



# STADIO DELLA ROMA - TOR DI VALLE

## Relazione geotecnica e di calcolo fondazioni Piastra

15 giugno 2015



Numero Emissione	1
Numero Revisione	0
Data Emissione	15/06/2015
Motivazione della Emissione	Richiesta del Permesso di Costruire
Redatto da	Arup Italia srl

#### REGISTRO DELLE REVISIONI

E	R	Data	Descrizione	Redige	Verifica	Approva
1	0	15/06/2015	Emissione per permesso di costruire	FT-AP-ML-AMU	AMU-SM	LS

#### CODIFICA ELABORATO

<b>TDV</b>	<b>G</b>	<b>PAR01</b>	<b>00</b>	<b>G00000</b>	<b>PP</b>	<b>ST</b>	<b>2000</b>	<b>ARP</b>	<b>1401</b>	<b>00</b>
------------	----------	--------------	-----------	---------------	-----------	-----------	-------------	------------	-------------	-----------

## Indice

1	
1.	Introduzione ..... 4
1.1.	Parti coinvolte ..... 4
1.2.	Elementi caratteristici del progetto ..... 5
2.	Inquadramento geologico, idrogeologico e sismico ..... 7
2.1.	Premessa ..... 7
2.2.	Inquadramento geologico e idrogeologico ..... 7
2.3.	Valutazione di pericolosità sismica ..... 7
3.	Caratterizzazione geotecnica ..... 8
3.1.	Indagini geognostiche ..... 8
3.2.	Profili stratigrafici di riferimento ..... 9
3.3.	Stratigrafia geotecnica di progetto ..... 12
4.	Opere di fondazione ..... 32
4.1.	Codici e riferimenti per la progettazione ..... 32
4.2.	Materiali ..... 34
4.3.	Condizioni di carico e di prestazione delle strutture ..... 36
4.4.	Fondazioni superficiali ..... 38
4.5.	Miglioramento del terreno (“soil improvement”) ..... 41
4.6.	Fondazioni profonde ..... 42
4.7.	Fondazioni profonde - Pali trivellati ..... 44
4.8.	Fondazioni profonde - Pali prefabbricati ..... 52
4.9.	Considerazioni progettuali generali conclusive ..... 65
4.10.	Soluzioni progettuali preliminari ..... 65
5.	Conclusioni ..... 67
5.1.	Elaborati di riferimento ..... 67
6.	Principali riferimenti ..... 68
7.	Allegati ..... 69
7.1.	Calcolo capacità portante – Pali trivellati ..... 69
7.2.	Calcolo di capacità portante – Pali infissi ..... 70
7.3.	Calcolo preliminare gruppi di pali ..... 71

## **1. Introduzione**

Il presente documento fornisce indicazioni di progettazione preliminare delle strutture della piastra dello sviluppo terziario e commerciale adiacente al nuovo stadio dell'AS Roma.

Lo sviluppo si colloca all'interno del sito attualmente occupato dall'ippodromo di Tor di Valle, a sud-ovest della Capitale, tra un'ansa del Tevere e la Via del Mare / Via Ostiense. Nella mappa riportata a lato si evince la posizione dell'area, ad ovest della Via del Mare e dell'EUR.

Il Sito oggetto dell'intervento si trova all'interno del XII Municipio, nell'ambito del Comune di Roma.

In questo documento verranno forniti alcuni elementi essenziali di inquadramento per il Progetto Preliminare, al fine di evidenziare da subito le peculiarità del sito e del Progetto, in riferimento alle strutture della piastra e del resto dello sviluppo. In particolare, si evidenzieranno:

- Il quadro normativo di riferimento per la progettazione delle strutture e gli elementi di rilievo che potrebbero avere un'incidenza sul costo di costruzione o sull'iter approvativo;
- Una valutazione preliminare delle condizioni di carico e delle sollecitazioni ambientali;
- Una valutazione preliminare delle relazioni con altri elementi di rilievo all'interno o in adiacenza allo sviluppo (e.g. stadio, edifici a torre, etc.);
- Le possibili soluzioni strutturali per la realizzazione della piastra con evidenza dei principali elementi con un impatto su (i) processi costruttivi, (ii) costi di realizzazione, (iii) progetto architettonico ed impiantistico.

Le indicazioni contenute nel presente report di fatto costituiscono anche delle linee guida per le progettazioni delle fasi successive.

### **1.1. Parti coinvolte**

Le parti coinvolte nella progettazione architettonica delle opere afferenti alla presente progettazione sono molteplici, tra cui le principali:

- Eurnova s.r.l. / Stadio TDV SpA (Committenza);
- Studio Daniel Libeskind (Progettazione architettonica comparto B);
- Studio Altieri (Progettazione architettonica comparto A – C);
- Officine Verdi (Strategie energetiche);
- Land (Progettista del verde).
- MEIS (Architettura Stadio)
- RTKL (Parte commerciale)
- Arup (Progettista Geotecnico, Strutturale ed Impiantistico);
- Altri consulenti specifici aree commerciali in particolare del comparto A

Si intende pertanto che le diverse componenti architettoniche dovranno essere coordinate in un progetto strutturale il più possibile omogeneo, in particolare relativo alle fondazioni al fine della gestione dei potenziali cedimenti differenziali tra parti d'opera. Nella progettazione preliminare geotecnica delle fondazioni di cui alla presente relazione si è scelto un approccio tipologico per parti d'opera aventi carichi caratteristici per i diversi comparti.

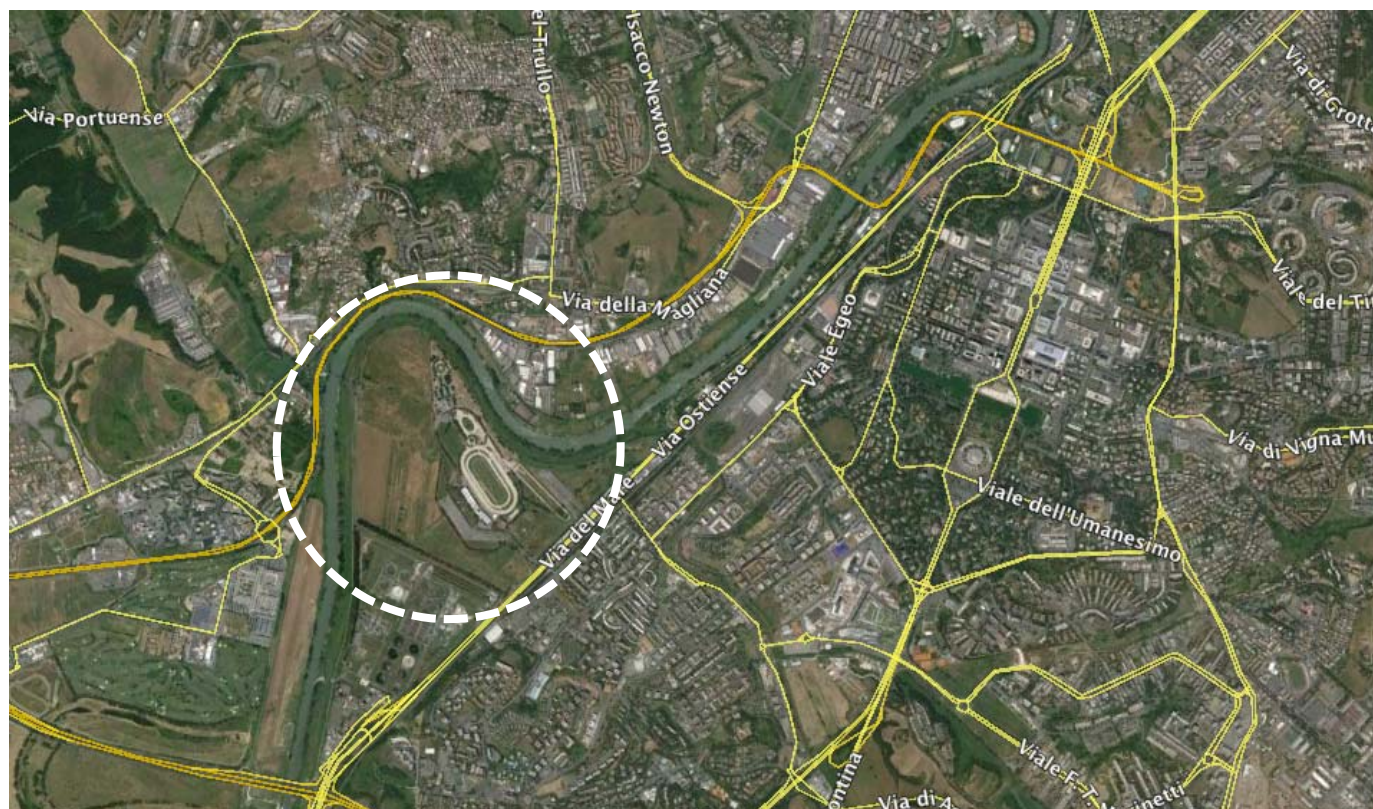


Figura 1 Immagine satellitare dell'area circostante al sito oggetto del Progetto, situato nella parte centrale-sinistra, ad ovest della Via del Mare e dell'EUR.

## 1.2. Elementi caratteristici del progetto

Per una descrizione dettagliata delle opere dei singoli comparti si faccia riferimento alle relazioni architettoniche specialistiche ed a quelle strutturali tecnico descrittive e di calcolo alle quali si rimanda. Nel seguito si segnala solamente per pronta lettura, ed ai fini dell'inquadramento delle tipologie di struttura, la caratteristica principale di tutto l'urbanizzato ad esclusione dello stadio e delle sue immediate adiacenze.

Relativamente ai comparti B e C, ed anche A4, essi si caratterizzano per la presenza di uno o due piani di parcheggio a costituire la cosiddetta piastra. Tali piani sono realizzati fuori terra pertanto non si hanno livelli di interrato permanente.

Alla piastra sono sovrapposte le strutture in elevazione quali edifici commerciali di diversa tipologie, volumetria, altezza, ed incidenza unitaria di carico in fondazione. In particolare il comparto C si caratterizza da edifici tipicamente di uno o due livelli, a differenza del comparto B laddove veri e propri edifici adibiti ad uso commerciale più tradizionale si distinguono in edifici da 6-7 livelli fino a edifici cosiddetti alti cioè caratterizzati da altezze anche superiori ai 100m.

Questi ultimi edifici alti sono al momento della redazione della presente relazione in fase di definizione più puntuale e per essi, data la complessità dei sistemi architettonici e strutturali che li caratterizzano, non vi è stata la possibilità di svolgere analisi geotecniche specifiche, come invece fatto per gli altri edifici dei comparti citati laddove si presentano carichi preliminari che sfociano in dimensionamenti preliminari delle fondazioni.



Figura 2 Planimetria preliminare dello sviluppo dell'area, comprendente la parte a destinazione terziaria e commerciale ed il nuovo stadio dell'AS Roma.

## **2. Inquadramento geologico, idrogeologico e sismico**

### **2.1. Premessa**

Arup in quanto progettista delle opere strutturali, ha condotto anche la progettazione preliminare geotecnica delle relative opere di fondazione.

Ai sensi di quanto prescritto al paragrafo 6.2 del DM NTC 2008 e s.m.i., il progettista Arup ha indirizzato e informato la società incaricata di svolgere la campagna indagine (GEORES srl) al fine di tarare e definire la campagna indagine e di laboratorio in funzione delle specifiche necessità derivanti dalle specifiche strutture da progettare.

Tutti comparti nominati “A4”, “B”, e “C” sono stati quindi oggetto di specifiche indicazioni da parte di Arup relativamente alla campagna indagine preliminare al fine della progettazione delle strutture dei suddetti comparti.

Analoga attività è stata svolta relativamente alle infrastrutture (Opere di Urbanizzazione) di cui si descriveranno le attività in specifici report in quanto il presente report è specifico delle opere strutturali dei comparti “A4”, “B”, “C”.

### **2.2. Inquadramento geologico e idrogeologico**

Per l'inquadramento geologico ed idrogeologico si faccia riferimento alle relazioni prodotte da “GEORES Srl”.

In particolare si citano le seguenti relazioni pervenute:

- 15-020-Modello geologico e geotecnico
- 15-020-Business-Studio di risposta sismica locale
- 15-020-Stadio-Studio di risposta sismica locale
- 15-020-Grafici parametri-Laboratorio-rev
- 15-020-Sezioni-Variazioni NSPT60-ott

Il complesso delle informazioni ricevute è poi inquadrato in un unico report interpretativo “Modello Geologico e geotecnico (Geores srl) al quale si rimanda.

### **2.3. Valutazione di pericolosità sismica**

La valutazione della pericolosità sismica nel Sito interessato dall'intervento viene stimata sulla base dei seguenti documenti:

- [MPS04] – Gruppo di Lavoro (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004.
- [S1] – Progetto DPC-INGV S1: Proseguimento della assistenza a DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi. Coordinatori: G.M. Calvi, M. Stucchi, C. Meletti.
- [S5] – Progetto DPC-INGV S5: Definizione dell'input sismico sulla base degli spostamenti attesi. Coordinatori: E. Faccioli, A. Rovelli.
- [DBMI04] – Stucchi et alii. (2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>. Quaderni di Geofisica, Vol. 49, pp. 38.
- [PGT2010] – Componenti geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio – Relazione illustrativa, Comune di Milano, Ottobre 2009 (Delibera di adozione n. 25, 13-14 luglio 2010).

La valutazione della pericolosità sismica del sito viene valutata sulla base di tre parametri principali: (a) la massima accelerazione attesa al sito  $a_{max}$ , (b) la massima richiesta in spostamento a lungo periodo  $D_{10}$ , (c) la massima intensità attesa al sito  $I_s$ .

La valutazione della pericolosità sismica è ampiamente descritta all'interno della “Relazione sismica” a cui si rimanda.

### **3. Caratterizzazione geotecnica**

#### **3.1. Indagini geognostiche**

Si riporta nel seguito un riassunto della campagna indagine effettuata tra l'Aprile e il Giugno 2015, al fine di dare una indicazione della quantità e tipologie dei dati sulla base dei quali la scrivente ha effettuato la interpretazione ai fini della progettazione delle opere, e la progettazione delle opere stesse descritte in precedenza.

La campagna è stata suddivisa nelle seguenti fasi:

- Fase 1: sondaggi nelle aree A1, C1, B1
- Fase 2: sondaggi relativi al progetto infrastrutturale su aree pubbliche e private.

La campagna indagini di Fase 1 è ad oggi conclusa, a meno di parte delle prove di laboratorio che sono ancora in fase di esecuzione. In particolare, come mostrato in Figura 3, Fase 1 include:

- 19 sondaggi profondi (70m circa);
- 9 sondaggi superficiali (12m circa);
- 3 prove CPTU;
- 4 Down Hole;
- 11 MASW;
- 6 HVSE;
- 19 prove di permeabilità Lefranc;
- 445 prove di laboratorio per la caratterizzazione fisica dei materiali (contenuto d'acqua, peso naturale, peso specifico, analisi granulometrica, limiti di consistenza, ..). Di queste, 311 sono state eseguite e le restanti sono in fase di esecuzione;
- 84 prove di laboratorio relative alla caratterizzazione delle proprietà meccaniche dei materiali. Di queste, 60 sono state eseguite e le restanti sono in fase di esecuzione.

La definizione completa della campagna indagini e tutti i suoi dettagli ed allegati grafici (quali prove di laboratorio certificate, fotografie cassette catalogatrici delle carote di perforazione, etc...) sono parte dei documenti prodotti da GEORES srl e ad essi si faccia riferimento. Per brevità non verranno riportate in questa relazione tali informazioni proprie della cosiddetta "relazione di indagine" e dei suoi allegati.

##### **3.1.1. Attività future**

Nelle fasi successive di progetto dovrà necessariamente esserci una ulteriore ed approfondita relazione tra le specifiche degli edifici e delle strutture in corso di sviluppo di progetto e gli approfondimenti di dettaglio della campagna indagine.

In particolare si sottolinea come gli edifici più alti del comparto "B", le cosiddette "torri", richiederanno una volta definite nei loro aspetti strutturali ed architettonici definitivi, una necessaria integrazione della campagna indagine, sia per quanto riguarda il soddisfacimento degli aspetti normativi, sia per quanto riguarda la specificità dei carichi trasferiti dalle stesse al sottosuolo.

Tra le attività che si ritengono necessarie da essere effettuate nell'immediato futuro sviluppo progettuale, sono le prove di carico di progetto su pali pilota. La quantità di fondazioni profonde e la loro incidenza sul progetto, unitamente alla necessità di avere un riscontro reale sul comportamento di un singolo palo nei terreni interessati dall'opera, giustificano infatti tale attività.

Altre attività saranno quelle di approfondire in alcune sue parti la campagna indagine generale ad oggi svolta, che ad oggi ha dato ottimi risultati di congruenza ed una più che sufficiente quantità di dati al fine della progettazione preliminare delle opere in oggetto, attraverso indagini specificatamente correlate alle tipologie di edifici progettati ed alle tipologie di fondazioni proposte (si pensi ad esempio ai livelli di carico delle prove edometriche o quelli di preconsolidazione per le prove triassiali che potranno essere adeguati a pressioni corrispondenti ai livelli di carico attesi in funzione dallo specifico edificio o dalla specifica parte di edificio in progetto).

In riferimenti quindi allo sviluppo delle fasi successive delle attività di indagine geognostica e di laboratorio, si riassumono nel seguito le indicazioni per gli sviluppi futuri:

- Valutare la possibilità di eseguire prove di laboratorio atte ad quantificare la presenza di materiali organici nei livelli argillosi/torbosi (e.g. loss on ignition test a 440°C per 4 ore);
- Stima della sensitività delle argille tramite ad esempio l'esecuzione di Swedish fall cone test. Questo stesso test permetterebbe anche di verificare e validare la correttezza dei limiti di Atterberg già ottenuti per i campioni coesivi;
- Potrebbe rendersi necessarie prove di pompaggio per misurare la permeabilità dei terreni in sito;
- Nel caso in cui dovessero essere eseguite ulteriori prove CPTU, si ritiene opportuno valutare la possibilità di raggiungere profondità maggiori e di eseguire prove di dissipazione delle pressioni in eccesso;
- Esecuzione di sondaggi geognostici a profondità superiore a quella indagata ad oggi, in particolare in corrispondenza delle singole opere che lo necessitano (e.g. le torri per il comparto "edifici" e possibilmente alcune aree dello stadio) al fine di stabilire la profondità del bedrock posto al di sotto delle cosiddette argille vaticane.
- Esecuzione di pali pilota per l'analisi preventiva in fase di progetto del comportamento degli stessi.

### **3.2. Profili stratigrafici di riferimento**

Nel seguito si riportano le figure tratte dalle relazioni prodotte da Geores al fine di dare un inquadramento generale della situazione stratigrafica di riferimento.

Nella Figura 3 si rappresenta la planimetria con gli ambiti geomorfologici di riferimento.

Come si evince dalle figure, e così come descritto nelle relazioni geologiche e di indagini alle quali si rimanda, si registra una forte variabilità delle potenze degli strati intermedi tra quelli superficiali e quelli "portanti" profondi costituiti dalle sabbie e ghiaie e dalle sottostanti argille compatte. Tale forte variabilità, unitamente alle genericamente scarse proprietà geomeccaniche dei materiali caratterizzanti il sito, porta alla necessità di dovere individuare con maggiore livello di dettaglio rispetto a quanto sia possibile fare in questa fase preliminare la specifica stratigrafia di progetto non solo per le macroaree, ma per il singolo edificio o parte di edificio. E' evidente infatti che nel contesto geologico-geotecnico in cui è inserito l'intervento variazioni stratigrafiche di poche decine di metri all'interno del sito implicano scenari progettuali decisamente differenti, che dovranno necessariamente essere studiati in dettaglio nelle successive fasi progettuali.

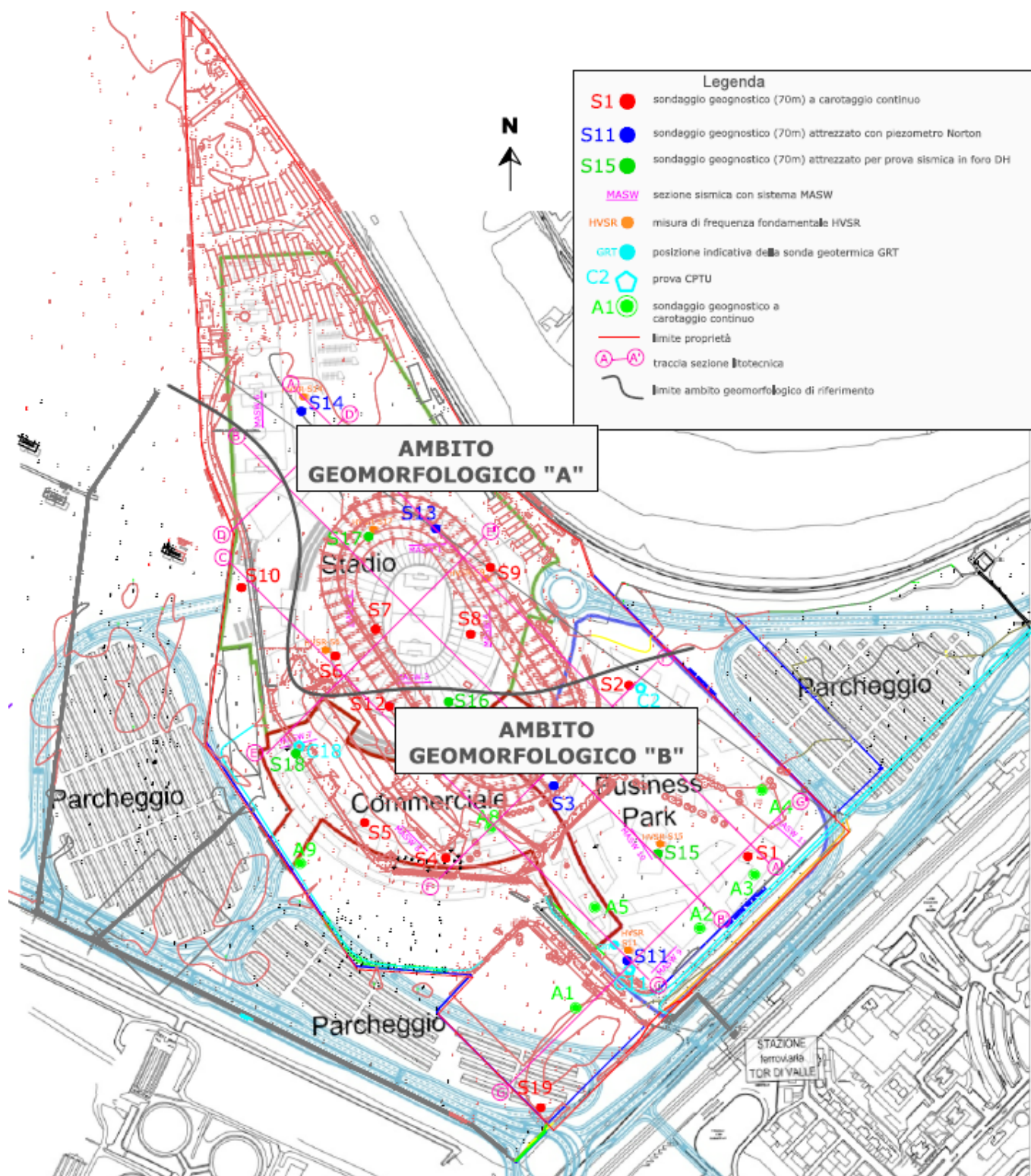


Figura 3 – Planimetria del sito con delimitazione degli ambiti geomorfologici di riferimento e ubicazione delle indagini geognostiche e sismiche (Geores srl, "15-020-Modello geologico e geotecnico")

Al fine di non appesantire la presente lettura, e di non replicare dati già presenti in altre relazioni, si omettono in questa sede le sezioni geologiche, idrogeologiche e geotecniche del sito. Per una visione delle stesse si faccia riferimento alle specifiche relazioni geologiche di indagine.

In questa sede, al fine di avere in pronta lettura un quadro stratigrafico di progetto di riferimento relativo alla presente relazione, utilizzato nel progetto delle presenti relazioni, si riporta nel seguito il profilo stratigrafico tipico di riferimento.

Unità	Descrizione breve	
A	Terreno di riporto (media di 0.8m di spessore)	<i>6.7 m di spessore in media</i>
B	Argille soffici / sabbie soffici (2.3 m)	
C	Argille soffici sabbiose (3.9 m)	
D	Argille limose torbose grigie (molto variabili in spessore da 7.4 m a 47.9 m)	
E	Sabbia fine limosa (molto variabile in spessore da 3.2 m a 45.4 m)	
F	Ghiaie in matrice sabbiosa (spessore medio 9.6 m)	
G	Argille limose compatte (massimo indagato 6.5 m al di sotto delle ghiaie)	

Livello di falda al momento assunto a 2 m da piano campagna, sapendo che non si tratta di falda permanente ma fortemente dipendente dalle oscillazioni del Tevere ed altre condizioni locali.

*Tabella 1 - Profilo stratigrafico tipico di riferimento (interpretazioni mediate ARUP da informazioni report Geores srl)*

### **3.3. Stratigrafia geotecnica di progetto**

#### **3.3.1. Risultati da prove in sito**

Le prove in sito di Fase 1, relativa principalmente al comparto edifici, sono in corso di ultimazione proprio nel mentre della ultimazione della progettazione. Quanto ricevuto, che costituisce la quasi totalità dei dati indagati, costituisce una ottima base di lavoro per il livello progettuale attuale. Alla base dati attualmente indagata seguiranno gli affinamenti di dettaglio di cui si è discusso ai paragrafi precedenti, al fine di declinare la progettazione di ciascuno specifico edificio o comparto o parte di essi.

Per l'inquadramento geotecnico generale si fa riferimento alla citata relazione "15-020 Modello geologico e geotecnico" ed in particolare alle tavole 8-9-10 che rappresentano le unità litotecniche comprensive di range di parametri geotecnici. Si osserva che i range forniti variano anche marcatamente sia tra ambito A e ambito B (come definiti alla Figura 3), sia all'interno dello stesso ambito.

Dal punto di vista progettuale si osserva che:

- La maggior criticità progettuale è certamente la presenza dello strato di argilla limosa/torbosa (unità D) a spessore variabile;
- Le prove SPT relative agli strati più superficiali dell'unità C forniscono valori significativi in alcune zone. Questo può essere dovuto a lenti di sabbia o potrebbe indicare la presenza di effetti di sovraconsolidazione, da indagare in dettaglio alla luce dei risultati di laboratorio (ed in particolare delle prove edometriche) nelle fasi successive;
- Gli strati ghiaiosi sottostanti (unità F) sono quelli che risulteranno portanti per la realizzazione di pali profondi per le strutture maggiori. Tale strato e la sua interazione con il livello argilloso compatto sottostante (unità E) dovrà quindi essere necessariamente indagato nel dettaglio negli specifici punti laddove le strutture più impattanti dal punto di vista di trasferimento di carichi al sottosuolo saranno posizionate.

Si sottolineano inoltre le seguenti due criticità:

- È probabile che il sito, trovandosi in corrispondenza del paleoalveo del fiume Tevere, sia soggetto a fenomeni di liquefazione in corrispondenza dei livelli composti da sabbie sciolte. Questo rischio dovrà essere opportunamente valutato impiegando ad esempio i risultati delle prove SPT e MASW, approfondendone le implicazioni nelle future fasi progettuali.
- Il "Modello geologico e geotecnico" rileva la presenza di gas all'interno di sacche negli orizzonti torbosi presenti nelle argille intermedie, che potrebbero incrementare in modo anomalo localmente le pressioni interstiziali riducendo di conseguenza gli sforzi efficaci nel terreno. Anche questo aspetto merita ulteriori approfondimenti e dovrà essere considerato nelle successive fasi progettuali.

La progettazione dovrà pertanto considerare i seguenti aspetti:

- Terreni altamente compressibili;
- Stratigrafia non omogenea;
- Cedimenti medi e differenziali;
- Cedimenti a lungo termine (consolidazione primaria e secondaria);
- Rigonfiamento;
- Interazione terreno-struttura;
- Bilancio movimentazione terre.

Al fine del dimensionamento preliminare delle opere, in un tale quadro di area vasta e di significativa variabilità delle condizioni di sito, ancorché bene e diffusamente indagate per la prima fase progettuale, i sottoscritti progettisti necessitano di avere una valutazione il più possibile deterministica al fine di produrre calcoli e dimensionamenti quantitativi adeguati alla fase progettuale.

A tale fine, partendo dal quadro conoscitivo e dall'inquadramento proposto nel "15-020 Modello geologico e geotecnico", gli scriventi utilizzano i dati della campagna indagine svolta messi a disposizione per andare a tarare in funzione del progetto specifico di cui in oggetto le caratterizzazioni geotecniche preliminari necessarie alla progettazione. Nel seguito si riporta tale

processo di interpretazione di maggiore specificità finalizzata a definire una parametrizzazione univoca mediata sul sito, adeguata al livello di progettazione in corso. Definite le caratteristiche geomeccaniche come sopra descritto, si adatteranno poi le stesse in funzione delle specificità stratigrafiche proprie del sito o della parte di sito dove si trovano le strutture analizzate.

### 3.3.2. Verifica della stratigrafia dalle prove CPTU

L'esecuzione di CPTU2 e CPTU11 nell'area Sud Est dell'ippodromo attuale danno risultati simili presentati nella Figura 4 e nella Figura 5. I risultati sono plottati come suggerito da Lunne et al. (1997), cioè:

- Resistenza alla penetrazione del cono corretta ( $q_t$ ) vs profondità
- Pressione interstiziale misurata ( $u_2$ ) e pressione interstiziale misurata in situ ( $u_0$ ) vs profondità
- Parametri di pressione interstiziale  $B_q = \frac{u_2 - u_0}{q_t - \sigma_{v0}}$  vs profondità;
- Friction ratio  $R_f = \frac{100f_s}{q_t}$  vs profondità

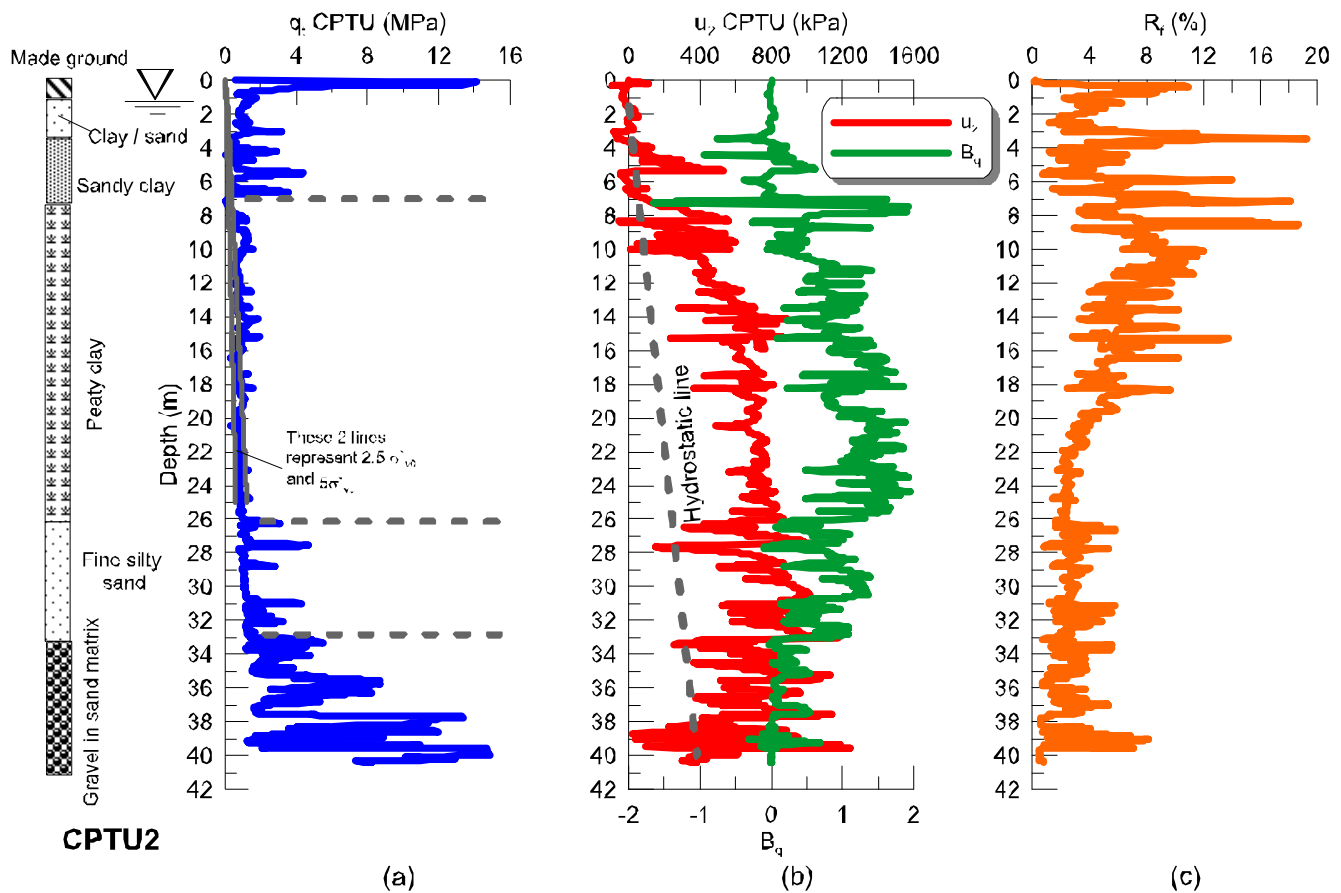


Figura 4 – Risultati ottenuti dalla prova CPTU2

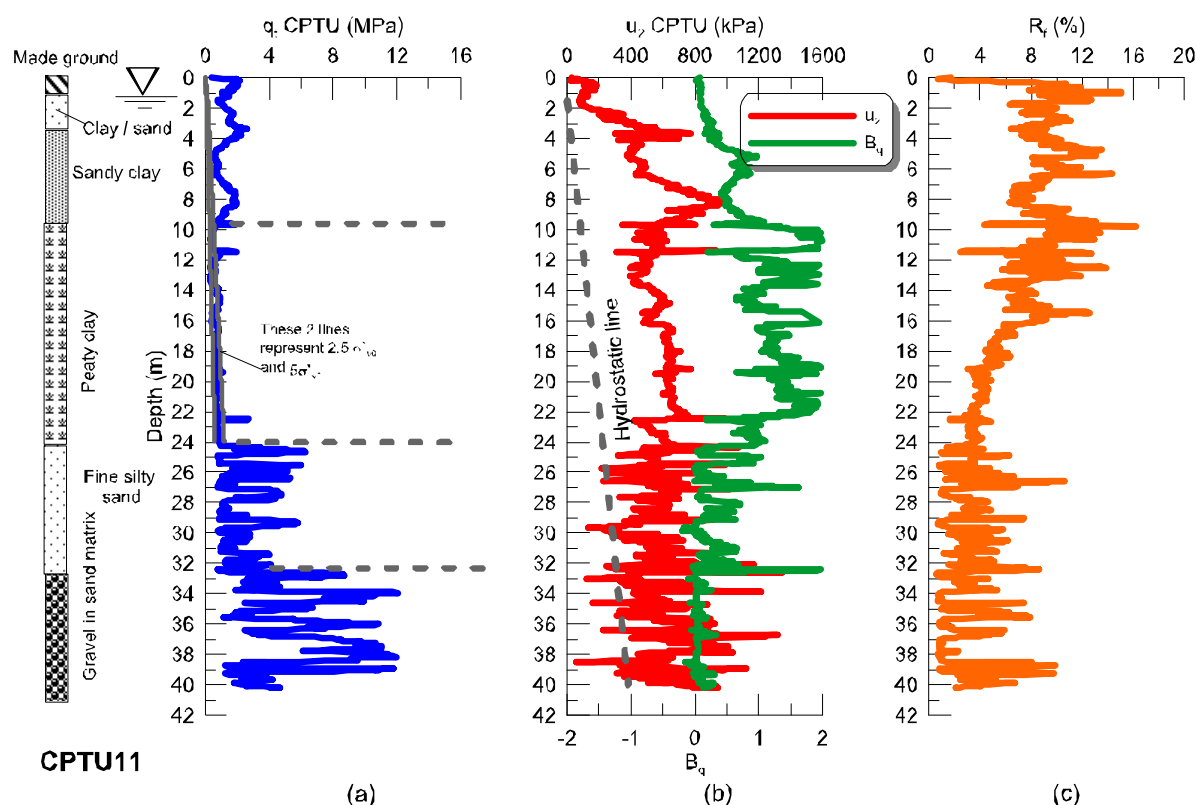


Figura 5 – Risultati ottenuti dalla prova CPTU11

Le CPTU confermano quanto rappresentato attraverso i bore hole. È possibile interpolare i dati provenienti dalle CPTU con i grafici prodotti da Robertson et al. (1986). Si riportano a titolo di esempio i dati della CPTU2 in Figura 6. Il materiale è come previsto in linea con le descrizioni precedenti:

- Le argille limose/argille/sabbie si comportano come un materiale mediamente granulare fine, con molti punti ricadenti nelle zone 3 o 5;
- Le argille torbose si comportano principalmente come argille, con la maggior parte dei punti ricadenti in zona 3;
- Le sabbie limose fini mostrano un comportamento non dissimile dalle argille torbose, ma la carta mostra che si tratta di materiale più grossolano con molti punti ricadenti nelle zone 4 e 5, così come nella zona 3. Quanto sopra è coerente con quanto mostrato dai sondaggi, che suggeriscono che questi strati presentano un graduale incremento della frazione grossolana con la profondità piuttosto che una chiara demarcazione dei due strati come distinti;
- Le ghiaie sono chiaramente distinte dagli altri strati e molti dei punti cadono nelle zone da 5 a 9.

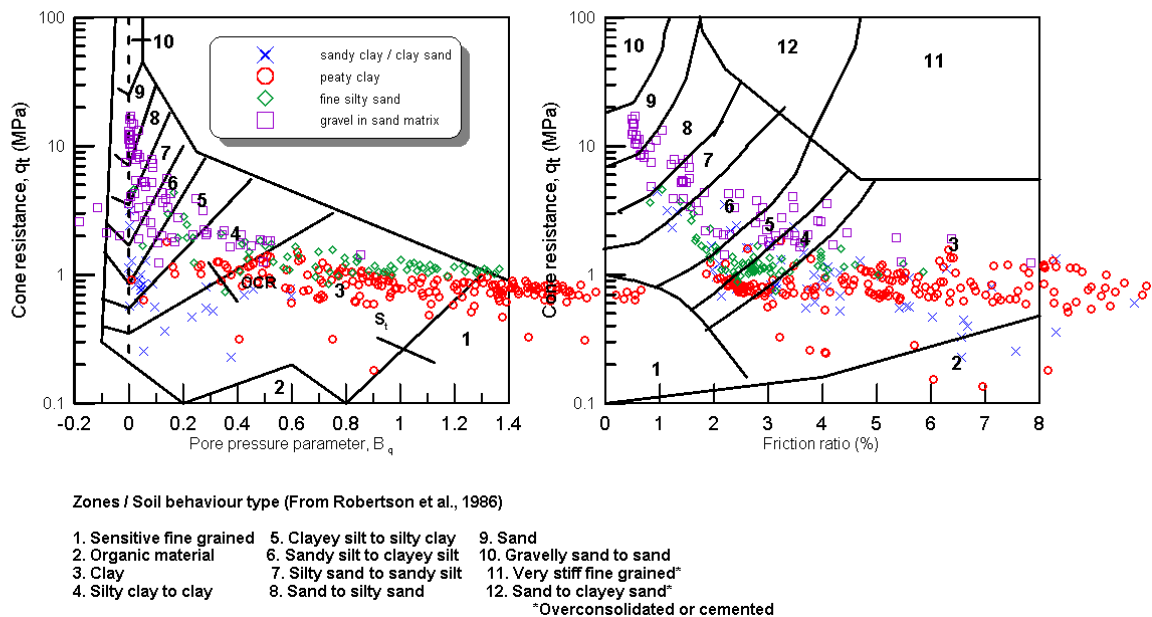


Figura 6 - Robertson charts per la prova CPTU2

La prova CPTU18 eseguita ad Ovest della pista dell'ippodromo mostra condizioni lievemente diverse rispetto alle altre due CPTU effettuate, ma consistenti con i risultati dei più prossimi sondaggi (S12 - S5). Lo strato di argille torbose qui è decisamente meno potente come mostrato in Figura 7.

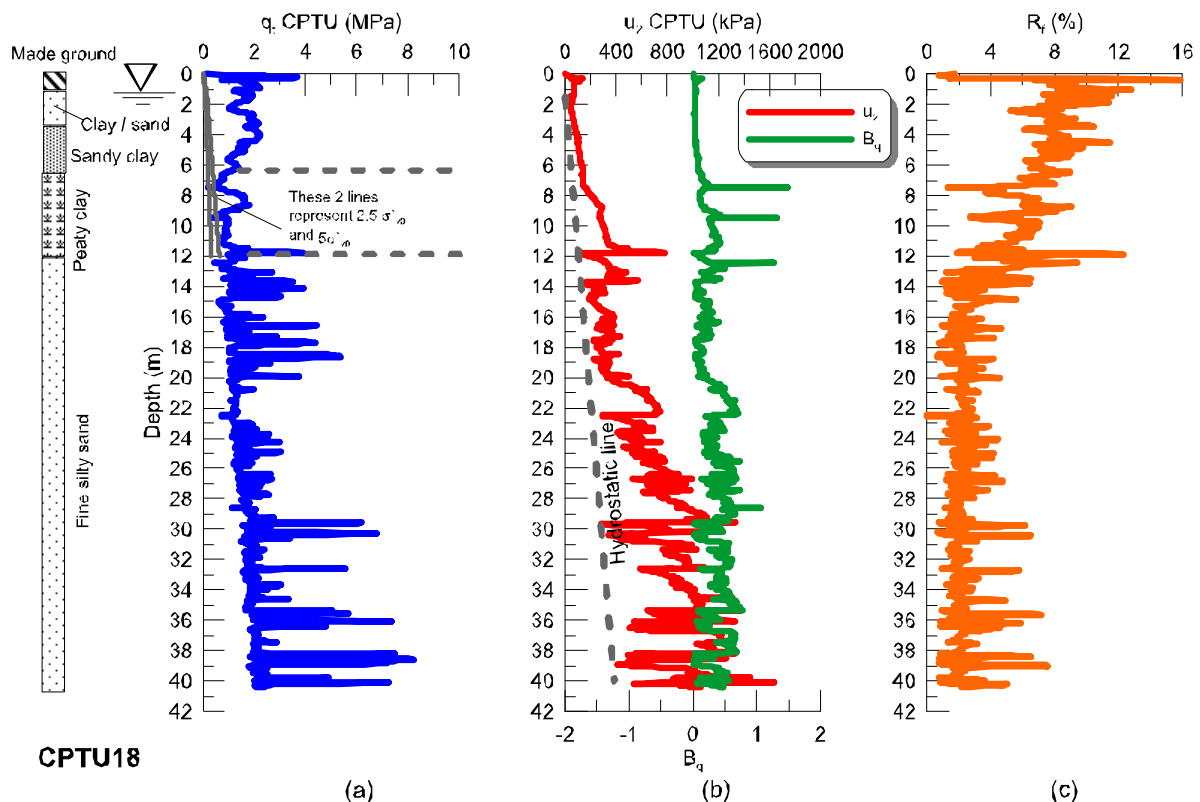


Figura 7 - Risultati ottenuti dalla CPTU18

### 3.3.3. Caratteristiche fisiche dei materiali

I parametri base quali il contenuto d'acqua ( $w$ ), il peso per unità di volume ( $\gamma$ ), la gravità specifica ( $G_s$ ) sono mostrati in Figura 8

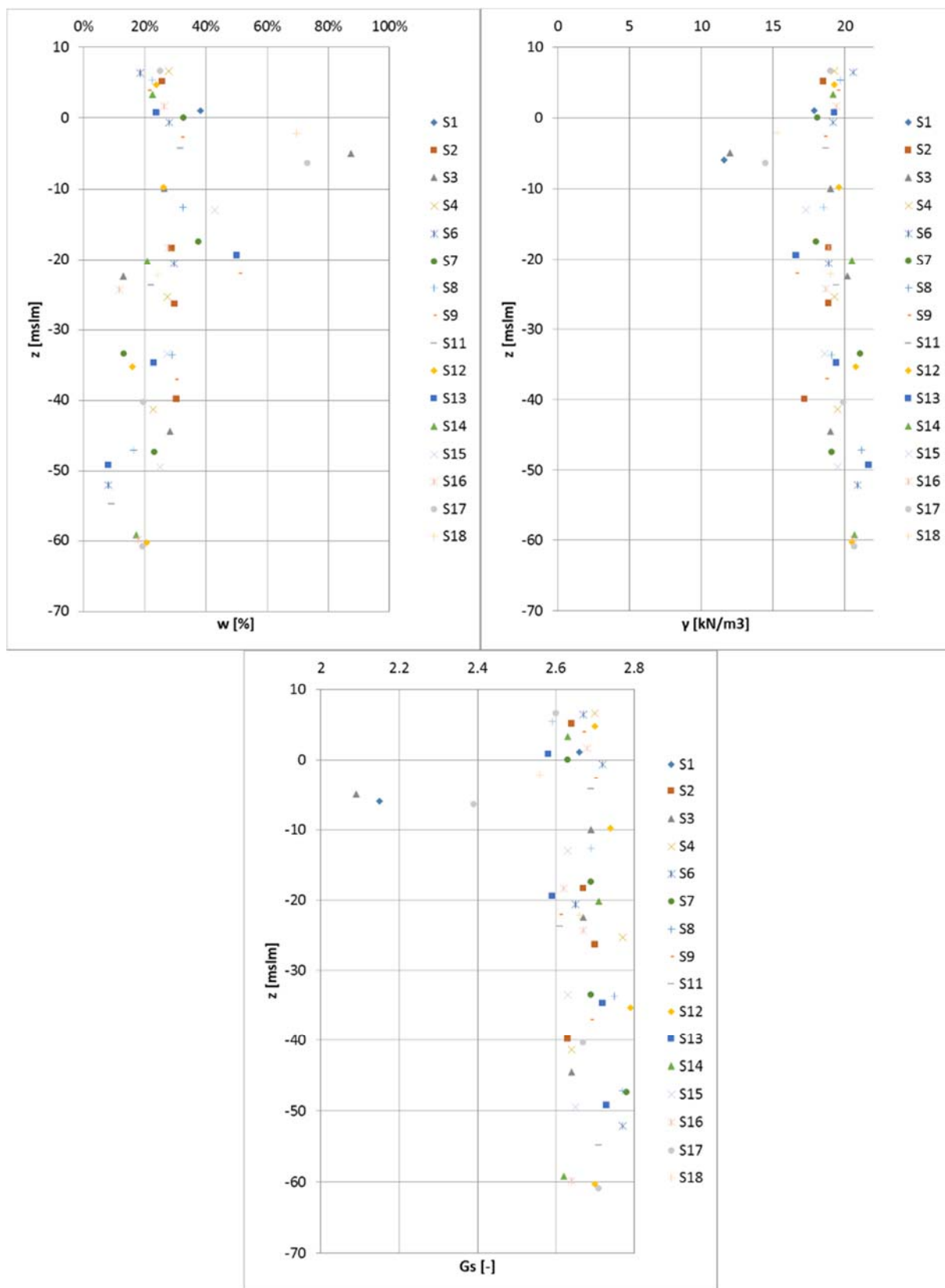


Figura 8

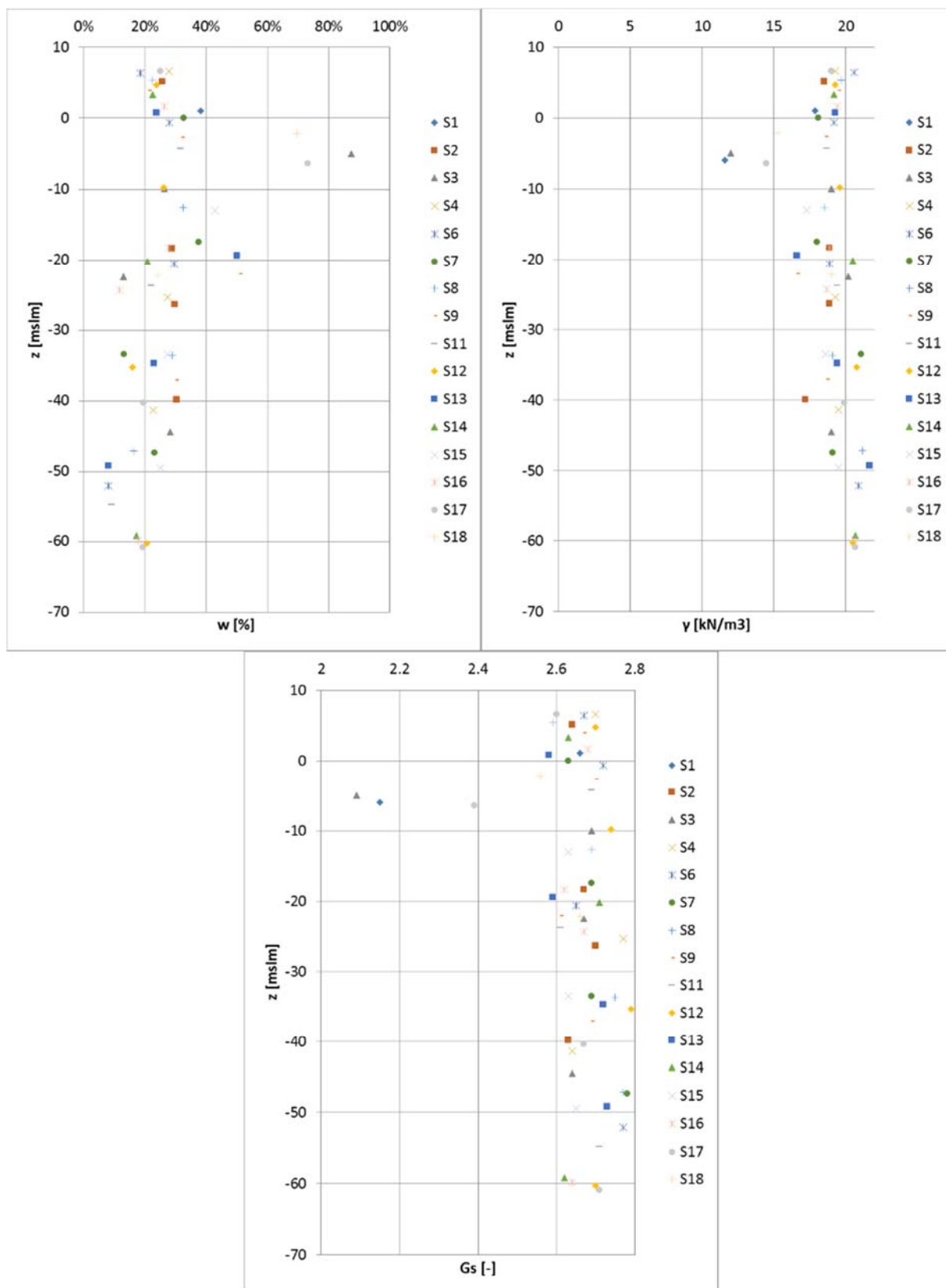


Figura 8 - Index test results

Una preliminare analisi degli indici porta a dire che:

- Inizialmente vi è un lieve incremento del contenuto d'acqua dal 25% nelle argille sabbiose soffici al 35% medio delle argille torbose. Si rilevano alcuni picchi nei livelli di argilla torbosa, probabilmente corrispondenti alle aree a contenuto organico diverso. Conseguentemente vi è un riduzione fino a circa il 15% di contenuto d'acqua nelle sabbie sottostanti. La media complessiva del contenuto d'acqua è pari a circa il 29%;
- Come mostrato da Janbu (1970), l'andamento del contenuto d'acqua porterebbe ad ipotizzare un lieve livello di sovraconsolidazione nei livelli superficiali. È possibile quindi ipotizzare per i primi metri un comportamento "non così pessimo" come potrebbe apparire dalla sola analisi stratigrafica;
- Si nota una decrescita in  $\gamma$  tra le argille soffici sabbiose e le le argille torbose da circa 19.5 kN/m<sup>3</sup> a 18.5 kN/m<sup>3</sup>. Questo valore cresce nuovamente negli strati con minore contenuto di fino con valori medi di 20 kN/m<sup>3</sup> - 20.5 kN/m<sup>3</sup>. La media complessiva può essere considerata pari a 19 kN/m<sup>3</sup>. Vista la relativamente scarsa variabilità del valore di  $\gamma$  con la profondità si ritiene rappresentativo utilizzare il valore medio di 19 kN/m<sup>3</sup> come valore per il calcolo delle tensioni verticali.

Il valore medio della gravità specifica è pari a  $G_s = 2.64$ , ad eccezione di aree a minor valore corrispondenti a lenti organiche.

### 3.3.4. Granulometria

Nel complesso il contenuto di limo è costante con la profondità. Invece il contenuto in sabbia e di argilla varia fortemente con la profondità in funzione dello strato incontrato, fino ad una massima variabilità nelle argille torbose dove si ha l'80% di contenuto in argilla, mentre nelle ghiaie e sabbie si ha un contenuto in sabbie di 80% rispetto alle altre frazioni.

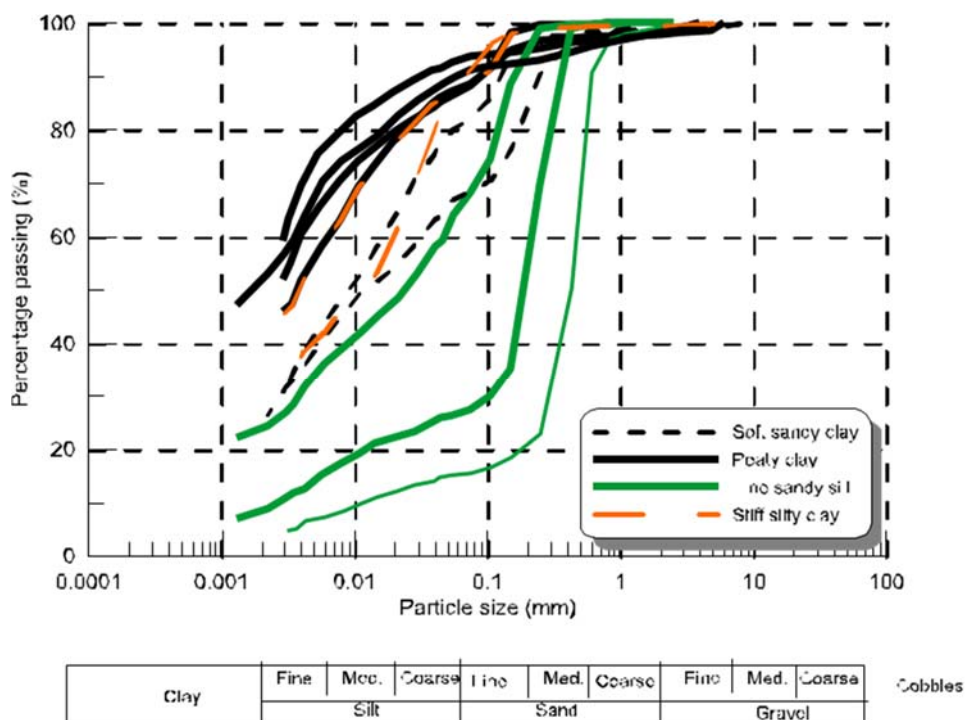


Figura 9 – Curva granulometrica

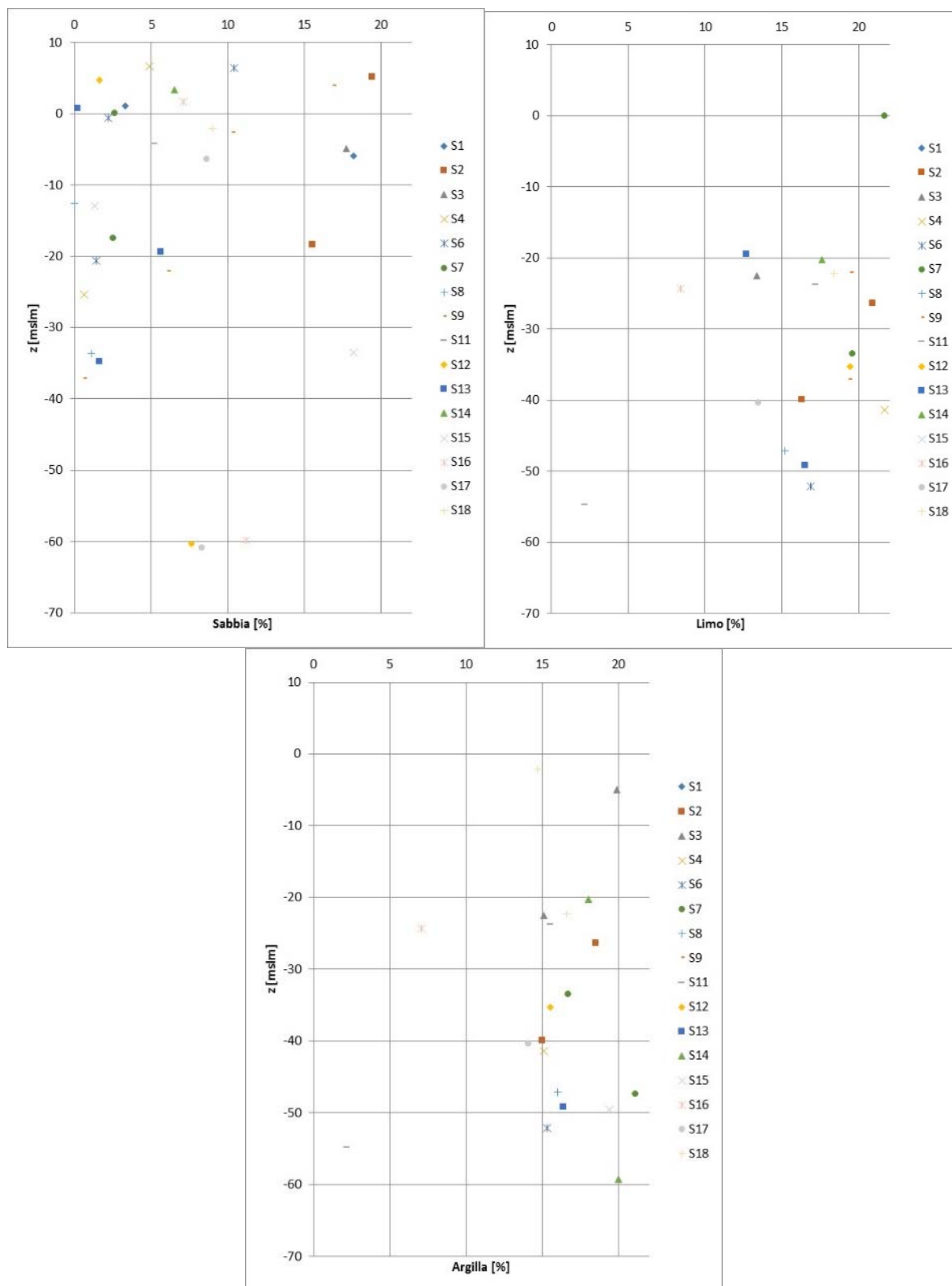


Figura 10 - Granulometrie in funzione della profondità

### 3.3.5. Limiti di Atterberg

Ancora la relative alti valori di limite liquido ( $w_L$ ) e limite plastico ( $I_p$ ) confermano la alta compressibilità degli stessi. Allo stesso tempo i dati mostrano una significativa variabilità tipica degli ambienti alluvionali complessi.

