

Regione Piemonte

Provincia di Cuneo



COMUNE DI TRINITA'

PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO EX ART.43 L.R. N°56/77 e s.m.i.

OPERE DA REALIZZARSI AL FOGLIO DI MAPPA N.13 MAPPALIN.454,457,479
ambito urbanistico AREA R6.14A

RELAZIONE GEOLOGICA

Il tecnico incaricato
Dott. Geol. Luca Bertino

Mondovì Maggio 2015

STUDIO GEOLOGICO
VIA RISORGIMENTO 6 - 12084 MONDOVI
TEL. 0174.41589 - E-MAIL: luca.bertino@libero.it
P. I.V.A. 02743670040



cod: 15_L1102

INDICE

PREMESSA.....	3
1. INQUADRAMENTO GENERALE	4
1.1. Natura degli interventi.....	4
2. VINCOLI IDROGEOLOGICI, AMBIENTALI E DI P.R.G.C.	6
3. LINEAMENTI GEOLOGICI	7
4. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI	9
4.1. Analisi all'analisi dei fenomeni deformativi tramite la tecnica interferometrica satellitare PSInSAR TM	10
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	12
5.1. Prove penetrometriche.....	12
6. SITUAZIONE STRATIGRAFICA LOCALE.....	13
6.1. Definizione dei valori caratteristici.....	13
7. VALUTAZIONE DELLA VERIFICA DELLA STABILITA' DELLE SCARPATE DI SCAVO	18
8. INDAGINE GEOFISICA A SISMICA PASSIVA.....	20
8.1. Strumentazione utilizzata.....	21
8.2. Procedura di analisi dati.....	21
8.3. Valutazione delle misure. Il progetto Sesame.....	22
9. MISURA DEL MICROTREMORE SISMICO AMBIENTALE	23
10. PARAMETRIZZAZIONE SISMICA	23
10.1. Classificazione della categoria di sottosuolo secondo quanto previsto nella tabella 3.2.II delle NTC.....	24
10.2. Calcolo fattore di amplificazione topografica (S_T).....	24
11. OSSERVAZIONI E CONCLUSIONI	25

ALLEGATO

1. INQUADRAMENTO GENERALE

Le indicazioni di carattere topografico relative al sito in esame risultano contenute nella C.T.R. della Regione Piemonte, alla scala 1:10.000, sezione 210060 – TRINITA' (c.f.r. Tavola 1).

1.1. Natura degli interventi

Gli interventi in oggetto riguardano le opere di urbanizzazione relative al Piano Esecutivo Convenzionato R 6.14/A.

È inoltre prevista la realizzazione di tutte le opere di urbanizzazione come di seguito specificate:

- opere di adduzione e distribuzione rete idrica;
- rete ed impianti per lo smaltimento di acque bianche e nere;
- sistemazione della distribuzione energia elettrica, canalizzazione gas e telefono;
- realizzazione delle strade veicolari interne, sistemazione dei parcheggi, dei marciapiedi e degli accessi alle unità abitative.

PREMESSA

Lo scrivente si è occupato della realizzazione dell'indagine geologico-tecnica in merito al PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO EX ART.43 L.R. N°56/77 e s.m.i. OPERE DA REALIZZARSI AL FOGLIO DI MAPPA N.13 MAPPALIN.454,457,479 ambito urbanistico AREA R6.14°, comune di Trinità.

Lo studio è finalizzato alla caratterizzazione dell'area su cui è prevista la realizzazione dell'opera sotto l'aspetto geologico generale, geomorfologico e geologico - tecnico.

In tal senso valide considerazioni sono emerse dall'analisi della situazione geologica e geomorfologica dell'area, valutata in un intorno significativo che hanno permesso di accertare la reale potenza delle coltri sciolte superficiali potenzialmente mobilizzabili, il grado di consistenza delle stesse e le condizioni idrogeologiche locali.

La presente viene redatta in conformità a quanto richiesto dalle disposizioni dettate dalle norme di attuazione del P.R.G.C. del Comune di Trinità ed in ottemperanza alle norme legislative vigenti in materia, in particolare:

-D.M. del 21.01.1981 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce..." aggiornato dal successivo D.M. dell'11.03.1988 n°47;

- D.M. 14.1.2008 "Norme tecniche sulle costruzioni"

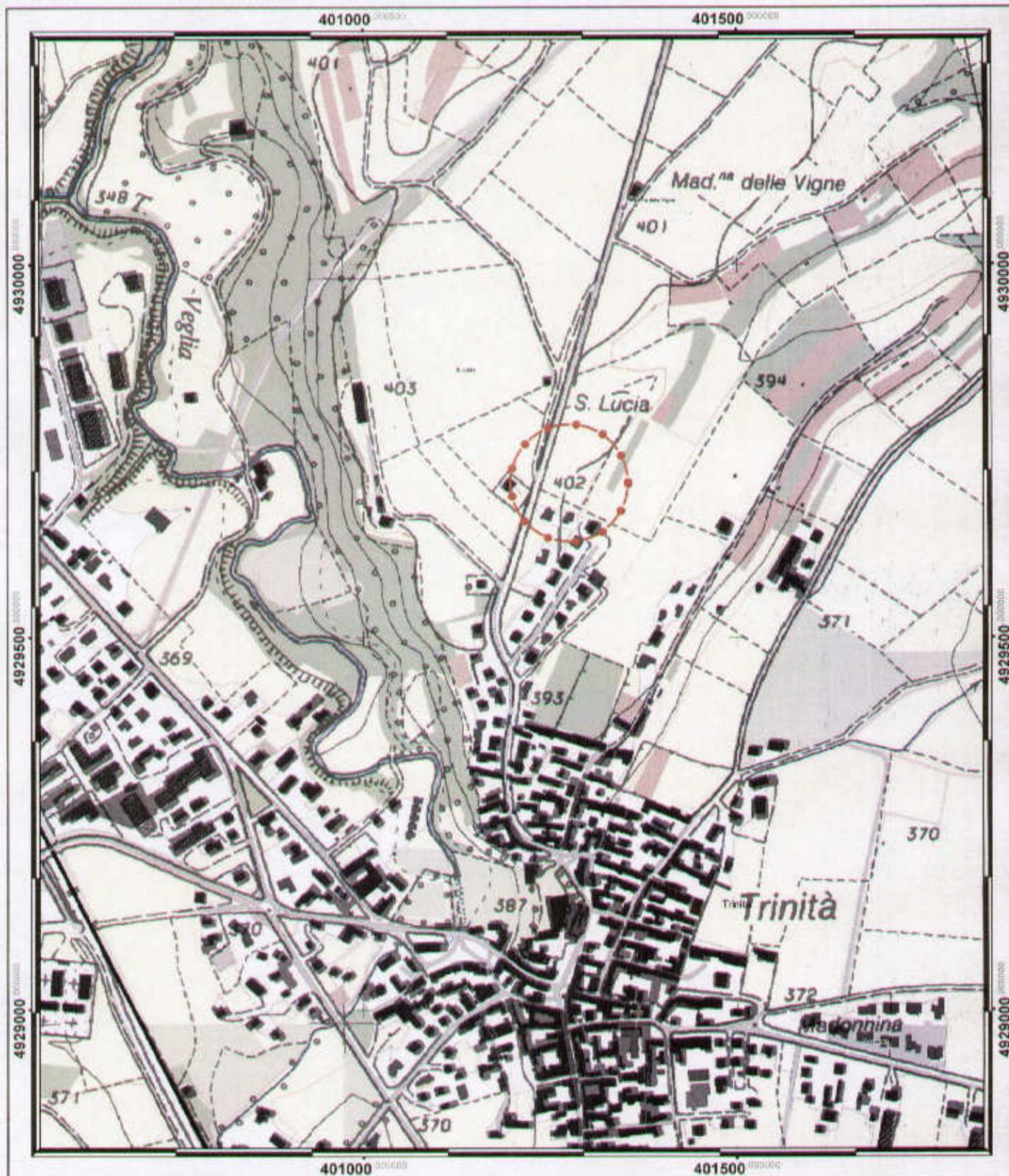


Tavola 1: inquadramento geografico (reticolato WGS 84 UTM Zone 32N)

Estratto della Carta Tecnica Regionale 210060 - TRINITA'



Settore interessato

scala 1:10000



2. VINCOLI IDROGEOLOGICI, AMBIENTALI E DI P.R.G.C.

Secondo la *CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ ED IDONEITÀ ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA*", VARIANTE 2009, allegata al P.R.G. (L.R. del 5/12/1977 n°56), l'area d'intervento ricade nella classe II, definita come segue (c.f.r. Tavole in Allegato):

- **Classe II:** porzioni di territorio nelle quali le condizioni di modesta pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici, esplicitati a livello di norme di attuazione, ispirate al D.M. 11/03/1988.

3. LINEAMENTI GEOLOGICI

In merito ai caratteri geologici dei terreni costituenti la zona indagata le informazioni relative sono contenute nel foglio n° 80 CUNEO della "Carta geologica d'Italia" alla scala 1:100.000.

