

Ambito di Trasformazione Residenziale  
soggetto a P.A.r30 - Pian Camuno  
Progetto Opere di Urbanizzazione

OGGETTO:

Relazione

Geologica

Progettista:

\_\_\_\_\_

Revisione:

Committenti:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Tavola:

G

Scala:

Data:

Agosto 2016

R.U.P.

\_\_\_\_\_

Ing. Emanuele Bertoli - Via Crocette 13, Pian Camuno (Bs)

1. Premessa .....	1
2. Ubicazione e inquadramento geologico-geomorfologico .....	2
3. Indagine geognostica .....	2
4. Quadro stratigrafico e aspetti geotecnici .....	4
5. Capacità portante e cedimenti dei terreni di fondazione .....	5
6. Aspetti relativi alla pericolosità morfologica .....	7
7. Aspetti relativi alla sismicità .....	8
8. Conclusioni.....	11
9. Bibliografia.....	14

## 1. Premessa

La presente relazione è stata redatta su incarico del progettista, ing. Aldo Abondio, ed è relativa all'indagine geologico-tecnica riguardante il progetto per la realizzazione di un fabbricato a destinazione residenziale sui mappali n. 1316-5081-7256-7260-7263, foglio 6R, nel territorio del Comune di Piancamuno (BS).

L'indagine svolta ha comportato l'esecuzione di un sondaggio meccanico a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 10,5 m dal piano campagna (con esecuzione di 4 prove SPT in foro e attrezzatura del foro di sondaggio a piezometro), e la realizzazione di una prova sismica di superficie utilizzando la tecnica ReMi (Refraction Microtremor).

Secondo lo studio geologico di supporto alla pianificazione urbanistica del Comune di Piancamuno (attualmente adottato dall'Amministrazione Comunale ma non ancora approvato in via definitiva), l'area in esame ricade nella classe di fattibilità geologica 3 (fattibilità con consistenti limitazioni) relativamente alla pericolosità legata alla dinamica morfologica del torrente Re di Gratacasolo e nella classe di fattibilità geologica 2 (fattibilità con modeste limitazioni) per problematiche legate alle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione e alla presenza di falda a bassa profondità dal piano campagna.

L'appartenenza alla classe di fattibilità 3 per problematiche legate alla dinamica morfologica del torrente Re di Gratacasolo era già stata espressa nell'ambito del precedente studio denominato "*Valutazione della pericolosità delle aree dei conoidi alluvionali presenti nei settori di fondovalle del territorio comunale e tracciamento alla scala di PRG dei limiti delle fasce fluviali del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico*", che va comunque tenuto in considerazione fino all'approvazione definitiva dello studio geologico di supporto alla pianificazione urbanistica.

L'indagine è finalizzata, in riferimento alle indicazioni degli studi geologici comunali precedentemente citati e alla Normativa esistente (DM 14 Settembre 2005 "*Norme Tecniche per le costruzioni*"), alla ricostruzione delle condizioni morfologiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche dell'area in esame, per valutare la compatibilità dell'intervento con le suddette condizioni e per definire idonee indicazioni progettuali relative alla realizzazione dell'opera.

Per la valutazione dell'amplificazione sismica locale è stata utilizzata la procedura contenuta nella DGR n 8/1566 del 22 Dicembre 2005 "*Criteri ed indirizzi per la componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n.12*".

## **2. Ubicazione e inquadramento geologico-geomorfologico**

L'area in esame si trova in via Pagher, nel territorio del comune di Piancamuno (BS) presso il margine settentrionale della località Castrino, posta al confine con il Comune di Pisogne (BS); in particolare l'area è posta leggermente all'interno di via Pagher verso nord e immediatamente a valle del rilevato ferroviario della linea Brescia-Iseo-Edolo (vedi allegati 1 e 2).

Dal punto di vista geologico-geomorfologico, l'area si trova nel settore distale e centrale del conoide alluvionale del torrente Re di Gratacasolo (affluente di sinistra del Fiume Oglio nel tratto inferiore pre-lacuale), poche decine di metri a monte rispetto alla fascia di passaggio alla piana di fondovalle del Fiume Oglio. I terreni che costituiscono il sottosuolo dell'area in esame sono quindi costituiti in superficie da depositi di conoide alluvionale in posizione distale (quindi principalmente fini) legati all'attività deposizionale del torrente Re di Gratacasolo, al di sotto dei quali possono essere presenti i depositi di piana alluvionale (fini e/o grossolani) del Fiume Oglio.

Il conoide alluvionale del torrente Re di Gratacasolo è una forma di tipo quiescente che può essere interessata da fenomeni di dissesto legati alla dinamica morfologica del torrente stesso, costituiti dall'esondazione delle acque di piena presso le sezioni critiche e dalla deposizione di colate detritico-fangose. I fenomeni che possono interessare più facilmente i settori distali del conoide (come quello dell'area in esame) sono costituiti principalmente dalla divagazione di acque con ghiaia e sabbia in sospensione, derivanti da esondazione lungo l'alveo o dal rilascio da parte delle colate dopo il loro arresto il quale si verifica, con maggiore probabilità, nelle porzioni apicali e mediane del conoide.

Il bacino idrografico del torrente Re di Gratacasolo è caratterizzato da una forte densità di fenomeni di frana ed erosione (attivi, quiescenti e inattivi) che coinvolgono sia la copertura detritica sia il substrato roccioso e che contribuiscono notevolmente all'aumento del trasporto solido del torrente e all'alimentazione delle eventuali colate detritiche. I principali fenomeni di dissesto presenti entro il bacino sono costituiti da paleofrane di grosse dimensioni (che coinvolgono in profondità il substrato roccioso, attualmente da considerarsi quiescenti, più facilmente riattivabili lungo porzioni limitate delle parti inferiori, anche a causa dell'erosione al piede operata dai corsi d'acqua principali), frane superficiali di piccole dimensioni (che interessano principalmente i depositi superficiali), elevata erosione lineare e forte trasporto solido lungo alcuni affluenti del ramo principale e forte erosione in alveo e sulle sponde lungo l'asta principale del torrente Re di Gratacasolo lungo il tratto compreso fra la località Palotto (quota 900 m) e lo sbocco in apice del conoide alluvionale.

Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici, il prisma di depositi che occupa il fondovalle Camuno (costituito dall'insieme dei terreni di piana di fondovalle e di conoide alluvionale) è sede di una falda a pelo libero la cui superficie piezometrica, nel settore dell'area in esame, è posta a pochi metri dal piano campagna; la falda è soggetta ad oscillazioni e potrebbe portarsi in prossimità della superficie topografica durante periodi di precipitazioni intense e durature (coincidenti con le piene del Fiume Oglio) o anche in seguito a risalita capillare.

## **3. Indagine geognostica**

Al fine di ricostruire le caratteristiche litologico-stratigrafiche, geotecniche e di risposta sismica dei terreni presenti nel sottosuolo dell'area in esame, è stata condotta una campagna di indagini geognostiche che ha previsto l'esecuzione di:

---

- n° 1 sondaggio meccanico a carotaggio continuo, spinto sino alla profondità di 10,5 m dal piano campagna, successivamente attrezzato a piezometro a tubo aperto;
- n° 4 prove penetrometriche SPT nel foro di sondaggio;
- n° 1 una prova sismica di superficie utilizzando la tecnica ReMi (refraction microtremor).

Le indagini svolte sono state programmate, in merito a posizione, tipologia e profondità di investigazione, sulla base delle indicazioni del progettista e sulla base delle caratteristiche dell'intervento previsto. L'ubicazione delle indagini svolte è rappresentata nell'allegato 2.

Il sondaggio meccanico a carotaggio continuo consiste nella perforazione del terreno a partire dal piano campagna, con recupero delle carote di terreno attraversato e disposizione delle stesse in apposite cassette catalogatrici; segue la descrizione della stratigrafia del terreno, eseguita con modalità e osservazioni tali da consentirne una stima della granulometria e delle caratteristiche geotecniche. Nel caso in esame, i sondaggi sono stati realizzati a carotaggio continuo tramite perforazione a rotazione a secco, con carotiere semplice del diametro di 101 mm e tubi di rivestimento del diametro di 127 mm, per l'avanzamento dei quali è stata utilizzata l'acqua.

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni attraversati sono state eseguite, all'interno dei fori di sondaggio, 4 prove penetrometriche SPT (Standard Penetration Test). Tali prove consistono nel far cadere un maglio del peso di 63,5 Kg da un'altezza di 760 mm su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitata una punta conica del diametro di 51 mm e conicità di 60°. Durante l'esecuzione della prova viene misurato il numero di colpi necessario per l'approfondimento dell'attrezzatura di 45 cm, entro il foro di sondaggio preventivamente eseguito, annotando il numero di colpi necessari per l'approfondimento di 3 tratti da 15 cm; il valore di  $N_{SPT}$  è dato dalla somma del numero dei colpi riferiti all'avanzamento del secondo e del terzo tratto. Le operazioni di prova sono precedute dalla pulizia del foro e dalla penetrazione iniziale per peso proprio dell'attrezzatura, così come prevedono le normative AGI cui la prova si riferisce; le stesse normative prevedono la presenza del rivestimento nel tratto di foro di sondaggio in esame. La profondità di realizzazione delle prove SPT è stata definita preventivamente in base alle finalità dell'indagine, ma anche in corso d'opera in base alla natura dei terreni man mano attraversati dal carotaggio.

Al termine della perforazione, al fine di monitorare il livello di falda, il foro di sondaggio è stato attrezzato a piezometro tramite posizionamento nello stesso di un tubo piezometrico aperto con chiusino superficiale.

La stratigrafia del sondaggio geognostico eseguito (con indicazione dei risultati delle prove SPT realizzate alle diverse profondità) è rappresentata nell'allegato 3 a fine testo; nell'allegato 6 si riporta invece la documentazione fotografica relativa all'indagine svolta, con le fotografie delle carote prelevate nei sondaggi disposte nelle apposite cassette catalogatrici.

La prova sismica ReMi (Refraction Microtremor) è un'indagine sismica di tipo indiretto tramite la quale è possibile ricostruire il profilo della velocità delle onde sismiche di taglio ( $V_s$ ) nel sottosuolo, utilizzando per l'acquisizione dei dati la stessa strumentazione utilizzata nella sismica a rifrazione tradizionale; nell'ambito delle indagini ReMi come fonte di energizzazione si utilizza però il "rumore" sismico ambientale. Le basi teoriche sulle quali si fonda

---

il metodo sono le stesse dell'analisi spettrale delle onde di superficie (SASW) e della multianalisi delle onde di superficie (MASW).