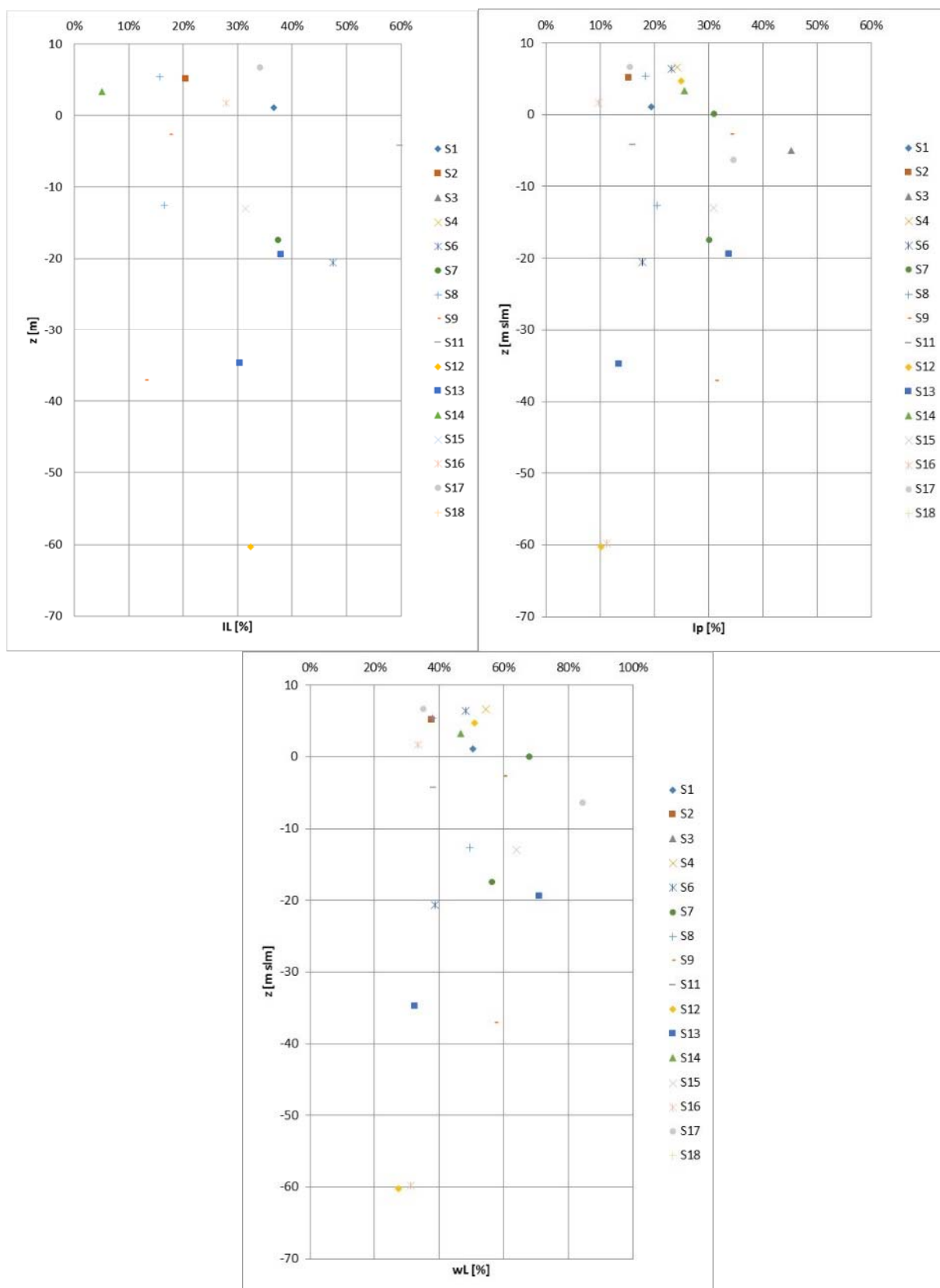


Figura 11 – Limiti di Atterberg

L'indice liquidità ( $I_L$ )

$$I_L = \frac{w - w_p}{I_p}$$

è occasionalmente negativo o con valori prossimi allo zero nelle argille sabbiose e nelle sabbie/argille. Questo dato suggerisce che tali strati siano lievemente sovraconsolidati. Differentemente, nelle argille torbose  $I_L = 0.3$  in media e quindi questo materiale ha probabilmente un grado di sovraconsolidazione prossimo all'unità ed è quindi altamente compressibile.

Gli stessi dati sono plottati sulla "A-line" in Figura 12. Si conferma l'eterogeneità dei dati tipica di ambienti alluvionali complessi, ma allo stesso tempo si conferma come il materiale sia nel complesso assimilabile ad una argilla. Apparentemente le argille torbose si comportano come argille ad alta plasticità e le argille limose profonde come argille a bassa plasticità.

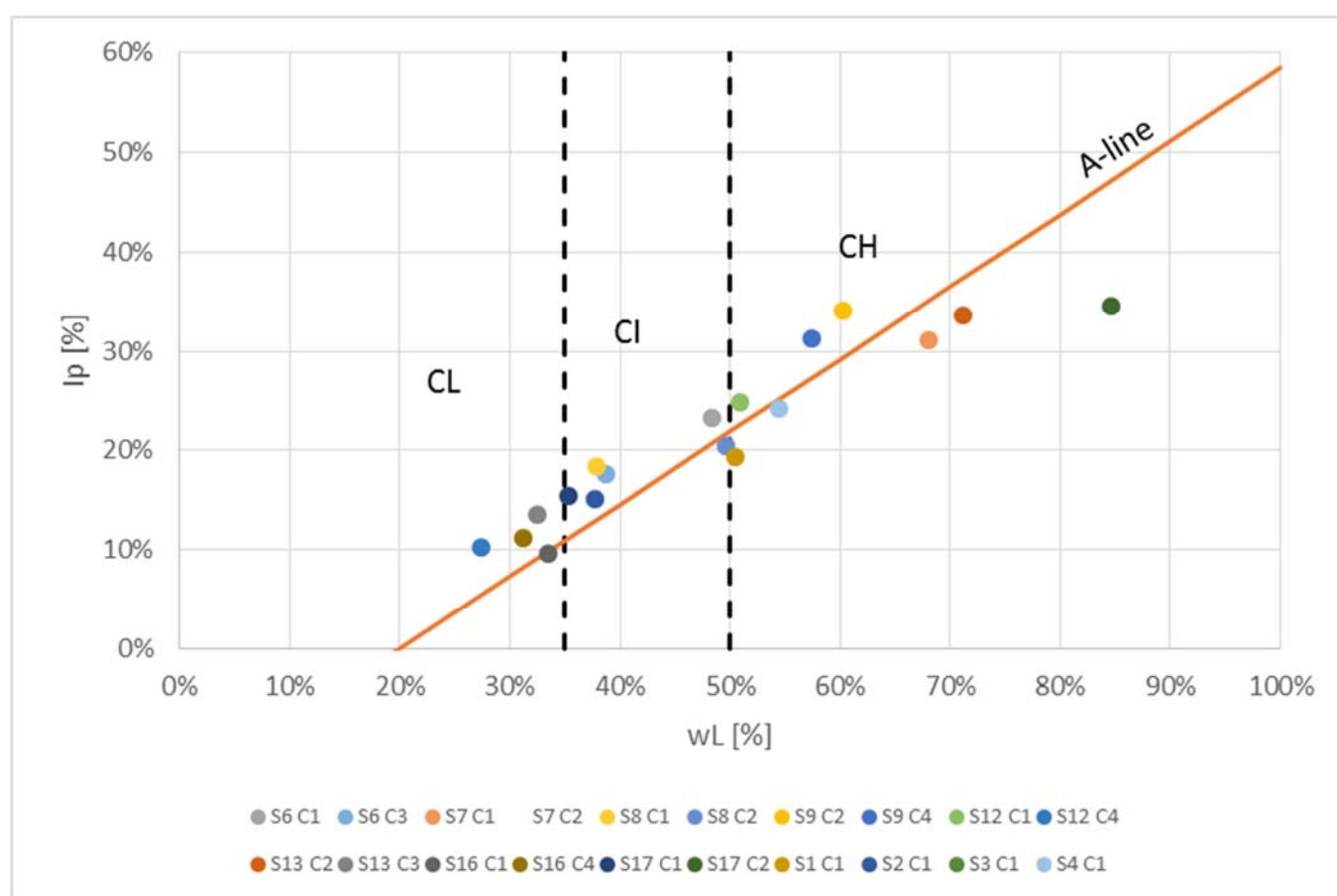


Figura 12 - Carta di plasticità di Casagrande

### 3.3.6. Rigidezze

#### Modulo di Young a piccole deformazioni

È possibile stimare le rigidezze a piccole deformazioni  $G_{max}$ , ed il rispettivo modulo di Young, tramite le  $V_s$  ottenute dalle prove MASW:

$$G_{max} = \rho V_s^2$$

dove  $\rho$  è la densità del materiale.

Al momento non è pervenuta completa interpretazione delle prove MASW. È comunque possibile osservare che i dati sono in buona congruenza con quanto già emerso dai sondaggi, dalle prove CPTU e dalle analisi di laboratorio.

I valori relativamente alti di  $V_s$  che si osservano fino a circa 7m di profondità suggeriscono la presenza di materiale lievemente sovraconsolidato. A profondità maggiori  $V_s$  decade fino a raggiungere un valore minimo in corrispondenza delle argille torbose e rimane costante con la profondità con valori medi pari a  $V_s = 150$  m/s. A tale valore di  $V_s$  corrisponde un valore medio di  $G_{max} = 45$  MPa, che ancora una volta rivela la alta compressibilità delle argille torbose.

I sottostanti strati sabbiosi limosi hanno valori crescenti di  $V_s$  da  $V_s \approx 200$  m/s ( $G_{max} \approx 75$ MPa) al tetto dello strato fino ad un massimo di  $V_s = 250$  m/s ( $G_{max} = 125$ ) alla base.

È quindi possibile ricavare i moduli di Young  $E$  dei medesimi livelli tramite la teoria dell'elasticità:

$$E = 2(1 + \nu)G$$

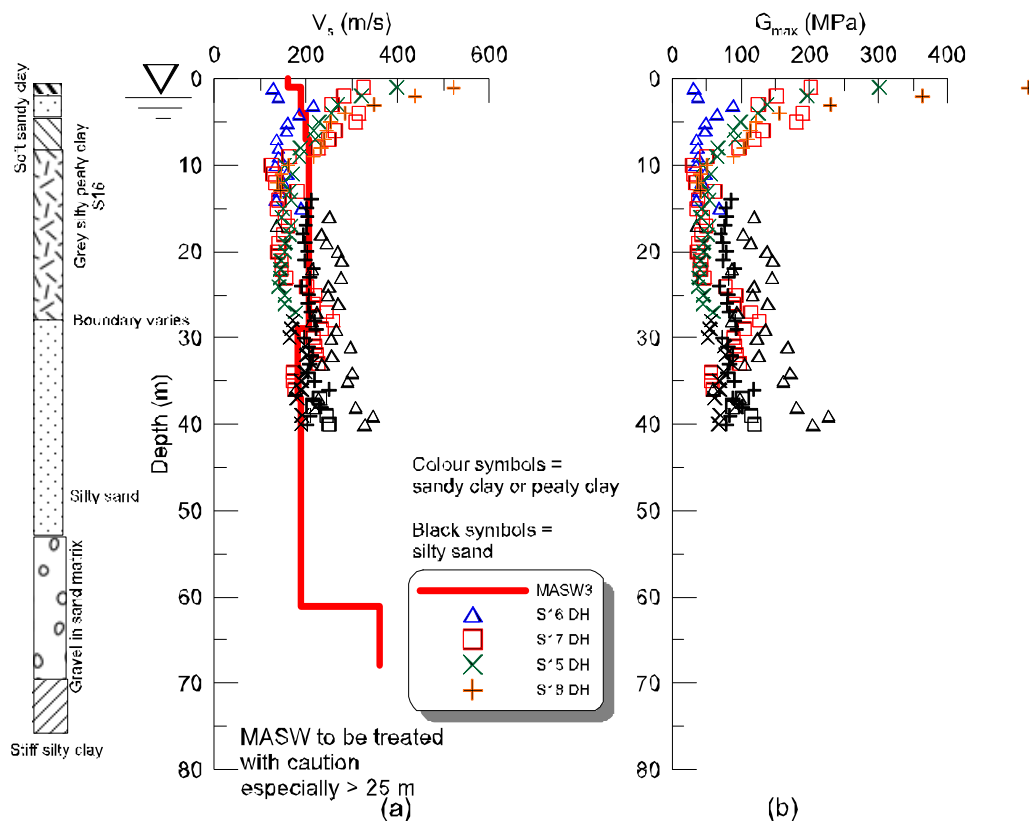


Figura 13 -  $V_s$  e  $G_{max}$

#### Modulo di Young "operativo"

È possibile stimare il valore di modulo di Young operativo tramite interpretazione delle prove SPT. A parte normali anomalie puntuali si ottiene un valore medio di  $N$  relativamente costante e pari a 15 (con lower bound pari a 10). Nelle argille torbose i valori salgono sensibilmente da 15 a 20 (con lower bound pari a 10 / 17).

Le sabbie limose possono essere considerate mediamente addensate con addensamento crescente con la profondità. I valori di  $N$  crescono da 20 a 30 con la profondità (con lower bound 17 - 20).

Si utilizzano le correlazioni suggerite da Stroud (1988) per la valutazione di  $E$  per le sabbie limose. Nel caso di sabbie normalconsolidate soggette a relativamente alte deformazioni, è possibile impiegare la seguente correlazione:

$$E'_v = 1000N$$

Si ottengono quindi valori pari ad  $E = 20000 \div 30000$  kPa, crescenti con la profondità.

In presenza di strati coesivi la rigidezza è spesso correlata ai valori di coesione (resistenza a taglio) non drenata ( $s_u$ ), come mostrato in seguito.

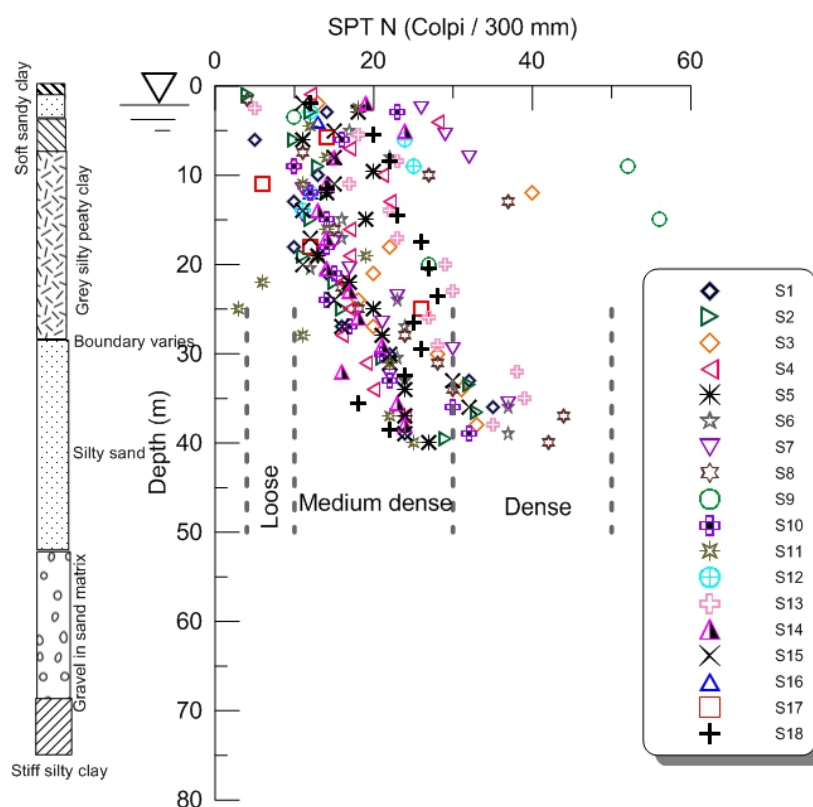


Figura 14 - Risultati prove SPT

### 3.3.7. Parametri di compressibilità

#### Grado di sovraconsolidazione

I parametri di consolidazione monodimensionale sono mostrati in Figura 15 (grado di sovraconsolidazione OCR, coefficiente di compressibilità  $C_c$  e coefficiente di rigonfiamento  $C_s$ ). Il grado di sovraconsolidazione è ottenuto attraverso il rapporto tra lo sforzo di sovraconsolidazione  $\sigma'_{vp}$  ottenuto dal metodo di Casagrande (1936) con lo sforzo verticale efficace (assumendo il livello di falda a 2m da piano campagna ed un peso medio per unità di volume  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ ).

È possibile osservare che le argille sabbiose superiori presentano valori di OCR pari a 2. Il valore di OCR scende ad 1 nelle argille torbose e rimane approssimativamente costante con la profondità. Conseguentemente lo spesso livello argilloso torboso è normalconsolidato e quindi fortemente compressibile. Questo aspetto è particolarmente critico ai fini progettuali e conferma la criticità delle condizioni geotecniche nell'area.

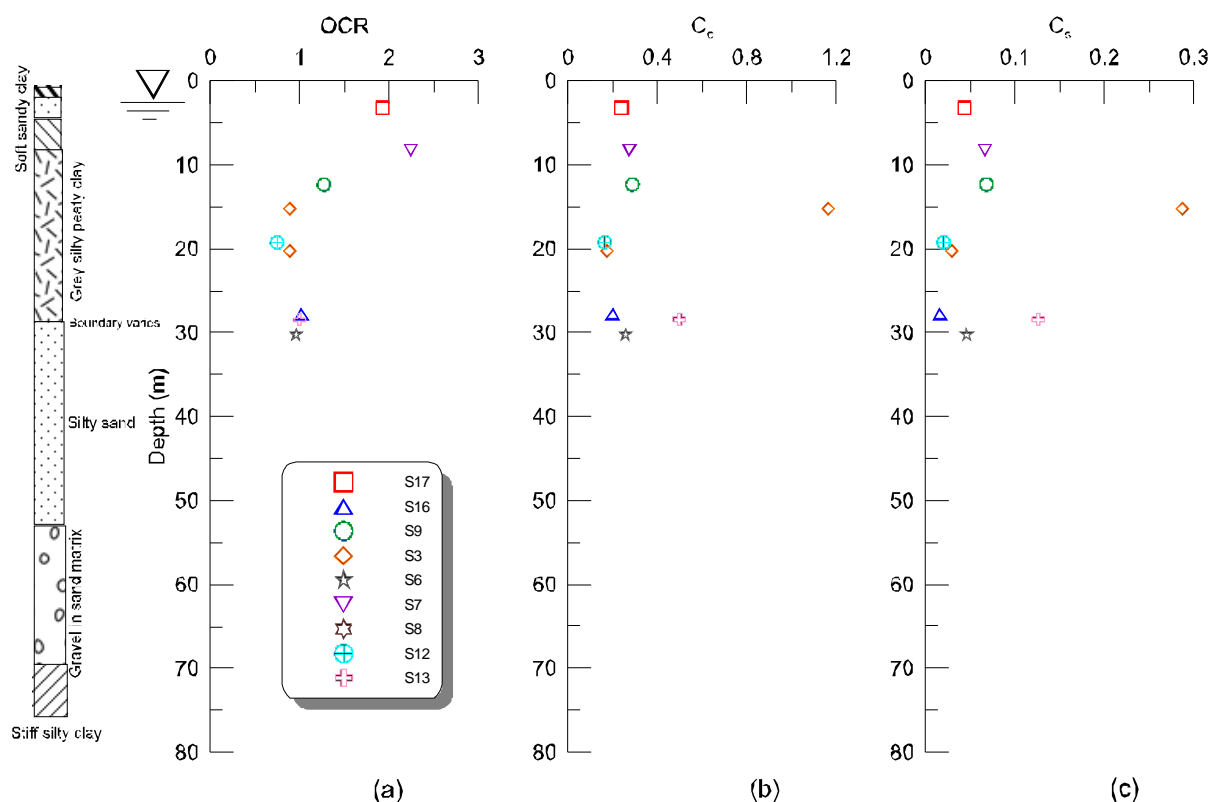


Figura 15 – Parametri di compressibilità edometrici

In letteratura esistono varie correlazioni disponibili che permettono di stimare  $\sigma'_{vp}$  o OCR a partire dalle prove CPTU. Alcune di queste sono state riproposte da Lunne et al. (1997) e da Mayne (2007). Queste correlazioni forniscono range di valori molto dispersi ed è quindi necessario calibrarle in funzione di altre prove in sito e di laboratorio. Al tempo stesso, una volta calibrate, le prove CPTU forniscono una più dettagliata distribuzione spaziale del grado di sovraconsolidazione, permettendo di individuare anche sottili lenti di materiale con diverse proprietà. Per semplicità Lunne et al. (1997) suggerisce di confrontare  $q_t$  con i profili di  $q_1 = 2.5\sigma'_{v0}$  e  $q_2 = 5\sigma'_{v0}$ . Se il profilo di  $q_t$  presenta valori maggiori di questi due il materiale può essere classificato come sovraconsolidato. Se  $q_t$  presenta valori prossimi a  $q_1$  e  $q_2$  il materiale è normal consolidato.

Come mostrato dagli andamenti di CPTU2 e CPTU11 (rispettivamente Figura 4 e Figura 5) suggerisce che i sottili livelli di argilla sabbiosa e sabbia limosa superficiali potrebbero essere leggermente sovraconsolidati, ma che i sottostanti livelli di argilla torbosa sono normalconsolidati. Queste osservazioni sono confermate dalle analisi delle prove edometriche.

CPTU18 (Figura 7) presenta invece un leggero grado di sovraconsolidazione sia negli strati superficiali che in quello di argilla torbosa.

#### Coefficiente di compressibilità

Il coefficiente di compressibilità medio è pari a circa  $C_c = 0.22$ , come mostrato nelle figure successive. Le argille sabbiose superiori presentano valori maggiori, mentre le argille torbose presentano valori leggermente più bassi. L'alta variabilità presente

nelle argille torbose è dovuta alla componente organica. I valori misurati possono essere confrontati con correlazioni pubblicate in letteratura, come ad esempio Mesri and Ajlouni (2007) o Lambe and Whitman (1979). In generale le misure sono consistenti con le correlazioni tipicamente esistenti, come mostrato in Figura 16.

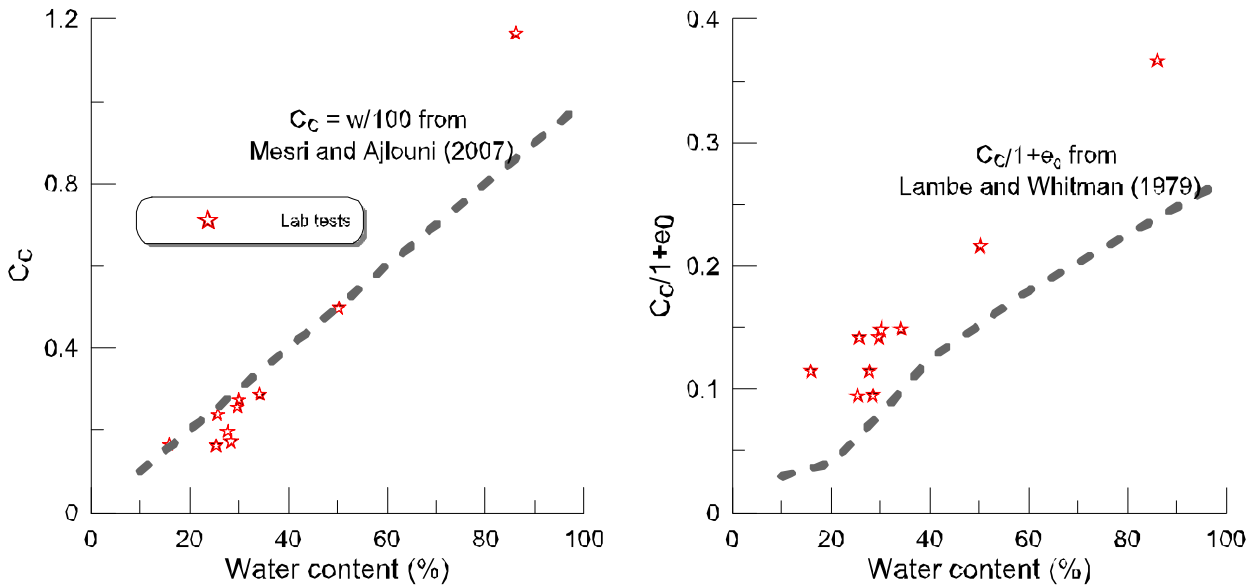


Figura 16 – Coefficiente di compressibilità

#### Coefficiente di rigonfiamento

Il coefficiente di rigonfiamento  $C_s$  mostra un andamento simile a quello del coefficiente di compressione. In particolare, si osservano valori lievemente maggiori nelle argille sabbiose superiori e valori leggermente inferiori nelle argille torbose, con una media complessiva che in questa fase può essere stimata pari a  $C_s = 0.04$ .

#### Coefficiente di consolidazione secondaria

È possibile stimare il coefficiente di consolidazione secondaria  $C_\alpha$  tramite prove di laboratorio o tramite correlazioni empiriche. In attesa di un quadro completo per quanto riguarda le prove di laboratorio, si può impiegare la correlazione fornita da Mesri (1986) per terreni argillosi torbosi con contenuto organico:

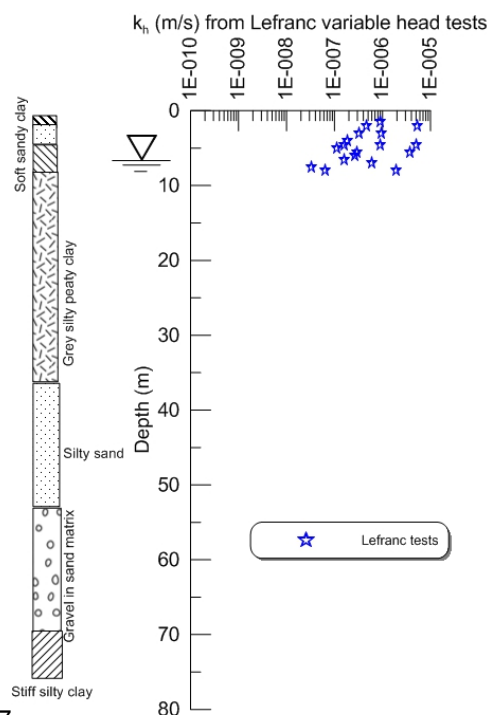
$$C_\alpha = 0.06 - 0.07C_c$$

I cedimenti di consolidazione secondaria, nell'ipotesi che essi inizino quando terminano quelli indotti dalla consolidazione primaria e che  $C_\alpha$  si mantenga costante nel tempo, possono essere stimati con la seguente formulazione:

$$s_s = C_\alpha H_0 \log\left(\frac{t}{t_{100}}\right)$$

Dove  $H_0$  è l'altezza dello strato compressibile,  $t_{100}$  il tempo necessario all'esaurimento del processo di consolidazione primaria e  $t$  il tempo a cui si vuole stimare il cedimento di consolidazione secondaria.

## Permeabilità



I risultati delle prove Lefranc sono mostrati in Figura 17

Figura 17. I valori di permeabilità  $k_h$  sono disponibili solo per i primi 10.0 m circa, ma è comunque possibile osservare una riduzione in permeabilità da  $10^{-6}$  m/s a  $10^{-7}$  m/s.

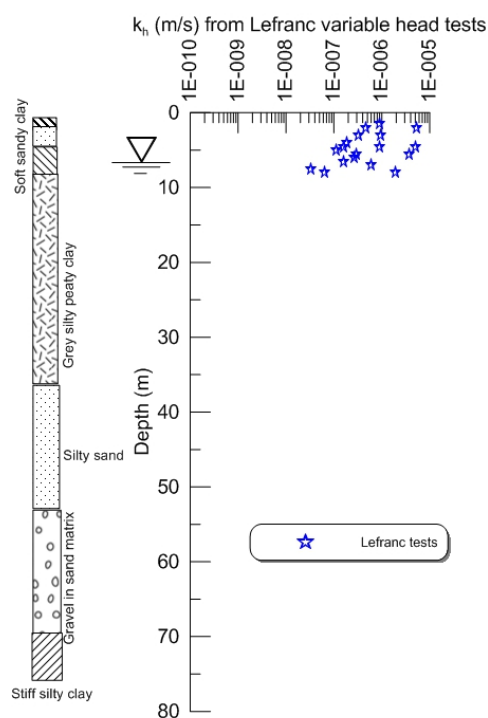


Figura 17 - Permeabilità

## Coesione non drenata

La coesione non drenata ( $c_u$ ) può essere ottenuta da:

1. pocket penetrometer testing;

2. correlazioni con SPT;
3. correlazioni con Vs;
4. correlazioni con prove CPTU;

così come naturalmente dalle prove triassiali in laboratorio.

I valori ottenuti in accordo con Stroud (1988) dalle prove SPT ( $c_u = 5N$ ) e quelle ottenute dai pocket penetrometer tests sono riportati in Figura 18a-b. È stato scelto un fattore  $f_1 = 5$  dalla correlazione con l'indice di plasticità mostrata in Figura 19. Nel presente caso è infatti stato considerato un indice di plasticità medio pari a 25%. L'andamento  $c_u = 0.3\sigma_v'$  corrisponde circa ad un materiale normalconsolidato.

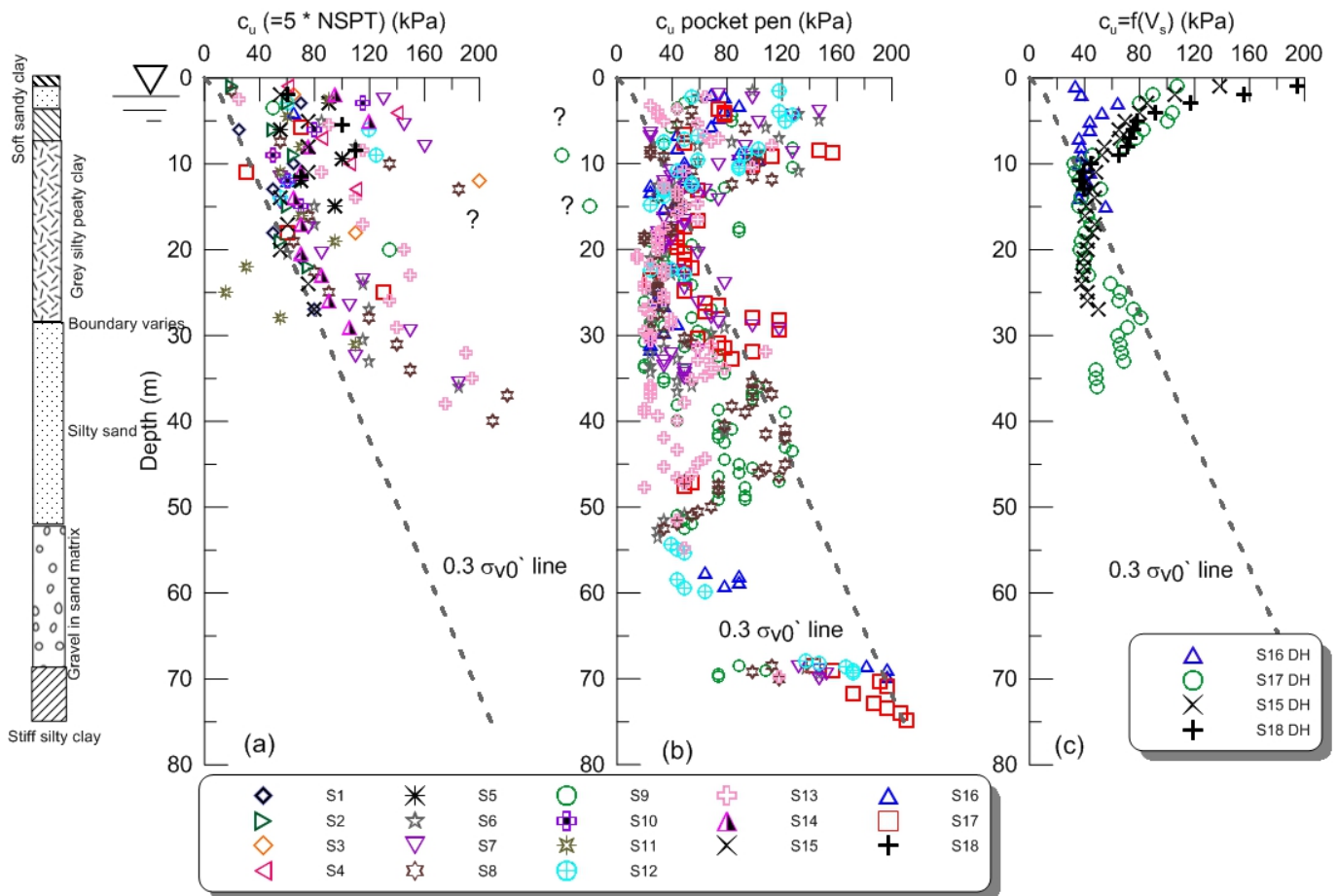


Figura 18 -  $s_u$  da SPT, pocket penetrometer e da correlazioni con  $V_s$

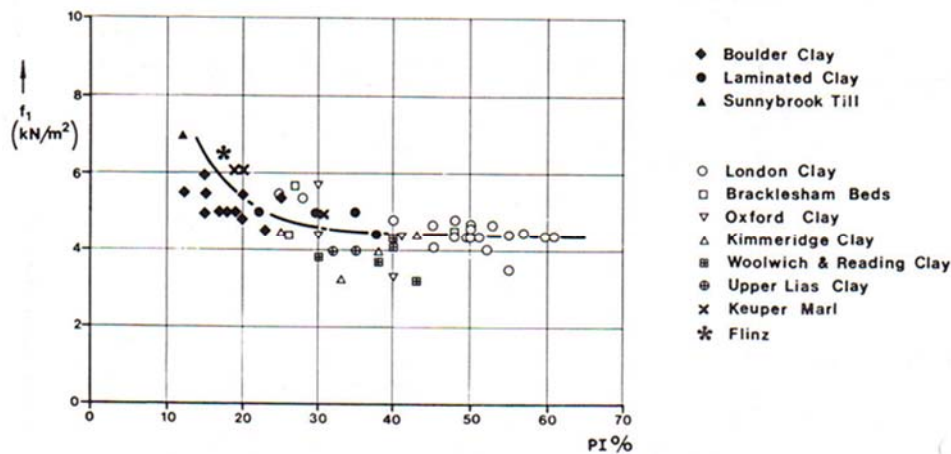


Figura 19 - Relazione tra  $f_1$  e indice di plasticità ( $S_u = f_1 \cdot N$ ) da Stroud (1988)

Nonostante valori piuttosto dispersi i risultati delle prove SPT indicano la presenza di un livello superficiale di materiale leggermente sovraconsolidato e di un sottostante livello (le argille torbose) normalconsolidato o leggermente sovraconsolidato. Come atteso, i risultati ottenuti dai pocket penetrometer tests forniscono valori inferiori a causa del disturbo presente sui campioni e del detensionamento subito dagli stessi durante la fase di carotaggio ed estrazione (Figura 18b).

È anche possibile usare altre correlazioni da letteratura fra  $c_u$  e  $V_s$ . Ad esempio, per argille lievemente sovraconsolidate si può utilizzare la seguente correlazione fornita per argille norvegesi lievemente sovraconsolidate NGI (2015):

$$c_u = 0.078 V_s^{1.25}$$

Come mostrato in Figura 18c si ottengono valori simili a quelli ottenuti con il pocket penetrometer.

Le prove CPTU permettono anche di stimare i valori di coesione non drenata  $c_u$ , tramite ad esempio la seguente correlazione di Lunne et al. (1997):

$$c_u = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_{kt}}$$

$$c_u = \frac{u_2 - u_0}{N_{\Delta u}}$$

dove  $N_{kt}$  e  $N_{\Delta u}$  sono fattori empirici di portanza (Figura 20).

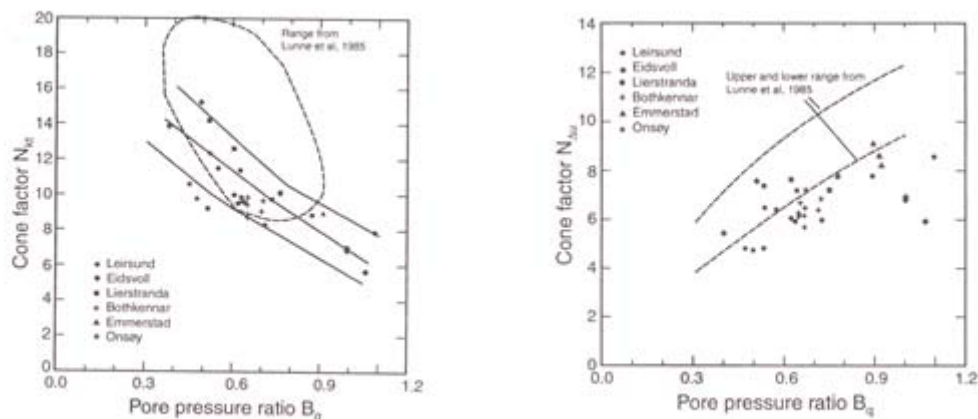


Figura 20 - Fattori di capacità portante  $N_{kt}$  e  $N_{\Delta u}$  in funzione di  $B_q$

Dalle prove CPTU (C2 e C11) si ottiene un valore di  $B_q$  tipicamente pari a 1.0 - 1.5, da cui  $N_{kt} = 8$  e  $N_{\Delta u} = 7$ .

I risultati della prova CPTU C2 sono confrontati con i risultati delle prove triassiali in Figura 21, e presentano una buona coerenza. Le prove triassiali consolidate non drenate (CU) forniscono valori molto maggiori rispetto a quelli ottenuti dalle prove non consolidate non drenate (UU). Questo risultato è dovuto al fatto che nelle prove CU i campioni sono riconsolidati fino ad un prefissato stato tensionale e quindi tali dati sono da considerarsi maggiormente attendibili.

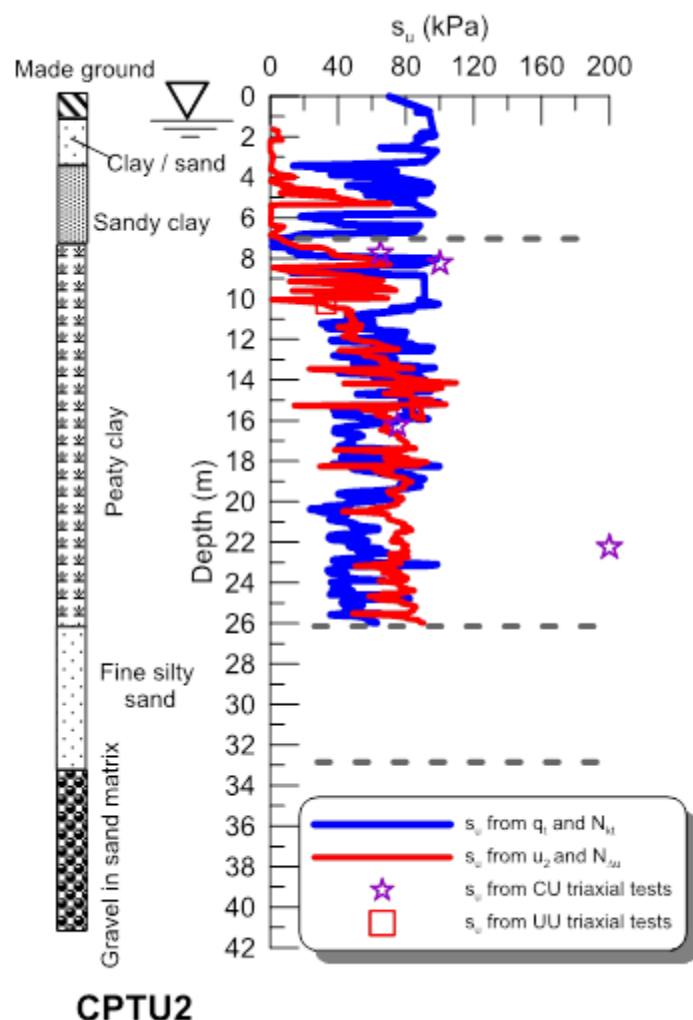


Figura 21 - Coesione non drenata da prove CPTU confrontata con valori ottenuti da prove triassiali

In conclusione, è possibile fornire le seguenti stime:

- Argille sabbiose / Sabbie argillose:  $c_u = 40$  kPa, da considerarsi come stima conservativa. Un valore medio più realistico sarebbe  $c_u = 60$  kPa;
- Argille torbose:  $c_u = 40$  kPa crescenti fino a  $c_u = 80$  kPa con la profondità. Questo andamento è prossimo a condizioni normalconsolidate per le quali si può stimare un andamento pari a  $c_u = 0.3\sigma'_v$ .

### 3.3.8. Angolo d'attrito

L'angolo d'attrito efficace può essere stimato da prove di laboratorio o da correlazioni con le prove SPT riportate in Figura 14. La coesione efficace è da considerarsi nulla.

### 3.3.9. Riassunto dei parametri geotecnici proposti

La seguente Tabella 2 sintetizza le elaborazioni geotecniche preliminari presentate nei precedenti capitoli.

UNITA'	w (%)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	G <sub>s</sub>	I <sub>p</sub> (%)	G <sub>max</sub> (MPa)	E' <sub>v</sub> (MPa)	E <sub>u</sub> (MPa)	OCR	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	s <sub>u</sub> (kPa)	$\phi'$ (deg.)
A) Riporto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B) Argille soffici / sabbie sabbie	25	19.5	2.64	20	100	300 s <sub>u</sub>	500 s <sub>u</sub>	2	0.22	0.05	40 60(Media)	29
C) Argille sabbiose soffici	25	19.5	2.64	20	100	300 s <sub>u</sub>	500 s <sub>u</sub>	2	0.22	0.05	40 60(Media)	29
D) Argille limose torbose grigie	35*	16-18.5*	2.64*	28	45	300 s <sub>u</sub>	500 s <sub>u</sub>	1	0.2	0.03	40-80 (0.3 $\sigma_{v0}'$ )	-
E) Sabbie fini limose	15	20	2.64	-	75-125	20-30	-	n/a	-	-	-	33
F) Ghiaie in matrice sabbiosa	15	20.5	2.64	-	n/a	n/a	-	n/a	-	-	-	38
G) Argille compatte limose	n/a	n/a	2.64	10	n/a	-	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	-
Media complessiva	29	19	2.64	23	-	-	-	-	-	-	-	-

\* alta variabilità dovuta alla presenza di livelli organici

Tabella 2 - Parametri geotecnici elaborati, proposti ed usati al fine dei calcoli preliminari

### 3.3.10. Stratigrafia di progetto

Il dimensionamento delle opere di fondazione dei comparti A4, B1 e C1 è stato condotto secondo due stratigrafie di riferimento, al fine di assecondare nel modo più efficiente le peculiari caratteristiche geologico-geotecniche che interessano le diverse aree.

Per il comparto A4, data la specifica collocazione a cavallo tra le Unità geomorfologiche “A” e “B”, è stata derivata una specifica stratigrafia di progetto, riportata in Tabella 3. Tale area è caratterizzata da uno strato di argilla limosa torbosa (Unità “D”) dall’elevato spessore, raggiungendo quote poste a -40 m s.l.m.

Stratigrafia 1 – Comparto A4		
Unità	Quota tetto (m s.l.m.)	Quota base (m s.l.m.)
A	+10.0	+8.0
B+C	+8.0	+2.5
D	+2.5	-40.0
E	-40.0	-50.0
F	-50.0	-57.5
G	-57.5	-

Tabella 3 – Stratigrafia di progetto no.1 relativa al comparto A4.

I comparti B1 e C1 sono stati caratterizzati da un’unica stratigrafia di progetto, appartenendo entrambi all’Unità geomorfologica “B”. Tale area si differenzia dalla precedente per un banco di argilla limosa torbosa dallo spessore più contenuto (quota di base dell’Unità D posta a -20 m s.l.m.).

Stratigrafia 2 – Comparto B1, C1		
Unità	Quota tetto (m s.l.m.)	Quota base (m s.l.m.)
A	+10.0	+8.0
B+C	+8.0	+2.5
D	+2.5	-20.0
E	-20.0	-50.0
F	-50.0	-57.5
G	-57.5	-

Tabella 4 – Stratigrafia di progetto no.2 relativa al comparto B1 e C1.

## **4. Opere di fondazione**

Considerate le caratteristiche del comparto dai punti di vista architettonico e strutturale, le specificità di alcune opere e l'imponenza di molte di esse, unitamente alla necessità che le fondazioni delle stesse forniscano prestazioni geotecniche elevate (si pensi ai problemi dei cedimenti in facciata degli edifici alti) porta alla conclusione di dovere fondare su pali la quasi totalità degli edifici del comparto.

Quanto sopra infatti si combina anche con condizioni geologico e geotecniche di sito molto scadenti. In particolare la presenza di terreni compressibili sostanzialmente normalconsolidati, porta alla necessità, attraverso la progettazione di fondazioni profonde, di abbattere la quota di cedimenti di consolidazione che altrimenti si svilupperebbero nel tempo durante la vita dell'opera.

Tali conclusioni verranno analizzate e mostrate anche quantitativamente nei paragrafi successivi, laddove verranno evidenziate anche le soluzioni preliminari alla risoluzione del problema geotecnico specifico.

Le soluzioni proposte in questa fase preliminare della progettazione saranno quindi sviluppate nelle fasi successive con particolare riguardo ai seguenti temi strutturali-geotecnici:

- Con analisi di dettaglio proprie della fase definitiva ed esecutiva, analizzare la possibilità di non realizzare fondazioni tradizionali su pali nelle sole aree non caricate con edifici soprastanti significativi, in funzione anche della analisi costi-benefici a confronto con situazioni di compensazione di carico e/o miglioramento dei terreni.
- Approfondimento del dettaglio progettuali a definizione delle tecnologie di realizzazione dei pali.
- Approfondimento delle tipologie di analisi geotecniche e maggiore discretizzazione delle tipologie fondazionali in funzione del quadro geologico-geotecnico completo, al momento in corso di definizione.
- Naturale approfondimento della progettazione in funzione dell'analogo approfondimento delle progettazione architettoniche-ingegneristiche delle opere.

La progettazione geotecnica condotta da Arup è in totale sintonia con la progettazione strutturale ed impiantistica degli edifici in oggetto, e tale approccio di completa reciproca ottimizzazione verrà sviluppato nel seguito delle fasi progettuali.

### **4.1. Codici e riferimenti per la progettazione**

#### **4.1.1. Note generali**

Le strutture ed i loro componenti saranno progettati secondo i criteri indicati dalle norme vigenti sul territorio nazionale.

Alcuni ambiti della progettazione saranno svolti secondo i principi di altre normative, di valenza internazionale, sulle quali si ritiene l'approfondimento del tema individuato venga meglio affrontato nel rispetto comunque dei limiti minimi di sicurezza forniti dalla norma italiana dove esistente.

Un determinato ambito del calcolo o dell'esecuzione nel quale la norma italiana non viene espressamente richiamata si intende da svolgersi secondo la corrispondente norma internazionale indicata.

In ambito di progettazione sismica, il XII Municipio all'interno del Comune di Roma è classificato in Zona Sismica 2 (cfr. Delibera di Giunta Regionale n. 387, del 22 maggio 2009).

#### **4.1.2. Normativa in materia di strutture**

La normativa di riferimento in materia di strutture è rappresentata dalle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 14 Gennaio 2008. Laddove la norma non riporti indicazioni applicative per l'ottenimento delle prestazioni prescritte, gli Eurocodici verranno tipicamente utilizzati nel rispetto dei livelli di sicurezza richiesti.

- La pericolosità sismica è quella indicata dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. Infrastrutture 14 Gennaio 2008) agli Allegati A e B.
- Legge 5 Novembre 1971, n. 1086 – Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica
- Legge 2 Febbraio 1974, n. 64 – Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche

- Decreto del Presidente della Repubblica 6 Giugno 2001, n. 380 – Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia
- Legge 27 Luglio 2004, n. 186 – Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 28 Maggio 2004, n. 136, recante disposizioni urgenti per garantire la funzionalità di taluni settori della pubblica amministrazione. Disposizioni per la rideterminazione di deleghe legislative e altre disposizioni connesse (art. 5: “Normative tecniche in materia di costruzioni”)
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 Gennaio 2008 – Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (di seguito NTC)
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture 2 Febbraio 2009, n. 617 – Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 Gennaio 2008 (di seguito Circ. NTC)
- UNI EN 206-1:2006 Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità.
- UNI EN 10025-2:2005 Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali – Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali
- UNI EN 10025-4:2005 Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali – Parte 4: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine ottenuti mediante laminazione termo meccanica

#### 4.1.3. Normativa europea ed internazionale

- UNI EN 1990: 2004 Eurocodice – Criteri generali di progettazione strutturale
- UNI EN 1991-1-1: 2004 Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici
- UNI EN 1991-1-3: 2004 Eurocodice 1: Azioni sulle strutture – Parte 1-3: Azioni in generale – Carichi da neve
- UNI EN 1991-1-4: 2005 Eurocodice 1: Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento
- UNI EN 1992-1-1: 2005 Eurocodice 2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1993-1-1: 2005 Eurocodice 3: Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1994-1-1: 2005 Eurocodice 4: Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1997-1: 2005 Eurocodice 7: Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI EN 1998-1: 2005 Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici

#### 4.1.4. Normativa in materia di classificazione e pericolosità sismica

- Ordinanza del PCM n. 3519 del 28 Aprile 2006 – Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone e dati di riferimento elaborate dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia in riferimento all'allegato 1b.
- Regione Lazio – Delibera di Giunta Regionale n. 387 del 22 maggio 2009 e relativi allegati tecnici

#### 4.1.5. Normativa in materia di resistenza in caso d'incendio

- UNI EN 1992-1-2:2005 Eurocodice 2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-2: Progettazione strutturale contro l'incendio
- UNI EN 1993-1-2:2005 Eurocodice 3: Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-2: Progettazione strutturale contro l'incendio
- UNI EN 1994-1-2: 2005 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio

- Decreto Ministero dell'Interno 16 Febbraio 2007 – Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione
- Decreto Ministero dell'Interno 9 Marzo 2007 – Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco

#### 4.1.6. Altre linee guida e riferimenti

- Aspetti Geotecnici della Progettazione in Zona Sismica, Linee Guida dell'Associazione Geotecnica Italiana, Marzo 2005;
- Linee guida sui calcestruzzi strutturali ad alta resistenza, Consiglio Superiore LL.PP., Servizio Tecnico Centrale;
- Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive, Consiglio Superiore LL.PP., Servizio Tecnico Centrale;
- CNR-DT 207/2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni;
- National Building Code of Canada (NBCC), 2005;
- CTBUH, Recommendations for the seismic design of high-rise buildings, 2008;
- ISO 6897:1984 Guidelines for the evaluation of the response of occupants of fixed structures, especially buildings and off-shore structures, to low-frequency horizontal motion (0,063 to 1 Hz);
- ISO 10137:2007 Bases for design of structures - Serviceability of buildings and walkways against vibrations;
- AS 3600: 2009 Concrete structures;
- CCIP, A design guide for footfall induced vibration of structures, M.R. Willford, P. Young, The Concrete Centre, UK 2006;

#### 4.1.7. Riferimenti per la progettazione per robustezza e contro il collasso progressivo

- UNI EN 1991-1-7: 2006 Eurocodice 1: Azioni sulle strutture – Parte 1-7: Azioni in generale – Azioni eccezionali;
- Practical guide to structural robustness and disproportionate collapse in buildings, The Institution of Structural Engineers, UK 2010;
- FEMA 426: Reference manual to mitigate potential terrorist attacks against buildings, Federal Emergency Management Agency, USA 2003;
- FEMA 427: Primer for design of commercial buildings to mitigate terrorist attacks, Federal Emergency Management Agency, USA 2003.

## 4.2. Materiali

Si riportano, di seguito, le caratteristiche dei materiali utilizzati nell'ambito della progettazione strutturale.

Le informazioni di seguito riportate sono da leggere insieme alla Relazione Tecnica Strutturale e agli elaborati grafici ai quali di rimanda.

### 4.2.1. Calcestruzzo

Per tutte le classi di calcestruzzo di seguito riportate si assume:

Coefficiente di Poisson	$\nu = 0.2$ (non fessurato)
Coefficiente di espansione termica lineare	$\alpha = 10 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

### 4.2.2. Calcestruzzo C28/35

Il calcestruzzo strutturale di classe C28/35 viene adottato per le seguenti tipologie strutturali:

- Strutture di solaio, dove non diversamente indicato;

- Travi, dove non diversamente indicato;
- Strutture di fondazione, i.e. platee, travi e cordoli di fondazione, plinti, trincee.

Vengono assunti a base del calcolo i seguenti parametri relativi alle caratteristiche meccaniche del materiale (classe C28/35):

- Resistenza cubica caratteristica  $R_{ck} = 35,0 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza cilindrica caratteristica  $f_{ck} = 28,0 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di progetto a compressione  $f_{cd} = 16,5 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione  $f_{ctd} = 1,32 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza tangenziale di aderenza acciaio-cla  $f_{bd} = 2,98 \text{ N/mm}^2$
- Classe di consistenza (Slump): getti orizzontali (travi e solai): S5
- Modulo elastico istantaneo  $E_{c,short} = 32600 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico a lungo termine  $E_{c,long} = 9900 \text{ N/mm}^2$   
(cfr. UNI EN 1992-1-1:2005, § 3.1.4 e § 7.4.3; si è assunto  $\varphi(\infty, t_0) = 2.3$ )
- Coefficiente parziale di sicurezza sul materiale  $\gamma_c = 1,5$

#### 4.2.3. Calcestruzzo C32/40

Il calcestruzzo strutturale di classe C32/40 viene adottato per le seguenti tipologie:

Nuovi pilastri, pareti e nuclei, dove non diversamente indicato.