I litotipi che caratterizzano la zona in oggetto vanno inseriti nel contesto delle coperture quaternarie superficiali della Pianura del Po e della sottostante serie miopliocenica che costituisce il basamento sul quale si sono depositi i sedimenti che costituiscono il piano principale della pianura.

Dall'alto verso il basso stratigrafico è possibile schematizzare una serie che inizia con terreni alluvionali quaternari, quando i corsi d'acqua, avendo portate decisamente superiori a quelle attuali, scendevano dai versanti alpini alluvionando e depositando forti spessori di sedimenti più o meno grossolani. Tali materiali, dalla granulometria tipicamente sabbioso-ghiaioso-ciottolose, sono dotati di buona compattezza e piuttosto permeabili, tanto da ospitare, di norma, l'acquifero libero che alimenta i pozzi dell'area.

Le litologie sottostanti sono in contatto erosionale con i precedenti: avendo l'attività fluviale quaternaria asportato completamente nell'area i terreni pliocenici stratigraficamente più alti, le alluvioni poggiano direttamente sul complesso dei sedimenti in Facies Villafranchiana, costituiti da ghiaie e sabbie a stratificazione lenticolare con alternanze argillose, localmente intercalate da lenti di ghiaie cementate e lenti sabbioso-ghiaiose debolmente cementate. Immediatamente sottostanti a queste ultime si hanno sedimenti tipici di un ambiente deposizionale più profondo del precedente, costituiti da le marne sabbiose grigio-azzurre del Pliocene inferiore (Piacenziano).

Nel dettaglio, relativamente all'area in esame, i terreni appartengono alla seguente formazione:

- 1) *Depositi fluvioglaciali argilloso-sabbioso-ghiaiosi Rissiani con copertura di paleosuolo giallo-rossiccio e ricoperti da un sottile strato di loess (Pleistocene).*

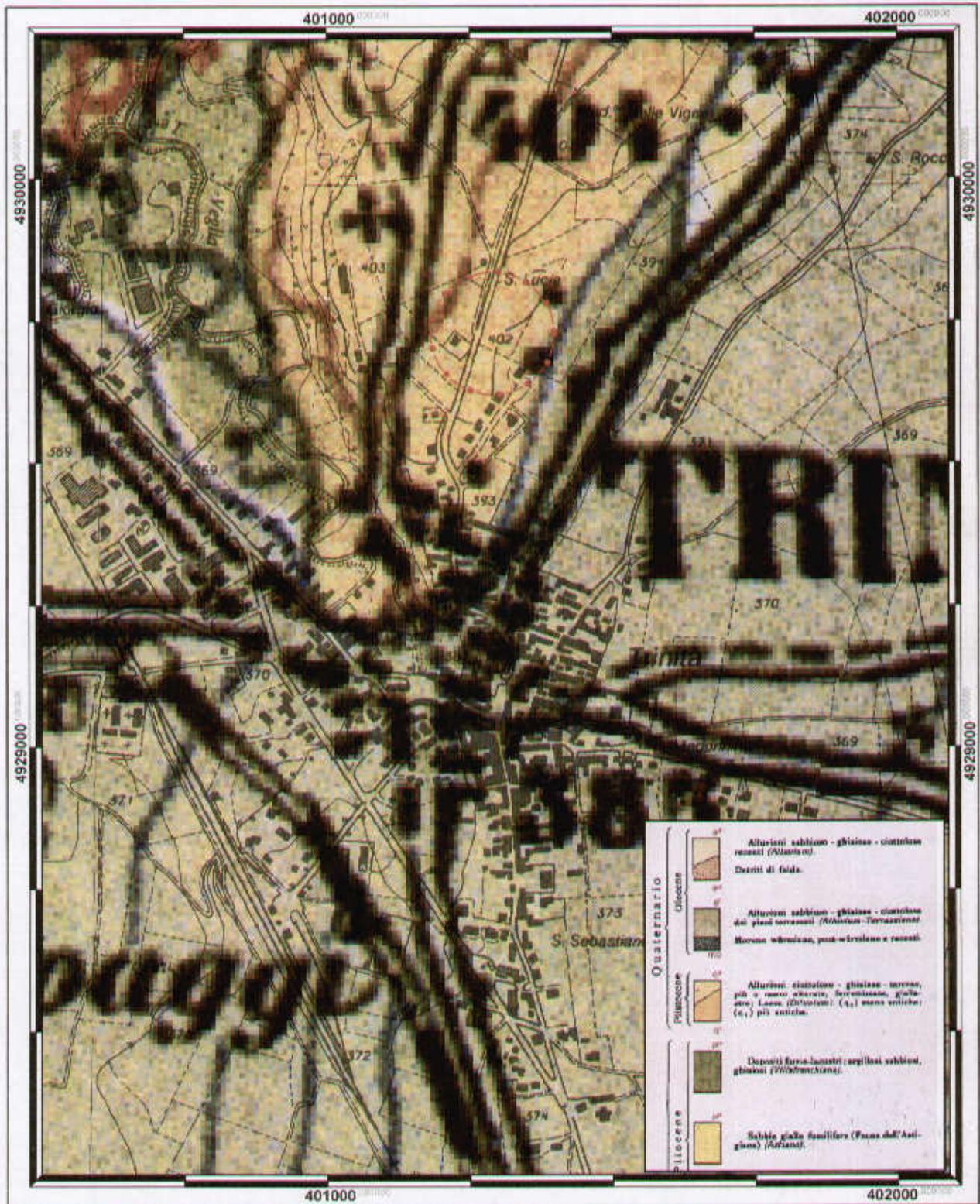


Tavola 2: inquadramento geologico (reticolato WGS 84 UTM Zone 32N)

SCALA 1:10000



4. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

Dal punto di vista geomorfologico il settore interessato dal presente intervento, ubicato sulla pianura principale, ad una quota di 402 m s.l.m è individuabile su una superficie debolmente inclinata verso ESE, che costituisce l'alto terrazzo sul quale si sviluppa parte del settore settentrionale dell'abitato di Trinità.

I caratteri morfologici generali del territorio sono quelli peculiari delle aree di piana a margine delle Langhe, contraddistinti da ampie aree pianeggianti separate da incisioni prodotte dai corsi d'acqua che scorrono con andamento circa parallelo in direzione NE-SW. L'approfondimento di tali corsi d'acqua avvenuto nella seconda metà del Quaternario, successivamente al Pleistocene, ha lasciato come eredità una serie di pronunciate digitazioni di terreno alluvionale delimitate da ripide scarpate morfologiche che in questa zona tendono ad approfondirsi da SW verso NE.

L'area presa in considerazione è rappresentata da terreni agricoli sub-pianeggianti, leggermente degradanti verso ESE.

Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici, quanto segue prende spunto soprattutto da recenti lavori sviluppati nell'area cuneese relativamente alla geologia ed idrogeologia tra i quali si segnalano "Le risorse idriche sotterranee del territorio cuneese" (Civita et al., 2000) e "Stratigrafia ed evoluzione plio-quadernaria del settore sud-orientale della pianura cuneese" (Bottino et al., 1994).

Sulla base della ricostruzione stratigrafica proposta, è possibile inquadrare l'assetto idrogeologico che per il settore in esame risulta definito da un Complesso alluvionale antico.

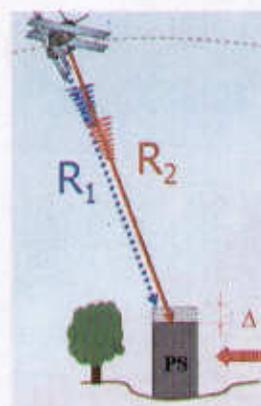
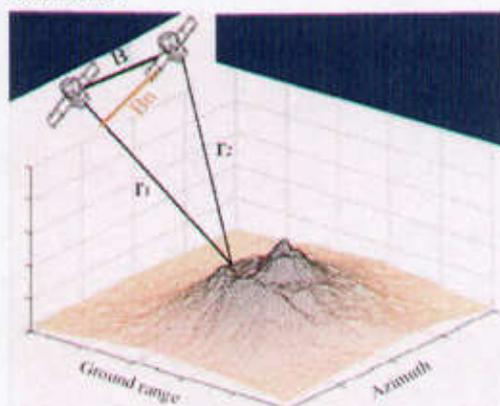
Complesso alluvionale antico: tale complesso ospita i sistemi acquiferi sospesi ed affiora in corrispondenza degli altipiani prospicienti il basamento alpino (altipiani di Villanova, Mondovì, Pianfei, Beinette e Peveragno) così come di quelli isolati della pianura cuneese; le unità geologiche corrispondenti sono quelle denominate "fluvioglaciale" e "fluviale Mindel".

Come già riportato in precedenza gli spessori sono piuttosto modesti, compresi tra 5 e 15 m, e ricoperti da un paleosuolo spesso da 1 a 3 m.

4.1. Analisi all'analisi dei fenomeni deformativi tramite la tecnica interferometrica satellitare PSInSAR™

L'analisi dei fenomeni deformativi tramite la tecnica interferometrica satellitare PSInSAR™ in Piemonte. Metodo e resa possibile grazie alla diffusione dei dati da parte di Arpa Piemonte.