Per l'acquisizione dei dati sul terreno è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- sismografo multicanale (24 canali) "OYO" con risoluzione di 24 bit;
- geofoni verticali con frequenza di risonanza di 4.5 Hz;
- 2 cavi sismici per il collegamento dei geofoni, con spaziatura massima pari a 5 metri.

L'analisi e l'interpretazione dei dati acquisiti viene eseguita utilizzando un apposito software e consiste in primo luogo nella trasformazione dei dati in una rappresentazione grafica del rapporto tra la frequenza dell'energia spettrale delle onde di taglio e la velocità (o lentezza) delle stesse (vedi allegato 5a), sul quale viene selezionata una curva di dispersione consistente nel limite inferiore della velocità dell'energia spettrale delle onde di taglio in rapporto al trend della frequenza, rappresentata dai quadretti nella figura in basso. Successivamente viene modellata una curva di dispersione (curva continua in figura 5a in alto) con strati multipli e velocità delle onde S tali da far combaciare la curva di dispersione risultante dai dati acquisiti (rappresentati dai rombi in figura 5a in alto), ottenendo così il grafico dell'andamento delle Vs con la profondità che, nel caso dell'indagine svolta, è relativo al centro dello stendimento geofonico.

Nell'ambito della presente indagine è stato eseguito uno stendimento con distanza intergeofonica pari a 5 m e lunghezza complessiva pari a 115 m; l'ubicazione dello stendimento è riportata nell'allegato 2. Il profilo con l'andamento delle Vs fino alla profondità di 30 m dal piano campagna è rappresentato nell'allegato 5b, nel quale si riporta anche l'andamento delle Vp calcolate a partire dalle Vs tramite il rapporto teorico  $V_p/V_s=1,732$ . Sulla base dell'interpretazione di questi dati può essere ricostruita la natura del sottosuolo; inoltre il valore del parametro Vs30 (media ponderata della velocità delle onde di taglio nei primi 30 m di sottosuolo) è necessario per l'applicazione delle nuove Normative in ambito sismico contenute nel D.M. 14/09/2005.

#### **4. Quadro stratigrafico e aspetti geotecnici**

I dati raccolti nella fase di indagine sono stati interpretati e correlati fra loro allo scopo di ricostruire il quadro stratigrafico e litologico dell'area in esame che, in base ai risultati dell'elaborazione svolta, è costituito dai livelli di terreno descritti nel seguito:

- **LIVELLO 1:** in superficie e fino alla profondità di 6,5 m circa sono presenti sabbie con limo debolmente argillose e ghiaiose a supporto granulare, poco o molto poco addensate, aventi nel complesso caratteristiche di resistenza scadenti (Nspt compreso fra 6 e 3 colpi/piede), sia come resistenza al taglio sia come compressibilità. In base a colore e litologia dei grani, si ritiene che i terreni che costituiscono tale livello siano legati all'attività deposizionale del torrente Re di Gratacasolo.
- **LIVELLO 2:** al di sotto e fino alla profondità massima raggiunta dalle indagini (pari a circa 10,5 m dal piano campagna) sono presenti ghiaie ben addensate con abbondante sabbia, debolmente ciottolose, molto debolmente limose e a supporto granulare, aventi nel complesso caratteristiche geotecniche di resistenza buone o molto buone (Nspt pari a 54). In base a litologia e tipologia dei clasti, si ritiene che i terreni che costituiscono tale livello siano legati all'attività deposizionale del Fiume Oglio.

Al termine del sondaggio la falda è stata rinvenuta alla profondità di 6,5 m dal piano campagna; nel periodo compreso fra la fine di Marzo e la fine di Aprile il livello di falda si è mantenuto sostanzialmente stabile, oscillando fra i 6,52 e i 6,45 m dal piano campagna. Visto l'attuale periodo di magra del Fiume Oglio e la relativa carenza di precipitazioni, tali valori sono molto probabilmente da interpretare come livelli relativamente bassi della falda. Anche in base ad informazioni raccolte in loco, si ritiene che, in occasione di precipitazioni particolarmente intense o prolungate con fenomeni di piena del Fiume Oglio, la falda possa risalire, nei periodi di massimo innalzamento, fino a profondità dell'ordine di 1,5-2,0 m dal piano campagna; inoltre i terreni compresi fra la superficie topografica e la superficie piezometrica potrebbero presentarsi umidi in seguito a fenomeni di risalita capillare.

Per quanto riguarda gli aspetti geotecnici, i parametri dei due livelli individuati sono stati stimati sulla base delle caratteristiche granulometrico-tessiture precedentemente descritte e sulla base dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche SPT (considerando, per il livello 1, il valore medio fra i risultati ottenuti nelle tre prove effettuate al suo interno).

Relativamente al comportamento meccanico, essendo i depositi a sostegno granulare con frazione grossolana (sabbioso-ghiaiosa) predominante rispetto a quella fine (limoso-argillosa), entrambi i livelli presentano un comportamento di tipo granulare. Per la valutazione dei parametri geotecnici sono stati utilizzati i dati e le correlazioni empiriche disponibili in letteratura; per i terreni a comportamento granulare, le correlazioni esistenti permettono di stimare i parametri a partire dal numero medio di colpi/piede nello strato di terreno. Tali correlazioni hanno diversi campi di applicabilità e grado di validità in funzione delle condizioni di prova (litologia, profondità, presenza o meno di acqua, ecc). Nel caso in esame, per i due livelli individuati, sono stati ottenuti i seguenti risultati:

	Nspt	$\phi'$	$c'$ (KPa)	$\gamma'$ (KN/m <sup>3</sup> )	modulo edometrico (MPa)	modulo di Winkler (Kg/cm <sup>3</sup> )
LIVELLO 1 (da 0 a 6,5 m da pc)	4	26-27°	0	17,0	2,5	2,0
LIVELLO 2 (oltre i 6,5 m da pc)	50	34-35°	0	18,0	60,0	10,0

$$(1\text{N/mm}^2=1000\text{KPa}=1\text{MPa} ; 1\text{Kg/cm}^3=9,81\text{N/cm}^3)$$

## 5. Capacità portante e cedimenti dei terreni di fondazione

La capacità portante e i cedimenti sono stati calcolati considerando, in accordo con il progettista, il piano di posa alla profondità di 2,0 m dal piano campagna e quindi nell'ambito del livello 1. Per quanto riguarda i parametri geotecnici, sono stati utilizzati i valori indicati nel paragrafo precedente; l'angolo d'attrito è stato però ridotto al fine di tener conto dei possibili fenomeni di rottura locale e punzonamento dovuti al basso grado di addensamento dei terreni. Il valore ridotto dell'angolo di attrito, pari a 24,2°, è stato calcolato tramite la formula di Vesic; la densità relativa necessaria per l'applicazione di tale formula è stata stimata pari al 30% utilizzando i metodi di Skempton e di Schultze & Menzenbach, che si basano sui risultati delle prove SPT.

La capacità portante ammissibile è stata calcolata con l'espressione di Brinch-Hansen, utilizzando un fattore di sicurezza pari a 3 e adottando i coefficienti consigliati da Lancellotta; per la profondità di incasso delle fondazioni si è tenuto conto di un valore pari a 0,5 m.

I cedimenti sono stati determinati con l'espressione di Burland & Burbidge assumendo un tempo di riferimento pari a 30 anni ed un valore di carico agente pari alla capacità portante ammissibile diminuita del carico dovuto al peso di terreno agente alla profondità del piano di posa, valutando così il cedimento massimo che si potrà verificare; nel caso di cedimento superiore ai 25 mm, è stato calcolato anche il valore del carico da non superare al fine di contenere i cedimenti entro i 25 mm.

I calcoli eseguiti per la capacità portante e i cedimenti sono riportati nell'allegato 4 a fine testo; nelle seguenti tabelle sono riportati in sintesi i valori ottenuti, per fondazione nastriforme e fondazione a base quadrata, ipotizzando diverse misure di larghezza della fondazione stessa:

<i>fondazioni nastriformi</i>			
B (m)	Qamm (KPa)	Ced (mm)	Q 25 (KPa)
1,0	<b>54,2</b>	10,33	-
1,5	<b>67,7</b>	23,29	-
2,0	81,2	39,82	<b>64,3</b>
2,5	94,7	59,37	<b>60,3</b>

<i>fondazioni a base quadrata</i>			
B (m)	Qamm (KPa)	Ced (mm)	Q 25 (KPa)
1,0	<b>55,7</b>	7,37	-
1,5	<b>63,8</b>	13,74	-
2,0	<b>71,9</b>	21,63	-
2,5	80,0	30,94	<b>71,1</b>

*B=larghezza della fondazione, Qamm=capacità portante ammissibile, Ced=cedimento conseguente all'applicazione di un carico pari a Qamm, Q 25=carico da applicare al fine di contenere i cedimenti entro il valore di 25 mm.*

Dovranno essere scelte fondazioni con dimensioni tali da apportare al terreno un carico agente inferiore a Qamm e che comporti un cedimento massimo di 25 mm (valori in grassetto).

Visti i bassi valori di capacità portante ottenuti (dovuti alle scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione) è stata fatta anche l'ipotesi di realizzare una platea di fondazione (sempre alla profondità di 2 m dal piano campagna), avente dimensioni di 9 x 23 m circa, valutate in base all'ingombro del fabbricato; secondo i calcoli effettuati (vedi allegato 4), volendo contenere il cedimento entro il valore di 25 mm, la capacità portante offerta dalla platea è pari a 51,5 KPa.

In alternativa è possibile ricorrere all'uso di fondazioni profonde (pali) da intestare nel livello 2 ghiaioso-sabbioso ben addensato posto alla profondità di circa 6,5 m dal piano campagna; in base al quadro litologico-stratigrafico e alle scadenti caratteristiche di resistenza del livello superficiale 1, questa soluzione viene ritenuta dallo scrivente la più opportuna.

## 6. Aspetti relativi alla morfologia di dettaglio e alla pericolosità morfologica

Gli aspetti morfologici di dettaglio del conoide alluvionale nel settore dell'area in esame sono riportati nell'allegato 2; gli elementi rappresentati, verificati ed integrati con osservazioni dirette di terreno, sono stati ricavati dallo studio geologico di supporto alla pianificazione urbanistica del Comune di Piancamuno, così come la morfologia generale dell'alveo lungo il conoide descritta nel seguito.

