

S.S. 645 "Fondovalle Tappino"

Variante al tratto in frana tra il Km 16+000 ed il Km 20+000

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

PROGETTISTA

Ing. Girolamo LOSACCO

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Geom. Pasqualino CIAVANNI

Geom. Antonio DI PASQUO

Geom. Adriano DI SOMMA

Geom. Giorgio MONTALTO

Geom. Antonio RICCIARDELLA

GEOLOGIA

Dott. Pasquale SCORCIA

ASSISTENZA ALLA PROGETTAZIONE

*Studio Tecnico Ing. Pasquale DE BIASE
Via Falcone e Borsellino, 85 - 76121 Barletta (BT)
Tel. 0883 1955618 - Cel. 335 6547777
email. debiase@studioingdebiase.it*

PROTOCOLLO

DATA

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Vincenzo LOMMA

Relazione Geologica Preliminare

CODICE PROGETTO	NOME FILE	REVISIONE	SCALA		
CB105	004_T 00 GE 00 GEO RE 01 A	A	_____		
	CODICE ELABORATO				
	T00GEO0GEORE01				
A	MARZO 2018	_____	_____		
REVISIONE	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

S.S. 645

Variante stradale al tratto in frana tra il Km. 17+000 ed il Km. 20+000

Progetto di fattibilità tecnica ed economica

RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE

Geologia – Idrogeologia – Sismicità

IL GEOLOGO
Dott. Pasquale Scorcìa

Bari, febbraio 2018

Coordinamento Territoriale Adriatica

Sede Bari

Viale L. Einaudi, 15 - 70125 Bari T [+39] 080 5091111 - F [+39] 080 5091437
Pec ct.adriatica@postacert.stradeanas.it www.stradeanas.it

Anas S.p.A. - Società con Socio Unico

Sede Legale
Via Monzambano, 10 - 00185 Roma T [+39] 06 44461 - F [+39] 06 4456224
Pec anas@postacert.stradeanas.it
Cap. Soc. Euro 2.269.892.000,00 Iscr. R.E.A. 1024951 P.IVA 02133681003 - C.F. 80208450587



INDICE

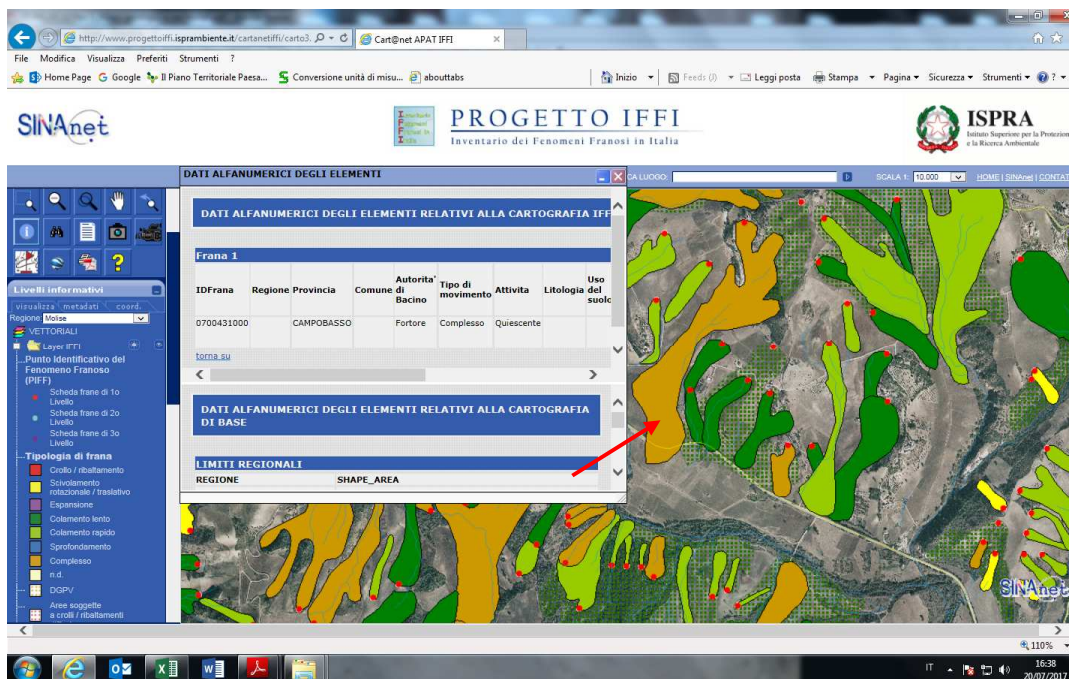
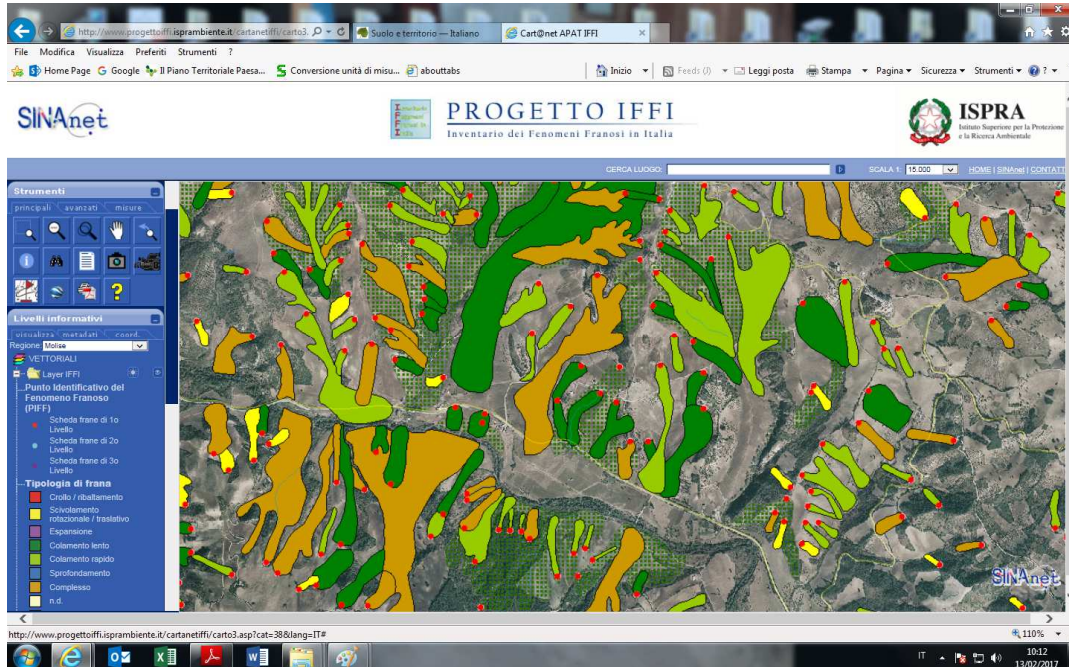
Premessa.....	3
1. Quadro geo litologico di area vasta.....	10
2. Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico.....	20
3. Sismicità.....	24
4. Modello geologico di riferimento.....	45
5. Parametri geotecnici significativi.....	45
6. Conclusioni.....	46

PREMESSA

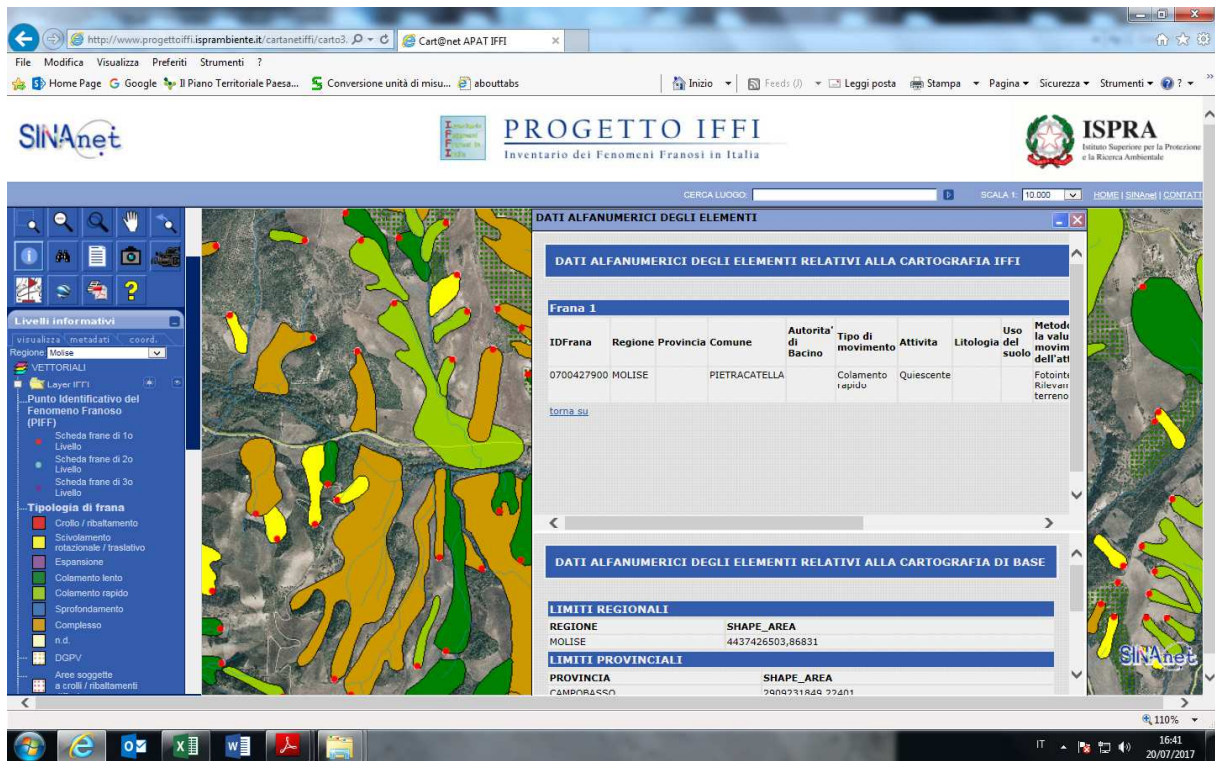
Nella presente relazione vengono riportati i caratteri geo litologici, idrogeologici e sismici dei terreni interessati del Progetto di fattibilità Tecnica ed Economica dei Lavori di esecuzione della Variante alla SS 645 “Fondo valle Tappino” tra il Km 17+000 ed il Km 20+000 ca.

La esigenza della Variante deriva dalla necessità di bypassare un complesso corpo di frana, che nel corso degli anni ha prodotto un importante meccanismo traslazionale nell’area compresa nell’ intervallo chilometrico in epigrafe.

Nelle figure che seguono (fonte ISPRA – Progetto IFFI – Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) viene evidenziata la densità di situazioni di dissesto nell’area sottesa al sito in esame; in particolare, nella seconda figura viene evidenziata, con freccia rossa, la posizione del corpo di frana (tipologia “complesso”, vedasi leggenda) che interessa da tempo, traslandola, la tratta stradale in esame. Nella terza figura viene inoltre evidenziato l’ulteriore fenomeno di dissesto (in legenda “Colamento rapido – quiescente), situato in sinistra del precedente.



Il corpo di frana che interessa, dislocandola, la SS 645 - Tipologia = "Complesso – quiescente" – ID 0700431000



La definizione dei suelencati caratteri geolitologici, idrogeologici e sismici relativi ai terreni che affiorano lungo il tracciato in progetto, è risultata dal rilievo di superficie e da una campagna di indagini geognostiche (ottobre 2017- a cura della RTI DIMMS Control S.p.A. – Elletipi srl (affidataria del lotto 3 dell'Accordo Quadro per prove ed Indagini) comprendente:

- esecuzione di n° 7 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (L = 30 mt), con contestuali prove S.P.T. (Standard Penetration Test), prelievo di campioni indisturbati e condizionamento dei fori per l'esecuzione della prova down-hole;

- esecuzione di n° 7 sondaggi meccanici a distruzione di nucleo (L = 15 – 20 mt) attrezzati a piezometro aperto;
- esecuzione di n° 2 sondaggi meccanici a distruzione di nucleo (L = 30mt) attrezzati ad inclinometro;
- esecuzione di n° 1 prospezione sismica **MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves), per la determinazione delle onde **Vs30**;
- esecuzione di n° 6 stese di prospezioni sismiche a rifrazione:
- esecuzione di n° 7 prospezioni tipo down-hole.