In particolare, la **Tecnica PS** (*Permanent Scatterers Technique*) è un sofisticato algoritmo di elaborazione di dati satellitari di tipo SAR (Radar ad Apertura Sintetica) che consente la stima di moti della superficie terrestre quali subsidenze, frane o faglie sismiche.



Una volta localizzati, la tecnica consente, per ciascun PS, di:

- stimare la **velocità di spostamento** (con un'accuratezza compresa tra 0.1 e 2 mm/anno) lungo la congiungente sensore radar – bersaglio radar
- ricostruire l'intera **serie temporale di deformazione**, a partire dal 1992 grazie alla presenza dell'archivio storico di immagini dell'Agenzia Spaziale Europea

Un settore sul quale uno o più PS indichino fenomeni di deformazione rispetto ad una media definita di "riposo", ovvero cluster di PS che per caratteristiche fisiche e spaziali (velocità superiori od inferiori alla classe di velocità considerata stabile, distanza interpunti e numerosità) possono rappresentare indizi di geo-processi. Un area anomala è un poligono (privo di significato fisico) che racchiude più PS con evidenze di spostamento

Nel settore in esame non si rileva la presenza di aree anomale

A titolo esplicativo, di seguito, si presenta la tavola di dettaglio del settore in esame, dal quale si evince puntualmente che in tutto l'intorno del settore in esame si rilevano movimenti non significativi.

401250 000000



401250 000000

Tavola 3: carta delle velocità dei PS (reticolato WGS 84 UTM Zone 32N)

Dati forniti da ARPA Piemonte, derivati da elaborazione PSInSAR, intervallo 1992-2001

campo di velocità PS (mm/a)

- -15.40 - -10.00
- -9.99 - -4.50
- -4.49 - -2.50
- -2.49 - -1.50
- -1.49 - -0.80
- -0.79 - -0.20
- -0.19 - 0.50
- 0.51 - 3.90

segno (-) allontanamento
segno (+) avvicinamento
lungo la direzione di di vista satellite-bersaglio (LOS)



scala 1:1000

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

5.1. Prove penetrometriche

La conoscenza approfondita delle caratteristiche geotecniche dei terreni è stata ottenuta mediante la realizzazione, nel mese di Aprile 2015, di n° 2 prove penetrometriche dinamiche (DIN1, DIN2, DIN3, DIN4), effettuate all'interno dell'area del PEC.

L'indagine penetrometrica dinamica standardizzata è stata realizzata mediante un Penetrometro Dinamico DPM, modello DL-30 (60°) che, sulla base della classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici, rientra nel tipo "Medio".

Le caratteristiche costruttive salienti possono essere così sintetizzate:

Peso massa battente	M = 30,00 kg
Altezza caduta libera	H = 0,20 m
Peso sistema battuta	Ms = 13,00 Kg
Diametro punta conica	D = 35,70 mm
Area base punta conica	A = 10,00 cm ²
Angolo apertura punta conica	$\alpha = 60^\circ$
Lunghezza aste	La = 1,00 m
Peso aste per metro	Ma = 2,93 Kg
Prof. giunzione la asta	P1 = 0,80 m
Avanzamento punta	$\delta = 0,10$ m
Numero colpi punta	N = N(10) \Rightarrow Avanzamento di 10 cm
Energia specifica per colpo	Q = (MH)/(A δ) = 6,00 Kg/cm ²
Coeff. teorico di energia	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 0,766$

Di seguito si riporta il diagramma dettaglio che mette in correlazione la profondità con il numero di colpi e con il relativo valore di resistenza alla punta registrati ogni 10 centimetri di avanzamento.

La valutazione della resistenza dinamica alla punta Rpd, funzione del numero di colpi N, è stata effettuata mediante la Formula Olandese:

$$R_{pd} = M^2 H / [Ae(M + P)] = M^2 HN / [A\delta(M + P)]$$

Rpd = resistenza dinamica alla punta [Area A]

e = infissione per colpo = δ/N

M = peso massa battente (altezza caduta H)

P = peso totale aste e sistema di battuta

6. SITUAZIONE STRATIGRAFICA LOCALE

L'area oggetto di studio si presenta piuttosto omogenea, sia in senso spaziale sia in senso verticale.

Per quanto riguarda il volume significativo di interesse geotecnico si è rilevata in generale una prima unità stratigrafica potente circa da 1 a 2 m costituita da terreni a minore competenza. Al di sotto si hanno le potenti successioni marnoso arenacee.

In sintesi si possono riconoscere le due unità stratigrafiche seguenti:

- **Unità 1** – di natura coerente costituita da terreni di copertura limoso argillosi – spessore da 0 a 2 m;
- **Unità 2** – di natura coerente costituita da argille competenti – da 2 a 3,5 m dal p.c.
- **Unità 3** – di natura coerente costituita da argille con ciottoli - oltre i 3,5 m dal p.c.

6.1. Definizione dei valori caratteristici

Per la valutazione della sicurezza delle costruzioni agli stati limite si devono adottare criteri probabilistici scientificamente comprovati. Il metodo descritto dalle norme è quello semiprobabilistico agli stati limite basato sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza,

L'adozione del metodo semiprobabilistico prevede, tanto per le azioni quanto per le resistenze, che vengano introdotti i cosiddetti *valori caratteristici*, ovvero le resistenze caratteristiche R_k e le azioni caratteristiche F_k ; tali valori caratteristici vengono trasformati in valori di calcolo mediante opportuni coefficienti e precisamente le resistenze R_k in resistenze di calcolo e le azioni F_k in azioni di calcolo; vengono quindi confrontati fra di loro i valori di calcolo, verificando che le sollecitazioni di calcolo non superino quelle compatibili con lo stato limite considerato.

Valori caratteristici

Nella progettazione geotecnica, in coerenza con gli eurocodici, la scelta dei valori caratteristici del *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Bozza di Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le Costruzioni* Aggiornamento al 07/03/2008 - 183 - parametri deriva da una stima cautelativa, effettuata dal progettista, del valore del parametro appropriato per lo stato limite considerato. Nella scelta dei valori caratteristici è necessario tener conto, della specifica verifica e delle condizioni costruttive che ad essa corrispondono.

- Il valore caratteristico è una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite, ossia di una determinata superficie di rottura (per lo SLU) o di un cedimento maggiore di una certa soglia (SLE)
- Il valore che influenza la rottura è, secondo l'EC7, il valore medio della proprietà (in mancanza di altre indicazioni si intende la media aritmetica)
- La stima cautelativa consiste nel 5° percentile del valore in oggetto (la media)

EC7 2.4.6.2: valori di progetto dei parametri geotecnici

P(1) I valori di progetto dei parametri geotecnici, X_d , possono essere ricavati dai valori caratteristici, utilizzando la seguente equazione: $X_d = X_k / g_m$

I valori di progetto, X_d (F_d , $c'd$, $Cud...$) sono quelli da utilizzare nelle verifiche. Si ricavano a partire dei valori caratteristici, X_k ai quali va applicato un fattore riduttivo g_m (FS parziale), tabellato nelle NTC.

[1] limo argilloso

PARAMETRI CARATTERISTICI
 UN SOLO DATO - TERRENI COESIVI

Valore caratteristico dati da SPT
 UN SINGOLO DATO

Per penetrometri di 30 kg dividere per 1.32 la media dei dati della zona di interesse.

Nspt corretto 4

Esecuzione d

b per buona, d per discreta, s per scadente

COV % 30

SPT caratteristico

2

Φ caratteristico secondo Hatanaka e Uchida (1996)

26

Φ ridotto al 5° percentile

20.90

Arrotondato
21

Indice di consistenza

Stato di consistenza
Soffice

IC
0,1-0,25

Valori di Cu in kPa

Correlazione
 da Cestelli Guidi

10 - 25

Valori di c' in kPa

Correlazione
 da Cherubini

massima > 15.7
 media > 12.7
 bassa > 11.5

cautelativa

Nspt	Stato di consistenza	Cu (kPa)
< 2	Molto soffice	< 10
2 4	Soffice	10 25
4 8	Plastico	25 50
8 15	Compatto	50 100
15 30	Molto compatto	100 200
> 30	Estrem. compatto	> 200

[2] argilla competente

PARAMETRI CARATTERISTICI

 UN SOLO DATO - TERRENI COESIVI

Valore caratteristico dati da SPT

UN SINGOLO DATO

Per penetrometri di 30 kg dividere per 1.32 la media dei dati della zona di interesse.

Nspt corretto 19

Esecuzione d

b per buona, d per discreta, s per scadente

COV % 30

SPT caratteristico

10

Φ caratteristico secondo Hatanaka e Uchida (1996)

32

Φ ridotto al 5° percentile

26.57

Arrotondato
27

Indice di consistenza

Stato di consistenza
Compatto

IC
0,5-0,75

Valori di Cu in kPa

Correlazione
da Cestelli Guidi

50 - 75

Valori di c' in kPa

Correlazione
da Cherubini

massima > 10.3

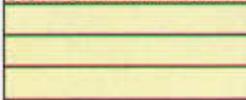
media > 10.3

bassa > 10.4

cautelativa

Nspt	Stato di consistenza	Cu (kPa)
< 2	Molto soffice	< 10
2 4	Soffice	10 25
4 8	Plastico	25 50
8 15	Compatto	50 100
15 30	Molto compatto	100 200
> 30	Estrem. compatto	> 200

[3] argilla con ciottoli



PARAMETRI CARATTERISTICI
UN SOLO DATO - TERRENI COESIVI

Valore caratteristico dati da SPT

UN SINGOLO DATO

Per penetrometri di 30 kg dividere per 1.32 la media dei dati della zona di interesse.

