GEOCIPO

RE.AL. S.R.L.

Via Maddalena, 1

MILANO

Nuovo fabbricato industriale – Ambito di trasformazione AS/3

Comune di Cadorago (Co)

RELAZIONE GEOLOGICA AI SENSI DEL D.M. 14.01.08

Solbiate (CO), aprile 2014

23.14 – Rif.27/14

GEOCIPO SRL • Via Battisti, 70 • 22070 SOLBIATE(CO)
Telefono 031 800037 • Fax 031 941702 • www.geocipo.it • e-mail: info@geocipo.it

1. PREMESSA

Come da incarico conferito, è stata redatta la presente relazione geologica a supporto della documentazione progettuale relativa alla realizzazione di un nuovo capannone industriale in Comune di Cadorago (Co) nel settore indicato nella corografia di Tav. 1.
La relazione è stata compilata in accordo con i riferimenti normativi vigenti (vedi successivo § 2) sulla scorta di un'indagine geotecnica finalizzata alle problematiche in essere.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

D.M. 14. 01.2008 e relative NTC08
Nell'ambito della documentazione prevista dal D.M. 14.01.2008 ("Norme tecniche per le costruzioni"), in materia di progettazione geologica e geotecnica, il presente elaborato costituisce la relazione geologica.

Norme geologiche di piano
Le norme geologiche di piano derivano direttamente dalla Componente geologica, Idrogeologica e Sismica del PGT e sono esplicitate nella Carta della Fattibilità Geologica alle Azioni di Piano.
In Tav. 2 si riporta uno stralcio della Carta di Fattibilità Geologica alle azioni di piano e la relativa norma d'uso.
Si evidenzia che l'area in esame è inserita in classe 2 – fattibilità con modeste limitazioni.
Sul territorio comunale di Cadorago la classe 2 comprende le aree moderatamente acclivi, per le quali sono state rilevate solo limitate controindicazioni all'uso dei terreni.
In tali aree gli interventi edilizi, come quelli in progetto, sono generalmente ammessi anche se subordinati alle valutazioni di ordine geologico finalizzate ad accertare la compatibilità dell'intervento nei confronti dei fattori geologici, idrogeologici e geotecnici caratteristici dell'area.
Le norme geologiche di piano prescrivono che le valutazioni di cui sopra, unitamente

GEOCIPO SRL • Via Battisti, 70 • 22070 SOLBIATE(CO)
Telefono 031 800037 • Fax 031 941702 • www.geocipo.it • e-mail: info@geocipo.it

alle valutazioni previste dal D.M. 14.01.2008 e precedentemente richiamate, debbano essere contenute in apposita relazione geologica, che, nello specifico, costituisce l'oggetto del presente elaborato.

3. DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

L'intervento in esame consiste nella realizzazione di un nuovo edificio industriale con planimetria rettangolare di 125 m x 71 m e delle infrastrutture a corredo (viabilità interna, aree a parcheggio e rete di raccolta e smaltimento acque bianche e nere).
La costruzione presenta le caratteristiche proprie delle strutture industriali ad elementi prefabbricati (capannone), con i carichi ripartiti su allineamenti di pilastri, con alla base gli ordinari plinti di fondazione.
In accordo con la documentazione trasmessa dalla Committenza (sezioni quotate dell'area d'intervento con inserimento dell'ingombro del fabbricato), nelle valutazioni geologiche e geotecniche si assume che la quota del piano pavimento, dell'edificio in progetto, coincida con la quota ± 0.0 m del rilievo quotato.
A partire da questa quota verranno realizzati in profondità i plinti di fondazione.
In relazione alla tipologia dell'edificio, nelle valutazioni geologiche si assume, per le strutture in progetto, una classe d'uso II, con vita nominale ≥ 50 anni; salvo successive diverse disposizioni da parte dei Progettisti.

4. GEOMORFOLOGIA E CONDIZIONI DI STABILITA' GENERALE DELLE AREE

L'area d'intervento è ubicata nell'ambito delle modeste ondulazioni collinari di origine morenica che concorrono a definire i territori al confine tra i comuni di Guanzate e Cadorago.
Le acclività del terreno sono molto basse e trascurabili ai fini della vulnerabilità dell'area nei confronti degli agenti morfogenetici.
Sulla scorta del dato di rilievo non si rilevano evidenze di pertinenza morfologica importanti o che possano condizionare l'intervento in progetto.
In particolare si sottolinea che l'area ricade in un contesto stabile, caratterizzato

GEOCIPO SRL • Via Battisti, 70 • 22070 SOLBIATE(CO)
Telefono 031 800037 • Fax 031 941702 • www.geocipo.it • e-mail: info@geocipo.it

dall'assenza di forme e/o depositi riconducibili all'esistenza di dissesti, sia attivi sia quiescenti; l'area non risulta inoltre interessata da processi morfogenetici che possano comportare in futuro l'evoluzione della stessa verso una condizione di dissesto o cui assoggettare le scelte di progetto.

5. STRUTTURA GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO

Come riportato nella tavola di inquadramento geologico (Tav. 3) l'area d'intervento è ubicata nell'ambito del settore di competenza dei depositi di origine morenica, noti in letteratura geologica come Morenico Riss.

In accordo con le caratteristiche geologiche del sito (depositi di origine glaciale antica) il sottosuolo è caratterizzato dalla presenza di terreni costituiti da una compagine eterogenea ed alterata di ghiaia sabbia e ciottoli, in matrice limoso argillosa.

Nell'ambito della compagine le diverse frazioni granulometriche (ghiaia, sabbia, limo, argilla) sono presenti in percentuali variabili, in orizzontale ed in verticale, in accordo sia con la naturale variabilità dell'originario elemento deposizionale (ghiaccio), sia con il grado di alterazione conseguente ai processi successivi la formazione del deposito.

Laddove l'alterazione è maggiore si riscontrano maggiori percentuali di materiali fini.

Il grado di alterazione tende inoltre a diminuire con la profondità, con conseguente aumento delle percentuali ghiaioso sabbiose che, dopo i primi 10m di profondità, dovrebbero divenire predominanti.

I depositi morenici precedentemente descritti si rinvengono nel sottosuolo sotto lo strato più superficiale pedogenizzato (suolo) costituito da terreno vegetale seguito da limo il cui spessore, nelle aree tra Cadorago e Guanzate, è mediamente compreso tra 2m e 3m.

In superficie è probabilmente presente anche un certo spessore di terreno di riporto da mettere in relazione ai precedenti utilizzi dell'area d'intervento e delle aree limitrofe; in base ad osservazioni di superficie il riporto dovrebbe occupare i settori più lontani rispetto "l'area Ratti" ed altimetricamente più elevati con spessori dell'ordine di 1 ÷ 2m.

GEOCIPO SRL • Via Battisti, 70 • 22070 SOLBIATE(CO)
Telefono 031 800037 • Fax 031 941702 • www.geocipo.it • e-mail: info@geocipo.it

6. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA

6.1. Idrografia e valutazione del rischio idraulico

L'area d'intervento non è interessata da elementi di pertinenza idrografica.

6.2. Idrogeologia

Falde profonde e vulnerabilità della risorsa idrica

La falda principale, cui attingono i pozzi pubblici, è presente sulla verticale dell'area d'intervento, ad una profondità dell'ordine di 70m.

L'elevata profondità del livello freatico consente di escludere interferenze dirette tra intervento in progetto e falda idrica.

L'area d'intervento è ubicata inoltre a notevole distanza dai pozzi pubblici presenti sul territorio e dalle relative zone di rispetto (distanza pluri kilometrica).

Per quanto riguarda le esigenze di salvaguardia dell'acquifero sfruttato a scopi idropotabili l'intervento in progetto, nonostante riguardi un comparto industriale, è compatibile con i requisiti di tutela della qualità delle acque della falda principale in relazione a:

- posizione esterna nei confronti delle zone di rispetto dei pozzi;
- notevole profondità della superficie piezometrica, che esclude ogni possibile interferenza tra lavori in progetto e la falda freatica;
- presenza, in prossimità della superficie topografica, di terreni caratterizzati da una certa percentuale in materiali fini limosi con conseguente riduzione della permeabilità
- allacciamento degli scarichi alla rete fognaria.

Falde superficiali

Le occasionali variazioni di permeabilità nell'ambito dei depositi morenici potrebbero comportare il rischio della presenza, nei primi metri di sottosuolo, di piccole falde sospese, a costituire accumuli idrici superficiali diversi dalla falda principale.

L'importanza di queste falde sospese, più che per ragioni idropotabili, è di natura geologico tecnica poiché, se intercettate nei lavori edilizi, possono determinare venute d'acqua negli scavi.

GEOCIPO SRL • Via Battisti, 70 • 22070 SOLBIATE(CO)
Telefono 031 800037 • Fax 031 941702 • www.geocipo.it • e-mail: info@geocipo.it

L'indagine eseguita ha consentito di accertare, per l'area d'intervento, l'assenza di falde sospese arealmente estese all'intera area d'intervento.

