

014_2007

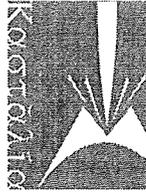
COMUNE DI ROBBIATE
Provincia di Lecco

**REALIZZAZIONE DI N° 5
VILLE UNIFAMILIARI**
Relazione Geologica e Geotecnica

committente

San Martino Immobiliare Srl
Largo Molinetto, 1 - 20052 Monza (MI)

07 marzo 2007



INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO.....	4
4. INDAGINI SVOLTE.....	6
5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI.....	7
6. CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE.....	9
7. VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI.....	11
8. STABILITA' DEI FRONTI DI SCAVO.....	13
9. CONCLUSIONI.....	15

INDICE DELLE TABELLE

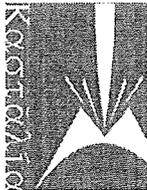
Tab. 1: caratterizzazione fisica dei litotipi presenti nell'area interessata dal progetto.....	7
--	---

INDICE DELLE FIGURE

Fig. 1: curve di uguale pressione verticale sotto una fondazione.....	10
Fig. 2: curve di Taylor per la valutazione della stabilità dei fronti di scavo.....	13

ELENCO ALLEGATI

1. Inquadramento geografico
2. Inquadramento geologico
3. Prove penetrometriche dinamiche
4. Calcolo dei cedimenti



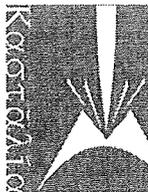
1. PREMESSA

Su incarico della San Martino Immobiliare Srl di Monza (MI) viene redatta la presente relazione Geologica e Geotecnica, di supporto alla progettazione di nuovi interventi edilizi ad uso residenziale siti in Comune di Robbiate (LC), come prescritto dal nuovo Testo Unico *"Norme Tecniche per le costruzioni"* (D.M. 14/09/2005) e come già previsto dal D.P.R. 380/2001 e soprattutto dal **D.M. LL. PP. 11/03/88** *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"*, emanato in attuazione della L. 02/02/1974 n. 64, art. 1.

Scopo di questa indagine è la caratterizzazione geotecnica del terreno sul quale è prevista la realizzazione di 5 ville unifamiliari costituite da un piano fuori terra oltre al sottotetto e da un piano interrato, per una profondità di scavo stimata in 3,5 m circa, al fine di fornire indicazioni sulla natura del primo sottosuolo dell'area e sulle sue proprietà meccaniche, per la scelta della migliore tipologia fondazionale nonché del relativo dimensionamento, oltre che per la stima dei cedimenti conseguenti il carico applicato e per la sicurezza di cantiere.

La caratterizzazione si basa sulle indagini già realizzate dagli scriventi nel settembre del 2006 a supporto della progettazione di tre unità immobiliari poste nel lotto confinante a Nord con quello in oggetto. Si ritiene infatti che l'esigua distanza fra l'area in esame e quella già investigata e l'assenza di qualsiasi evidenza di cambiamento geologico, geomorfologico e idrogeologico fra le due aree possa consentire di estendere la caratterizzazione dei terreni già prodotta a quelli di cui al presente elaborato tecnico.

Tale possibilità è contemplata anche dal D.M. LL. PP. 11/03/1988 che, al punto A.2 cita: *"Nel caso di costruzioni di modesto rilievo in rapporto alla stabilità globale dell'insieme opera-terreno, che ricadono in zone già note, la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo può essere ottenuta per mezzo della raccolta di notizie e dati sui quali possa essere basata responsabilmente la progettazione"*.



2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area investigata si trova al termine di via Carobbio, in comune di Robbiate (LC), ad una quota media di circa 261 m s.l.m., ed è inquadrata nel foglio B5e3 della Carta Tecnica (scala 1:10.000) della Regione Lombardia (allegato 1).

L'area, che si presenta pressoché pianeggiante, si colloca in una porzione marginale dell'area urbanizzata del comune di Robbiate, e confina lungo i lati E, S e W con appezzamenti di terreno interessati dalla pratica agricola. Il confine settentrionale è invece segnato dalla presenza del cantiere di cui si è detto in precedenza.