Vengono assunti a base del calcolo i seguenti parametri relativi alle caratteristiche meccaniche del materiale (classe C32/40):

- Resistenza cubica caratteristica  $R_{ck} = 40,0 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza cilindrica caratteristica  $f_{ck} = 32,0 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di progetto a compressione  $f_{cd} = 18,8 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione  $f_{ctd} = 1,44 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza tangenziale di aderenza acciaio-cla  $f_{bd} = 3,25 \text{ N/mm}^2$
- Classe di consistenza (Slump): getti verticali (muri e pilastri): S4
- Modulo elastico istantaneo  $E_{c,short} = 33600 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico a lungo termine  $E_{c,long} = 10200 \text{ N/mm}^2$   
(cfr. UNI EN 1992-1-1:2005, § 3.1.4 e § 7.4.3; si è assunto  $\varphi(\infty, t_0) = 2.3$ )
- Coefficiente parziale di sicurezza sul materiale  $\gamma_c = 1,5$

#### 4.2.4. Acciaio per armatura delle strutture in C.A.

Si riportano di seguito le caratteristiche dell'acciaio per calcestruzzo armato B450C come da NTC 11.3.2.1

Barre ad aderenza migliorata in acciaio tipo B450C bonificato saldabile avente:

- Resistenza caratteristica di rottura  $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
- Tensione di snervamento  $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo  $f_{sd} = 391.3 \text{ N/mm}^2$
- Caratteristiche di duttilità  $(f_t / f_y) \geq 1,15$

- $(f_t / f_{nom})k$   $< 1,35$
- Allungamento  $(A_{gt}) \leq 1,25$
- Modulo elastico  $E_s = 206 \text{ GPa}$
- Coefficiente parziale di sicurezza sul materiale  $\gamma_s = 1,15$

#### 4.3. Condizioni di carico e di prestazione delle strutture

I dettagli del calcolo strutturale che hanno portato alla definizione delle azioni in fondazione per le varie condizioni di carico sono riportate in “Relazione Tecnica Strutturale” alla quale si rimanda. In particolare si rimanda al capitolo 5 della citata relazione. Nel seguito del presente documento si riportano per brevità di lettura le tabelle riassuntive dei carichi elementari utilizzati per le analisi delle fondazioni.

##### Pilastri – Comparti A4, B1, C1

Tabella 5 – Condizioni di carico per i pilastri, comparti A4, B1, C1

Sezione pilastro (mmxmm)	Condizione di carico	$N_{Ed}$ (kN)
500x500	Folla + autorimessa	3340
800x800	VVF + autorimessa	5125
500x500	Commerciali + autorimessa	3530
500x500	Verde a filo + autorimessa	3730
500x500	Verde rialzato + autorimessa	4230
500x500	Pubblici + autorimessa	2910
500x500	Uffici + autorimessa	2810
800x800	Volumi commerciali + autorimessa	4650
1000x1000	B1 Uffici	16115

##### Pareti di taglio – Comparto A4

Tabella 6 – Condizioni di carico per i setti, comparto A4

Sezione setto (mmxmm)	Condizione di carico	$N_{Ed}$ (kN)	$V_{Ed}$ (kN)	$M_{Ed}$ (kNm)
8000x500	VVF + parcheggio	10840	20065	86858

##### Pareti di taglio – Comparto C1

Tabella 7 – Condizioni di carico per i setti, comparto C1

Sezione setto (mmxmm)	Condizione di carico	$N_{Ed}$ (kN)	$V_{Ed}$ (kN)	$M_{Ed}$ (kNm)
10000x500 (C1-SX)	VVF + parcheggio	8450	18017	80124
8000x500 (C1-Centrale)	VVF + parcheggio	8450	16993	72145
10000x500 (C1-DX)	VVF + parcheggio	8450	21669	96728

**Nuclei – Comparto A4**

Tabella 8 – Condizioni di carico per i nuclei, comparto A4

Dimensioni nucleo (mmxmm)	Condizione di carico	N <sub>Ed</sub> (kN)	V <sub>Ed</sub> (kN)	M <sub>Ed</sub> (kNm)
8000x8000	VVF + parcheggio	25831	40130	173716

**Nuclei – Comparto C1**

Tabella 9 – Condizioni di carico per i nuclei, comparto C1

Dimensioni nucleo (mmxmm)	Condizione di carico	N <sub>Ed</sub> (kN)	V <sub>Ed</sub> (kN)	M <sub>Ed</sub> (kNm)
10000x16000 (C1-SX)	VVF + parcheggio	35717	36034	160248
10000x6000 (C1-Centrale)	VVF + parcheggio	19773	33985	144289
10000x16000 (C1-DX)	VVF + parcheggio	35717	43338	193457

**4.3.1. Combinazioni di carico per verifiche geotecniche**

La normativa di riferimento per la progettazione geotecnica delle fondazioni è costituita dalle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 14 Gennaio 2008.

Per quanto riguarda lo Stato Limite Ultimo (SLU) si progettano le fondazioni seguendo l'Approccio 1, che prevede due diverse combinazioni.

Per quanto riguarda invece lo Stato Limite di Esercizio (SLE), si sono valutati i cedimenti delle fondazioni in base alle combinazioni di carico previste dalla normativa.

La combinazione usata per le verifiche geotecniche segue l'approccio 1 della combinazione 2:

$$F_d = \gamma_g \cdot G_k + \gamma_p \cdot P_k + \gamma_q \cdot Q_{1k} + \sum \gamma_q \cdot (\psi_{0i} \cdot Q_{ik})$$

Dove i segni + e  $\sum$  indicano l'applicazione dei rispettivi addendi ed il coefficiente  $\gamma_q$  (pari a 1,5 oppure 0) va applicato a ciascun carico  $Q_{ik}$  con il valore appropriato.

Si assumono i seguenti coefficienti  $\gamma_f$ :

- $\gamma_g = 1,0$  (per i carichi permanenti non strutturali, si adotta il coefficiente parziale 1,3 – 0 se il suo contributo aumenta la sicurezza);
- $\gamma_p = 1,0$  per l'azione di precompressione;
- $\gamma_q = 1,3$  (0 se il suo contributo aumenta la sicurezza);

#### 4.4. Fondazioni superficiali

Si presentano nel paragrafo i calcoli relativi alle fondazioni superficiali nonostante le stesse non siano proposte come fondazioni per le strutture principali oggetto di progettazione. Si è già detto infatti della complessità del sito in esame, delle geometrie e specificità dei singoli edifici, che portano ad escludere in questa fase le fondazioni superficiali.

Al fine però di fornire indicazioni nel caso di elementi di fondazioni minori quali basamenti esterni ai corpi principali oppure al fine di valutare per un determinata situazione di estrema rigidità di un corpo di fondazione o di particolare compensazione dovuta alla strategica scelta di approfondire lo scavo al fine di compensare il carico dell'edificio o di parte di esso, si presentano per tipologie generiche in particolare riferite al comparto "B" le ipotesi di fondazione superficiale.

Si analizzano fondazioni di dimensioni indicative delle possibili fondazioni di edifici o parti di essi, ma non riferite ad un singolo caso specifico.

##### 4.4.1. Analisi di capacità portante

È possibile stimare la capacità portante a stato limite ultimo delle fondazioni superficiali tramite analisi limite (Terzaghi, 1943) con la seguente formulazione:

$$q_{lim} = 0.5B\gamma N_{\gamma} s_{\gamma} + cN_c s_c + qN_q$$

Dove  $B$  è la larghezza della fondazione,  $\gamma$  è il peso specifico del terreno,  $c$  è la coesione del terreno,  $q$  è il sovraccarico laterale,  $N_c$ ,  $N_q$  ed  $N_{\gamma}$  sono i coefficienti di capacità portante e  $s_{\gamma}$  ed  $s_c$  sono coefficienti di forma.

Nel caso di fondazione quadrata su terreno coesivo ( $c = c_u$ ,  $\phi' = 0$ ), la formulazione si riduce alla seguente:

$$q_{lim} = c_u N_c s_c$$

Dove  $c_u$  è la coesione non drenata,  $N_c = 5.14$  e  $s_c = 1.3$ .

In riferimento ai carichi di Tabella 5, i carichi assiali di progetto variano da un minimo di  $N_{Ed} = 2810$  kN ad un massimo di  $N_{Ed} = 5125$  kN. Considerando un carico medio pari a  $N_{Ed} = 4000$  kN, al fine di soddisfare le verifiche di capacità portante a SLU secondo normativa, è necessario realizzare plinti a sezione quadrata con base  $B$  tale che:

$$q_{lim,d} B^2 > N_{Ed}$$

Dove utilizzando l'Approccio 1 – Combinazione 2:

$$q_{lim,d} = \frac{c_u}{\gamma_{cu}} N_c s_c = \frac{60}{1.4} 5.14 * 1.3 = 286 \text{ kN/m}^2$$

Da cui:

$$B_{min} = \sqrt{\frac{N_{Ed}}{q_{lim,d}}} = 3.8 \text{ m.}$$

Considerando che la stima di  $c_u = 60$  kPa è già una media e non un lower bound dei parametri di progetto, che è stato considerato un carico medio per pilastro e non quello massimo, che non sono stati considerati gli effetti penalizzanti dovuti alla presenza di momenti flettenti e/o tagli, appare evidente che le sole verifiche di capacità portante portino a dimensionare plinti di fondazione superficiali eccessivamente grandi. In pianta, infatti, nel caso di baie 7.5mx7.5m, plinti quadrati con 3.8m di lato occuperebbero circa il 50% dell'area di fondazione, non risolvendo comunque le problematiche di cedimento medio e differenziale di cui al successivo paragrafo.

##### 4.4.2. Analisi dei cedimenti

In presenza di terreni coesivi a bassa permeabilità, il calcolo dei cedimenti può essere suddiviso in tre fasi:

- Cedimenti a breve termine;
- Cedimenti di consolidazione primaria;
- Cedimenti di consolidazione secondaria.

I cedimenti a breve termine sono dovuti ai cedimenti accumulati in condizioni drenate di breve termine dei terreni ad alta permeabilità (sabbie e ghiaie), oltre ad ulteriori cedimenti causati da deformazioni a taglio negli strati coesivi. I cedimenti di consolidazione primaria sono dovuti invece alla dissipazione nel tempo delle pressioni in eccesso che si generano nei terreni coesivi a bassa permeabilità nell'istante di applicazione dei carichi. I cedimenti di consolidazione secondaria si protraggono oltre

il tempo necessario alla completa dissipazione delle pressioni in eccesso, e devono quindi essere sommati ad essi e stimati in funzione della vita utile dell'opera.

Al fine di stimare i cedimenti in presenza di sole fondazioni superficiali, è stata eseguita un'analisi tramite codice di calcolo ad elementi finiti (Plaxis 2D AE). In accordo con la presente fase di progetto preliminare, è stata eseguita una analisi in stato piano di deformazione, modellando una sezione della Piastra così da intersecare le tre diverse aliquote di carico (podio, torre, edificio uffici). La sezione AA' considerata è riportata in Figura 22.

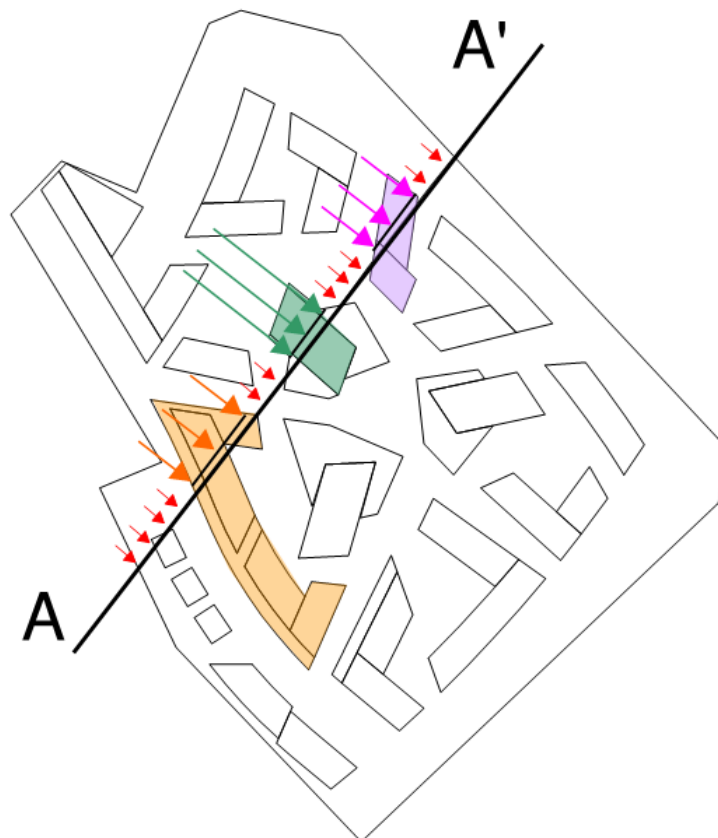


Figura 22 - Sezione AA' di calcolo

L'analisi ad EF è stata eseguita impiegando la stratigrafia di progetto già descritta (Tabella 2), impiegando per il terreno un modello alla Mohr-Coulomb in condizioni drenate. I cedimenti forniti dall'analisi pertanto sono da intendersi come una stima preliminare dei cedimenti alla fine del processo di consolidazione primaria.

La presenza del podio, degli edifici adibiti ad uso ufficio e della torre T3 sono stati modellati tramite l'applicazione di carichi distribuiti uniformi, come mostrato in Figura 22. Ai fini dell'analisi sono state considerate due sole fasi di analisi:

- Riproduzione delle condizioni geostatiche del terreno;
- Applicazione dei carichi uniformemente distribuiti.

Questa sequenza di carico è certamente semplificativa ma, essendo in questa fase prematura qualsiasi informazione circa la cantierizzazione delle opere, la si ritiene la più ragionevole.

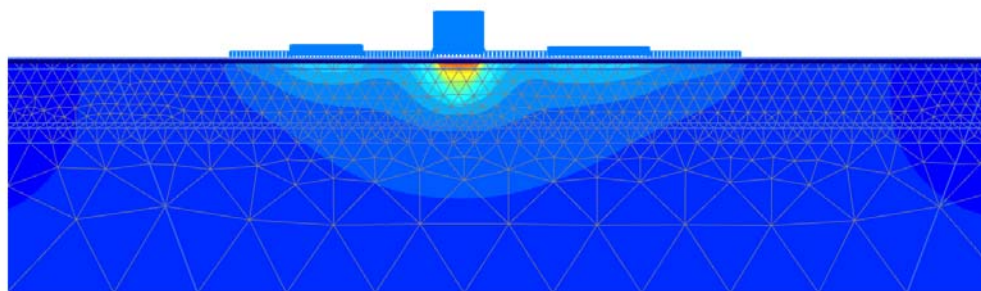


Figura 23 - Modello a EF, cedimenti in condizioni drenate

I cedimenti ottenuti dall'analisi sono riportati in Figura 24, normalizzati rispetto al cedimento massimo in corrispondenza della torre T3.

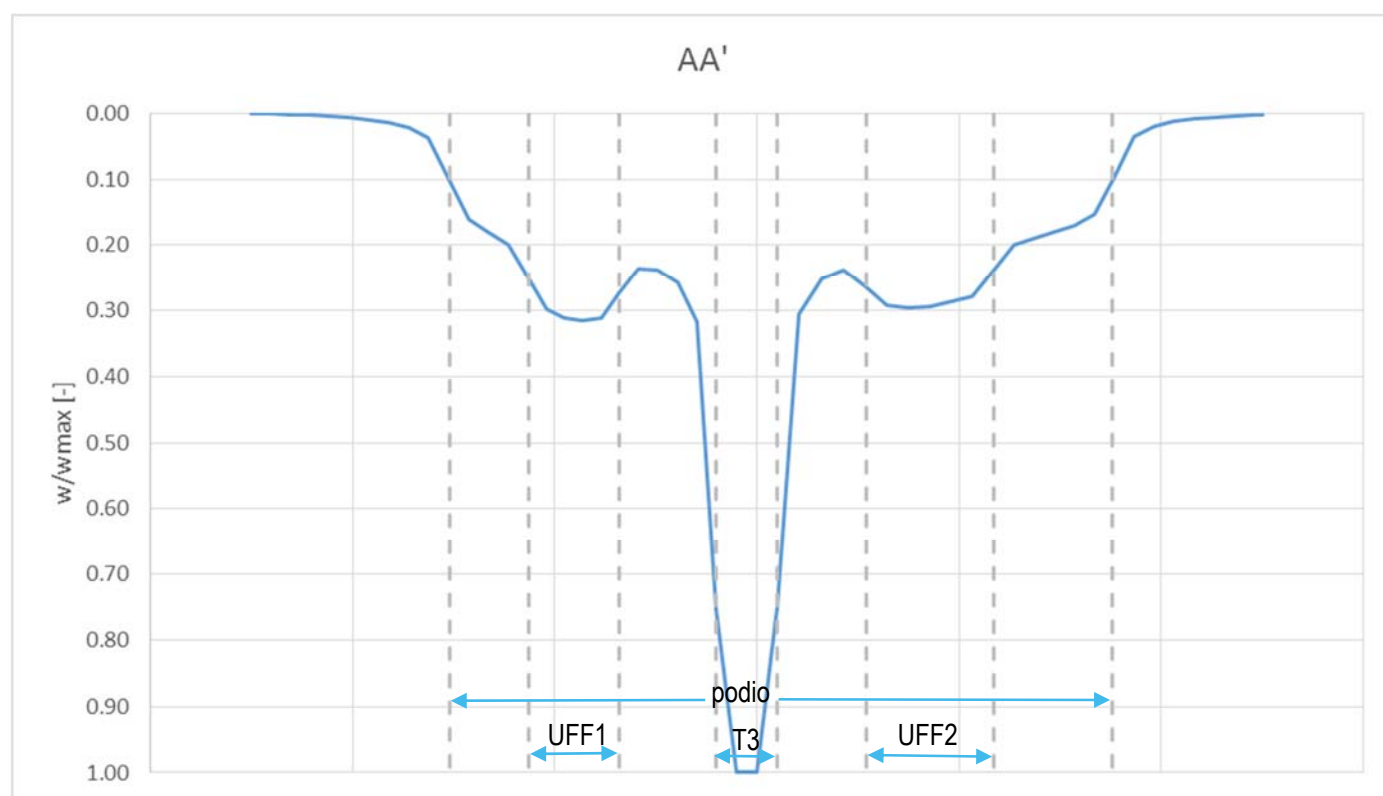


Figura 24 - Cedimenti sezione AA'

Vista l'importanza delle opere, la loro estensione in pianta e le eteropie stratigrafiche laterali (non considerate nelle analisi), si considera come limite di rotazione massimo in fondazione un valore di  $\beta = 1/500$ . Come mostrato in Figura 25 in riferimento alla sezione UFF1, i cedimenti differenziali superano la massima soglia ammissibile (indicata con due linee tratteggiate rosse in Figura).

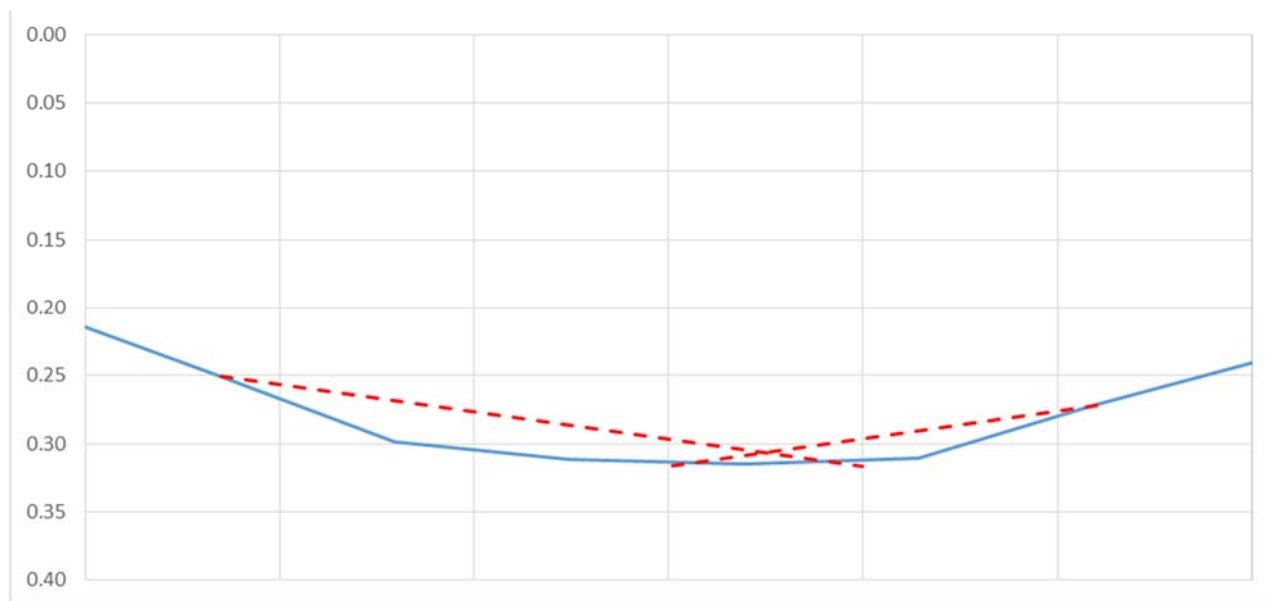


Figura 25 - Cedimenti UFF1 Sezione AA'

Le precedenti considerazioni dimostrano la necessità di fondare il podio su fondazioni profonde, secondo quanto presentato nei seguenti paragrafi.

Ad ulteriore conferma di quanto sopra, si ricordi che inevitabilmente la realizzazione delle opere avverrà per fasi. Pertanto, sarà inevitabile avere non solo incrementi di carico disuniformi sul sito, ma anche processi di consolidazione primaria e secondaria differenti e fra loro differiti nel tempo. Per questa ragione, durante e dopo la realizzazione delle opere, i cedimenti differenziali saranno molto probabilmente anche maggiori di quelli appena stimati che ipotizzano l'uniformità di incremento di aliquota di carico durante la costruzione delle opere. Alla luce di questa ulteriore problematica, l'utilizzo di fondazioni profonde appare inevitabile al fine di minimizzare i cedimenti assoluti e, conseguentemente, anche quelli differenziali. Inoltre, il meccanismo di trasferimento dei carichi di pali ad esempio attestati in terreni granulari (sabbie o ghiaie), permetterà anche di ridurre il processo di consolidazione in quanto attiva solo sforzi di taglio nei materiali coesivi e sforzi verticali in quelli incoerenti.

#### 4.5. Miglioramento del terreno ("soil improvement")

La tecnica del miglioramento dei terreni, altrimenti detta soil improvement, consiste nel migliorare le prestazioni del terreno naturale mediante interventi che consentano di verificare le fondazioni come fondazioni dirette ma con parametri del terreno appunto migliorati dagli interventi.

In questa fase, data l'entità dei carichi in gioco e lo stato preliminare delle elaborazioni in corso, non si ritiene che tali interventi ai fini della realizzazione delle fondazioni dei comparti edificati possano essere proposti in questa fase.

Elementi di studio di dettaglio potranno portare a studiare interventi che possano migliorare i moduli di risposta elastica dei terreni immediatamente sottostanti i solai di fondazione tra i plinti palificati, laddove al momento il calcolo strutturale prevede che gli stessi siano di fatto dei solai sospesi. Ad oggi si ritiene infatti che sia più conveniente considerare tali elementi strutturali come sospesi anziché pensare ad interventi di trattamento del terreno che porti a miglioramento delle sue caratteristiche geomeccaniche.

E' anche alla presente fase preliminare assente il necessario dettaglio progettuale puntuale per andare a definire area per area la vera entità degli sbancamenti, al fine di determinare un eventuale grado di compensazione in particolare delle fondazioni superficiali al fine di considerare nel calcolo di dettaglio tali contributi.

Interventi di miglioramento, seppur lievi, sono considerabili anche la semplice sostituzione del materiale in sito con materiale dalle migliori caratteristiche quali strati di misto granulare compattato in corrispondenza di plinti isolati o piastre di fondazione.

Al momento si considera pertanto la progettazione preliminare presentata sufficientemente cautelativa dal punto di vista strutturale e geotecnico in relazione alle fondazioni dei comparti edificati in particolare di quelli prettamente adibiti a parcheggio.

Eccezioni sono naturalmente gli edifici alti per i quali sarà necessario adottare fondazioni profonde.

#### 4.6. Fondazioni profonde

Come già anticipato, al presente livello di preliminare si presentano ipotesi di fondazioni dei comparti edificati costituite da fondazioni profonde. In particolare si considerano fondazioni su pali, che tipicamente si distinguono in pali trivellati e pali battuti.

Caratt.	Pali Battuti	Pali Trivellati
Terreni attraversabili	Limitazioni in presenza di terreni compatti, strati lapidei, trovanti	Possono attraversare qualsiasi terreno, previo opportuno sistema di perforazione
Modifiche che la messa in opera crea nel terreno circostante	<ul style="list-style-type: none"> <li>- In terreni incoerenti producono un addensamento con conseguente miglioramento delle proprietà meccaniche</li> <li>- In terreni coesivi producono un rimaneggiamento e diminuzione di resistenza al taglio</li> </ul>	Decompressione del terreno e peggioramento delle sue caratteristiche meccaniche. In terreni coesivi tale effetto può essere ridotto
Dimensioni	Diametro massimo solitamente nell'ordine dei 60cm. In pali prefabbricati è necessario prefissare la lunghezza	Nessuna limitazione
Inclinazione massima possibile	Fino a 15°-20°	Generalmente impossibile, fattibile solo per pali di piccolo diametro
Qualità del calcestruzzo	Ottima	Funzione del terreno, della tecnica esecutiva e della perizia della manodopera
Attrezzature	Ingombranti e costose	Ridotte per pali di piccolo diametro, ingombranti e costose per pali di grande diametro
Impatto	Vibrazioni, scosse e rumore durante la messa in opera	Effetti generalmente contenuti rispetto ai pali battuti
Velocità di realizzazione	Generalmente più veloce dei pali trivellati	Funzione del terreno attraversato

Tabella 10 – Tipologia di fondazioni profonde

Sono state considerate due tipologie di pali: pali trivellati e pali infissi. La capacità portante geotecnica è stata derivata in accordo con il D.M. 14/01/2008 (Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni), secondo le combinazioni Approccio 1 Combinazione 1 e Combinazione 2.

Tali combinazioni comprendono tre gruppi di coefficienti: A1+M1+R1 e A2+M1+R2:

- Coefficienti parziali da applicare alle azioni di calcolo, gruppi A1 e A2;
- Coefficienti parziali da applicare ai parametri geotecnici del terreno, gruppo M1;
- Coefficienti parziali da applicare alle resistenze caratteristiche, gruppi R1 e R2.

Si riportano in Tabella 11 i valori dei coefficienti parziali relativi alla combinazione suddetta.

Carichi	Effetto	Coefficiente Parziale	A1 (STR)	A2 (GEO)
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.3	1.0
Permanenti non strutturali	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0.0	0.0
	Sfavorevoli		1.5	1.3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Q1}$	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.3

Tabella 11 – Coefficienti parziali per le azioni.

Parametro	Grandezza	Coefficiente Parziale	M1
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan\phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.0
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1.0
Resistenza non drenata	$C_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1.0
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1.0

Tabella 12 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.

Resistenza	Simbolo	Pali infissi		Pali trivellati (R2)		Pali ad elica continua (R2)	
		R1	R2	R1	R2	R1	R2
Base	$\gamma_b$	1.0	1.45	1.0	1.7	1.0	1.6
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1.0	1.45	1.0	1.45	1.0	1.45
Totale	$\gamma_t$	1.0	1.45	1.0	1.6	1.0	1.55
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1.0	1.60	1.0	1.6	1.0	1.6

Tabella 13 – Coefficienti parziali per le resistenze caratteristiche

L'Approccio 1 Combinazione 2 è stato assunto a riferimento per la determinazione della capacità portante, rappresentando la condizione più gravosa ai fini del dimensionamento.

La capacità portante è stata derivata con riferimento ad entrambe le unità geomorfologiche individuate nella relazione geologica (ambiti "A" e "B") e le diverse tipologie di palo.

Si è assunto come strato di fondazione l'Unità F, il cui tetto e base si collocano rispettivamente a quota -50 e -57.5 m s.l.m. Considerando la rimozione dei primi due metri di terreno superficiale di riporto, la lunghezza di riferimento è pari a 61m.

## 4.7. Fondazioni profonde - Pali trivellati

### 4.7.1. Capacità portante pali trivellati

La capacità portante per i pali trivellati è stata determinata con riferimento alle stratigrafie di progetto dell'area, secondo le due macro regioni denominate Ambito geomorfologico "A" e "B". L'Ambito geomorfologico "A" rappresenta la condizione geologico-geotecnica per il comparto A4, mentre l'Ambito geomorfologico "B" comprende i comparti B1 e C1.

Il contributo della resistenza laterale lungo gli strati di terreno a prevalente carattere coesivo è stata analizzata secondo la relazione:

$$q_s = \alpha \cdot c_u$$

dove  $\alpha$  rappresenta un coefficiente funzione della resistenza non drenata  $c_u$  e della tecnologia di palo adottato. In Tabella 14 si riportano i valori di  $\alpha$  assunti nel calcolo, sulla base delle "Raccomandazioni sui pali di fondazione" AGI.

$c_u$ (kPa)	$\alpha$
$\leq 25$	0.90
$25 \div 50$	0.80
$50 \div 75$	0.60
$\geq 75$	0.40

Tabella 14 – Valori del coefficiente  $\alpha$  per pali trivellati (fonte Raccomandazioni AGI).

Il contributo della resistenza laterale per i terreni non coesivi è stata calcolata secondo la relazione:

$$q_s = \tan \delta' \cdot \sigma'_v \cdot K$$

dove  $\delta'$  rappresenta l'angolo di attrito all'interfaccia palo-terreno e  $K$  un coefficiente funzione della tecnica esecutiva del palo e delle proprietà del terreno. Ai fini del presente calcolo si è assunto un angolo di attrito palo-terreno pari a  $2/3 \varphi'$  ed un coefficiente  $K$  unitario.

La capacità portante offerta dalla base del palo è stata derivata secondo le relazioni:

- $q_b = 9c_u$  per terreni coesivi;
- $q_b = N_q \cdot \sigma'_v$  per terreni non coesivi.

dove  $N_q$  rappresenta il fattore di capacità portante, derivato secondo formulazione di Berezantzev in funzione del rapporto lunghezza/diametro e dell'angolo di attrito  $\varphi'$ . Si noti che l'angolo di attrito utilizzato in tale formulazione è stato corretto secondo la formulazione di Kishida (1967) per pali trivellati:

$$\varphi' = \varphi'_1 - 3$$

dove  $\varphi'_1$  rappresenta l'angolo di attrito del deposito indisturbato. Alla luce di ciò, si è considerato un fattore di capacità portante  $N_q$  pari a 40.

In Figura 34 e Figura 35 si riportano i pile chart derivati in accordo con le formulazioni presentate per entrambi gli Ambiti geomorfologici che interessano l'area in oggetto. A titolo rappresentativo si riporta il caso di pali trivellati di diametro 1.0m. Si rimanda all'Allegato 7.1 per le capacità portanti relative a differenti diametri.

Ambito geomorfologico "A"

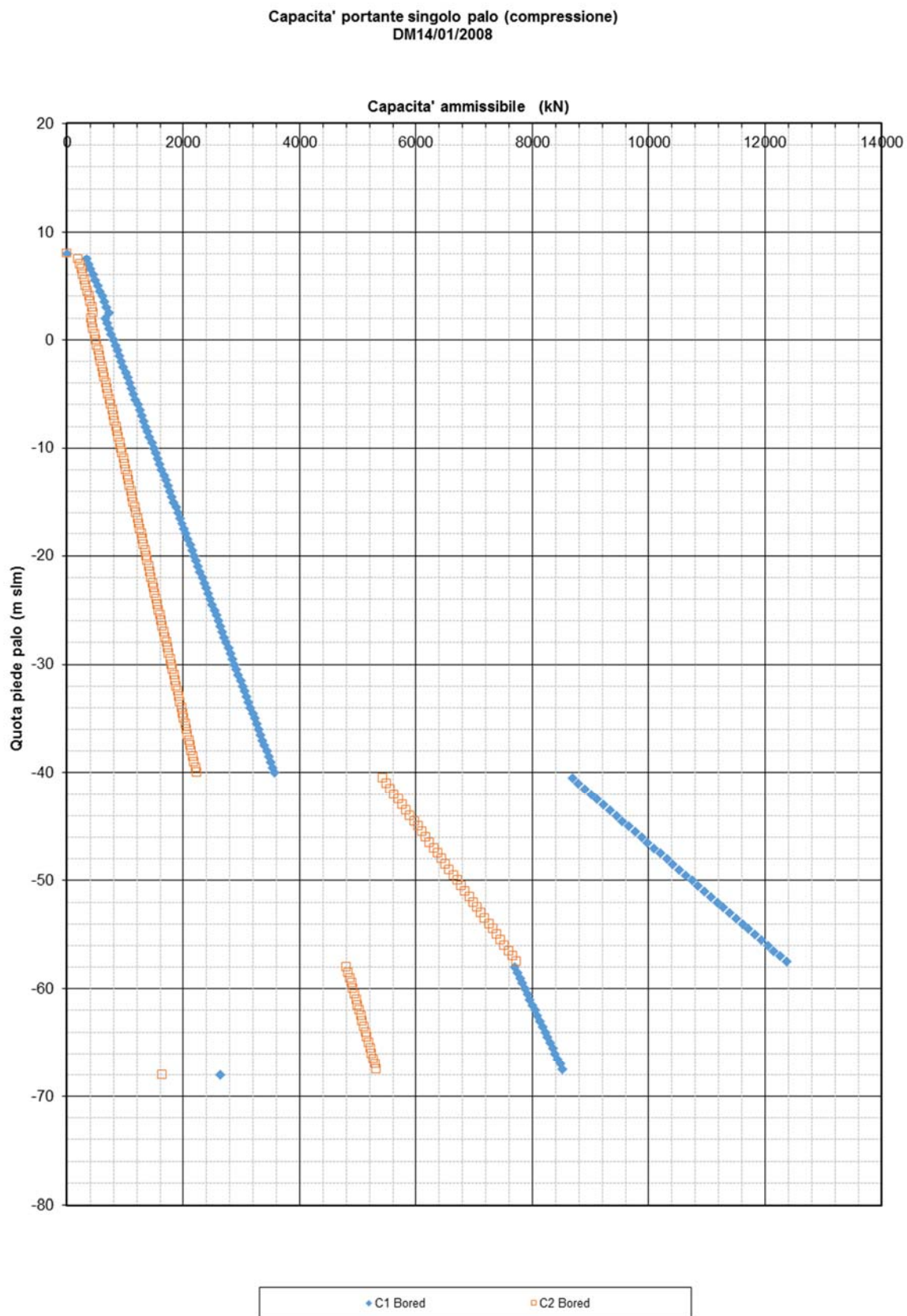


Figura 26 – Capacità portante per i pali trivellati secondo combinazioni A1 - C1 e C2 (Ambito geomorfologico "A").

Ambito geomorfologico "B"

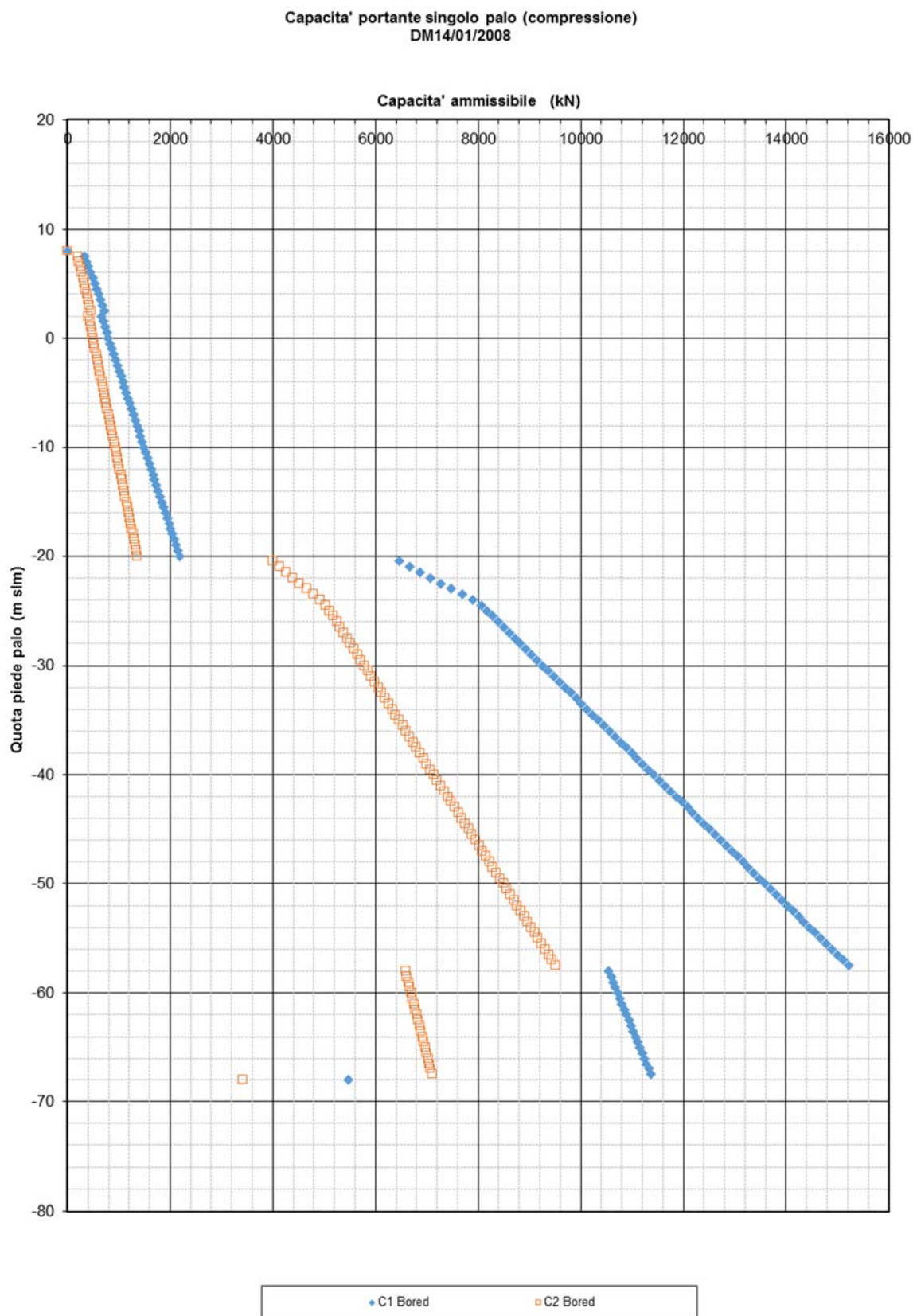


Figura 27 - Capacità portante per i pali trivellati secondo combinazioni A1 - C1 e C2 (Ambito geomorfologico "B").

#### 4.7.1. Calcoli di comportamento delle fondazioni proposte

Si riportano di seguito le casistiche di carico considerate, la capacità portante associata a ciascuna sezione ed i corrispettivi tassi di lavoro. Per la descrizione dei casi di carico assunti, si rimanda alla sezione 4.3.

Capacità portante (kN) – Lunghezza 61m – Unità geomorfologica “A”		
D = 1.0m	D = 1.2m	D = 1.5m
7'120	9'324	13'118

Tabella 15 – Valori di capacità portante secondo combinazione A1 C2 per l'Ambito geomorfologico “A”.

Capacità portante (kN) – Lunghezza 61m – Unità geomorfologica “B”		
D = 1.0m	D = 1.2m	D = 1.5m
8'899	11'459	15'787

Tabella 16 – Valori di capacità portante secondo combinazione A1 C2 per l'Ambito geomorfologico “B”.

#### Pilastrì

Comparto A4 - No.2 pali per plinto			
Caso di carico	D=1.0m $N_{Ed}/R_{cd}$	D=1.2m $N_{Ed}/R_{cd}$	D=1.5m $N_{Ed}/R_{cd}$
Folla+autorimessa	0.37	0.28	0.20
VVF+autorimessa	0.51	0.39	0.28
Commerciali+autorimessa	0.38	0.29	0.21
Verde a filo+autorimessa	0.40	0.31	0.22
Verde rialz.+autorimessa	0.44	0.34	0.24
Pubblici+autorimessa	0.34	0.26	0.18
Uffici+autorimessa	0.33	0.25	0.18
Volumi com.+autorimessa	0.47	0.36	0.26

Tabella 17 – Tassi di lavoro relativi alle configurazioni ed ai diametri adottati per il comparto A4.

Comparti B1+C1 - No.2 pali per plinto			
Caso di carico	D=1.0m $N_{Ed}/R_{cd}$	D=1.2m $N_{Ed}/R_{cd}$	D=1.5m $N_{Ed}/R_{cd}$
Folla+autorimessa	0.30	0.23	0.17
VVF+autorimessa	0.41	0.32	0.23
Commerciali+autorimessa	0.31	0.24	0.17
Verde a filo+autorimessa	0.32	0.25	0.18
Verde rialz.+autorimessa	0.35	0.27	0.20
Pubblici+autorimessa	0.27	0.21	0.15
Uffici+autorimessa	0.26	0.20	0.15
Volumi com.+autorimessa	0.38	0.29	0.21

Tabella 18 - Tassi di lavoro relativi alle configurazioni ed ai diametri adottati per il comparto B1, C1.

Comparto B1 uffici - No.2 pali per plinto			
Caso di carico	D=1.0m $N_{Ed}/R_{cd}$	D=1.2m $N_{Ed}/R_{cd}$	D=1.5m $N_{Ed}/R_{cd}$
Uffici	1.08	0.84	0.61

Tabella 19 - Tassi di lavoro relativi alle configurazioni ed ai diametri adottati per il comparto B1 Uffici.

La configurazione di due pali trivellati con diametro pari a 1.0m presentano tassi di lavoro idonei e pertanto sono stati assunti per le fondazioni dei pilastrì dei comparti A4, B1 e C1. Il comparto B1 Uffici, data l'entità dei carichi verticali, comporterebbe una configurazione con tre pali di diametro 1m. Si è pertanto assunta una configurazione composta da due pali ugualmente ma con diametro di 1.2m. Tale soluzione permette inoltre una riduzione del numero di pali da realizzare per ciascun plinto di fondazione.

In Figura 28 si riporta la configurazione assunta per i comparti A4, B1 e C1 e per il comparto B1 Uffici.

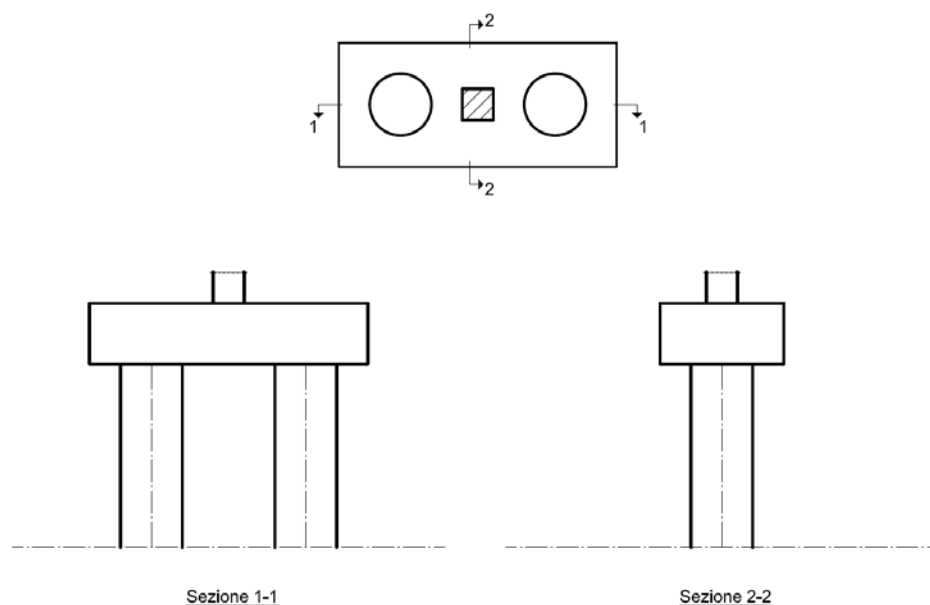


Figura 28 – Configurazione adottata per le fondazioni dei pilastri.

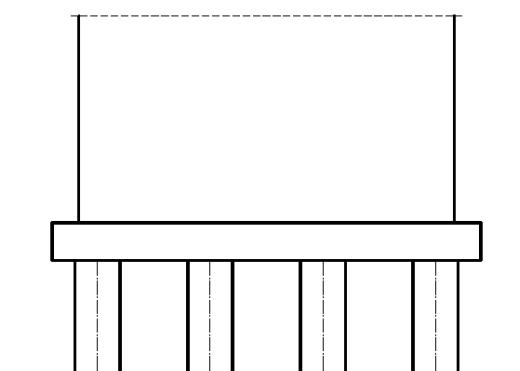
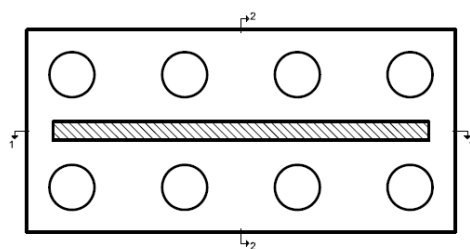
### Pareti di taglio e nuclei

Il calcolo delle fondazioni delle pareti di taglio e dei nuclei è stato condotto mediante il software PIGLET, sviluppato dal prof. Mark Randolph presso la School of Civil and Resource Engineering, The University of Western Australia per l'analisi del comportamento di gruppi di pali in generiche condizioni di carico in cui il terreno è modellato come materiale elastico lineare e si applicano gli effetti dell'interazione tra i pali nel gruppo. Un livello di ridistribuzione plastica del carico è rappresentabile in Piglet tramite l'inserimento di un valore di cut-off, raggiunto il quale i pali non sono più in grado di attrarre carico e l'eccesso di carico viene ridistribuito tra i restanti pali del gruppo.

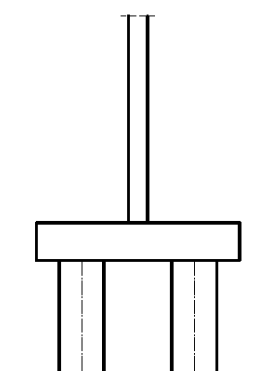
Si noti che le sollecitazioni utilizzate per il dimensionamento derivano da un'analisi sismica statica equivalente e pertanto le azioni risultano affette da una ampia sovrastima che verrà ridotta nelle successive fasi di progettazione mediante analisi dotate di un maggior grado di complessità. Tale aspetto è stato considerato pertanto nelle verifiche sezionali e strutturali dei pali.

Per le pareti di taglio si sono adottate configurazioni di 8 pali di diametro 1.2m per i comparti A4, C1 SX e Centrale, mentre per il comparto C1 DX si assume una configurazione con 10 pali di diametro 1.2m. Quest'ultima configurazione, comparata con uno schema di 8 pali di diametro 1.5m, presenta un minore volume di calcestruzzo e pertanto costi minori associati.

Gli input ed i risultati delle analisi svolte mediante il software PIGLET sono riportati in Allegato 7.3.

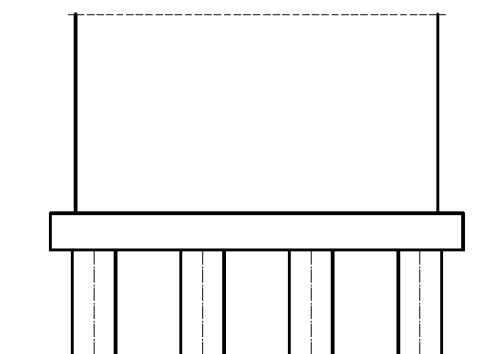
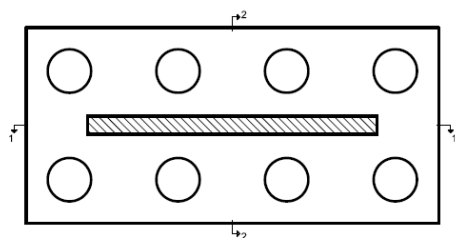


Sezione 1-1

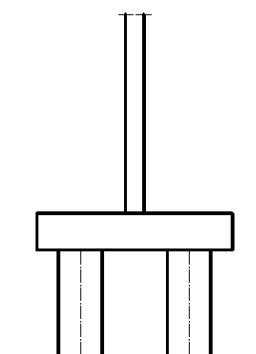


Sezione 2-2

Figura 29 - Configurazione adottata per le fondazioni dei setti del comparto C1 SX.



Sezione 1-1



Sezione 2-2

Figura 30 - Configurazione adottata per le fondazioni dei setti dei comparti A4 e C1 Centrale.

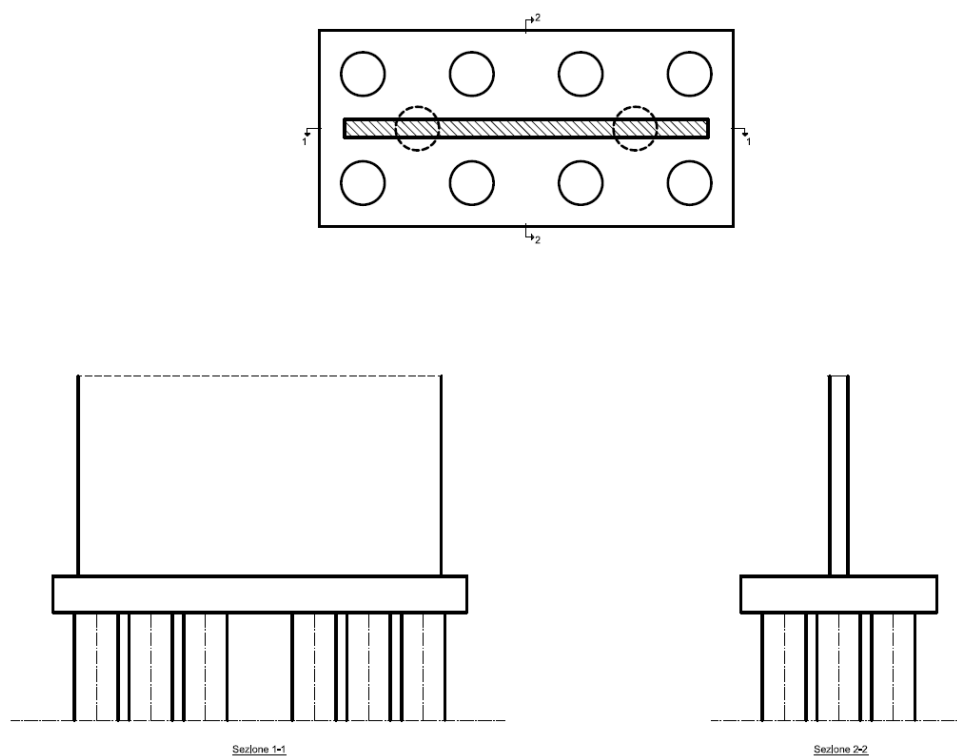


Figura 31 - Configurazione adottata per le fondazioni dei setti del comparto C1 DX.

Con riferimento ai nuclei di controvento, si sono adottate configurazioni a 16 e 20 pali di diametro 1.2m rispettivamente per i comparti A4 e C1.

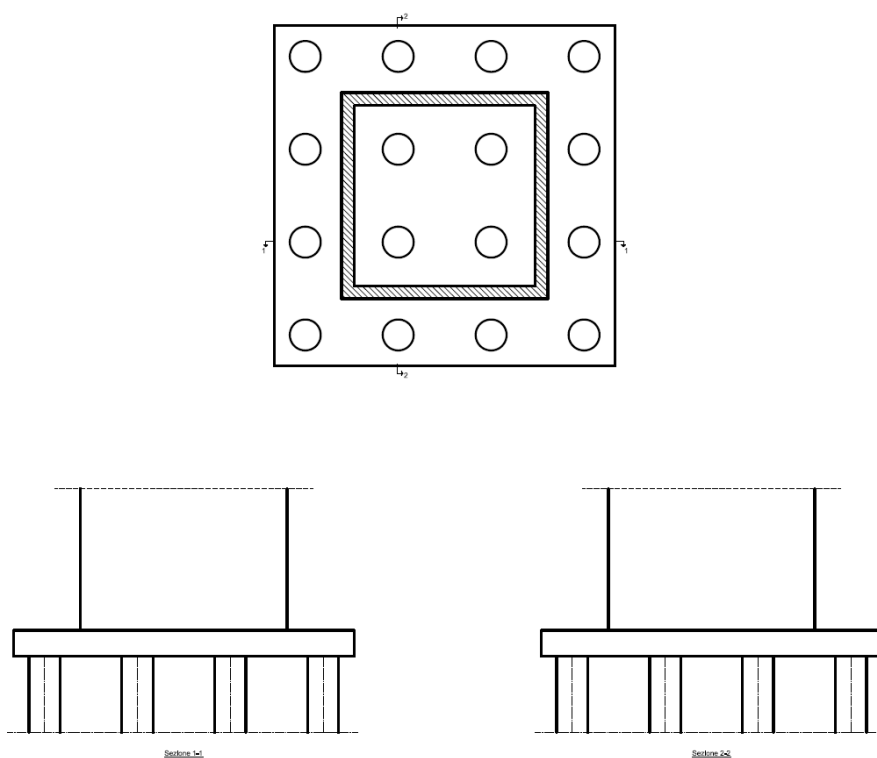


Figura 32 - Configurazione adottata per le fondazioni dei nuclei di controvento del comparto A4.

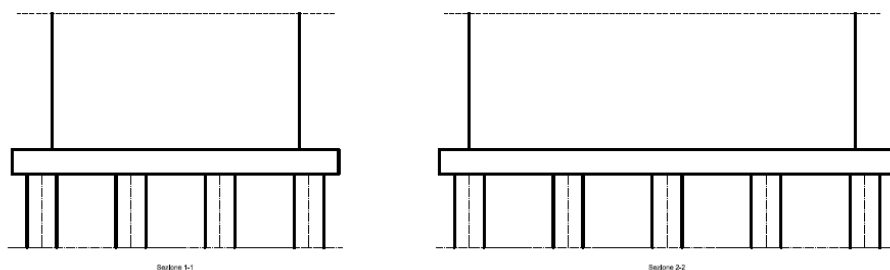
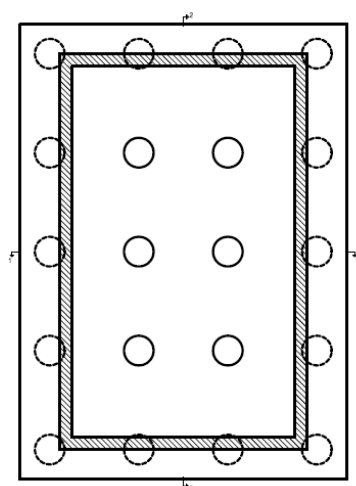


Figura 33 - Configurazione adottata per le fondazioni dei nuclei di controvento del comparto C1.

Relativamente alle fondazioni della torre non è possibile allo stato corrente ipotizzare delle fondazioni che quantitativamente riflettano gli effettivi carichi trasmessi dalle stesse. Le torri sono infatti al momento in fase di più puntuale definizione e non consentono, data la complessità di una analisi strutturali delle stesse troppo dipendente dalle loro caratteristiche geometriche ed architettoniche in senso generale (si pensi banalmente agli effetti del sisma e del vento), di applicare le considerazioni valide per le fondazioni di edifici ordinari. Si intende con tale affermazione che i pali potranno interessare gli strati più profondi e che soprattutto la geometria dei livelli inferiori della piastra potrà subire variazioni sostanziali in termini di soluzioni strutturali e disposizione di reti di irrigidimento al fine di meglio interpretare le esigenze di rigidità e distribuzione dei carichi provenienti dalla sovrastruttura. La necessità di avere dati geotecnici specifici per i livelli inferiori alle ghiaie profonde è proprio legata allo studio di questi fenomeni di interazione con gli strati profondi.

## 4.8. Fondazioni profonde - Pali prefabbricati

### 4.8.1. Capacità portante pali prefabbricati infissi

Date le condizioni geologico-geotecniche del sito e l'estensione dell'area oggetto dell'intervento, la tecnologia di pali infissi prefabbricati in stabilimento rappresenta una delle possibili soluzioni al fine di ottimizzare il progetto delle opere di fondazione. Si pensa a tale tipologia a livello preliminare per la grande quantità di produzione per la situazione mediamente presente nei comparti "B" e "C" in particolare, laddove vi sono grandi aree con relativamente pochi edifici. Il metodo consentirebbe infatti anche una produzione direttamente in cantiere, ed un risparmio notevole in termini di costo e di trasporti rispetto agli altri sistemi di pali infissi tradizionalmente usati nell'area in passato, quali pali cosiddetti "multiton", "soles" ed altri ancora. Questi ultimi sono caratterizzati da costo elevato a causa del costo dell'acciaio, pertanto al fine di progettare a livello preliminare una alternativa al palo trivellato si preferisce mantenere la tecnologia del calcestruzzo armato come preferibile. Come di dirà nelle conclusioni delle immediate fasi successive sarebbe auspicabile l'ingresso di parametri di giudizio della migliore fondazione da progettare che tengano conto anche delle tecnologie costruttive disponibili sul mercato.

Non si ritiene idonea la tipologia di pali infissi per le torri, ma la scelta definitiva potrà essere fatta valle di una progettazione di dettaglio delle torri stesse dal punto di vista architettonico-strutturale ancora in corso di definizione.

La capacità portante per i pali infissi è stata determinata con riferimento alle stratigrafie di progetto dell'area, secondo le due macro regioni denominate Ambito geomorfologico "A" e "B". L'Ambito geomorfologico "A" rappresenta la condizione geologico-geotecnica per il comparto A4, mentre l'Ambito geomorfologico "B" comprende i comparti B1 e C1.