7. INDAGINI GEOTECNICHE SPECIFICHE

7.1. Indagini eseguite

Per definire le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nel sottosuolo sono state eseguite n° 6 prove penetrometriche dinamiche continue in base ai criteri standardizzati normalmente in uso, impiegando un penetrometro semovente avente le caratteristiche del penetrometro superpesante (DPSH) "Meardi AGI".
In Tav. 4 è riportata l'ubicazione dei punti investigati.
Le prove sono state eseguite secondo i criteri standardizzati normalmente in uso impiegando un penetrometro semovente avente le caratteristiche del penetrometro superpesante (DPSH) "Meardi AGI", avente le caratteristiche di seguito riportate:

PESO MASSA BATTENTE	73 kg	ALTEZZA DI CADUTA	0.75 m
LUNGHEZZA ASTE	0.90 m	DIAMETRO ASTE	34 mm
DIAMETRO PUNTA CONICA	51 mm	ANGOLO DEL CONO	60°
DIAMETRO RIVESTIMENTO	48/38 mm	LUNGHEZZA RIVESTIMENTO	0.90 m

Le prove si sono arrestate a profondità variabili tra 4,5m e 17,1m dal piano campagna in corrispondenza del "rifiuto" all'avanzamento della punta.
I risultati delle prove penetrometriche sono stati tabulati in diagrammi che riportano in ascissa i valori di N_{SCPT} (numero di colpi necessari per far avanzare la punta entro il terreno per un tratto di 30 cm) ed in ordinata le profondità espresse in metri rispetto al piano campagna.
I diagrammi delle prove penetrometriche sono riportati in appendice alla presente.

7.2. Criteri di interpretazione dei dati di prova

Le caratteristiche geotecniche del sottosuolo derivano dal confronto incrociato tra valori di N_{SCPT} registrati nelle prove penetrometriche dinamiche e dati relativi al rilievo geologico dell'area.

GEOCIPO SRL • Via Battisti, 70 • 22070 SOLBIATE(CO)
Telefono 031 800037 • Fax 031 941702 • www.geocipo.it • e-mail: info@geocipo.it

Il valore numerico dei parametri geotecnici viene calcolato in base alla resistenza penetrometrica del terreno riferita ai valori di Standard Penetration Test (N_{SPT}).
Per il calcolo di alcuni parametri geotecnici i valori di N_{SPT} devono essere, a loro volta, opportunamente convertiti negli analoghi valori di N_{60} e $N_{(1)60}$.
In sede di elaborazione dei dati si è pertanto reso necessario trasformare i valori di N_{SCPT} (resistenza penetrometrica misurata con la prova dinamica) nei corrispondenti valori di N_{SPT} (resistenza penetrometrica riferita allo Standard Penetration Test) adottando un rapporto N_{SPT} / N_{SCPT} = 1.
Infine i valori di N_{SPT} sono stati convertiti negli analoghi valori di N_{60}, che rappresenta il valore di N_{SPT} normalizzato per tenere conto del fattore strumentale (lunghezza delle aste nei primi 10 m di prova) e di $N_{(1)60}$, che rappresenta il valore di N_{SPT} normalizzato per tenere conto dell'incidenza del carico litostatico (σ_{vo}) alla profondità di misura.
I valori di N_{SCPT} prima della conversione in N_{SPT} sono stati inoltre preventivamente analizzati dal punto di vista statistico, al fine di individuare il trend medio di N_{SCPT} con la profondità.
Le caratteristiche dei terreni investigati tendono ad essere costanti per lunghi tratti in verticale pertanto a seguito delle correzioni precedentemente specificate non si riscontrano evidenti differenze tra dato di prima misura (N_{SCPT}) N_{60} e $N_{(1)60}$ (vedi § 8.2).
Nell'applicare le procedure previste dal D.M. 14.01.2008 per la definizione dei parametri geotecnici, secondo la sequenza operativa: dato di indagine → parametro medio → parametro caratteristico → parametro di progetto; sussistono le condizioni per applicare la relazione: parametro medio = parametro caratteristico.

8. STRATIFICAZIONE LITOTECNICA DEL SOTTOSUOLO E PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

8.1. Unità litotecniche

A seguito degli esiti delle elaborazioni/correlazioni dei risultati di prova, il sottosuolo investigato viene suddiviso in tre unità litotecniche sovrapposte, aventi caratteristiche geotecniche differenti secondo quanto di seguito specificato ed

GEOCIPO SRL • Via Battisti, 70 • 22070 SOLBIATE(CO)
Telefono 031 800037 • Fax 031 941702 • www.geocipo.it • e-mail: info@geocipo.it

illustrato nelle sezioni di Tav. 5/a e 5/b.

Prima unità litotecnica

La prima unità litotecnica è caratterizzata da una resistenza penetrometrica molto bassa con valori medi di N_{SCPT} pari a 1 ÷ 3 colpi/piede; con una maggiore frequenza del valore più basso (N_{SCPT} = 1 colpo/piede) e talora autoaffondamento delle aste sotto il peso del maglio.

I valori registrati sono indicativi della presenza di terreni con caratteristiche geotecniche molto scadenti.

Come illustrato nelle sezioni di Tav. 5/a e 5/b nel sottosuolo d'interesse sono stati riscontrati evidenti variazioni laterali nello spessore dei terreni della prima unità, che risulta essere compreso tra uno spessore minimo di 1,2m (P6) ÷ 1,7m (P2) ed uno spessore massimo di 4,2m (P3) ÷ 6,3m (P4 e P5); in P1 non è stata rilevata.

In P2 e P6 (settori in cui la prima unità è presente con i minori spessori) la composizione della prima unità dovrebbe coincidere con quella del livello superficiale costituito da terreno di coltivo/sottocoltivo (suolo) ed eventualmente di riporto, a copertura dei depositi di origine morenica secondo quanto descritto al § 4.

In P3, P4 e P5 la prima unità è invece presente in spessori molto maggiori rispetto quelli da prevedersi per gli ordinari livelli superficiali a copertura dei depositi morenici nell'area di Cadorago – Guanzate; in assenza dell'esame diretto del terreno tre sono le interpretazioni più attendibili per questo dato anomalo: 1) – livello superficiale limitatamente ai primi 2m seguito da locale variazione litologica nei depositi morenici, sottostanti il livello superficiale, con la presenza di materiali esclusivamente limoso argillosi; 2) - terreno variamente rimaneggiato in tempi storici in concomitanza di lavori eseguiti in corrispondenza dell'adiacente autostrada; 3) - persistenza in profondità del riporto in relazione a precedenti utilizzi dell'area.

L'anomalo aumento di spessore dei terreni della prima unità in direzione di P3, P4 e P5 rappresenta un elemento di deprezzamento nelle caratteristiche geotecniche dei terreni presenti entro il volume significativo e tale da penalizzare il dimensionamento fondazionale.

Seconda unità litotecnica

E' caratterizzata dall'alternanza di livelli e/o corpi lenticolari caratterizzati da N_{SCPT} medio di 4 ÷ 5 colpi/piede, indicati come terreni 2/a e livelli e/o lenti caratterizzati da

GEOCIPO SRL • Via Battisti, 70 • 22070 SOLBIATE(CO)
Telefono 031 800037 • Fax 031 941702 • www.geocipo.it • e-mail: info@geocipo.it

N_{SCPT} pari a 9 colpi/piede, individuati come terreni 2/b.
Le variazioni di resistenza penetrometrica, che consentono di individuare le due diverse intercalazioni, corrispondono a locali variazioni nelle percentuali delle frazioni granulometriche che concorrono a definire il deposito morenico, come di seguito specificato:
terreni 2/a: compagine molto alterata costituita da sabbia, limo e argilla con pochi ciottoli ed elementi di ghiaia in completo disfacimento; generale prevalenza della sabbia sulle altre frazioni granulometriche.
terreni 2/b: compagine a moderato grado di alterazione costituita da sabbia con ghiaia e ciottoli, in parte integri ed in parte in disfacimento, in matrice limosa.

Come evidenziato nelle sezioni di Tav. 5/a e 5/b nell'ambito della seconda unità i terreni 2/a sono quelli maggiormente presenti nel sottosuolo
Sia per in terreni 2/a che 2/b si deve fare riferimento a caratteristiche geotecniche rientranti nelle categorie inferiori, ma in condizioni migliori rispetto la prima unità.

Terza unità litotecnica
Viene individuata in tutte le prove in corrispondenza dell'arresto delle prove per rifiuto all'avanzamento della punta (arresto della punta); il "rifiuto" si verifica o con "rimbalzo" del maglio in caduta sulle aste, o mediante superamento dei 100 colpi di maglio.
Alcune prove si arrestano improvvisamente con passaggio diretto seconda/terza unità (P1, P5, P6); nelle altre prove, prima del rifiuto, vengono intercettati terreni a resistenza penetrometrica medio elevata (N_{SCPT} = 15 ÷ 50 colpi/piede) per uno spessore dell'ordine di 1,0 ÷ 1,5m.
Risultando impossibile indagare questa unità per uno spessore sufficientemente significativo (spessori superiori a 1,0 ÷ 1,5m) la causa che ha determinato l'arresto delle prove potrebbe essere dovuta a: 1) - effettivo raggiungimento di terreni ad elevate caratteristiche geotecniche; 2) - presenza di un livello ad elevata percentuale in ciottoli, o cementato, oppure a una crosta sovraconsolidata, in ambito di terreni a minore addensamento (seconda unità).
In altre indagini geotecniche eseguite nell'intorno (area Ratti + aree industriali limitrofe) e durante l'esecuzione di pali di fondazione in alcuni edifici industriali nell'intorno, si è sempre riscontrata l'ipotesi 1 (arresto prove in presenza di terreni ad

GEOCIPO SRL • Via Battisti, 70 • 22070 SOLBIATE(CO)
Telefono 031 800037 • Fax 031 941702 • www.geocipo.it • e-mail: info@geocipo.it

elevate caratteristiche geotecniche), risulta pertanto molto attendibile convalidare anche per il sottosuolo d'interesse l'ipotesi 1 e cioè la presenza a quota rifiuto delle prove di una terza unità litotecnica costituita da terreni prevalentemente ghiaioso sabbiosi con elevate caratteristiche geotecniche.