Presso l'apice del conoide alluvionale, dopo un tratto lungo il quale il torrente Re di Gratacasolo scorre entro una forra rocciosa stretta e ripida, il corso d'acqua è in fase erosiva con tendenza all'abbassamento del fondo e l'alveo si presenta mediamente inciso, contenuto entro scarpate d'erosione relativamente alte. In questo tratto le sponde sono protette da muri in pietra e malta e l'erosione al fondo è contrastata da alcune briglie. Sempre nel settore apicale, a valle del canale idroelettrico, il corso d'acqua presenta tendenza all'innalzamento del fondo che aumenta gradualmente verso valle, fino a divenire decisamente pensile rispetto alle zone poste all'esterno. In tutto il tratto compreso fra il canale idroelettrico ed il ponte della ex-SS510 (settore medio-apicale) l'alveo è delimitato da grossi muri d'argine in blocchi e malta, posti alla sommità di un rilevato d'argine di grosse dimensioni. In questo tratto sono presenti 5 briglie in blocchi di pietra e calcestruzzo in corrispondenza delle quali si ha un notevole innalzamento del fondo dell'alveo con diminuzione della sezione di deflusso. Nonostante il rivestimento del fondo presente lungo il tratto immediatamente a monte, la sezione del ponte lungo la ex-SS510 può essere facilmente ostruita in caso di forte trasporto solido, in quanto costituita da tre campate aventi un'altezza di circa 2 metri, con pile larghe poco più di 1 metro.

A valle della ex-SS510 (settore medio-distale) è sempre presente su entrambe le sponde la muratura d'argine in blocchi e malta; il rilevato in terra alla base dei muri termina poco a valle del ponte della ex-SS510 in corrispondenza di una briglia. Nel tratto compreso fra tale briglia e l'attraversamento della linea ferroviaria l'alveo diventa gradatamente meno pensile, fino ad avere una quota del fondo leggermente inferiore rispetto a quella delle zone adiacenti; circa a metà di questo tratto è presente, in corrispondenza dell'attraversamento a guado di via Vescovo, una briglia in calcestruzzo che provoca un notevole innalzamento del fondo con riduzione della sezione di deflusso ed elevata probabilità di esondazione su entrambe le sponde, facilitata dall'interruzione della muratura d'argine per il passaggio della strada (sono ancora presenti le scanalature per inserire barriere temporanee in caso di piena). A valle del guado si ha inoltre una notevole riduzione della larghezza dell'alveo.

Il ponte della ferrovia (settore distale del conoide) costituisce un altro punto critico in quanto presenta una sezione di deflusso molto limitata; lungo il tratto compreso fra la linea ferroviaria ed il ponte della nuova SS510, l'alveo è contenuto entro muri d'argine in blocchi e malta (in precario stato di conservazione) con rilevato d'argine all'esterno. Lungo tutto il tratto la sezione di deflusso è molto limitata, così come in corrispondenza del ponte della nuova SS 510. A valle del ponte, in corrispondenza della confluenza con il fiume Oglio, è presente una grossa soglia di fondo in calcestruzzo.

La pericolosità geomorfologica nell'area in esame è da mettere in relazione con la possibilità che si verifichino eventi di esondazione e di deposizione di colate detritico-fangose da parte del torrente Re di Gratacasolo; i fenomeni che possono interessare più facilmente i settori distali del conoide (come quello dell'area in esame) sono costituiti principalmente dalla divagazione di acque con ghiaia e sabbia in sospensione, derivanti da

esondazione lungo l'alveo o dal rilascio da parte delle colate dopo il loro arresto il quale si verifica, con maggiore probabilità, nelle porzioni apicali e mediane del conoide.

Negli studi geologici di supporto alla pianificazione urbanistica del Comune di Piancamuno, per definire la perimetrazione della pericolosità sono state effettuate delle verifiche idrauliche sulle sezioni d'alveo significative e sono stati individuati i percorsi preferenziali di deflusso delle acque lungo il conoide, a partire dalle sezioni d'alveo risultate critiche; le vie di deflusso sono state differenziate in due ordini di probabilità (maggiore e minore) in funzione della morfologia locale delle aree (vedi allegato 2). Per quanto riguarda la pericolosità legata alla deposizione di colate detritico fangose, nello studio citato si ritiene che, in base alle caratteristiche geomorfologiche del conoide e alle opere di regimazione presenti, tali fenomeni si propaghino verso valle restando incanalati all'interno dell'alveo del torrente Re; al limite, in occasione di eventi estremi che portino a colmare la sezione di deflusso del torrente, porzioni limitate del materiale di colata potrebbero fuoriuscire dall'alveo in corrispondenza delle sezioni critiche, per poi seguire gli stessi percorsi delle acque di esondazione.

In base ai risultati di tale studio, l'area in esame ricade nella classe di pericolosità H3 (cui corrisponde la classe 3 della fattibilità geologica). L'attribuzione di questa classe di pericolosità al settore dell'area in esame deriva da possibili esondazioni del torrente Re in corrispondenza del ponte lungo la ex SS 510 e della briglia posta immediatamente a monte (con successivo deflusso lungo via Carducci-via Pagher e lungo il settore compreso fra via Carducci e la sponda sinistra del torrente Re) e in corrispondenza dell'attraversamento a guado di via Vescovo precedentemente descritto. Le eventuali acque di esondazione raggiungono il settore dell'area in esame attraversando il fornice di sottopasso al rilevato ferroviario posto a nord-est di via Pagher (vedi allegato 2); il rilevato funge infatti da sbarramento per le acque provenienti da monte, proteggendo le aree poste a valle e quindi anche l'area in esame. A valle del fornice le acque defluiscono restando tendenzialmente incanalate lungo una traccia depressa e allungata posta in corrispondenza del confine tra due appezzamenti di terreno e più bassa di circa 0,5 m rispetto al settore dell'area in esame (vedi allegato 2); tale linea preferenziale di deflusso confluisce poi in un fosso immediatamente a valle della località Pagher.

In definitiva, rispetto alle eventuali acque di esondazione provenienti da monte, l'area in esame è protetta dalla presenza del rilevato ferroviario e viene lambita dalla linea di deflusso passante attraverso il fornice, rispetto alla quale è posta ad una quota superiore di circa 0,5 m; solo in caso di portata notevole lungo tale direttrice, con conseguente difficoltà nello smaltimento delle acque di esondazione, queste potrebbero interessare anche le aree poste all'esterno della direzione di deflusso, e quindi anche l'area in esame, ma con altezze del tirante idrico e velocità limitate e trasporto di materiale solido principalmente sabbioso-ghiaioso.

In base a quanto esposto, si ritiene che le caratteristiche geomorfologiche di dettaglio dell'area in esame non siano tali da indurre un aumento del grado di pericolosità rispetto alle valutazioni espresse in sede di studio geologico di supporto alla pianificazione urbanistica comunale.

## **7. Aspetti relativi alla sismicità**

Il territorio del Comune di Piancamuno (BS) ricade in zona sismica 3 secondo la classificazione contenuta nell'allegato A dell'OPCM n° 3274 del 20/03/2003 "*primi elementi in materia di criteri generali per la*

---

*classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*", che ha aggiornato la classificazione sismica del territorio nazionale.

Di questo si deve tener conto per la valutazione delle azioni sismiche, in accordo con le indicazioni riportate nell'ordinanza citata, nelle successive modifiche e integrazioni alla stessa (contenute nelle successive OPCM n° 3316 del 2/10/2003 e n° 3431 del 3/05/2005) ed in accordo al D.M. 14 Settembre 2005. Quest'ultima Normativa citata propone inoltre l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del sottosuolo basata sul parametro  $V_{s30}$ , che rappresenta la velocità media ponderata delle onde di taglio nei primi 30 metri di terreno ed è stato definito come segue:

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

$h_i$  = spessore in metri dello strato  $i$ -esimo per un totale di  $N$  strati presenti nei primi 30 metri di sottosuolo;  $V_i$  = velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo;  $N$  = numero strati nell'ambito dei primi 30 metri di sottosuolo.

Per il caso in esame, utilizzando i risultati ottenuti nella prova sismica ReMi, dallo sviluppo del calcolo si ottiene un valore di  $V_{s30}$  pari a 419,76 m/s, in base al quale il terreno di fondazione in esame ricade nella tipologia **B** così definita: "depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o di argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 e 800 m/s, ovvero resistenza penetrometrica media  $N_{spt} > 50$ , o coesione non drenata media  $c_u > 250$  KPa".

Per quanto riguarda la liquefazione dei terreni di fondazione in occasione di eventi sismici, nel caso in esame tale fenomeno può potenzialmente verificarsi in quanto, come emerge dal quadro stratigrafico esposto nei precedenti paragrafi, vi sono le condizioni litologiche e idrogeologiche (presenza di livelli di sabbie, sabbie limose o limi sabbiosi, in falda nei periodi di massimo innalzamento della stessa). Al fine di valutare la propensione alla liquefazione di tali livelli, sono stati applicati alcuni metodi proposti dalla letteratura specifica (procedura di Sherif&Ishibasi, metodo di Seed&Idris, metodo di Iwasaki et. Alii, metodologia proposta nel "Geotechnical Earthquake Engineering Handbook"), utilizzando i dati litologico-stratigrafici e granulometrici desunti dall'indagine svolta. In base ai risultati ottenuti e in riferimento alla magnitudo dei terremoti che si possono verificare nell'area in esame, si esclude la possibilità di liquefazione per i terreni di fondazione.

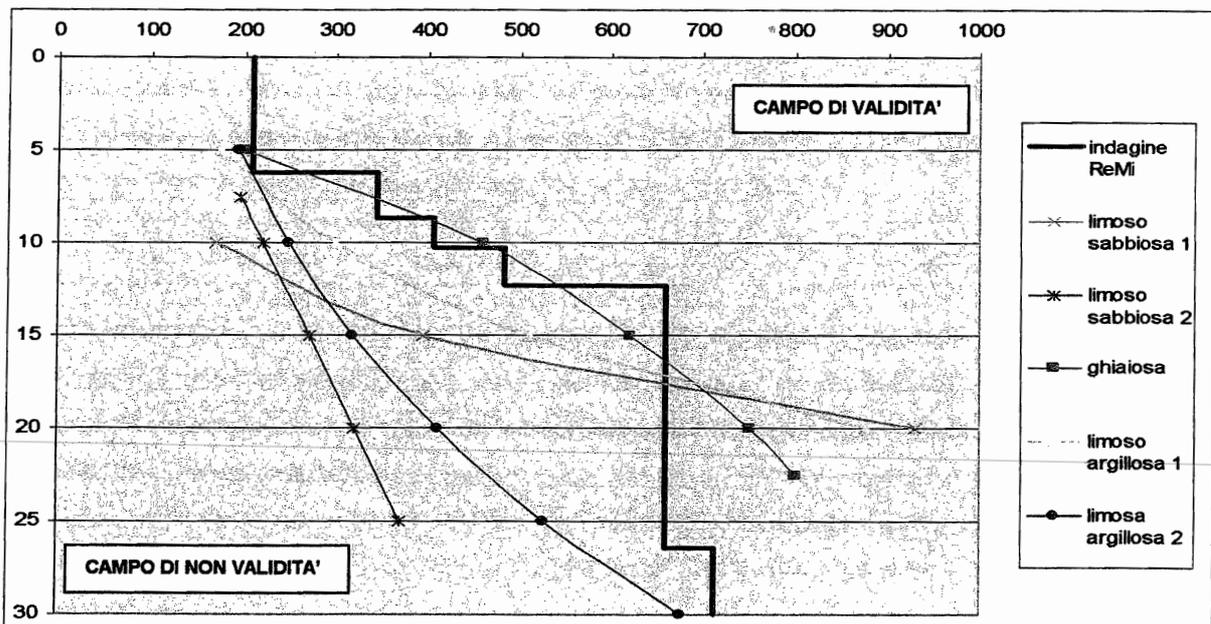
Relativamente alla valutazione dell'amplificazione sismica locale, si è fatto riferimento alla metodologia proposta nell'allegato 5 alla d.g.r. 22 Dicembre 2005 n° 8/1566 "Criteri ed indirizzi per la componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio".