Nspt corretto

38

Esecuzione

d

b per buona, d per discreta, s per scadente

COV %

30

SPT caratteristico

19

Φ caratteristico secondo Hatanaka e Uchida (1996)

37

Φ ridotto al 5° percentile

31.08

Arrotondato

31

Indice di consistenza

Stato di consistenza
Molto compatto

IC
0,75-1,0

Valori di Cu in kPa

Correlazione
da Cestelli Guidi

75 - 100

Valori di c' in kPa

Correlazione
da Cherubini

massima > 6.1

media > 8.5

bassa > 9.6

cautelativa

Nspt	Stato di consistenza	Cu (kPa)
< 2	Molto soffice	< 10
2 4	Soffice	10 25
4 8	Plastico	25 50
8 15	Compatto	50 100
15 30	Molto compatto	100 200
> 30	Estrem. compatto	> 200

7. VALUTAZIONE DELLA VERIFICA DELLA STABILITA' DELLE SCARPATE DI SCAVO

Le opere in progetto prevedono la realizzazione di diversi sottoservizi nel seguito elencati: rete acquedottistica, rete fognaria, rete gas, rete elettrica, rete telefonica ecc.

Al fine di evidenziare la natura litologica dei terreni presenti in sito, valutarne le caratteristiche meccaniche, accertare la continuità in profondità dei litotipi caratterizzanti l'area in esame, oltre ai sopralluoghi e le considerazioni svolte in sito, sono state visionate le risultanze di indagini geognostiche condotte in aree limitrofe, per analoghi interventi edilizi.

L'ammasso formazionale risulta localmente interessato da una copertura eluvio-colluviale, la cui caratteristica litologica è assimilabile ad un limo argilloso. L'intero spessore della sopraccitata coltre sovrastante il substrato argilloso competente risulta variare, indicativamente da 1 a 2 m.

Visto il contesto geomorfologico, geologico-geolitologico sopradescritto e considerando, in particolare, le tipologie d'intervento previste ed il loro impatto sul terreno, a livello locale, non si individuano particolari problemi di stabilità e/o controindicazioni all'utilizzo dell'area per il fine preposto. Tuttavia, poiché la messa in opera dei cosiddetti sottoservizi interrati comporta inevitabilmente la realizzazione di scavi nel terreno, esiste la possibilità che i fronti di sbancamento possano smottare. E' risultato, pertanto, necessario, verificare la stabilità delle pareti dei fronti di sbancamento. Sulla base delle profondità di posa delle condotte ed in riferimento alla teoria di Taylor, sono state valutate, "a breve termine", le condizioni di sicurezza dei tagli.

Il rovinio delle pareti di scavo e lo scivolamento del terreno avviene se lo sforzo di taglio sviluppato nel suolo supera la resistenza al taglio media del suolo stesso. Questo fenomeno è, nel caso in questione, di importanza rilevante per la sicurezza e l'incolumità degli operatori che dovranno posare, negli scavi praticati nel terreno, le condotte ed i manufatti accessori.

Il metodo di Taylor permette di determinare l'altezza critica del taglio assumendo il piano di scivolamento passante per il piede del taglio stesso:

7. VALUTAZIONE DELLA VERIFICA DELLA STABILITA' DELLE SCARPATE DI SCAVO

Le opere in progetto prevedono la realizzazione di diversi sottoservizi nel seguito elencati: rete acquedottistica, rete fognaria, rete gas, rete elettrica, rete telefonica ecc.

Al fine di evidenziare la natura litologica dei terreni presenti in sito, valutarne le caratteristiche meccaniche, accertare la continuità in profondità dei litotipi caratterizzanti l'area in esame, oltre ai sopralluoghi e le considerazioni svolte in sito, sono state visionate le risultanze di indagini geognostiche condotte in aree limitrofe, per analoghi interventi edilizi.

L'ammasso formazionale risulta localmente interessato da una copertura eluvio-colluviale, la cui caratteristica litologica è assimilabile ad un limo argilloso. L'intero spessore della sopraccitata coltre sovrastante il substrato argilloso competente risulta variare, indicativamente da 1 a 2 m.

Visto il contesto geomorfologico, geologico-geolitologico sopradescritto e considerando, in particolare, le tipologie d'intervento previste ed il loro impatto sul terreno, a livello locale, non si individuano particolari problemi di stabilità e/o controindicazioni all'utilizzo dell'area per il fine preposto. Tuttavia, poiché la messa in opera dei cosiddetti sottoservizi interrati comporta inevitabilmente la realizzazione di scavi nel terreno, esiste la possibilità che i fronti di sbancamento possano smottare. E' risultato, pertanto, necessario, verificare la stabilità delle pareti dei fronti di sbancamento. Sulla base delle profondità di posa delle condotte ed in riferimento alla teoria di Taylor, sono state valutate, "a breve termine", le condizioni di sicurezza dei tagli.

Il rovinio delle pareti di scavo e lo scivolamento del terreno avviene se lo sforzo di taglio sviluppato nel suolo supera la resistenza al taglio media del suolo stesso. Questo fenomeno è, nel caso in questione, di importanza rilevante per la sicurezza e l'incolumità degli operatori che dovranno posare, negli scavi praticati nel terreno, le condotte ed i manufatti accessori.

Il metodo di Taylor permette di determinare l'altezza critica del taglio assumendo il piano di scivolamento passante per il piede del taglio stesso:

8. INDAGINE GEOFISICA A SISMICA PASSIVA

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato, oltre che dall'attività dinamica terrestre, dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo vicino. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato *ad hoc*, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva. Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso e pianeggiante presenta l'andamento illustrato in Figura 1. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie o anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

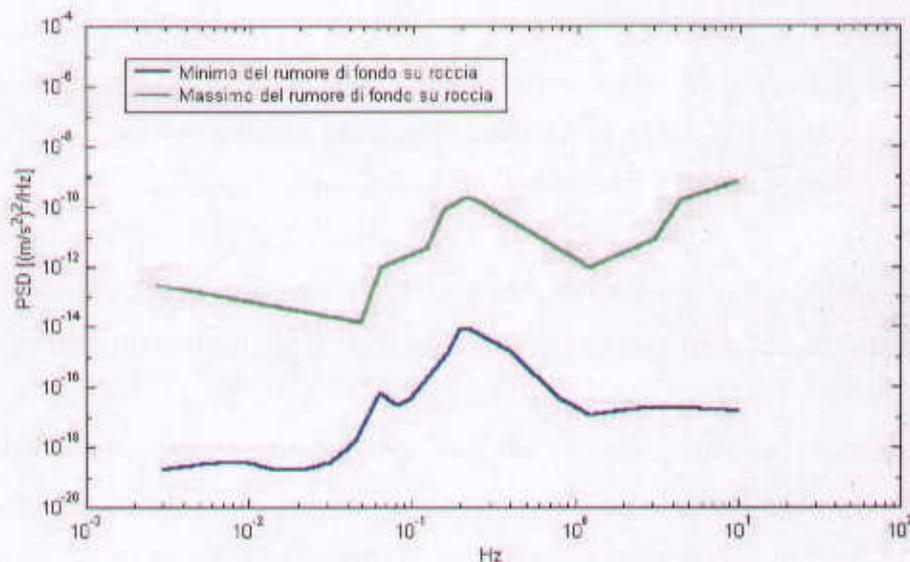


Figura 1. Modelli standard del rumore sismico massimo e minimo per la Terra secondo il servizio geologico statunitense (USGS). Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di contrasto di impedenza. Per strato si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

8.1. Strumentazione utilizzata

L'acquisizione dei dati sismici è stata realizzata mediante TROMINO®, dotato di:

- 3 canali velocimetrici per l'acquisizione del microtremore sismico ambientale (fino a ± 1.5 mm/s ~)
- 3 canali velocimetrici per la registrazione di vibrazioni forti (fino a ± 5 cm/s ~)
- 3 canali accelerometrici per monitoraggio di vibrazioni
- 1 canale analogico (es. trigger esterno per MASW/rifrazione)
- ricevitore GPS integrato, antenna interna e/o esterna per localizzazione e/o sincronizzazione tra diverse unità
- modulo radio per sincronizzazione tra diverse unità e trasmissione di allarmi (es. superamento di soglie)

TROMINO® opera nell'intervallo di frequenze 0.1 - 1024 Hz su tutti canali (fino a 32 kHz su 2 canali) con conversione A/D > 24 bit equivalenti a 128 Hz.