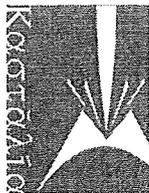
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista geologico l'area si inserisce all'interno di un panorama dominato dalla presenza di depositi glaciali e fluvioglaciali appartenenti al complesso glaciale di Cantù.

Più nello specifico si tratta di ghiaie medio-grossolane a supporto di matrice sabbiosa e sabbie da fini a grossolane, con strutture da corrente. Localmente viene segnalata la presenza di occhi pollini, ossia di vuoti o sacche colmate da materiale residuale a densità molto bassa, dovuti molto probabilmente alla presenza di antiche masse di ghiaccio che si sono disciolte in tempi successivi, dopo essere state ricoperte da materiali terrosi. Lo spessore di alterazione risulta in media modesto e compreso fra 0 e 2,0 m.

I suoli risultano moderatamente profondi, limitati da substrato ciottoloso, scheletro comune in superficie e abbondante in profondità. La tessitura appare media in superficie e moderatamente grossolana in profondità. Il drenaggio risulta buono.

Dal punto di vista geomorfologico il lotto si presenta pressoché pianeggiante e si colloca all'interno di un'area terrazzata di collegamento fra l'ambito dei rilievi e quello di pianura vero e proprio. Uno di questi terrazzi è presente circa 600 m a E - NE del lotto in esame, e comporta un dislivello di circa 9 - 10 m. Più distante, circa 1.200 m verso est, scorre il fiume Adda, incassato



all'interno di una incisione scavata all'interno dei conglomerati quaternari appartenenti alla formazione del "Ceppo" profonda fino a 80 m.

L'assetto idrogeologico dell'area è caratterizzato dalla presenza di una falda freatica che si attesta su profondità di circa 35 m da p.c. Si tratta di una quota che non verrà interessata dalla realizzazione delle opere in progetto, sia per quanto concerne le operazioni di scavo e riporto, sia per quanto riguarda la distribuzione degli sforzi indotti al terreno dall'applicazione dei carichi, e che pertanto si può ritenere ininfluenza ai fini del presente elaborato tecnico.

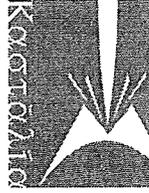
La natura prevalentemente grossolana dei terreni limita inoltre la possibilità che possano essere presenti falde sospese a quote interessate dal progetto; le prove penetrometriche realizzate ad hoc per la caratterizzazione geotecnica dei terreni del lotto confinante a Nord non hanno in effetti riscontrato evidenze della presenza di tali falde sospese.

La presenza di tali terreni costituisce viceversa un'opportunità per lo smaltimento delle acque bianche direttamente nel sottosuolo. Si ricorda infatti che i processi di urbanizzazione, con lo sviluppo di superfici coperte o comunque impermeabilizzate, costituiscono una importante concausa nel determinare eventi alluvionali sempre più violenti, dovuti a onde di piena strette (ossia concentrate nel tempo) e alte (ovvero con portate notevoli).

Infatti, a parità di intensità di precipitazione, la presenza di superfici impermeabili determina non solo l'impossibilità di infiltrazione di acqua nel sottosuolo, con conseguente aumento dei volumi negli alvei, ma anche una accelerazione nel tempo di corrivazione delle acque, con conseguente contrazione del tempo di deflusso e aumento della pericolosità dell'evento.

Si ritiene pertanto utile prevedere la realizzazione di pozzi perdenti, opportunamente dimensionati sulla base del valore di permeabilità "k" del terreno da determinare con prove dirette in sito, per lo smaltimento delle acque bianche.

Ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "*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 del 8.5.2003), allegato 1, il territorio comunale di Robbiate è classificato in **zona 4**, definita come un'area con



accelerazione orizzontale a_g/g , con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, inferiore a 0.05, e per la quale non sono state riscontrate condizioni tali da richiedere supplementi di indagine volti alla determinazione del rischio sismico e alla definizione della conseguente progettazione antisismica.