I risultati delle indagini sono complessivamente riassunti ed esplicitati nei seguenti elaborati:

GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA:

Carta geologica (ubicazione indagini) con elementi di idrogeologia (1:2.000)

Profilo geologico (1:2.000 – 200)

DOCUMENTAZIONE INDAGINI GEOTECNICHE:

Fascicolo I : Stratigrafie

Fascicolo II : Prove di laboratorio

Fascicolo III : Geofisica

Fascicolo V : Monitoraggio (Misure piezometriche ed inclinometriche)

Normativa di riferimento:

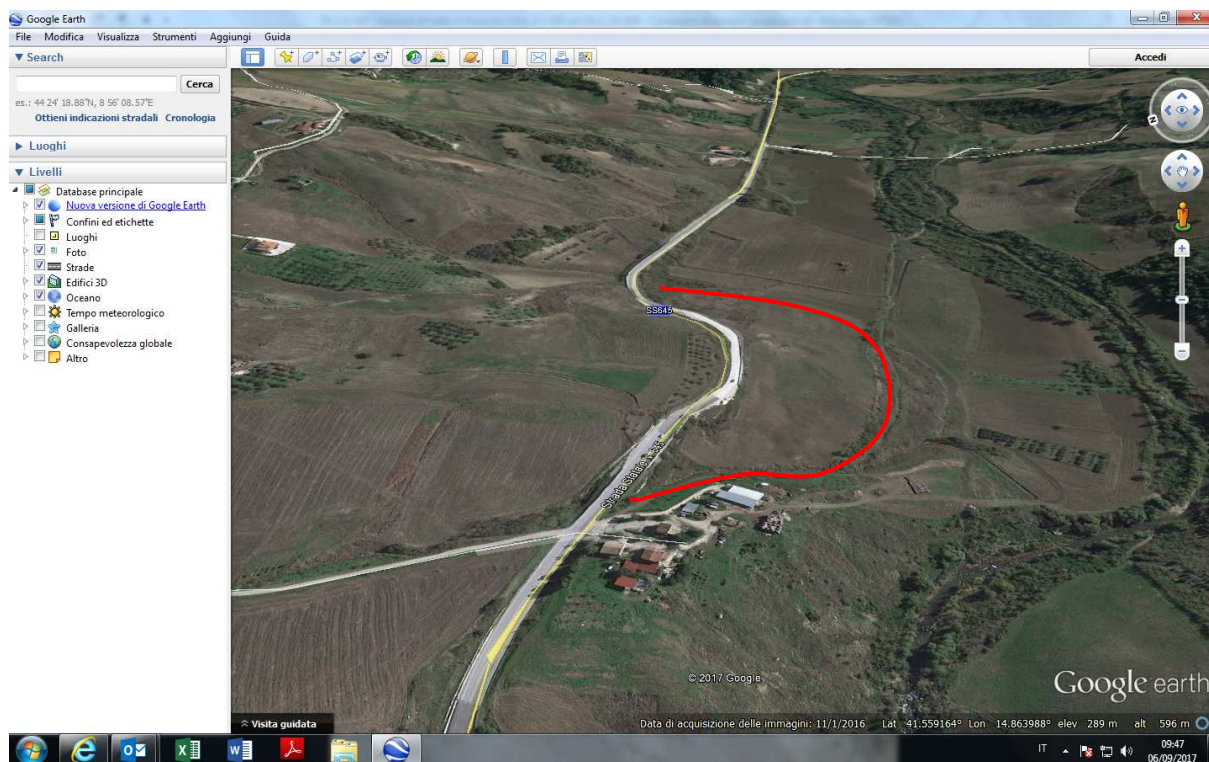
- D.M. 14/01/2008 N.T.C.
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino Interregionale del Fiume Fortore – Norme di Attuazione.
- D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'art. 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n.133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164".

Caratteristiche del dissesto

Il dissesto in atto, che rappresenta la causa della dislocazione spaziale del corpo stradale della SS 645, interessa una area, con vertice superiore subito a sud dell'abitato di Pietracatella e termine inferiore nell'alveo del T. Tappino (Fig. 1).

Complessivamente si valuta una lunghezza di circa 2,5 Km per una larghezza di 600-700 metri (Fig. 2); lo spessore del corpo franoso è variabile, con valori anche superiori ai 5 mt; la dinamica temporale, non inferiore a qualche decina d'anni, ha visto una decisa accelerazione nell'ultimo decennio, con traslazione dell'asse stradale, nel tratto interessato, dell'ordine di 10 – 20 metri. Tale dettaglio risulta sia dalla visione spaziale, che dalle notizie assunte in loco.

Fig. 1 (stralcio Google earth) La linea rossa individua il contorno del piede del corpo di frana. Si nota il parallelismo tra la linea medesima e l'asse stradale.



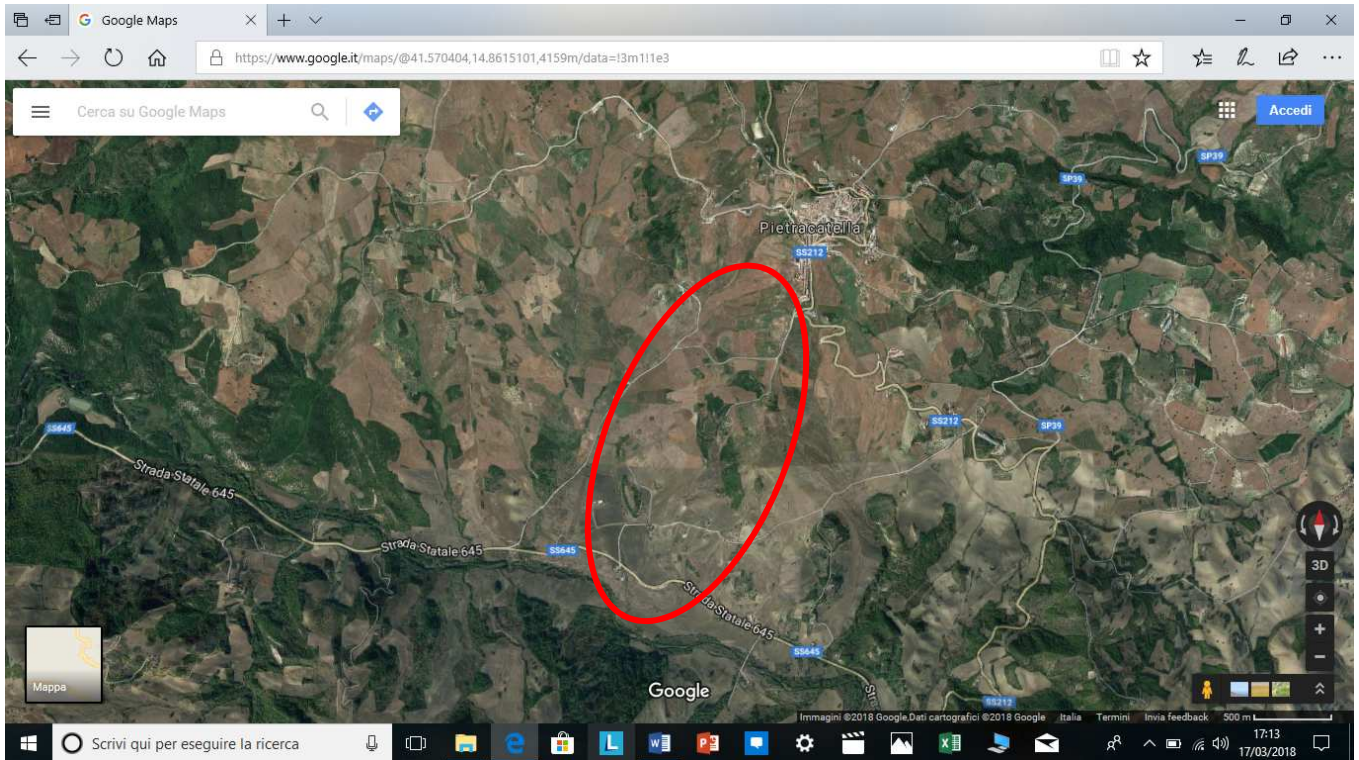


Fig. 2 L'area interessata dal complesso franoso "complesso" (cod. ID 0700431000 IFFI)

Il litotipo "responsabile" di tale fenomeno è rappresentato dalla formazione delle "Argille varicolori" (ampiamente diffuse lungo l'arco appenninico centrale); trattasi di un complesso argilloso estremamente eterogeneo dal punto di vista tessiturale, mineralogico, e soprattutto dotato di variazioni del grado di plasticità che si traducono in alternanze temporali passanti dalla quiescenza alla repentina morfodinamica. Il controllo dei versanti risulta estremamente difficile da gestire, laddove gli stessi siano interessati dalla presenza di realtà antropiche. Nell'ambito delle infrastrutture di trasporto, la extrema ratio è necessariamente rappresentata

dalla valutazione di alternative piano altimetriche che si rendano quanto più indipendenti dalla infausta presenza di questi litotipi argillosi.

1. QUADRO GEO LITOLOGICO di area vasta

La morfologia dell'area interessata dal tracciato è di tipo da collinare a montuoso; l'orografia correlata assume il tipico assetto Appenninico, con quote topografiche varianti da +700 s.l.m. ca (loc. Pietracatella) a +240 s.l.m. circa (alveo Torrente Tappino). Le blande scarpate che delimitano o raccordano le zone pianeggianti hanno in genere una inclinazione inferiore ai 10° (zona d'alveo)

I fattori cogenti nel condizionamento della morfologia dei luoghi sono rappresentati dalla struttura tettonica e dalla litostratigrafia.

1.1 Geologia

L'area sottesa alla tratta in esame è caratterizzata dallo affioramento di terreni di età compresa dal Terziario (Oligocene – Miocene) al Quaternario. In particolare, passando dal termine più antico al più recente, trattasi di:

- O_{av} Argille, argillocisti e marnoscisti rossi, verdi, grigi talora con calcari varicolori – *Argille Varicolori* - Oligocene
- M_{sm}^{5-4} Formazione sabbioso arenacea e argilloso-marnosa – Messiniano – Ortoniano

- M_{sa}^{5-4} Arenarie tenere o cementate giallastre, in grossi banchi con livelli conglomeratici – Messiniano – Ortoniano
- **A** Alluvioni recenti, coperture eluviali - Pleistocene/Olocene

In fig. 3 è riportato stralcio del Foglio 164 della Carta Geologica d'Italia

1.2 Caratteri idrogeologici

L'idrografia superficiale è evidenziata dal Torrente Tappino, il cui corso esplicita le forme classiche dell'assetto fluviale: anse, relitti, alveo, asta principale. L'area del Torrente rimane confinata tra le varie manifestazioni di dissesto rappresentate nella Cartografia IFFI in precedenza descritta.

La portata del medesimo è ovviamente strettamente correlata all'intensità pluviometrica del semestre autunno vernino. La valutazione dei tiranti idrici (e relativi tempi di ritorno) asseverati nella banca dati dell'Autorità di Bacino competente costituisce il fattore nevralgico per le successive valutazioni idrauliche delle opere d'arte associate al tracciato della ipotesi di Variante.