Applicando il primo livello di approfondimento (che per i comuni ricadenti in zona sismica 3 è previsto per tutte le aree urbanizzate e urbanizzabili) il settore dell'area in esame è soggetto a possibile amplificazione per effetti litologici in quanto ricadente in uno scenario di "zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi" (zona PSL Z4a), costituito dai depositi di conoide alluvionale in posizione distale del torrente Re di Gratacasolo e dai sottostanti depositi di piana alluvionale del Fiume Oglio che costituiscono il sottosuolo nell'area in esame.

Il secondo livello di approfondimento è previsto nella d.g.r. citata per i comuni in zona sismica 3 nelle zone PSL Z3 e Z4 interferenti con urbanizzato e urbanizzabile e consente di quantificare il fattore di amplificazione sismica locale ( $F_a$ ), che deve essere confrontato con il valore soglia definito dalla Regione Lombardia per ogni singolo Comune; tale valore, per il Comune di Piancamuno, per suolo di tipo B e periodo compreso fra 0,1 e 0,5 secondi (corrispondente a fabbricati di altezza indicativamente inferiore a 5 piani) è pari a 2,1. Nel seguito vengono esposti i passi di applicazione del metodo.

#### Scelta della scheda di valutazione.

Secondo le indicazioni contenute nell'allegato 5 alla dgr 22/12/2005 n° 8/1566, la scheda di valutazione deve essere scelta in base alla litologia prevalente presente nel sito, con successivo confronto fra l'andamento delle Vs con la profondità previsto nella scheda e andamento reale riscontrato nell'indagine. Nel caso in esame, in base ai risultati dell'indagine, la litologia prevalente nell'ambito dei primi 30 m di profondità è di tipo ghiaioso-sabbioso, ed è ben rappresentata dalla scheda della litologia "ghiaiosa"; tuttavia l'andamento delle Vs ottenuto nell'indagine svolta non è compatibile con l'andamento delle Vs previsto in tale scheda di riferimento. In questi casi, secondo quanto riportato nelle integrazioni all'allegato 5, può essere scelta fra le restanti schede quella che presenta l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quello riscontrato nell'indagine; in accordo con tali indicazioni, la scelta della scheda di valutazione si è basata sul confronto fra il profilo di velocità delle onde S ricavato tramite la prova ReMi e i profili delle Vs delle schede attualmente disponibili nell'ambito della normativa. Tale confronto è schematizzato nel grafico sottostante, dal quale si evince che la schede compatibili con i risultati dell'indagine svolta sono la "limoso-sabbiosa 2" e la "limoso-argillosa 2"; quest'ultima presenta l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quello riscontrato nell'indagine, mentre la prima è più rappresentativa della situazione litologica del sito. La valutazione è stata fatta quindi su entrambe le schede.



#### Spessore e velocità del primo strato e scelta della curva di correlazione T-Fa.

Dai risultati della prova ReMi, il primo strato (cioè quello più superficiale) ha spessore di 6,2 m circa e Vs pari a 208,949 m/s; entrando con tali valori nelle matrici di correlazione delle schede scelte e considerando che il

valore di  $V_s$  è da intendersi come limite massimo di ogni intervallo (quindi nel caso in esame si deve entrare nelle matrici con il valore di 250 m/s), si ottiene in entrambi i casi la curva n° 2.

#### Determinazione del valore di T

In base alle indicazioni della normativa, il valore di T (periodo proprio del sito espresso in secondi), si calcola considerando la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore delle velocità  $V_s$  è uguale o superiore a 800 m/s, utilizzando la seguente relazione:

$$T (s) = \frac{4 \times \sum_{i=1, N} h_i}{(\sum_{i=1, N} h_i \times V_{s_i}) / \sum_{i=1, N} h_i}$$

$h_i$ =spessore in metri dello strato  $i$ -esimo;  $V_{s_i}$ =velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo;  $N$ =numero strati

Nel caso in esame l'indagine non ha raggiunto la profondità alla quale il valore delle  $V_s$  si porta ad 800 m/s; secondo le integrazioni all'allegato 5 della d.g.r. citata, in mancanza del raggiungimento del bedrock ( $V_s \geq 800$  m/s) è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di  $V_s$  con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, fino a raggiungere il valore di 800 m/s. Sulla base dell'andamento della velocità delle onde  $s$  con la profondità ottenuto nel caso in esame, si è ipotizzato il raggiungimento della velocità di 800 m/s alla profondità di 36 m. Dallo sviluppo del calcolo si ottiene un valore di T pari a 0,26 secondi.

#### Determinazione del valore di Fa

Fra i due grafici T-Fa disponibili è stato utilizzato quello relativo al periodo proprio della tipologia edilizia compreso fra 0,1 e 0,5 secondi, in quanto rappresentativo di strutture relativamente basse (indicativamente inferiori a 5 piani) come quella in progetto. Entrando in tale grafico con un valore di T pari a 0,26 s, si ottiene, in entrambe le schede, un valore di Fa pari a 2,0. Tale valore è inferiore al valore soglia definito dalla Regione Lombardia per il Comune di Piancamuno per suoli di tipo B (pari a 2,1); nel caso in esame, applicando la normativa sismica vigente si raggiunge quindi un grado di protezione sufficiente a tenere in considerazione anche gli effetti di amplificazione sismica locale del sito. Per il dimensionamento delle opere previste è quindi corretto applicare lo spettro previsto dalla normativa per la zona sismica 3.

## **8. Conclusioni**

La presente indagine, svolta in accordo con le indicazioni della Normativa di riferimento e degli studi geologici di supporto alla pianificazione urbanistica comunale, ha permesso di ricostruire le condizioni morfologiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche dell'area interessata dal progetto per la realizzazione di un fabbricato residenziale a Piancamuno (BS), sui mappali n. 1316-5081-7256-7260-7263 del foglio 6R.

L'indagine ha previsto l'esecuzione di un sondaggio meccanico a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 10,5 m dal piano campagna (con esecuzione di 4 prove SPT in foro e attrezzatura del foro di sondaggio a piezometro) e la realizzazione di una prova sismica di superficie utilizzando la tecnica ReMi (Refraction Microtremor).

- Per quanto riguarda gli aspetti geotecnici e idrogeologici (vedi paragrafo 4) l'indagine svolta ha messo in evidenza la presenza di un livello superficiale prevalentemente sabbioso con caratteristiche di resistenza nel

complesso scadenti, al di sotto del quale, alla profondità di circa 6,5 m dal piano campagna, è presente un livello ghiaioso-sabbioso con parametri di resistenza buoni o molto buoni. La falda è attualmente posta alla profondità di circa 6,45 m dal piano campagna; in occasione di precipitazioni particolarmente intense o prolungate (con fenomeni di piena del Fiume Oglio) si ritiene che possa risalire, nei periodi di massimo innalzamento, fino a profondità dell'ordine di 1,5-2,0 m dal piano campagna; inoltre i terreni compresi fra la superficie topografica e la superficie piezometrica potrebbero presentarsi umidi in seguito a fenomeni di risalita capillare.

- Per quanto riguarda la pericolosità morfologica (legata alla dinamica del torrente Re di Gratacasolo, vedi paragrafo 6), l'area in esame è posta in un settore che, rispetto alle eventuali acque di esondazione provenienti da monte, risulta protetto dal rilevato ferroviario; tale settore viene lambito dalla potenziale linea di deflusso delle acque di esondazione che attraversa il fornice di sottopasso al rilevato stesso. Rispetto a tale direttrice l'area in esame è inoltre posta ad una quota superiore di circa 0,5 m. Solo in caso di portata notevole lungo tale linea di deflusso, con conseguente difficoltà nello smaltimento delle acque di esondazione, queste potrebbero interessare anche l'area in esame ma con altezze del tirante idrico e velocità limitate e trasporto di materiale solido principalmente sabbioso-ghiaioso. Secondo la perimetrazione della pericolosità effettuata nell'ambito degli studi geologici di supporto alla pianificazione urbanistica del Comune di Piancamuno, l'area in esame ricade nella classe di pericolosità H3. Si ritiene che le caratteristiche geomorfologiche di dettaglio nel settore dell'area in esame analizzate nell'ambito della presente indagine non siano tali da indurre un aumento del grado di pericolosità rispetto alle valutazioni espresse nell'ambito degli studi geologici di supporto alla pianificazione urbanistica comunale.

- Per quanto riguarda gli aspetti sismici (vedi paragrafo 7) si ricorda che il territorio del Comune di Piancamuno ricade in zona sismica 3; relativamente alla classificazione delle categorie di suolo di fondazione secondo il D.M. 14/09/2005, nell'ambito dell'area in esame si ricade nella categoria "B". Inoltre è stato verificato che applicando la Normativa sismica vigente si raggiunge un grado di protezione sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione sismica locale del sito, legati al fatto che l'area in esame è posta nel settore distale di un conoide alluvionale di fondovalle. Relativamente alla liquefazione dei terreni di fondazione in occasione di eventi sismici (potenzialmente possibile nell'area in esame in quanto sono presenti le condizioni litologiche e idrogeologiche), l'applicazione di alcuni metodi di valutazione ha permesso di escludere tale possibilità in riferimento alla magnitudo dei terremoti che si possono verificare nell'area in esame.