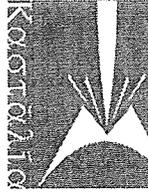
4. INDAGINI SVOLTE

Sulla base delle informazioni preliminari raccolte e tenendo conto di quanto previsto dal progetto in merito a estensione e dimensione dei fabbricati in costruzione, nonché delle strutture interrato previste, in considerazione del fatto che si ritiene che l'area in cui è ubicato il lotto presenti caratteri di omogeneità oltre i confini dello stesso, la caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata basata sulle risultanze dell'indagine geognostica, articolata in tre prove penetrometriche dinamiche, realizzata ad hoc a supporto della progettazione delle unità immobiliari in fase di realizzazione e confinanti a Nord con l'area in esame.

Le prove penetrometriche sono state realizzate con un penetrometro dinamico superpesante "Pagani" con maglio da 73 kg, seguendo la metodologia AGI (Associazione Geotecnica Italiana) con rilevazione del numero di colpi per avanzamenti unitari delle aste di 30 cm; le caratteristiche tecniche del penetrometro utilizzato sono riportate in allegato 3.

Questo tipo di indagine consente di rilevare la resistenza alla penetrazione nel terreno di una punta metallica, di dimensioni e peso standardizzate, energizzata dalla caduta di una massa; la strumentazione e le modalità operative rispettano standard definiti. In tale modo è possibile costruire un diagramma (allegato 3) nel quale sono correlati il numero di colpi rilevati per avanzamenti unitari con la profondità d'indagine, che costituisce l'elaborato base da cui estrapolare le proprietà fisiche del terreno attraversato e interpretarne, in maniera indiretta, la composizione granulometrica.

Ciascuna prova era stata condotta spingendo la profondità di investigazione sino al rifiuto strumentale, ottenuto a quote comprese fra 2,70 m e 6,60 m da p.c.



5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

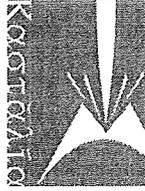
Le tre prove penetrometriche sono state distribuite omogeneamente all'interno del lotto confinante a Nord con quello in esame ed in generale hanno evidenziato una situazione sostanzialmente omogenea, caratterizzata dalla presenza di terreni sabbiosi e limosi sciolti fino a profondità comprese fra 1,8 e 3,3 m da p.c., cui seguono terreni granulari ghiaiosi e sabbiosi con possibili intercalazioni di sottili livelli coesivi, mediamente addensati. All'interno di questi terreni granulari si osserva la presenza di ciottoli che localmente hanno determinato un brusco aumento del numero di colpi necessari a parità di avanzamento della punta penetrometrica, e che comunque hanno comportato il rifiuto strumentale prima del raggiungimento della profondità di investigazione prevista di 9,9 m.

Ciò premesso, l'interpretazione dei risultati delle prove penetrometriche, ottenuta mediante la correlazione del n° di colpi misurato con opportuni grafici e tabelle, è stata estesa a entrambi i litotipi individuati, ed ha consentito di attribuire i parametri fisici necessari per i successivi calcoli geotecnici, riassunti in tabella 1.

In particolare con N_{30} è indicato il numero medio di colpi nell'intervallo considerato per avanzamenti unitari di 30 cm, ϕ è l'angolo di attrito interno, γ_s è il peso di volume saturo, γ_n è il peso di volume naturale, C_u è la coesione non drenata mentre E è il modulo elastico.

Tab. 1: caratterizzazione fisica dei litotipi presenti nell'area interessata dal progetto

Livello	da m	a m	Litologia	N_{30}	Φ (°)	γ_s (g/cm ³)	γ_n (g/cm ³)	C_u (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)
1	0.00	1.80 ÷ 3.30	Limo sabbioso soffice con presenza di materia organica	2.5	--	1.66	1.66	0.23	--
2	1.80 ÷ 3.30	>6.6	Sabbia e ghiaia da sciolte a mediamente addensate con ciottoli e subordinata frazione fine	9.5	31	2.05	1.87	--	210



6. CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE

Il terreno di fondazione deve essere in grado di sopportare il carico trasmesso dalla costruzione su di esso gravante, senza che si verifichi una rottura per taglio. Inoltre i cedimenti provocati dal carico trasmesso devono essere tali da non compromettere l'integrità della struttura.