8.2. Procedura di analisi dati

Tutte le misure di microtremore ambientale, della durata di circa 20 minuti ciascuna, sono state effettuate con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate le curve H/V, ottenute col software Grilla in dotazione al tromografo TROMINO, secondo la procedura descritta in Castellaro *et al.* (2005), con parametri:

- ⇒ larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
- ⇒ lisciamiento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
- ⇒ rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine / media a lungo termine) superiore ad 2,
- ⇒ rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.

Come già accennato, nei casi particolarmente semplici (copertura + bedrock) la profondità h della discontinuità sismica viene ricavata tramite la formula semplice della risonanza o , al più, tramite la formula [1] in cui V_0 è la velocità al tetto dello strato, x un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e f_r la frequenza fondamentale di risonanza (cf. ad esempio Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

$$H = \left[\frac{V_0(1-x)}{4f_v} + 1 \right]^{\frac{1}{1-x}} + 1 \quad [1]$$

Nei casi multistrato più complessi le curve H/V si invertono invece creando una serie di modelli sintetici, da confrontare con quello sperimentale, fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali

8.3. Valutazione delle misure. Il progetto Sesame

Negli ultimi anni un progetto europeo denominato SESAME (Site EffectS assessment using AMbient Excitations) si è occupato di stabilire linee guida per la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola ed in array. Esso ha anche fornito dei criteri per valutare la bontà delle curve HVSR e la significatività dei picchi H/V eventualmente trovati. Per ogni sito di misura riportiamo in una apposita tabella i risultati di detti criteri. Si vedrà che tutte le misure HVSR effettuate sono buone, secondo i criteri SESAME, mentre non tutti i picchi trovati sono significativamente importanti ai fini della microzonazione sismica. Che questo accada è normale, in funzione della geologia del sito.

9. MISURA DEL MICROTREMORE SISMICO AMBIENTALE

L'indagine è stata svolta eseguendo n°1 misura di microtremore ambientale a stazione singola. Il report dettagliato della misura è riportato di seguito.

Tali indagini sono state svolte col fine di valutare la continuità delle litologie di superficie anche più in profondità, data l'impossibilità di raggiungere tali livelli di interesse applicativo con le indagini dirette a causa della notevole consistenza delle litologie stesse.

Si è inoltre focalizzata l'attenzione più in profondità al fine di fornire indicazioni degli strati più in profondità.

Nella prova TR 1 la curva H/V non mostra dei picchi che ben rappresentano la situazione lito-stratigrafica del sito.

Nel grafico degli "SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI" si osserva una probabile inversione di velocità nel range 1.3-3.8 Hz. Tale profondità risulta comunque di scarso interesse ai fini applicativi

10. PARAMETRIZZAZIONE SISMICA

L'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 aggiorna la normativa sismica in vigore, con l'attribuzione alle diverse località del territorio nazionale un valore di scuotimento sismico di riferimento, in particolare l'articolo 2 comma 1 di detta ordinanza cita che "...le regioni...provvedono sulla base dei criteri generali di cui all'allegato 1, all'individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche.

La Regione Piemonte, con D.G.R. n. 61 - 11017 del 17/11/2003 "*criteri per la classificazione sismica del territorio e le normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" pone il comune di Trinità nella Zona sismica 4.

Il D.M. 14.1.2008, propone l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, mediante cinque (A - B - C - D - E) tipologie di suoli (più altri due speciali: S1 e S2), da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 metri di terreno (V_{S30}).

10.1. Classificazione della categoria di sottosuolo secondo quanto previsto nella tabella 3.2.II delle NTC

Per la determinazione della $V_{s,30}$ si applica alla lettera quanto prescritto dal paragrafo 3.2.2 delle NTC "ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio (definita successivamente) entro i primi 30 m di profondità"

Categoria C: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).*

10.2. Calcolo fattore di amplificazione topografica (S_T)

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Sulla base delle predette tabelle il sito in oggetto ricade nelle seguenti categorie:

- Categoria topografica **T1** – Pendii con inclinazione media $< 15^\circ$
- Sul pendio $S_T = 1,0$

11. OSSERVAZIONI E CONCLUSIONI

Nella presente memoria tecnica sono stati presi in considerazione gli aspetti geologici, geomorfologici in merito al *al PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO EX ART.43 L.R. N°56/77 e s.m.i. OPERE DA REALIZZARSI AL FOGLIO DI MAPPA N.13 MAPPALIN.454,457,479 ambito urbanistico AREA R6.14°, comune di Trinità.*

In base a quanto emerso nel corso del sopralluogo, tenendo conto della tipologia delle opere in progetto, della morfologia, delle caratteristiche geologico-tecniche dei terreni interessati, si è giunti alle seguenti considerazioni conclusive:

- l'area indagata non è interessata da forme di dissesto in atto o pregresse legate alla dinamica dei versanti;
- l'area non risulta inondabile e neppure coinvolgibile da fenomeni di dissesto legati alla dinamica fluviale e/o torrentizia;
- l'esecuzione delle indagini svolte ha permesso di accertare che, dal punto di vista litologico, nel sottosuolo sono presenti terreni prevalentemente argillosi discretamente competenti;

In base a quanto esposto si riconosce la compatibilità degli interventi a progetto con le caratteristiche geologiche generali, geomorfologiche e geologico-tecniche dei terreni interessati, mantenendo salva l'osservanza di quanto contenuto nella presente.

- le opere in progetto prevedono, inoltre, la realizzazione di diversi sottoservizi, tra i quali interrati. La messa in opera di quest'ultimi comporta inevitabilmente la realizzazione di scavi nel terreno, per i quali è risultato necessario verificare la stabilità delle pareti dei fronti di sbancamento attraverso la metodologia proposta da Taylor. Le altezze critiche così desunte, determinate nella cosiddetta condizione a "breve termine", impongono, al fine di evitare rilasci tensionali, la necessità di far seguire alle operazioni di sbancamento le fasi di getto e di colmamento degli scavi con sufficiente celerità e eventualmente prevedere l'utilizzo di opere di contrasto provvisorie. Inoltre, il materiale di risulta degli sbancamenti potrà essere utilizzato in sito per modesti spianamenti e/o compensazioni scavi-riporti,

STUDIO GEOLOGICO

Dott. Luca Bertino GEOLOGO

solamente per dar luogo a minime sistemazioni morfologiche, necessarie per migliorare la fruibilità dei sedimenti costituenti i singoli;

- in considerazione di quanto determinato nelle cosiddette condizioni "a breve termine" (non drenate), a fini cautelativi, nel consigliare l'utilizzo di un fattore di sicurezza $FS > 1.3$, ovvero maggiore del limite assunto come minimo valore accettabile ai fini della sicurezza dal D.M. 14/01/2008, si suggerisce di non superare le sopraccitate altezze di taglio, nonché prevedere una procedura a campioni. Predisposta, pertanto, una limitata porzione di scavo, dovrà prontamente seguire la posa delle condotte e l'immediato colmamento;
- nel corso dei lavori andranno sistematicamente verificate le reali caratteristiche litologiche, stratigrafiche e tecniche del terreno messo in luce dagli scavi e andranno confrontate con le condizioni ed i parametri assunti in sede di progetto, al fine di valutare l'eventuale necessità di adeguamenti progettuali, in caso di scostamenti rilevanti da quanto ipotizzato;
- per una corretta realizzazione, gli interventi, dovranno comunque essere eseguiti in un margine di tempo che limiti al minimo l'apertura del fronte di scavo, contenendo in tal modo i rischi di infiltrazioni e/o di dissesti in caso di eventuali eventi piovosi intensi;
- i locali interrati dovranno essere adeguatamente isolati nei confronti delle infiltrazioni d'acqua; a tale scopo si dovrà procedere alla realizzazione di un vespaio aerato a tergo dei tratti di muro controterra nonché di un sottofondo in materiale a pezzatura idonea (ghiaia lavata $\phi = 0.5 - 7$ cm). Alla base del materiale drenante potrà inoltre essere posizionato un tubo fenestrato per la raccolta e lo smaltimento delle acque reflue;
- il piano di appoggio delle fondazioni potrà essere ricavato nel substrato argilloso, avendo comunque cura di asportare le coperture sciolte e le porzioni corticali meno competenti;
- relativamente alla possibilità di portanza delle fondazioni dei singoli edifici, funzione, oltreché delle locali caratteristiche geotecniche, della geometria e della profondità d'imposta, per quanto riguarda le valutazioni di R_d negli stati limite ultimo e di esercizio, così come previsto dalle NTC 2008, si rimanda alle singole