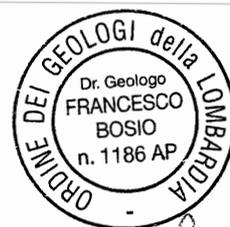
In base ai risultati dell'analisi svolta si ritiene ammissibile l'intervento di nuova costruzione in progetto, subordinatamente al rispetto delle seguenti indicazioni di carattere progettuale, desunte in parte dalle prescrizioni individuate per le aree ricadenti in classe H3 dagli studi geologici di supporto alla pianificazione urbanistica comunale:

- Le fondazioni del fabbricato in progetto (vedi paragrafo 5), il cui piano di posa, in accordo con il progettista, è stato ipotizzato alla profondità di 2,0 m dal piano campagna, dovranno essere dimensionate sulla base dei valori di capacità portante e cedimento indicati nella tabella del paragrafo 5; in particolare dovranno essere scelte fondazioni con dimensioni tali da apportare al terreno un carico agente inferiore alla capacità portante
-

ammissibile calcolata e che comporti un cedimento massimo di 25 mm. E' stata fatta anche l'ipotesi di realizzare una platea di fondazione (sempre alla profondità di 2 m dal piano campagna) la cui capacità portante, volendo contenere il cedimento entro 25 mm, è risultata pari a 51,5 KPa. In alternativa è possibile ricorrere all'uso di fondazioni profonde (pali) da intestare nel livello 2 ghiaioso-sabbioso ben addensato posto alla profondità di circa 6,5 m dal piano campagna; in base al quadro litologico-stratigrafico e alle scadenti caratteristiche di resistenza del livello superficiale 1, questa soluzione viene ritenuta dallo scrivente la più opportuna.

- Vista la relativa vicinanza dell'area in esame rispetto ad una potenziale linea di deflusso delle acque di esondazione, le superfici abitabili dovranno essere realizzate ad una quota superiore di 1,5 m rispetto a quella del piano campagna locale.
- La superficie topografica dovrà essere conformata in modo da evitare l'accumulo e il ristagno superficiale delle eventuali acque di esondazione e in modo da impedire alle stesse il raggiungimento delle superfici del fabbricato in progetto; in particolare il settore posto presso la sommità dello scivolo che conduce al piano seminterrato potrà essere realizzato a schiena d'asino o comunque in modo da impedire che le acque che abbiano eventualmente raggiunto l'area in esame possano interessare il piano seminterrato. Nell'ambito dell'area in esame dovrà essere mantenuta la maggiore superficie libera possibile, così da non incidere in modo significativo sulla capacità di deflusso; in particolare i muri di recinzione sui confini nord-est e nord-ovest dovranno avere altezza limitata.
- I locali seminterrati potranno essere destinati solo a cantine od autorimesse e dovranno essere realizzati adottando accorgimenti costruttivi, relativi alle reti tecnologiche e ai materiali, in grado di limitare le conseguenze di potenziali allagamenti, sia in termini di danno materiale sia di pericolo per l'incolumità delle persone. Inoltre, visto il possibile innalzamento della falda e i fenomeni di risalita capillare, tali locali dovranno essere opportunamente impermeabilizzati lungo le superfici di contatto con il terreno; è possibile inoltre predisporre un sistema di pozzetti e pompe per l'asportazione delle acque in caso di risalita della falda fino alla superficie topografica (che si considera comunque una possibilità remota), con allagamento dei locali seminterrati.
- Si consiglia infine l'utilizzo di materiali poco danneggiabili a contatto con l'acqua; inoltre non dovranno essere messe in opera cisterne per carburanti, metano, GPL o prodotti assimilabili che non siano completamente interrate.

Dr. geol. Francesco Bosio



*Francesco Bosio*

Brescia, Aprile 2007

COMUNE DI PIANCAMUNO (PROVINCIA DI BRESCIA)

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN FABBRICATO A DESTINAZIONE**

**RESIDENZIALE SUI MAPPALI n. 1316-5081-7256-7260-7263, FOGLIO 6R**

*NOTA GEOLOGICO-TECNICA INTEGRATIVA*

*Marzo 2008*

Dr. geol. Francesco Bosio

### **Premessa**

La presente nota è stata redatta su incarico del progettista, ing. Aldo Abondio, ad integrazione dell'indagine geologico-tecnica, redatta dallo scrivente nell'Aprile del 2007, relativa al progetto per la realizzazione di un fabbricato a destinazione residenziale sui mappali n. 1316-5081-7256-7260-7263, foglio 6R, nel territorio del Comune di Piancamuno (BS).

In particolare, si richiede di valutare il cedimento del terreno di fondazione a seguito della realizzazione di una platea con carico medio gravante pari a 68 KPa.

### **Valutazione del cedimento**

Il cedimento della platea in esame è stato calcolato tramite il metodo di Burland & Burbidge considerando i seguenti parametri:

- *dimensioni*: 9 x 23 m circa, valutate in base all'ingombro del fabbricato
- *profondità del piano di posa*: 2,0 m circa dal piano campagna, da indicazioni progettuali
- *caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei terreni di fondazione*: quelle desunte dalla precedente indagine, alla quale si rimanda
- *tempo di riferimento*: 30 anni
- *carico agente*: 68 KPa, da indicazioni progettuali, diminuiti del carico dovuto al peso di terreno attualmente agente alla profondità del piano di posa (compensazione del carico).

Utilizzando i parametri esposti, dallo sviluppo dei calcoli si ottiene un cedimento pari a **68,1 mm**.

Al fine di limitare i cedimenti della platea in fase di esercizio è possibile, una volta eseguito lo scavo di sbancamento per l'imposta della stessa, pre-caricare il terreno di fondazione tramite rullatura; in particolare, al fine di meglio distribuire il carico ed evitare la formazione di eccessivi avvallamenti, si consiglia di stendere un geotessile sul piano di posa riportandovi al di sopra uno strato di terreno ghiaioso-sabbioso sul quale eseguire le operazioni di rullatura.

---

Dr. geol. Francesco Bosio

**CARICO GRAVANTE: 68KPa**

<i>riporto ghiaioso-sabbioso ben rullato con N<sub>spt</sub>=30 colpi/piede</i>									
<b>CEDIMENTO AMMISSIBILE: 25 mm</b>					<b>CEDIMENTO AMMISSIBILE: 35 mm</b>				
<i>spessore riporto</i>	<i>N<sub>spt</sub> medio</i>	<i>ced</i>	<i>Q25</i>	<i>Q residuo</i>	<i>spessore riporto</i>	<i>N<sub>spt</sub> medio</i>	<i>ced</i>	<i>Q35</i>	<i>Q residuo</i>
<i>(cm)</i>	<i>(n°)</i>	<i>(mm)</i>	<i>(Kpa)</i>	<i>(Kpa)</i>	<i>(cm)</i>	<i>(n°)</i>	<i>(mm)</i>	<i>(Kpa)</i>	<i>(Kpa)</i>
0	3,500	68,12	51,89	16,11	0	3,500	68,12	55,62	12,38
20	4,533	47,43	55,92	12,08	20	4,533	47,43	61,31	6,69
40	5,566	35,58	60,43	7,57	40	5,566	35,58	67,59	0,41
60	6,599	28,03	65,24	2,76	60	6,599	28,03	-	-

ced = cedimento conseguente all'applicazione del carico gravante

Q25 = carico da trasmettere per contenere il cedimento entro 25 mm

Q35 = carico da trasmettere per contenere il cedimento entro 35 mm

## 9. Bibliografia

- 1) Autorità di Bacino del Fiume Po - Progetto di Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) - 2001.
  - 2) Ceriani M., Crosta G., Frattini P., Quattrini S. - Evaluation of hydrogeological hazard on alluvial fans.
  - 3) Ceriani M., Mazzoccola D., Agostoni S., Quattrini S., Sciesa E. - Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana nei " siti a rischio " in adempimento alla legge 267/98.
  - 4) Compagnoni M., Pergalani F. - Analisi e valutazioni degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio – Allegato 5: integrazioni. Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano – Milano, Febbraio 2006.
  - 5) Comune di Piancamuno (BS) - Valutazione della pericolosità delle aree dei conoidi alluvionali presenti nei settori di fondovalle del territorio comunale e tracciamento alla scala di PRG dei limiti delle fasce fluviali del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Studio Geo.Te.C., Giugno 2002-agg. Febbraio 2003.
  - 6) Comune di Piancamuno (BS) – Studio geologico di supporto alla pianificazione urbanistica – Studio Geo.Te.C, Febbraio 2006.
  - 7) Di Bernardo A., Dal Corso M. – Formula Geo, Formulario di Geologia Tecnica – Manuale operativo software di geologia tecnica - Program Geo, Brescia.
  - 8) Day Robert W - Geotechnical Earthquake Engineering Handbook – Digital Engineering Library, ed. Mc Graw Hill
  - 9) Deliberazione Giunta Regionale n 8/1566 del 22 Dicembre 2005 - Criteri ed indirizzi per la componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12 - Boll. Uff. della Reg. Lomb. - anno XXXVI, n. 14, 2006.
  - 10) D.M. 14 settembre 2005 - Norme tecniche per le costruzioni.- Suppl. Ord. alla Gazz. Uff., serie gen. n. 222 del 23/09/2005.
  - 11) Lambe T.W., Whitman R.V. - Soil Mechanics - 1969.
  - 12) Lancellotta R. - Geotecnica - ed. Zanichelli, 1987.
  - 13) Ordinanza PCM n. 3274 del 20 marzo 2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica - G.U. n. 105, 8 maggio 2003, Suppl. Ord. n. 72.
  - 14) Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006 – Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone - Gazz.Uff., anno 147, n. 108 del 11-05-2006
-

COMUNE DI PIANCAMUNO - PROVINCIA DI BRESCIA

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN FABBRICATO A DESTINAZIONE  
RESIDENZIALE SUI MAPPALI n. 1316-5081-7256-7260-7263, foglio 6R**

**- INDAGINE GEOLOGICO TECNICA -**

**ALLEGATO 1**

UBICAZIONE DELL'AREA IN ESAME - scala 1:10.000 (da CTR D4a4-D4b4)