Il contributo della resistenza laterale lungo gli strati di terreno a prevalente carattere coesivo è stata analizzata secondo la relazione:

$$q_s = \alpha \cdot c_u$$

dove  $\alpha$  rappresenta un coefficiente funzione della resistenza non drenata  $c_u$  e della tecnologia di palo adottato. In Tabella 20 si riportano i valori di  $\alpha$  assunti nel calcolo, sulla base delle "Raccomandazioni sui pali di fondazione" AGI.

$c_u$ (kPa)	$\alpha$
$\leq 25$	1.00
$25 \div 50$	0.85
$50 \div 75$	0.65
$\geq 75$	0.50

Tabella 20 – Valori del coefficiente  $\alpha$  per pali infissi in calcestruzzo (fonte Raccomandazioni AGI).

Il contributo della resistenza laterale per i terreni non coesivi è stata calcolata secondo la relazione:

$$q_s = \tan \delta' \cdot \sigma'v \cdot K$$

dove  $\delta'$  rappresenta l'angolo di attrito all'interfaccia palo-terreno e K un coefficiente funzione della tecnica esecutiva del palo e delle proprietà del terreno. Ai fini del presente calcolo si è assunto un angolo di attrito palo-terreno pari a  $2/3 \phi'$  ed un coefficiente K unitario.

La capacità portante offerta dalla base del palo è stata derivata secondo le relazioni:

$$q_b = 9c_u \text{ per terreni coesivi;}$$

$$q_b = N_q \cdot \sigma'v \text{ per terreni non coesivi.}$$

dove  $N_q$  rappresenta il fattore di capacità portante, derivato secondo formulazione di Berezantzev in funzione del rapporto lunghezza/diametro e dell'angolo di attrito  $\phi'$ . Si noti che l'angolo di attrito utilizzato in tale formulazione è stato corretto secondo la formulazione di Kishida (1967) per pali battuti:

$$\varphi' = (\varphi'1 + 40^\circ)/2$$

dove  $\varphi'1$  rappresenta l'angolo di attrito del deposito indisturbato. Alla luce di ciò, si è considerato un fattore di capacità portante  $N_q$  pari a 80.

In Figura 34 e Figura 35 si riportano i pile chart derivati in accordo con le formulazioni presentate per entrambi gli Ambiti geomorfologici che interessano l'area in oggetto. A titolo rappresentativo si riporta il caso di pali infissi di diametro 0.45m. Si rimanda all'Allegato 7.2 per le capacità portanti relative a differenti diametri.

Ambito geomorfologico "A"

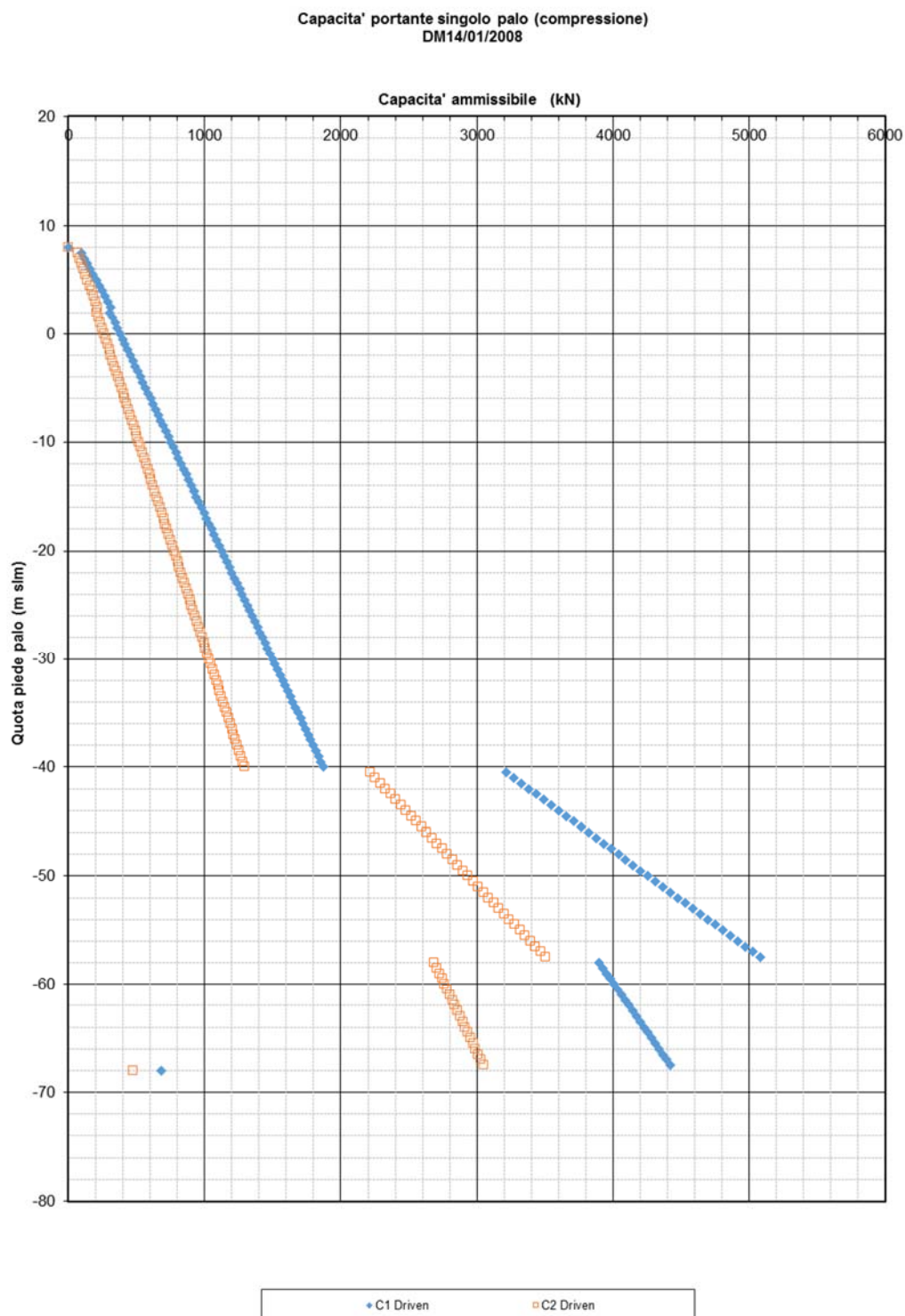


Figura 34 - Capacità portante per i pali infissi secondo combinazioni A1 - C1 e C2 (Ambito geomorfologico "A").

Ambito geomorfologico "B"

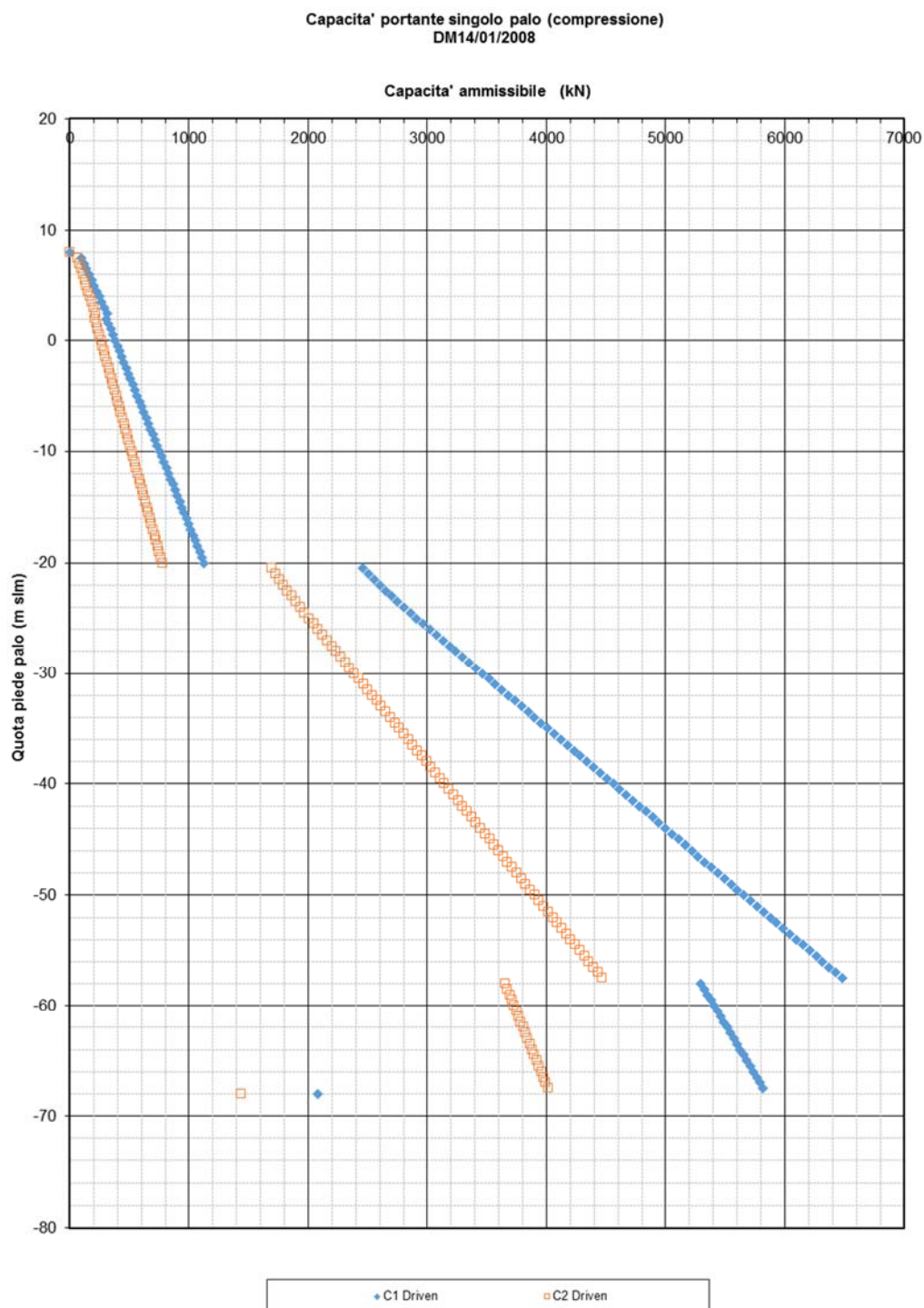


Figura 35 - Capacità portante per i pali infissi secondo combinazioni A1 - C1 e C2 (Ambito geomorfologico "B").

#### 4.8.2. Calcoli di comportamento delle fondazioni proposte

Per le medesime categorie di fondazioni identificate in precedenza si riportano i calcoli ed i risultati degli stessi. Si noti che i valori di capacità

Capacità portante (kN) – Lunghezza 61m Unità geomorfologica "A"	
D = 0.35m	D = 0.45m
2'306	3'164

Tabella 21 – Valori di capacità portante secondo combinazione A1 C2 per l'Unità geomorfologica "A".

Capacità portante (kN) – Lunghezza 61m Unità geomorfologica "B"	
D = 0.35m	D = 0.45m
3'058	4'129

Tabella 22 – Valori di capacità portante secondo combinazione A1 C2 per l'Unità geomorfologica "B".

#### Pilastri

Comparto A4 - No.3 pali - Plinto		
Caso di carico	L=0.35m $N_{Ed}/R_{cd}$	L=0.45m $N_{Ed}/R_{cd}$
Folla+autorimessa	0.76	0.56
VVF+autorimessa	1.04	0.76
Commerciali+autorimessa	0.79	0.58
Verde a filo+autorimessa	0.82	0.60
Verde rialz.+autorimessa	0.90	0.66
Pubblici+autorimessa	0.69	0.51
Uffici+autorimessa	0.68	0.49
Volumi com.+autorimessa	0.68	0.49

Tabella 23 - Tassi di lavoro relativi alle configurazioni di pali infissi adottate per il comparto A4.

Comparti B1+C1 - No.2 pali - Plinto		
Caso di carico	L=0.35m $N_{Ed}/R_{cd}$	L=0.45m $N_{Ed}/R_{cd}$
Folla+autorimessa	0.86	0.64
VVF+autorimessa	1.18	0.88
Commerciali+autorimessa	0.90	0.66
Verde a filo+autorimessa	0.93	0.69
Verde rialz.+autorimessa	1.02	0.76
Pubblici+autorimessa	0.78	0.58
Uffici+autorimessa	0.77	0.57
Volumi com.+autorimessa	0.77	0.57

Tabella 24 - Tassi di lavoro relativi alle configurazioni di pali infissi adottate per il comparto B1 e C1.

Comparto B1 Uffici - No.5 pali - Plinto		
Caso di carico	L=0.35m $N_{Ed}/R_{cd}$	L=0.45m $N_{Ed}/R_{cd}$
Uffici	1.26	0.94
No.6 pali - Plinto		
Caso di carico	L=0.35m $N_{Ed}/R_{cd}$	L=0.45m $N_{Ed}/R_{cd}$
Uffici	1.05	0.78

Tabella 25 – Tassi di lavoro relativi alle configurazioni di pali infissi adottate per il comparto B1 Uffici.

Dato che per i comparti A4, B1 e C1 una configurazione a due pali con sezione di lato 350x350mm presenta un tasso di lavoro superiore all'unità sotto alcune condizioni di carico, si è assunto di mantenere la medesima configurazione a due pali ma con sezione 450x450mm.

Per l'area B1 Uffici, la soluzione con pali di sezione 350x350mm presenta tassi di lavoro superiori all'unità anche adottando sei pali per ciascun plinto. Al fine di minimizzare il numero di pali necessario per colonna, si è assunta una configurazione a 6 pali di sezione 450x450mm.

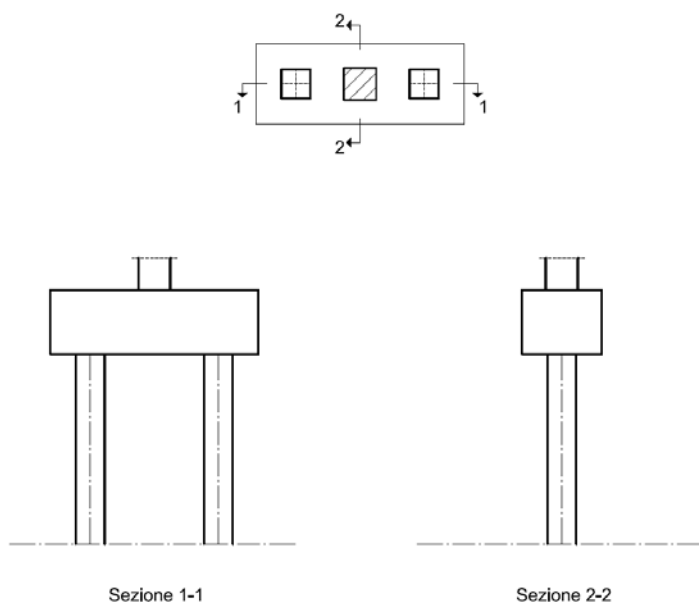


Figura 36 - Configurazione adottata per le fondazioni dei pilastri comparti A4, B1 e C1.

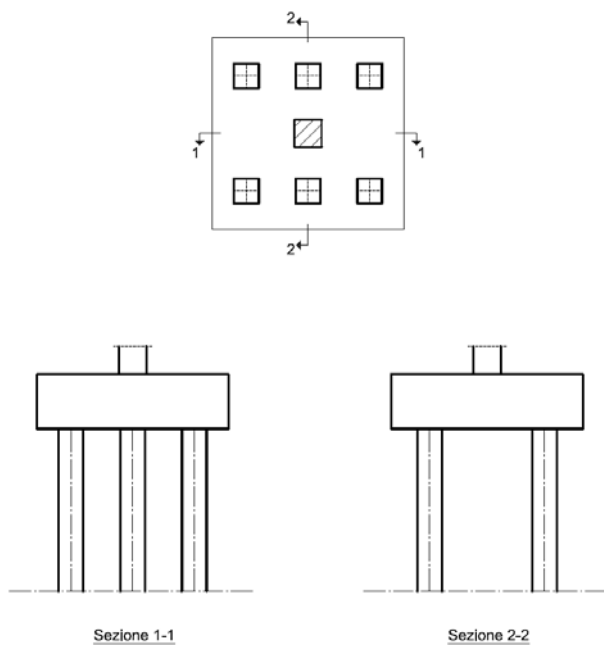


Figura 37 - Configurazione adottata per le fondazioni dei pilastri comparto B1 Uffici.

## Pareti di taglio e nuclei

Come descritto nella sezione 4.7.1, le sollecitazioni di calcolo derivate dalle analisi sismiche preliminari risultano affette da un significativo grado di sovrastima e conservatività. Ne consegue che l'entità delle azioni di taglio e di momento flettente su pareti di taglio e nuclei di controvento è tale da non consentire un dimensionamento ottimizzato delle strutture di fondazione. Si è assunto pertanto di procedere con il dimensionamento della sola soluzione con pali trivellati, rimandando lo studio della configurazione con pali infissi nelle successive fasi progettuali.

### 4.8.3. Caratteristiche geometriche

I pali di tipo prefabbricato che si propongono nella ipotesi alternativa alla realizzazione di pali trivellati, sono pali prefabbricati a in c.a. a sezione quadrata, con lato variabile da 200 a 450mm. Le lunghezze disponibili ricadono in uno spettro variabile nell'ordine di 4÷18m, in funzione della sezione selezionata e delle caratteristiche litostratigrafiche del sito. Per quanto riguarda le gabbie di armatura, vengono fornite sia configurazioni standard sia configurazioni ad hoc in funzione delle specifiche condizioni di carico.

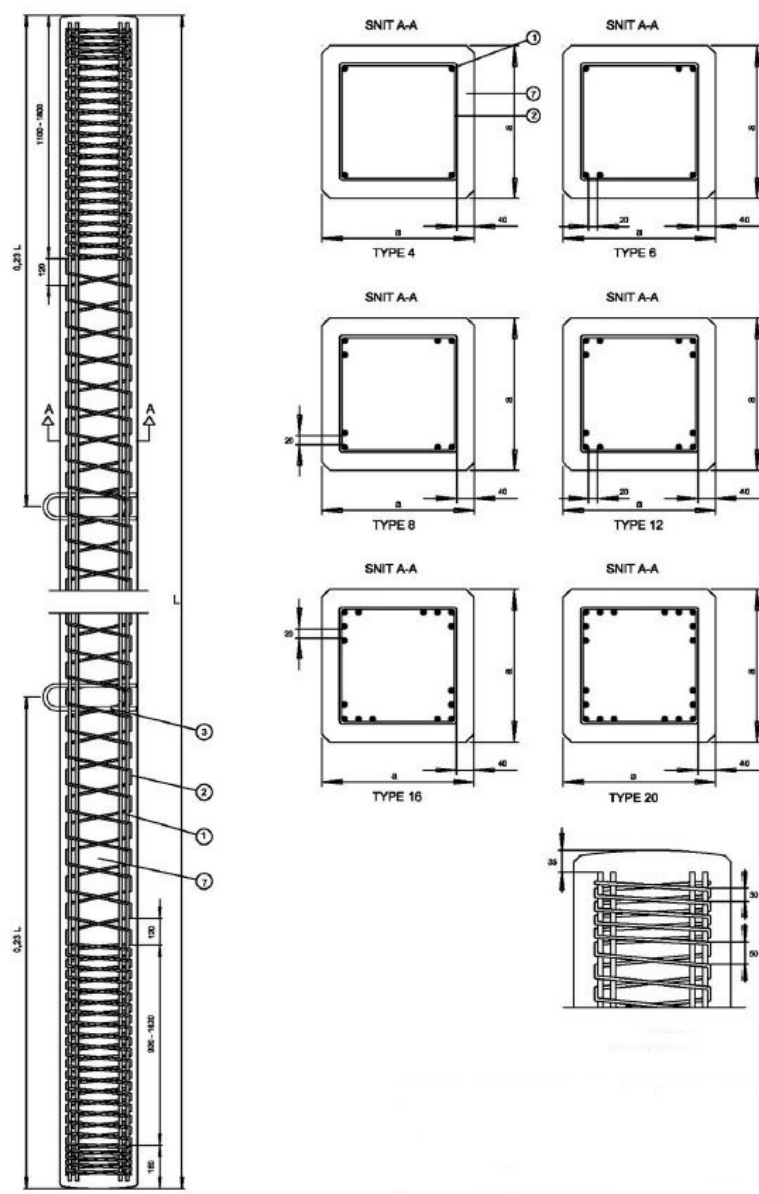


Figura 38 - Dettaglio di configurazioni tipo dell'armatura di pali prefabbricati

La definizione dei moduli da approntare in sito risulta semplificata grazie alla presenza di giunzioni che permettono di comporre pali di lunghezza variabile, in funzione dello sviluppo altimetrico dello strato di fondazione lungo il sito. Il giunto pertanto applica una pretensione ai due segmenti di palo, impedendo l'infiltrazione di acqua e l'ingresso di agenti corrosivi.

Le tipologie di giunto sono strettamente correlate alle dimensioni della sezione ed all'entità delle azioni laterali agenti: giunto con unica cerniera (generalmente per sezioni di lato non maggiore di 300mm), giunto dotato di 4 cerniere, giunto dotato di 8 cerniere.

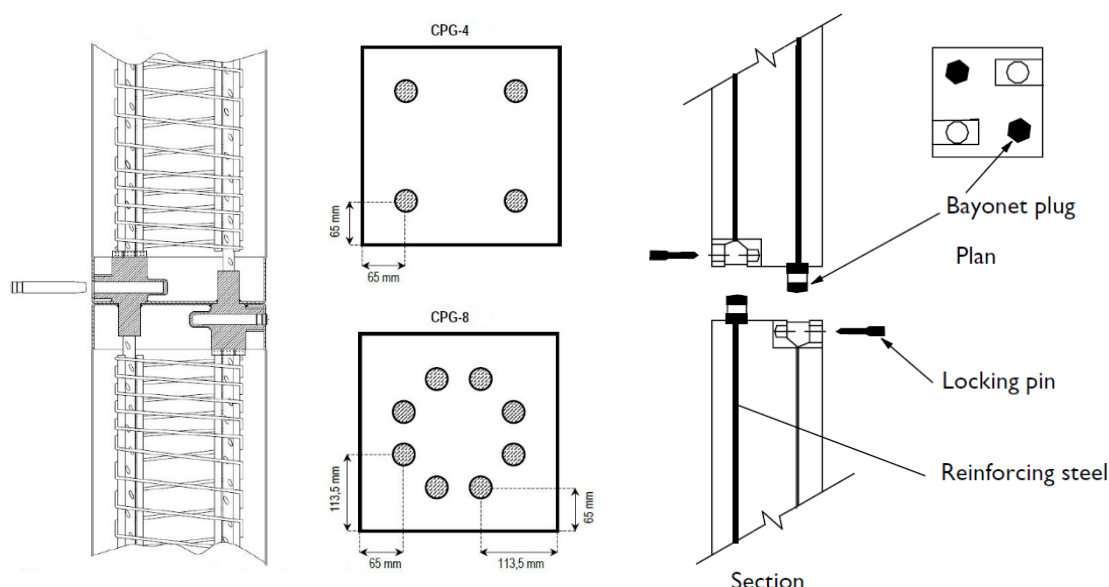


Figura 39 - Dettagli tipici di giunzione a 4 e 8 cerniere



Figura 40: Tipologie di giunto e fasi di installazione.

Ciascun tipo di giunzione risulta in accordo con la classificazione definita dalla EN 12794. La qualità delle giunzioni viene inoltre vagliata mediante una procedura di monitoraggio che include prove di fatica, atte a verificare la risposta del sistema in presenza di carichi dinamici.

#### 4.8.4. Caratteristiche dei materiali dei pali prefabbricati in c.a.

Il processo produttivo risulta in gran parte automatizzato, permettendo lo stoccaggio e la disponibilità di un elevata quantità di pali. Le operazioni di getto risultano del tutto analoghe a quanto usualmente operato nella produzione di travi prefabbricate. Il processo di maturazione del calcestruzzo avviene in apposite camere a condizioni ambientali controllate.

Il calcestruzzo impiegato è di tipo autocompattante (SCC) e le resistenze cilindriche a compressione sono in genere comprese tra 40 e 50 MPa (classi C40/50 e C50/60). Il cemento impiegato per elementi standard appartiene alla classe CEM I 52.5N mentre per elementi speciali può essere impiegata la classe CEM I 42.5R.

Le caratteristiche meccaniche dei materiali ed il processo produttivo risultano conformi alle seguenti normative europee:

EN 1990: 2007;  
EN 1992-1-1: 2005;  
EN 1992-2: 2005;  
EN 1997-1: 2007;  
EN 206-1: 2002;  
EN 13369: 2013;  
EN 12794.

#### **Proprietà meccaniche**

La proprietà meccaniche vengono fornite dal produttore per ciascuna sezione e tipologia di armatura longitudinale secondo diagrammi di interazione M-N e V-N allo SLU e M-N allo SLE.

Di seguito si riportano dei diagrammi M-N e V-N per una alcune sezioni tipiche: 250x250, 350x350 e 450x450mm. Per tutte le sezioni si è considerata una gabbia di armatura costituita da 16 barre Ø12 longitudinali.

Si noti che i diagrammi sono rappresentati in funzione della direzione di applicazione del carico: flessione e taglio paralleli ai lati della sezione (linea continua) e flessione e taglio diagonali alla sezione (linea tratteggiata).

Sezione 250x250mm, 16Ø12

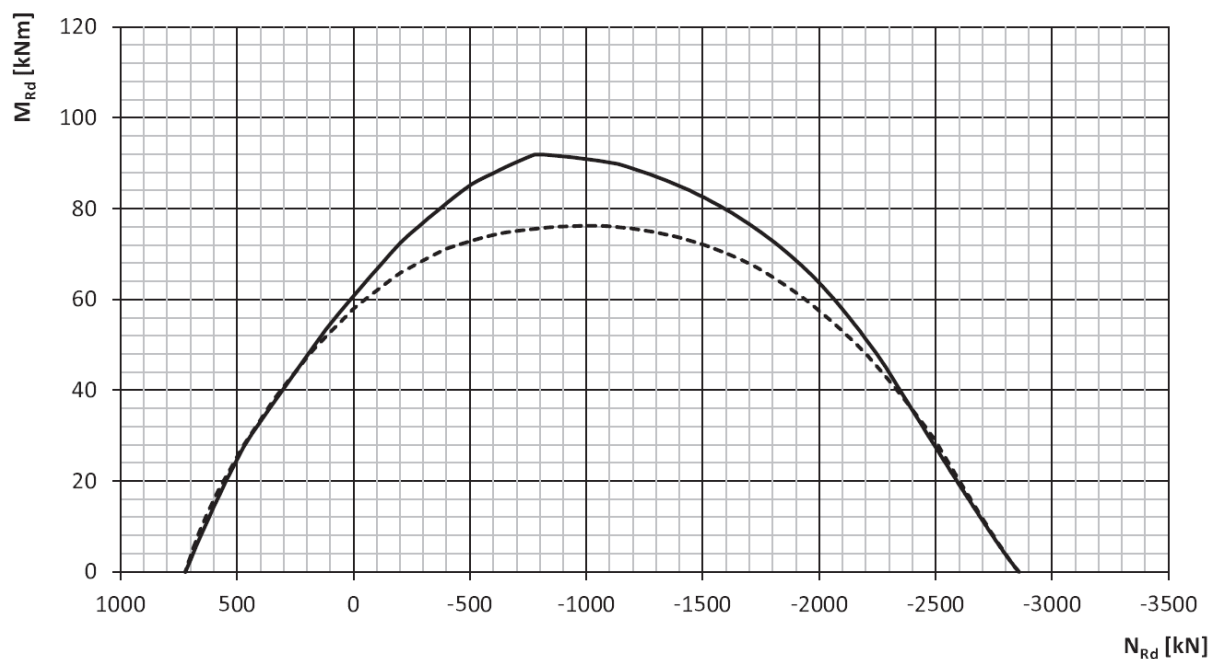


Figura 41 - Diagramma M-N per pali infissi prefabbricati di sezione 250x250mm, 16Ø12.

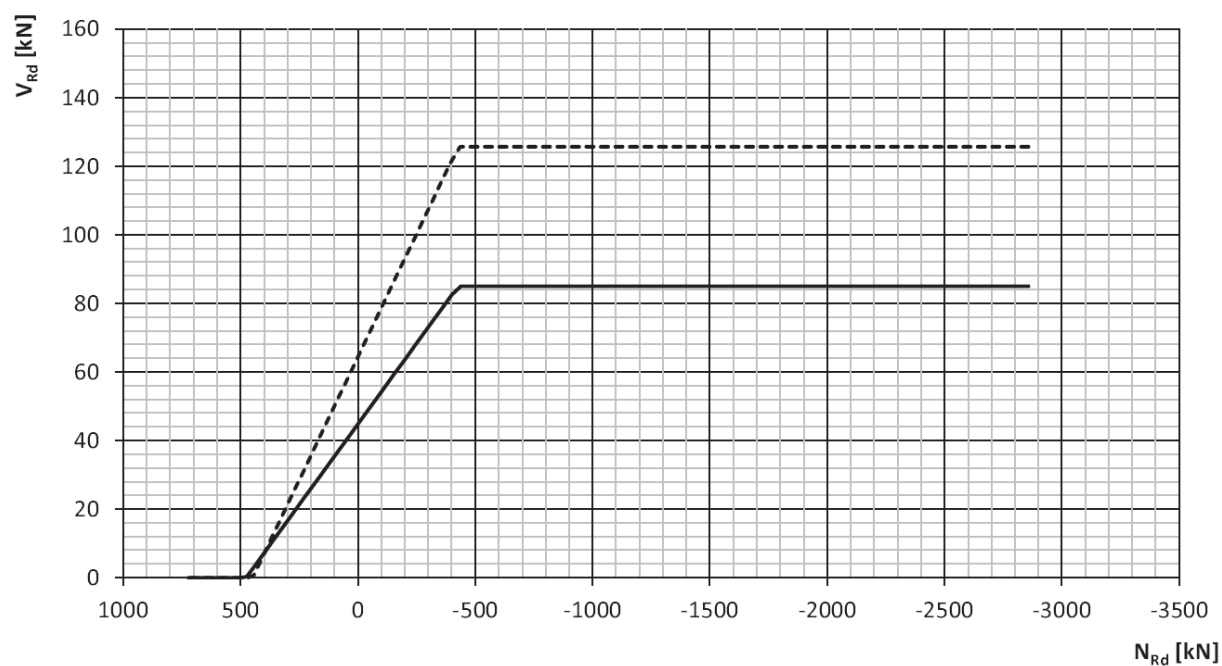


Figura 42 - Diagramma V-N per pali infissi prefabbricati di sezione 250x250mm, 16Ø12.

Sezione 350x350mm, 16Ø12

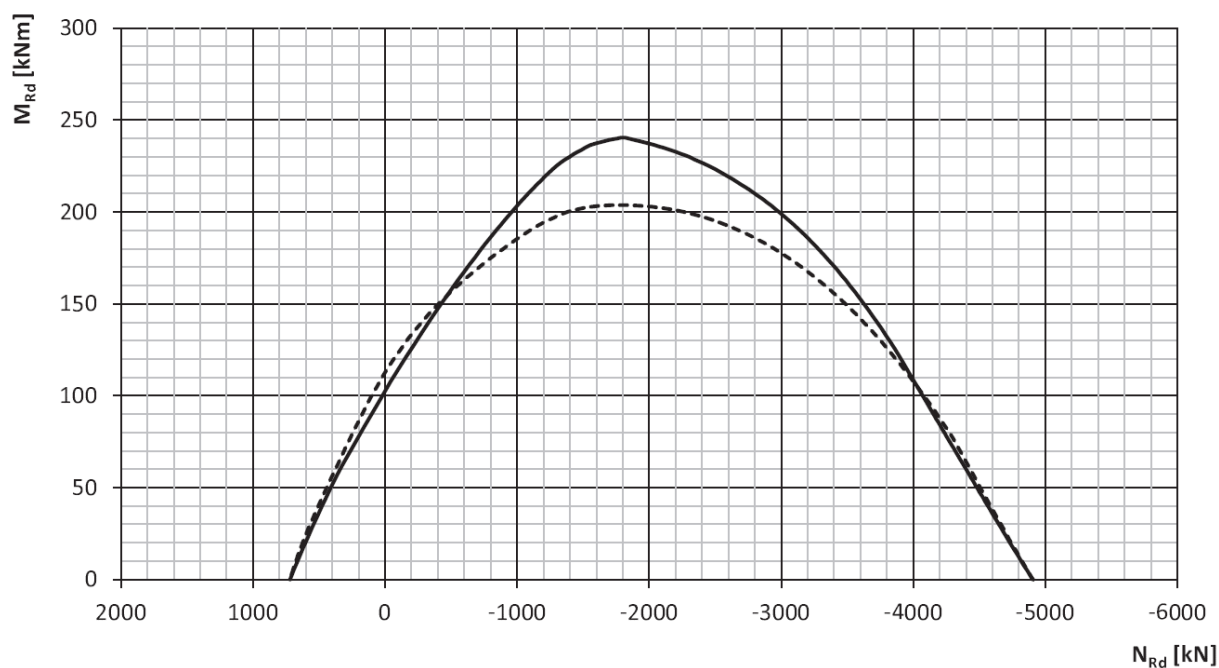


Figura 43 - Diagramma M-N per pali infissi prefabbricati di sezione 350x350mm, 16Ø12.

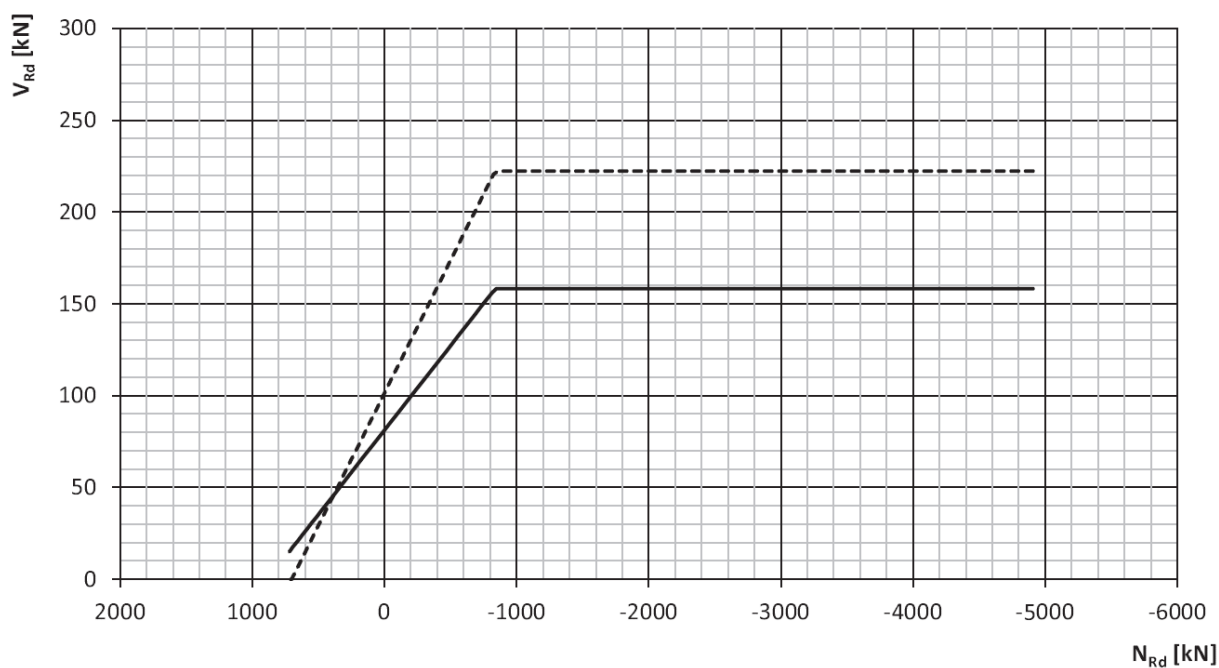


Figura 44 - Diagramma V-N per pali infissi prefabbricati di sezione 350x350mm, 16Ø12.

Sezione 450x450mm, 16Ø12

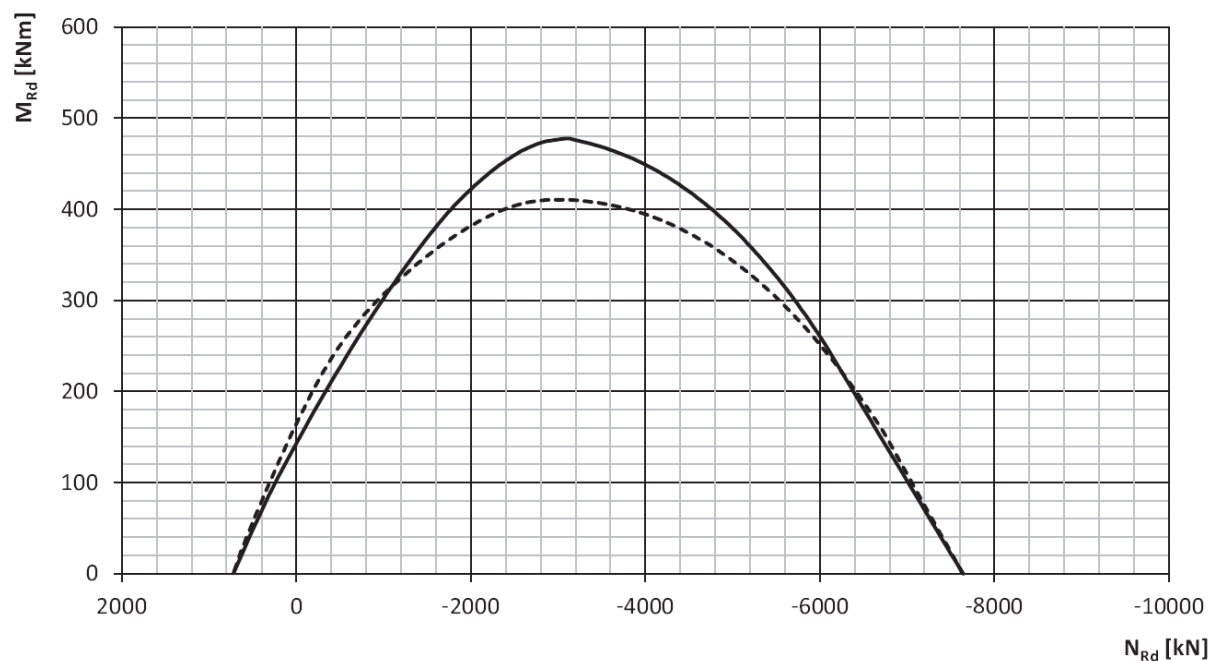


Figura 45 - Diagramma M-N per pali infissi prefabbricati di sezione 450x450mm, 16Ø12.

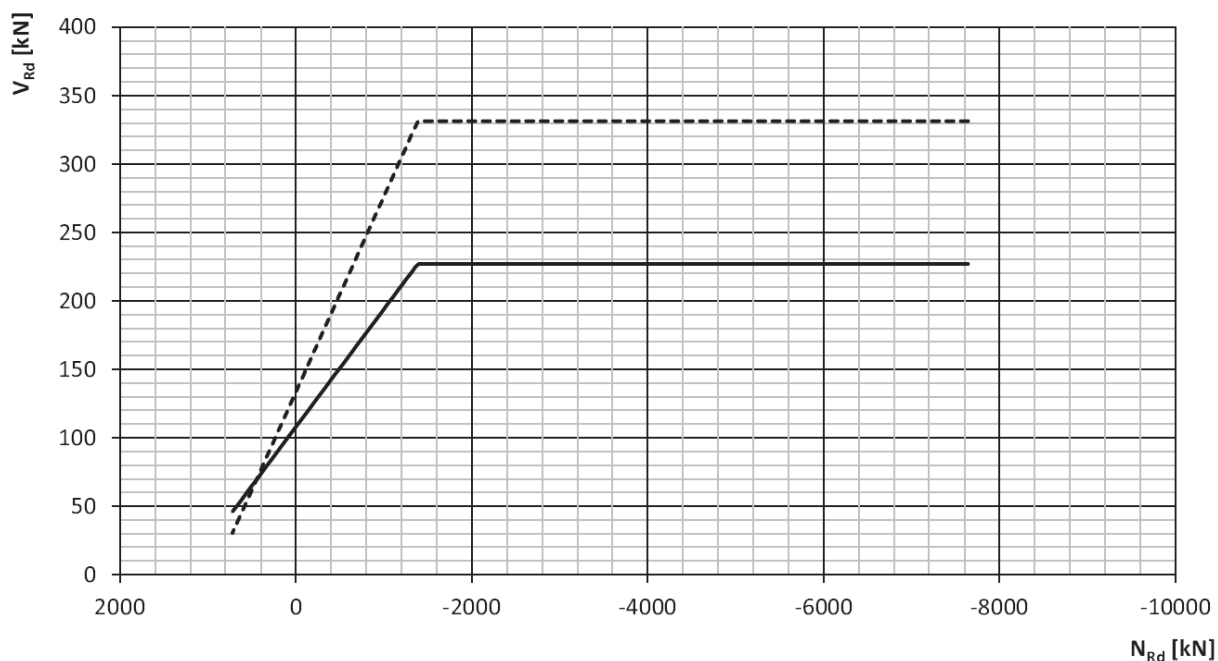


Figura 46 - Diagramma V-N per pali infissi prefabbricati di sezione 450x450mm, 16Ø12.

Di seguito si riportano degli intervalli tipici di resistenza strutturale a compressione e trazione allo SLU relativamente alla sezioni sopra citate, considerando differenti configurazioni di armatura longitudinale.

ID Armatura	NRd+ (kN)
8 Ø12	361
12 Ø12	541
16 Ø12	721
20 Ø12	902

Tabella 26 - Resistenza a trazione allo SLU

NRd- (kN)			
ID Armatura	Sezione hxb (mm)		
	250x250	350x350	450x450
8 Ø12	-2'497	-4'547	*
12 Ø12	-2'677	-4'728	*
16 Ø12	-2'858	-4'908	-7'642
20 Ø12	*	-5'088	-7'823

\*configurazione non disponibile in relazione alla dimensione della sezione o del diametro di armatura longitudinale.

Tabella 27 - Resistenza a compressione allo SLU

#### 4.8.5. Procedura di infissione

L'infissione dei pali avviene per battitura mediante martelli battipalo di tipo automatico. La taratura del peso del martello è fondamentale al fine di evitare danneggiamenti al palo durante l'infissione stessa.

Generalmente il peso del martello battipalo risulta nell'ordine di 2÷3 tonnellate e comunque non inferiore al peso del palo stesso. È buona prassi considerare un infissione di almeno 5 mm per colpo fino al raggiungimento dello strato di fondazione.



Figura 47 - Installazione per battitura di pali prefabbricati.

#### 4.8.6. Vantaggi e svantaggi della tecnologia a pali infissi prefabbricati

I principali vantaggi e svantaggi della tecnologia a pali infissi prefabbricati sono elencati e sintetizzati nel seguito.

##### Vantaggi

- Riduzione dei tempi di installazione, soprattutto alla luce dell'elevato numero di pali lungo il sito;
- Riduzione dei costi per la realizzazione e l'installazione dei pali;
- Controllo della qualità e della conformità del calcestruzzo antecedente all'infissione;
- Nessuna limitazione di forma, dimensione e lunghezza per l'infissione dei pali;
- Maggiore pulizia e minore disturbo del cantiere, riduzione delle attività di supervisione durante le operazioni di installazione;
- Dimensioni contenute delle aree di stoccaggio da predisporre in cantiere.

##### Svantaggi

- Possibile induzione di spostamenti, sollevamenti o disturbo nei terreni durante le fasi di infissione;
- Possibili danneggiamenti alla struttura del palo possono incorrere qualora il sistema di infissione non venga tarato accuratamente;
- Durante le fasi di trasporto, movimentazione e infissione si possono generare degli sforzi aggiuntivi che vanno adeguatamente considerati in sede di definizione della sezione e della tipologia di armatura;
- In terreni caratterizzati da scarsa permeabilità è necessario predisporre procedure specifiche durante le fasi di installazione onde evitare fenomeni che inneschino il sollevamento del terreno o dei pali già installati nelle zone limitrofe.

#### 4.9. Considerazioni progettuali generali conclusive

Come anticipato, in termini generali i risultati mostrati nei paragrafi precedenti dimostrano come la necessità di impiego di fondazioni profonde sia valida per la quasi totalità delle opere.

In aggiunta a quanto riportato all'introduzione del capitolo, il progetto geotecnico delle fasi successive dovrà necessariamente essere sviluppato di concerto con la strategia di giunti strutturali, già preliminarmente definita in questa fase. E' infatti evidente come la definizione dei comparti strutturali debba essere analizzata con particolare attenzione in riferimento ai cedimenti differenziali sia in funzione degli aspetti costruttivi puramente strutturali sia in funzione delle necessità impiantistiche.

In particolare tale problema risulta evidente alle adiacenze degli edifici più alti, si pensi in particolare alle cosiddette "torri", e i loro "podì" e le altre strutture adiacenti.

Ancora una volta la progettazione integrata di tutti questi elementi permetterà di fare una scelta strategica ingegneristica corretta al fine di ottimizzare e rendere fattibile la scelta di tipologia fondazionale, con le esigenze di distribuzione architettonica dei comparti ai quali le fondazioni afferiscono, e con le esigenze di gestione dei cedimenti differenziali, che comunque vi saranno anche in caso di fondazioni profonde, tra le varie strutture adiacenti.

#### 4.10. Soluzioni progettuali preliminari

Le soluzioni progettuali per gli elementi di fondazione adottati nella presente fase vengono riassunti nel seguito. Per i layout di fondazione relativi a ciascun elemento strutturale si rimanda alle sezioni 4.7.1 e 4.8.2.

##### Pilastri

Pali trivellati			
Comparto ID	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Numero pali
Comparto A4	1.0	61	2
Comparto B1	1.0	61	2
Comparto C1	1.0	61	2
Comparto B1 Uffici	1.2	61	2

Tabella 28 – Caratteristiche principali dei layout di pali trivellati adottati per i pilastri.

Pali infissi			
Comparto ID	Sezione (mm)	Lunghezza (m)	Numero pali
Comparto A4	450x450	61	2
Comparto B1	450x450	61	2
Comparto C1	450x450	61	2
Comparto B1 Uffici	450x450	61	6

Tabella 29 – Caratteristiche principali dei layout di pali infissi adottati per i pilastri.

##### Pareti di taglio

Pali trivellati			
Comparto ID	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Numero pali
Comparto A4	1.2	61	8
Comparto C1 Sx	1.2	61	8
Comparto C1 Centrale	1.2	61	8
Comparto C1 Dx	1.2	61	10

Tabella 30 – Caratteristiche principali dei layout di pali trivellati adottati per le pareti di taglio.

#### Nuclei

Pali trivellati			
Comparto ID	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Numero pali
Comparto A4	1.2	61	16
Comparto C1	1.2	61	20

Tabella 31 – Caratteristiche principali dei layout di pali trivellati per i nuclei.

I layout di fondazione riportati nella presente relazione sono funzione degli schemi architettonici e strutturali adottati in sede di progettazione preliminare. Le successive fasi progettuali permetteranno pertanto il raffinamento di tali assunzioni e l'eventuale ottimizzazione delle caratteristiche dimensionali e geometriche del sistema fondazionale.

Si sottolinea inoltre che in questa sede progettuale la caratterizzazione dei pali di fondazione è stata in gran parte focalizzata sulla capacità portante degli stessi e quindi sul loro dimensionamento in condizioni di Stato Limite Ultimo. Nella successiva fase progettuale il comportamento dell'opera di fondazione, ed in particolar modo del gruppo di pali, in condizioni di esercizio verrà indagata e quantificata con maggior dettaglio. A tal fine le prescritte prove di carico su palo rappresenteranno un supporto fondamentale ai fini della stima e della validazione dei cedimenti attesi.

Non si rileva la necessità di particolari interventi di impermeabilizzazione relativi alle sottostrutture, fatta eccezione per i livelli di struttura interrati, data la presenza di una falda superficiale (circa +7 m s.l.m.). Si sottolinea inoltre che data la presenza di terreni di natura coesiva entro i primi 50 m da piano campagna, i fenomeni di rigonfiamento andranno considerati ai fini di un efficace dimensionamento degli elementi strutturali.

Si ritiene rilevante infine menzionare che, a fronte di una parziale e preliminare caratterizzazione geologico-geotecnica disponibile ad oggi, la progettazione degli elementi di fondazione non ha considerato fenomeni che potrebbero incidere significativamente sulle prestazioni di quest'ultime.

Sulla base delle informazioni disponibili, si ritiene necessario caratterizzare nella successiva fase progettuale fenomeni quali l'attrito negativo ed il punzonamento alla base dei pali. Il primo, data la presenza di uno strato di argilla limosa torbosa ad elevato contenuto organico, può influenzare significativamente la capacità portante ed il comportamento in esercizio dei pali di fondazione. Dato inoltre lo spessore ridotto del banco di ghiaia in matrice sabbiosa (Unità "F") e la presenza del sottostante strato di argilla consistente (Unità "G"), fenomeni di punzonamento potrebbero inficiare il pieno trasferimento dei carichi della sovrastruttura allo strato di fondazione.

## **5. Conclusioni**

Per la progettazione preliminare delle fondazioni del comparto si sono considerate le informazioni di inquadramento geologico e geotecnico provenienti dagli studi e dalle indagini dirette in sito effettuate dalla società Geores srl, alle cui relazioni si rimanda per approfondimenti.

Durante l'esecuzione della campagna indagine preliminare, effettuata tra l'aprile e il giugno 2015, i progettisti scriventi hanno fornito integrazioni ed indirizzi al fine di rendere il più possibile coerente fin dalle prime fasi la campagna indagine con le specificità delle opere da progettare. Tale integrazione è risultata possibile nei limiti delle tempistiche di entrambe le attività di progettazione preliminare e di contemporanea effettuazione delle indagini. Le indagini al momento della redazione della presente relazione sono ancora in corso di esecuzione in particolare per il comparto esterno all'area degli edifici. Si ritiene pertanto che le informazioni raccolte durante la campagna indagini di prima fase siano pienamente rispondenti alle esigenze della progettazione preliminare delle opere, laddove naturalmente nelle fasi progettuali successive saranno necessarie ulteriori specifiche informazioni in particolare per le situazioni di maggiore carico indotto, ad esempio per la definizione delle caratteristiche delle fondazioni degli edifici alti.

Alla restituzione dei risultati di tale campagna e del quadro geologico generale fornito, gli scriventi progettisti si sono appoggiati per effettuare considerazioni quantitative sui parametri geotecniche specifiche che tenessero conto della specificità delle opere e della propria sensibilità ed analisi dei dati forniti rispetto alla necessità di effettuare una progettazione preliminare necessariamente deterministica.

Nelle fasi successive della progettazione si andrà a dettagliare maggiormente ciascun singolo progetto, e associato ad esso ciascuna singola stratigrafia geotecnica di progetto, per giungere ad un progetto integrato di dettaglio. In tale fase è fondamentale operare sin da subito una scelta strategica in termini di tecnologie costruttive, che nella presente progettazione preliminare sono ancora presentate in modo aperto al fine di ottimizzare tutti i dettagli di carpenteria associata alla tecnologia costruttiva identificata come la più idonea nel complesso per il sito in esame. La vastità del sito e la specificità di alcuni edifici o opere potrà portare sicuramente alla realizzazione di più tipologie di fondazioni o di più tipologie costruttive.

Infine, a parere degli scriventi, una volta definita la tipologia costruttiva preferenziale, sarebbe opportuno intraprendere delle prove di carico su pali nel sito specifico al fine di verificare il reale comportamento degli stessi o di pali pilota assimilabili a quelli di progetto nel sito specifico o in parti diverse dello stesso quali gli ambiti definiti "A" e "B" introdotti nella relazione geologica di riferimento.

### **5.1. Elaborati di riferimento**

Al fine di una visione completa della presente relazione di veda il progetto completo, con particolare riferimento a:

- Relazione sismica - TDV\_G\_PAR01\_00\_G00000\_PP\_ST\_2000\_AR\_1402\_00
- Relazione Tecnica Strutturale – TDV\_G\_PAR01\_00\_G00000\_PP\_ST\_2000\_AR\_1400\_00
- Pianta delle fondazioni

## 6. Principali riferimenti

Casagrande, A. (1936) "The determination of the pre-consolidation load and its practical significance," Proceedings of the 1st International Soil Mechanics and Foundation Engineering Conference. Cambridge, Massachusetts, pp 60-64.

Janbu, N. (1970) Grunnlag i geoteknikk, Trondheim: Tapir Forlag (In Norwegian).

Lambe, T.W., and R.V. Whitman (1979) Soil Mechanics, New York: John Wiley.

Lunne, T., et al. (1997) Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice: Blackie Academic and Professional, London.

Mayne, P.W. (2007) "Cone Penetration Testing: A Synthesis of Highway Practice, National Cooperative Highway Research Program Synthesis 368." Washington, D.C.: Transport Research Board, National Cooperative Highway Research Program.

Mesri, G., and M. Ajlouni (2007) "Engineering properties of fibrous peats," Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, Vol. 133, No. 7, pp 850-866.

NGI (2015) "Use of shear wave velocity for the characterisation of Norwegian clays." Oslo, Norway: Norwegian Geotechnical Institute (NGI).

Robertson, P. K., et al. (1986) "Use of piezometer cone data," ASCE Speciality Conference In Situ '86: Use of In Situ Tests in Geotechnical Engineering. Blacksburg: American Society of Engineers (ASCE), pp 1263-1280.

Stroud, M.A. (1988) "The standard penetration test: its application and interpretation," Proceedings ICE Conference on Penetration Testing in the UK. University of Birmingham: Thomas Telford, London, pp 29 - 51.