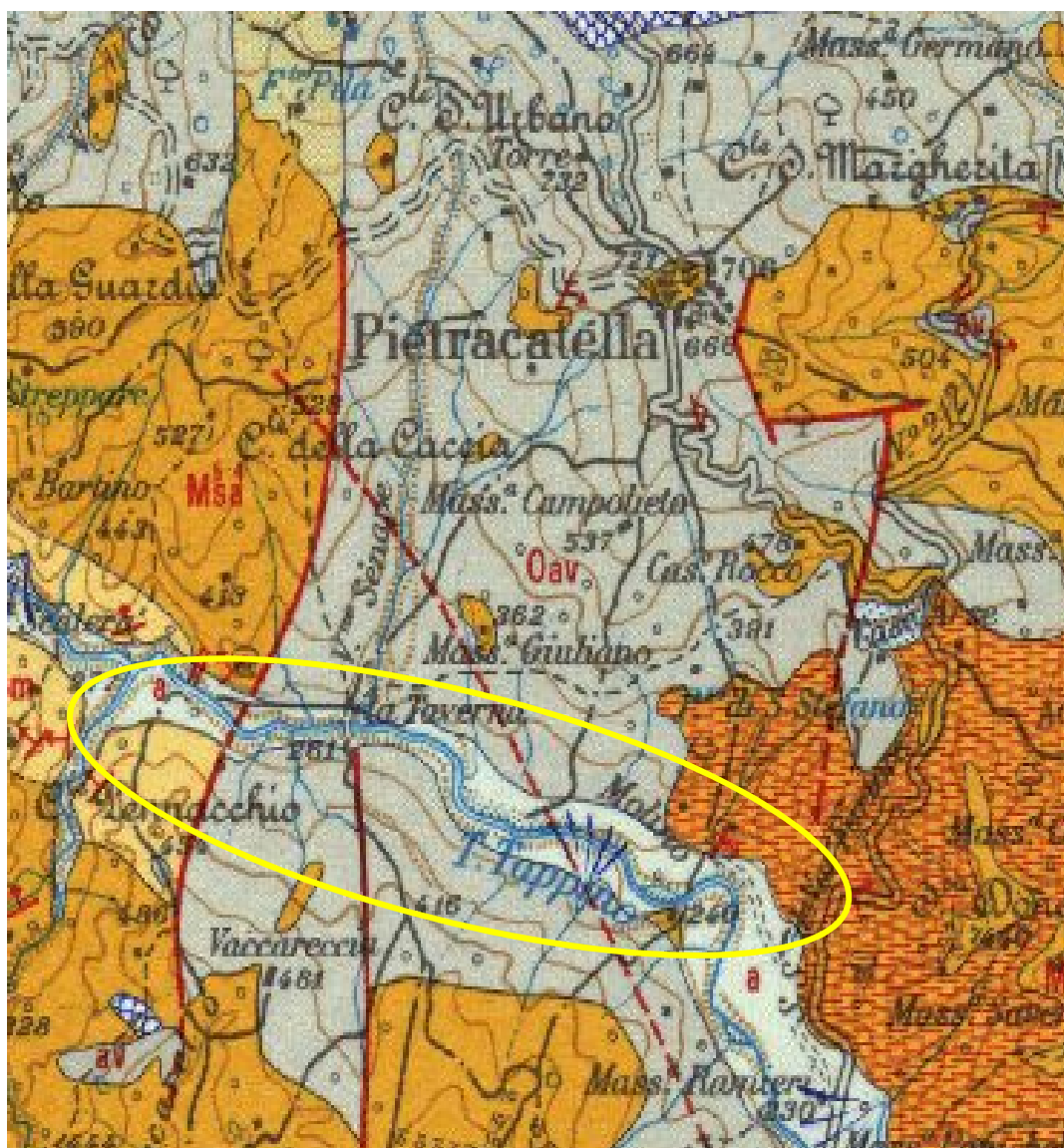
Le manifestazioni sorgentizie risultano sporadiche e di portata modesta, destinate ad esaurirsi nei mesi di siccità.

Le misure piezometriche avviate in questa fase, relative ai fori attrezzati a piezometri, indicano quote di falda comprese tra 2,75 e 6,28 mt dal p.c., in analogia sostanziale con le misure rilevate nel corso dei sondaggi geognostici, tali valori si

riferiscono al livello alluvionale sovrainposto ai litotipi coesivi limoargillosi di substrato, impermeabili.

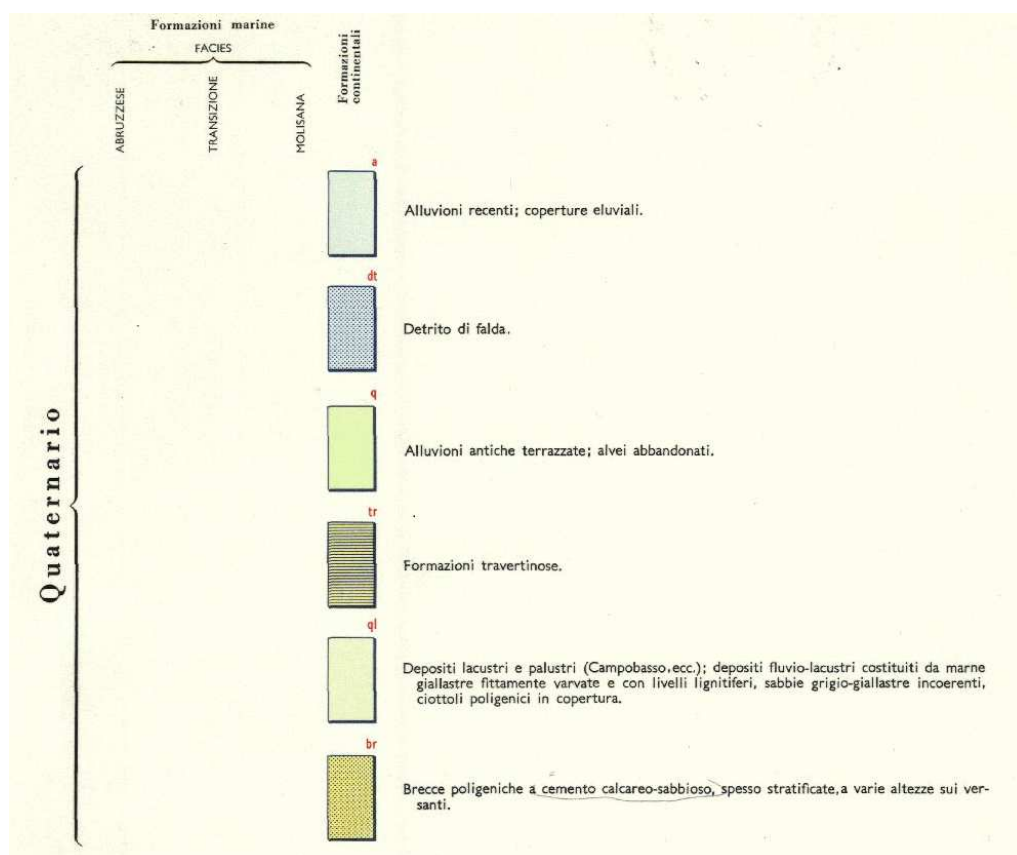
(N.B. : il valore 17 -18 mt rilevato nel piezometro S7 PZ è associato localmente alla presenza di clasti calcarei con relativa permeabilità per fessurazione)

Fig. 3 Stralcio Foglio 162 "Campobasso" della Carta geologica d'Italia



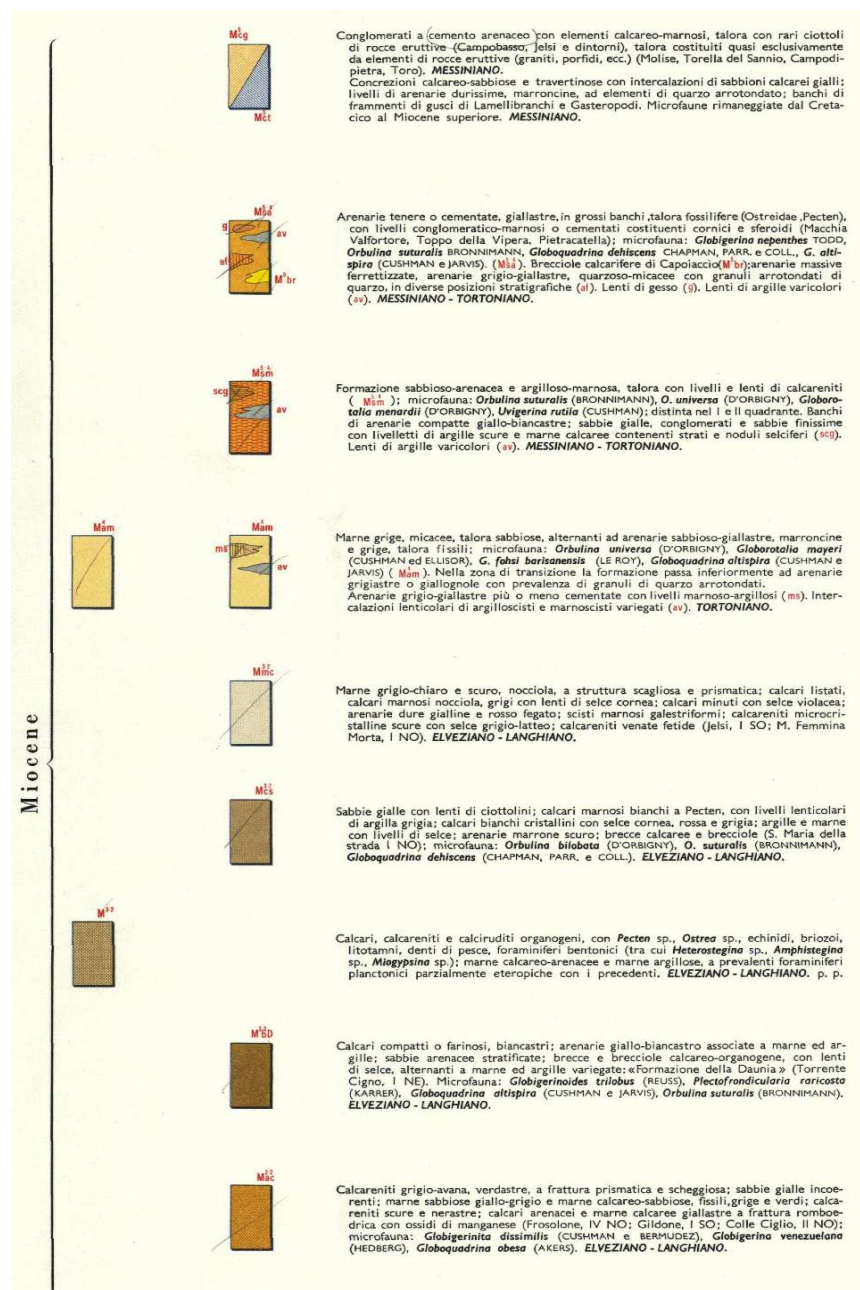
Nell'ovale giallo l'area interessata dalla Variante

Legenda Foglio 162



Quaternario

Terziario - Miocene





Terziario -Oligocene - Miocene

1.3 I terreni del tracciato

Le indagini geognostiche esperite hanno interessato specificatamente i terreni che saranno interessati dall'asse della variante al tracciato; in questa fase progettuale, la ubicazione dei sondaggi geognostici, delle prospezioni sismiche e dei punti di monitoraggio piezometrico ed inclinometrico, è stata valutata al fine dell'ottenimento di un quadro parametrico valido anche per le alternative planimetriche immediatamente attigue a quella di riferimento; ulteriori indagini di campo potranno essere sviluppate nelle fasi successive, laddove l'andamento dell'asse planimetrico finale rendesse necessarie le medesime.

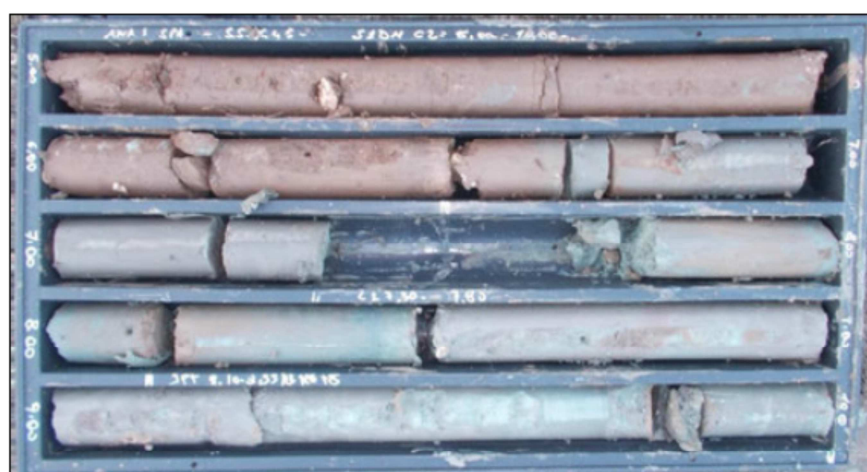
Le indagini hanno interessato la zona d'alveo maggiore del T. Tappino; i log stratigrafici susseguenti manifestano sostanzialmente un andamento omogeneo dei litotipi di substrato, e quindi:

- Superiormente, per spessori compresi tra 4,70 e 7,20 mt, salvo l'esigua copertura pedogenetica, si rileva la coltre alluvionale composta da ciottoli, sabbie, talora trovanti lapidei;
- Inferiormente, e fino alla profondità massima di investigazione (30 mt), si rilevano i depositi coesivi (da consistenti a molto consistenti) rappresentati, in base alle differenziazioni granulometriche, da Argille con limo, Limi argillosi sabbiosi, Limi con argille, Limi con sabbia ed argilla, Limi con argille, sabbiosi, Argille limo sabbiose.

Di seguito si riportano le foto relative alle cassette catalogatrici del Sondaggio S1DH, a titolo di sequenza stratigrafica riepilogativa del substrato d'alveo; in seguito, in corso di esplicazione dei caratteri geotecnici significativi, si renderà evidenza del carattere geomeccanico dei livelli coesivi summenzionati.