Il calcolo della resistenza limite al taglio, o capacità portante ultima, q_{ult} , è stato effettuato tenendo conto che le prescrizioni sulla capacità portante ammissibile (q_{amm}) per le fondazioni superficiali impongono un **fattore di sicurezza minimo** pari a **3** (D.M. LL. PP. 11/03/1988, art. C.4.2).

La capacità portante del terreno è stata ricavata inserendo il modello stratigrafico del terreno in un apposito codice di calcolo che utilizza la seguente espressione generale:

$$Q_{ult} = c' * N_c * D_c * S_c * I_c * G_c * B_c + \gamma' * N_q * D_q * S_q * I_q * G_q * B_q + 0.5 * \gamma' * B * N_{\gamma} * D_{\gamma} * S_{\gamma} * I_{\gamma} * G_{\gamma} * B_{\gamma}$$

dove:

Q_{ult} = Pressione ultima a rottura

B, D = Larghezza (lato minore o diametro per fondazioni circolari) e profondità di incastro

c', c_u = Coesione drenata, non drenata

γ, γ' = Densità totale, sommersa

N_c, N_q, N_{γ} = Fattori di Capacità Portante (funzione di ϕ)

$s_c, s_q, s_{\gamma}, s_c', s_q', s_{\gamma}'$ = Fattore di forma (drenato/non drenato)

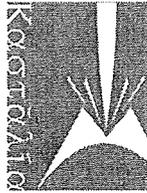
$d_c, d_q, d_{\gamma}, d_c', d_q', d_{\gamma}'$ = Fattore di profondità (drenato/non drenato)

$i_c, i_q, i_{\gamma}, i_c', i_q', i_{\gamma}'$ = Fattore di inclinazione del carico (drenato/non drenato)

$g_c, g_q, g_{\gamma}, g_c', g_q', g_{\gamma}'$ = Fattore di inclinazione del terreno - fondazione su pendio (drenato/non drenato)

$b_c, b_q, b_{\gamma}, b_c', b_q', b_{\gamma}'$ = Fattore inclinazione del piano di fondazione - base inclinata (drenato/non drenato).

La scelta delle condizioni di calcolo a lungo e/o breve termine è condotta inserendo i parametri geotecnici dei terreni attraversati (c, γ , etc ...), passaggio che può comportare l'annullamento di alcuni dei termini dell'equazione sopra esposta (come nel caso di terreni coesivi con $\phi = 0$, o di terreni granulari con $c_u = 0$).



Ogni relazione di portanza di cui sopra utilizza fattori di capacità portante e fattori di correzione (fattori di forma, di profondità ...) nella formulazione matematica sviluppata dal relativo autore.

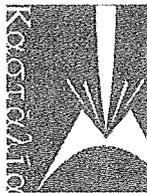
Sulla base di tali premesse sono stati applicati i fattori di Terzaghi a una fondazione lineare nastriforme di larghezza pari a **1.0 m**, impostata ad una profondità di **3,5 m** da piano campagna. Si sottolinea il fatto che a questa profondità le prove penetrometriche hanno fornito indicazioni circa il passaggio fra il litotipo coesivo superficiale e quello granulare profondo. Nell'elaborazione che segue sono stati pertanto introdotti i parametri geotecnici relativi al terreno granulare che dovrà essere comunque tassativamente raggiunto in sede operativa per la posa delle fondazioni.