Bowles J. "Foundations"

Nova R. (2002) "Fondamenti di meccanica delle terre"

Tomlinson M.J. (2011) "Foundation design and construction"

## 7. Allegati

### 7.1. Calcolo capacità portante – Pali trivellati

Pile diameter	1 m	Soil unit weight	$\gamma_s$	19 kN/m <sup>3</sup>	Base resistance coefficient
Base area	0.79 m <sup>2</sup>	Unloading due to excavation	$\Delta\sigma_{exc}$	0 kN/m <sup>2</sup>	Undrained
Initial Ground Level	8 m sim	Final pwp at base slab	U final	0 kN/m <sup>2</sup>	Drained
Groundwater Level	7 m sim	Combined change in vert. total stress under slab due to excavation and re-application of water pressure	$\Delta\sigma_{tot}$	0 kN/m <sup>2</sup>	$q_{ult}$ limit for cohesion
Pile head (base slab)	8 m sim				$q_{ult}$ limit for granular soil
Poisson ratio $\nu$	0.5	Pile unit weight (effective)	$\gamma_{eff}$	15 kN/m <sup>3</sup>	$q_{ult}$ limit for cohesion
$\nu/1-\nu$	1				$q_{ult}$ limit for granular soil

[illegible]

ARUP	Job No.	Sheet No.	Rev.
	243670-01		
	Member Location		
	Dirp. Ref.		
	Made by	AP	Date 06/06/2016 Chd.
Job Title	Tor di Valle Podium		
Calculation	Paio trivellato DA1 C1 D=1.0m - Comparto A4		

48.5	-40.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	797	475	322	147	0.67	0	797	475	322	0	0	571	100	157	5052	9600	7540	8684	4210	6872	3998	48.5
49	-41	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	807	480	327	149	0.66	0	807	480	327	0	0	577	100	157	5209	9600	7540	8792	4341	6872	4112	49
49.5	-41.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	817	485	332	151	0.66	0	817	485	332	0	0	583	100	157	5366	9600	7540	8900	4472	6872	4225	49.5
50	-42	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	827	490	337	154	0.65	0	827	490	337	0	0	589	100	157	5523	9600	7540	9009	4602	6872	4339	50
50.5	-42.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	837	495	342	156	0.65	0	837	495	342	0	0	595	100	157	5680	9600	7540	9117	4733	6872	4453	50.5
51	-43	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	847	500	347	158	0.64	0	847	500	347	0	0	601	100	157	5837	9600	7540	9225	4864	6872	4566	51
51.5	-43.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	857	505	352	160	0.64	0	857	505	352	0	0	607	100	157	5994	9600	7540	9334	4995	6872	4680	51.5
52	-44	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	867	510	357	163	0.63	0	867	510	357	0	0	613	100	157	6151	9600	7540	9442	5126	6872	4794	52
52.5	-44.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	877	515	362	165	0.63	0	877	515	362	0	0	619	100	157	6308	9600	7540	9550	5257	6872	4907	52.5
53	-45	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	887	520	367	167	0.62	0	887	520	367	0	0	624	100	157	6465	9600	7540	9659	5388	6872	5021	53
53.5	-45.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	897	525	372	170	0.62	0	897	525	372	0	0	630	100	157	6622	9600	7540	9767	5519	6872	5134	53.5
54	-46	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	907	530	377	172	0.61	0	907	530	377	0	0	636	100	157	6780	9600	7540	9875	5650	6872	5248	54
54.5	-46.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	917	535	382	174	0.61	0	917	535	382	0	0	642	100	157	6937	9600	7540	9984	5781	6872	5362	54.5
55	-47	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	927	540	387	176	0.60	0	927	540	387	0	0	648	100	157	7094	9600	7540	10092	5911	6872	5475	55
55.5	-47.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	937	545	392	179	0.60	0	937	545	392	0	0	654	100	157	7251	9600	7540	10200	6042	6872	5589	55.5
56	-48	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	947	550	397	181	0.59	0	947	550	397	0	0	660	100	157	7408	9600	7540	10309	6173	6872	5703	56
56.5	-48.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	957	555	402	183	0.59	0	957	555	402	0	0	666	100	157	7565	9600	7540	10417	6304	6872	5816	56.5
57	-49	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	967	560	407	185	0.58	0	967	560	407	0	0	672	100	157	7722	9600	7540	10525	6435	6872	5930	57
57.5	-49.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	977	565	412	188	0.58	0	977	565	412	0	0	677	100	157	7879	9600	7540	10634	6566	6872	6044	57.5
58	-50	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	987	570	417	190	0.57	0	987	570	417	0	0	683	100	157	8036	9600	7540	10742	6697	6872	6157	58
58.5	-50.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	998	575	423	162	0.57	0	998	575	423	0	0	689	100	157	8193	9600	7540	10850	6828	6872	6271	58.5
59	-51	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1008	580	428	164	0.56	0	1008	580	428	0	0	695	100	157	8350	9600	7540	10959	6959	6872	6384	59
59.5	-51.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1018	585	433	166	0.56	0	1018	585	433	0	0	701	100	157	8507	9600	7540	11067	7090	6872	6498	59.5
60	-52	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1028	590	438	168	0.55	0	1028	590	438	0	0	707	100	157	8665	9600	7540	11175	7220	6872	6612	60
60.5	-52.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1039	595	444	170	0.55	0	1039	595	444	0	0	713	100	157	8822	9600	7540	11284	7351	6872	6725	60.5
61	-53	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1049	600	449	172	0.54	0	1049	600	449	0	0	719	100	157	8979	9600	7540	11392	7482	6872	6839	61
61.5	-53.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1059	605	454	174	0.54	0	1059	605	454	0	0	725	100	157	9136	9600	7540	11500	7613	6872	6953	61.5
62	-54	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1069	610	459	177	0.53	0	1069	610	459	0	0	730	100	157	9293	9600	7540	11609	7744	6872	7066	62
62.5	-54.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1080	615	465	179	0.53	0	1080	615	465	0	0	736	100	157	9450	9600	7540	11717	7875	6872	7180	62.5
63	-55	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1090	620	470	181	0.52	0	1090	620	470	0	0	742	100	157	9607	9600	7540	11825	8006	6872	7293	63
63.5	-55.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1100	625	475	183	0.52	0	1100	625	475	0	0	748	100	157	9764	9600	7540	11934	8137	6872	7407	63.5
64	-56	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1110	630	480	185	0.51	0	1110	630	480	0	0	754	100	157	9921	9600	7540	12042	8268	6872	7521	64
64.5	-56.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1121	635	486	187	0.51	0	1121	635	486	0	0	760	100	157	10078	9600	7540	12150	8399	6872	7634	64.5
65	-57	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1131	640	491	189	0.50	0	1131	640	491	0	0	766	100	157	10235	9600	7540	12259	8529	6872	7748	65
65.5	-57.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1141	645	496	191	0.00	0	1141	645	496	0	0	772	100	157	10392	9600	7540	12367	8660	6872	7862	65.5
66	-58	C	19	100	0.4		100				1.6	1151	650	501	0.00	0	1151	650	501	0	0	778	40	63	10465	900	707	7788	8713	6872	7910	66	
66.5	-58.5	C	19	100	0.4		100				1.6	1160	655	505	0.00	0	1160	655	505	0	0	783	40	63	10581	900	707	7835	8765	6872	7959	66.5	
67	-59	C	19	100	0.4		100				1.6	1170	660	510	0.00	0	1170	660	510	0	0	789	40	63	10581	900	707	7885	8817	6872	8008	67	

ARUP	Job No.	Sheet No.	Rev.
	243670-01		
	Member Location		
	Drig. Ref.		
	Made by	AP	Date 06/06/2016 Chd.
Job Title	Tor di Valle Podium		
Calculation	Palo trivellato DAL C2 D=3.0m - Comparto A4		

Pile diameter 1 m  
Base area 0.79 m<sup>2</sup>  
Initial Ground Level 8 m slm  
Groundwater Level 7 m slm  
Pile head (base slab) 8 m slm  
Poisson ratio  $\nu'$  0.5  
 $\nu'/1-\nu'$  1

Soil unit weight  
Unloading due to excavation  
Final pwp at base slab  
Combined change in vert. total stress under slab due to excavation and re-application of water pressure  
Pile unit weight (effective)

$\gamma_s$  19 kN/m<sup>3</sup>  
 $\Delta\sigma_{v,exc}$  0 kN/m<sup>2</sup>  
U final 0 kN/m<sup>2</sup>  
 $\Delta\sigma_{v,soil}$  0 kN/m<sup>2</sup>  
 $\gamma_{sub}$  15 kN/m<sup>3</sup>

Base resistance coefficient:  
Undrained  $N_u$  9  
Drained  $N_d$  40  
 $q_u$  limit for cohesive soil 100 kPa  
 $q_u$  limit for granular soil 100 kPa  
 $q_u$  limit for cohesive soil 2000 kPa  
 $q_u$  limit for granular soil 9600 kPa  
Tensione limite c/s 8750 kPa

Design approach  
Pile type NTC 2008 App1 C2 Bored

Partial factors on action:  
Permanent unfavourable actions 1.00  
Permanent favourable actions 1.0  
Variable unfavourable actions 1.3  
Variable favourable actions 0.0  
Uplift 0.9

Partial factors on soil properties:  
Undrained shear strength 1  
Angle of shear resistance 1  
Correlation factors  $k$  from borehole number:  
Number of boreholes 7  
Factor  $\xi$  1.45

Partial resistance factors:  
Base resistance 1.70  
Shaft resistance (compression) 1.45  
Combined shaft and base resistance 1.60  
Shaft resistance in tension 0.0  
Factor to avoid load on base (SLS loads) 1.20

BREVE TERME

Pile length m	Level m slm	Materia Gegranular Ccohesive	$\gamma_s$ kN/m <sup>3</sup>	$C_u$ kPa	$\alpha$ -	$\varphi'$ °	$\delta/\varphi'$ -	K -	$C_u$ fact. kPa	$\varphi'$ fact. °	$\delta'$ °	$\tan\delta'$ -	Ko -	Lateral area m <sup>2</sup>	$\sigma'_s$ initial kN/m <sup>2</sup>	U initial kN/m <sup>2</sup>	$\sigma'_s$ initial kN/m <sup>2</sup>	$\sigma'_s$ initial kN/m <sup>2</sup>	$\sigma'_s$ initial kN/m <sup>2</sup>	Is (vert) -	$\Delta\sigma_{v,exc}$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma'_s$ final kN/m <sup>2</sup>	U final kN/m <sup>2</sup>	$\sigma'_s$ final kN/m <sup>2</sup>	$\Delta u$ kN/m <sup>2</sup>	$\Delta\sigma'_s$ kN/m <sup>2</sup>	Weight pile kN	Shaft resistance		Base Resistance		Compression		Tension		Pile length m		
																												$q_{u,ult}$ kN/m <sup>2</sup>	$\delta q_u$ kN	$Q_{u,k}$ kPa	$Q_{u,k}$ kN	NTC 2008 App1 C2 $q_{u,k}$ kN	SLS (1) Load on base kN	SLS (2) Stress concrete kN	NTC 2008 App1 C2 $q_{u,k}$ kN			
0	8	C	19.5	0	0.6	0			1.6	0	0			1.6	0	0	0		1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6872	0	0	0			
0.5	7.5	C	19.5	60	0.6	0			1.6	379	0			1.00	0	0	10	0	1.00	0	10	0	6	36	57	57	540	424	199	47	6872	30	0.5					
1	7	C	19.5	60	0.6	0			1.6	20	0			1.00	0	20	0	0	1.00	0	20	0	12	36	57	113	540	424	226	94	6872	59	1					
1.5	6.5	C	19.5	60	0.6	0			1.6	29	5	24		0.99	0	29	5	24	0	0.99	0	29	5	24	0	0	18	36	57	170	540	424	253	141	6872	89	1.5	
2	6	C	19.5	60	0.6	0			1.6	39	10	29		0.99	0	39	10	29	0	0.99	0	39	10	24	36	57	226	540	424	280	188	6872	119	2				
2.5	5.5	C	19.5	60	0.6	0			1.6	49	15	34		0.99	0	49	15	34	0	0.99	0	49	15	34	0	0	29	36	57	283	540	424	305	236	6872	148	2.5	
3	5	C	19.5	60	0.6	0			1.6	59	20	39		0.99	0	59	20	39	0	0.99	0	59	20	39	0	0	35	36	57	339	540	424	329	283	6872	178	3	
3.5	4.5	C	19.5	60	0.6	0			1.6	68	25	43		0.98	0	68	25	43	0	0.98	0	68	25	43	0	0	41	36	57	396	540	424	353	330	6872	208	3.5	
4	4	C	19.5	60	0.6	0			1.6	78	30	48		0.98	0	78	30	48	0	0.98	0	78	30	48	0	0	47	36	57	452	540	424	378	377	6872	237	4	
4.5	3.5	C	19.5	60	0.6	0			1.6	88	35	53		0.98	0	88	35	53	0	0.98	0	88	35	53	0	0	53	36	57	509	540	424	402	424	6872	267	4.5	
5	3	C	19.5	60	0.6	0			1.6	98	40	58		0.98	0	98	40	58	0	0.98	0	98	40	58	0	0	59	36	57	565	540	424	427	471	6872	297	5	
5.5	2.5	C	19.5	60	0.6	0			1.6	107	45	62		0.97	0	107	45	62	0	0.97	0	107	45	62	0	0	65	36	57	622	540	424	451	518	6872	326	5.5	
6	2	C	19.5	60	0.6	0			1.6	115	50	68		0.97	0	115	50	68	0	0.97	0	115	50	68	0	0	72	36	57	678	360	283	472	560	6872	353	6	
6.5	1.5	C	19.5	60	0.8	0			1.6	123	55	68		0.97	0	123	55	68	0	0.97	0	123	55	68	0	0	77	32	50	723	360	283	433	602	6872	380	6.5	
7	1	C	19.5	60	0.8	0			1.6	131	60	71		0.97	0	131	60	71	0	0.97	0	131	60	71	0	0	82	32	50	773	360	283	455	644	6872	407	7	
7.5	0.5	C	19.5	60	0.8	0			1.6	139	65	74		0.96	0	139	65	74	0	0.96	0	139	65	74	0	0	88	32	50	823	360	283	477	686	6872	434	7.5	
8	0	C	19.5	60	0.8	0			1.6	147	70	77		0.96	0	147	70	77	0	0.96	0	147	70	77	0	0	90	32	50	873	360	283	498	727	6872	461	8	
8.5	-0.5	C	19.5	60	0.8	0			1.6	155	75	80		0.96	0	155	75	80	0	0.96	0	155	75	80	0	0	100	32	50	924	360	283	520	770	6872	488	8.5	
9	-1	C	19.5	60	0.8	0			1.6	163	80	83		0.96	0	163	80	83	0	0.96	0	163	80	83	0	0	106	32	50	974	360	283	542	812	6872	515	9	
9.5	-1.5	C	19.5	60	0.8	0			1.6	171	85	86		0.95	0	171	85	86	0	0.95	0	171	85	86	0	0	112	32	50	1024	360	283	563	853	6872	542	9.5	
10	-2	C	19.5	60	0.8	0			1.6	179	90	89		0.95	0	179	90	89	0	0.95	0	179	90	89	0	0	118	32	50	1074	360	283	585	895	6872	569	10	
10.5	-2.5	C	19.5	60	0.8	0			1.6	187	95	92		0.95	0	187	95	92	0	0.95	0	187	95	92	0	0	124	32	50	1125	360	283	607	937	6872	596	10.5	
11	-3	C	19.5	60	0.8	0			1.6	195	100	95		0.94	0	195	100	95	0	0.94	0	195	100	95	0	0	130	32	50	1175	360	283	628	979	6872	623	11	
11.5	-3.5	C	19.5	60	0.8	0			1.6	203	105	98		0.94	0	203	105	98	0	0.94	0	203	105	98	0	0	136	32	50	1225	360	283	649	1021	6872	650	11.5	
12	-4	C	19.5	60	0.8	0			1.6	211	110	101		0.93	0	211	110	101	0	0.93	0	211	110	101	0	0	141	32	50	1275	360	283	672	1063	6872	677	12	
12.5	-4.5	C	19.5	60	0.8	0			1.6	219	115	104		0.93	0	219	115	104	0	0.93	0	219	115	104	0	0	147	32	50	1326	360	283	693	1105	6872	704	12.5	
13	-5	C	19.5	60	0.8	0			1.6	227	120	107		0.92	0	227	120	107	0	0.92	0	227	120	107	0	0	153	32	50	1376	360	283	715	1147	6872	731	13	
13.5	-5.5	C	19.5	60	0.8	0			1.6	235	125	110		0.92	0	235	125	110	0	0.92	0	235	125	110	0	0	159	32	50	1426	360	283	737	1189	6872	758	13.5	
14	-6	C	19.5	60	0.8	0			1.6	243	130	113		0.91	0	243	130	113	0	0.91	0	243	130	113	0	0	165	32	50	1477	360	283	758	1230	6872	785	14	
14.5	-6.5	C	19.5	60	0.8	0			1.6	251	135	116		0.91	0	251	135	116	0	0.91	0	251	135	116	0	0	171	32	50	1527	360	283	780	1272	6872	812	14.5	
15	-7	C	19.5	60	0.8	0			1.6	259	140	119		0.90	0	259	140	119	0	0.90	0	259	140	119	0	0	177	32	50	1577	360	283	802	1314	6872	839	15	
15.5	-7.5	C	19.5	60	0.8	0			1.6	267	145	122		0.90	0	267	145	122	0	0.90	0	267	145	122	0	0	183	32	50	1627	360	283	823	1356	6872	866	15.5	
16	-8	C	19.5	60	0.8	0			1.6	275	150	125		0.89	0	275	150	125	0	0.89	0	275	150	125	0	0	188	32	50	1678	360	283	845	1398	6872	893	16	
16.5	-8.5	C	19.5	60	0.8	0			1.6	283	155	128		0.89	0	283	155	128	0	0.89	0	283	155	128	0	0	194	32	50	1728	360	283	867	1440	6872	920	16.5	
17	-9	C	19.5	60	0.8	0			1.6	291	160	131		0.88	0	291	160	131	0	0.88	0	291	160	131	0	0	200	32	50	1778	360	283	889	1482	6872	947	17	
17.5	-9.5	C	19.5	60	0.8	0			1.6	299	165	134		0.88	0	299	165	134	0	0.88	0	299	165	134	0	0	206	32	50	1828	360	283	910	1524	6872	974	17.5	
18	-10	C	19.5	60	0.8	0			1.6	307	170	137		0.87	0	307	170	137	0	0.87	0	307	170	137	0	0	212	32	50	1879	360	283	932	1566	6872	1001	18	
18.5	-10.5	C	19.5	60	0.8	0			1.6	315	175	140		0.87	0	315	175	140	0	0.87	0	315	175	140	0	0	218	32	50	1929	360	283	953	1607	6872	1028	18.5	
19	-11	C	19.5	60	0.8	0																																

ARUP	Job No.	Sheet No.	Rev.
	243670-01		
	Member Location		
	Dirp. Ref.		
Job Title	Tor di Valle Podium		
Calculation	Made by	AP	Date 06/06/2016 Chd.

48.5	-40.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	797	475	322	147	0.67	0	797	475	322	0	0	571	100	157	5052	9600	7540	5427	4210	6872	2692	48.5
49	-41	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	807	480	327	149	0.66	0	807	480	327	0	0	577	100	157	5209	9600	7540	5495	4341	6872	2765	49
49.5	-41.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	817	485	332	151	0.66	0	817	485	332	0	0	583	100	157	5366	9600	7540	5563	4472	6872	2838	49.5
50	-42	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	827	490	337	154	0.65	0	827	490	337	0	0	589	100	157	5523	9600	7540	5630	4602	6872	2911	50
50.5	-42.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	837	495	342	156	0.65	0	837	495	342	0	0	595	100	157	5680	9600	7540	5698	4733	6872	2984	50.5
51	-43	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	847	500	347	158	0.64	0	847	500	347	0	0	601	100	157	5837	9600	7540	5766	4864	6872	3057	51
51.5	-43.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	857	505	352	160	0.64	0	857	505	352	0	0	607	100	157	5994	9600	7540	5834	4995	6872	3130	51.5
52	-44	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	867	510	357	163	0.63	0	867	510	357	0	0	613	100	157	6151	9600	7540	5901	5126	6872	3203	52
52.5	-44.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	877	515	362	165	0.63	0	877	515	362	0	0	619	100	157	6308	9600	7540	5969	5257	6872	3276	52.5
53	-45	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	887	520	367	167	0.62	0	887	520	367	0	0	624	100	157	6465	9600	7540	6037	5388	6872	3349	53
53.5	-45.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	897	525	372	170	0.62	0	897	525	372	0	0	630	100	157	6622	9600	7540	6104	5519	6872	3422	53.5
54	-46	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	907	530	377	172	0.61	0	907	530	377	0	0	636	100	157	6780	9600	7540	6172	5650	6872	3495	54
54.5	-46.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	917	535	382	174	0.61	0	917	535	382	0	0	642	100	157	6937	9600	7540	6240	5781	6872	3568	54.5
55	-47	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	927	540	387	176	0.60	0	927	540	387	0	0	648	100	157	7094	9600	7540	6308	5911	6872	3641	55
55.5	-47.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	937	545	392	179	0.60	0	937	545	392	0	0	654	100	157	7251	9600	7540	6375	6042	6872	3714	55.5
56	-48	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	947	550	397	181	0.59	0	947	550	397	0	0	660	100	157	7408	9600	7540	6443	6173	6872	3787	56
56.5	-48.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	957	555	402	183	0.59	0	957	555	402	0	0	666	100	157	7565	9600	7540	6511	6304	6872	3860	56.5
57	-49	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	967	560	407	185	0.58	0	967	560	407	0	0	672	100	157	7722	9600	7540	6578	6435	6872	3933	57
57.5	-49.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	977	565	412	188	0.58	0	977	565	412	0	0	677	100	157	7879	9600	7540	6646	6566	6872	4006	57.5
58	-50	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	987	570	417	190	0.57	0	987	570	417	0	0	683	100	157	8036	9600	7540	6714	6697	6872	4079	58
58.5	-50.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	998	575	423	162	0.57	0	998	575	423	0	0	689	100	157	8193	9600	7540	6782	6828	6872	4152	58.5
59	-51	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1008	580	428	164	0.56	0	1008	580	428	0	0	695	100	157	8350	9600	7540	6849	6959	6872	4225	59
59.5	-51.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1018	585	433	166	0.56	0	1018	585	433	0	0	701	100	157	8507	9600	7540	6917	7090	6872	4298	59.5
60	-52	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1028	590	438	168	0.55	0	1028	590	438	0	0	707	100	157	8665	9600	7540	6985	7220	6872	4371	60
60.5	-52.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1039	595	444	170	0.55	0	1039	595	444	0	0	713	100	157	8822	9600	7540	7052	7351	6872	4444	60.5
61	-53	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1049	600	449	172	0.54	0	1049	600	449	0	0	719	100	157	8979	9600	7540	7120	7462	6872	4517	61
61.5	-53.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1059	605	454	174	0.54	0	1059	605	454	0	0	725	100	157	9136	9600	7540	7188	7513	6872	4590	61.5
62	-54	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1069	610	459	177	0.53	0	1069	610	459	0	0	730	100	157	9293	9600	7540	7255	7744	6872	4663	62
62.5	-54.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1080	615	465	179	0.53	0	1080	615	465	0	0	736	100	157	9450	9600	7540	7323	7875	6872	4736	62.5
63	-55	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1090	620	470	181	0.52	0	1090	620	470	0	0	742	100	157	9607	9600	7540	7391	8006	6872	4809	63
63.5	-55.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1100	625	475	183	0.52	0	1100	625	475	0	0	748	100	157	9764	9600	7540	7459	8137	6872	4882	63.5
64	-56	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1110	630	480	185	0.51	0	1110	630	480	0	0	754	100	157	9921	9600	7540	7526	8268	6872	4955	64
64.5	-56.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1121	635	486	187	0.51	0	1121	635	486	0	0	760	100	157	10078	9600	7540	7594	8399	6872	5028	64.5
65	-57	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1131	640	491	189	0.50	0	1131	640	491	0	0	766	100	157	10235	9600	7540	7662	8529	6872	5101	65
65.5	-57.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1141	645	496	191	0.00	0	1141	645	496	0	0	772	100	157	10392	9600	7540	7729	8660	6872	5174	65.5
66	-58	C	19	100	0.4						1.6	1151	650	501		0.00	0	1151	650	501	0	0	778	40	63	10455	900	707	4811	8713	6872	5206	66
66.5	-58.5	C	19	100	0.4						1.6	1160	655	505		0.00	0	1160	655	505	0	0	783	40	63	10518	900	707	4838	8765	6872	5239	66.5
67	-59	C	19	100	0.4						1.6	1170	660	510		0.00	0	1170	660	510	0	0	789	40	63	10581	900	707	4865	8817	6872	5271	67

Job Title	Tor di Valle Podium	
Calculation	Palo trivellato DA1 C1 D=1.0m - Comparto B1+C1	

Job No.	243670-01	Sheet No.		Rev.	
Member Location					
Dwg. Ref.					
Made by	AP	Date	06/06/2016	Chk.	

Pile diameter 1 m  
Base area 0.79 m<sup>2</sup>  
Initial Ground Level 8 m slm  
Groundwater Level 8 m slm  
Pile head (base slab) 8 m slm  
Poisson ratio  $\nu'$  0.5  
 $\nu'/1-\nu'$  1

Soil unit weight  
Unloading due to excavation  
Final pwp at base slab  
Combined change in vert. total stress under slab due to excavation and re-application of water pressure  
Pile unit weight (effective)

$\gamma_{exc}$  19 kN/m<sup>3</sup>  
 $\Delta\sigma_{exc}$  0 kN/m<sup>2</sup>  
U final 0 kN/m<sup>2</sup>  
 $\Delta\sigma_{tot}$  0 kN/m<sup>2</sup>  
 $\gamma_{sub}$  15 kN/m<sup>3</sup>

Base resistance coefficient:  
Undrained  $N_u$  9  
Drained  $N_k$  40  
 $q_u$  limit for cohesive soil 100 kPa  
 $q_u$  limit for granular soil 100 kPa  
 $q_u$  limit for cohesive soil 2000 kPa  
 $q_u$  limit for granular soil 9600 kPa  
Tensione limite  $c_{ls}$  8750 kPa

Design approach NTC 2008 App1 C1  
Pile type Bored

Partial factors on action:  
Permanent unfavourable actions 1.30  
Permanent unfavourable actions 1.0  
Variable unfavourable actions 1.5  
Variable favourable actions 0.9  
Uplift 0.9

Partial factors on soil properties:  
Undrained shear strength 1  
Angle of shear resistance 1  
Correlation factors  $k$  from borehole number:  
Number of boreholes 7  
Factor  $\xi$  1.45

Partial resistance factors:  
Base resistance 1.00  
Shaft resistance (compression) 1.00  
Combined shaft and base resistance 1.00  
Shaft resistance in tension 0.0  
Factor to avoid load on base (SLS loads) 1.20

BREVE TERME

Pile length m	Level m slm	Materia Granular Cohesive	$\gamma_{soil}$ kN/m <sup>3</sup>	$c_u$ kPa	$\alpha$ -	$\varphi'$ °	$\delta/\varphi'$ -	K -	$c_u'$ fact. kPa	$\delta'$ °	$\tan\delta'$ -	Ko	Lateral area m <sup>2</sup>	$\sigma_v'$ initial kN/m <sup>2</sup>	U initial kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_v'$ initial kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_v'$ initial = $\sigma_v' + k_u$ kN/m <sup>2</sup>	Is (vert) -	$\Delta\sigma_v$ = $\sigma_v' - \sigma_{v0}'$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_v'$ final = $\sigma_{v0}' + \Delta\sigma_v$ kN/m <sup>2</sup>	U final kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_v'$ final = $\sigma_{v0}' + \Delta\sigma_v$ kN/m <sup>2</sup>	$\Delta u$ = $U_{final} - U_{initial}$ kN/m <sup>2</sup>	$\Delta\sigma_v'$ = $\sigma_v' - \sigma_v'$ kN/m <sup>2</sup>	Weight pile kN	Shaft resistance		Base Resistance		Compression		Tension		Pile length m		
																										$q_{u,lim}$ = $\tan\delta' \sigma_v' + c_u'$ kN/m <sup>2</sup>	$\delta q_u$ kN	$Q_{u,lim}(\delta q_u)$ kN	$Q_{u,lim}$ kPa	$Q_u$ kN	NTC 2008 App1 C1 $q_{u,lim}$ kN	SLS (1) $Q_{s1,2}$ Load on base kN	SLS (2) $Q_{s1,2}$ Stress concrete kN		NTC 2008 App1 C1 $q_{u,lim}$ kN	
0	8	C	19.5	0	0.6				0				1.6	0	0	0		1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6872	0	0	0		
0.5	7.5	C	19.5	60	0.6				60				1.6	15	0	0	1.00	0	1.00	0	10	0	10	0	0	6	36	57	57	540	424	331	47	6872	44	0.5
1	7	C	19.5	60	0.6				60				1.6	20	0	20		1.00	0	20	0	20	0	12	36	57	113	540	424	370	94	6872	89	1		
1.5	6.5	C	19.5	60	0.6				60				1.6	29	5	24	0.99	0	29	5	24	0	24	0	18	36	57	170	540	424	409	141	6872	133	1.5	
2	6	C	19.5	60	0.6				60				1.6	39	10	29	0.99	0	39	10	29	0	29	0	24	36	57	226	540	424	448	188	6872	177	2	
2.5	5.5	C	19.5	60	0.6				60				1.6	49	15	34	0.99	0	49	15	34	0	34	0	29	36	57	283	540	424	487	236	6872	222	2.5	
3	5	C	19.5	60	0.6				60				1.6	59	20	39	0.99	0	59	20	39	0	39	0	35	36	57	339	540	424	526	283	6872	266	3	
3.5	4.5	C	19.5	60	0.6				60				1.6	68	25	43	0.98	0	68	25	43	0	43	0	41	36	57	396	540	424	565	330	6872	310	3.5	
4	4	C	19.5	60	0.6				60				1.6	78	30	48	0.98	0	78	30	48	0	48	0	47	36	57	452	540	424	604	377	6872	354	4	
4.5	3.5	C	19.5	60	0.6				60				1.6	88	35	53	0.98	0	88	35	53	0	53	0	53	36	57	509	540	424	643	424	6872	399	4.5	
5	3	C	19.5	60	0.6				60				1.6	98	40	58	0.98	0	98	40	58	0	58	0	59	36	57	565	540	424	682	471	6872	443	5	
5.5	2.5	C	19.5	60	0.6				60				1.6	107	45	62	0.97	0	107	45	62	0	62	0	65	36	57	622	540	424	721	518	6872	487	5.5	
6	2	C	19.5	60	0.6				60				1.6	115	50	65	0.97	0	115	50	65	0	65	0	70	36	57	679	540	424	760	569	6872	527	6	
6.5	1.5	C	19.5	60	0.8				40				1.6	123	55	68	0.97	0	123	55	68	0	68	0	77	32	50	723	360	283	693	602	6872	567	6.5	
7	1	C	19.5	60	0.8				40				1.6	131	60	71	0.97	0	131	60	71	0	71	0	82	32	50	773	360	283	728	644	6872	607	7	
7.5	0.5	C	19.5	60	0.8				40				1.6	139	65	74	0.96	0	139	65	74	0	74	0	88	32	50	823	360	283	763	686	6872	647	7.5	
8	0	C	19.5	60	0.8				40				1.6	147	70	77	0.96	0	147	70	77	0	77	0	100	32	50	873	360	283	803	728	6872	687	8	
8.5	-0.5	C	19.5	60	0.8				40				1.6	155	75	80	0.96	0	155	75	80	0	80	0	100	32	50	924	360	283	832	770	6872	727	8.5	
9	-1	C	19.5	60	0.8				40				1.6	163	80	83	0.96	0	163	80	83	0	83	0	106	32	50	974	360	283	867	812	6872	767	9	
9.5	-1.5	C	19.5	60	0.8				40				1.6	171	85	86	0.95	0	171	85	86	0	86	0	112	32	50	1024	360	283	901	853	6872	807	9.5	
10	-2	C	19.5	60	0.8				40				1.6	179	90	89	0.95	0	179	90	89	0	89	0	118	32	50	1074	360	283	936	896	6872	847	10	
10.5	-2.5	C	19.5	60	0.8				40				1.6	187	95	92	0.95	0	187	95	92	0	92	0	124	32	50	1125	360	283	971	937	6872	887	10.5	
11	-3	C	19.5	60	0.8				40				1.6	195	100	95	0.94	0	195	100	95	0	95	0	130	32	50	1175	360	283	1005	979	6872	927	11	
11.5	-3.5	C	19.5	60	0.8				40				1.6	203	105	98	0.94	0	203	105	98	0	98	0	136	32	50	1225	360	283	1039	1020	6872	967	11.5	
12	-4	C	19.5	60	0.8				40				1.6	211	110	101	0.93	0	211	110	101	0	101	0	141	32	50	1275	360	283	1075	1063	6872	1007	12	
12.5	-4.5	C	19.5	60	0.8				40				1.6	219	115	104	0.93	0	219	115	104	0	104	0	147	32	50	1326	360	283	1109	1105	6872	1047	12.5	
13	-5	C	19.5	60	0.8				40				1.6	227	120	107	0.92	0	227	120	107	0	107	0	153	32	50	1376	360	283	1144	1147	6872	1087	13	
13.5	-5.5	C	19.5	60	0.8				40				1.6	235	125	110	0.92	0	235	125	110	0	110	0	159	32	50	1427	360	283	1179	1179	6872	1127	13.5	
14	-6	C	19.5	60	0.8				40				1.6	243	130	113	0.91	0	243	130	113	0	113	0	165	32	50	1477	360	283	1213	1230	6872	1167	14	
14.5	-6.5	C	19.5	60	0.8				40				1.6	251	135	116	0.91	0	251	135	116	0	116	0	171	32	50	1527	360	283	1248	1272	6872	1207	14.5	
15	-7	C	19.5	60	0.8				40				1.6	259	140	119	0.90	0	259	140	119	0	119	0	177	32	50	1577	360	283	1283	1314	6872	1247	15	
15.5	-7.5	C	19.5	60	0.8				40				1.6	267	145	122	0.90	0	267	145	122	0	122	0	183	32	50	1627	360	283	1317	1356	6872	1287	15.5	
16	-8	C	19.5	60	0.8				40				1.6	275	150	125	0.89	0	275	150	125	0	125	0	188	32	50	1678	360	283	1352	1398	6872	1327	16	
16.5	-8.5	C	19.5	60	0.8				40				1.6	283	155	128	0.89	0	283	155	128	0	128	0	194	32	50	1728	360	283	1387	1440	6872	1367	16.5	
17	-9	C	19.5	60	0.8				40				1.6	291	160	131	0.88	0	291	160	131	0	131	0	200	32	50	1779	360	283	1421	1482	6872	1407	17	
17.5	-9.5	C	19.5	60	0.8				40				1.6	299	165	134	0.88	0	299	165	134	0	134	0	206	32	50	1828	360	283	1456	1524	6872	1447	17.5	
18	-10	C	19.5	60	0.8				40				1.6	307	170	137	0.87	0	307	170	137	0	137	0	212	32	50	1879	360	283	1491	1566	6872	1486	18	
18.5	-10.5	C	19.5	60	0.8				40				1.6	315	175	140	0.87	0	315	175	140	0	140	0	218	32	50	1929	360	283	1525	1607	6872	1526	18.5	
19	-11	C	19.5	60	0.8				40				1.6	323	180	143	0.86	0	323	180	143	0	143	0	224	32	50	1979	360	283	1560	1649	6872	1567	19	
19.5	-11.5	C	19.5	60	0.8				40				1.6	331	185	146	0.86	0	331	185	146	0	146	0	230	32	50	2029	360	283	1595	1691	6872	1606	19.5	
20	-12	C	19.5	60	0.8				40				1.6	339	190	149	0.85	0	339	190	149	0	149	0	236	32	50	2080	360	283	1629	1733	6872	1646	20	
20.5	-12.5	C	19.5	60	0.8				40				1.6	347	195	152	0.85	0	347	195	152	0	152	0	242	32	50	2130	360	283	1664	1775	6872	1686	20.5	
21	-13	C	19.5	60	0.8				40				1.6																							

ARUP	Job No.	Sheet No.	Rev.
	243670-01		
	Member/Location		
	Dirg. Ref.		
	Made by	AP	Date 06/06/2016 Chd.
Job Title	Tor di Valle Podium		
Calculation	Paio trivellato DA1 C1 D=1.0m - Comparto B1+C1		

48.5	-40.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	877	475	402	183	0.67	0	877	475	402	0	0	571	100	157	9180	9600	7540	11531	7650	6872	6845	48.5
49	-41	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	887	480	407	185	0.66	0	887	480	407	0	0	577	100	157	9337	9600	7540	11639	7781	6872	6959	49
49.5	-41.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	897	485	412	188	0.66	0	897	485	412	0	0	583	100	157	9494	9600	7540	11747	7912	6872	7072	49.5
50	-42	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	907	490	417	190	0.65	0	907	490	417	0	0	589	100	157	9651	9600	7540	11856	8043	6872	7186	50
50.5	-42.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	917	495	422	192	0.65	0	917	495	422	0	0	595	100	157	9808	9600	7540	11964	8173	6872	7300	50.5
51	-43	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	927	500	427	195	0.64	0	927	500	427	0	0	601	100	157	9965	9600	7540	12072	8304	6872	7413	51
51.5	-43.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	937	505	432	197	0.64	0	937	505	432	0	0	607	100	157	10122	9600	7540	12181	8435	6872	7527	51.5
52	-44	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	947	510	437	199	0.63	0	947	510	437	0	0	613	100	157	10279	9600	7540	12289	8566	6872	7641	52
52.5	-44.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	957	515	442	201	0.63	0	957	515	442	0	0	619	100	157	10436	9600	7540	12397	8697	6872	7754	52.5
53	-45	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	967	520	447	204	0.62	0	967	520	447	0	0	624	100	157	10594	9600	7540	12506	8828	6872	7868	53
53.5	-45.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	977	525	452	206	0.62	0	977	525	452	0	0	630	100	157	10751	9600	7540	12614	8959	6872	7981	53.5
54	-46	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	987	530	457	208	0.61	0	987	530	457	0	0	636	100	157	10908	9600	7540	12722	9090	6872	8095	54
54.5	-46.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	997	535	462	210	0.61	0	997	535	462	0	0	642	100	157	11065	9600	7540	12831	9221	6872	8209	54.5
55	-47	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	1007	540	467	213	0.60	0	1007	540	467	0	0	648	100	157	11222	9600	7540	12939	9352	6872	8322	55
55.5	-47.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	1017	545	472	215	0.60	0	1017	545	472	0	0	654	100	157	11379	9600	7540	13047	9462	6872	8436	55.5
56	-48	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	1027	550	477	217	0.59	0	1027	550	477	0	0	660	100	157	11536	9600	7540	13156	9613	6872	8550	56
56.5	-48.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	1037	555	482	220	0.59	0	1037	555	482	0	0	666	100	157	11693	9600	7540	13264	9744	6872	8663	56.5
57	-49	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	1047	560	487	222	0.58	0	1047	560	487	0	0	672	100	157	11850	9600	7540	13372	9875	6872	8777	57
57.5	-49.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	1057	565	492	224	0.58	0	1057	565	492	0	0	677	100	157	12007	9600	7540	13481	10006	6872	8891	57.5
58	-50	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	1067	570	497	226	0.57	0	1067	570	497	0	0	683	100	157	12164	9600	7540	13589	10137	6872	9004	58
58.5	-50.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1078	575	503	193	0.57	0	1078	575	503	0	0	689	100	157	12321	9600	7540	13697	10268	6872	9118	58.5
59	-51	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1088	580	508	195	0.56	0	1088	580	508	0	0	695	100	157	12478	9600	7540	13806	10399	6872	9231	59
59.5	-51.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1098	585	513	197	0.56	0	1098	585	513	0	0	701	100	157	12636	9600	7540	13914	10530	6872	9345	59.5
60	-52	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1108	590	518	199	0.55	0	1108	590	518	0	0	707	100	157	12793	9600	7540	14022	10661	6872	9459	60
60.5	-52.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1119	595	524	201	0.55	0	1119	595	524	0	0	713	100	157	12950	9600	7540	14131	10791	6872	9572	60.5
61	-53	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1129	600	529	203	0.54	0	1129	600	529	0	0	719	100	157	13107	9600	7540	14239	10922	6872	9686	61
61.5	-53.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1139	605	534	205	0.54	0	1139	605	534	0	0	725	100	157	13264	9600	7540	14347	11053	6872	9800	61.5
62	-54	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1149	610	539	207	0.53	0	1149	610	539	0	0	730	100	157	13421	9600	7540	14456	11184	6872	9913	62
62.5	-54.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1160	615	545	209	0.53	0	1160	615	545	0	0	736	100	157	13578	9600	7540	14564	11315	6872	10027	62.5
63	-55	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1170	620	550	211	0.52	0	1170	620	550	0	0	742	100	157	13735	9600	7540	14672	11446	6872	10140	63
63.5	-55.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1180	625	555	213	0.52	0	1180	625	555	0	0	748	100	157	13892	9600	7540	14781	11577	6872	10254	63.5
64	-56	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1190	630	560	215	0.51	0	1190	630	560	0	0	754	100	157	14049	9600	7540	14889	11708	6872	10368	64
64.5	-56.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1201	635	566	217	0.51	0	1201	635	566	0	0	760	100	157	14206	9600	7540	14997	11839	6872	10481	64.5
65	-57	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1211	640	571	219	0.50	0	1211	640	571	0	0	766	100	157	14363	9600	7540	15106	11970	6872	10595	65
65.5	-57.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1221	645	576	221	0.00	0	1221	645	576	0	0	772	100	157	14521	9600	7540	15214	12100	6872	10709	65.5
66	-58	C	19	100	0.4						1.6	1231	650	581		0.00	0	1231	650	581	0	0	778	40	63	14583	900	707	10545	12153	6872	10757	66
66.5	-58.5	C	19	100	0.4						1.6	1240	655	585		0.00	0	1240	655	585	0	0	783	40	63	14646	900	707	10588	12205	6872	10806	66.5
67	-59	C	19	100	0.4						1.6	1250	660	590		0.00	0	1250	660	590	0	0	789	40	63	14709	900	707	10632	12256	6872	10855	67

ARUP	Job No.	243670-01	Sheet No.		Rev.	
	Member Location					
	Job Title	Tor di Valle Podium				
	Calculation	Palo trivellato DAI C2 D=3.0m - Comparto B1-C1				
	Drg. Ref.					
	Made by	AP	Date	06/06/2016	Chd.	

Pile diameter 1 m  
Base area 0.79 m<sup>2</sup>  
Initial Ground Level 8 m sim  
Groundwater Level 8 m sim  
Pile head (base slab) 7 m sim  
Poisson ratio  $\nu'$  0.5  
 $\nu'/1-\nu'$  1

Soil unit weight  
Unloading due to excavation  
Final pwp at base slab  
Combined change in vol. total stress under slab due to excavation and re-application of water pressure  
Pile unit weight (effective)

$\gamma_{exc}$  19 kN/m<sup>3</sup>  
 $\Delta\sigma_{exc}$  0 kN/m<sup>2</sup>  
 $U$  final 0 kN/m<sup>2</sup>  
 $\Delta\sigma_{tot}$  0 kN/m<sup>2</sup>  
 $\gamma_{sub}$  15 kN/m<sup>3</sup>

Base resistance coefficient:  
Undrained  $N_u$  9  
Drained  $N_d$  40  
 $q_u$  limit for cohesive soil 100 kPa  
 $q_u$  limit for granular soil 100 kPa  
 $q_u$  limit for cohesive soil 2000 kPa  
 $q_u$  limit for granular soil 9600 kPa  
Tension limits  $c/s$  8750 kPa

Design approach  
Pile type NTC 2008 App1 C2 Bored

Partial factors on action:  
Permanent unfavourable actions 1.00  
Permanent favourable actions 1.0  
Variable unfavourable actions 1.3  
Variable favourable actions 0.9  
Uplift 0.9

Partial factors on soil properties:  
Undrained shear strength 1  
Angle of shear resistance 1  
Correlation factors  $k$  from borehole number:  
Number of boreholes 7  
Factor  $\xi$  1.45

Partial resistance factors:  
Base resistance 1.70  
Shaft resistance (compression) 1.45  
Combined shaft and base resistance 1.60  
Shaft resistance in tension 0.0  
Factor to avoid load on base (SLS loads) 1.20

BREVE TERME

Pile length m	Level m sim	Materia Granular C-cohesive	$\gamma_u$ kN/m <sup>3</sup>	$C_u$ kPa	$\alpha$ -	$\varphi'$ °	$\delta/\varphi'$ -	K -	$c_u'$ fact. kPa	$\delta'$ °	$\tan\delta'$ -	Ko -	Lateral area m <sup>2</sup>	$\sigma_v$ initial kN/m <sup>2</sup>	u initial kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_v'$ initial kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_v'$ initial kN/m <sup>2</sup>	Is (vert) -	$\Delta\sigma_v$ = $\sigma_v' - \Delta\sigma_v$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_v$ final = $\sigma_v' + \Delta\sigma_v$ kN/m <sup>2</sup>	u final kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_v'$ final = $\sigma_v' - \Delta\sigma_v$ kN/m <sup>2</sup>	$\Delta u$ = $u_{ult} - u_{vib}$ kN/m <sup>2</sup>	$\Delta\sigma_v'$ = $\sigma_v' - \sigma_v'$ kN/m <sup>2</sup>	Weight pile kN	Shaft resistance			Base Resistance		Compression		Tension		Pile length m
																										$q_{u,vib}$ = $\tan\delta' \sigma_v' u_{vib}$ * K kN/m <sup>2</sup>	$Q_u$ kN	$Q_{u,vib}$ kN	$Q_{u,vib}$ kN	$Q_u$ kPa	$Q_u$ kN	NTC 2008 App1 C2 $q_{u,s}$ kN	SLS (1) $Q_{s1.2}$ Load on base kN	SLS (2) $Q_{s2}$ Stress concrete kN	
0	8	C	19.5	0	0.6				0				1.6	0	0	0		1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6872	0	0		
0.5	7.5	C	19.5	60	0.6				60				1.6	10	0	10	1.00	0	10	0	10	0	6	36	57	57	540	424	199	47	6872	30	0.5		
1	7	C	19.5	60	0.6				60				1.6	20	0	20	1.00	0	20	0	20	0	12	36	57	113	540	424	226	94	6872	59	1		
1.5	6.5	C	19.5	60	0.6				60				1.6	29	5	24	0.99	0	29	5	24	0	18	36	57	170	540	424	253	141	6872	89	1.5		
2	6	C	19.5	60	0.6				60				1.6	39	10	29	0.99	0	39	10	29	0	24	36	57	226	540	424	280	188	6872	119	2		
2.5	5.5	C	19.5	60	0.6				60				1.6	49	15	34	0.99	0	49	15	34	0	29	36	57	283	540	424	305	236	6872	148	2.5		
3	5	C	19.5	60	0.6				60				1.6	59	20	39	0.99	0	59	20	39	0	35	36	57	339	540	424	329	283	6872	178	3		
3.5	4.5	C	19.5	60	0.6				60				1.6	68	25	43	0.98	0	68	25	43	0	41	36	57	396	540	424	353	330	6872	208	3.5		
4	4	C	19.5	60	0.6				60				1.6	78	30	48	0.98	0	78	30	48	0	47	36	57	452	540	424	378	377	6872	237	4		
4.5	3.5	C	19.5	60	0.6				60				1.6	88	35	53	0.98	0	88	35	53	0	53	36	57	509	540	424	402	402	6872	267	4.5		
5	3	C	19.5	60	0.6				60				1.6	98	40	58	0.98	0	98	40	58	0	59	36	57	565	540	424	427	471	6872	297	5		
5.5	2.5	C	19.5	60	0.6				60				1.6	107	45	62	0.97	0	107	45	62	0	65	36	57	622	540	424	451	518	6872	326	5.5		
6	2	C	19.5	60	0.6				60				1.6	116	50	66	0.97	0	116	50	66	0	72	36	57	679	540	424	475	560	6872	353	6		
6.5	1.5	C	16	40	0.8				40				1.6	123	55	68	0.97	0	123	55	68	0	77	32	50	723	360	283	433	602	6872	380	6.5		
7	1	C	16	40	0.8				40				1.6	131	60	71	0.97	0	131	60	71	0	82	32	50	773	360	283	455	644	6872	407	7		
7.5	0.5	C	16	40	0.8				40				1.6	139	65	74	0.96	0	139	65	74	0	88	32	50	823	360	283	477	686	6872	434	7.5		
8	0	C	16	40	0.8				40				1.6	147	70	77	0.96	0	147	70	77	0	93	32	50	873	360	283	498	728	6872	461	8		
8.5	-0.5	C	16	40	0.8				40				1.6	155	75	80	0.96	0	155	75	80	0	100	32	50	924	360	283	520	770	6872	488	8.5		
9	-1	C	16	40	0.8				40				1.6	163	80	83	0.96	0	163	80	83	0	106	32	50	974	360	283	542	812	6872	515	9		
9.5	-1.5	C	16	40	0.8				40				1.6	171	85	86	0.95	0	171	85	86	0	112	32	50	1024	360	283	563	853	6872	542	9.5		
10	-2	C	16	40	0.8				40				1.6	179	90	89	0.95	0	179	90	89	0	118	32	50	1074	360	283	585	896	6872	569	10		
10.5	-2.5	C	16	40	0.8				40				1.6	187	95	92	0.95	0	187	95	92	0	124	32	50	1125	360	283	607	937	6872	596	10.5		
11	-3	C	16	40	0.8				40				1.6	195	100	95	0.94	0	195	100	95	0	130	32	50	1175	360	283	628	979	6872	623	11		
11.5	-3.5	C	16	40	0.8				40				1.6	203	105	98	0.94	0	203	105	98	0	136	32	50	1225	360	283	649	1021	6872	650	11.5		
12	-4	C	16	40	0.8				40				1.6	211	110	101	0.93	0	211	110	101	0	141	32	50	1275	360	283	672	1063	6872	677	12		
12.5	-4.5	C	16	40	0.8				40				1.6	219	115	104	0.93	0	219	115	104	0	147	32	50	1326	360	283	693	1105	6872	704	12.5		
13	-5	C	16	40	0.8				40				1.6	227	120	107	0.92	0	227	120	107	0	153	32	50	1376	360	283	715	1147	6872	731	13		
13.5	-5.5	C	16	40	0.8				40				1.6	235	125	110	0.92	0	235	125	110	0	159	32	50	1426	360	283	737	1189	6872	758	13.5		
14	-6	C	16	40	0.8				40				1.6	243	130	113	0.91	0	243	130	113	0	165	32	50	1477	360	283	758	1230	6872	785	14		
14.5	-6.5	C	16	40	0.8				40				1.6	251	135	116	0.91	0	251	135	116	0	171	32	50	1527	360	283	780	1272	6872	812	14.5		
15	-7	C	16	40	0.8				40				1.6	259	140	119	0.90	0	259	140	119	0	177	32	50	1577	360	283	802	1314	6872	839	15		
15.5	-7.5	C	16	40	0.8				40				1.6	267	145	122	0.90	0	267	145	122	0	183	32	50	1627	360	283	823	1356	6872	866	15.5		
16	-8	C	16	40	0.8				40				1.6	275	150	125	0.89	0	275	150	125	0	188	32	50	1678	360	283	845	1398	6872	893	16		
16.5	-8.5	C	16	40	0.8				40				1.6	283	155	128	0.89	0	283	155	128	0	194	32	50	1728	360	283	867	1440	6872	920	16.5		
17	-9	C	16	40	0.8				40				1.6	291	160	131	0.88	0	291	160	131	0	200	32	50	1778	360	283	888	1482	6872	947	17		
17.5	-9.5	C	16	40	0.8				40				1.6	299	165	134	0.88	0	299	165	134	0	206	32	50	1828	360	283	910	1524	6872	974	17.5		
18	-10	C	16	40	0.8				40				1.6	307	170	137	0.87	0	307	170	137	0	212	32	50	1879	360	283	932	1566	6872	1001	18		
18.5	-10.5	C	16	40	0.8				40				1.6	315	175	140	0.87	0	315	175	140	0	218	32	50	1929	360	283	953	1607	6872	1028	18.5		
19	-11	C	16	40	0.8				40				1.6	323	180	143	0.86	0	323	180	143	0	224	32	50	1979	360	283	975	1649	6872	1055	19		
19.5	-11.5	C	16	40	0.8				40				1.6	331	185	146	0.86	0	331	185	146	0	230	32	50	2029	360	283	997	1691	6872	1082	19.5		
20	-12	C	16	40	0.8				40				1.6	339	190	149	0.85	0	339	190	149	0	236	32	50	2080	360	283	1018	1733	6872	1108	20		
20.5	-12.5	C	16	40	0.8				40				1.6	347	195	152	0.85	0	347	195	152	0	242	32	50	2130	360	283	1040	1775	6872	1135	20.5		
21	-13	C	16	40	0.8				40				1.6	355	200	155	0.84	0	355	200	155	0	248	32	50	2180	360	283	1062	1817	6872	1162	21		
21.5	-13.5	C	16	40	0.8				40				1.6	363	205	158	0.84	0																	

ARUP	Job No.	Sheet No.	Rev.
	243670-01		
	Member Location		
	Dir. Ref.		
	Made by	Date	Chd.
Job Title	Tor di Valle Podium		
Calculation	Palo trivellato DA1 C2 D=1.0m - Comparto B1+C1		

48.5	-40.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	877	475	402	183	0.67	0	877	475	402	0	0	571	100	157	9180	9600	7540	7207	7650	6872	4471	48.5
49	-41	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	887	480	407	185	0.66	0	887	480	407	0	0	577	100	157	9337	9600	7540	7274	7781	6872	4544	49
49.5	-41.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	897	485	412	188	0.66	0	897	485	412	0	0	583	100	157	9494	9600	7540	7342	7912	6872	4617	49.5
50	-42	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	907	490	417	190	0.65	0	907	490	417	0	0	589	100	157	9651	9600	7540	7410	8043	6872	4690	50
50.5	-42.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	917	495	422	192	0.65	0	917	495	422	0	0	595	100	157	9808	9600	7540	7478	8173	6872	4763	50.5
51	-43	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	927	500	427	195	0.64	0	927	500	427	0	0	601	100	157	9965	9600	7540	7545	8304	6872	4836	51
51.5	-43.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	937	505	432	197	0.64	0	937	505	432	0	0	607	100	157	10122	9600	7540	7613	8435	6872	4909	51.5
52	-44	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	947	510	437	199	0.63	0	947	510	437	0	0	613	100	157	10279	9600	7540	7681	8566	6872	4982	52
52.5	-44.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	957	515	442	201	0.63	0	957	515	442	0	0	619	100	157	10436	9600	7540	7748	8697	6872	5055	52.5
53	-45	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	967	520	447	204	0.62	0	967	520	447	0	0	624	100	157	10594	9600	7540	7816	8828	6872	5128	53
53.5	-45.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	977	525	452	206	0.62	0	977	525	452	0	0	630	100	157	10751	9600	7540	7884	8959	6872	5201	53.5
54	-46	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	987	530	457	208	0.61	0	987	530	457	0	0	636	100	157	10908	9600	7540	7952	9090	6872	5274	54
54.5	-46.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	997	535	462	210	0.61	0	997	535	462	0	0	642	100	157	11065	9600	7540	8019	9221	6872	5347	54.5
55	-47	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	1007	540	467	213	0.60	0	1007	540	467	0	0	648	100	157	11222	9600	7540	8087	9352	6872	5420	55
55.5	-47.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	1017	545	472	215	0.60	0	1017	545	472	0	0	654	100	157	11379	9600	7540	8155	9462	6872	5493	55.5
56	-48	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	1027	550	477	217	0.59	0	1027	550	477	0	0	660	100	157	11536	9600	7540	8222	9613	6872	5566	56
56.5	-48.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	1037	555	482	220	0.59	0	1037	555	482	0	0	666	100	157	11693	9600	7540	8290	9744	6872	5639	56.5
57	-49	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	1047	560	487	222	0.58	0	1047	560	487	0	0	672	100	157	11850	9600	7540	8358	9875	6872	5712	57
57.5	-49.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	1057	565	492	224	0.58	0	1057	565	492	0	0	677	100	157	12007	9600	7540	8425	10006	6872	5785	57.5
58	-50	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.6	1067	570	497	226	0.57	0	1067	570	497	0	0	683	100	157	12164	9600	7540	8493	10137	6872	5858	58
58.5	-50.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1078	575	503	193	0.57	0	1078	575	503	0	0	689	100	157	12321	9600	7540	8561	10268	6872	5931	58.5
59	-51	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1088	580	508	195	0.56	0	1088	580	508	0	0	695	100	157	12478	9600	7540	8629	10399	6872	6004	59
59.5	-51.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1098	585	513	197	0.56	0	1098	585	513	0	0	701	100	157	12636	9600	7540	8696	10530	6872	6077	59.5
60	-52	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1108	590	518	199	0.55	0	1108	590	518	0	0	707	100	157	12793	9600	7540	8764	10661	6872	6150	60
60.5	-52.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1119	595	524	201	0.55	0	1119	595	524	0	0	713	100	157	12950	9600	7540	8832	10791	6872	6223	60.5
61	-53	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1129	600	529	203	0.54	0	1129	600	529	0	0	719	100	157	13107	9600	7540	8899	10922	6872	6296	61
61.5	-53.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1139	605	534	205	0.54	0	1139	605	534	0	0	725	100	157	13264	9600	7540	8967	11053	6872	6369	61.5
62	-54	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1149	610	539	207	0.53	0	1149	610	539	0	0	730	100	157	13421	9600	7540	9035	11184	6872	6442	62
62.5	-54.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1160	615	545	209	0.53	0	1160	615	545	0	0	736	100	157	13578	9600	7540	9103	11315	6872	6515	62.5
63	-55	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1170	620	550	211	0.52	0	1170	620	550	0	0	742	100	157	13735	9600	7540	9170	11446	6872	6588	63
63.5	-55.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1180	625	555	213	0.52	0	1180	625	555	0	0	748	100	157	13892	9600	7540	9238	11577	6872	6661	63.5
64	-56	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1190	630	560	215	0.51	0	1190	630	560	0	0	754	100	157	14049	9600	7540	9306	11708	6872	6734	64
64.5	-56.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1201	635	566	217	0.51	0	1201	635	566	0	0	760	100	157	14206	9600	7540	9373	11839	6872	6807	64.5
65	-57	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1211	640	571	219	0.50	0	1211	640	571	0	0	766	100	157	14363	9600	7540	9441	11970	6872	6880	65
65.5	-57.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.6	1221	645	576	221	0.00	0	1221	645	576	0	0	772	100	157	14521	9600	7540	9509	12100	6872	6953	65.5
66	-58	C	19	100	0.4						1.6	1231	650	581		0.00	0	1231	650	581	0	0	778	40	63	14583	900	707	6591	12153	6872	6986	66
66.5	-58.5	C	19	100	0.4						1.6	1240	655	585		0.00	0	1240	655	585	0	0	783	40	63	14646	900	707	6618	12205	6872	7018	66.5
67	-59	C	19	100	0.4						1.6	1250	660	590		0.00	0	1250	660	590	0	0	789	40	63	14709	900	707	6645	12258	6872	7050	67



ARUP	Job No.	Sheet No.	Rev.
	243670-01		
	Member/Location		
	Dirg. Ref.		
	Made by	AP	Date 06/06/2016 Chd.
Job Title	Tor di Valle Podium		
Calculation	Paio trivellato DA1 C1 D=1.2m - Comparto A4		

48.5	-40.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	797	475	322	147	0.67	0	797	475	322	0	0	823	100	188	6062	9600	10857	11669	5052	9896	4921	48.5	
49	-41	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	807	480	327	149	0.66	0	807	480	327	0	0	831	100	188	6251	9600	10857	11799	5209	9896	5059	49	
49.5	-41.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	817	485	332	151	0.66	0	817	485	332	0	0	840	100	188	6439	9600	10857	11929	5366	9896	5196	49.5	
50	-42	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	827	490	337	154	0.65	0	827	490	337	0	0	848	100	188	6628	9600	10857	12059	5523	9896	5334	50	
50.5	-42.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	837	495	342	156	0.65	0	837	495	342	0	0	857	100	188	6816	9600	10857	12189	5680	9896	5472	50.5	
51	-43	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	847	500	347	158	0.64	0	847	500	347	0	0	865	100	188	7004	9600	10857	12319	5837	9896	5609	51	
51.5	-43.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	857	505	352	160	0.64	0	857	505	352	0	0	874	100	188	7193	9600	10857	12449	5994	9896	5747	51.5	
52	-44	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	867	510	357	163	0.63	0	867	510	357	0	0	882	100	188	7381	9600	10857	12579	6151	9896	5895	52	
52.5	-44.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	877	515	362	165	0.63	0	877	515	362	0	0	891	100	188	7570	9600	10857	12709	6308	9896	6022	52.5	
53	-45	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	887	520	367	167	0.62	0	887	520	367	0	0	899	100	188	7758	9600	10857	12838	6465	9896	6160	53	
53.5	-45.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	897	525	372	170	0.62	0	897	525	372	0	0	908	100	188	7947	9600	10857	12968	6622	9896	6298	53.5	
54	-46	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	907	530	377	172	0.61	0	907	530	377	0	0	916	100	188	8135	9600	10857	13098	6780	9896	6435	54	
54.5	-46.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	917	535	382	174	0.61	0	917	535	382	0	0	925	100	188	8324	9600	10857	13228	6937	9896	6573	54.5	
55	-47	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	927	540	387	176	0.60	0	927	540	387	0	0	933	100	188	8512	9600	10857	13358	7094	9896	6710	55	
55.5	-47.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	937	545	392	179	0.60	0	937	545	392	0	0	942	100	188	8701	9600	10857	13488	7251	9896	6848	55.5	
56	-48	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	947	550	397	181	0.59	0	947	550	397	0	0	950	100	188	8889	9600	10857	13618	7408	9896	6986	56	
56.5	-48.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	957	555	402	183	0.59	0	957	555	402	0	0	958	100	188	9078	9600	10857	13748	7565	9896	7123	56.5	
57	-49	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	967	560	407	185	0.58	0	967	560	407	0	0	967	100	188	9266	9600	10857	13878	7722	9896	7261	57	
57.5	-49.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	977	565	412	188	0.58	0	977	565	412	0	0	975	100	188	9455	9600	10857	14008	7879	9896	7399	57.5	
58	-50	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	987	570	417	190	0.57	0	987	570	417	0	0	984	100	188	9643	9600	10857	14138	8036	9896	7536	58	
58.5	-50.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	998	575	423	162	0.57	0	998	575	423	0	0	992	100	188	9832	9600	10857	14268	8193	9896	7674	58.5	
59	-51	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1008	580	428	164	0.56	0	1008	580	428	0	0	1001	100	188	10020	9600	10857	14398	8350	9896	7811	59	
59.5	-51.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1018	585	433	166	0.56	0	1018	585	433	0	0	1009	100	188	10209	9600	10857	14528	8507	9896	7949	59.5	
60	-52	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1028	590	438	168	0.55	0	1028	590	438	0	0	1018	100	188	10397	9600	10857	14658	8665	9896	8087	60	
60.5	-52.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1039	595	444	170	0.55	0	1039	595	444	0	0	1026	100	188	10586	9600	10857	14788	8822	9896	8224	60.5	
61	-53	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1049	600	449	172	0.54	0	1049	600	449	0	0	1035	100	188	10774	9600	10857	14918	8979	9896	8362	61	
61.5	-53.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1059	605	454	174	0.54	0	1059	605	454	0	0	1043	100	188	10963	9600	10857	15048	9136	9896	8500	61.5	
62	-54	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1069	610	459	177	0.53	0	1069	610	459	0	0	1052	100	188	11151	9600	10857	15178	9293	9896	8637	62	
62.5	-54.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1080	615	465	179	0.53	0	1080	615	465	0	0	1060	100	188	11340	9600	10857	15308	9450	9896	8775	62.5	
63	-55	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1090	620	470	181	0.52	0	1090	620	470	0	0	1069	100	188	11528	9600	10857	15438	9607	9896	8913	63	
63.5	-55.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1100	625	475	183	0.52	0	1100	625	475	0	0	1077	100	188	11717	9600	10857	15568	9764	9896	9050	63.5	
64	-56	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1110	630	480	185	0.51	0	1110	630	480	0	0	1086	100	188	11905	9600	10857	15698	9921	9896	9188	64	
64.5	-56.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1121	635	486	187	0.51	0	1121	635	486	0	0	1094	100	188	12094	9600	10857	15828	10078	9896	9325	64.5	
65	-57	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1131	640	491	189	0.50	0	1131	640	491	0	0	1103	100	188	12282	9600	10857	15958	10235	9896	9463	65	
65.5	-57.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1141	645	496	191	0.00	0	1141	645	496	0	0	1111	100	188	12471	9600	10857	16088	10392	9896	9601	65.5	
66	-58	C	19	100	0.4						1.9	1151	650	501		0.00	0	1151	650	501	0	0	1120	40	75	12546	900	1018		9355	10455	9896	9660	66
66.5	-58.5	C	19	100	0.4						1.9	1160	655	505		0.00	0	1160	655	505	0	0	1128	40	75	12622	900	1018		9407	10518	9896	9720	66.5
67	-59	C	19	100	0.4						1.9	1170	660	510		0.00	0	1170	660	510	0	0	1137	40	75	12697	900	1018		9459	10681	9896	9780	67



ARUP	Job No.	Sheet No.	Rev.
	243670-01		
	Member Location		
	Dirg. Ref.		
Job Title	Tor di Valle Podium		
Calculation	Made by	AP	Date 06/06/2016 Chd.