Aprile 2007



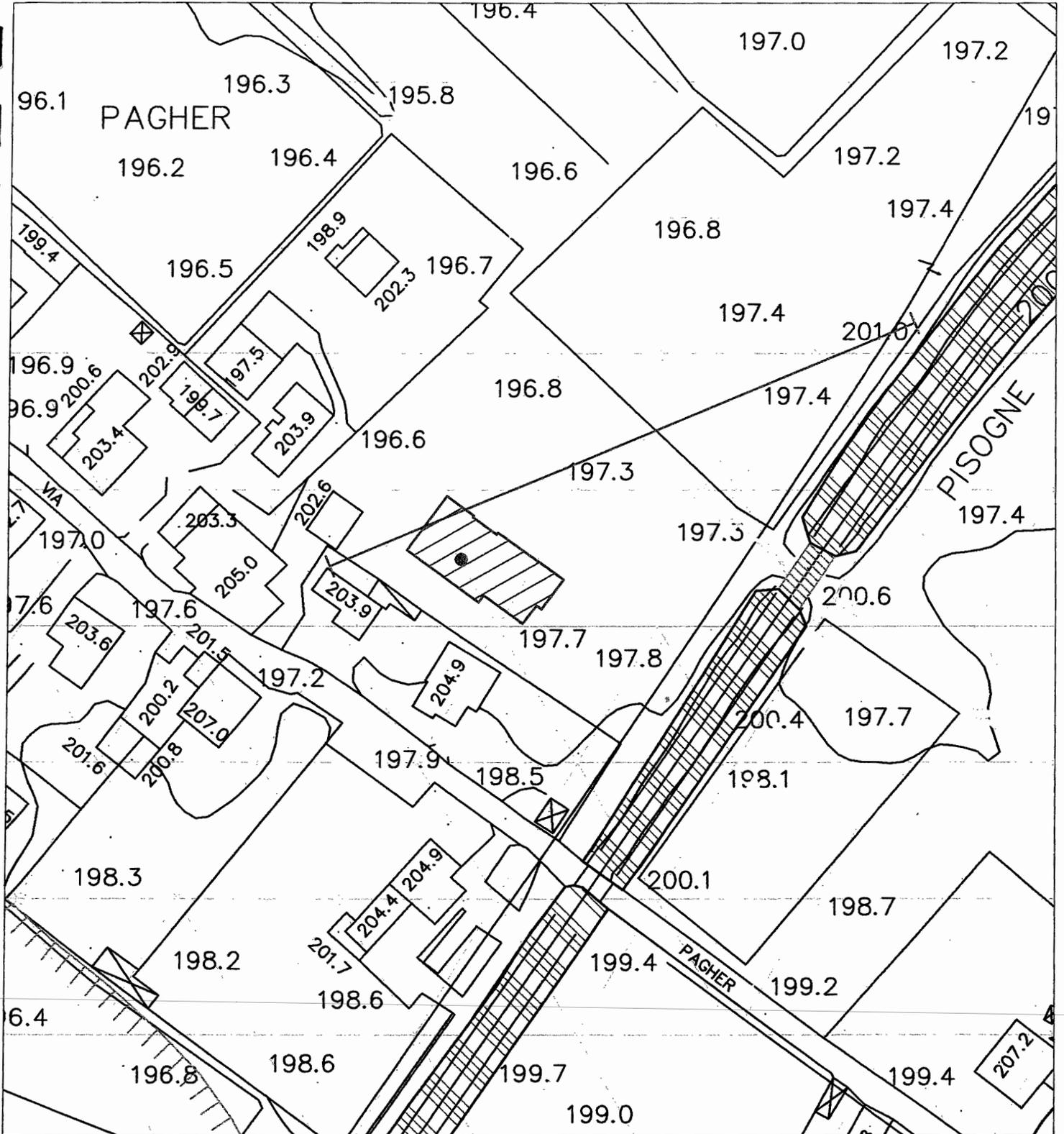
**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN FABBRICATO A DESTINAZIONE  
RESIDENZIALE SUI MAPPALI n. 1316-5081-7256-7260-7263, foglio 6R**

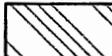
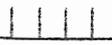
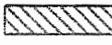
**- INDAGINE GEOLOGICO TECNICA -**

**ALLEGATO 2**

CARTA GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICA CON UBICAZIONE INDAGINI SVOLTE - scala 1:1.000

Aprile 2007



- |  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  | Depositi di conoide alluvionale        |  | Rilevato ferroviario                         |
|  | Scarpata di erosione fluviale inattiva |  | Fornice attraversamento rilevato ferroviario |
| Percorsi potenziali deflusso acque di esondazione:                                 |  |  | Fabbricato in progetto                       |
| a maggiore probabilità   |  |  | Ubicazione sondaggio meccanico               |
| a minore probabilità   |  |  | Ubicazione stendimento indagine geofisica    |

**allegato 3: stratigrafia sondaggio geognostico**

stratigrafia sondaggio meccanico da p.c. a -10,5 m		Comune: <b>PIANCAMUNO (BS)</b>					Località: <b>Castrino - Via Pagher</b>						
		Data:		27/03/2007		Sondaggio:		1		Foglio:		1	
prof (m)	strat	C	G	S	L	A	DESCRIZIONE TERRENO	SPT		γ KN	φ (°)	c KPa	
		% (stimata)						prof	valori				
0,4							Livello superficiale di alterazione/coltivazione costituito da limo con sabbia, ghiaioso. Colore marrone, presenza di sostanza organica						
0,6		-	-	35	55	10	Limo con sabbia (fine), deb argilloso. Marrone chiaro. Fraz fine non plastica e adesiva, untuosa al tatto (lamelle di talco). Poco addensato e consolidato			17,0	26-27	2,5	
1													
1,5		5	30	55	10	-	Sabbia con ghiaia, debolmente limosa, molto debolmente ciottolosa. Colore marrone-violaceo. Clasti in prevalenza subarrotondati di scisto o Verrucano. Da poco a molto poco addensato. Presenza di alcune passate decimetriche con maggiore abbondanza di frazione fine limosa	1,5m	6-4-2	17,0	28	-	
2,4													
2,6		-	5	30	50	15	Limo con sabbia, argilloso, molto deb ghiaioso. Colore grigio-marrone deb rosato. Fraz fine poco plastica non adesiva. Poco addensato e consolidato			17,0	26-27	2,5	
3													
3,0													
3,4		-	15	60	20	5	Sabbia limosa e ghiaiosa, molto debolmente argillosa. Colore marrone rosato. Clasti in prevalenza subarrotondati di scisto o Verrucano. Da poco a molto poco addensato. Presenza di alcune passate decimetriche con maggiore abbondanza di frazione fine limoso-argillosa	3,0m	3-1-3	17,0	26-27	-	
4,6													
4,5		-	5	45	35	15	Sabbia (media e fine in prevalenza) con limo, argillosa, molto deb ghiaiosa. Colore grigio-rosa. Molto poco addensato-consolidato. Frazione fine plastica, molto poco adesiva, untuosa al tatto	4,5m	2-1-2	17,0	25-26	0-2,5	
5,3													
5,65		-	-	40	40	20	Limo e sabbia (media e fine in prevalenza) argillosi. Colore grigio. Frazione fine plastica e poco adesiva, untuosa al tatto			17,0	25-26	2,5-5	
5,75							Piccolo trovante di Verrucano			-	-	-	
6,2		-	-	20	60	20	Limo sabbioso (in prev fine, finissima), argilloso. Col grigio. Fraz fine plastica, poco adesiva, untuosa al tatto. Poco consolidato (pocket penetr <0,4 Kg/cm <sup>2</sup> )			17,0	25-26	2,5-5	
6,5		-	5	75	15	5	Sabbia (in prevalenza media) limosa, molto debolmente argillosa e ghiaiosa. Colore grigio o grigio scuro. Mediamente addensato			17,5	30-31	-	
6,7													
6,7m													
7													
7													
7,7		10	45	40	5	-	Ghiaia con abbondante sabbia, debolmente ciottolosa, molto debolmente limosa. Colore di fondo grigio-marrone. Nel complesso ben addensato. Clasti in prevalenza arrotondati o subarrotondati di origine eterogenea			18,0	34-35	-	
9													
10,5													

Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO ROTAZIONE

Utensile perforazione: CAROTIERE SEMPLICE

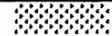
Ø 101 mm

quota inizio sondaggio: 197,5 m slm

prof. falda: 6,50 m

Committente:

Ing. Aldo Abondio

LEGENDA (LITOLOGIA PREVALENTE)	liv sup alterazione/coltivazione		limo e sabbia		sabbia con ghiaia	
	limo		sabbia con limo		ghiaia con sabbia	
	limo con sabbia		sabbia		trovante	

**1) fondazioni nastriformi o a base quadrata** (profondità piano di posa: -2 m da p.c.)

**VALUTAZIONE DELLA CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO - Metodo di Brinch & Hansen.**

Per fondazioni nastriformi (B<L/5)

B	$\gamma$	c'	$\phi'$	$\phi'$ RID	Df	$\tan\phi'$	esp	rad	Nq	Nc	Ny	Qult	Qamm	Qamm	Qamm
m	t/mc	t/mq	°	°	m							t/mq	t/mq	Kg/cmq	Kpa
1,0	1,7	0	27,0	24,2	0,5	0,45	1,4118877	0,99658	9,805	19,6	9,7122	16,59	5,53	0,55	54,2
1,5	1,7	0	27,0	24,2	0,5	0,45	1,4118877	0,99658	9,805	19,6	9,7122	20,72	6,91	0,69	67,7
2,0	1,7	0	27,0	24,2	0,5	0,45	1,4118877	0,99658	9,805	19,6	9,7122	24,85	8,28	0,83	81,2
2,5	1,7	0	27,0	24,2	0,5	0,45	1,4118877	0,99658	9,805	19,6	9,7122	28,97	9,66	0,97	94,7

Per fondazioni a base quadrata

B	$\gamma$	c'	$\phi'$	$\phi'$ RID	Df	L	$\tan\phi'$	esp	rad	Nq	Nc	Ny	Sg	Sq	Sc	Qult	Qamm	Qamm	Qamm
m	t/mq	t/mq	°	°	m	m										t/mq	t/mq	Kg/cmq	Kpa
1,0	1,7	0	27,0	24,2	0,5	1,0	0,45	1,41189	0,997	9,81	19,593	9,71221	0,6	1,4	1,5	17,03	5,68	0,57	55,7
1,5	1,7	0	27,0	24,2	0,5	1,5	0,45	1,41189	0,997	9,81	19,593	9,71221	0,6	1,4	1,5	19,51	6,50	0,65	63,8
2,0	1,7	0	27,0	24,2	0,5	2,0	0,45	1,41189	0,997	9,81	19,593	9,71221	0,6	1,4	1,5	21,99	7,33	0,73	71,9
2,5	1,7	0	27,0	24,2	0,5	2,5	0,45	1,41189	0,997	9,81	19,593	9,71221	0,6	1,4	1,5	24,46	8,15	0,82	80,0

**CALCOLO DEI CEDIMENTI: metodo di Burland & Burbidge.**

Per fondazioni nastriformi (B<L/5)