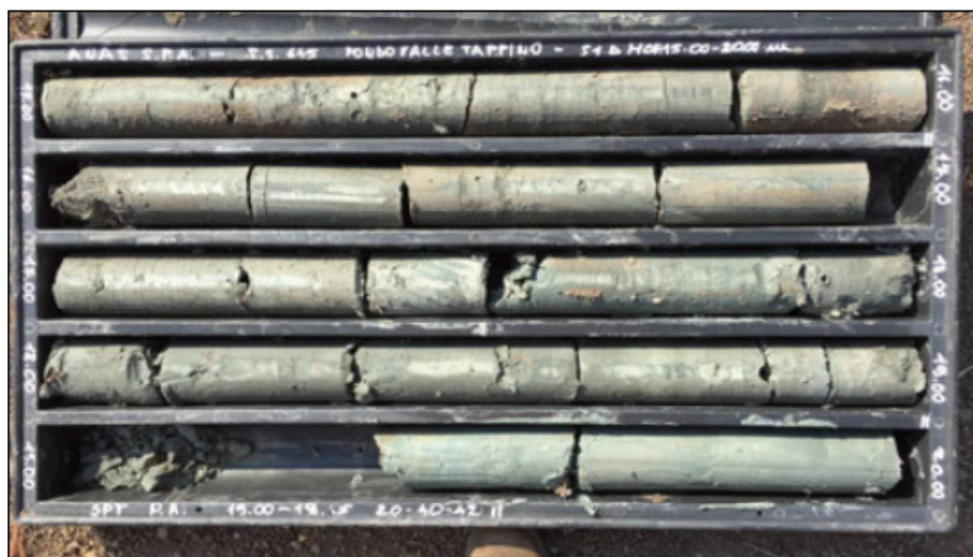
CASSETTA 1 DA m. 0,00 a m. 5,00



CASSETTA 2 DA m. 5,00 a m. 10,00



CASSETTA 3 DA m. 10,00 a m. 15,00



CASSETTA 4 DA m. 15,00 a m. 20,00



CASSETTA 5 DA m. 20,00 a m. 25,00



CASSETTA 6 DA m 25,00 a m. 30,00

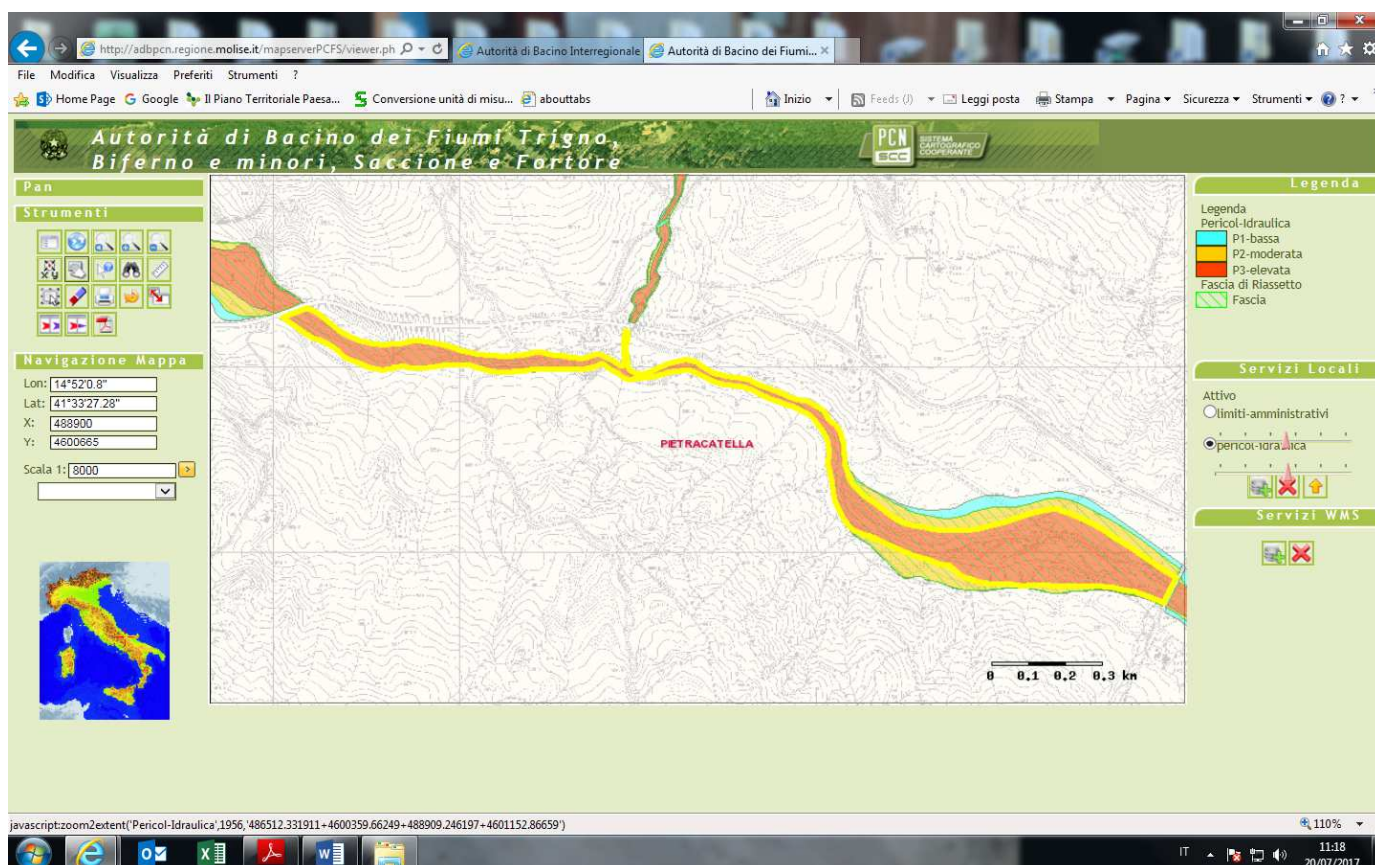
I valori delle prove SPT effettuati nel corso dei sondaggi sono compresi tra $N_{\text{spt}} = 38$ e $N_{\text{spt}} = 92$ nei livelli coesivi, con media intorno a $N_{\text{spt}} = 70$ (dunque valori sempre notevoli), e anche in due casi nei livelli superiori alluvionali, con valori 60 e 64.

Tali risultati hanno rappresentato una prima valutazione dello stato di consistenza del substrato d'alveo.

2. Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

(Autorità di Bacino dei Fiumi Trigno, Biferno e minori, Saccione e Fortore – Distretto idrografico dell'Appennino Meridionale)

L'area sottesa alla tratta stradale in esame, e coincidente con la zona d'alveo del T. Tappino, interferisce in taluni punti con le aree a varia pericolosità idraulica come cartografate dal PAI; di seguito si riportano le specifiche aree di interferenza:



Di seguito si riporta l'art. 17 delle Norme di Attuazione

"Art. 17

1. *La realizzazione di opere pubbliche e/o dichiarate di pubblico interesse nella fascia di riassetto fluviale o nelle fasce di pericolosità può essere autorizzata dall'Autorità competente in deroga ai conseguenti vincoli, previa acquisizione del parere favorevole del Comitato Tecnico dell'Autorità di Bacino, a patto che:*
 - a) *si tratti di servizi essenziali non delocalizzabili;*
 - b) *non pregiudichino la realizzazione degli interventi del PAI;*
 - c) *non concorrano ad aumentare il carico insediativo;*

3. SISMICITA'

Le informazioni, i grafici, le tabelle e le figure che di seguito vengono riportate per definire le caratteristiche sismo tettoniche dell'area in cui ricade l'asse stradale sono state tratte dalle numerose pubblicazioni e documenti prodotti dall'Istituto Nazionale di Geofisica, dal Dipartimento della Protezione Civile -Servizio Sismico Nazionale e dal Gruppo Nazionale Difesa Terremoti.

3.1 INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO GENERALE

Il bacino del Mediterraneo e le zone circostanti devono la loro sismicità al complesso sistema collisionale che prende origine dall'interazione fra la placca euroasiatica e le placche africana, araba e indiana.

Sotto il profilo geodinamico l'area mediterranea risulta caratterizzata da sistemi tettonici molto diversi tra loro.

È possibile osservare, infatti, zone sismogenetiche a tettonica compressiva, caratterizzate sia da inspessimento crostale (es. la catena alpina) che da subduzione (es. l'arco ellenico), zone sismogenetiche caratterizzate da una tettonica distensiva,

come il Tirreno, il mar Egeo o l'Appennino, zone sismogenetiche caratterizzate da tettonica trascorrente (es. la faglia Nord Anatolica), ed infine zone caratterizzate da sismicità particolarmente bassa (es. placca anatolica e placca adriatica). Le deformazioni che hanno interessato e che tutt'ora interessano la penisola italiana e le aree attorno al Mar Adriatico sono testimoniate dalla presenza in questa zona di gran parte delle principali catene montuose del bacino del Mediterraneo.

Alpi, Appennini, Dinaridi, Ellenidi e Carpazi si sono formate nell'ultimo centinaio di milioni di anni, in momenti diversi, ma da una dinamica comune, legata alla convergenza fra la placca africana e quella euroasiatica. È testimoniata dall'elevato numero sia di eventi piccoli (**fig.1**), che da un numero abbastanza cospicuo di terremoti con magnitudo superiore a 4 e che in alcuni casi può superare magnitudo 6.

Quest'elevata attività sismo tettonica tutt'attorno all'Adriatico è in netto contrasto con i rari eventi che si verificano nella parte centrale dello stesso bacino che si differenzia con tutto il resto del Mediterraneo anche per la batimetria particolarmente piatta.

Questa zona stabile, che si estende dalla Pianura Padana alla Penisola Apula, è stata interpretata da più autori come una microplacca che s'incunea tra la placca africana e quella eurasiatica.

La debole attività sismica nei dintorni dello Stretto di Otranto viene interpretata da alcuni studiosi come l'indicazione che in questa zona vi possa essere una discontinuità, mentre altri invece ritengono che il margine meridionale della micro

placca si trovi a N del Gargano, presso le Isole Tremiti, all'altezza delle quali si ha una zona sismica che si estende verso NE fino in Jugoslavia.

I terremoti che avvengono lungo questa fascia contrastano con l'idea che la microplacca adriatica sia asismica e uno studio approfondito della sismicità registrata fra il 1986 e il 1990, associato ad altri dati geofisici e geologici, ha permesso di avanzare l'ipotesi che questa zona sismogenetica separi una microplacca adriatica settentrionale da una meridionale.

I profili ottenuti dalla sismica a mare effettuata a N e a ESE del Gargano hanno evidenziato la presenza di due fasce deformate, ricollegabili alla sismicità recente, che mostrano come questa sia un'area preferenziale per la deformazione all'interno dell'area adriatica. Indipendentemente dalla sua origine, l'individuazione della microplacca adriatica e l'ipotesi che essa ruoti in senso antiorario, con polo di rotazione in Italia settentrionale, permette di giustificare i diversi stili tettonici che troviamo nella zona periadriatica.

Infatti, la rotazione della placca ben si accorda con una tettonica compressiva lungo la costa orientale e settentrionale e con una tettonica distensiva lungo la catena appenninica.

Esistono comunque dei modelli recenti in cui l'origine e lo sviluppo dei diversi stili deformativi dell'area adriatica vengono descritti diversamente, considerando l'area come promontorio della placca africana e la situazione tettonica attuale come il risultato della convergenza delle placche euroasiatica e africana lungo una direzione NE-SW.

Per quanto riguarda l'origine dei terremoti, in Italia la maggior parte dell'attività sismica registrata è di origine crostale (**fig. 3**) e si concentra soprattutto nelle Alpi, lungo gli Appennini e riguarda la maggior parte dei vulcani attivi del quaternario (per esempio, L'Etna, il Vesuvio, i Campi Flegrei, i Colli Albani), mentre la Puglia, fatta eccezione per il promontorio del Gargano, e la Sardegna sembrano essere relativamente asismiche.