48.5	-40.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	797	475	322	147	0.67	0	797	475	322	0	0	823	100	188	6062	9600	10857	7288	5052	9896	3353	48.5
49	-41	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	807	480	327	149	0.66	0	807	480	327	0	0	831	100	188	6251	9600	10857	7374	5209	9896	3442	49
49.5	-41.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	817	485	332	151	0.66	0	817	485	332	0	0	840	100	188	6439	9600	10857	7455	5366	9896	3531	49.5
50	-42	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	827	490	337	154	0.65	0	827	490	337	0	0	848	100	188	6628	9600	10857	7537	5523	9896	3620	50
50.5	-42.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	837	495	342	156	0.65	0	837	495	342	0	0	857	100	188	6816	9600	10857	7618	5680	9896	3709	50.5
51	-43	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	847	500	347	158	0.64	0	847	500	347	0	0	865	100	188	7004	9600	10857	7699	5837	9896	3798	51
51.5	-43.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	857	505	352	160	0.64	0	857	505	352	0	0	874	100	188	7193	9600	10857	7780	5994	9896	3887	51.5
52	-44	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	867	510	357	163	0.63	0	867	510	357	0	0	882	100	188	7381	9600	10857	7862	6151	9896	3976	52
52.5	-44.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	877	515	362	165	0.63	0	877	515	362	0	0	891	100	188	7570	9600	10857	7943	6308	9896	4065	52.5
53	-45	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	887	520	367	167	0.62	0	887	520	367	0	0	899	100	188	7758	9600	10857	8024	6465	9896	4153	53
53.5	-45.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	897	525	372	170	0.62	0	897	525	372	0	0	908	100	188	7947	9600	10857	8105	6622	9896	4242	53.5
54	-46	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	907	530	377	172	0.61	0	907	530	377	0	0	916	100	188	8135	9600	10857	8187	6790	9896	4331	54
54.5	-46.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	917	535	382	174	0.61	0	917	535	382	0	0	925	100	188	8324	9600	10857	8268	6937	9896	4420	54.5
55	-47	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	927	540	387	176	0.60	0	927	540	387	0	0	933	100	188	8512	9600	10857	8349	7094	9896	4509	55
55.5	-47.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	937	545	392	179	0.60	0	937	545	392	0	0	942	100	188	8701	9600	10857	8430	7251	9896	4598	55.5
56	-48	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	947	550	397	181	0.59	0	947	550	397	0	0	950	100	188	8889	9600	10857	8512	7408	9896	4687	56
56.5	-48.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	957	555	402	183	0.59	0	957	555	402	0	0	958	100	188	9078	9600	10857	8593	7565	9896	4776	56.5
57	-49	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	967	560	407	185	0.58	0	967	560	407	0	0	967	100	188	9266	9600	10857	8674	7722	9896	4864	57
57.5	-49.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	977	565	412	188	0.58	0	977	565	412	0	0	975	100	188	9455	9600	10857	8755	7879	9896	4953	57.5
58	-50	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	987	570	417	190	0.57	0	987	570	417	0	0	984	100	188	9643	9600	10857	8837	8036	9896	5042	58
58.5	-50.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	998	575	423	162	0.57	0	998	575	423	0	0	992	100	188	9832	9600	10857	8918	8193	9896	5131	58.5
59	-51	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1008	580	428	164	0.56	0	1008	580	428	0	0	1001	100	188	10020	9600	10857	8999	8350	9896	5220	59
59.5	-51.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1018	585	433	166	0.56	0	1018	585	433	0	0	1009	100	188	10209	9600	10857	9080	8507	9896	5309	59.5
60	-52	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1028	590	438	168	0.55	0	1028	590	438	0	0	1018	100	188	10397	9600	10857	9162	8665	9896	5398	60
60.5	-52.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1039	595	444	170	0.55	0	1039	595	444	0	0	1026	100	188	10586	9600	10857	9243	8822	9896	5487	60.5
61	-53	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1049	600	449	172	0.54	0	1049	600	449	0	0	1035	100	188	10774	9600	10857	9324	8979	9896	5575	61
61.5	-53.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1059	605	454	174	0.54	0	1059	605	454	0	0	1043	100	188	10963	9600	10857	9405	9136	9896	5664	61.5
62	-54	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1069	610	459	177	0.53	0	1069	610	459	0	0	1052	100	188	11151	9600	10857	9487	9293	9896	5753	62
62.5	-54.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1080	615	465	179	0.53	0	1080	615	465	0	0	1060	100	188	11340	9600	10857	9568	9450	9896	5842	62.5
63	-55	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1090	620	470	181	0.52	0	1090	620	470	0	0	1069	100	188	11528	9600	10857	9649	9607	9896	5931	63
63.5	-55.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1100	625	475	183	0.52	0	1100	625	475	0	0	1077	100	188	11717	9600	10857	9730	9764	9896	6020	63.5
64	-56	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1110	630	480	185	0.51	0	1110	630	480	0	0	1086	100	188	11905	9600	10857	9812	9921	9896	6109	64
64.5	-56.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1121	635	486	187	0.51	0	1121	635	486	0	0	1094	100	188	12094	9600	10857	9893	10078	9896	6198	64.5
65	-57	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1131	640	491	189	0.50	0	1131	640	491	0	0	1103	100	188	12282	9600	10857	9974	10235	9896	6287	65
65.5	-57.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1141	645	496	191	0.00	0	1141	645	496	0	0	1111	100	188	12471	9600	10857	10055	10392	9896	6375	65.5
66	-58	C	19	100	0.4						1.9	1151	650	501		0.00	0	1151	650	501	0	0	1120	40	75	12546	900	1018	5847	10455	9896	6416	66
66.5	-58.5	C	19	100	0.4						1.9	1160	655	505		0.00	0	1160	655	505	0	0	1128	40	75	12622	900	1018	5879	10518	9896	6456	66.5
67	-59	C	19	100	0.4						1.9	1170	660	510		0.00	0	1170	660	510	0	0	1137	40	75	12697	900	1018	5912	10581	9896	6496	67

ARUP	Job No. 243670-01		Sheet No.	Rev.
	Member Location			
	Drg. Ref.			
	Made by AP Date 06/06/2015 Chd.			
Job Title Tor di Valle Podium				
Calculation Palo trivellato DA1 C1 D=1.2m - Comparto B1+C1				

Pile diameter	1.2 m	Soil unit weight	19 kN/m³	Base resistance coefficient:	
Base area	1.13 m²	Unloading due to excavation	0 kN/m²	Undrained	N <sub>u</sub>
Initial Ground Level	8 m sim	Final pwp at base slab	0 kN/m²	Drained	N <sub>d</sub>
Groundwater Level	7 m sim	Combined change in vert. total stress under slab due to excavation and re-application of water pressure	0 kN/m²		
Pile head (base slab)	8 m sim				
Poisson ratio ν'	0.5				
ν/1-ν'	1				
		Pile unit weight (effective)	15 kN/m³		

Design approach	NTC 2008 App1 C1
Pile type	Bored
q <sub>u</sub> limit for cohesive soil	100 kPa
q <sub>u</sub> limit for granular soil to excavation and re-application of water pressure	2000 kPa
q <sub>u</sub> limit for granular soil	9600 kPa
Tension limits c/s	8750 kPa

Partial factors on action:	
Permanent unfavourable actions	1.30
Permanent unfavourable actions	1.0
Variable unfavourable actions	1.5
Variable favourable actions	0.0
Uplift	0.9

Partial factors on soil properties:	
Undrained shear strength	1
Angle of shear resistance	1
Correlation factors k from borehole number:	
Number of boreholes	1.45
Factor ζ	1.45

Partial resistance factors:	
Base resistance	1.00
Shaft resistance (compression)	1.00
Combined shaft and base resistance	1.00
Shaft resistance in tension	0.0
Factor to avoid load on base (SLS loads)	1.20

Pile length m	Level z in m	Material Giggranular C-cohesive	γ <sub>s</sub> kN/m³	c <sub>u</sub> kPa	α	φ'	δ/φ'	K	c <sub>v</sub> kPa	φ <sub>v</sub> fact.	tanδ	K <sub>o</sub>	Lateral area m²	σ <sub>v</sub> initial kN/m²	u initial kN/m²	σ <sub>v</sub> initial kN/m²	σ <sub>v</sub> ' initial = σ <sub>v</sub> - c <sub>v</sub> kN/m²	Is (vert)	Δσ <sub>v</sub> = σ <sub>v</sub> - Δσ <sub>u</sub> kN/m²	σ <sub>v</sub> final = σ <sub>v</sub> - Δσ <sub>u</sub> kN/m²	u final kN/m²	σ <sub>v</sub> final = σ <sub>v</sub> - Δσ <sub>u</sub> kN/m²	Δu = u <sub>final</sub> - u <sub>initial</sub> kN/m²	Δσ <sub>v</sub> ' = σ <sub>v</sub> ' - Δσ <sub>u</sub> kN/m²	Weight pile kN	Shaft resistance		Base Resistance		Compression		Tension		Pile length m	
																										q <sub>u(ult)</sub> = tan δ' σ <sub>v</sub> ' + c <sub>v</sub> kN/m²	δQ <sub>u</sub> kN	Q <sub>u</sub> =Σ(δQ <sub>u</sub> ) ult. kN	q <sub>u</sub> ult. kPa	Q <sub>u</sub> ult. kN	q <sub>u</sub> kN	Q <sub>u</sub> kN	q <sub>u</sub> kN		Q <sub>u</sub> kN
0	8	C	19.5	0	0.6				0				1.9	0	0	0		1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9896	0	0	0	0	
0.5	7.5	C	19.5	60	0.6				60				1.9	10	0	10		1.00	0	10	0	0	0	8	36	68	68	68	540	611	468	57	9896	54	0.5
1	7	C	19.5	60	0.6				60				1.9	20	0	20		1.00	0	20	0	0	0	17	36	68	136	540	611	515	113	9896	109	1	
1.5	6.5	C	19.5	60	0.6				60				1.9	29	5	24		0.99	0	29	5	24	0	25	36	68	204	540	611	562	170	9896	163	1.5	
2	6	C	19.5	60	0.6				60				1.9	39	10	29		0.99	0	39	10	29	0	34	36	68	271	540	611	608	226	9896	218	2	
2.5	5.5	C	19.5	60	0.6				60				1.9	49	15	34		0.99	0	49	15	34	0	42	36	68	339	540	611	655	283	9896	272	2.5	
3	5	C	19.5	60	0.6				60				1.9	59	20	39		0.99	0	59	20	39	0	51	36	68	407	540	611	702	339	9896	327	3	
3.5	4.5	C	19.5	60	0.6				60				1.9	68	25	43		0.98	0	68	25	43	0	59	36	68	475	540	611	749	396	9896	381	3.5	
4	4	C	19.5	60	0.6				60				1.9	78	30	48		0.98	0	78	30	48	0	68	36	68	543	540	611	796	452	9896	435	4	
4.5	3.5	C	19.5	60	0.6				60				1.9	88	35	53		0.98	0	88	35	53	0	78	36	68	611	540	611	842	509	9896	490	4.5	
5	3	C	19.5	60	0.6				60				1.9	98	40	58		0.98	0	98	40	58	0	85	36	68	679	540	611	889	565	9896	544	5	
5.5	2.5	C	19.5	60	0.6				60				1.9	107	45	62		0.97	0	107	45	62	0	93	36	68	746	540	611	936	622	9896	599	5.5	
6	2	C	16	40	0.8				40				1.9	115	50	65		0.97	0	115	50	65	0	102	32	60	807	360	407	837	672	9896	648	6	
6.5	1.5	C	16	40	0.8				40				1.9	123	55	68		0.97	0	123	55	68	0	110	32	60	867	360	407	879	723	9896	697	6.5	
7	1	C	16	40	0.8				40				1.9	131	60	71		0.97	0	131	60	71	0	119	32	60	927	360	407	920	773	9896	746	7	
7.5	0.5	C	16	40	0.8				40				1.9	139	65	74		0.96	0	139	65	74	0	127	32	60	988	360	407	962	823	9896	796	7.5	
8	0	C	16	40	0.8				40				1.9	147	70	77		0.96	0	147	70	77	0	136	32	60	1048	360	407	1004	873	9896	845	8	
8.5	-0.5	C	16	40	0.8				40				1.9	155	75	80		0.96	0	155	75	80	0	144	32	60	1108	360	407	1045	924	9896	894	8.5	
9	-1	C	16	40	0.8				40				1.9	163	80	83		0.96	0	163	80	83	0	153	32	60	1169	360	407	1087	974	9896	943	9	
9.5	-1.5	C	16	40	0.8				40				1.9	171	85	86		0.95	0	171	85	86	0	161	32	60	1229	360	407	1128	1024	9896	993	9.5	
10	-2	C	16	40	0.8				40				1.9	179	90	89		0.95	0	179	90	89	0	170	32	60	1289	360	407	1170	1074	9896	1042	10	
10.5	-2.5	C	16	40	0.8				40				1.9	187	95	92		0.95	0	187	95	92	0	178	32	60	1350	360	407	1212	1091	9896	1091	10.5	
11	-3	C	16	40	0.8				40				1.9	195	100	95		0.94	0	195	100	95	0	187	32	60	1410	360	407	1253	1175	9896	1140	11	
11.5	-3.5	C	16	40	0.8				40				1.9	203	105	98		0.94	0	203	105	98	0	195	32	60	1470	360	407	1295	1225	9896	1190	11.5	
12	-4	C	16	40	0.8				40				1.9	211	110	101		0.93	0	211	110	101	0	204	32	60	1531	360	407	1336	1275	9896	1239	12	
12.5	-4.5	C	16	40	0.8				40				1.9	219	115	104		0.93	0	219	115	104	0	212	32	60	1591	360	407	1378	1326	9896	1288	12.5	
13	-5	C	16	40	0.8				40				1.9	227	120	107		0.92	0	227	120	107	0	221	32	60	1651	360	407	1420	1376	9896	1337	13	
13.5	-5.5	C	16	40	0.8				40				1.9	235	125	110		0.92	0	235	125	110	0	229	32	60	1712	360	407	1461	1426	9896	1386	13.5	
14	-6	C	16	40	0.8				40				1.9	243	130	113		0.91	0	243	130	113	0	238	32	60	1772	360	407	1503	1477	9896	1436	14	
14.5	-6.5	C	16	40	0.8				40				1.9	251	135	116		0.91	0	251	135	116	0	246	32	60	1832	360	407	1544	1527	9896	1485	14.5	
15	-7	C	16	40	0.8				40				1.9	259	140	119		0.90	0	259	140	119	0	254	32	60	1892	360	407	1586	1577	9896	1534	15	
15.5	-7.5	C	16	40	0.8				40				1.9	267	145	122		0.89	0	267	145	122	0	263	32	60	1953	360	407	1628	1627	9896	1583	15.5	
16	-8	C	16	40	0.8				40				1.9	275	150	125		0.89	0	275	150	125	0	271	32	60	2013	360	407	1669	1678	9896	1633	16	
16.5	-8.5	C	16	40	0.8				40				1.9	283	155	128		0.89	0	283	155	128	0	280	32	60	2073	360	407	1711	1728	9896	1682	16.5	
17	-9	C	16	40	0.8				40				1.9	291	160	131		0.88	0	291	160	131	0	288	32	60	2134	360	407	1752	1778	9896	1731	17	
17.5	-9.5	C	16	40	0.8				40				1.9	299	165	134		0.88	0	299	165	134	0	297	32	60	2194	360	407	1794	1828	9896	1780	17.5	
18	-10	C	16	40	0.8				40				1.9	307	170	137		0.87	0	307	170	137	0	305	32	60	2254	360	407	1836	1879	9896	1830	18	
18.5	-10.5	C	16	40	0.8				40				1.9	315	175	140		0.87	0	315	175	140	0	314	32	60	2315	360	407	1877	1929	9896	1879	18.5	
19	-11	C	16	40	0.8				40				1.9	323	180	143		0.86	0	323	180	143	0	322	32	60	2375	360	407	1919	1979	9896	1928	19	
19.5	-11.5	C	16	40	0.8				40				1.9	331	185	146		0.86	0	331	185	146	0	331	32	60	2435	360	407	1960	2029	9896	1977	19.5	
20	-12	C	16	40	0.8				40				1.9	339	190	149		0.86	0	339	190	149	0	339	32	60	2496	360	407	2002	2080	9896	2027	20	
20.5	-12.5	C	16	40	0.8				40				1.9	347	195	152		0.85	0	347	195	152	0	348	32	60	2556	360	407	2044	2130	9896	2076	20.5	
21	-13	C	16	40	0.8				40				1.9	355	200	155		0.84	0	355	200	155	0	356	32	60	2616	360	407	2085	2180	9896	2125	21	
21.5	-13.5	C	16	40	0.8				40				1.9	363	205	158		0.84	0	363	205	158	0	365	32	60	2677	360	407	2127	2219	9896	2174	21.5	
22	-14	C	16	40	0.8				40				1.9	371	210	161		0.83	0	371	210	161	0	373	32	60	2737	360	407	2168	2261	9896	2223	22	
22.5	-14.5	C	16	40	0.8				40				1.9	379	215	164		0.83	0	379	215														

ARUP

Tor di Valle Podium

Calculation Palo trivellato DA1 C1 D=1.2m - Comparto B1+C1

Job No.	Sheet No.	Rev.
243670-01		
Member Location		
Dirg. Ref.		
Made by	AP	Date 06/06/2016 Chd.

48.5	-40.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	877	475	402	183	0.67	0	877	475	402	0	0	823	100	188	11016	9600	10857	15085	9180	9896	8338	48.5
49	-41	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	887	480	407	185	0.66	0	887	480	407	0	0	831	100	188	1204	9600	10857	15215	9337	9896	8475	49
49.5	-41.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	897	485	412	188	0.66	0	897	485	412	0	0	840	100	188	11393	9600	10857	15345	9494	9896	8613	49.5
50	-42	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	907	490	417	190	0.65	0	907	490	417	0	0	848	100	188	11581	9600	10857	15475	9651	9896	8750	50
50.5	-42.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	917	495	422	192	0.65	0	917	495	422	0	0	857	100	188	11770	9600	10857	15605	9808	9896	8888	50.5
51	-43	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	927	500	427	195	0.64	0	927	500	427	0	0	865	100	188	11958	9600	10857	15735	9965	9896	9026	51
51.5	-43.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	937	505	432	197	0.64	0	937	505	432	0	0	874	100	188	12147	9600	10857	15865	10122	9896	9163	51.5
52	-44	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	947	510	437	199	0.63	0	947	510	437	0	0	882	100	188	12335	9600	10857	15995	10279	9896	9301	52
52.5	-44.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	957	515	442	201	0.63	0	957	515	442	0	0	891	100	188	12524	9600	10857	16125	10436	9896	9439	52.5
53	-45	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	967	520	447	204	0.62	0	967	520	447	0	0	899	100	188	12712	9600	10857	16255	10594	9896	9576	53
53.5	-45.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	977	525	452	206	0.62	0	977	525	452	0	0	908	100	188	12901	9600	10857	16385	10751	9896	9714	53.5
54	-46	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	987	530	457	208	0.61	0	987	530	457	0	0	916	100	188	13089	9600	10857	16515	10908	9896	9852	54
54.5	-46.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	997	535	462	210	0.61	0	997	535	462	0	0	925	100	188	13278	9600	10857	16645	11065	9896	9989	54.5
55	-47	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	1007	540	467	213	0.60	0	1007	540	467	0	0	933	100	188	13466	9600	10857	16775	11222	9896	10127	55
55.5	-47.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	1017	545	472	215	0.60	0	1017	545	472	0	0	942	100	188	13655	9600	10857	16905	11379	9896	10264	55.5
56	-48	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	1027	550	477	217	0.59	0	1027	550	477	0	0	950	100	188	13843	9600	10857	17035	11536	9896	10402	56
56.5	-48.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	1037	555	482	220	0.59	0	1037	555	482	0	0	958	100	188	14032	9600	10857	17165	11693	9896	10540	56.5
57	-49	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	1047	560	487	222	0.58	0	1047	560	487	0	0	967	100	188	14220	9600	10857	17295	11850	9896	10677	57
57.5	-49.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	1057	565	492	224	0.58	0	1057	565	492	0	0	975	100	188	14409	9600	10857	17425	12007	9896	10815	57.5
58	-50	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	1067	570	497	226	0.57	0	1067	570	497	0	0	984	100	188	14597	9600	10857	17555	12164	9896	10953	58
58.5	-50.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1078	575	503	193	0.57	0	1078	575	503	0	0	992	100	188	14786	9600	10857	17685	12321	9896	11090	58.5
59	-51	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1088	580	508	195	0.56	0	1088	580	508	0	0	1001	100	188	14974	9600	10857	17815	12478	9896	11228	59
59.5	-51.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1098	585	513	197	0.56	0	1098	585	513	0	0	1009	100	188	15163	9600	10857	17945	12636	9896	11365	59.5
60	-52	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1108	590	518	199	0.55	0	1108	590	518	0	0	1018	100	188	15351	9600	10857	18075	12793	9896	11503	60
60.5	-52.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1119	595	524	201	0.55	0	1119	595	524	0	0	1026	100	188	15540	9600	10857	18205	12950	9896	11641	60.5
61	-53	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1129	600	529	203	0.54	0	1129	600	529	0	0	1035	100	188	15728	9600	10857	18335	13107	9896	11778	61
61.5	-53.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1139	605	534	205	0.54	0	1139	605	534	0	0	1043	100	188	15917	9600	10857	18465	13264	9896	11916	61.5
62	-54	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1149	610	539	207	0.53	0	1149	610	539	0	0	1052	100	188	16105	9600	10857	18595	13421	9896	12054	62
62.5	-54.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1160	615	545	209	0.53	0	1160	615	545	0	0	1060	100	188	16294	9600	10857	18725	13578	9896	12191	62.5
63	-55	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1170	620	550	211	0.52	0	1170	620	550	0	0	1069	100	188	16482	9600	10857	18855	13725	9896	12329	63
63.5	-55.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1180	625	555	213	0.52	0	1180	625	555	0	0	1077	100	188	16671	9600	10857	18985	13892	9896	12467	63.5
64	-56	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1190	630	560	215	0.51	0	1190	630	560	0	0	1086	100	188	16859	9600	10857	19115	14049	9896	12604	64
64.5	-56.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1201	635	566	217	0.51	0	1201	635	566	0	0	1094	100	188	17048	9600	10857	19245	14206	9896	12742	64.5
65	-57	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1211	640	571	219	0.50	0	1211	640	571	0	0	1103	100	188	17236	9600	10857	19375	14363	9896	12870	65
65.5	-57.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1221	645	576	221	0.00	0	1221	645	576	0	0	1111	100	188	17425	9600	10857	19505	14521	9896	13017	65.5
66	-58	C	19	100	0.4						1.9	1231	650	581		0.00	0	1231	650	581	0	0	1120	40	75	17500	900	1018	12771	14583	9896	13077	66
66.5	-58.5	C	19	100	0.4						1.9	1240	655	585		0.00	0	1240	655	585	0	0	1128	40	75	17575	900	1018	12823	14646	9896	13136	66.5
67	-59	C	19	100	0.4						1.9	1250	660	590		0.00	0	1250	660	590	0	0	1137	40	75	17651	900	1018	12875	14709	9896	13196	67

Pile diameter	1.23 m	Soil unit weight	$\gamma_s$	19 kN/m <sup>3</sup>	Base resistance $c_{u, \text{lim}}$	Un drained
Base area	1.18 m <sup>2</sup>	Unloading due to excavation	$\sigma_{u, \text{exc}}$	0 kN/m <sup>2</sup>	$c_{u, \text{lim}}$	Drained
Initial Ground Level	8 m slm	Final gap at base slab	$U_{\text{final}}$	0 kN/m <sup>2</sup>	$q_{u, \text{lim}}$	limit for cohesion
Groundwater Level	7 m slm	Combined change in vert. total stress	$\Delta \sigma_{\text{tot}}$	0 kN/m <sup>2</sup>	$q_{u, \text{lim}}$	limit for cohesion
Pile head (base slab)	8 m slm	Under slab due to excavation and re- application of water pressure			$q_{u, \text{lim}}$	limit for cohesion
Poisson ratio $\nu'$	0.5				$q_{u, \text{lim}}$	limit for cohesion
$\sqrt{1-\nu'}$	1	Pile unit weight (effective)	$\gamma_{\text{pile}}$	15 kN/m <sup>3</sup>		

150606 PlsChart Area A+B+C: C2\_Bored\_B+C

ARUP	Job No.	Sheet No.	Rev.
	243670-01		
	Member/Location		
	Dirg. Ref.		
	Made by	AP	Date 06/06/2016 Chd.
Job Title	Tor di Valle Podium		
Calculation	Palo trivellato DA1 C2 D=1.2m - Comparto B1+C1		

48.5	-40.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	877	475	402	183	0.67	0	877	475	402	0	0	823	100	188	11016	9600	10857	9428	9180	9896	5489	48.5
49	-41	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	887	480	407	185	0.66	0	887	480	407	0	0	831	100	188	11204	9600	10857	9509	9337	9896	5578	49
49.5	-41.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	897	485	412	188	0.66	0	897	485	412	0	0	840	100	188	11393	9600	10857	9591	9494	9896	5666	49.5
50	-42	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	907	490	417	190	0.65	0	907	490	417	0	0	848	100	188	11581	9600	10857	9672	9651	9896	5755	50
50.5	-42.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	917	495	422	192	0.65	0	917	495	422	0	0	857	100	188	11770	9600	10857	9753	9686	5844	50.5	
51	-43	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	927	500	427	195	0.64	0	927	500	427	0	0	865	100	188	11958	9600	10857	9834	9965	9896	5933	51
51.5	-43.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	937	505	432	197	0.64	0	937	505	432	0	0	874	100	188	12147	9600	10857	9916	10122	9896	6022	51.5
52	-44	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	947	510	437	199	0.63	0	947	510	437	0	0	882	100	188	12335	9600	10857	9997	10279	9896	6111	52
52.5	-44.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	957	515	442	201	0.63	0	957	515	442	0	0	891	100	188	12524	9600	10857	10078	10436	9896	6200	52.5
53	-45	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	967	520	447	204	0.62	0	967	520	447	0	0	899	100	188	12712	9600	10857	10159	10594	9896	6289	53
53.5	-45.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	977	525	452	206	0.62	0	977	525	452	0	0	908	100	188	12901	9600	10857	10241	10751	9896	6378	53.5
54	-46	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	987	530	457	208	0.61	0	987	530	457	0	0	916	100	188	13089	9600	10857	10322	10908	9896	6466	54
54.5	-46.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	997	535	462	210	0.61	0	997	535	462	0	0	925	100	188	13278	9600	10857	10403	11065	9896	6555	54.5
55	-47	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	1007	540	467	213	0.60	0	1007	540	467	0	0	933	100	188	13466	9600	10857	10484	11222	9896	6644	55
55.5	-47.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	1017	545	472	215	0.60	0	1017	545	472	0	0	942	100	188	13655	9600	10857	10565	11379	9896	6733	55.5
56	-48	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	1027	550	477	217	0.59	0	1027	550	477	0	0	950	100	188	13843	9600	10857	10647	11536	9896	6822	56
56.5	-48.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	1037	555	482	220	0.59	0	1037	555	482	0	0	958	100	188	14032	9600	10857	10728	11693	9896	6911	56.5
57	-49	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	1047	560	487	222	0.58	0	1047	560	487	0	0	967	100	188	14220	9600	10857	10809	11850	9896	7000	57
57.5	-49.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	1057	565	492	224	0.58	0	1057	565	492	0	0	975	100	188	14409	9600	10857	10891	12007	9896	7089	57.5
58	-50	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	1.9	1067	570	497	226	0.57	0	1067	570	497	0	0	984	100	188	14597	9600	10857	10972	12164	9896	7177	58
58.5	-50.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1078	575	503	193	0.57	0	1078	575	503	0	0	992	100	188	14786	9600	10857	11053	12321	9896	7266	58.5
59	-51	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1088	580	508	195	0.56	0	1088	580	508	0	0	1001	100	188	14974	9600	10857	11134	12478	9896	7355	59
59.5	-51.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1098	585	513	197	0.56	0	1098	585	513	0	0	1009	100	188	15163	9600	10857	11216	12636	9896	7444	59.5
60	-52	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1108	590	518	199	0.55	0	1108	590	518	0	0	1018	100	188	15351	9600	10857	11297	12793	9896	7533	60
60.5	-52.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1119	595	524	201	0.55	0	1119	595	524	0	0	1026	100	188	15540	9600	10857	11378	12950	9896	7622	60.5
61	-53	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1129	600	529	203	0.54	0	1129	600	529	0	0	1035	100	188	15728	9600	10857	11459	13107	9896	7711	61
61.5	-53.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1139	605	534	205	0.54	0	1139	605	534	0	0	1043	100	188	15917	9600	10857	11541	13264	9896	7800	61.5
62	-54	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1149	610	539	207	0.53	0	1149	610	539	0	0	1052	100	188	16105	9600	10857	11622	13421	9896	7889	62
62.5	-54.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1160	615	545	209	0.53	0	1160	615	545	0	0	1060	100	188	16294	9600	10857	11703	13578	9896	7977	62.5
63	-55	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1170	620	550	211	0.52	0	1170	620	550	0	0	1069	100	188	16482	9600	10857	11784	13735	9896	8066	63
63.5	-55.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1180	625	555	213	0.52	0	1180	625	555	0	0	1077	100	188	16671	9600	10857	11866	13892	9896	8155	63.5
64	-56	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1190	630	560	215	0.51	0	1190	630	560	0	0	1086	100	188	16859	9600	10857	11947	14049	9896	8244	64
64.5	-56.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1201	635	566	217	0.51	0	1201	635	566	0	0	1094	100	188	17048	9600	10857	12028	14206	9896	8333	64.5
65	-57	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1211	640	571	219	0.50	0	1211	640	571	0	0	1103	100	188	17236	9600	10857	12109	14363	9896	8422	65
65.5	-57.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	1.9	1221	645	576	221	0.00	0	1221	645	576	0	0	1111	100	188	17425	9600	10857	12191	14521	9896	8511	65.5
66	-58	C	19	100	0.4						1.9	1231	650	581		0.00	0	1231	650	581	0	0	1120	40	75	17500	900	1018	7982	14583	9896	8551	66
66.5	-58.5	C	19	100	0.4						1.9	1240	655	585		0.00	0	1240	655	585	0	0	1128	40	75	17575	900	1018	8014	14646	9896	8591	66.5
67	-59	C	19	100	0.4						1.9	1250	660	590		0.00	0	1250	660	590	0	0	1137	40	75	17651	900	1018	8047	14709	9896	8631	67

Pile diameter	1.5 m	Soil unit weight	$\gamma$	19 kN/m <sup>3</sup>	Base resistance	
Base area	1.77 m <sup>2</sup>	Unloading due to excavation	$\delta_{exc}$	0 kN/m <sup>2</sup>	Undrained	
Initial Ground Level	8 m sil	Final pwp at base slab	U final	0 kN/m <sup>2</sup>	Drained	
Groundwater Level	7 m sil	Combined change in vert. total stress under slab due to excavation and re-application of water pressure	$\Delta \sigma_{tot}$	0 kN/m <sup>2</sup>	$q_{lim}$ limit for cohesion	
Pile head (base slab)	8 m sil				$q_{lim}$ limit for granular	
Poisson ratio $\nu$	0.5				$q_{lim}$ limit for cohesion	
$\nu/1-\nu$	1	Pile unit weight (effective)	$T_{pile}$	15 kN/m <sup>3</sup>	$q_{lim}$ limit for granular	

ARUP	Job No.	Sheet No.	Rev.
	243670-01		
	Member Location		
	Dirp. Ref.		
	Made by	AP	Date 06/06/2015 Chd.
Job Title	Tor di Valle Podium		
Calculation	Paio trivellato DA1 C1 D=1.5m - Comparto A4		

48.5	-40.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	797	475	322	147	0.67	0	797	475	322	0	0	1286	100	236	7578	9600	16965	16926	6315	15463	6383	48.5
49	-41	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	807	480	327	149	0.66	0	807	480	327	0	0	1299	100	236	7813	9600	16965	17088	6511	15463	6557	49
49.5	-41.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	817	485	332	151	0.66	0	817	485	332	0	0	1312	100	236	8049	9600	16965	17251	6707	15463	6732	49.5
50	-42	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	827	490	337	154	0.65	0	827	490	337	0	0	1325	100	236	8284	9600	16965	17413	6904	15463	6906	50
50.5	-42.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	837	495	342	156	0.65	0	837	495	342	0	0	1339	100	236	8520	9600	16965	17576	7100	15463	7081	50.5
51	-43	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	847	500	347	158	0.64	0	847	500	347	0	0	1352	100	236	8756	9600	16965	17738	7296	15463	7255	51
51.5	-43.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	857	505	352	160	0.64	0	857	505	352	0	0	1365	100	236	8991	9600	16965	17901	7493	15463	7429	51.5
52	-44	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	867	510	357	163	0.63	0	867	510	357	0	0	1378	100	236	9227	9600	16965	18063	7699	15463	7604	52
52.5	-44.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	877	515	362	165	0.63	0	877	515	362	0	0	1392	100	236	9462	9600	16965	18226	7885	15463	7778	52.5
53	-45	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	887	520	367	167	0.62	0	887	520	367	0	0	1405	100	236	9698	9600	16965	18388	8082	15463	7953	53
53.5	-45.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	897	525	372	170	0.62	0	897	525	372	0	0	1418	100	236	9934	9600	16965	18551	8278	15463	8127	53.5
54	-46	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	907	530	377	172	0.61	0	907	530	377	0	0	1431	100	236	10169	9600	16965	18713	8474	15463	8302	54
54.5	-46.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	917	535	382	174	0.61	0	917	535	382	0	0	1445	100	236	10405	9600	16965	18876	8671	15463	8476	54.5
55	-47	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	927	540	387	176	0.60	0	927	540	387	0	0	1458	100	236	10641	9600	16965	19038	8867	15463	8650	55
55.5	-47.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	937	545	392	179	0.60	0	937	545	392	0	0	1471	100	236	10876	9600	16965	19201	9063	15463	8825	55.5
56	-48	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	947	550	397	181	0.59	0	947	550	397	0	0	1484	100	236	11112	9600	16965	19363	9260	15463	8999	56
56.5	-48.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	957	555	402	183	0.59	0	957	555	402	0	0	1498	100	236	11347	9600	16965	19526	9456	15463	9174	56.5
57	-49	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	967	560	407	185	0.58	0	967	560	407	0	0	1511	100	236	11583	9600	16965	19688	9653	15463	9348	57
57.5	-49.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	977	565	412	188	0.58	0	977	565	412	0	0	1524	100	236	11819	9600	16965	19851	9849	15463	9523	57.5
58	-50	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	987	570	417	190	0.57	0	987	570	417	0	0	1537	100	236	12054	9600	16965	20013	10045	15463	9697	58
58.5	-50.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	998	575	423	162	0.57	0	998	575	423	0	0	1551	100	236	12290	9600	16965	20176	10242	15463	9871	58.5
59	-51	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1008	580	428	164	0.56	0	1008	580	428	0	0	1564	100	236	12526	9600	16965	20338	10438	15463	10046	59
59.5	-51.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1018	585	433	166	0.56	0	1018	585	433	0	0	1577	100	236	12761	9600	16965	20501	10634	15463	10220	59.5
60	-52	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1028	590	438	168	0.55	0	1028	590	438	0	0	1590	100	236	12997	9600	16965	20663	10831	15463	10395	60
60.5	-52.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1039	595	444	170	0.55	0	1039	595	444	0	0	1604	100	236	13232	9600	16965	20826	11027	15463	10569	60.5
61	-53	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1049	600	449	172	0.54	0	1049	600	449	0	0	1617	100	236	13468	9600	16965	20988	11223	15463	10744	61
61.5	-53.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1059	605	454	174	0.54	0	1059	605	454	0	0	1630	100	236	13704	9600	16965	21151	11420	15463	10918	61.5
62	-54	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1069	610	459	177	0.53	0	1069	610	459	0	0	1643	100	236	13939	9600	16965	21313	11616	15463	11092	62
62.5	-54.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1080	615	465	179	0.53	0	1080	615	465	0	0	1657	100	236	14175	9600	16965	21475	11812	15463	11267	62.5
63	-55	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1090	620	470	181	0.52	0	1090	620	470	0	0	1670	100	236	14410	9600	16965	21638	12009	15463	11441	63
63.5	-55.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1100	625	475	183	0.52	0	1100	625	475	0	0	1683	100	236	14646	9600	16965	21800	12205	15463	11616	63.5
64	-56	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1110	630	480	185	0.51	0	1110	630	480	0	0	1696	100	236	14882	9600	16965	21963	12401	15463	11790	64
64.5	-56.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1121	635	486	187	0.51	0	1121	635	486	0	0	1710	100	236	15117	9600	16965	22125	12598	15463	11964	64.5
65	-57	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1131	640	491	189	0.50	0	1131	640	491	0	0	1723	100	236	15353	9600	16965	22288	12794	15463	12139	65
65.5	-57.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1141	645	496	191	0.00	0	1141	645	496	0	0	1736	100	236	15589	9600	16965	22450	12990	15463	12313	65.5
66	-58	C	19	100	0.4						2.4	1151	650	501		0.00	0	1151	650	501	0	0	1749	40	94	15683	900	1590	11913	13069	15463	12390	66
66.5	-58.5	C	19	100	0.4						2.4	1160	655	505		0.00	0	1160	655	505	0	0	1763	40	94	15777	900	1590	11978	13148	15463	12467	66.5
67	-59	C	19	100	0.4						2.4	1170	660	510		0.00	0	1170	660	510	0	0	1776	40	94	15871	900	1590	12043	13226	15463	12544	67



ARUP	Job No.	Sheet No.	Rev.
	243670-01		
	Member Location		
	Dirg. Ref.		
Job Title	Tor di Valle Podium		
Calculation	Made by	AP	Date 06/06/2016 Chd.

48.5	-40.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	797	475	322	147	0.67	0	797	475	322	0	0	1286	100	236	7578	9600	16965	10486	6315	15463	4423	48.5
49	-41	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	807	480	327	149	0.66	0	807	480	327	0	0	1299	100	236	7813	9600	16965	10598	6511	15463	4537	49
49.5	-41.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	817	485	332	151	0.66	0	817	485	332	0	0	1312	100	236	8049	9600	16965	10710	6707	15463	4650	49.5
50	-42	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	827	490	337	154	0.65	0	827	490	337	0	0	1325	100	236	8284	9600	16965	10822	6904	15463	4764	50
50.5	-42.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	837	495	342	156	0.65	0	837	495	342	0	0	1339	100	236	8520	9600	16965	10935	7100	15463	4877	50.5
51	-43	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	847	500	347	158	0.64	0	847	500	347	0	0	1352	100	236	8756	9600	16965	11047	7296	15463	4991	51
51.5	-43.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	857	505	352	160	0.64	0	857	505	352	0	0	1365	100	236	8991	9600	16965	11159	7493	15463	5104	51.5
52	-44	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	867	510	357	163	0.63	0	867	510	357	0	0	1378	100	236	9227	9600	16965	11271	7699	15463	5218	52
52.5	-44.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	877	515	362	165	0.63	0	877	515	362	0	0	1392	100	236	9462	9600	16965	11383	7885	15463	5331	52.5
53	-45	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	887	520	367	167	0.62	0	887	520	367	0	0	1405	100	236	9698	9600	16965	11493	8082	15463	5445	53
53.5	-45.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	897	525	372	170	0.62	0	897	525	372	0	0	1418	100	236	9934	9600	16965	11594	8278	15463	5558	53.5
54	-46	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	907	530	377	172	0.61	0	907	530	377	0	0	1431	100	236	10169	9600	16965	11696	8474	15463	5672	54
54.5	-46.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	917	535	382	174	0.61	0	917	535	382	0	0	1445	100	236	10405	9600	16965	11797	8671	15463	5785	54.5
55	-47	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	927	540	387	176	0.60	0	927	540	387	0	0	1458	100	236	10641	9600	16965	11899	8867	15463	5899	55
55.5	-47.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	937	545	392	179	0.60	0	937	545	392	0	0	1471	100	236	10876	9600	16965	12000	9063	15463	6012	55.5
56	-48	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	947	550	397	181	0.59	0	947	550	397	0	0	1484	100	236	11112	9600	16965	12102	9260	15463	6126	56
56.5	-48.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	957	555	402	183	0.59	0	957	555	402	0	0	1498	100	236	11347	9600	16965	12203	9456	15463	6239	56.5
57	-49	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	967	560	407	185	0.58	0	967	560	407	0	0	1511	100	236	11583	9600	16965	12305	9653	15463	6353	57
57.5	-49.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	977	565	412	188	0.58	0	977	565	412	0	0	1524	100	236	11819	9600	16965	12407	9849	15463	6466	57.5
58	-50	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	987	570	417	190	0.57	0	987	570	417	0	0	1537	100	236	12054	9600	16965	12508	10045	15463	6579	58
58.5	-50.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	998	575	423	162	0.57	0	998	575	423	0	0	1551	100	236	12290	9600	16965	12610	10242	15463	6693	58.5
59	-51	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1008	580	428	164	0.56	0	1008	580	428	0	0	1564	100	236	12526	9600	16965	12711	10438	15463	6806	59
59.5	-51.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1018	585	433	166	0.56	0	1018	585	433	0	0	1577	100	236	12761	9600	16965	12813	10634	15463	6920	59.5
60	-52	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1028	590	438	168	0.55	0	1028	590	438	0	0	1590	100	236	12997	9600	16965	12914	10831	15463	7033	60
60.5	-52.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1039	595	444	170	0.55	0	1039	595	444	0	0	1604	100	236	13232	9600	16965	13016	11027	15463	7147	60.5
61	-53	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1049	600	449	172	0.54	0	1049	600	449	0	0	1617	100	236	13468	9600	16965	13118	11223	15463	7260	61
61.5	-53.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1059	605	454	174	0.54	0	1059	605	454	0	0	1630	100	236	13704	9600	16965	13219	11420	15463	7374	61.5
62	-54	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1069	610	459	177	0.53	0	1069	610	459	0	0	1643	100	236	13939	9600	16965	13321	11616	15463	7487	62
62.5	-54.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1080	615	465	179	0.53	0	1080	615	465	0	0	1657	100	236	14175	9600	16965	13422	11812	15463	7601	62.5
63	-55	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1090	620	470	181	0.52	0	1090	620	470	0	0	1670	100	236	14410	9600	16965	13524	12009	15463	7714	63
63.5	-55.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1100	625	475	183	0.52	0	1100	625	475	0	0	1683	100	236	14646	9600	16965	13625	12205	15463	7828	63.5
64	-56	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1110	630	480	185	0.51	0	1110	630	480	0	0	1696	100	236	14882	9600	16965	13727	12401	15463	7941	64
64.5	-56.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1121	635	486	187	0.51	0	1121	635	486	0	0	1710	100	236	15117	9600	16965	13828	12598	15463	8055	64.5
65	-57	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1131	640	491	189	0.50	0	1131	640	491	0	0	1723	100	236	15353	9600	16965	13930	12794	15463	8168	65
65.5	-57.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1141	645	496	191	0.00	0	1141	645	496	0	0	1736	100	236	15589	9600	16965	14032	12990	15463	8282	65.5
66	-58	C	19	100	0.4						2.4	1151	650	501		0.00	0	1151	650	501	0	0	1749	40	94	15683	900	1590	7445	13069	15463	8334	66
66.5	-58.5	C	19	100	0.4						2.4	1160	655	505		0.00	0	1160	655	505	0	0	1763	40	94	15777	900	1590	7486	13148	15463	8387	66.5
67	-59	C	19	100	0.4						2.4	1170	660	510		0.00	0	1170	660	510	0	0	1776	40	94	15871	900	1590	7527	13226	15463	8439	67



ARUP	Job No.	Sheet No.	Rev.
	243670-01		
	Member Location		
	Dirg. Ref.		
	Made by	AP	Date 06/06/2016 Chd.
Job Title	Tor di Valle Podium		
Calculation	Paio trivellato DA1 C1 D=1.5m - Comparto B1+C1		

48.5	-40.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	877	475	402	183	0.67	0	877	475	402	0	0	1286	100	236	13770	9600	16965	21196	11475	15463	10663	48.5
49	-41	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	887	480	407	185	0.66	0	887	480	407	0	0	1299	100	236	14005	9600	16965	21359	11671	15463	10628	49
49.5	-41.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	897	485	412	188	0.66	0	897	485	412	0	0	1312	100	236	14241	9600	16965	21521	11867	15463	11002	49.5
50	-42	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	907	490	417	190	0.65	0	907	490	417	0	0	1325	100	236	14477	9600	16965	21684	12064	15463	11177	50
50.5	-42.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	917	495	422	192	0.65	0	917	495	422	0	0	1339	100	236	14712	9600	16965	21846	12260	15463	11351	50.5
51	-43	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	927	500	427	195	0.64	0	927	500	427	0	0	1352	100	236	14948	9600	16965	22009	12457	15463	11526	51
51.5	-43.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	937	505	432	197	0.64	0	937	505	432	0	0	1365	100	236	15183	9600	16965	22171	12653	15463	11700	51.5
52	-44	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	947	510	437	199	0.63	0	947	510	437	0	0	1378	100	236	15419	9600	16965	22334	12849	15463	11874	52
52.5	-44.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	957	515	442	201	0.63	0	957	515	442	0	0	1392	100	236	15655	9600	16965	22496	13046	15463	12049	52.5
53	-45	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	967	520	447	204	0.62	0	967	520	447	0	0	1405	100	236	15890	9600	16965	22659	13242	15463	12223	53
53.5	-45.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	977	525	452	206	0.62	0	977	525	452	0	0	1418	100	236	16126	9600	16965	22821	13438	15463	12398	53.5
54	-46	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	987	530	457	208	0.61	0	987	530	457	0	0	1431	100	236	16362	9600	16965	22984	13635	15463	12572	54
54.5	-46.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	997	535	462	210	0.61	0	997	535	462	0	0	1445	100	236	16597	9600	16965	23146	13831	15463	12746	54.5
55	-47	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	1007	540	467	213	0.60	0	1007	540	467	0	0	1458	100	236	16833	9600	16965	23309	14027	15463	12921	55
55.5	-47.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	1017	545	472	215	0.60	0	1017	545	472	0	0	1471	100	236	17068	9600	16965	23471	14224	15463	13095	55.5
56	-48	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	1027	550	477	217	0.59	0	1027	550	477	0	0	1484	100	236	17304	9600	16965	23634	14420	15463	13270	56
56.5	-48.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	1037	555	482	220	0.59	0	1037	555	482	0	0	1498	100	236	17540	9600	16965	23796	14616	15463	13444	56.5
57	-49	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	1047	560	487	222	0.58	0	1047	560	487	0	0	1511	100	236	17775	9600	16965	23959	14813	15463	13619	57
57.5	-49.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	1057	565	492	224	0.58	0	1057	565	492	0	0	1524	100	236	18011	9600	16965	24121	15009	15463	13793	57.5
58	-50	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	1067	570	497	226	0.57	0	1067	570	497	0	0	1537	100	236	18246	9600	16965	24284	15205	15463	13967	58
58.5	-50.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1078	575	503	193	0.57	0	1078	575	503	0	0	1551	100	236	18482	9600	16965	24446	15402	15463	14142	58.5
59	-51	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1088	580	508	195	0.56	0	1088	580	508	0	0	1564	100	236	18718	9600	16965	24608	15598	15463	14316	59
59.5	-51.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1098	585	513	197	0.56	0	1098	585	513	0	0	1577	100	236	18953	9600	16965	24771	15794	15463	14491	59.5
60	-52	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1108	590	518	199	0.55	0	1108	590	518	0	0	1590	100	236	19189	9600	16965	24933	15991	15463	14665	60
60.5	-52.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1119	595	524	201	0.55	0	1119	595	524	0	0	1604	100	236	19425	9600	16965	25096	16187	15463	14840	60.5
61	-53	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1129	600	529	203	0.54	0	1129	600	529	0	0	1617	100	236	19660	9600	16965	25258	16384	15463	15014	61
61.5	-53.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1139	605	534	205	0.54	0	1139	605	534	0	0	1630	100	236	19896	9600	16965	25421	16580	15463	15188	61.5
62	-54	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1149	610	539	207	0.53	0	1149	610	539	0	0	1643	100	236	20131	9600	16965	25583	16776	15463	15363	62
62.5	-54.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1160	615	545	209	0.53	0	1160	615	545	0	0	1657	100	236	20367	9600	16965	25746	16973	15463	15537	62.5
63	-55	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1170	620	550	211	0.52	0	1170	620	550	0	0	1670	100	236	20603	9600	16965	25908	17169	15463	15712	63
63.5	-55.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1180	625	555	213	0.52	0	1180	625	555	0	0	1683	100	236	20838	9600	16965	26071	17365	15463	15886	63.5
64	-56	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1190	630	560	215	0.51	0	1190	630	560	0	0	1696	100	236	21074	9600	16965	26233	17562	15463	16061	64
64.5	-56.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1201	635	566	217	0.51	0	1201	635	566	0	0	1710	100	236	21310	9600	16965	26396	17758	15463	16235	64.5
65	-57	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1211	640	571	219	0.50	0	1211	640	571	0	0	1723	100	236	21545	9600	16965	26558	17954	15463	16409	65
65.5	-57.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1221	645	576	221	0.00	0	1221	645	576	0	0	1736	100	236	21781	9600	16965	26721	18151	15463	16584	65.5
66	-58	C	19	100	0.4						2.4	1231	650	581		0.00	0	1231	650	581	0	0	1749	40	94	21875	900	1590	16183	18229	15463	16661	66
66.5	-58.5	C	19	100	0.4						2.4	1240	655	585		0.00	0	1240	655	585	0	0	1763	40	94	21969	900	1590	16248	18308	15463	16738	66.5
67	-59	C	19	100	0.4						2.4	1250	660	590		0.00	0	1250	660	590	0	0	1776	40	94	22064	900	1590	16313	18386	15463	16815	67



ARUP	Job No.	Sheet No.	Rev.
	243670-01		
	Member/Location		
	Dirg. Ref.		
	Made by	AP	Date 06/06/2016 Chd.
Job Title	Tor di Valle Podium		
Calculation	Palo trivellato DA1 C2 D=1.5m - Comparto B1+C1		