8.2. Valori medi dei parametri geotecnici

Di seguito si riportano i valori medi dei parametri geotecnici delle quattro unità litotecniche individuate nel sottosuolo d'interesse.

Unità litotecnica	**1**	**2a**	**2b**	**3**
Composizione	Terreno vegetale + limo argilloso e/o riporto	Sabbia, limo e poca ghiaia in completo disfacimento	Sabbia e ghiaia limosa (ghiaia in parziale disfacimento)	Sabbia e ghiaia poco limosa
N_{SCPT}	1 ÷ 3	4 ÷ 5	9	≥ 15 ÷ 30 / R
N_{SPT}	1 ÷ 3	4 ÷ 5	9	≥ 15 ÷ 30 / R
N_{60}	1 ÷ 3	4 ÷ 5	10	≥ 15 ÷ 30 / R
$N_{(1)60}$	1 ÷ 3	4 ÷ 5	6 ÷ 8	≥ 30 / R
I_d (%)	10 ÷ 15	20 ÷ 25	30 ÷ 35	≥ 65 ÷ 70
$\gamma_{(m)}$ (kN/m^3)	16,5	17,0	18,0	19 ÷ 20
$\varphi_{(m)}$ (°)	24 ÷ 25	28 ÷ 29	30	35 ÷ 36
$c_{u(m)}$ (kPa)	5	2	0	0
$E_{(m)}$ (MPa)	20 ÷ 30	60 ÷ 80	12	≥ 40

Nella tabella: N_{SCPT} = resistenza penetrometrica misurata con le prove - N_{SPT} = resistenza penetrometrica riferita allo Standard Penetration Test - N_{60} = resistenza penetrometrica riferita allo Standard Penetration Test normalizzata per il dispositivo di battitura - $N_{(1)60}$ = resistenza penetrometrica riferita allo Standard Penetration Test, normalizzata per dispositivo di battitura e carico litostatico - I_d = indice di densità da Peck e Bazaraa - γ = peso di volume naturale del terreno - φ = angolo di attrito, unità 1: da Meyerhof, unità 2 e 3: da Peck, Hanson e Thomburn - c_u = coesione non drenata da: N_{SPT}, carico litostatico, composizione - E = modulo di elasticità da $E = A \times (N_{(60)} + B) + C$

GEOCIPO SRL • Via Battisti, 70 • 22070 SOLBIATE(CO)
Telefono 031 800037 • Fax 031 941702 • www.geocipo.it • e-mail: info@geocipo.it

9. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

9.1. Criteri generali

Gli elementi relativi la sismicità di base e quelli relativi agli effetti sito-specifici, vengono derivati dagli elementi geotecnici a disposizione e senza il supporto di un'indagine sismica mirata.
Gli elementi riportati sono quelli di norma utilizzati per valutare l'esposizione dell'area al rischio sismico e per gli approcci di calcolo negli edifici di classe II in zona sismica 4 (caratteristiche proprie degli edifici in progetto), salvo diverse disposizioni del Progettista in merito alla necessità di più approfondite analisi/valutazioni,

9.2. Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di base dipende dalle sole caratteristiche sismologiche dell'area, in condizioni ideali ed in assenza degli effetti di sito; fornisce quindi le caratteristiche del terremoto di riferimento.
La pericolosità sismica di base viene definita dai seguenti tre elementi.

- Zona sismica di appartenenza dell'area in esame.
- Accelerazione orizzontale di picco (a_g), attesa in condizioni di campo libero, su sito di riferimento con suolo di categoria A e superficie topografica pianeggiante.
- Spettro di risposta elastico in accelerazione (componente orizzontale) in condizioni di campo libero, su sito di riferimento con suolo di categoria A e superficie topografica pianeggiante.

  Lo spettro di risposta elastico viene a sua volta definito mediante i parametri F_0 e T_C* dove: F_0 è il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di risposta in accelerazione e T_C* è l'inizio del tratto a velocità costante.

Nella classificazione contenuta nell'O.P.C.M. nr. 3274 il Comune di Cadorago è classificato in zona sismica 4, comprendente quei comuni a rischio sismico più basso, nell'ambito delle 4 classi in cui è suddiviso il territorio nazionale .
Di seguito si riportano i valori di base dei parametri ag, Fo e Tc*, forniti dall'INGV e che definiscono la pericolosità sismica di base per l'area in oggetto e per tempi di ritorno compresi tra 30 anni (SLO – stato limite di operatività) e 975 anni (SLC –

GEOCIPO SRL • Via Battisti, 70 • 22070 SOLBIATE(CO)
Telefono 031 800037 • Fax 031 941702 • www.geocipo.it • e-mail: info@geocipo.it

prevenzione collasso), con periodo di riferimento per l'azione sismica VR = 50 anni, classe d'uso delle strutture II.

Stato Limite	T_r (anni)	A_g (g)	F_o	T_c* (s)
Operatività (SLO)	30	0,016	2,578	0,158
Danno (SLD)	50	0,020	2,556	0,166
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,041	2,643	0,283
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,050	2,680	0,304

ag = l'accelerazione sismica orizzontale di picco in condizioni di campo libero su suolo di categoria A e topografia piana; Fo e Tc* = parametri dello spettro di risposta elastico in accelerazione su suolo rigido e superficie topografica pianeggiante

9.3. Effetti di sito

Negli scenari di pericolosità sismica locale previsti dalla Regione Lombardia, l'area in esame ricade in zona Z4c, corrispondente a zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi, per cui sono da prevedersi amplificazioni litologiche e geometriche.

Le moderate clivometrie della superficie topografica escludono l'intervento dei fattori di amplificazione topografica.

Il sito in esame non richiede la verifica alla liquefazione sussistendo più di una delle condizioni riportate in elenco al § 7.11.3.4.2 del D.M. 14.01.2008,

Ai fini della definizione dell'azione sismica in assenza del dato relativo la velocità di propagazione delle onde sismiche di superficie, entro i primi 30m di profondità (Vs_{30}) oppure del responso di un sondaggio geognostico con prove SPT spinto fino a 30m di profondità ($N_{SPT,30}$), la categoria sismica di sottosuolo è stata individuata in base agli esiti delle prove penetrometriche (limitate ai primi 17m) ed alla struttura geologica del sottosuolo.

In base ai dati disponibili il sottosuolo dell'area in esame viene catalogato nell'ambito della *categoria C* di sottosuolo di fondazione corrispondente, nello specifico del caso, a depositi di terreni a grana grossa, mediamente addensati, o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs_{30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$).

Per il calcolo dello spettro di risposta elastico, specifico del sottosuolo dell'area in

GEOCIPO SRL • Via Battisti, 70 • 22070 SOLBIATE(CO)
Telefono 031 800037 • Fax 031 941702 • www.geocipo.it • e-mail: info@geocipo.it

esame, i valori F_0 e T_C*, che definiscono la pericolosità sismica di base e riportati al precedente § 9.2 devono essere corretti per tenere conto degli effetti di sito che determinano la risposta sismica locale.

Nello specifico del caso la presenza di sottosuolo di categoria C comporta l'intervento, sulla sismicità di base, dei fattori di amplificazione stratigrafica (S_s e C_c); mentre il fattore di amplificazione topografica (S_T) è pari ad 1.

La seguente tabella riporta i coefficienti sito specifici da introdurre nelle formule per il calcolo degli spettri di risposta elastici.

Coefficiente	SLO	SLD	SLV	SLC
S_S amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
C_C coeff. funz. categoria	1,93	1,90	1,59	1,56
S_T amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00
Kh	0,005	0,006	0,012	0,015
Kv	0,002	0,003	0,006	0,007
A_{max} (m/sec^{-2})	0,235	0,292	0,602	0,730
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

10. COMPATIBILITA' DELL'INTERVENTO INDIVIDUAZIONE DELLE PROBLEMATICHE DI ORDINE GEOLOGICO E GEOTECNICO RELATIVE L'INTERVENTO IN PROGETTO

A seguito degli esiti delle analisi/valutazioni geologiche documentate ai paragrafi precedenti, il quadro geologico caratteristico per l'area consente la realizzazione dell'intervento in progetto.

In particolare si sottolinea l'assenza di fattori di rischio geologico, sismico ed idrogeologico in genere a costituire un elemento inibitorio ai fini degli interventi previsti e/o cui assoggettare le scelte di progetto, mediante prescrizioni particolari.

L'intervento edilizio in progetto è compatibile con le caratteristiche morfologiche, geologiche, idrogeologiche e sismiche dell'area e con i fattori di rischio propri della classe 2 di fattibilità geologica alle azioni di piano, nell'ambito della quale è azzonata l'area d'intervento.