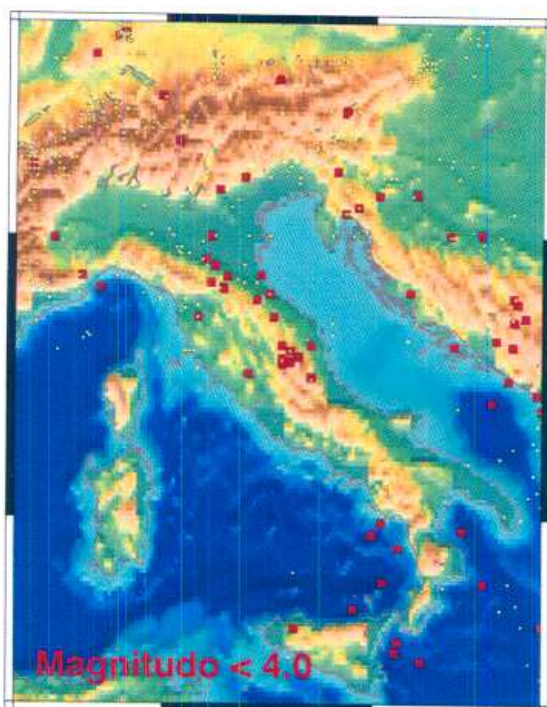


fig. 1

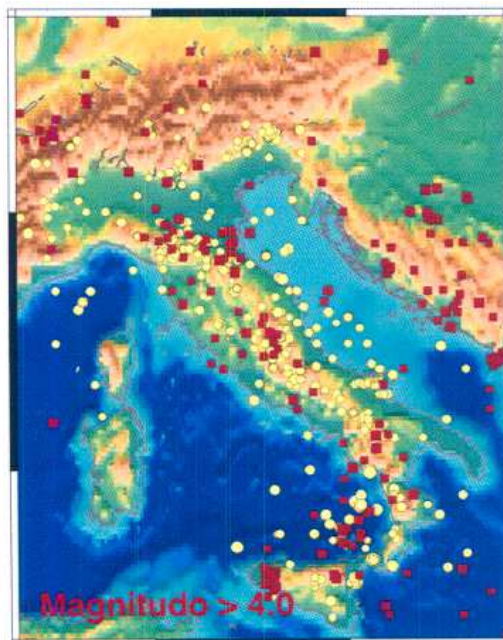


fig. 2

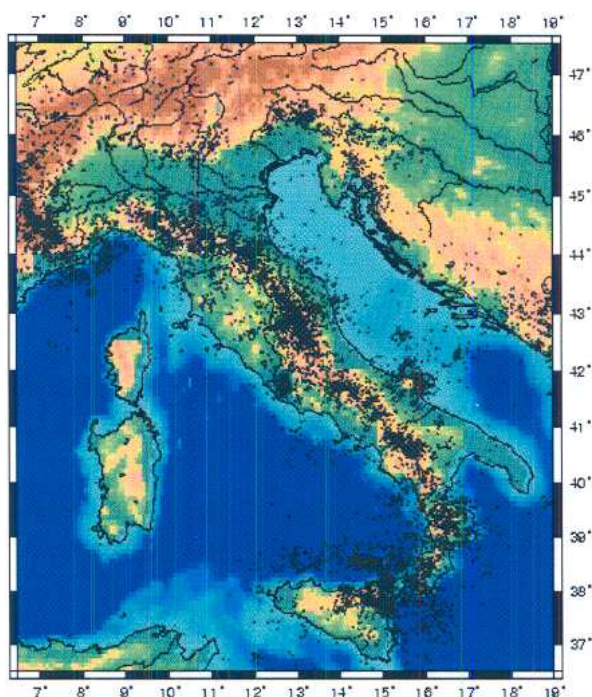


fig. 3

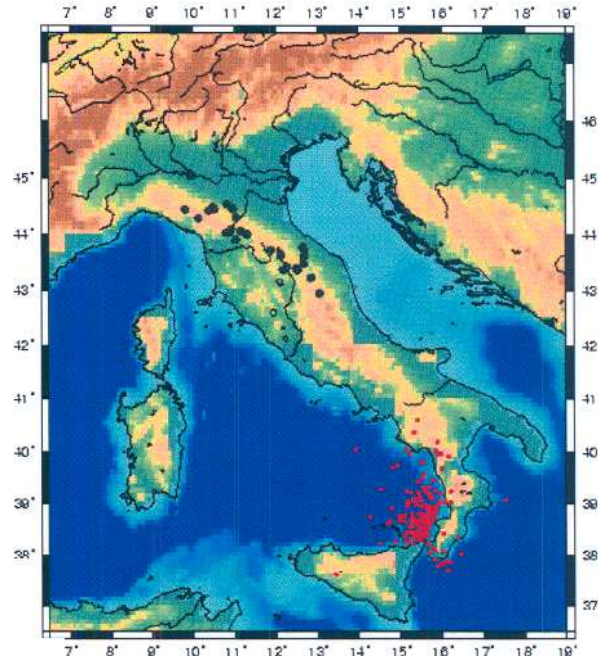


fig. 4

La penisola italiana è interessata anche da terremoti intermedi e profondi (fig. 4), che pur in numero relativamente esiguo, sono di grande importanza per la comprensione della dinamica dei processi profondi che avvengono nell'area.

Terremoti fino a 500 km di profondità avvengono nella zona del Tirreno meridionale e la loro profondità aumenta andando da Sud-Est verso Nord-Ovest.

Questi eventi evidenziano la subduzione attiva della litosfera Jonica al di sotto dell'Arco calabro.

La maggior parte dell'attività è concentrata soprattutto verso i 300 Km di profondità, dove i terremoti possono raggiungere anche Magnitudo 7.

Un esiguo numero di terremoti di Magnitudo moderata (< 4.0) e di profondità intermedia si verificano anche nell'Appennino settentrionale.

La profondità massima osservata per questi terremoti è di circa 100 Km e, sebbene non siano ancora ben studiati, suggeriscono un processo di subduzione attiva anche per questo settore della penisola italiana.

3.2 VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO E CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

La valutazione del rischio sismico, in aree ad estensione regionale, viene realizzata mediante gli studi di *macrozonazione sismica*, ove con tale espressione si intende la valutazione zona per zona di parametri che schematizzino in maniera complessiva tutta l'attività sismica, anche esterna all'area, i cui effetti siano stati risentiti in essa.

A tal fine sono stati raccolti ed elaborati i dati provenienti da tutti gli archivi sismici disponibili che hanno consentito di catalogare, per ogni terremoto registrato, la data e l'ora, le coordinate epicentrali, la profondità, la grandezza dell'evento (intensità e/o magnitudo) e la zona epicentrale, oltre a tutte le informazioni sugli effetti dei terremoti per ciascuna località. Per la macrozonazione del territorio italiano sono stati utilizzati i dati provenienti da tutte queste fonti, integrate con le informazioni estratte da fonti ed archivi dei paesi limitrofi e le mappe delle isosisme esistenti in letteratura.

La banca dati è stata utilizzata, quindi, per definire su scala regionale alcune caratteristiche della propagazione degli effetti in superficie.

Attraverso la valutazione dei seguenti parametri macrosismici:

- 1) intensità massima risentita;
- 2) numero di risentimenti per ciascun grado di intensità;
- 3) indice che sintetizza cumulativamente gli effetti in ciascuna area;

e dal confronto e dall' analisi dei dati raccolti si è giunti a costruire le mappe di ciascuno dei tre parametri relative a tutto il territorio nazionale che hanno permesso di ottenere una efficace macrozonazione del territorio italiano, utile per una migliore definizione della pericolosità sismica.

All'interno di queste aree si possono valutare, con maggior dettaglio, le differenze di intensità massima dovute a differenti situazioni geologiche locali attraverso procedure il cui insieme costituisce, invece, *la microzonazione sismica*.

Infatti, l'esame della distribuzione dei danni prodotti da un terremoto nello stesso territorio dimostra che le azioni sismiche possono assumere anche a distanze di poche decine di metri caratteristiche differenti in funzione delle diverse condizioni locali (morfologia superficiale, morfologia del substrato roccioso sepolto, presenza e profondità della falda freatica, costituzione e proprietà del sottosuolo, presenza di faglie).

La *microzonazione sismica* è volta ad individuare gli strumenti necessari a prevedere e a mitigare (attraverso idonei criteri d'uso del territorio) gli effetti sismici in una zona di dimensioni urbane

Quindi la *microzonazione sismica* ha lo scopo di riconoscere ad una scala sufficientemente grande le condizioni di sito che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso (moto sismico di riferimento) o possono produrre effetti cosismici rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture.

In sostanza lo studio di microzonazione sismica consente di realizzare una mappa del territorio nella quale sono individuate:

-le zone in cui il moto sismico viene amplificato (in frequenza ed in ampiezza) a causa delle caratteristiche geologico-tecniche del terreno e geomorfologiche del territorio.

-le zone in cui sono presenti o suscettibili di attivazione dissesti del suolo dovuti o incrementati dal sisma (frane, cedimenti, liquefazioni, fagliazioni superficiali).

3.3 MACROSISMICITA' DELL'AREA

Le notizie relative alla sismicità ed alle **intensità macrosismiche massime Is (MCS)** registrate in Molise sono state estrapolate dal catalogo dei forti terremoti italiani; nella tabella che segue sono riportati i principali eventi sismici e la storia sismica di Pietracatella (fonte: CNR - Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti).