pag. 26

STUDIO GEOLOGICO

Dott. Luca Bertino GEOLOGO

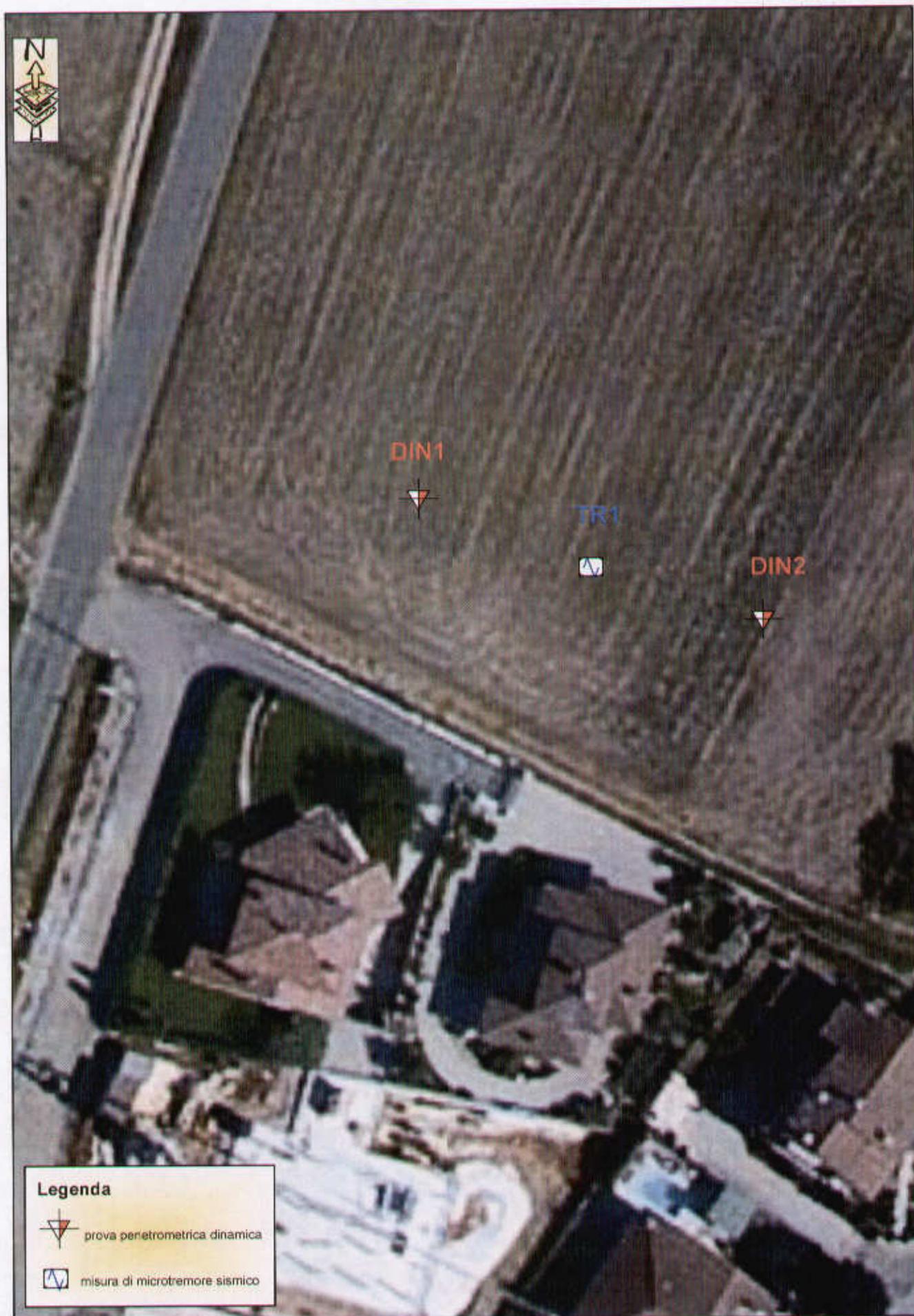
relazioni geologico- geotecniche da redigersi a corredo dei progetti per ognuna delle realizzande abitazioni.

- ▣ la regimazione delle acque superficiali nel contesto esaminato riveste un carattere prioritario, in fase esecutiva è essere prevista una efficace rete di drenaggio, convogliata negli scaricatori esistenti;
- ▣ qualsiasi intervento di regimazione delle acque superficiali non dovrà determinare la formazione di ruscellamenti e erosioni superficiali del versante;
- ▣ si sottolinea l'importanza di una generale cura nella sistemazione delle superfici interessate dagli scavi tale da agevolare l'attecchimento di specie erbacee soprattutto in funzione dell'azione erosiva superficiale delle acque meteoriche sui materiali eluvio-colluviali superficiali;

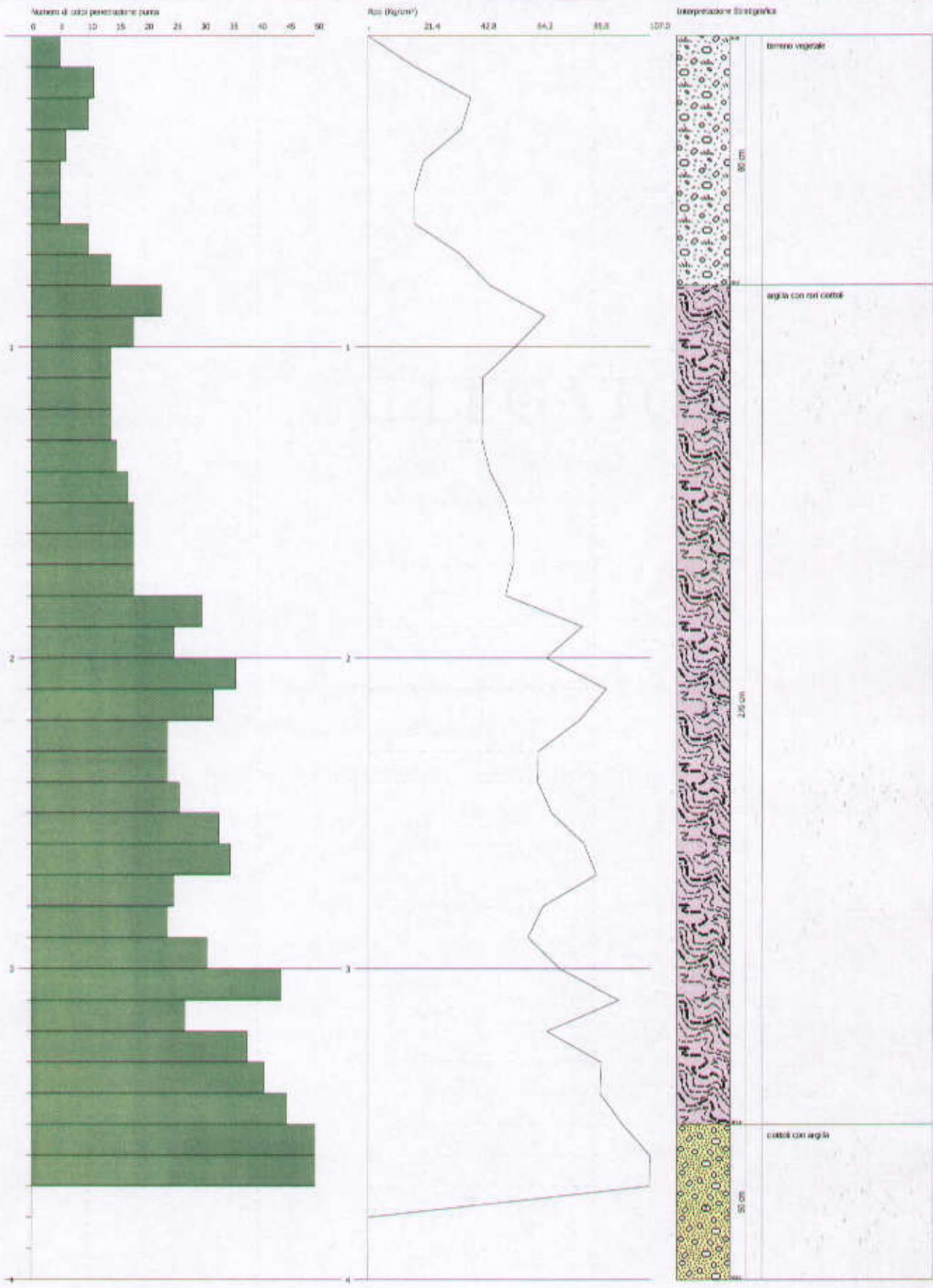
Tenendo conto dell'assetto idrogeologico dell'area e delle risultanze dell'indagine svolta si riconosce la compatibilità degli interventi a progetto nei confronti delle condizioni di pericolosità indicate nella cartografia degli ambiti ai sensi della legislazione regionale vigente nell'ambito della pianificazione territoriale attuale (L.R. 5 Dicembre 1977, n° 56 e s.m.i. - Circolare P.G.R. 8 Maggio 1996 n° 7/Lap e successiva Nota Tecnica Esplicativa del Dicembre 1999) e con le caratteristiche geologiche generali, geomorfologiche e geologico-tecniche dei terreni interessati.

Si precisa che, qualora in corso d'opera fossero riscontrate variazioni stratigrafiche significative rispetto a quanto appurato oppure apportate modificazioni sostanziali al progetto, si renderanno necessari ulteriori approfondimenti d'indagine puntuali.

Inoltre si rimarca la fondamentale importanza della manutenzione, che dovrà essere effettuata costantemente e regolarmente, nei confronti di tutte le opere idrauliche presenti, per garantire una perfetta funzionalità delle stesse.