GEOCIPO SRL • Via Battisti, 70 • 22070 SOLBIATE(CO)
Telefono 031 800037 • Fax 031 941702 • www.geocipo.it • e-mail: info@geocipo.it

Nonostante la fattibilità geologica dell'intervento risulti comprovata dalle analisi/valutazioni eseguite, sono state però individuate delle criticità di ordine geotecnico legate alla locale presenza nel sottosuolo di un consistente spessore di terreni con caratteristiche geotecniche molto scadenti; questo dato condiziona esclusivamente le scelte fondazionali più idonee per la struttura in progetto che dovranno essere in accordo con il quadro geotecnico rilevato, come richiesto dal D.M. 14.01.2008 a supporto delle scelte progettuali esecutive.
Si rileva inoltre che la notevole estensione areale dell'edificio industriale e delle aree limitrofe a parcheggio richiede un'attenta valutazione delle problematiche inerenti la regimazione e lo smaltimento delle acque meteoriche del deflusso superficiale..
Tenuto conto di quanto sopra riportato l'intervento in progetto richiede la valutazione delle seguenti problematiche di ordine geologico:

1. Problematiche relative la scelta e dimensionamento delle fondazioni.
2. Valutazione problematiche relative la regimazione e smaltimento delle acque meteoriche.

11. VALUTAZIONE DELLE PROBLEMATICHE DI SUPPORTO AL DIMENSIONAMENTO DEI PALI DI FONDAZIONE

11.1. Scelta della tipologia fondazionale

In base al dato di indagine la scelta della tipologia fondazionale più idonea per la struttura in progetto deve necessariamente considerare la presenza in più settori dell'area sedime dall'intervento edilizio di un consistente spessore di terreni con caratteristiche geotecniche molto scadenti e non idonei per l'appoggio di fondazioni di tipo diretto.
La situazione è evidenziata nelle tavole 5/a e 5/b dove l'impronta del fabbricato viene raffrontata con la stratificazione litotecnica del sottosuolo.
I terreni palesemente inadatti all'imposta di fondazioni di tipo diretto sono quelli della prima unità litotecnica la cui resistenza penetrometrica, come documentato al § 8.1, è ai minimi termini (N_{SCPT} = 1 colpo/piede e talora autoaffondamento delle aste).
Le sezioni evidenziano che questi terreni nel settore di P3, P4 e P5 sono presenti

GEOCIPO SRL • Via Battisti, 70 • 22070 SOLBIATE(CO)
Telefono 031 800037 • Fax 031 941702 • www.geocipo.it • e-mail: info@geocipo.it

con uno spessore molto importante e tale da non potere essere superato con gli ordinari scavi per l'imposta di fondazione di tipo diretto (spessore variabile tra 4,5m e 6m).
Solo lungo l'allineamento P1 – P6 si riscontrano condizioni idonee per l'adozione di fondazioni di tipo diretto; in P2 queste condizioni, ma con restrizioni di carico, si riscontrano a partire da 2,7m dal p.c. (circa –2,5m da ± 0,00m).
La situazione rilevata impone di scartare a priori l'ipotesi di fondazioni dirette e di considerare come unica soluzione praticabile il ricorso a fondazioni indirette su pali.

11.2. Scelta della tipologia di palo di fondazione

La scelta della tipologia di palo più idonea deve tenere conto sia delle caratteristiche geotecniche del sottosuolo ed in particolare della necessità di raggiungere l'orizzonte portante di punta (terza unità litotecnica), sia delle condizioni logistiche, sia dei criteri economici.

Il ricorso a pali troncoconici battuti non è adatta in relazione all'andamento irregolare dell'orizzonte portante (terza unità) che potrebbe comportare l'arresto del palo in infissione a profondità differenti con conseguenti sfridi.

Anche il ricorso a pali trivellati di piccolo diametro (fino a ∅ 200mm) non è adatto al caso in esame in quanto non consentirebbero, a parità di costo con altri pali, il raggiungimento di portate soddisfacenti.

La possibilità di impiegare pali gettati entro cassaforma infissa a percussione o vibrazione (∅ 300mm), pur ammessa dalle caratteristiche geotecniche del sottosuolo, è subordinata all'accertamento degli effetti indotti dalle vibrazioni prodotte dall' infissione nei confronti degli edifici presenti nell'intorno (edifici Ratti, Sedus Stoll, ecc.).
Qualora s'intenda percorre questa soluzione la compatibilità vibrazioni - strutture esistenti deve essere accertata in sede di progettazione esecutiva e certificata dalle ditte interpellate.

I pali trivellati di diametro medio o grande (da ∅ 500mm a 1000mm) rappresentano la

GEOCIPO SRL • Via Battisti, 70 • 22070 SOLBIATE(CO)
Telefono 031 800037 • Fax 031 941702 • www.geocipo.it • e-mail: info@geocipo.it

tipologia più razionale in relazione alle caratteristiche del sottosuolo e delle condizioni logistiche.
Va rilevato che il palo di grande diametro nonostante presenti il maggior costo a metro lineare consente di raggiungere notevoli portate su singolo palo con conseguente riduzione del numero complessivo di pali.

Esula dalla presente relazione il dimensionamento del micropalo in quanto oltre ad essere di pertinenza ingegneristica richiede la conoscenza delle azioni alla base dei pilastri, al momento non note.
I parametri geotecnici esposti al § 8.2 costituiscono il riferimento da utilizzare per il dimensionamento del palo.
I pali dovranno essere adeguatamente spinti nell'orizzonte portante costituito dalla terza unità litotecnica; ne conseguiranno lunghezze differenti e crescenti in direzione di via Madonna / via Volta; le sezioni di Tav. 5/a e 5/b costituiscono un primo criterio per valutare la lunghezza dei pali.

Ai fini del dimensionamento dei pali ed in particolare in merito all'affidabilità della terza unità litotecnica, come orizzonte portante per la punta dei pali, si rimanda a quanto riportato al § 8.1 in merito alla terza unità.

Ai fini della stabilità dell'intera struttura è di fondamentale importanza omogeneizzare la tipologia fondazionale e pertanto i pali dovranno essere estesi anche lungo l'allineamento P1 - P6 dove non è tassativo il ricorso a fondazioni su pali; in questo ambito in relazione alle migliori caratteristiche del terreno le lunghezze dei pali, o il numero dei pali/plinto, sarà minore rispetto altrove.

12. PROBLEMATICHE RELATIVE LA REGIMAZIONE E LO SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE

Alle condizioni attuali il deflusso superficiale delle acque meteoriche e l'infiltrazione delle stesse entro il terreno si esplica con regolarità ed in assenza di situazioni critiche.
Per quanto riguarda le eventuali modifiche indotte dall'intervento in progetto, si

GEOCIPO SRL • Via Battisti, 70 • 22070 SOLBIATE(CO)
Telefono 031 800037 • Fax 031 941702 • www.geocipo.it • e-mail: info@geocipo.it

evidenzia quanto di seguito riportato.

Gli interventi in progetto nonostante coinvolgano una vasta area non comportano significativi lavori di sbancamento e/o riporto in particolare la topografia finale dei luoghi non sarà molto diversa dall'attuale, ne consegue che le attuali linee del deflusso superficiale non verranno modificate, né che si verranno a creare direzione preferenziali di deflusso superficiale.

La raccolta delle acque meteoriche secondo la rete predisposta dal progetto inibisce eccessi di acqua di ruscellamento o il concentramento delle stesse in punti localizzati e quindi incrementi del rischio idrogeologico.

Le caratteristiche del sottosuolo non consentono lo smaltimento delle acque mediante pozzi perdenti, che, se previsti, dovranno essere dotati di troppo pieno verso la rete fognaria.

Gli eventuali pozzi dovranno essere ubicati lontano dai settori d'influenza del pendio degradante verso l'autostrada.

Dott. Geol. Carlo Lurati

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA LOMBARDIA
LURATI CARLO
n° 670

GEOCIPO SRL • Via Battisti, 70 • 22070 SOLBIATE(CO)
Telefono 031 800037 • Fax 031 941702 • www.geocipo.it • e-mail: info@geocipo.it

DIAGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

CARATTERISTICHE PENETROMETRO

MODELLO: TG 63 -100

- peso della massa battente:	**73 kg**
- altezza di caduta:	**0.75 m**
- lunghezza aste:	**0.90m**
- diametro aste :	**34 mm**
- diametro punta conica:	**51mm**
- angolo del cono:	**60°**
- diametro rivestimento:	**48/38mm**
- lunghezza rivestimento:	**0.90m**