Come conseguenza della geometria delle fondazioni proposte e dei parametri geomeccanici dei terreni su cui le stesse insisteranno, la relazione generale (1), inserendo i fattori correttivi di Terzaghi, diviene:

$$Q_{ult} = c * N_c + \gamma * D * N_q + 0.5 * \gamma * B * N_{\gamma}$$

L'applicazione di questa elaborazione all'area e alle fondazioni considerate ha un valore di capacità portante pari a 4.28 kg/cm². Considerando il fattore di sicurezza **3** previsto dalla normativa in vigore i carichi di progetto non dovranno superare **1.4 kg/cm²**, pari a circa 137 KPa.

Si tratta di un valore che si ritiene più che sufficiente a garantire la fattibilità delle opere con ottimi margini di sicurezza, anche in considerazione della limitata entità delle strutture previste.



7. VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI

L'applicazione di un carico ad un terreno naturale comporta lo sviluppo di un cedimento, che consiste nello spostamento verticale del terreno di appoggio della fondazione, funzione principalmente delle proprietà degli strati compressibili e dell'intensità e distribuzione della pressione verticale su questi strati. L'esperienza ha dimostrato che la pressione verticale può essere calcolata con sufficiente cura, assumendo che il terreno sotto la costruzione sia perfettamente elastico ed omogeneo.

Basandosi su queste ipotesi e applicando il metodo di Boussinesq è stato possibile ricostruire la distribuzione degli sforzi applicati al terreno dalle fondazioni in progetto alle diverse profondità (figura 1), consentendo una stima dei cedimenti totali previsti ottenuta per sommatoria dei cedimenti valutati per porzioni omogenee di terreno di spessore sufficientemente piccolo. Nel calcolo dei cedimenti si è fatto riferimento ai carichi massimi ammissibili già determinati e riportati nel capitolo precedente.

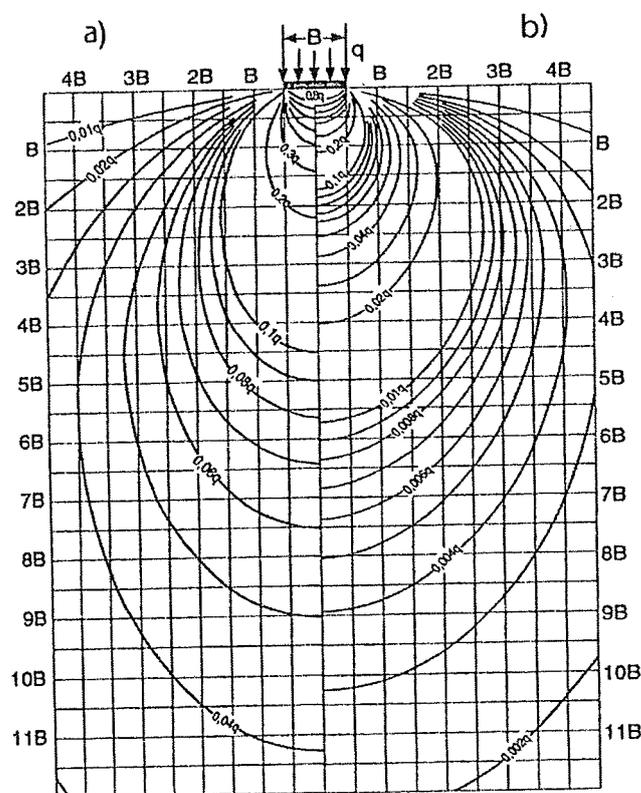
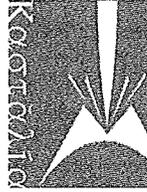


Fig. 1: curve di uguale pressione verticale sotto una fondazione: a) nastriforme - b) quadrata



Per il calcolo dei cedimenti è stata applicata la seguente equazione:

$$w = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_i \cdot \Delta \sigma_{zi}}{E_i}$$

dove:

- n: numero degli strati di terreno;
- ΔH_i : altezza dello strato i-esimo
- $\Delta \sigma_{zi}$: incremento medio della pressione verticale indotto dall'area di carico nello strato i-esimo
- E_i : modulo elastico dello strato i-esimo

Il calcolo è esteso fino alla profondità Z per la quale è soddisfatta la seguente equazione:

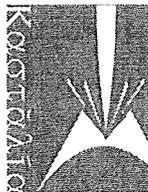
$$\Delta \sigma_z < \alpha * \Delta \sigma'_{v0}$$

dove:

- α = coefficiente variabile fra 0.10 e 0.20
- $\Delta \sigma'_{v0}$ = pressione geostatica verticale efficace

L'applicazione del metodo descritto attraverso l'introduzione dei parametri dedotti dai risultati delle prove realizzate in sito e del valore di capacità portante determinato, consente di stimare in **1,3 cm** il cedimento complessivo dei terreni sotto le fondazioni in progetto.

Si tratta di un valore piuttosto contenuto, che si ritiene compatibile con la sicurezza e la fruibilità delle opere in progetto e che si dovrebbe per di più esaurire già durante la fase di realizzazione delle strutture, dovuto principalmente a distorsione del terreno per taglio. Per i terreni granulari è possibile infatti assumere come praticamente nullo il cedimento secondario di consolidazione.



8. STABILITA' DEI FRONTI DI SCAVO

Per la realizzazione delle strutture interrato previste dal progetto sarà necessario procedere a operazioni di sbancamento e scavo, che raggiungeranno circa i 3,5 m da p.c.

Il progetto deve quindi definire dei profili di scavo tali per cui il terreno risulti stabile con adeguato margine di sicurezza.

Nel caso di pendii di forma semplice, come scarpate artificiali, argini e rilevati, è possibile ricorrere a *curve di progetto*, nelle quali i principali parametri che causano instabilità, cioè angolo e altezza del pendio e pressione neutra, sono confrontati con i parametri di resistenza del materiale. Nel caso di terre coerenti (come quelle che caratterizzano il primissimo sottosuolo dell'area investigata) e in condizioni non drenate, l'analisi di stabilità può essere condotta mediante le *curve di Taylor*, utili per una prima rapida approssimazione dei parametri geometrici del pendio da rispettare per garantirne la stabilità.

La formula generale proposta da Taylor per valutare l'altezza critica del pendio con un determinato angolo è la seguente:

$$h = C_u / F N \gamma$$

dove:

h: altezza dello scavo in condizioni di sicurezza

C_u: coesione non drenata del materiale

γ: peso di volume saturo del materiale

F: fattore di sicurezza (pari a 1.3)

N: numero di stabilità di Taylor

C_u e γ sono noti dalla caratterizzazione geotecnica dei terreni e sono riportati in tabella 1.

Il numero di Taylor dipende dal valore dell'angolo di pendio che si vuole assumere in progetto e può essere calcolato per via grafica mediante il diagramma di figura 2.

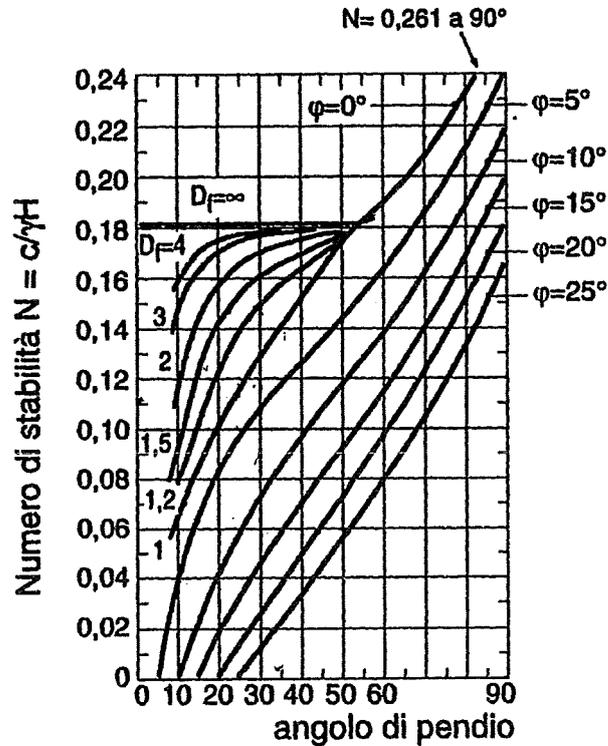
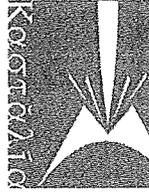
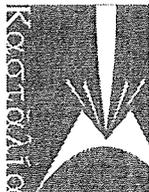