Localizzazione indagini geognostiche (scala 1:500)



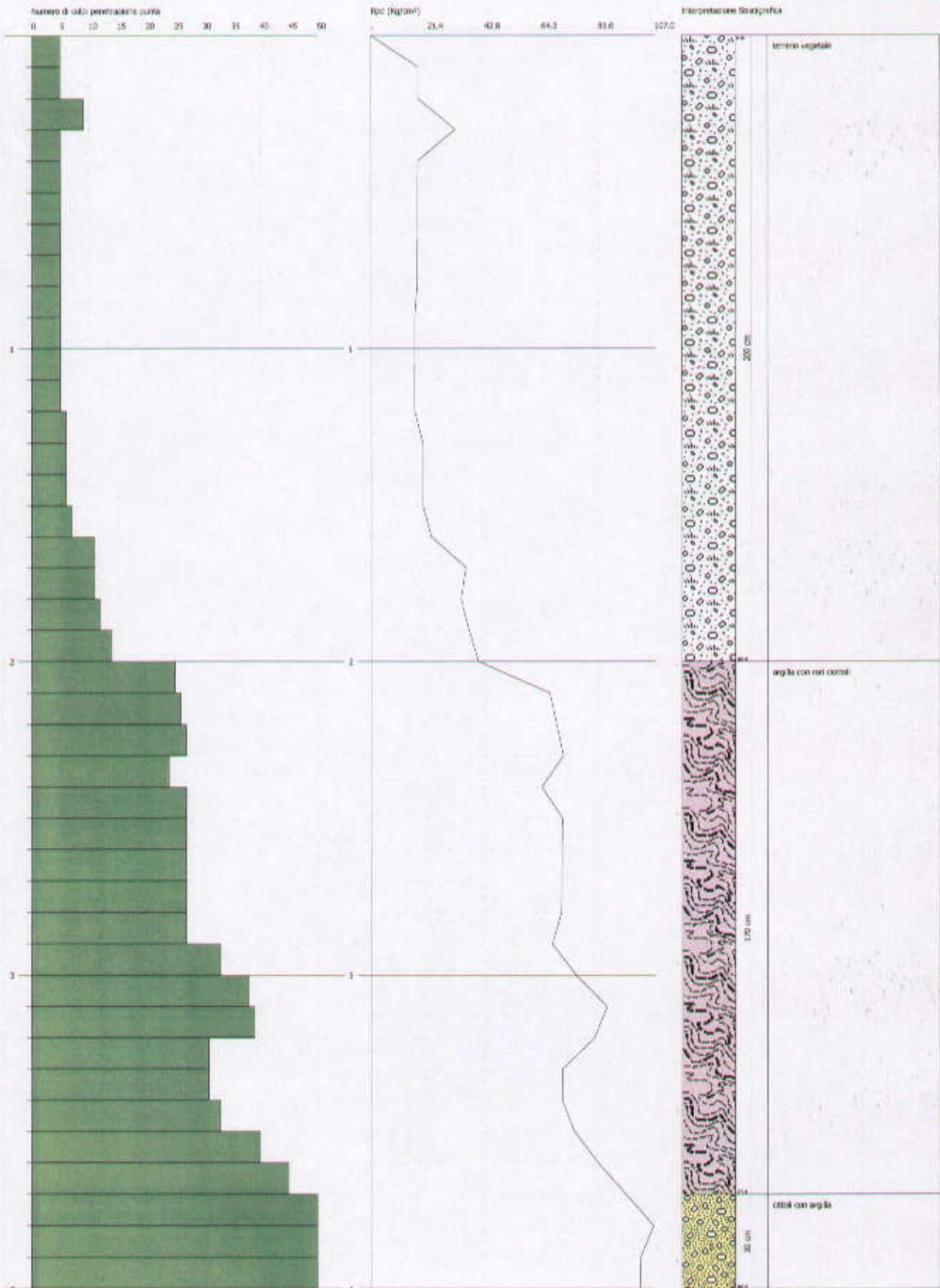
Intestazione:

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DINO
Strumento utilizzato: DC-30 (60°)

Committente: PEC BORGIONANI
Cantone: TRINTA
Località:

Data: 26/04/2015

Scala: 1:17



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

TRINITA_PEC, TR1

Strumento: TEN-0024/01-07

Formato dati: 16 byte

Inizio registrazione: 28/04/15 14:26:44 Fine registrazione: 28/04/15 15:45:48

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; TRIG+ TRIG-

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 1h19'00" Analizzato 52% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 256 Hz

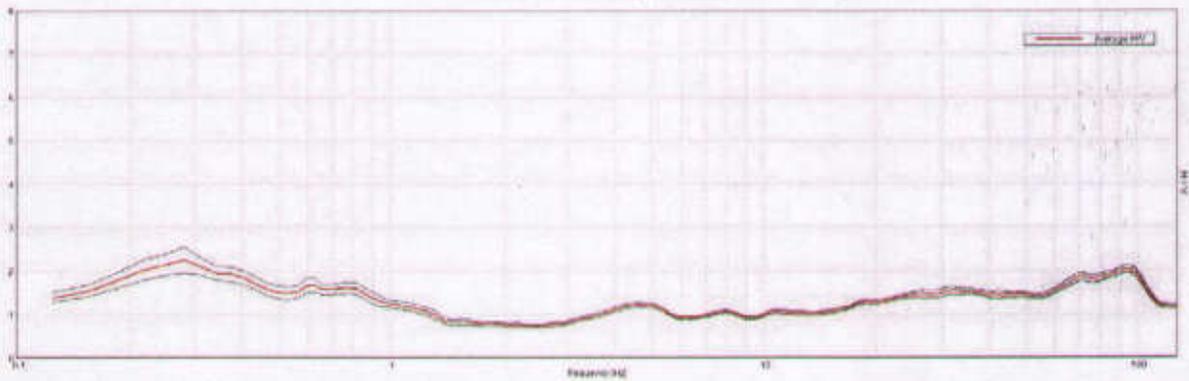
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

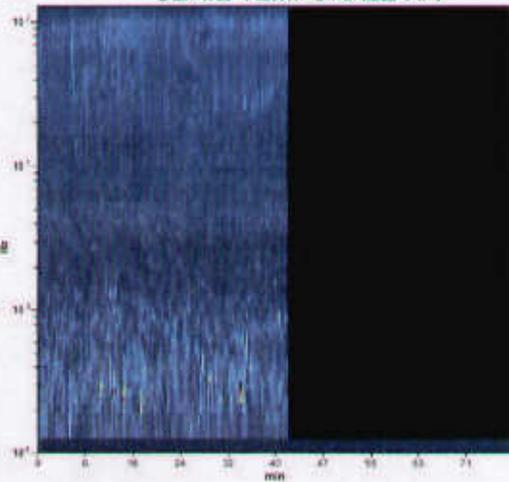
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

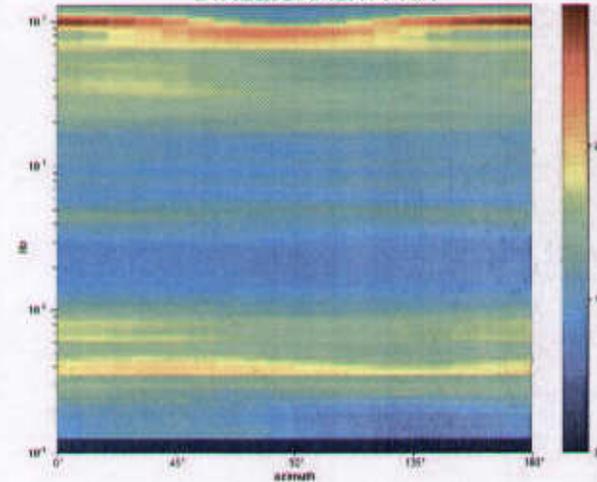
Stat. HVV in 0.20 a 22.28 Hz in the range 00 - 120.8 Hz