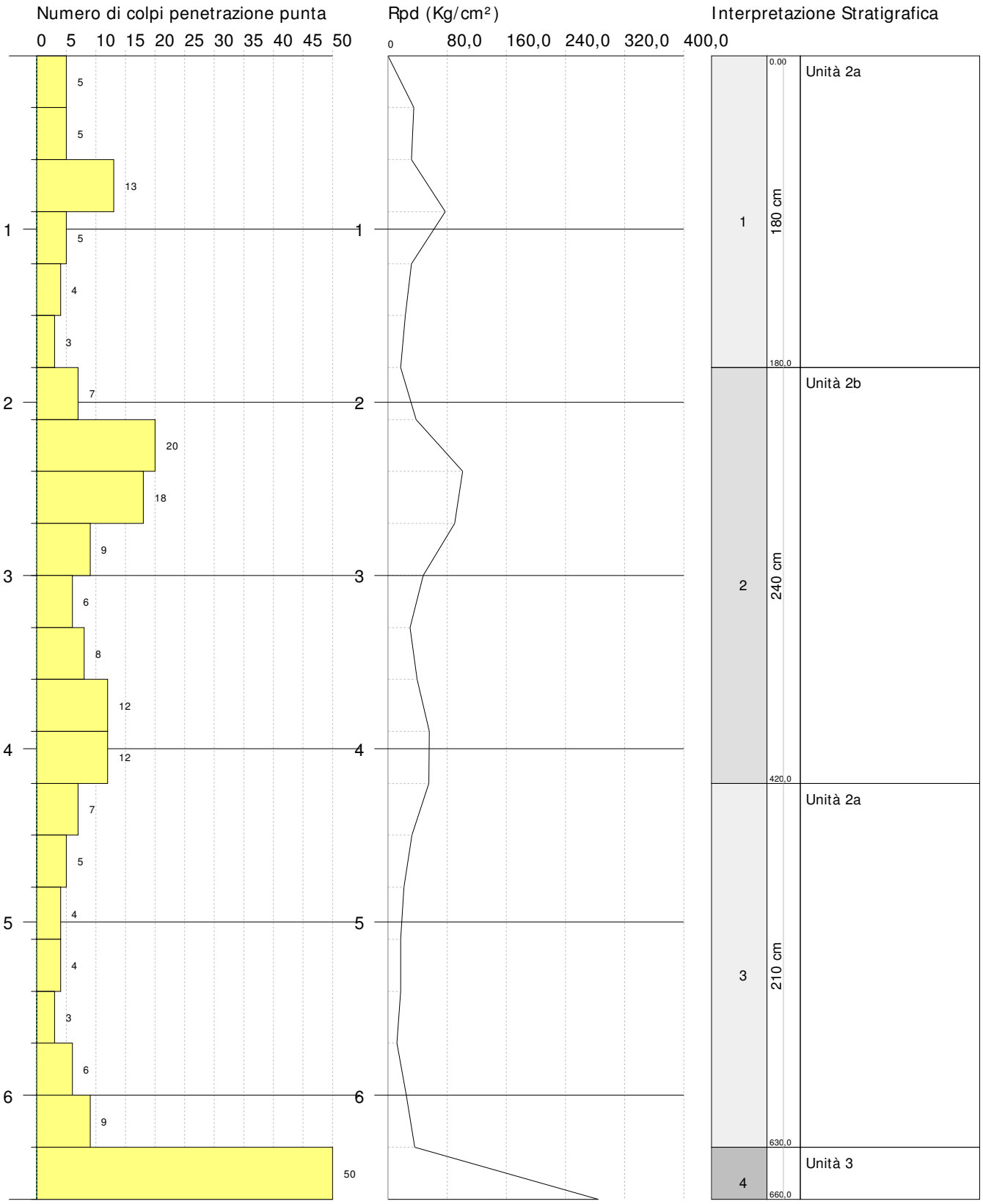
GEOCIPO srl
Via Battisti. 70
22070 Solbiate (Co)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1
Strumento utilizzato... DPSH TG63-100 PAGANI

Committente: ReAl
Cantiere: Cadorago
Località:

Data: 07/04/2014

Scala 1:32



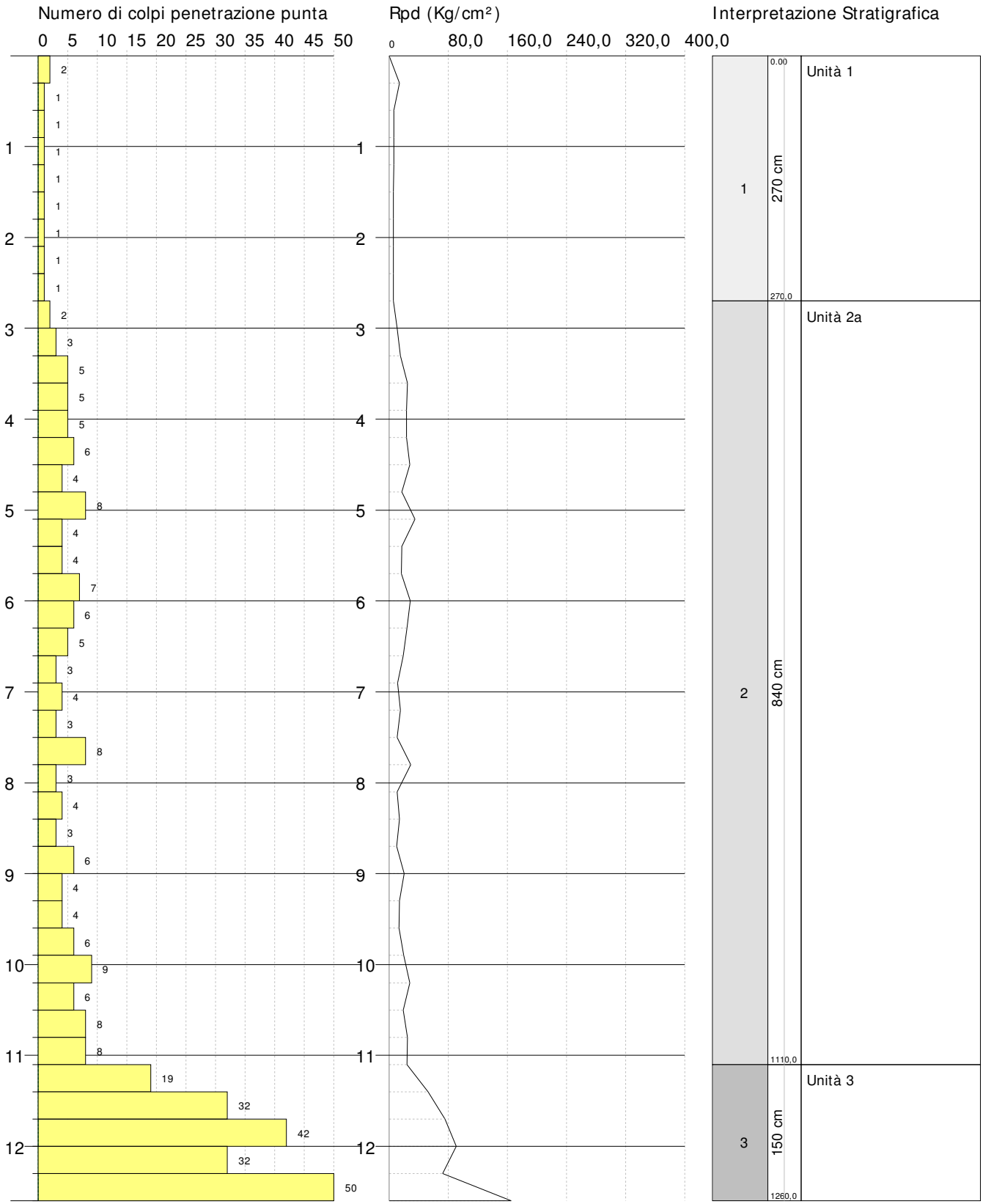
GEOCIPO srl
Via Battisti. 70
22070 Solbiate (Co)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P2
Strumento utilizzato... DPSH TG63-100 PAGANI

Committente: ReAl
Cantiere: Cadorago
Località:

Data: 07/04/2014

Scala 1:61



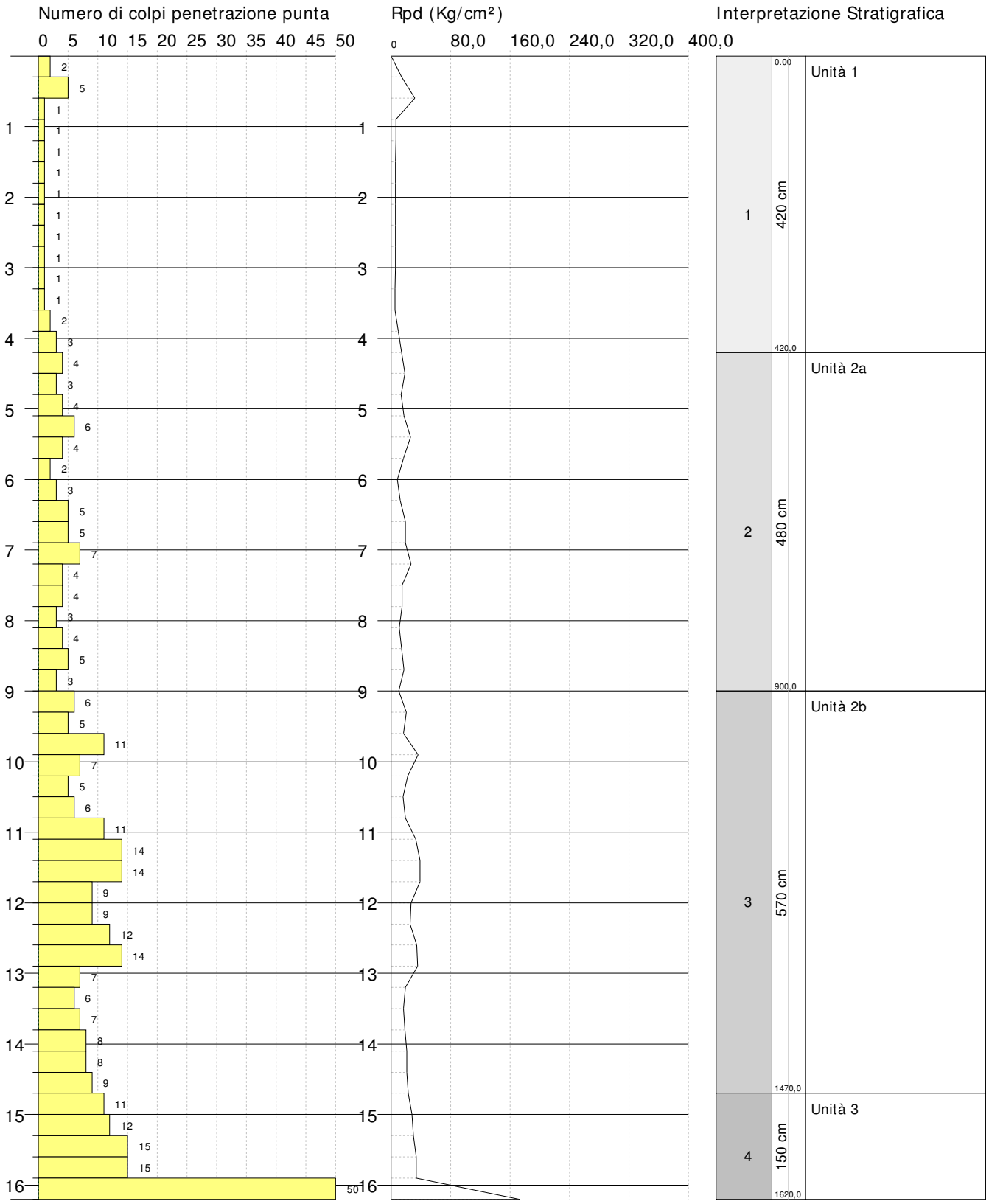
GEOCIPO srl
Via Battisti. 70
22070 Solbiate (Co)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P3
Strumento utilizzato... DPSH TG63-100 PAGANI

