruito dettagliatamente le profonde variazioni che la superficie topografica ha subito ad opera dell'uomo.

Gli aspetti climatici ed idrogeologici sono stati oggetto di una descrizione generale e di uno specifico approfondimento circa la circolazione idrica sotterranea dell'area.

Oltre ad aver descritto le diverse formazioni geologiche affioranti, per definire nel dettaglio le caratteristiche geomeccaniche e l'assetto geostrutturale del sottosuolo, ci si è avvalsi dei risultati di indagini geognostiche condotte a più riprese con l'esecuzione di sondaggi meccanici e scavi che hanno anche consentito il prelievo di campioni successivamente sottoposti a prove di laboratorio, e infine di prove penetrometriche.

Lo studio ha analizzato le situazioni di rischio idrogeologico indicate nell'area dal PGRA e quindi dal nuovo PSC, in relazione alle quali è stata dimostrata la piena compatibilità dei lavori.

Non avendo rilevato ulteriori fenomeni di dissesto, in atto o latenti, che ne pregiudichino la loro realizzazione in sicurezza, si conclude con un parere favorevole alla loro fattibilità.

Vibo Valentia, agosto 2016

geol. Giuseppe SCALAMANDRÉ



TERRA & ACQUA GEOLOGICAL CONSULTING
VIALE KENNEDY, 65 - 89900 VIBO VALENTIA - TEL. 335492747
www.terraeacqua.eu - info@terraeacqua.eu
GIUSEPPE SCALAMANDRÉ - GEOLOGO

TERRA & ACQUA