48.5	-40.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	877	475	402	183	0.67	0	877	475	402	0	0	1286	100	236	13770	9600	16965	13248	11475	15463	7092	48.5
49	-41	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	887	480	407	185	0.66	0	887	480	407	0	0	1299	100	236	14005	9600	16965	13349	11671	15463	7206	49
49.5	-41.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	897	485	412	188	0.66	0	897	485	412	0	0	1312	100	236	14241	9600	16965	13451	11867	15463	7319	49.5
50	-42	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	907	490	417	190	0.65	0	907	490	417	0	0	1325	100	236	14477	9600	16965	13552	12064	15463	7433	50
50.5	-42.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	917	495	422	192	0.65	0	917	495	422	0	0	1339	100	236	14712	9600	16965	13654	12260	15463	7546	50.5
51	-43	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	927	500	427	195	0.64	0	927	500	427	0	0	1352	100	236	14948	9600	16965	13755	12457	15463	7660	51
51.5	-43.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	937	505	432	197	0.64	0	937	505	432	0	0	1365	100	236	15183	9600	16965	13857	12653	15463	7773	51.5
52	-44	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	947	510	437	199	0.63	0	947	510	437	0	0	1378	100	236	15419	9600	16965	13958	12849	15463	7887	52
52.5	-44.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	957	515	442	201	0.63	0	957	515	442	0	0	1392	100	236	15655	9600	16965	14060	13046	15463	8000	52.5
53	-45	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	967	520	447	204	0.62	0	967	520	447	0	0	1405	100	236	15890	9600	16965	14162	13242	15463	8114	53
53.5	-45.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	977	525	452	206	0.62	0	977	525	452	0	0	1418	100	236	16126	9600	16965	14263	13438	15463	8227	53.5
54	-46	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	987	530	457	208	0.61	0	987	530	457	0	0	1431	100	236	16362	9600	16965	14365	13635	15463	8341	54
54.5	-46.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	997	535	462	210	0.61	0	997	535	462	0	0	1445	100	236	16597	9600	16965	14466	13831	15463	8454	54.5
55	-47	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	1007	540	467	213	0.60	0	1007	540	467	0	0	1458	100	236	16833	9600	16965	14568	14027	15463	8568	55
55.5	-47.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	1017	545	472	215	0.60	0	1017	545	472	0	0	1471	100	236	17068	9600	16965	14669	14224	15463	8681	55.5
56	-48	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	1027	550	477	217	0.59	0	1027	550	477	0	0	1484	100	236	17304	9600	16965	14771	14420	15463	8795	56
56.5	-48.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	1037	555	482	220	0.59	0	1037	555	482	0	0	1498	100	236	17540	9600	16965	14873	14616	15463	8908	56.5
57	-49	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	1047	560	487	222	0.58	0	1047	560	487	0	0	1511	100	236	17775	9600	16965	14974	14813	15463	9022	57
57.5	-49.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	1057	565	492	224	0.58	0	1057	565	492	0	0	1524	100	236	18011	9600	16965	15076	15009	15463	9135	57.5
58	-50	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	2.4	1067	570	497	226	0.57	0	1067	570	497	0	0	1537	100	236	18246	9600	16965	15177	15205	15463	9249	58
58.5	-50.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1078	575	503	193	0.57	0	1078	575	503	0	0	1551	100	236	18482	9600	16965	15279	15402	15463	9362	58.5
59	-51	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1088	580	508	195	0.56	0	1088	580	508	0	0	1564	100	236	18718	9600	16965	15380	15598	15463	9476	59
59.5	-51.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1098	585	513	197	0.56	0	1098	585	513	0	0	1577	100	236	18953	9600	16965	15482	15794	15463	9589	59.5
60	-52	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1108	590	518	199	0.55	0	1108	590	518	0	0	1590	100	236	19189	9600	16965	15583	15991	15463	9702	60
60.5	-52.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1119	595	524	201	0.55	0	1119	595	524	0	0	1604	100	236	19425	9600	16965	15685	16187	15463	9816	60.5
61	-53	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1129	600	529	203	0.54	0	1129	600	529	0	0	1617	100	236	19660	9600	16965	15787	16384	15463	9929	61
61.5	-53.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1139	605	534	205	0.54	0	1139	605	534	0	0	1630	100	236	19896	9600	16965	15888	16580	15463	10043	61.5
62	-54	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1149	610	539	207	0.53	0	1149	610	539	0	0	1643	100	236	20131	9600	16965	15990	16776	15463	10156	62
62.5	-54.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1160	615	545	209	0.53	0	1160	615	545	0	0	1657	100	236	20367	9600	16965	16091	16973	15463	10270	62.5
63	-55	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1170	620	550	211	0.52	0	1170	620	550	0	0	1670	100	236	20603	9600	16965	16193	17169	15463	10383	63
63.5	-55.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1180	625	555	213	0.52	0	1180	625	555	0	0	1683	100	236	20838	9600	16965	16294	17365	15463	10497	63.5
64	-56	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1190	630	560	215	0.51	0	1190	630	560	0	0	1696	100	236	21074	9600	16965	16396	17562	15463	10610	64
64.5	-56.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1201	635	566	217	0.51	0	1201	635	566	0	0	1710	100	236	21310	9600	16965	16497	17758	15463	10724	64.5
65	-57	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1211	640	571	219	0.50	0	1211	640	571	0	0	1723	100	236	21545	9600	16965	16599	17954	15463	10837	65
65.5	-57.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	2.4	1221	645	576	221	0.00	0	1221	645	576	0	0	1736	100	236	21781	9600	16965	16701	18151	15463	10951	65.5
66	-58	C	19	100	0.4						2.4	1231	650	581		0.00	0	1231	650	581	0	0	1749	40	94	21875	900	1590	10114	18229	15463	11003	66
66.5	-58.5	C	19	100	0.4						2.4	1240	655	585		0.00	0	1240	655	585	0	0	1763	40	94	21969	900	1590	10155	18308	15463	11056	66.5
67	-59	C	19	100	0.4						2.4	1250	660	590		0.00	0	1250	660	590	0	0	1776	40	94	22064	900	1590	10196	18386	15463	11109	67

## 7.2. Calcolo di capacità portante – Pali infissi

Pile equivalent diameter	0.395 m	Soil unit weight	$\gamma_s$	19 kN/m <sup>3</sup>	Base resistance $q_{b, \text{uncorr}}$	Un drained
Base area	0.12 m <sup>2</sup>	Unloading due to excavation	$\sigma_{b, \text{uncorr}}$	0 kN/m <sup>2</sup>	$q_{b, \text{corr}}$	Drained
Initial Ground Level	8 m slm	Final pwp at base slab	$U_{\text{final}}$	0 kN/m <sup>2</sup>	$q_{b, \text{lim}}$	limit for cohesion
Groundwater level	7 m slm	Combined change in vert. total stress under slab due to excavation and re- application of water pressure	$\Delta \sigma_{\text{tot}}$	0 kN/m <sup>2</sup>	$q_{b, \text{lim}}$	limit for cohesion
Pile head (base slab)	8 m slm				$q_{b, \text{lim}}$	limit for cohesion
Poisson ratio $\nu'$	0.5				$q_{b, \text{lim}}$	limit for cohesion
$\sqrt{1-\nu'}$	1	Pile unit weight (effective)	$\gamma_{\text{pile}}$	15 kN/m <sup>3</sup>		

150605 PieChart Area A+B+C.xls : C1\_Driven\_A

ARUP	Job No.	Sheet No.	Rev.
	243670-01		
	Member Location		
	Dirg. Ref.		
	Made by	Date	Chd.
Job Title	Tor di Valle Podium		
Calculation	Palo battuto DA1 C1 D=0.35m - Comparto A4		

48.5	-40.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	797	475	322	147	0.67	0	797	475	322	0	0	89	100	62	2121	9600	1176	2274	1768	1072	1543	48.5
49	-41	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	807	480	327	149	0.66	0	807	480	327	0	0	90	100	62	2183	9600	1176	2317	1820	1072	1587	49
49.5	-41.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	817	485	332	151	0.66	0	817	485	332	0	0	91	100	62	2245	9600	1176	2360	1871	1072	1630	49.5
50	-42	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	827	490	337	154	0.65	0	827	490	337	0	0	92	100	62	2308	9600	1176	2403	1923	1072	1674	50
50.5	-42.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	837	495	342	156	0.65	0	837	495	342	0	0	93	100	62	2370	9600	1176	2446	1975	1072	1718	50.5
51	-43	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	847	500	347	158	0.64	0	847	500	347	0	0	94	100	62	2432	9600	1176	2488	2026	1072	1761	51
51.5	-43.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	857	505	352	160	0.64	0	857	505	352	0	0	95	100	62	2494	9600	1176	2531	2078	1072	1805	51.5
52	-44	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	867	510	357	163	0.63	0	867	510	357	0	0	96	100	62	2556	9600	1176	2574	2130	1072	1849	52
52.5	-44.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	877	515	362	165	0.63	0	877	515	362	0	0	97	100	62	2618	9600	1176	2617	2181	1072	1892	52.5
53	-45	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	887	520	367	167	0.62	0	887	520	367	0	0	97	100	62	2680	9600	1176	2659	2233	1072	1936	53
53.5	-45.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	897	525	372	170	0.62	0	897	525	372	0	0	98	100	62	2742	9600	1176	2702	2285	1072	1979	53.5
54	-46	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	907	530	377	172	0.61	0	907	530	377	0	0	99	100	62	2804	9600	1176	2745	2337	1072	2023	54
54.5	-46.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	917	535	382	174	0.61	0	917	535	382	0	0	100	100	62	2866	9600	1176	2788	2388	1072	2067	54.5
55	-47	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	927	540	387	176	0.60	0	927	540	387	0	0	101	100	62	2928	9600	1176	2831	2440	1072	2110	55
55.5	-47.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	937	545	392	179	0.60	0	937	545	392	0	0	102	100	62	2990	9600	1176	2873	2492	1072	2154	55.5
56	-48	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	947	550	397	181	0.59	0	947	550	397	0	0	103	100	62	3052	9600	1176	2916	2543	1072	2198	56
56.5	-48.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	957	555	402	183	0.59	0	957	555	402	0	0	104	100	62	3114	9600	1176	2959	2595	1072	2241	56.5
57	-49	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	967	560	407	185	0.58	0	967	560	407	0	0	105	100	62	3176	9600	1176	3002	2647	1072	2285	57
57.5	-49.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	977	565	412	188	0.58	0	977	565	412	0	0	106	100	62	3238	9600	1176	3045	2699	1072	2328	57.5
58	-50	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	987	570	417	190	0.57	0	987	570	417	0	0	107	100	62	3300	9600	1176	3087	2750	1072	2372	58
58.5	-50.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	998	575	423	162	0.57	0	998	575	423	0	0	108	100	62	3362	9600	1176	3130	2802	1072	2416	58.5
59	-51	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1008	580	428	164	0.56	0	1008	580	428	0	0	108	100	62	3424	9600	1176	3173	2854	1072	2459	59
59.5	-51.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1018	585	433	166	0.56	0	1018	585	433	0	0	109	100	62	3486	9600	1176	3216	2905	1072	2503	59.5
60	-52	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1028	590	438	168	0.55	0	1028	590	438	0	0	110	100	62	3548	9600	1176	3259	2957	1072	2546	60
60.5	-52.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1039	595	444	170	0.55	0	1039	595	444	0	0	111	100	62	3610	9600	1176	3301	3009	1072	2590	60.5
61	-53	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1049	600	449	172	0.54	0	1049	600	449	0	0	112	100	62	3673	9600	1176	3344	3060	1072	2634	61
61.5	-53.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1059	605	454	174	0.54	0	1059	605	454	0	0	113	100	62	3735	9600	1176	3387	3112	1072	2677	61.5
62	-54	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1069	610	459	177	0.53	0	1069	610	459	0	0	114	100	62	3797	9600	1176	3430	3164	1072	2721	62
62.5	-54.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1080	615	465	179	0.53	0	1080	615	465	0	0	115	100	62	3859	9600	1176	3472	3216	1072	2765	62.5
63	-55	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1090	620	470	181	0.52	0	1090	620	470	0	0	116	100	62	3921	9600	1176	3515	3267	1072	2808	63
63.5	-55.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1100	625	475	183	0.52	0	1100	625	475	0	0	117	100	62	3983	9600	1176	3558	3319	1072	2852	63.5
64	-56	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1110	630	480	185	0.51	0	1110	630	480	0	0	118	100	62	4045	9600	1176	3601	3371	1072	2895	64
64.5	-56.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1121	635	486	187	0.51	0	1121	635	486	0	0	119	100	62	4107	9600	1176	3644	3422	1072	2939	64.5
65	-57	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1131	640	491	189	0.50	0	1131	640	491	0	0	119	100	62	4169	9600	1176	3686	3474	1072	2983	65
65.5	-57.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1141	645	496	191	0.00	0	1141	645	496	0	0	120	100	62	4231	9600	1176	3729	3526	1072	3026	65.5
66	-58	C	19	100	0.5					0.6	1151	650	501		0.00	0	1151	650	501	0	0	121	50	31	4262	900	110	3015	3552	1072	3048	66	
66.5	-58.5	C	19	100	0.5					0.6	1160	655	505		0.00	0	1160	655	505	0	0	122	50	31	4293	900	110	3037	3577	1072	3071	66.5	
67	-59	C	19	100	0.5					0.6	1170	660	510		0.00	0	1170	660	510	0	0	123	50	31	4324	900	110	3058	3603	1072	3093	67	

ARUP	Job No.	Sheet No.	Rev.
	243670-01		
	Member Location		
	Job Title	Drp. Ref.	
	Tor di Valle Podium		
Calculation	Palo battuto DA1 C2 b=0.35m - Comparto A4	Made by	AP Date 06/06/2016 Cht.

Pile equivalent diameter 0.395 m  
Base area 0.12 m<sup>2</sup>  
Initial Ground Level 8 m slm  
Groundwater Level 7 m slm  
Pile head (base slab) 8 m slm  
Poisson ratio  $\nu'$  0.5  
 $\nu'/1-\nu'$  1

Soil unit weight  
Unloading due to excavation  
Final pwp at base slab  
Combined change in vert. total stress  
under slab due to excavation and re-  
application of water pressure  
Pile unit weight (effective)

$\gamma_{exc}$  19 kN/m<sup>3</sup>  
 $\Delta\sigma_{exc}$  0 kN/m<sup>2</sup>  
U final 0 kN/m<sup>2</sup>  
 $\Delta\sigma_{tot}$  0 kN/m<sup>2</sup>  
 $\gamma_{sub}$  15 kN/m<sup>3</sup>

Base resistance coefficient:  
Undrained  $N_u$   
Drained  $N_d$   
 $q_u$  limit for cohesive soil 100 kPa  
 $q_u$  limit for granular soil 100 kPa  
 $q_u$  limit for cohesive soil 2000 kPa  
 $q_u$  limit for granular soil 9600 kPa  
Tensione limite c/s 8750 kPa

Design approach  
Pile type  
NTC 2008 App1 C2  
Driven

Partial factors on action:  
Permanent unfavourable actions 1.00  
Permanent favourable actions 1.0  
Variable unfavourable actions 1.3  
Variable favourable actions 0.9  
Uplift

Partial factors on soil properties:  
Undrained shear strength 1  
Angle of shear resistance 1  
Correlation factors  $k_s$  from borehole number:  
Number of boreholes  
Factor  $\xi$  1.45

Partial resistance factors:  
Base resistance 1.45  
Shaft resistance (compression) 1.45  
Combined shaft and base resistance 1.45  
Shaft resistance in tension 0.0  
Factor to avoid load on base (SLS loads) 1.20

BREVE TERME

Pile length m	Level m slm	Materia Granular C-cohesive	$\gamma_u$ kN/m <sup>3</sup>	$C_u$ kPa	$\alpha$ -	$\varphi'$ °	$\delta'/\varphi'$ -	K -	$C_u$ fact. kPa	$\delta'$ °	$\tan\delta'$ -	Ko -	Lateral area m <sup>2</sup>	$\sigma'_{u, initial}$ kN/m <sup>2</sup>	U initial kN/m <sup>2</sup>	$\sigma'_{u, initial}$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma'_{u, initial}$ = $\sigma'_v \cdot k_u$ kN/m <sup>2</sup>	Is (vert) -	$\Delta\sigma_u$ = $\sigma'_v - \sigma'_{u, initial}$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma'_{u, final}$ = $\sigma'_v - \Delta\sigma_u$ kN/m <sup>2</sup>	U final kN/m <sup>2</sup>	$\sigma'_{u, final}$ = $\sigma'_v - U_{final}$ kN/m <sup>2</sup>	$\Delta u$ = $U_{final} - U_{initial}$ kN/m <sup>2</sup>	$\Delta\sigma'_v$ = $\sigma'_v - \sigma'_{u, final}$ kN/m <sup>2</sup>	Weight pile kN	Shaft resistance			Base Resistance		Compression		Tension		Pile length m
																										$q_{u, ult}$ = $\tan\delta' \cdot \sigma'_{u, final} \cdot K$ kN/m <sup>2</sup>	$\delta q_u$ ult. kN	$Q_{u=2}(\delta q_u)$ ult. kN	$Q_u$ ult. kPa	$Q_u$ ult. kN	$Q_{u=1}$ kN	Load on base kN	Stress concrete kN	$Q_{u=1}$ kN	
0	-8	C	19.5	0	0.65	0			0				0.6	0	0	0			1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1072	0	0	
0.5	-7.5	C	19.5	60	0.65	60			60				0.6	115	0	0			1.00	0	10	0	10	0	1	39	24	24	540	66	43	20	2	0.5	
1	-7	C	19.5	60	0.65	60			60				0.6	20	0	20			1.00	0	20	0	20	0	2	39	24	48	540	66	54	40	1072	4	1
1.5	-6.5	C	19.5	60	0.65	60			60				0.6	29	5	24			0.99	0	29	5	24	0	3	39	24	73	540	66	66	60	1072	6	1.5
2	-6	C	19.5	60	0.65	60			60				0.6	39	10	29			0.99	0	39	10	29	0	4	39	24	97	540	66	78	81	1072	7	2
2.5	-5.5	C	19.5	60	0.65	60			60				0.6	49	15	34			0.99	0	49	15	34	0	5	39	24	121	540	66	89	101	1072	9	2.5
3	-5	C	19.5	60	0.65	60			60				0.6	59	20	39			0.99	0	59	20	39	0	6	39	24	145	540	66	101	121	1072	11	3
3.5	-4.5	C	19.5	60	0.65	60			60				0.6	68	25	43			0.98	0	68	25	43	0	6	39	24	169	540	66	112	141	1072	13	3.5
4	-4	C	19.5	60	0.65	60			60				0.6	78	30	48			0.98	0	78	30	48	0	7	39	24	194	540	66	124	161	1072	15	4
4.5	-3.5	C	19.5	60	0.65	60			60				0.6	88	35	53			0.98	0	88	35	53	0	8	39	24	218	540	66	135	181	1072	17	4.5
5	-3	C	19.5	60	0.65	60			60				0.6	98	40	58			0.98	0	98	40	58	0	9	39	24	242	540	66	147	202	1072	19	5
5.5	-2.5	C	19.5	60	0.65	60			60				0.6	107	45	62			0.97	0	107	45	62	0	10	39	24	266	540	66	158	222	1072	21	5.5
6	-2	C	19.5	60	0.65	60			60				0.6	115	50	65			0.97	0	115	50	65	0	11	39	24	288	540	66	168	248	1072	23	6
6.5	-1.5	C	16	40	0.85	40			40				0.6	123	55	68			0.97	0	123	55	68	0	12	34	21	308	360	44	168	257	1072	24	6.5
7	-1	C	16	40	0.85	40			40				0.6	131	60	71			0.97	0	131	60	71	0	13	34	21	329	360	44	178	275	1072	26	7
7.5	-0.5	C	16	40	0.85	40			40				0.6	139	65	74			0.96	0	139	65	74	0	14	34	21	351	360	44	188	292	1072	28	7.5
8	0	C	16	40	0.85	40			40				0.6	147	70	77			0.96	0	147	70	77	0	15	34	21	372	360	44	198	310	1072	29	8
8.5	-0.5	C	16	40	0.85	40			40				0.6	155	75	80			0.96	0	155	75	80	0	16	34	21	393	360	44	208	327	1072	31	8.5
9	-1	C	16	40	0.85	40			40				0.6	163	80	83			0.96	0	163	80	83	0	17	34	21	414	360	44	218	345	1072	33	9
9.5	-1.5	C	16	40	0.85	40			40				0.6	171	85	86			0.95	0	171	85	86	0	17	34	21	435	360	44	228	362	1072	34	9.5
10	-2	C	16	40	0.85	40			40				0.6	179	90	89			0.95	0	179	90	89	0	18	34	21	456	360	44	238	380	1072	36	10
10.5	-2.5	C	16	40	0.85	40			40				0.6	187	95	92			0.95	0	187	95	92	0	19	34	21	477	360	44	248	398	1072	38	10.5
11	-3	C	16	40	0.85	40			40				0.6	195	100	95			0.94	0	195	100	95	0	20	34	21	498	360	44	258	415	1072	40	11
11.5	-3.5	C	16	40	0.85	40			40				0.6	203	105	96			0.94	0	203	105	96	0	21	34	21	519	360	44	268	433	1072	41	11.5
12	-4	C	16	40	0.85	40			40				0.6	211	110	101			0.93	0	211	110	101	0	22	34	21	540	360	44	278	450	1072	43	12
12.5	-4.5	C	16	40	0.85	40			40				0.6	219	115	104			0.93	0	219	115	104	0	23	34	21	562	360	44	288	468	1072	45	12.5
13	-5	C	16	40	0.85	40			40				0.6	227	120	107			0.92	0	227	120	107	0	24	34	21	583	360	44	298	486	1072	47	13
13.5	-5.5	C	16	40	0.85	40			40				0.6	235	125	110			0.92	0	235	125	110	0	25	34	21	604	360	44	308	503	1072	49	13.5
14	-6	C	16	40	0.85	40			40				0.6	243	130	113			0.91	0	243	130	113	0	26	34	21	625	360	44	318	521	1072	50	14
14.5	-6.5	C	16	40	0.85	40			40				0.6	251	135	116			0.91	0	251	135	116	0	27	34	21	646	360	44	328	538	1072	52	14.5
15	-7	C	16	40	0.85	40			40				0.6	259	140	119			0.90	0	259	140	119	0	28	34	21	667	360	44	338	556	1072	54	15
15.5	-7.5	C	16	40	0.85	40			40				0.6	267	145	122			0.90	0	267	145	122	0	29	34	21	688	360	44	348	573	1072	55	15.5
16	-8	C	16	40	0.85	40			40				0.6	275	150	125			0.89	0	275	150	125	0	30	34	21	709	360	44	358	591	1072	57	16
16.5	-8.5	C	16	40	0.85	40			40				0.6	283	155	128			0.89	0	283	155	128	0	31	34	21	730	360	44	368	609	1072	59	16.5
17	-9	C	16	40	0.85	40			40				0.6	291	160	131			0.88	0	291	160	131	0	32	34	21	751	360	44	378	626	1072	61	17
17.5	-9.5	C	16	40	0.85	40			40				0.6	299	165	134			0.88	0	299	165	134	0	33	34	21	772	360	44	388	644	1072	62	17.5
18	-10	C	16	40	0.85	40			40				0.6	307	170	137			0.87	0	307	170	137	0	34	34	21	794	360	44	398	661	1072	64	18
18.5	-10.5	C	16	40	0.85	40			40				0.6	315	175	140			0.87	0	315	175	140	0	35	34	21	815	360	44	408	679	1072	66	18.5
19	-11	C	16	40	0.85	40			40				0.6	323	180	143			0.86	0	323	180	143	0	36	34	21	836	360	44	418	696	1072	67	19
19.5	-11.5	C	16	40	0.85	40			40				0.6	331	185	146			0.86	0	331	185	146	0	37	34	21	857	360	44	429	714	1072	69	19.5
20	-12	C	16	40	0.85	40			40				0.6	339	190	149			0.85	0	339	190	149	0	38	34	21	878	360	44	439	732	1072	71	20
20.5	-12.5	C	16	40	0.85	40			40				0.6	347	195	152			0.85	0	347	195	152	0	39	34	21	899	360	44	449	749	1072	73	20.5
21	-13	C	16	40	0.85	40			40				0.6	355	200	155			0.85	0	355	200	155	0	40	34	21	920	360	44	459	767	1072	75	21
21.5	-13.5	C	16	40	0.85	40			40				0.6	363	205	158			0.84	0	36														

ARUP	Job No.	Sheet No.	Rev.
	243670-01		
	Member/Location		
	Dirp. Ref.		
	Made by	AP	Date 06/06/2016 Chd.
Job Title	Tor di Valle Podium		
Calculation	Palo battuto DA1 C2 D=0.35m - Comparto A4		

48.5	-40.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	797	475	322	147	0.67	0	797	475	322	0	0	89	100	62	2121	9600	1176	1568	1768	1072	172	48.5
49	-41	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	807	480	327	149	0.66	0	807	480	327	0	0	90	100	62	2183	9600	1176	1598	1820	1072	175	49
49.5	-41.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	817	485	332	151	0.66	0	817	485	332	0	0	91	100	62	2245	9600	1176	1628	1871	1072	179	49.5
50	-42	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	827	490	337	154	0.65	0	827	490	337	0	0	92	100	62	2308	9600	1176	1657	1923	1072	182	50
50.5	-42.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	837	495	342	156	0.65	0	837	495	342	0	0	93	100	62	2370	9600	1176	1687	1975	1072	186	50.5
51	-43	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	847	500	347	158	0.64	0	847	500	347	0	0	94	100	62	2432	9600	1176	1716	2026	1072	189	51
51.5	-43.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	857	505	352	160	0.64	0	857	505	352	0	0	95	100	62	2494	9600	1176	1746	2078	1072	193	51.5
52	-44	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	867	510	357	163	0.63	0	867	510	357	0	0	96	100	62	2556	9600	1176	1775	2130	1072	196	52
52.5	-44.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	877	515	362	165	0.63	0	877	515	362	0	0	97	100	62	2618	9600	1176	1805	2181	1072	200	52.5
53	-45	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	887	520	367	167	0.62	0	887	520	367	0	0	97	100	62	2680	9600	1176	1834	2233	1072	203	53
53.5	-45.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	897	525	372	170	0.62	0	897	525	372	0	0	98	100	62	2742	9600	1176	1864	2285	1072	207	53.5
54	-46	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	907	530	377	172	0.61	0	907	530	377	0	0	99	100	62	2804	9600	1176	1893	2337	1072	210	54
54.5	-46.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	917	535	382	174	0.61	0	917	535	382	0	0	100	100	62	2866	9600	1176	1923	2388	1072	214	54.5
55	-47	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	927	540	387	176	0.60	0	927	540	387	0	0	101	100	62	2928	9600	1176	1952	2440	1072	217	55
55.5	-47.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	937	545	392	179	0.60	0	937	545	392	0	0	102	100	62	2990	9600	1176	1982	2492	1072	221	55.5
56	-48	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	947	550	397	181	0.59	0	947	550	397	0	0	103	100	62	3052	9600	1176	2011	2543	1072	224	56
56.5	-48.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	957	555	402	183	0.59	0	957	555	402	0	0	104	100	62	3114	9600	1176	2041	2595	1072	228	56.5
57	-49	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	967	560	407	185	0.58	0	967	560	407	0	0	105	100	62	3176	9600	1176	2070	2647	1072	231	57
57.5	-49.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	977	565	412	188	0.58	0	977	565	412	0	0	106	100	62	3238	9600	1176	2100	2699	1072	235	57.5
58	-50	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	987	570	417	190	0.57	0	987	570	417	0	0	107	100	62	3300	9600	1176	2129	2750	1072	238	58
58.5	-50.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	998	575	423	162	0.57	0	998	575	423	0	0	108	100	62	3362	9600	1176	2159	2802	1072	242	58.5
59	-51	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1008	580	428	164	0.56	0	1008	580	428	0	0	108	100	62	3424	9600	1176	2188	2854	1072	245	59
59.5	-51.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1018	585	433	166	0.56	0	1018	585	433	0	0	109	100	62	3486	9600	1176	2218	2905	1072	249	59.5
60	-52	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1028	590	438	168	0.55	0	1028	590	438	0	0	110	100	62	3548	9600	1176	2247	2957	1072	252	60
60.5	-52.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1039	595	444	170	0.55	0	1039	595	444	0	0	111	100	62	3610	9600	1176	2277	3009	1072	256	60.5
61	-53	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1049	600	449	172	0.54	0	1049	600	449	0	0	112	100	62	3673	9600	1176	2306	3060	1072	259	61
61.5	-53.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1059	605	454	174	0.54	0	1059	605	454	0	0	113	100	62	3735	9600	1176	2336	3112	1072	263	61.5
62	-54	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1069	610	459	177	0.53	0	1069	610	459	0	0	114	100	62	3797	9600	1176	2365	3164	1072	266	62
62.5	-54.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1080	615	465	179	0.53	0	1080	615	465	0	0	115	100	62	3859	9600	1176	2395	3216	1072	270	62.5
63	-55	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1090	620	470	181	0.52	0	1090	620	470	0	0	116	100	62	3921	9600	1176	2424	3267	1072	273	63
63.5	-55.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1100	625	475	183	0.52	0	1100	625	475	0	0	117	100	62	3983	9600	1176	2454	3319	1072	277	63.5
64	-56	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1110	630	480	185	0.51	0	1110	630	480	0	0	118	100	62	4045	9600	1176	2483	3371	1072	280	64
64.5	-56.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1121	635	486	187	0.51	0	1121	635	486	0	0	119	100	62	4107	9600	1176	2513	3422	1072	284	64.5
65	-57	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1131	640	491	189	0.50	0	1131	640	491	0	0	119	100	62	4169	9600	1176	2542	3474	1072	287	65
65.5	-57.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1141	645	496	191	0.00	0	1141	645	496	0	0	120	100	62	4231	9600	1176	2572	3526	1072	291	65.5
66	-58	C	19	100	0.5		100			0.6	1151	650	501		0.00	0	1151	650	501	0	0	121	50	31	4262	900	110	2080	3552	1072	293	66	
66.5	-58.5	C	19	100	0.5		100			0.6	1160	655	505		0.00	0	1160	655	505	0	0	122	50	31	4293	900	110	2094	3577	1072	295	66.5	
67	-59	C	19	100	0.5		100			0.6	1170	660	510		0.00	0	1170	660	510	0	0	123	50	31	4324	900	110	2109	3603	1072	297	67	

ARUP	Job No. 243670-01		Sheet No.	Rev.
	Member Location			
	Job Title Tor di Valle Podium		Drp. Ref.	
	Calculation Palo battuto DA1 C1 D=0.35m - Comparto B1-C1		Made by AP	Date 06/06/2016 Cht.

Pile equivalent diameter 0.395 m  
Base area 0.12 m<sup>2</sup>  
Initial Ground Level 8 m sim  
Groundwater Level 7 m sim  
Pile head (base slab) 8 m sim  
Poisson ratio ν' 0.5  
ν'/1-ν' 1

Soil unit weight  
Unloading due to excavation  
Final pwp at base slab  
Combined change in vert. total stress under slab due to excavation and re-application of water pressure  
Pile unit weight (effective)

γ<sub>exc</sub> 19 kN/m<sup>3</sup>  
Δσ<sub>exc</sub> 0 kN/m<sup>2</sup>  
U final 0 kN/m<sup>2</sup>  
γ<sub>sat</sub> 15 kN/m<sup>3</sup>

Base resistance coefficient:  
Undrained N<sub>u</sub> 9  
Drained N<sub>u</sub> 80  
q<sub>u</sub> limit for cohesive soil 100 kPa  
q<sub>u</sub> limit for granular soil 100 kPa  
q<sub>u</sub> limit for cohesive soil 2000 kPa  
q<sub>u</sub> limit for granular soil 9600 kPa  
Tension limits c/s 8750 kPa

Design approach NTC 2008 App1 C1  
Pile type Driven

Partial factors on action:  
Permanent unfavourable actions 1.30  
Permanent favourable actions 1.0  
Variable unfavourable actions 1.5  
Variable favourable actions 0.0  
Uplift 0.9

Partial factors on soil properties:  
Undrained shear strength 1  
Angle of shear resistance 1  
Correlation factors k from borehole number:  
Number of boreholes 7  
Factor ζ 1.45

Partial resistance factors:  
Base resistance 1.00  
Shaft resistance (compression) 1.00  
Combined shaft and base resistance 1.00  
Shaft resistance in tension 0.0  
Factor to avoid load on base (SLS loads) 1.20

BREVE TERME

Pile length m	Level m sim	Material Granular Cohesive	γ <sub>o</sub> kN/m <sup>3</sup>	c <sub>u</sub> kPa	α	φ'	δ/φ'	K	c <sub>u</sub> fact.	φ' fact.	δ'	tanδ	K <sub>o</sub>	Lateral area m <sup>2</sup>	σ <sub>v</sub> initial kN/m <sup>2</sup>	u initial kN/m <sup>2</sup>	σ <sub>v</sub> ' initial kN/m <sup>2</sup>	σ <sub>v</sub> ' initial = σ <sub>v</sub> ' + k <sub>o</sub> kN/m <sup>2</sup>	Is (vert)	Δσ <sub>v</sub> = Δσ <sub>v</sub> + Δσ <sub>u</sub> kN/m <sup>2</sup>	σ <sub>v</sub> final = σ <sub>v</sub> + Δσ <sub>v</sub> kN/m <sup>2</sup>	u final kN/m <sup>2</sup>	σ <sub>v</sub> ' final kN/m <sup>2</sup>	Δu = Δσ <sub>v</sub> - Δu kN/m <sup>2</sup>	Δσ <sub>v</sub> ' = Δσ <sub>v</sub> - Δu kN/m <sup>2</sup>	Weight pile kN	Shaft Resistance		Base Resistance		NTC 2008 App1 C1		Tension		Pile length m
																											q <sub>u</sub> (ult) = tan δ' φ' <sub>ult</sub> + k <sub>o</sub> kN/m <sup>2</sup>	δQ <sub>u</sub> kN	Q <sub>u</sub> kPa	Q <sub>b</sub> kN	Q <sub>u</sub> kN	Q <sub>b</sub> kN	Q <sub>u</sub> kN	Q <sub>b</sub> kN	
0	8	C	19.5	0	0.65				0					0.6	0	0	0		1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1072	0	0	0	
0.5	7.5	C	19.5	60	0.65				60					0.6	10	0	10		1.00	0	10	0	0	1	39	24	24	540	66	62	20	1072	18	0.5	
1	7	C	19.5	60	0.65				60					0.6	20	0	20		1.00	0	20	0	0	2	39	24	48	540	66	79	40	1072	35	1	
1.5	6.5	C	19.5	60	0.65				60					0.6	29	5	24		0.99	0	29	5	24	0	3	39	24	73	540	66	96	60	1072	53	1.5
2	6	C	19.5	60	0.65				60					0.6	39	10	29		0.99	0	39	10	29	0	4	39	24	97	540	66	112	81	1072	70	2
2.5	5.5	C	19.5	60	0.65				60					0.6	49	15	34		0.99	0	49	15	34	0	5	39	24	121	540	66	129	101	1072	88	2.5
3	5	C	19.5	60	0.65				60					0.6	59	20	39		0.99	0	59	20	39	0	6	39	24	145	540	66	146	121	1072	105	3
3.5	4.5	C	19.5	60	0.65				60					0.6	68	25	43		0.98	0	68	25	43	0	6	39	24	169	540	66	162	141	1072	123	3.5
4	4	C	19.5	60	0.65				60					0.6	78	30	48		0.98	0	78	30	48	0	7	39	24	194	540	66	179	161	1072	140	4
4.5	3.5	C	19.5	60	0.65				60					0.6	88	35	53		0.98	0	88	35	53	0	8	39	24	218	540	66	196	181	1072	158	4.5
5	3	C	19.5	60	0.65				60					0.6	98	40	58		0.98	0	98	40	58	0	9	39	24	242	540	66	213	202	1072	175	5
5.5	2.5	C	19.5	60	0.65				60					0.6	107	45	62		0.97	0	107	45	62	0	10	39	24	266	540	66	229	222	1072	193	5.5
6	2	C	16	40	0.85				40					0.6	115	50	65		0.97	0	115	50	65	0	10	34	21	287	360	44	239	239	1072	208	6
6.5	1.5	C	16	40	0.85				40					0.6	123	55	68		0.97	0	123	55	68	0	12	34	21	308	360	44	243	257	1072	223	6.5
7	1	C	16	40	0.85				40					0.6	131	60	71		0.97	0	131	60	71	0	13	34	21	329	360	44	258	275	1072	239	7
7.5	0.5	C	16	40	0.85				40					0.6	139	65	74		0.96	0	139	65	74	0	14	34	21	351	360	44	272	292	1072	254	7.5
8	0	C	16	40	0.85				40					0.6	147	70	77		0.96	0	147	70	77	0	15	34	21	372	360	44	287	310	1072	270	8
8.5	-0.5	C	16	40	0.85				40					0.6	155	75	80		0.96	0	155	75	80	0	16	34	21	393	360	44	301	327	1072	285	8.5
9	-1	C	16	40	0.85				40					0.6	163	80	83		0.96	0	163	80	83	0	17	34	21	414	360	44	316	345	1072	300	9
9.5	-1.5	C	16	40	0.85				40					0.6	171	85	86		0.95	0	171	85	86	0	17	34	21	435	360	44	330	362	1072	316	9.5
10	-2	C	16	40	0.85				40					0.6	179	90	89		0.95	0	179	90	89	0	18	34	21	456	360	44	345	380	1072	331	10
10.5	-2.5	C	16	40	0.85				40					0.6	187	95	92		0.95	0	187	95	92	0	19	34	21	477	360	44	359	398	1072	346	10.5
11	-3	C	16	40	0.85				40					0.6	195	100	95		0.94	0	195	100	95	0	20	34	21	498	360	44	374	415	1072	362	11
11.5	-3.5	C	16	40	0.85				40					0.6	203	105	98		0.94	0	203	105	98	0	21	34	21	519	360	44	389	433	1072	377	11.5
12	-4	C	16	40	0.85				40					0.6	211	110	101		0.93	0	211	110	101	0	22	34	21	540	360	44	403	450	1072	393	12
12.5	-4.5	C	16	40	0.85				40					0.6	219	115	104		0.93	0	219	115	104	0	23	34	21	562	360	44	418	468	1072	408	12.5
13	-5	C	16	40	0.85				40					0.6	227	120	107		0.92	0	227	120	107	0	24	34	21	583	360	44	432	486	1072	423	13
13.5	-5.5	C	16	40	0.85				40					0.6	235	125	110		0.92	0	235	125	110	0	25	34	21	604	360	44	447	503	1072	439	13.5
14	-6	C	16	40	0.85				40					0.6	243	130	113		0.91	0	243	130	113	0	26	34	21	625	360	44	461	521	1072	454	14
14.5	-6.5	C	16	40	0.85				40					0.6	251	135	116		0.91	0	251	135	116	0	27	34	21	646	360	44	476	538	1072	469	14.5
15	-7	C	16	40	0.85				40					0.6	259	140	119		0.90	0	259	140	119	0	28	34	21	667	360	44	490	556	1072	485	15
15.5	-7.5	C	16	40	0.85				40					0.6	267	145	122		0.90	0	267	145	122	0	28	34	21	688	360	44	505	573	1072	500	15.5
16	-8	C	16	40	0.85				40					0.6	275	150	125		0.89	0	275	150	125	0	29	34	21	709	360	44	520	591	1072	516	16
16.5	-8.5	C	16	40	0.85				40					0.6	283	155	128		0.89	0	283	155	128	0	30	34	21	730	360	44	534	609	1072	531	16.5
17	-9	C	16	40	0.85				40					0.6	291	160	131		0.88	0	291	160	131	0	31	34	21	751	360	44	549	626	1072	546	17
17.5	-9.5	C	16	40	0.85				40					0.6	299	165	134		0.88	0	299	165	134	0	32	34	21	772	360	44	563	644	1072	562	17.5
18	-10	C	16	40	0.85				40					0.6	307	170	137		0.87	0	307	170	137	0	33	34	21	794	360	44	578	661	1072	577	18
18.5	-10.5	C	16	40	0.85				40					0.6	315	175	140		0.87	0	315	175	140	0	34	34	21	815	360	44	592	679	1072	592	18.5
19	-11	C	16	40	0.85				40					0.6	323	180	143		0.86	0	323	180	143	0	35	34	21	836	360	44	607	696	1072	608	19
19.5	-11.5	C	16	40	0.85				40					0.6	331	185	146		0.86	0	331	185	146	0	36	34	21	857	360	44	621	714	1072	623	19.5
20	-12	C	16	40	0.85				40					0.6	339	190	149		0.85	0	339	190	149	0	37	34	21	878	360	44	636	732	1072	639	20
20.5	-12.5	C	16	40	0.85				40					0.6	347	195	152		0.85	0	347	195	152	0	38	34	21	899	360	44	650	749	1072	654	20.5
21	-13	C	16	40	0.85				40					0.6	355	200	155		0.85	0	355	200	155	0	38	34	21	920	360	44	665	767	1072	669	21
21.5	-13.5	C	16	40	0.85				40					0.6	363	205	158		0.84	0	363	205	158	0	39	34	21	941	360	44	680	784	1072	685	21.5
22	-14	C	16	40	0.85																														

ARUP	Job No.	Sheet No.	Rev.
	243670-01		
	Member Location		
	Dirg. Ref.		
	Made by	AP	Date 06/06/2016 Chd.
Job Title	Tor di Valle Podium		
Calculation	Palo battuto DA1 C1 D=0.35m - Comparto B1+C1		

48.5	-40.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	877	475	402	183	0.67	0	877	475	402	0	0	89	100	62	3702	9600	1176	3365	3085	1072	2634	48.5
49	-41	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	887	480	407	185	0.66	0	887	480	407	0	0	90	100	62	3764	9600	1176	3407	3137	1072	2677	49
49.5	-41.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	897	485	412	188	0.66	0	897	485	412	0	0	91	100	62	3826	9600	1176	3450	3189	1072	2721	49.5
50	-42	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	907	490	417	190	0.65	0	907	490	417	0	0	92	100	62	3888	9600	1176	3493	3240	1072	2764	50
50.5	-42.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	917	495	422	192	0.65	0	917	495	422	0	0	93	100	62	3951	9600	1176	3536	3292	1072	2808	50.5
51	-43	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	927	500	427	195	0.64	0	927	500	427	0	0	94	100	62	4013	9600	1176	3579	3344	1072	2852	51
51.5	-43.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	937	505	432	197	0.64	0	937	505	432	0	0	95	100	62	4075	9600	1176	3621	3397	1072	2895	51.5
52	-44	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	947	510	437	199	0.63	0	947	510	437	0	0	96	100	62	4137	9600	1176	3664	3447	1072	2939	52
52.5	-44.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	957	515	442	201	0.63	0	957	515	442	0	0	97	100	62	4199	9600	1176	3707	3499	1072	2983	52.5
53	-45	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	967	520	447	204	0.62	0	967	520	447	0	0	98	100	62	4261	9600	1176	3750	3551	1072	3026	53
53.5	-45.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	977	525	452	206	0.62	0	977	525	452	0	0	98	100	62	4323	9600	1176	3793	3602	1072	3070	53.5
54	-46	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	987	530	457	208	0.61	0	987	530	457	0	0	99	100	62	4385	9600	1176	3835	3654	1072	3113	54
54.5	-46.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	997	535	462	210	0.61	0	997	535	462	0	0	100	100	62	4447	9600	1176	3878	3706	1072	3157	54.5
55	-47	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	1007	540	467	213	0.60	0	1007	540	467	0	0	101	100	62	4509	9600	1176	3921	3757	1072	3201	55
55.5	-47.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	1017	545	472	215	0.60	0	1017	545	472	0	0	102	100	62	4571	9600	1176	3964	3809	1072	3244	55.5
56	-48	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	1027	550	477	217	0.59	0	1027	550	477	0	0	103	100	62	4633	9600	1176	4007	3861	1072	3288	56
56.5	-48.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	1037	555	482	220	0.59	0	1037	555	482	0	0	104	100	62	4695	9600	1176	4049	3913	1072	3331	56.5
57	-49	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	1047	560	487	222	0.58	0	1047	560	487	0	0	105	100	62	4757	9600	1176	4092	3964	1072	3375	57
57.5	-49.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	1057	565	492	224	0.58	0	1057	565	492	0	0	106	100	62	4819	9600	1176	4135	4016	1072	3419	57.5
58	-50	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	1067	570	497	226	0.57	0	1067	570	497	0	0	107	100	62	4881	9600	1176	4178	4068	1072	3462	58
58.5	-50.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1078	575	503	193	0.57	0	1078	575	503	0	0	108	100	62	4943	9600	1176	4220	4119	1072	3506	58.5
59	-51	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1088	580	508	195	0.56	0	1088	580	508	0	0	109	100	62	5005	9600	1176	4263	4171	1072	3550	59
59.5	-51.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1098	585	513	197	0.56	0	1098	585	513	0	0	109	100	62	5067	9600	1176	4306	4223	1072	3593	59.5
60	-52	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1108	590	518	199	0.55	0	1108	590	518	0	0	110	100	62	5129	9600	1176	4349	4275	1072	3637	60
60.5	-52.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1119	595	524	201	0.55	0	1119	595	524	0	0	111	100	62	5191	9600	1176	4392	4326	1072	3680	60.5
61	-53	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1129	600	529	203	0.54	0	1129	600	529	0	0	112	100	62	5254	9600	1176	4434	4378	1072	3724	61
61.5	-53.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1139	605	534	205	0.54	0	1139	605	534	0	0	113	100	62	5316	9600	1176	4477	4430	1072	3768	61.5
62	-54	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1149	610	539	207	0.53	0	1149	610	539	0	0	114	100	62	5378	9600	1176	4520	4481	1072	3811	62
62.5	-54.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1160	615	545	209	0.53	0	1160	615	545	0	0	115	100	62	5440	9600	1176	4563	4533	1072	3855	62.5
63	-55	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1170	620	550	211	0.52	0	1170	620	550	0	0	116	100	62	5502	9600	1176	4606	4585	1072	3898	63
63.5	-55.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1180	625	555	213	0.52	0	1180	625	555	0	0	117	100	62	5564	9600	1176	4648	4636	1072	3942	63.5
64	-56	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1190	630	560	215	0.51	0	1190	630	560	0	0	118	100	62	5626	9600	1176	4691	4688	1072	3986	64
64.5	-56.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1201	635	566	217	0.51	0	1201	635	566	0	0	119	100	62	5688	9600	1176	4734	4740	1072	4029	64.5
65	-57	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1211	640	571	219	0.50	0	1211	640	571	0	0	119	100	62	5750	9600	1176	4777	4792	1072	4073	65
65.5	-57.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1221	645	576	221	0.00	0	1221	645	576	0	0	120	100	62	5812	9600	1176	4820	4843	1072	4117	65.5
66	-58	C	19	100	0.5					0.6	1231	650	581		0.00	0	1231	650	581	0	0	121	50	31	5843	900	110	4106	4869	1072	4139	66	
66.5	-58.5	C	19	100	0.5					0.6	1240	655	585		0.00	0	1240	655	585	0	0	122	50	31	5874	900	110	4127	4895	1072	4161	66.5	
67	-59	C	19	100	0.5					0.6	1250	660	590		0.00	0	1250	660	590	0	0	123	50	31	5905	900	110	4148	4921	1072	4183	67	

Pile length m	Level z m	Material G/granular C/cohesive	γs kN/m³	Cp kPa	α °	φ °	δ/φ °	K kN/m³	Cc fact.	φ fact.	tanδ °	Ko	Lateral area m²	σv initial		σv final		Is (vert)	Δσv = σv - σv0 kN/m²	σv final		Δu = σv0 - u0 kN/m²	Δσv = σv - σv0 kN/m²	Weight pile kN	small resistance		Base resistance		NITC 2008 App1 C2		Load on base kN	Stress concrete kN	NITC 2008 App1 C2	Pile length m	
														σv initial kN/m²	u initial kN/m²	σv initial kN/m²	σv final = σv - Is kN/m²			σv final kN/m²	u final kN/m²				σv final kN/m²	Qv0 = Rult - Q0 kN	Qv0 kN	Qv0 kN	Qv0 kN	Qv0 kN					Qv0 kN
0	8	C	19.5	0	0.65	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0	0	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0.5	7.5	C	19.5	60	0.65	0	0	0	0	0	0	0	0.6	10	0	10	0	1.00	0	10	0	10	0	1	39	24	0	540	66	43	20	1072	2	0.5	0
1	7	C	19.5	60	0.65	0	0	0	0	0	0	0	0.6	20	0	20	0	1.00	0	20	0	20	0	2	39	24	48	540	66	54	40	1072	4	1	0
1.5	6.5	C	19.5	60	0.65	0	0	0	0	0	0	0	0.6	29	5	24	0	0.99	0	29	5	24	0	3	39	24	73	540	66	66	60	1072	6	1.5	0
2	6	C	19.5	60	0.65	0	0	0	0	0	0	0	0.6	39	10	29	0	0.99	0	39	10	29	0	4	39	24	97	540	66	81	70	1072	7	2	0
2.5	5.5	C	19.5	60	0.65	0	0	0	0	0	0	0	0.6	49	15	34	0	0.99	0	49	15	34	0	5	39	24	121	540	66	89	101	1072	9	2.5	0
3	5	C	19.5	60	0.65	0	0	0	0	0	0	0	0.6	59	20	39	0	0.99	0	59	20	39	0	6	39	24	145	540	66	101	121	1072	11	3	0
3.5	4.5	C	19.5	60	0.65	0	0	0	0	0	0	0	0.6	68	25	43	0	0.98	0	68	25	43	0	6	39	24	169	540	66	112	141	1072	13	3.5	0
4	4	C	19.5	60	0.65	0	0	0	0	0	0	0	0.6	78	30	48	0	0.98	0	78	30	48	0	7	39	24	194	540	66	124	161	1072	15	4	0
4.5	3.5	C	19.5	60	0.65	0	0	0	0	0	0	0	0.6	88	35	53	0	0.98	0	88	35	53	0	8	39	24	218	540	66	135	181	1072	17	4.5	0
5	3	C	19.5	60	0.65	0	0	0	0	0	0	0	0.6	98	40	58	0	0.98	0	98	40	58	0	9	39	24	242	540	66	147	202	1072	19	5	0
5.5	2.5	C	19.5	60	0.65	0	0	0	0	0	0	0	0.6	107	45	62	0	0.97	0	107	45	62	0	10	39	24	266	540	66	158	222	1072	21	5.5	0
6	2	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	115	50	65	0	0.97	0	115	50	65	0	11	34	21	237	360	44	158	237	1072	22	6	0
6.5	1.5	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	123	55	68	0	0.97	0	123	55	68	0	12	34	21	308	360	44	168	259	1072	24	6.5	0
7	1	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	131	60	71	0	0.97	0	131	60	71	0	13	34	21	329	360	44	178	275	1072	26	7	0
7.5	0.5	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	139	65	74	0	0.96	0	139	65	74	0	14	34	21	351	360	44	188	292	1072	27	7.5	0
8	0	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	147	70	77	0	0.96	0	147	70	77	0	15	34	21	372	360	44	198	310	1072	29	8	0
8.5	-0.5	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	155	75	80	0	0.96	0	155	75	80	0	16	34	21	393	360	44	208	327	1072	31	8.5	0
9	-1	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	163	80	83	0	0.96	0	163	80	83	0	17	34	21	414	360	44	218	345	1072	33	9	0
9.5	-1.5	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	171	85	86	0	0.95	0	171	85	86	0	18	34	21	435	360	44	228	362	1072	34	9.5	0
10	-2	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	179	90	89	0	0.95	0	179	90	89	0	19	34	21	456	360	44	238	380	1072	36	10	0
10.5	-2.5	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	187	95	92	0	0.95	0	187	95	92	0	18	34	21	477	360	44	248	398	1072	38	10.5	0
11	-3	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	195	100	95	0	0.95	0	195	100	95	0	19	34	21	498	360	44	258	415	1072	40	11	0
11.5	-3.5	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	203	105	98	0	0.94	0	203	105	98	0	20	34	21	519	360	44	268	433	1072	41	11.5	0
12	-4	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	211	110	101	0	0.93	0	211	110	101	0	22	34	21	540	360	44	278	450	1072	43	12	0
12.5	-4.5	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	219	115	104	0	0.93	0	219	115	104	0	23	34	21	562	360	44	288	468	1072	45	12.5	0
13	-5	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	227	120	107	0	0.92	0	227	120	107	0	24	34	21	583	360	44	298	486	1072	47	13	0
13.5	-5.5	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	235	125	110	0	0.92	0	235	125	110	0	25	34	21	604	360	44	308	503	1072	48	13.5	0
14	-6	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	243	130	113	0	0.91	0	243	130	113	0	26	34	21	625	360	44	318	521	1072	50	14	0
14.5	-6.5	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	251	135	116	0	0.91	0	251	135	116	0	27	34	21	646	360	44	328	538	1072	52	14.5	0
15	-7	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	259	140	119	0	0.90	0	259	140	119	0	28	34	21	667	360	44	338	556	1072	54	15	0
15.5	-7.5	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	267	145	122	0	0.90	0	267	145	122	0	28	34	21	688	360	44	348	573	1072	55	15.5	0
16	-8	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	275	150	125	0	0.89	0	275	150	125	0	29	34	21	709	360	44	358	591	1072	57	16	0
16.5	-8.5	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	283	155	128	0	0.89	0	283	155	128	0	30	34	21	730	360	44	368	609	1072	59	16.5	0
17	-9	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	291	160	131	0	0.88	0	291	160	131	0	31	34	21	751	360	44	378	626	1072	61	17	0
17.5	-9.5	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	299	165	134	0	0.88	0	299	165	134	0	32	34	21	772	360	44	388	644	1072	62	17.5	0
18	-10	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	307	170	137	0	0.87	0	307	170	137	0	33	34	21	794	360	44	398	661	1072	64	18	0
18.5	-10.5	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	315	175	140	0	0.86	0	315	175	140	0	34	34	21	815	360	44	408	679	1072	65	18.5	0
19	-11	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	323	180	143	0	0.86	0	323	180	143	0	35	34	21	836	360	44	418	696	1072	67	19	0
19.5	-11.5	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	331	185	146	0	0.86	0	331	185	146	0	36	34	21	857	360	44	429	714	1072	69	19.5	0
20	-12	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	339	190	149	0	0.85	0	339	190	149	0	37	34	21	878	360	44	439	732	1072	71	20	0
20.5	-12.5	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	347	195	152	0	0.85	0	347	195	152	0	38	34	21	899	360	44	449	750	1072	73	20.5	0
21	-13	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	355	200	155	0	0.84	0	355	200	155	0	39	34	21	920	360	44	459	767	1072	74	21	0
21.5	-13.5	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	363	205	158	0	0.84	0	363	205	158	0	40	34	21	941	360	44	469	784	1072	76	21.5	0
22	-14	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	371	210	161	0	0.83	0	371	210	161	0	41	34	21	962	360	44	479	802	1072	78	22	0
22.5	-14.5	C	16	40	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0.6	379	215	164	0	0.83	0	379	21														

ARUP	Job No.	Sheet No.	Rev.
	243670-01		
	Member/Location		
	Dirg. Ref.		
	Made by	AP	Date 06/06/2016 Chd.
Job Title	Tor di Valle Podium		
Calculation	Palo battuto DA1 C2 D=0.35m - Comparto B1+C1		

48.5	-40.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	877	475	402	183	0.67	0	877	475	402	0	0	89	100	62	3702	9600	1176	2320	3085	1072	240	48.5
49	-41	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	887	480	407	185	0.66	0	887	480	407	0	0	90	100	62	3764	9600	1176	2350	3137	1072	243	49
49.5	-41.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	897	485	412	188	0.66	0	897	485	412	0	0	91	100	62	3826	9600	1176	2379	3189	1072	247	49.5
50	-42	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	907	490	417	190	0.65	0	907	490	417	0	0	92	100	62	3888	9600	1176	2409	3240	1072	250	50
50.5	-42.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	917	495	422	192	0.65	0	917	495	422	0	0	93	100	62	3951	9600	1176	2438	3292	1072	254	50.5
51	-43	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	927	500	427	195	0.64	0	927	500	427	0	0	94	100	62	4013	9600	1176	2468	3344	1072	257	51
51.5	-43.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	937	505	432	197	0.64	0	937	505	432	0	0	96	100	62	4075	9600	1176	2498	3396	1072	261	51.5
52	-44	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	947	510	437	199	0.63	0	947	510	437	0	0	96	100	62	4137	9600	1176	2527	3447	1072	264	52
52.5	-44.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	957	515	442	201	0.63	0	957	515	442	0	0	97	100	62	4199	9600	1176	2557	3499	1072	268	52.5
53	-45	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	967	520	447	204	0.62	0	967	520	447	0	0	97	100	62	4261	9600	1176	2586	3551	1072	271	53
53.5	-45.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	977	525	452	206	0.62	0	977	525	452	0	0	98	100	62	4323	9600	1176	2616	3602	1072	275	53.5
54	-46	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	987	530	457	208	0.61	0	987	530	457	0	0	99	100	62	4385	9600	1176	2645	3654	1072	278	54
54.5	-46.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	997	535	462	210	0.61	0	997	535	462	0	0	100	100	62	4447	9600	1176	2675	3706	1072	282	54.5
55	-47	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	1007	540	467	213	0.60	0	1007	540	467	0	0	101	100	62	4509	9600	1176	2704	3757	1072	285	55
55.5	-47.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	1017	545	472	215	0.60	0	1017	545	472	0	0	102	100	62	4571	9600	1176	2734	3809	1072	289	55.5
56	-48	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	1027	550	477	217	0.59	0	1027	550	477	0	0	103	100	62	4633	9600	1176	2763	3861	1072	292	56
56.5	-48.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	1037	555	482	220	0.59	0	1037	555	482	0	0	104	100	62	4695	9600	1176	2793	3913	1072	296	56.5
57	-49	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	1047	560	487	222	0.58	0	1047	560	487	0	0	105	100	62	4757	9600	1176	2822	3964	1072	299	57
57.5	-49.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	1057	565	492	224	0.58	0	1057	565	492	0	0	106	100	62	4819	9600	1176	2852	4016	1072	303	57.5
58	-50	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.6	1067	570	497	226	0.57	0	1067	570	497	0	0	107	100	62	4881	9600	1176	2881	4068	1072	306	58
58.5	-50.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1078	575	503	193	0.57	0	1078	575	503	0	0	108	100	62	4943	9600	1176	2911	4119	1072	310	58.5
59	-51	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1088	580	508	195	0.56	0	1088	580	508	0	0	108	100	62	5005	9600	1176	2940	4171	1072	313	59
59.5	-51.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1098	585	513	197	0.56	0	1098	585	513	0	0	109	100	62	5067	9600	1176	2970	4223	1072	317	59.5
60	-52	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1108	590	518	199	0.55	0	1108	590	518	0	0	110	100	62	5129	9600	1176	2999	4275	1072	320	60
60.5	-52.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1119	595	524	201	0.55	0	1119	595	524	0	0	111	100	62	5191	9600	1176	3029	4326	1072	324	60.5
61	-53	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1129	600	529	203	0.54	0	1129	600	529	0	0	112	100	62	5254	9600	1176	3058	4378	1072	327	61
61.5	-53.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1139	605	534	205	0.54	0	1139	605	534	0	0	113	100	62	5316	9600	1176	3088	4430	1072	331	61.5
62	-54	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1149	610	539	207	0.53	0	1149	610	539	0	0	114	100	62	5378	9600	1176	3117	4481	1072	334	62
62.5	-54.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1160	615	545	209	0.53	0	1160	615	545	0	0	115	100	62	5440	9600	1176	3147	4533	1072	338	62.5
63	-55	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1170	620	550	211	0.52	0	1170	620	550	0	0	116	100	62	5502	9600	1176	3176	4585	1072	341	63
63.5	-55.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1180	625	555	213	0.52	0	1180	625	555	0	0	117	100	62	5564	9600	1176	3206	4636	1072	345	63.5
64	-56	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1190	630	560	215	0.51	0	1190	630	560	0	0	118	100	62	5626	9600	1176	3235	4688	1072	348	64
64.5	-56.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1201	635	566	217	0.51	0	1201	635	566	0	0	119	100	62	5688	9600	1176	3265	4740	1072	352	64.5
65	-57	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1211	640	571	219	0.50	0	1211	640	571	0	0	119	100	62	5750	9600	1176	3294	4792	1072	355	65
65.5	-57.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.6	1221	645	576	221	0.00	0	1221	645	576	0	0	120	100	62	5812	9600	1176	3324	4843	1072	359	65.5
66	-58	C	19	100	0.5					0.6	1231	650	581	0	0.00	0	1231	650	581	0	0	121	50	31	5843	900	110	2832	4869	1072	361	66	
66.5	-58.5	C	19	100	0.5					0.6	1240	655	585	0	0.00	0	1240	655	585	0	0	122	50	31	5874	900	110	2846	4895	1072	363	66.5	
67	-59	C	19	100	0.5					0.6	1250	660	590	0	0.00	0	1250	660	590	0	0	123	50	31	5905	900	110	2861	4921	1072	365	67	

\\Globe\eurpe\l\ManJobs\200000\243670-01 Tor d Valle Podum\04 INTERNAL\4-03 Calculations\4-03-03 Geotechnical\Pali Area A+B+C\150606 PlotChart Area A+B+C.xls : C1\_Driven\_A

ARUP

Tor di Valle Podium

Calculation Palo battuto DA1 C1 D=0.45m - Comparto A4

Job No.	Sheet No.	Rev.
243670-01		
Member Location		
Dirg. Ref.		
Made by	AP	Date 06/06/2015 Chd.