Committente: ReAl
Cantiere: Cadorago
Località:

Data: 07/04/2014

Scala 1:79



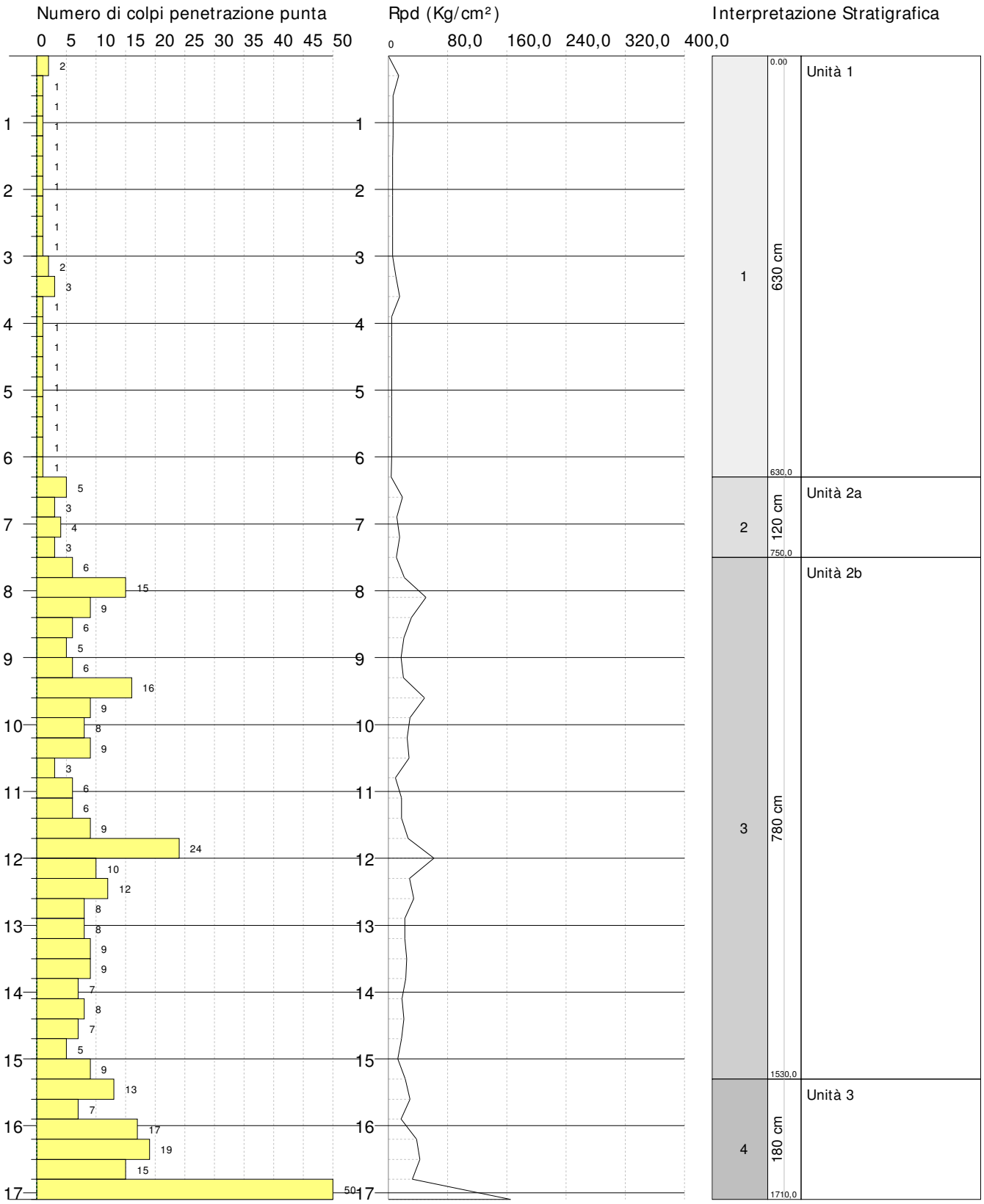
GEOCIPO srl
Via Battisti. 70
22070 Solbiate (Co)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P4
Strumento utilizzato... DPSH TG63-100 PAGANI

Committente: ReAl
Cantiere: Cadorago
Località:

Data: 07/04/2014

Scala 1:83



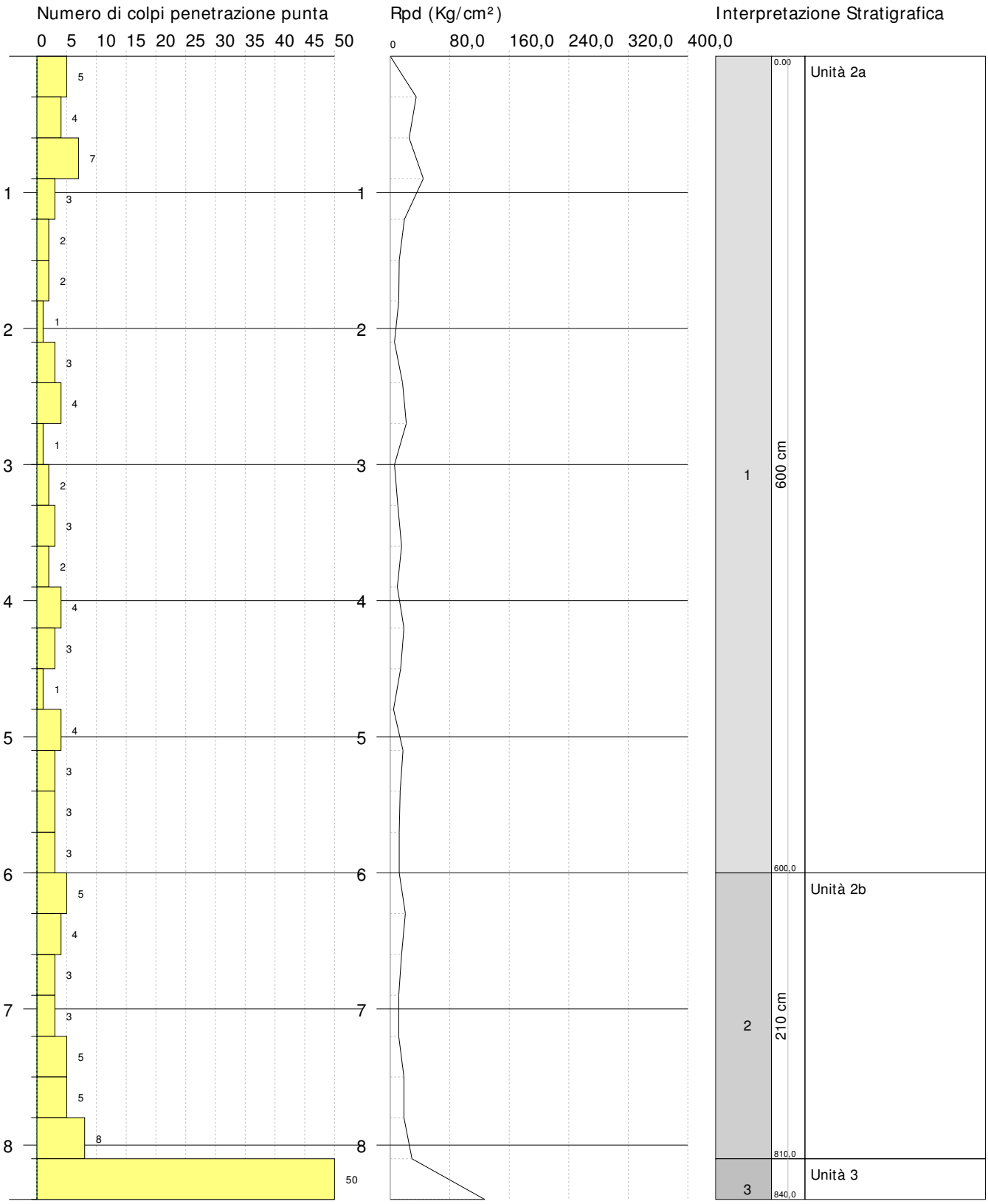
GEOCIPO srl
Via Battisti. 70
22070 Solbiate (Co)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P5
Strumento utilizzato... DPSH TG63-100 PAGANI