B larg.	L Lung.	Q	D prof.	$\gamma$	$\gamma_w$	-l spess	tempo	R1	R2	Zi	Nspt av	lc	fh	fs	ft	q'	s'	ced
(m)	(m)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(m)	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(m)	(anni)			(m)		(m)						(mm)
1,0	15	0,21	0,5	1,7	1	1,63	30	0,2	0,3	1,63	4	0,245	1	1,5	1,5	17,5	3,4	10,33
1,5	15	0,35	0,5	1,7	1	1,63	30	0,2	0,3	1,63	4	0,245	1	1,5	1,5	30,9	3,4	23,29
2,0	15	0,49	0,5	1,7	1	1,63	30	0,2	0,3	1,63	4	0,245	1	1,5	1,5	44,4	3,4	39,82
2,5	15	0,63	0,5	1,7	1	1,91	30	0,2	0,3	1,91	4	0,245	1	1,4	1,5	57,9	3,4	59,37

Per fondazioni a base quadrata

B larg.	L Lung.	Q	D prof.	$\gamma$	$\gamma_w$	-l spess	tempo	R1	R2	Zi	Nspt av	lc	fh	fs	ft	q'	s'	ced
(m)	(m)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(m)	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(m)	(anni)			(m)		(m)						(mm)
1,0	1,0	0,23	0,5	1,7	1	1,63	30	0,2	0,3	1,63	4	0,245	1	1	1,5	18,9	3,4	7,37
1,5	1,5	0,31	0,5	1,7	1	1,63	30	0,2	0,3	1,63	4	0,245	1	1	1,5	27,0	3,4	13,74
2,0	2,0	0,39	0,5	1,7	1	1,63	30	0,2	0,3	1,63	4	0,245	1	1	1,5	35,1	3,4	21,63
2,5	2,5	0,48	0,5	1,7	1	1,91	30	0,2	0,3	1,91	4	0,245	1	1	1,5	43,2	3,4	30,94

**CALCOLO DEL CARICO DA TRASFERIRE AL FINE DI CONTENERE I CEDIMENTI ENTRO IL VALORE DI 25 mm: metodo di Burland & Burbidge.**

Per fondazioni nastriformi (B<L/5)

B larg.	L Lung.	Q	D prof.	$\gamma$	$\gamma_w$	-l spess	tempo	R1	R2	Zi	Nspt av	lc	fh	fs	ft	q'	s'	ced	Qeff
(m)	(m)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(m)	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(m)	(anni)			(m)		(m)						(mm)	Kpa
2,0	15	0,32	0,5	1,7	1	1,63	30	0,2	0,3	1,63	4	0,245	1	1,5	1,5	27,5	3,4	24,98	64,3
2,5	15	0,28	0,5	1,7	1	1,91	30	0,2	0,3	1,91	4	0,245	1	1,4	1,5	23,5	3,4	24,80	60,3

Per fondazioni a base quadrata

B larg.	L Lung.	Q	D prof.	$\gamma$	$\gamma_w$	-l spess	tempo	R1	R2	Zi	Nspt av	lc	fh	fs	ft	q'	s'	ced	Qeff
(m)	(m)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(m)	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(m)	(anni)			(m)		(m)						(mm)	Kpa
2,5	2,5	0,39	0,5	1,7	1	1,91	30	0,2	0,3	1,91	4	0,245	1	1	1,5	34,3	3,4	24,75	71,1

**2) platea** (profondità piano di posa: -2 m da p.c.)

**capacità portante**

B m	$\gamma$ t/mq	c' t/mq	$\phi'$	$\phi'$ RID °	Df m	L	$\tan\phi'$	esp	rad	Nq	Nc	N $\gamma$	Sg	Sq	Sc	Qult t/mq	Qamm t/mq	Qamm Kg/cmq	Qamm Kpa
9,0	1,7	0	27,0	24,2	2,0	23,0	0,45	1,41189	0,997	9,81	19,593	9,71221	0,843	1,2	1,2	101,87	33,96	3,40	333,1

**cedimento**

B larg. (m)	L Lung. (m)	Q (Kg/cm <sup>2</sup> )	D prof. (m)	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_w$ (t/m <sup>3</sup> )	H spess (m)	tempo (anni)	R1	R2	Zi (m)	Nspt av	Ic	fh	fs	ft	q'	s'	ced (mm)
9,0	23,0	3,06	2,0	1,7	1	5,1	30	0,2	0,3	5,13	3,5	0,295	1	1,3	1,5	285,9	13,7	776,67

**carico da trasferire per contenere i cedimenti entro il valore di 25 mm**

B larg. (m)	L Lung. (m)	Q (Kg/cm <sup>2</sup> )	D prof. (m)	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_w$ (t/m <sup>3</sup> )	H spess (m)	tempo (anni)	R1	R2	Zi (m)	Nspt av	Ic	fh	fs	ft	q'	s'	ced (mm)	Qeff Kpa
9,0	23,0	0,19	2,0	1,7	1	5,1	30	0,2	0,3	5,13	3,5	0,295	1	1,3	1,5	4,4	13,7	24,03	51,5

**legenda metodo Brinch-Hansen**

: parametri da inserire:

B = larghezza della fondazione  
 $\gamma$  = peso specifico

$\phi'$  = angolo d'attrito interno  
 c' = coesione

D<sub>r</sub> = profondità d'incasso  
 L = lunghezza della fondazione

**legenda metodo Burland-Burbidge**

In presenza di falda porre  $\gamma_{amm}$  pari a 1 t/mc; in assenza di falda porre  $\gamma_{amm}$  pari a 0.  
 Nspt av è la media dei valori di Nspt relativi alla profondità significativa Zi.

I valori della profondità significativa si ricavano in funzione della larghezza B della fondazione in riferimento alla sottostante tabella :

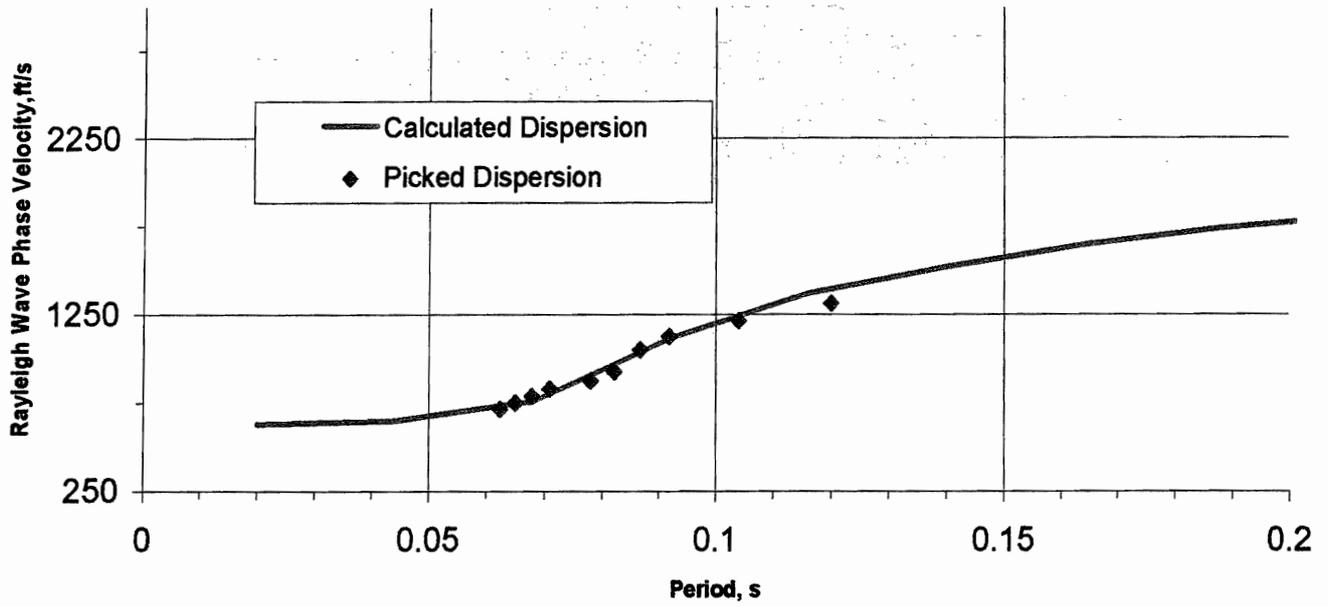
B (m)	2	3	5	10	30	50	100
Zi (m)	1,63	2,19	3,24	5,56	13	19,86	34

H spess. rappresenta lo spessore dello strato compressibile da porre con il suo valore effettivo se minore di Zi e con valore pari a Zi se maggiore o uguale.

Il tempo deve essere uguale o maggiore di 3 anni.  
 R1 vale 0,3 per carichi statici e 0,7 per carichi pulsanti.  
 R2 vale 0,2 per carichi statici e 0,8 per carichi pulsanti.

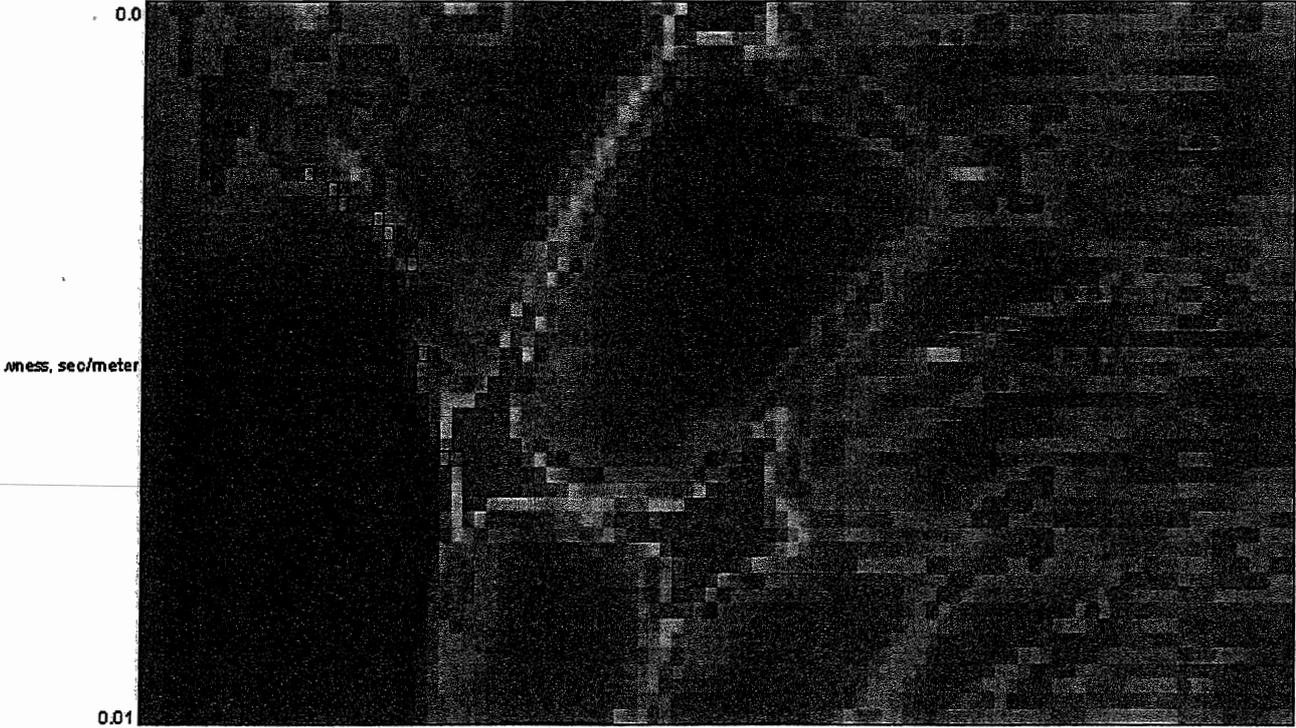
Allegato 5a risultati indagine sismica ReMi