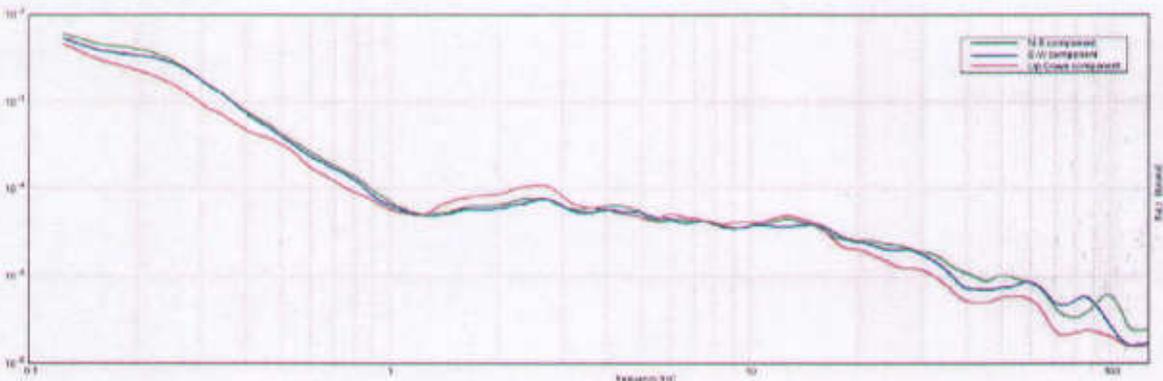
SERIE TEMPORALE HVV



DIREZIONALITA' HVV

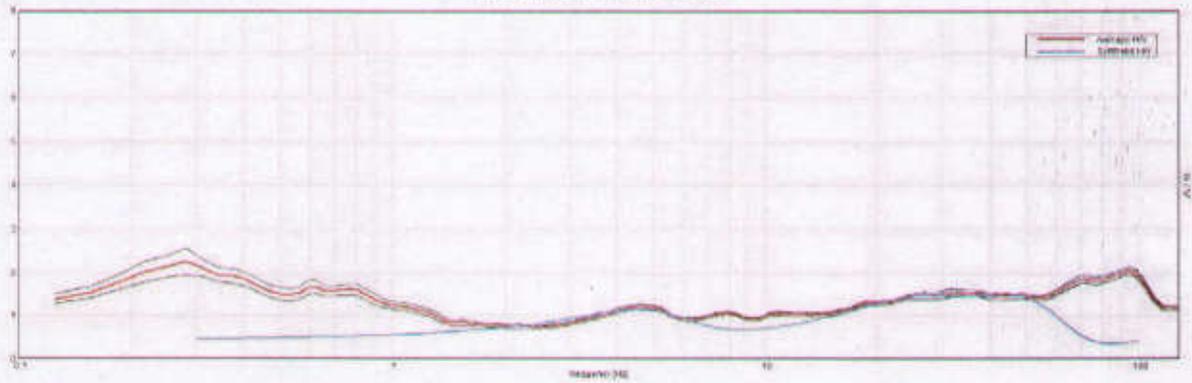


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



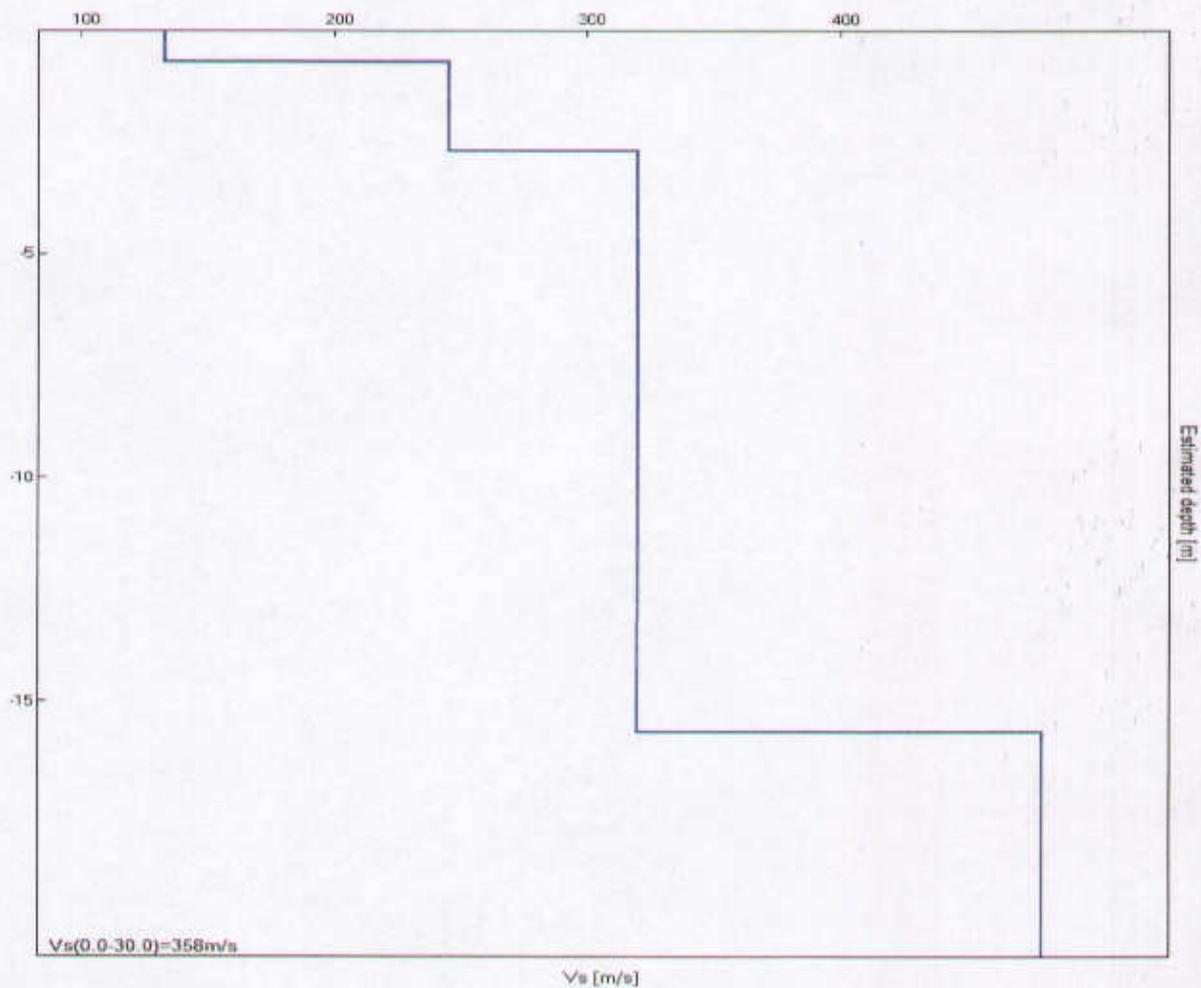
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 0.28 e 25.49 Hz. (in the range 0.0 - 128.0 Hz)



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.70	0.70	133	0.42
2.70	2.00	245	0.40
15.70	13.00	320	0.40
inf.	inf.	480	0.42

Vs(0.0-30.0)=358m/s



Vs(0.0-30.0)=358m/s

Vs [m/s]

Estimated depth [m]

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 0.28 ± 22.49 Hz (nell'intervallo 0.0 - 128.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.28 > 0.50$		NO
$n_c(f_0) > 200$	$697.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 14	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.26 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 79.97503 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$22.49298 < 0.05625$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3091 < 2.5$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

**REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI CUNEO**

COMUNE DI TRINITA'

PIANO REGOLATORE GENERALE

(APPROVATO CON D.G.R. N. 12 - 12443 DEL 10/05/2004)

VARIANTE 2009

(ai sensi dell' art. 31 ter, L.R. 56/77 e succ. mod. ed int.)

**CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA
E DELL'IDONEITA' ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA**
scala 1:10.000

DOCUMENTO PROGRAMMATICO APPROVATO CON	D.C. NR. 10	DEL 22/04/2009
PROGETTO PRELIMINARE (parere ai sensi L.R. 56/77 e s. m. ed i., art. 31ter. c. 9, reso da ARPA con nota prot. 37352 del 07/04/2010) ADOTTATO CON	D.C. NR. 21	DEL 30/06/2010
CONTRODEDUZIONI ADOTTATE CON	D.C. NR. 28	DEL 29/09/2010
PROGETTO DEFINITIVO APPROVATO CON	D.C. NR.	DEL

Sindaco:
GERMANETTI Giuseppe

Segretario Comunale:
Dott. MANZONE Gianluigi

Responsabile del Procedimento:
Geom. SCLAVO Massimo

PROGETTISTA

**STUDIO GEOLOGICO
LABORATORIO GEOTECNICO**
Dott. Geol. Marcello Alasia
Dott. Geol. Bernardino Alasia

Uffici e laboratori:
Scmmariva Bosco (Cuneo), Via XXV Aprile 15
Tel.: 0172-55017 / 0172-54038
Sanremo (Imperia), c.so Cavallotti 340
Tel.: 0184-575553 / 0184-570876
Cell.: 3356761162
Web: www.alasiageologi.it

LEGENDA



Classe I: Porzioni di territorio comunale dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre alcun limite alle scelte urbanistiche con problemi legati esclusivamente all'idoneità geotecnica dei terreni di fondazione verificabile a livello di progetto esecutivo conformemente alle prescrizioni del DM. 11/03/88.



Classe II: Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere superate attraverso la previsione di adeguate indagini di stabilità ed accorgimenti tecnici ispirati al D.M.11/03/88.

Classe III: Porzioni di territorio comunale dove le condizioni di pericolosità geomorfologica e di rischio sono tali da impedire l'utilizzo, qual'ora inedificate, richiedendo viceversa la previsione di interventi di riassetto territoriale e tutela del patrimonio esistente.



Classe IIIa: Porzioni di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti.



Classe IIIb4: Porzioni di territorio edificate nelle quali gli elementi di pericolosità geologica e di rischio sono tali da imporre, in ogni caso, interventi di riassetto territoriale di carattere pubblico e privato a tutela del patrimonio urbanistico esistente. Anche a seguito della realizzazione di opere di sistemazione, indispensabili per la difesa dell'esistente, non sarà possibile alcun incremento del carico antropico.



Fascia A - P.A.I. (Piano stralcio per l'assetto idrogeologico).



Fascia B - P.A.I. (Piano stralcio per l'assetto idrogeologico).



Frane di scivolamento rotazionale (FA3).