Fig. 2: curve di Taylor per la valutazione della stabilità dei fronti di scavo

Introducendo i parametri geotecnici attribuiti al terreno investigato nella formula generale di Taylor, e considerando un fattore di sicurezza di **1,3** (così come imposto dal D.M. LL.PP. 11/03/1988), si osserva che la scarpata dovrebbe risultare stabile anche per fronti di scavo subverticali di altezza pari a circa **4,1 m**. Tuttavia la possibile presenza di ciottoli annegati nella matrice argillosa, unita al fatto che le caratteristiche geotecniche dei terreni naturali peggiorano con l'incremento della presenza dell'acqua, che aumenta la pressione neutra nei pori interstiziali, e che non è possibile escludere il verificarsi di eventi meteorici durante il periodo di apertura degli scavi, portano a suggerire di non superare la pendenza di **75°** nella sagomatura del profilo di scavo, avendo cura di proteggere gli stessi durante le operazioni di cantiere con teli impermeabili opportunamente disposti a protezione dall'infiltrazione di acqua.



9. CONCLUSIONI

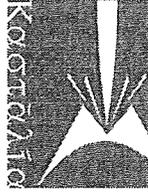
Riepilogando, il sottosuolo dell'area dove è prevista la realizzazione di cinque ville unifamiliari, sita in via Carobbio - comune di Robbiate (LC), è caratterizzato dalla presenza di terreni di origine fluvioglaciale organizzati su due livelli: il primo, che si estende da piano campagna fino a profondità variabili fra 1,8 e 3,3 m è costituito da limo e argilla sabbiosi, prodotti dall'alterazione delle ghiaie sabbiose con ciottoli e subordinata frazione fine del litotipo più profondo.

Come previsto anche dal D.M. LL. PP. 11/03/1988 al punto A.2 la caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata basata sulle indagini già realizzate dagli scriventi nel settembre del 2006 a supporto della progettazione di tre unità immobiliari poste nel lotto confinante a Nord con quello in oggetto. Si è infatti ritenuto che l'esigua distanza fra l'area in esame e quella già investigata e l'assenza di qualsiasi evidenza di cambiamento geologico, geomorfologico e idrogeologico fra le due aree potesse consentire di estendere la caratterizzazione dei terreni già prodotta a quelli in studio.

Pertanto l'indagine geognostica già realizzata e comprensiva di tre prove penetrometriche dinamiche, nonché l'analisi della bibliografia geologica relativa all'area in esame e delle informazioni contenute nello Studio Geologico del territorio comunale di cui Robbiate è dotato, ha permesso la caratterizzazione stratigrafica e meccanica del terreno sino alle profondità di interesse ai fini del presente elaborato.

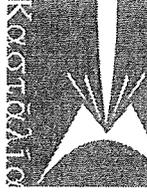
In considerazione del rilevante impatto sul sottosuolo che avranno le opere in progetto, in ragione della presenza di strutture interrato e dei carichi agenti, vengono qui riassunte le principali criticità emerse dall'indagine svolta, eseguita necessariamente per punti, e le conseguenti prescrizioni:

- la stratigrafia dell'area si riassume nella presenza di limo e argilla sabbiosi sciolti con modeste proprietà geotecniche da p.c. fino alla profondità di 1.80 – 3.30 m, e di terreni granulari ghiaiosi, sabbiosi e ciottolosi che garantiscono buone prestazioni ai carichi indotti oltre tale profondità; si prescrive pertanto di raggiungere tale livello per la posa delle fondazioni;
- il calcolo della capacità portante dei terreni è stato condotto ipotizzando fondazioni lineari nastriformi di larghezza pari a 1 m, e ha fornito un valore di



tensione ultima a rottura pari a **1.4 kg/cm²** (già depurato del fattore di sicurezza 3 obbligatorio per legge); non dovrà essere pertanto superato tale carico soglia nella progettazione delle strutture fondazionali;