Dispersion Curve Showing Picks and Fit



p-f Image with Dispersion Modeling Picks

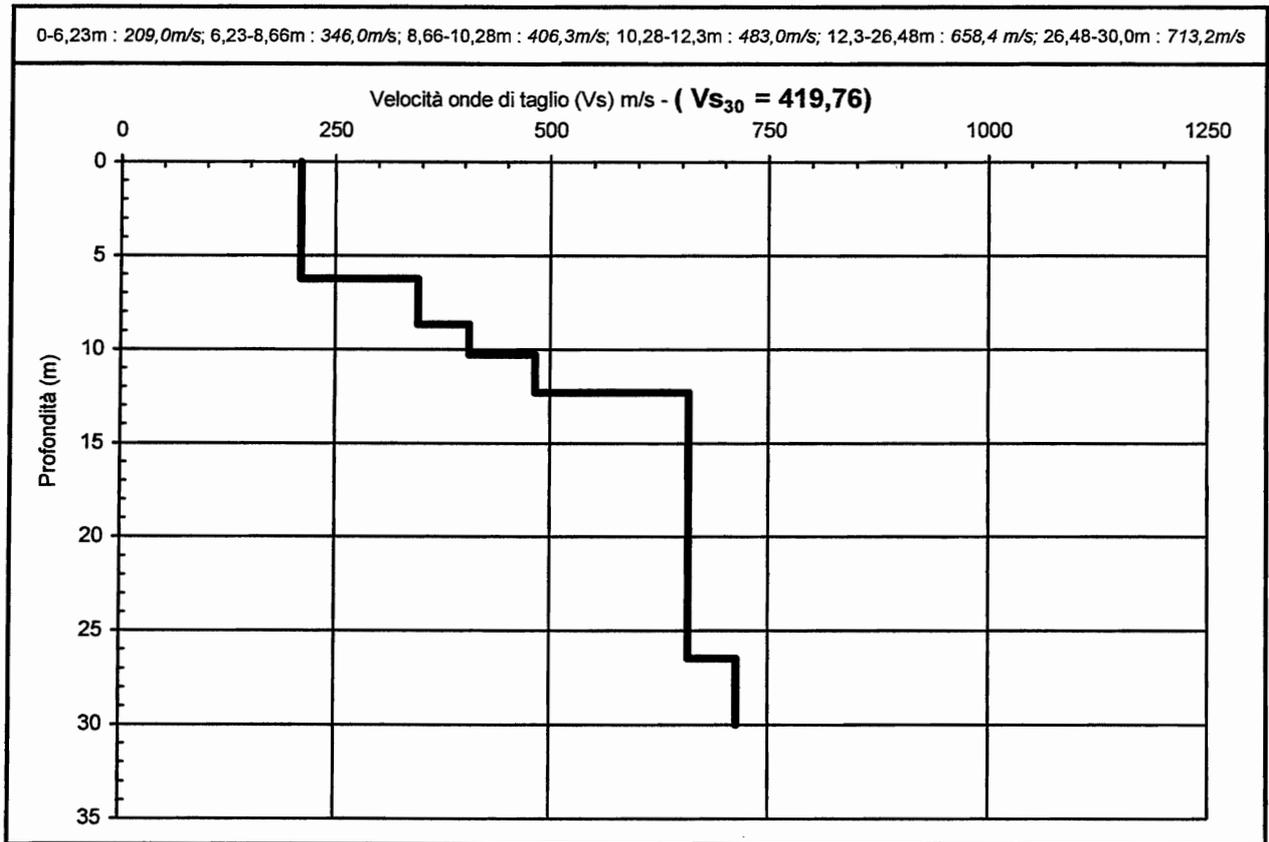
ipt(f)HeNR(IM) V4.0 Vspect C:\MALEGNU FRANK\APRILE 2007\MC086\_SX.sgy + Step 2, 3, 4, 5 - Planes: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10  
0.0 Frequency, Hz 54.931



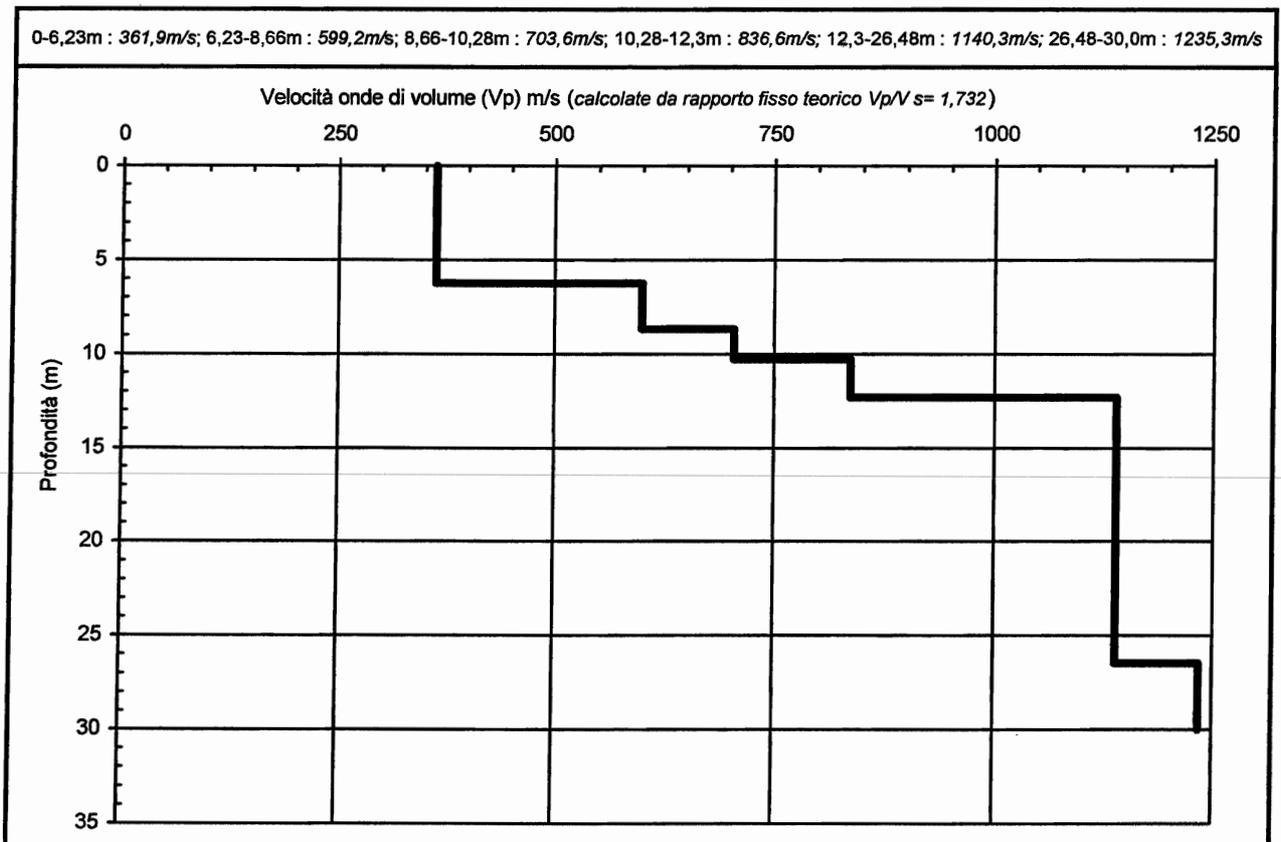
Averaged ReMi Spectral Ratio  
0.0 2.5

ALLEGATO 5b: profili Vs e Vp

PROFILO Vs/profondità



PROFILO Vp/profondità



**ALLEGATO 6: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**

FOTOGRAFIE 1-2: POSTAZIONE SONDAGGIO MECCANICO

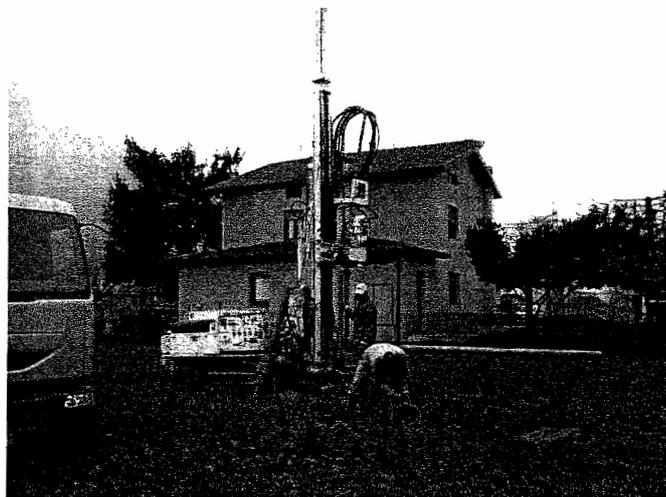
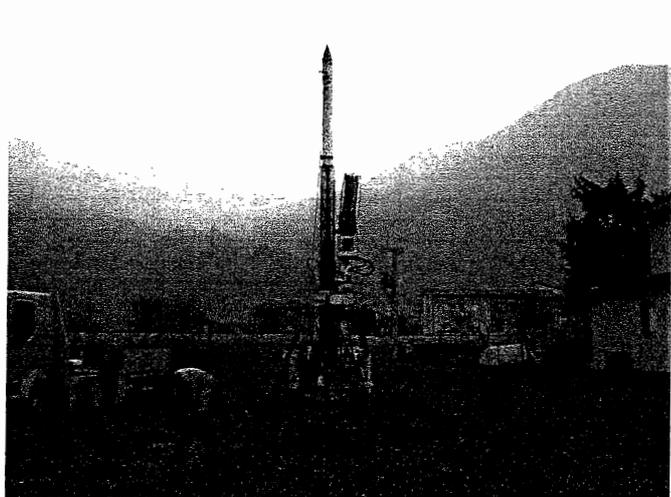


FOTO 3-4: CAROTE SONDAGGIO MECCANICO DA 0,0 A -10,0 m