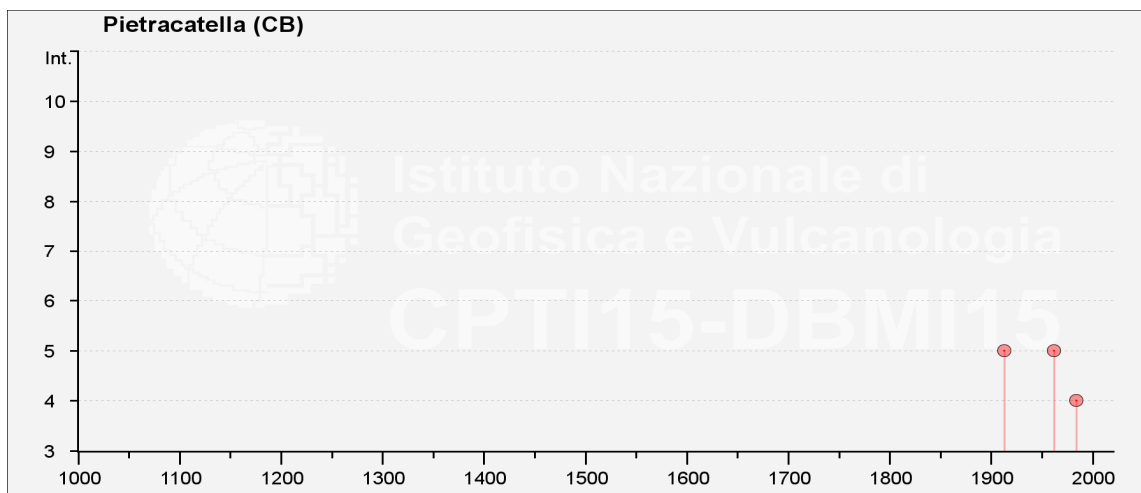
File downloaded from CPTI15 - DBMI15

Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

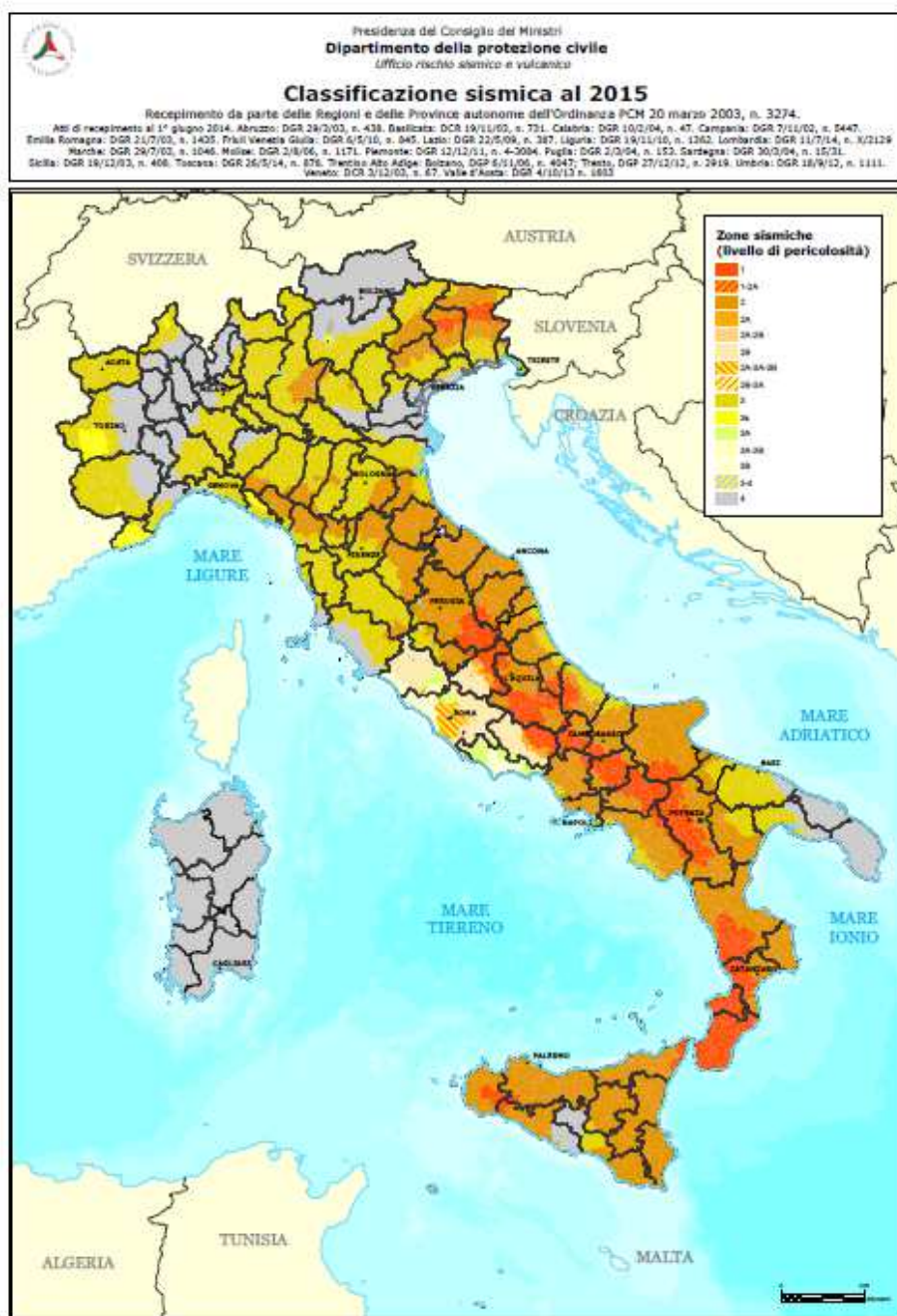
Seismic history of	Pietracatella
PlaceID	IT_58778
Coordinates (lat, lon)	41.580, 14.872
Municipality (ISTAT 2015)	Pietracatella
Province	Campobasso
Region	Molise
No. of reported earthquakes	6

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
F	1688 06 05 15 30	Sannio	215	11	7,06
NF	1907 03 20 13 28	Molise	24	6	4,38
5	1913 10 04 18 26	Molise	205	7-8	5,35
5	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6,15
4	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	912	8	5,86
	1995 09 30 10 14				
NF	33.86	Gargano	145	6	5,15



Storia sismica di Pietracatella

Nella fig. seguente la Classificazione sismica al 2015

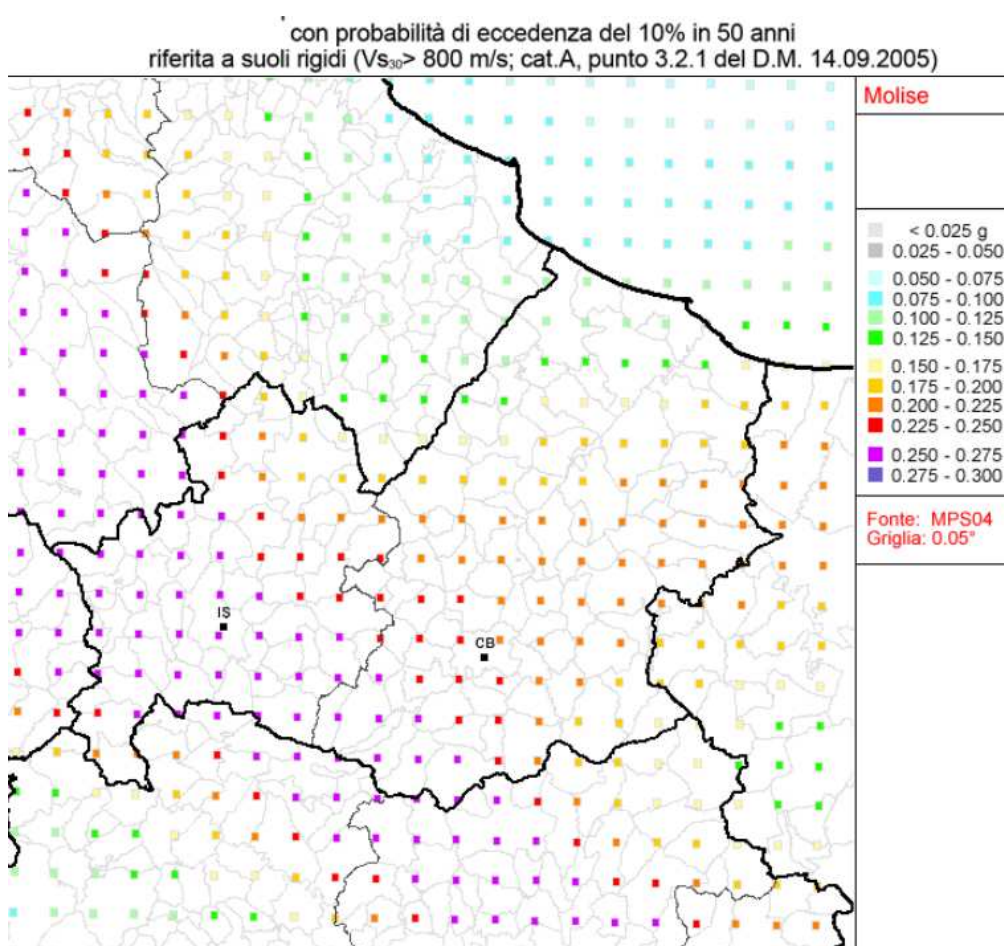


Nella successiva Figura vengono inoltre descritti i valori di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (cat. A), con riferimento normativo al D.M. 14/09/2005.

(Fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)

 **ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA**

Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale
(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)
espressi in termini di accelerazione massima del suolo
con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)



La Deliberazione della Giunta Regionale del Molise n. 1171 del 2 agosto 2006, che ha fatto seguito alla pubblicazione della Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, ha aggiornato la classificazione sismica del territorio regionale, facendo rientrare il territorio di **Pietracatella** in Zona 2.

La nuova normativa di cui al D.M. 14/01/2008 introduce un metodo non più zona-dipendente, bensì sito-dipendente.

A tal proposito è stato definito, a livello nazionale, un reticolo di quadrati per i quali i parametri di progetto:

a_g = Accelerazione orizzontale massima del terreno

F_0 = Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro

T_c^* = Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione

Possono essere definiti interpolando i valori dei parametri sismici associati ai nodi.

Nel caso specifico, riferendosi all'Allegato B del D.M. 14/01/2008 (*Tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica*), ed alle coordinate dell'area in esame, si definiscono i relativi parametri di progetto per il sito in esame.

AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche di progetto saranno calcolate a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizione di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale. Nel nostro caso si ha:

(Fonte: Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – foglio di calcolo SpettriNTC.ver1.0.3)

Località: Pietracatella (41,558788 – 14,859766)

(le coordinate si riferiscono a punto mediano del piede del corpo di frana sottostante la SS 645- cfr. stralcio Google earth)

LONGITUDINE: 14,85977 LATTITUDINE: 41,55879

REGIONE: Molise PROVINCIA: Campobasso COMUNE: Pietracatella

Elaborazioni grafiche
Grafici spettri di risposta
Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

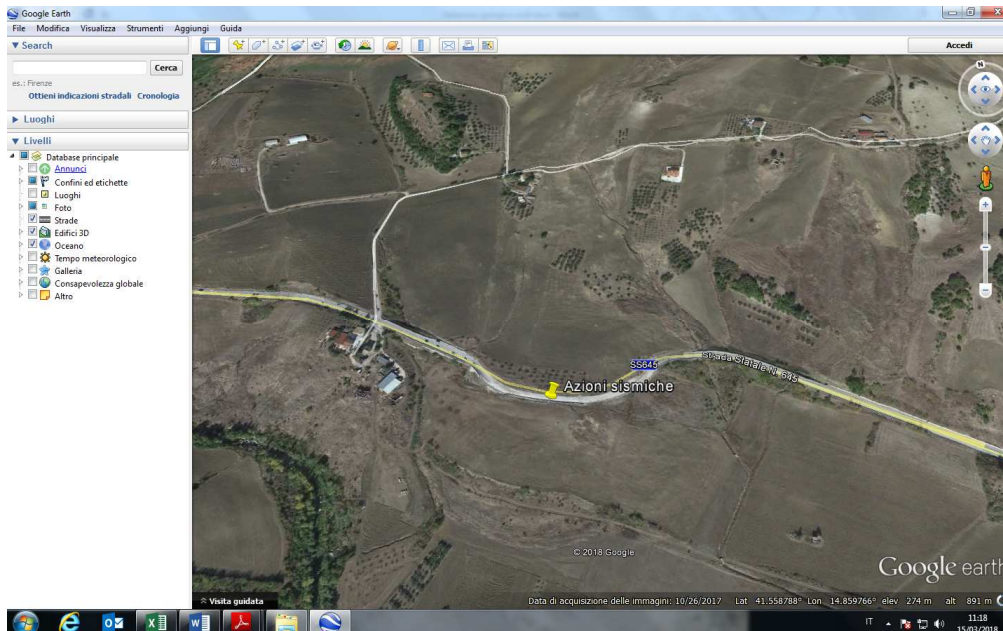
Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione: superficie rigata

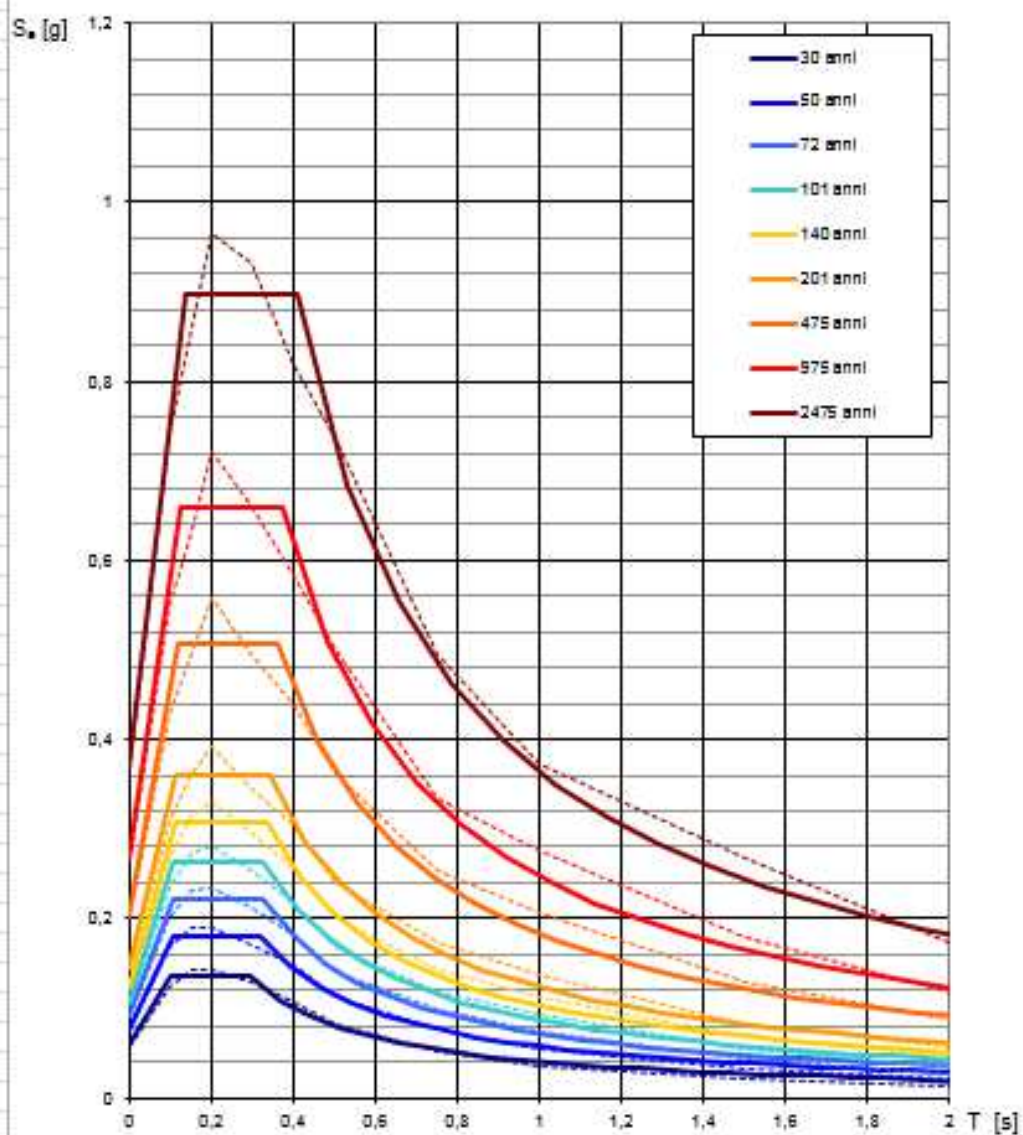
La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3