- l'applicazione dei carichi di cui al punto precedente comporta lo sviluppo di cedimenti stimati in **1.3 cm**; si tratta di un valore modesto ritenuto accettabile per la tipologia di strutture previste. Tuttavia, per ovviare alla possibilità di sviluppo di cedimenti differenziali, si suggerisce di conferire una buona rigidità alla struttura fondazionale, ad esempio mediante una distribuzione a graticcio delle singole unità fondazionali, reciprocamente interconnesse e saldate fra loro;
- i calcoli svolti per la valutazione della stabilità dei fronti di scavo hanno evidenziato che fronti subverticali risultano stabili per profondità pari a oltre 4 m. Tuttavia, al fine di evitare che singoli ciottoli o blocchi rocciosi annegati nella matrice coesiva precipitino dai fronti di scavo, si ritiene che il profilo del fronte di scavo non debba superare la pendenza di **75°**;
- si ricorda inoltre che le caratteristiche geotecniche dei terreni coesivi peggiorano sensibilmente all'aumentare del contenuto d'acqua. Pertanto, allo scopo di migliorare la sicurezza di cantiere, sarà opportuno contenere il periodo di apertura dello scavo allo stretto necessario, al fine di evitare che locali venute d'acqua o eventuali eventi meteorici intensi e duraturi provochino la rapida saturazione del litotipo limoso-argilloso con conseguente possibile franamento del fronte di scavo. A tale scopo potrà risultare utile proteggere le sponde incise dall'infiltrazione d'acqua, mediante il posizionamento di teli impermeabili a protezione delle stesse;
- dovranno essere mantenuti a una opportuna distanza di sicurezza dai cigli degli scavi camion, gru, attrezzature, stoccaggi di materiali edili o laterizi che, provocando un sovraccarico concentrato nei primi metri del sottosuolo, potrebbero minare la stabilità delle pareti di scavo;
- la natura granulare del litotipo profondo ($h > 3.5$ m) favorisce il rapido deflusso delle acque; pertanto si ritiene percorribile e auspicabile la scelta di disperdere le acque bianche direttamente nel sottosuolo mediante il posizionamento di pozzi perdenti, opportunamente dimensionati sulla base del valore di permeabilità "k" del terreno da determinare mediante prove dirette in sito;



- Il Regolamento Regionale 24 Marzo 2006 n. 2 "Disciplina dell'uso delle acque superficiali e sotterranee, dell'utilizzo delle acque a uso domestico, del risparmio idrico e del riutilizzo dell'acqua in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera c) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26", all'art. 6 comma e) prevede che "I progetti di nuova edificazione e gli interventi di recupero del patrimonio edilizio prevedono, per gli usi diversi da quello umano, ove possibile, l'adozione di sistemi di captazione, filtro e accumulo delle acque meteoriche provenienti dalle coperture degli edifici; nonché, al fine di accumulare liberamente le acque meteoriche, la realizzazione, ove possibile in relazione alle caratteristiche dei luoghi, di vasche di invaso, possibilmente interrato.....". Pertanto, se tecnicamente possibile e prima del loro smaltimento nel sottosuolo, dovrà essere previsto l'accumulo delle acque meteoriche, ad esempio per un loro riutilizzo nell'irrigazione dei giardini.

Fatto salvo il rispetto delle prescrizioni dettate nel presente elaborato tecnico, si ritiene che la realizzazione delle cinque nuove ville unifamiliari previste dal progetto sia compatibile con l'assetto geologico e idrogeologico del contesto in cui si inseriscono.

Gli scriventi restano a disposizione per qualsiasi chiarimento o approfondimento relativo a quanto riportato nella presente relazione tecnica.

07 marzo 2007


Dott. Geol. Giulio Mazzoleni




Dott. Geol. Davide Incerti