Committente: ReAl
Cantiere: Cadorago
Località:

Data: 07/04/2014

Scala 1:41



GEOCIPO srl
Via Battisti. 70
22070 Solbiate (Co)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P6
Strumento utilizzato... DPSH TG63-100 PAGANI

Committente: ReAl
Cantiere: Cadorago
Località:

Data: 07/04/2014

Scala 1:24

TAVOLE

Ambito d'indagine

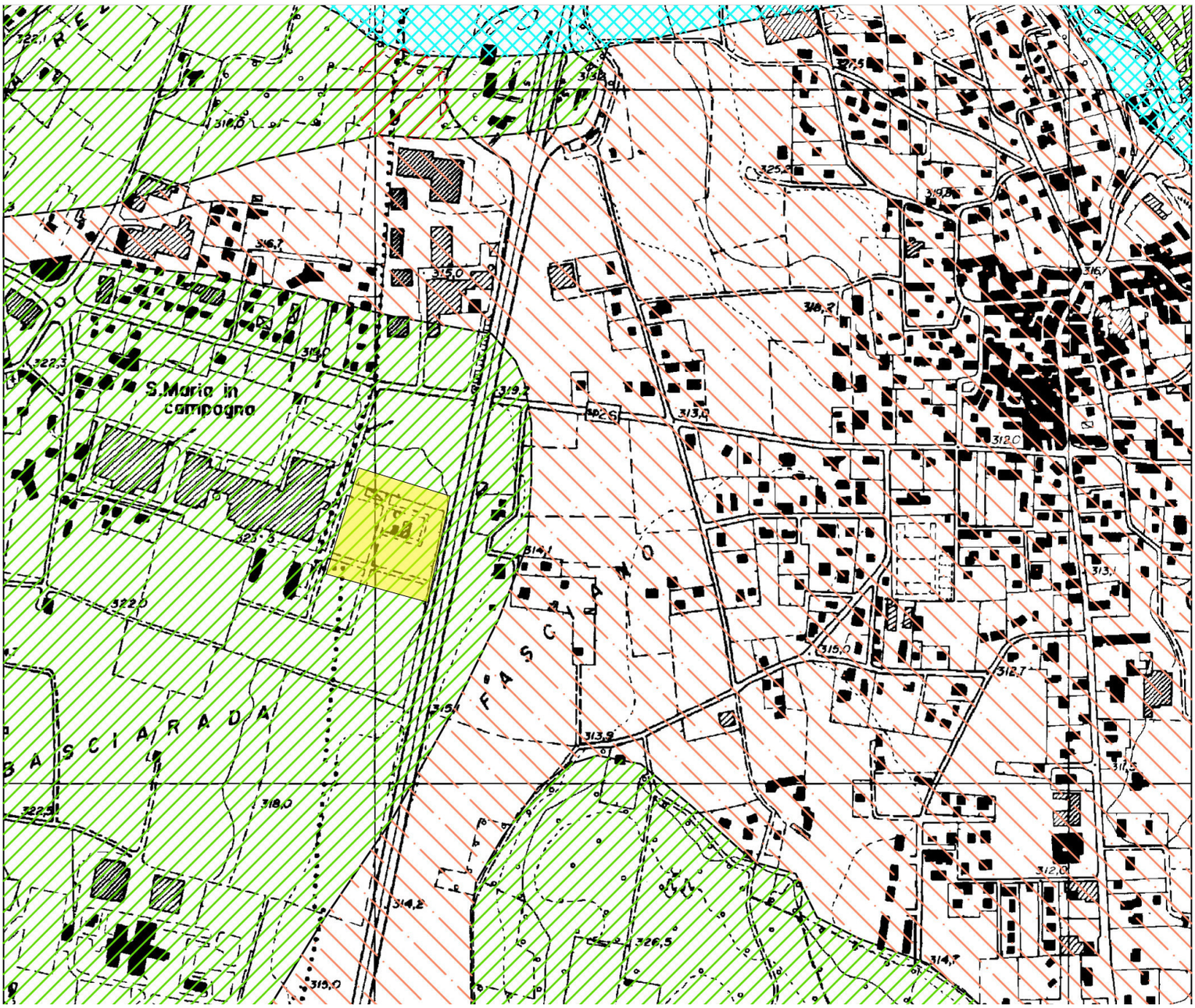
GEOCIPO srl - Via Cesare Battisti, 70 - Solbiate (Co)		
COMMITTENTE	LOCALITÀ	OGGETTO
Re. Al. srl Via Maddalena, 1 20122 Milano	Via Volta Cadorago (Co)	TAVOLA N. 1 Corografia (scala 1:10.000)

Classe 2 Fattibilità con modeste limitazioni: aree moderatamente acclivi e con con caratteristiche geotecniche discrete.

Classe 3 Fattibilità con consistenti limitazioni: aree particolarmente acclivi potenzialmente soggette all'influenza di fenomeni di dissesto idrogeologico.

Ambito d'indagine

GEOCIPO srl - Via Cesare Battisti, 70 - Solbiate (Co)		
COMMITTENTE	LOCALITÀ	OGGETTO
Re. Al. srl Via Maddalena, 1 20122 Milano	Via Volta Cadorago (Co)	TAVOLA N. 2 Estratto Carta Fattibilità