Stralcio Google earth

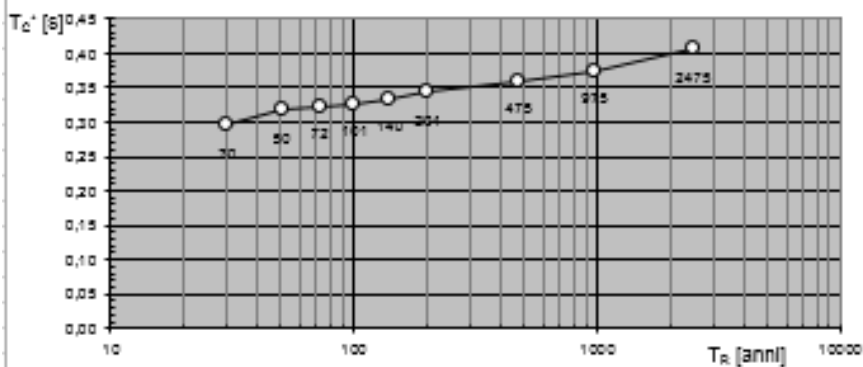
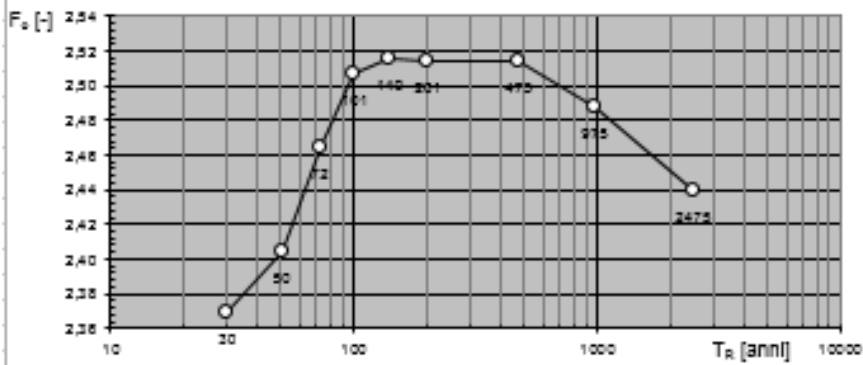
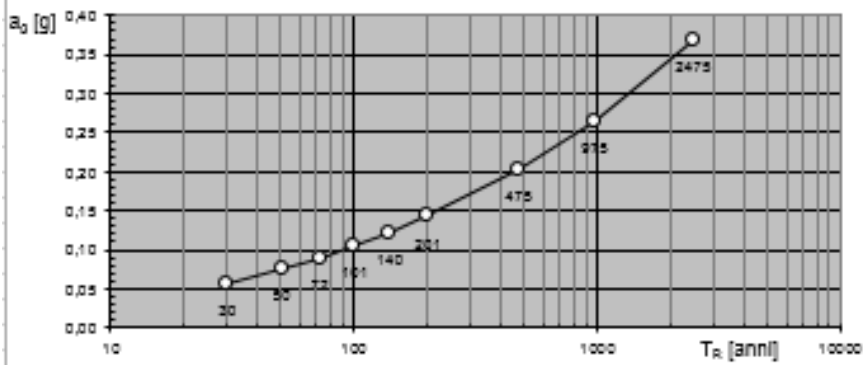
Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Valori dei parametri a_g , F_p , T_c : variabilità col periodo di ritorno



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,057	2,369	0,295
50	0,075	2,404	0,317
72	0,090	2,464	0,322
101	0,105	2,507	0,327
140	0,122	2,516	0,334
201	0,143	2,514	0,342
475	0,202	2,514	0,359
975	0,265	2,488	0,374
2475	0,368	2,440	0,406

Di seguito la nota differenziazione delle varie combinazioni di terreni in altrettante Classi sismiche (D.M. 14/1/2008)

Classe	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m..
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT,30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu,30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).</i>

Per i terreni (di sottofondo) dell'area in esame, alla luce dei caratteri geo litologici già descritti, e sulla base delle indagini geofisiche effettuate, nella fattispecie **Prospezioni sismiche a rifrazione**, una distesa **MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves), e n° 7 prove **Down-Hole**, risulta attribuita la Classe **B**; per la visione specifica dei tratti omogenei in termini di classe sismica si rimanda alla lettura del relativo elaborato (Fascicolo III)

Di seguito il quadro sinottico della Prova MASW e prove Down-Holes e relative attribuzioni di classe sismica:(fonte: elaborato Fascicolo III)

Prova	Vs30	Tipo di suolo
DH1	516	B
DH2	565	B
DH3	603	B
DH5	495	B
DH6	457	B
DH7	513	B
DH8	442	B
MW1	443	B

4. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

La analisi geo litologica compiuta lungo il tracciato ha evidenziato il pressoché continuo affioramento, al di sotto della esigua coltre pedogenetica, dei litotipi coesivi; pertanto si configura un modello geologico del tipo Monostrato.

5. PARAMETRI GEOTECNICI SIGNIFICATIVI

Le prove di laboratorio geotecnico sono state programmate per la determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche relative ai litotipi coesivi già descritti; Rimandando alla lettura dell'elaborato specifico per i caratteri fisici di seguito si riassumono i parametri geomeccanici:

Prove di taglio dirette

I valori rilevati sono compresi nel range: coesione $C = 21,09 \text{ KN/mq} - 32,14 \text{ KN/mq}$;
angolo d'attrito $\phi = 21,14^\circ - 26,27^\circ$.

In termini efficaci $C' = 3,81 \text{ Kpa} - 10,32 \text{ Kpa}$; $\phi' = 13,23^\circ - 17,35^\circ$.

Prove triassiali CU

I valori sono compresi nel range: $C_u = 43,7 \text{ KN/mq} - 65,9 \text{ KN/mq}$; $\phi = 18,1^\circ - 24,3^\circ$.

In termini efficaci $C' = 28,9 \text{ KN/mq} - 48,2 \text{ KN/mq}$; $\phi' = 20,4^\circ - 30,0^\circ$.

Prove triassiali UU

I valori sono compresi nel range: $C_u = 114,3 \text{ KN/mq} - 300,4 \text{ KN/mq}$.

Per i valori di compressibilità si rimanda al report specifico.

6. CONCLUSIONI

1. La complessiva valutazione dei caratteri geo litologici e idrogeologici, insieme al grado di sismicità delle aree interessate, si esplica nella necessaria interrelazione tra le opere in progetto (opere d'arte, strutturali ed idrauliche) ed i caratteri generali del territorio sotteso al progetto medesimo. Per le specifiche soluzioni progettuali si rimanda agli elaborati preliminari di settore (Idrologia e Idraulica, Geotecnica, Strutture).

Nell'ambito delle procedure approvative andrà valutata la gestione delle terre e rocce da scavo nelle modalità di tempistica e campionamento come da dettato del D.P.R. 120/2017.

2. In relazione al Corpo di frana (cod. ID 0700431000 IFFI) in precedenza descritto (fig.1), si evidenzia la necessità di un **Sistema di Monitoraggio** costante del Corpo stesso, al fine di valutare la alternanza delle fasi di quiescenza e di morfodinamica, dalle quali poter controllare eventuali successive interferenze con la nuova opera d'arte (viadotto e rilevato). A tal fine si propongono le

specifiche tecniche di rilevamento a distanza (remote sensing) e in situ, come descritte dal CSA ANAS – Parte 2[^] (stralcio elaborato IT.PRL.05.11 Rev. 1.0) nel dettato che segue:

1 MONITORAGGIO IN REMOTO

1

2 MISURA DEGLI SPOSTAMENTI SUPERFICIALI – INTERFEROMETRIA SAR TERRESTRE

2

2.1.1 Descrizione

Misura degli spostamenti eseguita utilizzando immagini SAR acquisite da sensori Interferometrici SAR da piattaforma terrestre.

L'interferometria è un metodo di analisi che, attraverso il confronto della fase di segnali elettromagnetici nel campo delle microonde, consente di stimare lo spostamento di numerosi punti naturalmente presenti nell'area di rilievo aventi un adeguato valore di backscatter del segnale radar o di riflettori artificiali appositamente installati.

Il monitoraggio con Interferometria SAR Terrestre dovrà essere eseguito utilizzando adeguati strumenti basati a terra, installati (in modalità permanente o temporanea) in posizione adeguata per la visualizzazione dell'area di interesse, utilizzando metodi di analisi multi-temporale delle immagini SAR acquisite.

2.1.2 Modalità esecutive

3 Precedentemente all'installazione della strumentazione dovrà essere effettuato un sopralluogo preliminare volto all'identificazione della posizione di installazione più adeguata che dovrà essere definita secondo le seguenti linee guida:

- garantire la miglior panoramica possibile dell'area da monitorare e la massima intervisibilità tra l'area da monitorare e l'apparato di misura;
- garantire, preferibilmente da una singola postazione di rilievo, la maggiore copertura possibile dell'area da monitorare e, a parità di copertura spaziale, garantire la minor distanza dall'area da monitorare;

- essere orientata in modo che la linea di vista strumentale sia quanto più possibile parallela alla direzione attesa (o nota) del movimento sia sul piano verticale che sul piano orizzontale (salvo diversa indicazione della stazione appaltante sono accettate a priori orientazioni massime di 45° rispetto alla direzione prevalente di movimento atteso o noto);
 - ove possibile essere posizionato ad una quota topograficamente più bassa rispetto a quella dell'area da monitorare;
 - presentare una copertura del segnale wireless UMTS tale da consentire la gestione remota del sistema (laddove non siano possibili altri tipi di connessioni remote);
 - presentare una fonte di alimentazione elettrica stabile;
 - garantire il minimo impatto ambientale e paesaggistico e la massima sicurezza del sistema nei confronti degli atti vandalici;
 - facilità di accesso.
- 4 In caso di monitoraggio in continuo con finalità di allertamento dovrà essere prevista un'acquisizione in continuo 24 ore su 24 e 7 giorni su 7 con un intervallo temporale di campionamento delle immagini SAR inferiore a 20 minuti, ed una elaborazione dei dati con una frequenza minima di 2 volte al giorno.
 - 5 In caso di monitoraggi periodici si dovrà, al contrario, eseguire una prima campagna di acquisizione dati in continuo della durata minima di 48 ore con un intervallo temporale di campionamento delle immagini SAR inferiore a 10 minuti; un riposizionamento della strumentazione con una tolleranza massima di 1 cm rispetto ai posizionamenti precedenti nelle campagne di misura successive alla prima; successive campagne di acquisizione dati in continuo della durata minima di 24 ore con intervallo temporale di campionamento delle immagini SAR inferiore a 10 minuti. L'elaborazione dei dati dovrà essere eseguita con algoritmi di analisi con capacità di processing avanzata (con particolare riferimento al phase unwrapping spaziale).
 - 6 Salvo diversa indicazione della committenza si dovranno utilizzare almeno 2 punti di controllo esterni all'area da rilevare per la correzione del disturbo atmosferico. Tali punti dovranno avere una distanza dal sensore confrontabile con quella dell'area oggetto di monitoraggio (come indicazione generale sono tollerate in generale distanze in range che non si discostino di più del 30% dalla distanza dell'area di indagine).