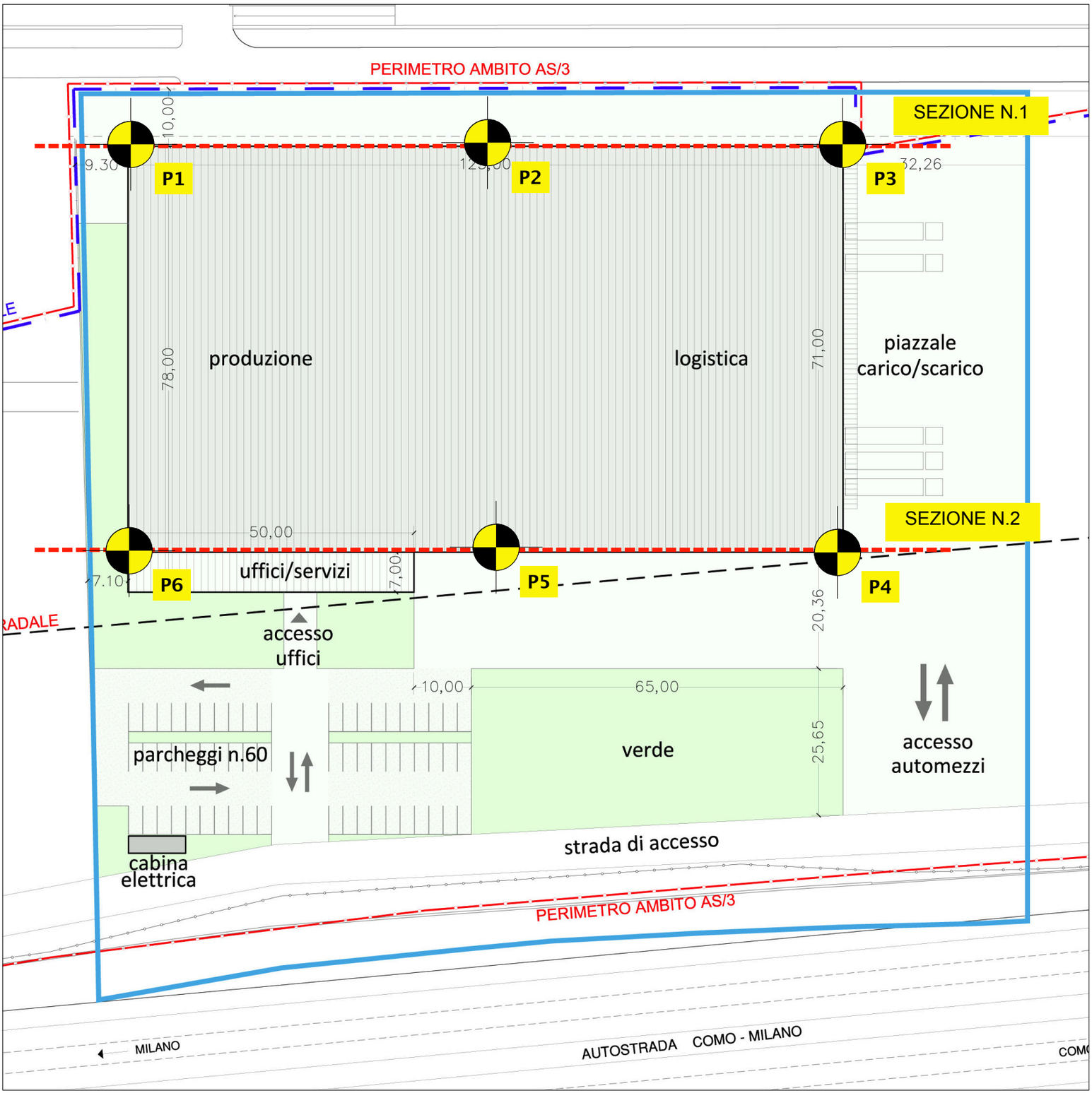
Depositi alluvionali

Depositi morenici rissiani

Depositi fluvioglaciali rissiani

Ambito d'indagine

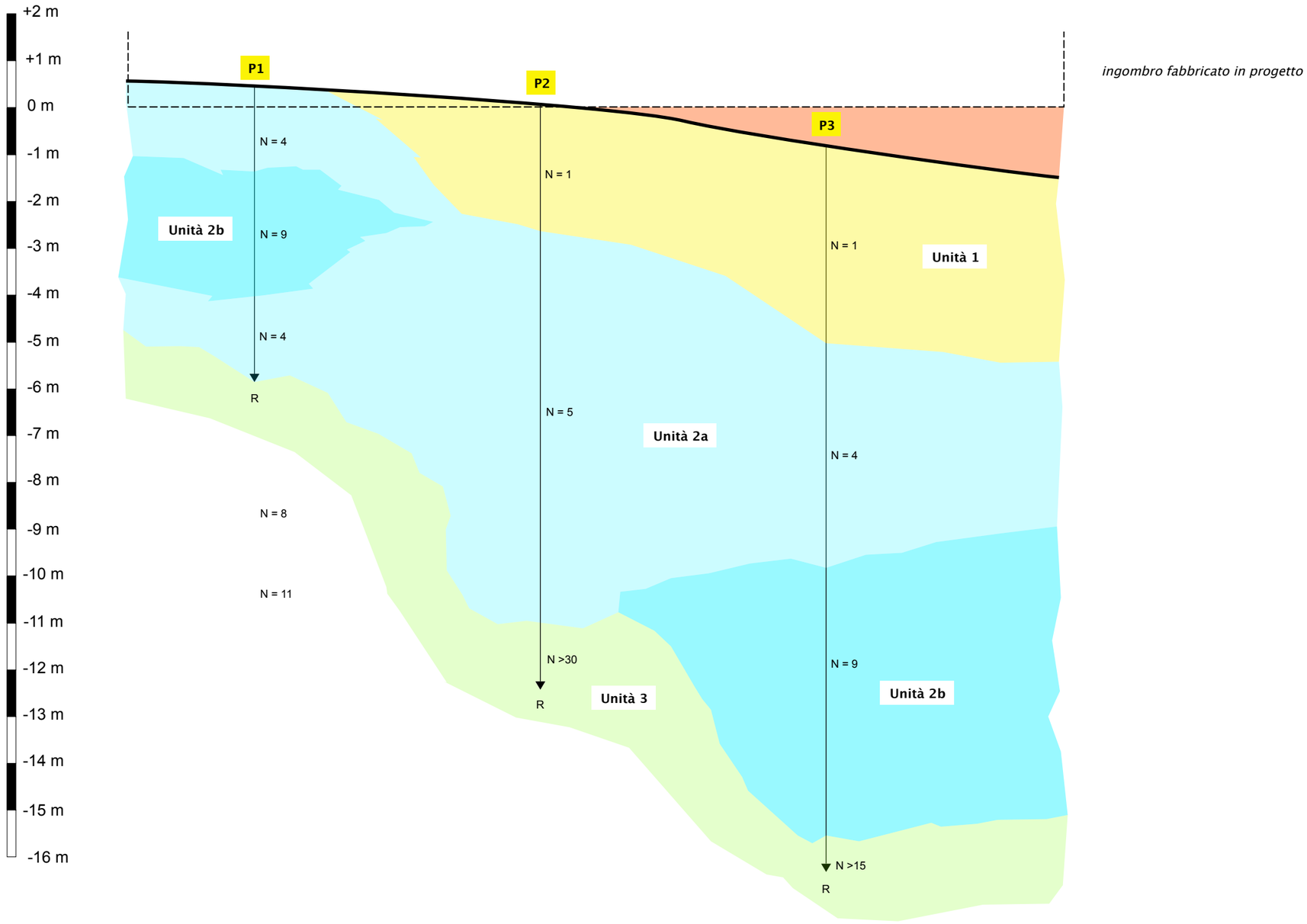
GEOCIPO srl - Via Cesare Battisti, 70 - Solbiate (Co)		
COMMITTENTE	LOCALITÀ	OGGETTO
Re. Al. srl Via Maddalena, 1 20122 Milano	Via Volta Cadorago (Co)	TAVOLA N. 3 Carta geologica (scala 1:10.000)



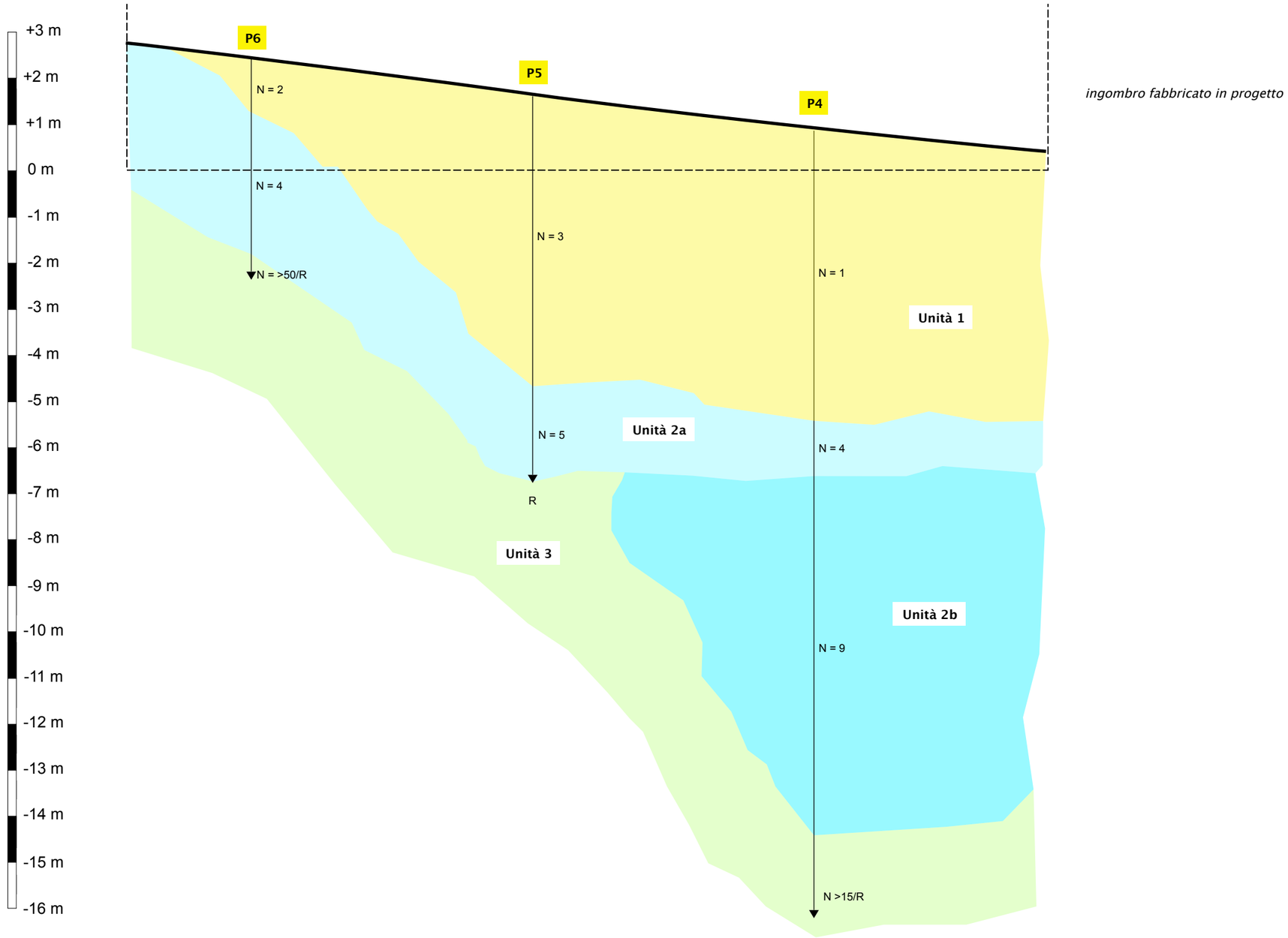
P1 Prova penetrometrica dinamica

Traccia di sezione

GEOCIPO srl - Via Cesare Battisti, 70 - Solbiate (Co)		
COMMITTENTE	LOCALITÀ	OGGETTO
Re. Al. srl Via Maddalena, 1 20122 Milano	Via Volta Cadorago (Co)	TAVOLA N. 4 Planimetria delle indagini



GEOCIPO srl - Via Cesare Battisti, 70 - Solbiate (Co)		
COMMITTENTE	LOCALITÀ	OGGETTO
Re. Al. srl Via Maddalena, 1 20122 Milano	Via Volta Cadorago (Co)	TAVOLA N. 5a Sezione stratigrafica n. 1



GEOCIPO srl - Via Cesare Battisti, 70 - Solbiate (Co)		
COMMITTENTE	LOCALITÀ	OGGETTO
Re. Al. srl Via Maddalena, 1 20122 Milano	Via Volta Cadorago (Co)	TAVOLA N. 5b Sezione stratigrafica n. 2