- 7 Il monitoraggio con interferometria SAR terrestre dovrà portare alla restituzione dei seguenti prodotti di base:
- 8 - mappe bidimensionali di spostamento cumulato;
- 9 - coordinate di tutti i punti di misura ed associazione, ove possibile, ad elementi riconoscibili all'interno dell'area di monitoraggio;
- 10 - ubicazione dei punti di controllo esterni all'area di analisi;
- 11 - valori di coerenza temporale di tutti i punti di misura;
- 12 - valori di ampiezza del segnale retrodiffuso di tutti i punti di misura;
- 13 - valori di spostamento complessivo di tutti i punti di misura;
- 14 - valori di spostamento medio giornaliero e/o mensile di tutti i punti di misura;
- 15 - serie temporali di spostamento di tutti i punti di misura.
- 16 Vengono riportati di seguito i requisiti minimi richiesti per i singoli prodotti, salvo diversa indicazione della stazione appaltante:
- 17 - accuratezza nell'ubicazione dei punti di misura non inferiore a 10 metri;
- 18 - valori di coerenza di tutti i punti di misura non inferiore a 0,3;
- 19 - analisi di dettaglio di almeno 10 punti di misura nell'area di analisi.
- 20 Il personale responsabile dell'elaborazione ed interpretazione dati dovrà svolgere almeno 1 sopralluogo in sito ogni 6 mesi di misura (in caso monitoraggi in continuo) e almeno 1 sopralluogo ogni 4 campagne di misura (in caso di monitoraggi discontinui), nell'area di monitoraggio.
- 21

2.1.3 Documentazione finale

- Relazione di installazione che dovrà contenere:
 - ubicazione del sito;
 - descrizione della commessa;
 - indicazione del cliente;
 - indicazione dei tecnici che hanno eseguito l'installazione;

- descrizione della postazione di monitoraggio;
- descrizione della strumentazione utilizzata;
- descrizione della configurazione di acquisizione;
- descrizione delle procedure di gestione e manutenzione del sistema di misura.
- Relazione finale che dovrà contenere:
 - ubicazione del sito;
 - descrizione della commessa;
 - indicazione del cliente;
 - descrizione delle attività di analisi interferometrica SAR;
 - indicazione esplicita dei software e degli algoritmi di analisi utilizzati;
 - descrizione dei risultati dell'analisi interferometrica;
 - indicazione degli operatori e dell'interprete;
 - interpretazione dei risultati ottenuti in relazione al quadro geologico/geotecnico/strutturale dell'area monitorata.
- Report periodici con la seguente cadenza temporale: a) uno per ogni campagna di misura in caso di monitoraggi periodici; b) almeno ogni 15 giorni in caso di monitoraggio in continuo. I report dovranno contenere:
 - ubicazione del sito;
 - descrizione della commessa;
 - indicazione del cliente;
 - mappe di spostamento cumulato del periodo di riferimento con ubicazione di settori identificabili su foto o altra rappresentazione dello scenario;
 - identificazione e localizzazione dei punti di misura;
 - serie temporali di spostamento dei punti di misura;
 - note descrittive a compendio.

3 MISURA DEGLI SPOSTAMENTI SUPERFICIALI – INTERFEROMETRIA SAR SATELLITARE

22

3.1.1 Descrizione

Misura degli spostamenti eseguito utilizzando immagini SAR acquisite da sensori SAR installati su piattaforme satellitare.

L'interferometria è un metodo di analisi che, attraverso il confronto della fase di segnali elettromagnetici emessi nel campo delle microonde e riflessi dagli oggetti presenti a terra, consente di stimare lo spostamento di determinati punti. L'interferometria SAR satellitare consiste nell'applicazione di tecniche di analisi interferometrica di immagini SAR (Radar ad Apertura Sintetica) acquisite da sensori installati su satelliti.

3.1.2 Modalità esecutive

- 23 Il monitoraggio con Interferometria SAR Satellitare dovrà essere eseguito utilizzando immagini SAR satellitari acquisite da satelliti operanti nel periodo di monitoraggio utilizzando metodi di analisi del dato basati su dataset di serie temporali di immagini acquisite sulla stessa area e lungo la stessa orbita in tempi diversi - ovvero metodi A-DInSAR (Advanced Differential Interferometric SAR)) che consentano la stima delle quote e la rimozione del disturbo atmosferico al fine di un'ottimale stima degli spostamenti.
- 24 Salvo diversa indicazione della stazione appaltante la misura degli spostamenti potrà essere attivata solo nel momento in cui saranno disponibili almeno 10 immagini nella stessa geometria orbitale.
- 25 Si dovrà inoltre prevedere in tutti i casi una calibrazione ed una cross-validazione dei risultati ottenuti attraverso il confronto su alcuni punti di controllo con dati acquisiti da sistemi di monitoraggio indipendenti.
- 26 Il monitoraggio interferometrico SAR Satellitare dovrà produrre i seguenti prodotti di base:
 - 27 - coordinate accurate di tutti i punti di misura distinti per geometria orbitale (ascendente e discendente);
 - 28 - stima dell'estensione a terra e loro geometria di tutti i punti di misura;
 - 29 - valori di coerenza temporale di tutti i punti di misura;

- 30 - valori di quota stimati per tutti i punti di misura;
- 31 - valori di spostamento complessivo per tutti i punti di misura;
- 32 - valori di spostamento medio annuo per tutti i punti di misura;
- 33 - serie temporali di spostamento di tutti i punti di misura.
- 34 Vengono riportati di seguito i requisiti minimi richiesti per i singoli prodotti, salvo diversa indicazione della stazione appaltante:
- 35 - accuratezza nell'ubicazione dei punti di misura e/o dell'area di misura non inferiore a 10 metri
- 36 - valori di coerenza temporale di tutti i punti di misura non inferiore a 0,7;
- 37 Precedentemente all'avvio del monitoraggio si dovrà effettuare un'analisi di fattibilità del monitoraggio e dovranno essere identificati, anche attraverso apposito sopralluoghi in sito, una selezione di punti di monitoraggio e la loro corrispondenza con punti a terra. Si dovrà inoltre porre particolare attenzione in caso di riflettori artificiali a distinguere tra punti a terra e punti ubicati su strutture. Per ognuno dei punti di misura selezionati (siano essi già presenti o CR appositamente installati) si dovranno produrre apposite monografie corredate da documentazione fotografica, caratteristiche radiometriche, valori di coerenza temporale.

3.1.3 Documentazione finale

- Relazione finale che dovrà contenere:
 - ubicazione del sito;
 - descrizione della commessa;
 - indicazione del cliente;
 - descrizione delle attività di analisi interferometrica SAR;
 - indicazione esplicita dei software e degli algoritmi di analisi utilizzati;
 - descrizione dei risultati dell'analisi interferometrica;
 - indicazione degli operatori e dell'interprete;
 - interpretazione dei risultati ottenuti in relazione al quadro geologico/geotecnico/strutturale dell'area monitorata.
- Dati di base SAR interferometrici:

- lista delle immagini SAR utilizzate;
- date di acquisizione;
- database contenente tutti i punti di misura;
- coordinate dei punti di misura in sistema di riferimento basato su WGS84;
- valori di coerenza temporale;
- valori di spostamento cumulato;
- serie temporali di spostamento validate alla luce dell'interpretazione del processo deformativo osservato.
- Monografia di installazione dei corner reflector che dovrà contenere:
 - ubicazione del punto di misura;
 - descrizione della commessa;
 - indicazione del cliente;
 - indicazione dei tecnici che hanno eseguito l'installazione.
- Report periodici contenenti:
 - ubicazione del sito;
 - descrizione della commessa;
 - indicazione del cliente;
 - identificazione e localizzazione dei punti di misura;
 - serie temporali di spostamento dei punti di misura.

4 MONITORAGGIO STRUMENTALE

Per monitoraggio strumentale si intendono, esclusivamente, le operazioni di lettura ed acquisizione dati di strumentazioni (inclinometri, piezometri, assestimetri, ecc) precedentemente installate da società di indagini geognostiche.

5 Misura degli spostamenti nel sottosuolo – Sensori in foro/Inclinometri

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.095 “Trasporto di strumentazione tecnica per lettura ecc.”.
- IG.05.105 “Lettura tubi inclinometrici”.
-

5.1.1 Descrizione

Il monitoraggio inclinometrico viene comunemente utilizzato per il controllo di frane, grandi rilevati, fronti di scavo e per la verifica dell'efficienza di interventi di consolidamento realizzati o da realizzarsi. Tale monitoraggio può essere eseguito tramite campagne periodiche o tramite monitoraggio “in continuo”.

5.1.2 Modalità esecutive

La misura inclinometrica viene effettuata introducendo in un tubo inclinometrico, installato in un foro di sondaggio verticale, una sonda inclinometrica che, dotata di sensori servoaccelerometrici di elevata precisione, consente di misurare l'inclinazione del tubo in corrispondenza di una determinata sezione e, attraverso misure ripetute nel tempo, consente di risalire allo spostamento orizzontale del terreno. Le misure periodiche vengono riferite alla prima misura di riferimento (misura di zero).

Nel caso di contesti complessi o ad elevato grado di attività, con spostamenti tali da rendere presto inutilizzabili i sistemi tradizionali e/o con esigenze di early warning, dovranno essere utilizzati sistemi di monitoraggio multiparametrico innovativo, ad elevata robustezza, in grado di “copiare” le deformazioni in atto nel terreno e fornire dati in continuo e in remoto.

Riguardo i sistemi tradizionali la misura inclinometrica dovrà avvenire secondo le seguenti fasi:

- posizionamento della carrucola strozzacavo sulla testa del tubo inclinometrico;

- misura ed annotazione della distanza tra la prima tacca di riscontro sul cavo e le ruote superiori della sonda inclinometrica;
- inserimento della sonda nel tubo inclinometrico e abbassamento della stessa fino a fondo foro;
- attesa della completa stabilizzazione della sonda nei confronti della temperatura di fondo foro (i valori sul display dovranno risultare costanti);
- sollevamento della sonda fino alla quota della testa tubo effettuando letture ogni metro (o all'occorrenza ed in caso di analisi di maggior dettaglio, ogni mezzo metro);
- recupero della sonda inclinometrica, rotazione della stessa di 180° (in direzione contraria) rispetto alla lettura precedente e nuovo inserimento della stessa nel tubo inclinometrico (l'operazione sarà ripetuta sulle quattro guide);
- esecuzione delle letture coniugate.

L'elaborazione dei dati prevede una prima fase di eliminazione degli errori grossolani mediante elaborazione delle misure coniugate prescelte.

Si provvede a valutare per ciascuna profondità il valore puntuale (locale) dello spostamento misurato nel corso della misura corrente rispetto alla misura di zero, in ciascuna delle due direzioni orizzontali (guide 1-3 e guide 2-4). Successivamente si provvede a valutare, sempre per ciascuna profondità, gli spostamenti integrali (sommatoria degli spostamenti puntuali o locali) con riferimento sempre alle due direzioni nonché della loro risultante ed il relativo azimut.

5.1.3 Documentazione finale

- Informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore, caratteristiche del tubo installato);
- Tabulato con le letture di campagna;
- Grafico dello spostamento per punti (locale) lungo le guide 1-3 in funzione della profondità, comprendente, oltre alla misura in elaborazione, anche 5 misure precedenti (se disponibili);
- Grafico dello spostamento per punti (locale) lungo le guide 2-4 in funzione della profondità, comprendente, oltre alla misura in elaborazione, anche 5 misure precedenti (se disponibili);

- Grafico dello spostamento integrale (sommatoria della risultante dello spostamento locale) lungo le guide 1-3 in funzione della profondità, comprendente, oltre alla misura in elaborazione, anche 5 misure precedenti (se disponibili);
- Grafico dello spostamento integrale (sommatoria della risultante dello spostamento locale) lungo le guide 2-4 in funzione della profondità, comprendente, oltre alla misura in elaborazione, anche 5 misure precedenti (se disponibili);
- Grafico dello spostamento integrale (sommatoria della risultante dello spostamento locale) in funzione della profondità, comprendente, oltre alla misura in elaborazione, anche 5 misure precedenti (se disponibili);
- Grafico dell'azimut della risultante dello spostamento per punti in funzione della profondità;
- Grafico dell'azimut dello spostamento integrale (sommatoria della risultante dello spostamento locale) in funzione della profondità, comprendente, oltre alla misura in elaborazione, anche 5 misure precedenti (se disponibili);
- Diagramma polare dello spostamento integrale (sommatoria della risultante dello spostamento locale), comprendente, oltre alla misura in elaborazione, anche 5 misure precedenti (se disponibili);
- Indicazione numerica dello spostamento massimo, del relativo azimut e della profondità da testa tubo;
- Indicazione numerica dello spostamento della testa tubo e del relativo azimut.

Date le caratteristiche del fenomeno di dissesto in atto, si ritiene particolarmente efficace la metodologia del rilevamento satellitare, in grado di controllare aree vaste con controllo temporale costante e in tempo reale sulla superficie del corpo di frana. A tale controllo, ed alle relative velocità di movimento si potranno associare livelli di allerta e/o di allarme in corrispondenza di significativi valori di velocità.

Per la competenza di tale sistema di monitoraggio è necessaria la sinergia degli Enti responsabili del controllo del territorio.

Geol. Pasquale SCORCIA