48.5	-40.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	797	475	322	147	0.67	0	797	475	322	0	0	147	100	80	2723	9600	1938	3214	2269	1767	2010	48.5
49	-41	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	807	480	327	149	0.66	0	807	480	327	0	0	148	100	80	2803	9600	1938	3269	2335	1767	2066	49
49.5	-41.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	817	485	332	151	0.66	0	817	485	332	0	0	150	100	80	2882	9600	1938	3324	2402	1767	2123	49.5
50	-42	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	827	490	337	154	0.65	0	827	490	337	0	0	151	100	80	2962	9600	1938	3379	2468	1767	2179	50
50.5	-42.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	837	495	342	156	0.65	0	837	495	342	0	0	153	100	80	3041	9600	1938	3434	2535	1767	2235	50.5
51	-43	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	847	500	347	158	0.64	0	847	500	347	0	0	154	100	80	3121	9600	1938	3489	2601	1767	2291	51
51.5	-43.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	857	505	352	160	0.64	0	857	505	352	0	0	156	100	80	3201	9600	1938	3544	2667	1767	2348	51.5
52	-44	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	867	510	357	163	0.63	0	867	510	357	0	0	157	100	80	3280	9600	1938	3599	2734	1767	2404	52
52.5	-44.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	877	515	362	165	0.63	0	877	515	362	0	0	159	100	80	3360	9600	1938	3654	2800	1767	2460	52.5
53	-45	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	887	520	367	167	0.62	0	887	520	367	0	0	160	100	80	3440	9600	1938	3709	2866	1767	2517	53
53.5	-45.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	897	525	372	170	0.62	0	897	525	372	0	0	162	100	80	3519	9600	1938	3764	2933	1767	2573	53.5
54	-46	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	907	530	377	172	0.61	0	907	530	377	0	0	164	100	80	3599	9600	1938	3819	2999	1767	2629	54
54.5	-46.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	917	535	382	174	0.61	0	917	535	382	0	0	165	100	80	3679	9600	1938	3874	3065	1767	2685	54.5
55	-47	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	927	540	387	176	0.60	0	927	540	387	0	0	167	100	80	3758	9600	1938	3928	3132	1767	2742	55
55.5	-47.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	937	545	392	179	0.60	0	937	545	392	0	0	168	100	80	3838	9600	1938	3983	3198	1767	2798	55.5
56	-48	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	947	550	397	181	0.59	0	947	550	397	0	0	170	100	80	3917	9600	1938	4038	3265	1767	2854	56
56.5	-48.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	957	555	402	183	0.59	0	957	555	402	0	0	171	100	80	3997	9600	1938	4093	3331	1767	2911	56.5
57	-49	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	967	560	407	185	0.58	0	967	560	407	0	0	173	100	80	4077	9600	1938	4148	3397	1767	2967	57
57.5	-49.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	977	565	412	188	0.58	0	977	565	412	0	0	174	100	80	4156	9600	1938	4203	3464	1767	3023	57.5
58	-50	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	987	570	417	190	0.57	0	987	570	417	0	0	176	100	80	4236	9600	1938	4258	3530	1767	3079	58
58.5	-50.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	998	575	423	162	0.57	0	998	575	423	0	0	177	100	80	4316	9600	1938	4313	3596	1767	3136	58.5
59	-51	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1008	580	428	164	0.56	0	1008	580	428	0	0	179	100	80	4395	9600	1938	4368	3663	1767	3192	59
59.5	-51.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1018	585	433	166	0.56	0	1018	585	433	0	0	180	100	80	4475	9600	1938	4423	3729	1767	3248	59.5
60	-52	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1028	590	438	168	0.55	0	1028	590	438	0	0	182	100	80	4555	9600	1938	4478	3795	1767	3305	60
60.5	-52.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1039	595	444	170	0.55	0	1039	595	444	0	0	183	100	80	4634	9600	1938	4533	3862	1767	3361	60.5
61	-53	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1049	600	449	172	0.54	0	1049	600	449	0	0	185	100	80	4714	9600	1938	4588	3928	1767	3417	61
61.5	-53.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1059	605	454	174	0.54	0	1059	605	454	0	0	186	100	80	4793	9600	1938	4642	3995	1767	3473	61.5
62	-54	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1069	610	459	177	0.53	0	1069	610	459	0	0	188	100	80	4873	9600	1938	4697	4061	1767	3530	62
62.5	-54.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1080	615	465	179	0.53	0	1080	615	465	0	0	189	100	80	4953	9600	1938	4752	4127	1767	3586	62.5
63	-55	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1090	620	470	181	0.52	0	1090	620	470	0	0	191	100	80	5032	9600	1938	4807	4194	1767	3642	63
63.5	-55.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1100	625	475	183	0.52	0	1100	625	475	0	0	192	100	80	5112	9600	1938	4862	4260	1767	3699	63.5
64	-56	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1110	630	480	185	0.51	0	1110	630	480	0	0	194	100	80	5192	9600	1938	4917	4326	1767	3755	64
64.5	-56.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1121	635	486	187	0.51	0	1121	635	486	0	0	195	100	80	5271	9600	1938	4972	4393	1767	3811	64.5
65	-57	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1131	640	491	189	0.50	0	1131	640	491	0	0	197	100	80	5351	9600	1938	5027	4459	1767	3867	65
65.5	-57.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1141	645	496	191	0.00	0	1141	645	496	0	0	198	100	80	5431	9600	1938	5082	4526	1767	3924	65.5
66	-58	C	19	100	0.5					0.8	1151	650	501		0.00	0	1151	650	501	0	0	200	50	40	5470	900	182	3898	4559	1767	3953	66	
66.5	-58.5	C	19	100	0.5					0.8	1160	655	505		0.00	0	1160	655	505	0	0	201	50	40	5510	900	182	3925	4592	1767	3981	66.5	
67	-59	C	19	100	0.5					0.8	1170	660	510		0.00	0	1170	660	510	0	0	203	50	40	5550	900	182	3953	4625	1767	4010	67	

ARUP

Job No.

243670-01

Sheet No.

Rev.

Member Location

Tor di Valle Podium

Drp. Ref.

Calculation

Palo battuto DA1 C2 D=0.45m - Comparto A4

AP

Date

06/06/2016

Chd.

Pile equivalent diameter	0.507 m	Soil unit weight	19 kN/m³	Base resistance coefficient:	9	Design approach	NTC 2008 App1 C2	Partial factors on action:	Partial factors on soil properties:	Partial resistance factors:
Base area	0.20 m²	Unloading due to excavation	0 kN/m²	Undrained	N <sub>u</sub>	Pile type	Driven	Permanent unfavourable actions	Undrained shear strength	Base resistance
Initial Ground Level	8 m sim	Final pwp at base slab	0 kN/m²	Drained	N <sub>d</sub>			Permanent favourable actions	Angle of shear resistance	Shaft resistance (compression)
Groundwater Level	7 m sim	Combined change in vert. total stress	0 kN/m²					Variable unfavourable actions		Combined shaft and base resistance
Pile head (base slab)	8 m sim	under slab due to excavation and re-application of water pressure						Variable favourable actions		Shaft resistance in tension
Poisson ratio ν'	0.5							Uplift	Correlation factors k from borehole number:	Factor to avoid load on base (SLS loads)
ν/1-ν'	1								Number of boreholes	
									Factor ζ	

BREVE TERME

Pile length m	Level m slm	Materia Gcrgranular C-cohesive	γ <sub>s</sub> kN/m³	c <sub>u</sub> kPa	α	φ'	δ/φ'	K	c <sub>v</sub> fact. kPa	δ'	tanδ	K <sub>o</sub>	Lateral area m²	σ <sub>v</sub> initial kN/m²	u initial kN/m²	σ <sub>v</sub> initial kN/m²	σ <sub>v</sub> ' initial = σ <sub>v</sub> - c <sub>u</sub> kN/m²	Is (vert) -	Δσ <sub>v</sub> = σ <sub>v</sub> - Δσ <sub>vs</sub> kN/m²	σ <sub>v</sub> final = σ <sub>vs</sub> + Δσ <sub>v</sub> kN/m²	u final kN/m²	σ <sub>v</sub> final = σ <sub>vs</sub> - Δσ <sub>vs</sub> kN/m²	Δu = u <sub>vs</sub> - u <sub>ss</sub> kN/m²	Δσ <sub>v</sub> ' = σ <sub>v</sub> ' - σ <sub>v</sub> ' <sub>ss</sub> kN/m²	Weight pile kN	Shaft resistance		Base Resistance		NTC 2008 Appt C2		Compression		Tension		Pile length m	
																										q <sub>ult</sub> = tan δ' σ <sub>v</sub> ' <sub>ss</sub> * K kN/m²	Q <sub>ult</sub> kN	Q <sub>ult</sub> kPa	Q <sub>ult</sub> kN	Q <sub>ult</sub> kN	Q <sub>ult</sub> kN	Q <sub>ult</sub> kN	Q <sub>ult</sub> kN	Q <sub>ult</sub> kN	Q <sub>ult</sub> kN		
0	8	C	19.5	0	0.65			0					0.8	0	0	0		1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1767	0	0			
0.5	7.5	C	19.5	60	0.65			60					0.8	10	0	10		1.00	0	10	0	10	0	2	39	31	31	540	109	67	26	1767	3	0.5			
1	7	C	19.5	60	0.65			60					0.8	20	0	20		1.00	0	20	0	20	0	3	39	31	62	540	109	81	52	1767	5	1			
1.5	6.5	C	19.5	60	0.65			60					0.8	29	5	24		0.99	0	29	5	24	0	5	39	31	93	540	109	96	78	1767	8	1.5			
2	6	C	19.5	60	0.65			60					0.8	39	10	29		0.99	0	39	10	29	0	6	39	31	124	540	109	111	104	1767	11	2			
2.5	5.5	C	19.5	60	0.65			60					0.8	49	15	34		0.99	0	49	15	34	0	8	39	31	155	540	109	126	129	1767	14	2.5			
3	5	C	19.5	60	0.65			60					0.8	59	20	39		0.99	0	59	20	39	0	9	39	31	186	540	109	140	155	1767	16	3			
3.5	4.5	C	19.5	60	0.65			60					0.8	68	25	43		0.98	0	68	25	43	0	11	39	31	217	540	109	155	181	1767	19	3.5			
4	4	C	19.5	60	0.65			60					0.8	78	30	48		0.98	0	78	30	48	0	12	39	31	248	540	109	170	207	1767	22	4			
4.5	3.5	C	19.5	60	0.65			60					0.8	88	35	53		0.98	0	88	35	53	0	14	39	31	280	540	109	185	233	1767	24	4.5			
5	3	C	19.5	60	0.65			60					0.8	98	40	58		0.98	0	98	40	58	0	15	39	31	311	540	109	200	259	1767	27	5			
5.5	2.5	C	19.5	60	0.65			60					0.8	107	45	62		0.97	0	107	45	62	0	17	39	31	342	540	109	214	285	1767	30	5.5			
6	1.5	C	16	40	0.85			40					0.8	115	50	65		0.97	0	115	50	65	0	18	34	27	369	360	73	230	307	1767	32	6			
6.5	1.5	C	16	40	0.85			40					0.8	123	55	68		0.97	0	123	55	68	0	20	34	27	396	360	73	223	330	1767	35	6.5			
7	1	C	16	40	0.85			40					0.8	131	60	71		0.97	0	131	60	71	0	21	34	27	423	360	73	236	352	1767	37	7			
7.5	0.5	C	16	40	0.85			40					0.8	139	65	74		0.96	0	139	65	74	0	23	34	27	450	360	73	249	375	1767	40	7.5			
8	0	C	16	40	0.85			40					0.8	147	70	77		0.96	0	147	70	77	0	24	34	27	477	360	73	261	398	1767	42	8			
8.5	-0.5	C	16	40	0.85			40					0.8	155	75	80		0.96	0	155	75	80	0	26	34	27	504	360	73	274	420	1767	45	8.5			
9	-1	C	16	40	0.85			40					0.8	163	80	83		0.96	0	163	80	83	0	27	34	27	531	360	73	287	443	1767	47	9			
9.5	-1.5	C	16	40	0.85			40					0.8	171	85	86		0.95	0	171	85	86	0	29	34	27	558	360	73	300	465	1767	50	9.5			
10	-2	C	16	40	0.85			40					0.8	179	90	89		0.95	0	179	90	89	0	30	34	27	585	360	73	313	488	1767	52	10			
10.5	-2.5	C	16	40	0.85			40					0.8	187	95	92		0.95	0	187	95	92	0	32	34	27	612	360	73	326	510	1767	55	10.5			
11	-3	C	16	40	0.85			40					0.8	195	100	95		0.94	0	195	100	95	0	33	34	27	640	360	73	339	533	1767	58	11			
11.5	-3.5	C	16	40	0.85			40					0.8	203	105	96		0.94	0	203	105	96	0	34	34	27	667	360	73	352	556	1767	61	11.5			
12	-4	C	16	40	0.85			40					0.8	211	110	101		0.93	0	211	110	101	0	36	34	27	694	360	73	364	578	1767	63	12			
12.5	-4.5	C	16	40	0.85			40					0.8	219	115	104		0.93	0	219	115	104	0	38	34	27	721	360	73	377	601	1767	65	12.5			
13	-5	C	16	40	0.85			40					0.8	227	120	107		0.92	0	227	120	107	0	39	34	27	748	360	73	390	623	1767	68	13			
13.5	-5.5	C	16	40	0.85			40					0.8	235	125	110		0.92	0	235	125	110	0	41	34	27	775	360	73	403	646	1767	70	13.5			
14	-6	C	16	40	0.85			40					0.8	243	130	113		0.91	0	243	130	113	0	42	34	27	802	360	73	416	668	1767	73	14			
14.5	-6.5	C	16	40	0.85			40					0.8	251	135	116		0.91	0	251	135	116	0	44	34	27	829	360	73	429	691	1767	75	14.5			
15	-7	C	16	40	0.85			40					0.8	259	140	119		0.90	0	259	140	119	0	45	34	27	856	360	73	442	713	1767	78	15			
15.5	-7.5	C	16	40	0.85			40					0.8	267	145	122		0.90	0	267	145	122	0	47	34	27	883	360	73	455	736	1767	80	15.5			
16	-8	C	16	40	0.85			40					0.8	275	150	125		0.89	0	275	150	125	0	48	34	27	910	360	73	468	759	1767	83	16			
16.5	-8.5	C	16	40	0.85			40					0.8	283	155	128		0.89	0	283	155	128	0	50	34	27	937	360	73	480	781	1767	85	16.5			
17	-9	C	16	40	0.85			40					0.8	291	160	131		0.88	0	291	160	131	0	51	34	27	964	360	73	493	804	1767	88	17			
17.5	-9.5	C	16	40	0.85			40					0.8	299	165	134		0.88	0	299	165	134	0	53	34	27	992	360	73	506	826	1767	90	17.5			
18	-10	C	16	40	0.85			40					0.8	307	170	137		0.87	0	307	170	137	0	55	34	27	1019	360	73	519	849	1767	93	18			
18.5	-10.5	C	16	40	0.85			40					0.8	315	175	140		0.87	0	315	175	140	0	56	34	27	1046	360	73	532	871	1767	95	18.5			
19	-11	C	16	40	0.85			40					0.8	323	180	143		0.86	0	323	180	143	0	58	34	27	1073	360	73	545	894	1767	98	19			
19.5	-11.5	C	16	40	0.85			40					0.8	331	185	146		0.86	0	331	185	146	0	59	34	27	1100	360	73	558	917	1767	101	19.5			
20	-12	C	16	40	0.85			40					0.8	339	190	149		0.85	0	339	190	149	0	61	34	27	1127	360	73	571	939	1767	103	20			
20.5	-12.5	C	16	40	0.85																																

ARUP

Job No.

243670-01

Sheet No.

Rev.

Member Location

Job Title

Tor di Valle Podium

Calculation

Palo battuto DA1 C2 D=0.45m - Comparto A4

Dirp. Ref.

Made by

AP

Date

06/06/2015

Chd.

48.5	-40.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	797	475	322	147	0.67	0	797	475	322	0	0	147	100	80	2723	9600	1938	2217	2269	1767	250	48.5
49	-41	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	807	480	327	149	0.66	0	807	480	327	0	0	148	100	80	2803	9600	1938	2255	2335	1767	254	49
49.5	-41.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	817	485	332	151	0.66	0	817	485	332	0	0	150	100	80	2882	9600	1938	2293	2402	1767	259	49.5
50	-42	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	827	490	337	154	0.65	0	827	490	337	0	0	151	100	80	2962	9600	1938	2331	2468	1767	264	50
50.5	-42.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	837	495	342	156	0.65	0	837	495	342	0	0	153	100	80	3041	9600	1938	2368	2535	1767	269	50.5
51	-43	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	847	500	347	158	0.64	0	847	500	347	0	0	154	100	80	3121	9600	1938	2406	2601	1767	274	51
51.5	-43.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	857	505	352	160	0.64	0	857	505	352	0	0	156	100	80	3201	9600	1938	2444	2667	1767	278	51.5
52	-44	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	867	510	357	163	0.63	0	867	510	357	0	0	157	100	80	3280	9600	1938	2482	2734	1767	283	52
52.5	-44.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	877	515	362	165	0.63	0	877	515	362	0	0	159	100	80	3360	9600	1938	2520	2800	1767	288	52.5
53	-45	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	887	520	367	167	0.62	0	887	520	367	0	0	160	100	80	3440	9600	1938	2558	2866	1767	293	53
53.5	-45.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	897	525	372	170	0.62	0	897	525	372	0	0	162	100	80	3519	9600	1938	2596	2933	1767	298	53.5
54	-46	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	907	530	377	172	0.61	0	907	530	377	0	0	164	100	80	3599	9600	1938	2634	2999	1767	302	54
54.5	-46.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	917	535	382	174	0.61	0	917	535	382	0	0	165	100	80	3679	9600	1938	2671	3065	1767	307	54.5
55	-47	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	927	540	387	176	0.60	0	927	540	387	0	0	167	100	80	3758	9600	1938	2709	3132	1767	312	55
55.5	-47.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	937	545	392	179	0.60	0	937	545	392	0	0	168	100	80	3838	9600	1938	2747	3198	1767	317	55.5
56	-48	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	947	550	397	181	0.59	0	947	550	397	0	0	170	100	80	3917	9600	1938	2785	3265	1767	321	56
56.5	-48.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	957	555	402	183	0.59	0	957	555	402	0	0	171	100	80	3997	9600	1938	2823	3331	1767	326	56.5
57	-49	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	967	560	407	185	0.58	0	967	560	407	0	0	173	100	80	4077	9600	1938	2861	3397	1767	331	57
57.5	-49.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	977	565	412	188	0.58	0	977	565	412	0	0	174	100	80	4156	9600	1938	2899	3464	1767	336	57.5
58	-50	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	987	570	417	190	0.57	0	987	570	417	0	0	176	100	80	4236	9600	1938	2937	3530	1767	341	58
58.5	-50.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	998	575	423	162	0.57	0	998	575	423	0	0	177	100	80	4316	9600	1938	2974	3596	1767	345	58.5
59	-51	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1008	580	428	164	0.56	0	1008	580	428	0	0	179	100	80	4395	9600	1938	3012	3663	1767	350	59
59.5	-51.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1018	585	433	166	0.56	0	1018	585	433	0	0	180	100	80	4475	9600	1938	3050	3729	1767	355	59.5
60	-52	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1028	590	438	168	0.55	0	1028	590	438	0	0	182	100	80	4555	9600	1938	3088	3795	1767	360	60
60.5	-52.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1039	595	444	170	0.55	0	1039	595	444	0	0	183	100	80	4634	9600	1938	3126	3862	1767	365	60.5
61	-53	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1049	600	449	172	0.54	0	1049	600	449	0	0	185	100	80	4714	9600	1938	3164	3928	1767	369	61
61.5	-53.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1059	605	454	174	0.54	0	1059	605	454	0	0	186	100	80	4793	9600	1938	3202	3995	1767	374	61.5
62	-54	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1069	610	459	177	0.53	0	1069	610	459	0	0	188	100	80	4873	9600	1938	3240	4061	1767	379	62
62.5	-54.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1080	615	465	179	0.53	0	1080	615	465	0	0	189	100	80	4953	9600	1938	3277	4127	1767	384	62.5
63	-55	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1090	620	470	181	0.52	0	1090	620	470	0	0	191	100	80	5032	9600	1938	3315	4194	1767	389	63
63.5	-55.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1100	625	475	183	0.52	0	1100	625	475	0	0	192	100	80	5112	9600	1938	3353	4260	1767	393	63.5
64	-56	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1110	630	480	185	0.51	0	1110	630	480	0	0	194	100	80	5192	9600	1938	3391	4326	1767	398	64
64.5	-56.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1121	635	486	187	0.51	0	1121	635	486	0	0	195	100	80	5271	9600	1938	3429	4393	1767	403	64.5
65	-57	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1131	640	491	189	0.50	0	1131	640	491	0	0	197	100	80	5351	9600	1938	3467	4459	1767	408	65
65.5	-57.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1141	645	496	191	0.00	0	1141	645	496	0	0	198	100	80	5431	9600	1938	3505	4526	1767	413	65.5
66	-58	C	19	100	0.5					0.8	1151	650	501		0.00	0	1151	650	501	0	0	200	50	40	5470	900	182	2688	4559	1767	416	66	
66.5	-58.5	C	19	100	0.5					0.8	1160	655	505		0.00	0	1160	655	505	0	0	201	50	40	5510	900	182	2707	4582	1767	419	66.5	
67	-59	C	19	100	0.5					0.8	1170	660	510		0.00	0	1170	660	510	0	0	203	50	40	5550	900	182	2726	4625	1767	422	67	

\\Globe\Europe\Milani\Jobs\200000\243670-01 Tor di Valle Podum\04 INTERNAL\4-03 Calculations\4-03-03 Geotechnical\Pile Area A+B+C\150606 PileChart Area A+B+C.xls : C1\_Driven\_B+C

ARUP

Job No.  
243670-01

Sheet No.

Rev.

Member Location

Drp. Ref.

Job Title  
Tor di Valle Podium

Calculation  
Palo battuto DA1 C1 D=0.45m - Comparto B1+C1

Made by  
AP

Date  
06/06/2016

Chd.

48.5	-40.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	877	475	402	183	0.67	0	877	475	402	0	0	147	100	80	4752	9600	1938	4614	3960	1767	3410	48.5
49	-41	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	887	480	407	185	0.66	0	887	480	407	0	0	148	100	80	4832	9600	1938	4669	4026	1767	3466	49
49.5	-41.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	897	485	412	188	0.66	0	897	485	412	0	0	150	100	80	4911	9600	1938	4724	4093	1767	3522	49.5
50	-42	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	907	490	417	190	0.65	0	907	490	417	0	0	151	100	80	4991	9600	1938	4779	4159	1767	3578	50
50.5	-42.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	917	495	422	192	0.65	0	917	495	422	0	0	153	100	80	5071	9600	1938	4834	4226	1767	3635	50.5
51	-43	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	927	500	427	195	0.64	0	927	500	427	0	0	154	100	80	5150	9600	1938	4889	4292	1767	3691	51
51.5	-43.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	937	505	432	197	0.64	0	937	505	432	0	0	156	100	80	5230	9600	1938	4943	4358	1767	3747	51.5
52	-44	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	947	510	437	199	0.63	0	947	510	437	0	0	157	100	80	5310	9600	1938	4998	4425	1767	3804	52
52.5	-44.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	957	515	442	201	0.63	0	957	515	442	0	0	159	100	80	5389	9600	1938	5053	4491	1767	3860	52.5
53	-45	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	967	520	447	204	0.62	0	967	520	447	0	0	160	100	80	5469	9600	1938	5108	4557	1767	3916	53
53.5	-45.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	977	525	452	206	0.62	0	977	525	452	0	0	162	100	80	5549	9600	1938	5163	4624	1767	3972	53.5
54	-46	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	987	530	457	208	0.61	0	987	530	457	0	0	164	100	80	5628	9600	1938	5218	4690	1767	4029	54
54.5	-46.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	997	535	462	210	0.61	0	997	535	462	0	0	165	100	80	5708	9600	1938	5273	4756	1767	4085	54.5
55	-47	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	1007	540	467	213	0.60	0	1007	540	467	0	0	167	100	80	5787	9600	1938	5328	4823	1767	4141	55
55.5	-47.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	1017	545	472	215	0.60	0	1017	545	472	0	0	168	100	80	5867	9600	1938	5383	4889	1767	4198	55.5
56	-48	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	1027	550	477	217	0.59	0	1027	550	477	0	0	170	100	80	5947	9600	1938	5438	4956	1767	4254	56
56.5	-48.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	1037	555	482	220	0.59	0	1037	555	482	0	0	171	100	80	6026	9600	1938	5493	5022	1767	4310	56.5
57	-49	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	1047	560	487	222	0.58	0	1047	560	487	0	0	173	100	80	6106	9600	1938	5548	5088	1767	4366	57
57.5	-49.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	1057	565	492	224	0.58	0	1057	565	492	0	0	174	100	80	6186	9600	1938	5603	5155	1767	4423	57.5
58	-50	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	1067	570	497	226	0.57	0	1067	570	497	0	0	176	100	80	6265	9600	1938	5657	5221	1767	4479	58
58.5	-50.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1078	575	503	193	0.57	0	1078	575	503	0	0	177	100	80	6345	9600	1938	5712	5287	1767	4535	58.5
59	-51	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1088	580	508	195	0.56	0	1088	580	508	0	0	179	100	80	6425	9600	1938	5767	5354	1767	4592	59
59.5	-51.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1098	585	513	197	0.56	0	1098	585	513	0	0	180	100	80	6504	9600	1938	5822	5420	1767	4648	59.5
60	-52	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1108	590	518	199	0.55	0	1108	590	518	0	0	182	100	80	6584	9600	1938	5877	5487	1767	4704	60
60.5	-52.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1119	595	524	201	0.55	0	1119	595	524	0	0	183	100	80	6663	9600	1938	5932	5553	1767	4760	60.5
61	-53	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1129	600	529	203	0.54	0	1129	600	529	0	0	185	100	80	6743	9600	1938	5987	5619	1767	4817	61
61.5	-53.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1139	605	534	205	0.54	0	1139	605	534	0	0	186	100	80	6823	9600	1938	6042	5686	1767	4873	61.5
62	-54	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1149	610	539	207	0.53	0	1149	610	539	0	0	188	100	80	6902	9600	1938	6097	5752	1767	4929	62
62.5	-54.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1160	615	545	209	0.53	0	1160	615	545	0	0	189	100	80	6982	9600	1938	6152	5818	1767	4986	62.5
63	-55	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1170	620	550	211	0.52	0	1170	620	550	0	0	191	100	80	7062	9600	1938	6207	5885	1767	5042	63
63.5	-55.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1180	625	555	213	0.52	0	1180	625	555	0	0	192	100	80	7141	9600	1938	6262	5951	1767	5098	63.5
64	-56	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1190	630	560	215	0.51	0	1190	630	560	0	0	194	100	80	7221	9600	1938	6317	6017	1767	5154	64
64.5	-56.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1201	635	566	217	0.51	0	1201	635	566	0	0	195	100	80	7301	9600	1938	6372	6084	1767	5211	64.5
65	-57	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1211	640	571	219	0.50	0	1211	640	571	0	0	197	100	80	7380	9600	1938	6426	6150	1767	5267	65
65.5	-57.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1221	645	576	221	0.00	0	1221	645	576	0	0	198	100	80	7460	9600	1938	6481	6217	1767	5323	65.5
66	-58	C	19	100	0.5					0.8	1231	650	581		0.00	0	1231	650	581	0	0	200	50	40	7500	900	182	5298	6250	1767	5352	66	
66.5	-58.5	C	19	100	0.5					0.8	1240	655	585		0.00	0	1240	655	585	0	0	201	50	40	7539	900	182	5325	6263	1767	5381	66.5	
67	-59	C	19	100	0.5					0.8	1250	660	590		0.00	0	1250	660	590	0	0	203	50	40	7579	900	182	5352	6316	1767	5410	67	

1 GlobalEurope\Milano\Jobs\2020000\243670-01 Tor di Valle Podum\04 INTERNAL\4-03 Calculations\4-03-03 Geotechnical\Pali Area A+B+C\

ARUP	Job No.	Sheet No.	Rev.
	243670-01		
	Member/Location		
	Dirg. Ref.		
	Made by	AP	Date 06/06/2016 Chd.
Job Title	Tor di Valle Podium		
Calculation	Palo battuto DA1 C2 D=0.45m - Comparto B1+C1		

48.5	-40.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	877	475	402	183	0.67	0	877	475	402	0	0	147	100	80	4752	9600	1938	3182	3960	1767	337	48.5
49	-41	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	887	480	407	185	0.66	0	887	480	407	0	0	148	100	80	4832	9600	1938	3220	4026	1767	342	49
49.5	-41.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	897	485	412	188	0.66	0	897	485	412	0	0	150	100	80	4911	9600	1938	3258	4093	1767	347	49.5
50	-42	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	907	490	417	190	0.65	0	907	490	417	0	0	151	100	80	4991	9600	1938	3296	4159	1767	351	50
50.5	-42.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	917	495	422	192	0.65	0	917	495	422	0	0	153	100	80	5071	9600	1938	3334	4226	1767	356	50.5
51	-43	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	927	500	427	195	0.64	0	927	500	427	0	0	154	100	80	5150	9600	1938	3371	4292	1767	361	51
51.5	-43.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	937	505	432	197	0.64	0	937	505	432	0	0	156	100	80	5230	9600	1938	3409	4358	1767	366	51.5
52	-44	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	947	510	437	199	0.63	0	947	510	437	0	0	157	100	80	5310	9600	1938	3447	4425	1767	371	52
52.5	-44.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	957	515	442	201	0.63	0	957	515	442	0	0	159	100	80	5389	9600	1938	3485	4491	1767	375	52.5
53	-45	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	967	520	447	204	0.62	0	967	520	447	0	0	160	100	80	5469	9600	1938	3523	4557	1767	380	53
53.5	-45.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	977	525	452	206	0.62	0	977	525	452	0	0	162	100	80	5549	9600	1938	3561	4624	1767	385	53.5
54	-46	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	987	530	457	208	0.61	0	987	530	457	0	0	164	100	80	5628	9600	1938	3599	4690	1767	390	54
54.5	-46.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	997	535	462	210	0.61	0	997	535	462	0	0	165	100	80	5708	9600	1938	3637	4756	1767	395	54.5
55	-47	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	1007	540	467	213	0.60	0	1007	540	467	0	0	167	100	80	5787	9600	1938	3674	4823	1767	399	55
55.5	-47.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	1017	545	472	215	0.60	0	1017	545	472	0	0	168	100	80	5867	9600	1938	3712	4889	1767	404	55.5
56	-48	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	1027	550	477	217	0.59	0	1027	550	477	0	0	170	100	80	5947	9600	1938	3750	4956	1767	409	56
56.5	-48.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	1037	555	482	220	0.59	0	1037	555	482	0	0	171	100	80	6026	9600	1938	3788	5022	1767	414	56.5
57	-49	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	1047	560	487	222	0.58	0	1047	560	487	0	0	173	100	80	6106	9600	1938	3826	5088	1767	419	57
57.5	-49.5	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	1057	565	492	224	0.58	0	1057	565	492	0	0	174	100	80	6186	9600	1938	3864	5155	1767	423	57.5
58	-50	G	20	33	0.667	1	33.0	22	0.40	0.46	0.8	1067	570	497	226	0.57	0	1067	570	497	0	0	176	100	80	6265	9600	1938	3902	5221	1767	428	58
58.5	-50.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1078	575	503	193	0.57	0	1078	575	503	0	0	177	100	80	6345	9600	1938	3940	5287	1767	433	58.5
59	-51	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1088	580	508	195	0.56	0	1088	580	508	0	0	179	100	80	6425	9600	1938	3978	5354	1767	438	59
59.5	-51.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1098	585	513	197	0.56	0	1098	585	513	0	0	180	100	80	6504	9600	1938	4015	5420	1767	443	59.5
60	-52	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1108	590	518	0	0.55	0	1108	590	518	0	0	182	100	80	6584	9600	1938	4053	5487	1767	447	60
60.5	-52.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1119	595	524	201	0.55	0	1119	595	524	0	0	183	100	80	6663	9600	1938	4091	5553	1767	452	60.5
61	-53	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1129	600	529	203	0.54	0	1129	600	529	0	0	185	100	80	6743	9600	1938	4129	5619	1767	457	61
61.5	-53.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1139	605	534	205	0.54	0	1139	605	534	0	0	186	100	80	6823	9600	1938	4167	5686	1767	462	61.5
62	-54	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1149	610	539	207	0.53	0	1149	610	539	0	0	188	100	80	6902	9600	1938	4205	5752	1767	466	62
62.5	-54.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1160	615	545	210	0.53	0	1160	615	545	0	0	189	100	80	6982	9600	1938	4243	5818	1767	471	62.5
63	-55	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1170	620	550	211	0.52	0	1170	620	550	0	0	191	100	80	7062	9600	1938	4281	5885	1767	476	63
63.5	-55.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1180	625	555	213	0.52	0	1180	625	555	0	0	192	100	80	7141	9600	1938	4318	5951	1767	481	63.5
64	-56	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1190	630	560	215	0.51	0	1190	630	560	0	0	194	100	80	7221	9600	1938	4356	6017	1767	486	64
64.5	-56.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1201	635	566	217	0.51	0	1201	635	566	0	0	195	100	80	7301	9600	1938	4394	6084	1767	490	64.5
65	-57	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1211	640	571	219	0.50	0	1211	640	571	0	0	197	100	80	7380	9600	1938	4432	6150	1767	495	65
65.5	-57.5	G	20.5	38	0.667	1	38.0	25.3	0.47	0.38	0.8	1221	645	576	221	0.00	0	1221	645	576	0	0	198	100	80	7460	9600	1938	4470	6217	1767	500	65.5
66	-58	C	19	100	0.5					0.8	1231	650	581	0	0.00	0	1231	650	581	0	0	200	50	40	7500	900	182	3653	6250	1767	503	66	
66.5	-58.5	C	19	100	0.5					0.8	1240	655	585	0	0.00	0	1240	655	585	0	0	201	50	40	7539	900	182	3672	6263	1767	506	66.5	
67	-59	C	19	100	0.5					0.8	1250	660	590	0	0.00	0	1250	660	590	0	0	203	50	40	7579	900	182	3691	6316	1767	509	67	

### 7.3. Calcolo preliminare gruppi di pali

May 2004

Sum of input data	84582472.15
-------------------	-------------

**Arup Geotechnics (UK)**

**Tor di Valle Podium - Area A4 - Pareti di taglio**

1 for vertical loading only, 2 for x:z plane only, 3 for all 6 degrees of freedom

## Symbols

 $G_{02}$ 
$$G_0 + G_m L = 2.20E+04$$
Set to less than  $G_0 + G_m L$  for continuous profile $G_{0/}$  $Gm_{\ell}$ 

y

 $L_f$  $E_{\text{paf}}$ 
$$E_{pa}$$
 $E_{p/f}$ 
$$E_{p\ell}$$
$$N_c$$

	V (w)	H (u) x	M (θ) x to z	H (v) y	M (θ) y to z	T (φ) x to y	Loading Type
1	1.08E+04	0.00E+00	0.00E+00	-2.01E+04	-8.69E+04	0.00E+00	-1
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
0							
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
0							

[illegible]

**Output from PIGLET**

**Company name (licensee):** Arup Geotechnics (UK) Checksum 84582472.15

**Title:** Tor di Valle Podium - Area A4 - Pareti di taglio

Scope of problem General three-dimensional loading  
Total number of piles 8  
Number of load cases 1  
Pile head fixity Piles built into pile cap

**Results from each load case (sequentially)**

Load case number: 1

Pile cap loads and deformations Non-linear analysis; Increment No. 1

Vertical Load	Horizontal Load (x)	Moment (x to z)	Horizontal Load (y)	Moment (y to z)	Torque (x to y)
10840	0	0	-20065	-86858	0
Vertical Deflection	Horizontal Defn (x)	Rotation (x to z)	Horizontal Defn (y)	Rotation (y to z)	Torsion (x to y)
0.00332312	-5.689E-11	-4.747E-11	-0.0226201	-0.0011155	-1.897E-11

Pile head loads and moments

Pile No.	Axial Loads	Lateral Loads (x)	Moments (x to z)	Lateral Loads (y)	Moments (y to z)	Torques (x to y)
1	7090.16309	-2.259E-05	2.1679E-06	-3306.052	3256.42993	-4.923E-06
2	7090.16309	-2.259E-05	2.1679E-06	-3306.052	3256.43115	-4.923E-06
3	2538.01538	-4.367E-06	-1.726E-05	-1710.1986	1925.62341	-4.923E-06
4	2538.01538	-4.367E-06	-1.726E-05	-1710.1984	1925.62292	-4.923E-06
5	-285.48294	5.0718E-06	-2.889E-05	-1710.1984	1925.62292	-4.923E-06
6	-285.4827	5.0718E-06	-2.889E-05	-1710.1981	1925.62292	-4.923E-06
7	-3922.6963	2.1881E-05	-4.728E-05	-3306.0525	3256.43164	-4.923E-06
8	-3922.6963	2.1881E-05	-4.728E-05	-3306.0527	3256.43262	-4.923E-06

Load and deflection profiles (x-z plane)

Pile No.	1
Depth	0
Moment	2.1679E-06
Deflection	-1.096E-10

Pile No.	2
Depth	0
Moment	2.1679E-06
Deflection	-1.096E-10

Pile No.	3
Depth	0
Moment	-1.726E-05
Deflection	-5.714E-11

Pile No.	4
Depth	0
Moment	-1.726E-05
Deflection	-5.714E-11

Pile No.	5
Depth	0
Moment	-2.889E-05
Deflection	-3.315E-11

Pile No.	6
Depth	0
Moment	-2.889E-05
Deflection	-3.315E-11

Pile No.	7
Depth	0
Moment	-4.728E-05
Deflection	1.4292E-11

Pile No.	8
Depth	0
Moment	-4.728E-05
Deflection	1.4292E-11

Bending moment and deflection profiles (y-z plane)

Pile No.	1							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	3256.42993	1351.15552	257.652161	-275.03391	-419.6416	-542.58881	-485.74078	-282.18158
Deflection	-0.0100626	-0.0092122	-0.0076704	-0.0061089	-0.0049566	-0.0031813	-0.0015864	-0.0004397
Pile No.	2							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	3256.43115	1351.15649	257.652893	-275.03342	-419.64136	-542.58862	-485.74075	-282.18158
Deflection	-0.0100626	-0.0092122	-0.0076704	-0.0061089	-0.0049566	-0.0031813	-0.0015864	-0.0004397
Pile No.	3							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	1925.62341	899.180115	283.244873	-42.88213	-160.84056	-255.37877	-243.58621	-145.03897
Deflection	-0.0047151	-0.0045465	-0.0039219	-0.003208	-0.0026457	-0.0017204	-0.0008666	-0.0002422
Pile No.	4							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	1925.62292	899.179749	283.244659	-42.882202	-160.84059	-255.37875	-243.58618	-145.03894
Deflection	-0.0047151	-0.0045465	-0.0039219	-0.003208	-0.0026457	-0.0017204	-0.0008666	-0.0002422
Pile No.	5							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	1925.62292	899.179749	283.244659	-42.882202	-160.84059	-255.37875	-243.58618	-145.03894
Deflection	-0.0047151	-0.0045465	-0.0039219	-0.003208	-0.0026457	-0.0017204	-0.0008666	-0.0002422
Pile No.	6							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	1925.62292	899.17981	283.244781	-42.882088	-160.8405	-255.37868	-243.58614	-145.03893
Deflection	-0.0047151	-0.0045465	-0.0039219	-0.003208	-0.0026457	-0.0017204	-0.0008666	-0.0002422
Pile No.	7							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	3256.43164	1351.15649	257.652985	-275.03342	-419.64142	-542.58875	-485.74081	-282.18161
Deflection	-0.0100626	-0.0092122	-0.0076704	-0.0061089	-0.0049566	-0.0031813	-0.0015864	-0.0004397
Pile No.	8							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	3256.43262	1351.15735	257.653473	-275.03314	-419.64127	-542.58868	-485.74084	-282.18161
Deflection	-0.0100626	-0.0092122	-0.0076704	-0.0061089	-0.0049566	-0.0031813	-0.0015864	-0.0004397

Input data for PIGLET

Company name (licensee)

Title:

Scope of problem

Soil details:

Pile details:

Loading cases

Pile group geometry:

Version No: 5.1

May 2004

Arup Geotechnics (UK)

Tor di Valle Podium - Area C1 SX - Pareti di taglio

3

1 for vertical loading only, 2 for x:z plane only, 3 for all 6 degrees of freedom

22000

0.00E+00

9.00E+04

3.03E+04

0.00E+00

0.5

Symbols

$G_{oa}$

$G_{ma}$

$G_b$

$G_{of}$

$G_{mf}$

$\nu$

$G_o + G_m L = 2.20E+04$

Set to less than  $G_b + G_m L$  for continuous profile

0

3.36E+07

3.36E+07

8.66E+06

8.66E+06

1

$L_f$

$E_{paf}$

$E_{pa}$

$E_{pof}$

$E_{pf}$

$N_{fix}$

V (w)

H (u)

M (θ)

H (v)

M (θ)

T (φ)

Loading Type

8.45E+03

0.00E+00

0.00E+00

-1.80E+04

-8.01E+04

0.00E+00

-1

Shaft Diameter

Base Diameter

x co-ord

y co-ord

Embedded Length

Rake x to z ψ(x)

Rake y to z ψ(y)

Profile switches x:z

Profile switches y:z

1.20E+00

1.20E+00

-1.50E+00

-4.50E+00

6.10E+01

2

2

Pile loads (vertical loading only, fully flexible pile cap)

Axial pile capacities (vertical and horizontal loading, with negative load type)

Load case number

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

9324

9324

9324

9324

9324

9324

9324

9324

9324

9324

Page 71 -4

**Output from PIGLET**

**Company name (licensee):** Arup Geotechnics (UK) **Checksum** 84588864.15

**Title:** Tor di Valle Podium - Area C1 SX - Pareti di taglio

Scope of problem General three-dimensional loading  
Total number of piles 8  
Number of load cases 1  
Pile head fixity Piles built into pile cap

**Results from each load case (sequentially)**

Load case number: 1

Pile cap loads and deformations Non-linear analysis; Increment No. 1

Vertical Load	Horizontal Load (x)	Moment (x to z)	Horizontal Load (y)	Moment (y to z)	Torque (x to y)
8450	0	0	-18017	-80124	0
Vertical Deflection	Horizontal Defn (x)	Rotation (x to z)	Horizontal Defn (y)	Rotation (y to z)	Torsion (x to y)
0.00259044	-5.16E-11	-4.305E-11	-0.0203378	-0.0010229	-1.708E-11

Pile head loads and moments

Pile No.	Axial Loads	Lateral Loads (x)	Moments (x to z)	Lateral Loads (y)	Moments (y to z)	Torques (x to y)
1	6283.94287	-2.034E-05	1.8076E-06	-2969.105	2914.30103	-4.434E-06
2	6283.94287	-2.034E-05	1.8076E-06	-2969.105	2914.30225	-4.434E-06
3	2172.52002	-3.931E-06	-1.569E-05	-1535.1454	1718.8114	-4.434E-06
4	2172.52002	-3.931E-06	-1.569E-05	-1535.1453	1718.81079	-4.434E-06
5	-416.62515	4.5698E-06	-2.617E-05	-1535.1451	1718.81091	-4.434E-06
6	-416.62485	4.5698E-06	-2.617E-05	-1535.1449	1718.81079	-4.434E-06
7	-3814.8379	1.9704E-05	-4.272E-05	-2969.1052	2914.30298	-4.434E-06
8	-3814.8379	1.9703E-05	-4.272E-05	-2969.1057	2914.30347	-4.434E-06

nent and deflection profiles (x:z plane)

Pile No.	1							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	1.8076E-06	-6.827E-06	-9.754E-06	-9.208E-06	-6.834E-06	-5.252E-06	-3.57E-06	-1.807E-06
Deflection	-9.898E-11	-7.324E-11	-5.067E-11	-3.397E-11	-2.432E-11	-1.393E-11	-6.286E-12	-1.595E-12
Pile No.	2							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	1.8076E-06	-6.827E-06	-9.754E-06	-9.208E-06	-6.834E-06	-5.252E-06	-3.57E-06	-1.807E-06
Deflection	-9.898E-11	-7.324E-11	-5.067E-11	-3.397E-11	-2.432E-11	-1.393E-11	-6.286E-12	-1.595E-12
Pile No.	3							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	-1.569E-05	-1.464E-05	-1.186E-05	-8.393E-06	-5.063E-06	-2.698E-06	-1.201E-06	-4.111E-07
Deflection	-5.175E-11	-2.872E-11	-1.285E-11	-3.377E-12	7.3873E-13	2.2798E-12	1.8446E-12	6.69E-13
Pile No.	4							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	-1.569E-05	-1.464E-05	-1.186E-05	-8.393E-06	-5.063E-06	-2.698E-06	-1.201E-06	-4.111E-07
Deflection	-5.175E-11	-2.872E-11	-1.285E-11	-3.377E-12	7.3874E-13	2.2798E-12	1.8446E-12	6.69E-13
Pile No.	5							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	-2.617E-05	-1.986E-05	-1.383E-05	-8.551E-06	-4.474E-06	-1.523E-06	-1.91E-08	3.0633E-07
Deflection	-3.014E-11	-6.941E-12	6.4722E-12	1.2747E-11	1.4195E-11	1.111E-11	6.3237E-12	1.9275E-12
Pile No.	6							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	-2.617E-05	-1.986E-05	-1.383E-05	-8.551E-06	-4.474E-06	-1.523E-06	-1.91E-08	3.0633E-07
Deflection	-3.014E-11	-6.941E-12	6.4722E-12	1.2747E-11	1.4195E-11	1.111E-11	6.3237E-12	1.9275E-12
Pile No.	7							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	-4.272E-05	-2.742E-05	-1.604E-05	-7.972E-06	-2.937E-06	7.8724E-07	2.1518E-06	1.5917E-06
Deflection	1.2566E-11	3.373E-11	4.1269E-11	4.1038E-11	3.7443E-11	2.6184E-11	1.39E-11	4.0408E-12

Pile No.	8							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	-4.272E-05	-2.742E-05	-1.604E-05	-7.972E-06	-2.937E-06	7.8724E-07	2.1518E-06	1.5917E-06
Deflection	1.2566E-11	3.373E-11	4.1269E-11	4.1038E-11	3.7443E-11	2.6184E-11	1.39E-11	4.0408E-12

Bending moment and deflection profiles (y:z plane)

Pile No.	1							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	2914.30103	1204.94385	225.023743	-251.22406	-379.26086	-488.36353	-436.56128	-253.46169
Deflection	-0.0090579	-0.0082826	-0.0068906	-0.0054843	-0.004448	-0.0028539	-0.0014228	-0.0003943

Pile No.	2							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	2914.30225	1204.94482	225.024475	-251.22357	-379.26062	-488.3634	-436.56125	-253.46169
Deflection	-0.0090579	-0.0082826	-0.0068906	-0.0054843	-0.004448	-0.0028539	-0.0014228	-0.0003943

Pile No.	3							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	1718.8114	799.07843	248.213699	-42.495041	-146.64168	-230.25731	-218.96254	-130.23053
Deflection	-0.0042522	-0.0040899	-0.0035223	-0.0028777	-0.0023716	-0.0015413	-0.0007761	-0.0002168

Pile No.	4							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	1718.81079	799.078003	248.213409	-42.495232	-146.64178	-230.25734	-218.96254	-130.23051
Deflection	-0.0042522	-0.0040899	-0.0035223	-0.0028777	-0.0023716	-0.0015413	-0.000776	-0.0002168

Pile No.	5							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	1718.81091	799.078064	248.213593	-42.495171	-146.64175	-230.25731	-218.96251	-130.2305
Deflection	-0.0042522	-0.0040899	-0.0035223	-0.0028777	-0.0023716	-0.0015413	-0.000776	-0.0002168

Pile No.	6							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	1718.81079	799.078125	248.213608	-42.495064	-146.64169	-230.25725	-218.96246	-130.23048
Deflection	-0.0042522	-0.0040899	-0.0035223	-0.0028777	-0.0023716	-0.0015413	-0.000776	-0.0002168

Pile No.	7							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	2914.30298	1204.94543	225.024826	-251.22343	-379.26053	-488.3634	-436.56128	-253.4617
Deflection	-0.0090579	-0.0082826	-0.0068906	-0.0054843	-0.004448	-0.0028539	-0.0014228	-0.0003943

Pile No.	8							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	2914.30347	1204.94556	225.024796	-251.22353	-379.26059	-488.36346	-436.56134	-253.46175
Deflection	-0.0090579	-0.0082826	-0.0068906	-0.0054843	-0.004448	-0.0028539	-0.0014228	-0.0003943

**Input data for PIGLET**

**Version No:**

**5.1**

**May 2004**

Sum of input data

84597867.15

**Company name (licensee)**

**Arup Geotechnics (UK)**

**Title:**

**Tor di Valle Podium - Area C1 Cent - Pareti di taglio**

**Scope of problem**

**3**

1 for vertical loading only, 2 for x:z plane only, 3 for all 6 degrees of freedom

**Soil details:**

Axial: Surface shear modulus,  $G(0)$   
Axial: Shear modulus gradient,  $dG/dz$   
Axial: Shear modulus below base,  $G_b$   
Lateral: Surface shear modulus,  $G(0)$   
Lateral: Shear modulus gradient,  $dG/dz$   
Poisson's ratio (all loading modes)

**22000**  
**0.00E+00**  
**9.00E+04**  
**3.03E+04**  
**0.00E+00**  
**0.5**

Symbols

$G_{oa}$   
 $G_{ma}$   $G_o + G_m L = 2.20E+04$   
 $G_b$  Set to less than  $G_b + G_m L$  for continuous profile  
 $G_{of}$   
 $G_{mf}$   
 $\nu$

**Pile details:**

Free-standing length  
Young's modulus: Free-standing part (axial)  
Young's modulus: Embedded part (axial)  
Young's modulus: Free-standing part (lateral)  
Young's modulus: Embedded part (lateral)  
Piles pinned (0) or fixed (1) to pile cap

**0**  
**3.36E+07**  
**3.36E+07**  
**8.66E+06**  
**8.66E+06**  
**1**

$L_f$   
 $E_{paf}$   
 $E_{pa}$   
 $E_{pof}$   
 $E_{pf}$   
 $N_{fix}$

**Loading cases**

	V (w)	H (u)	M (θ)	H (v)	M (θ)	T (φ)	Loading Type
	x	x to z	y	y to z	x to y		
1	8.45E+03	0.00E+00	0.00E+00	-1.70E+04	-7.21E+04	0.00E+00	-1
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

**Pile group geometry:**

	Shaft Diameter	Base Diameter	x co-ord.	y co-ord.	Embedded Length	Rake x to z $\psi(x)$	Rake y to z $\psi(y)$	Profile switches x:z	Profile switches y:z	Pile loads (vertical loading only, fully flexible pile cap)									
										Axial pile capacities (vertical and horizontal loading, with negative load type)									
										Load case number									
										1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.20E+00	1.20E+00	-1.50E+00	-4.50E+00	6.10E+01			2	2	9324									
2	1.20E+00	1.20E+00	1.50E+00	-4.50E+00	6.10E+01			2	2	9324									
3	1.20E+00	1.20E+00	-1.50E+00	1.50E+00	6.10E+01			2	2	9324									
4	1.20E+00	1.20E+00	1.50E+00	-1.50E+00	6.10E+01			2	2	9324									
5	1.20E+00	1.20E+00	-1.50E+00	1.50E+00	6.10E+01			2	2	9324									
6	1.20E+00	1.20E+00	1.50E+00	1.50E+00	6.10E+01			2	2	9324									
7	1.20E+00	1.20E+00	-1.50E+00	4.50E+00	6.10E+01			2	2	9324									
8	1.20E+00	1.20E+00	1.50E+00	4.50E+00	6.10E+01			2	2	9324									
9																			

**Output from PIGLET**

**Company name (licensee):** Arup Geotechnics (UK) **Checksum** 84597867.15

**Title:** Tor di Valle Podium - Area C1 Cent - Pareti di taglio

Scope of problem General three-dimensional loading  
Total number of piles 8  
Number of load cases 1  
Pile head fixity Piles built into pile cap

**Results from each load case (sequentially)**

Load case number: 1

Pile cap loads and deformations Non-linear analysis; Increment No. 1

Vertical Load	Horizontal Load (x)	Moment (x to z)	Horizontal Load (y)	Moment (y to z)	Torque (x to y)
8450	0	0	-16993	-72145	0
Vertical Deflection	Horizontal Defn (x)	Rotation (x to z)	Horizontal Defn (y)	Rotation (y to z)	Torsion (x to y)
0.00259044	-4.723E-11	-3.941E-11	-0.0191394	-0.0009306	-1.603E-11

Pile head loads and moments

Pile No.	Axial Loads	Lateral Loads (x)	Moments (x to z)	Lateral Loads (y)	Moments (y to z)	Torques (x to y)
1	5828.24121	-1.908E-05	2.1677E-06	-2799.5579	2764.33447	-4.161E-06
2	5828.24121	-1.908E-05	2.1677E-06	-2799.5579	2764.33594	-4.161E-06
3	2055.68628	-3.696E-06	-1.425E-05	-1448.6924	1637.62085	-4.161E-06
4	2055.68628	-3.696E-06	-1.425E-05	-1448.692	1637.62036	-4.161E-06
5	-299.7915	4.2811E-06	-2.407E-05	-1448.692	1637.62048	-4.161E-06
6	-299.7912	4.2811E-06	-2.407E-05	-1448.6919	1637.62036	-4.161E-06
7	-3359.1365	1.8498E-05	-3.962E-05	-2799.5586	2764.33618	-4.161E-06
8	-3359.1362	1.8498E-05	-3.962E-05	-2799.5586	2764.33716	-4.161E-06

Load and deflection profiles (x-z plane)

Pile No.	1							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	2.1677E-06	-6.012E-06	-8.856E-06	-8.443E-06	-6.301E-06	-4.877E-06	-3.334E-06	-1.693E-06
Deflection	-9.189E-11	-6.827E-11	-4.744E-11	-3.196E-11	-2.297E-11	-1.321E-11	-5.986E-12	-1.525E-12
Pile No.	2							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	2.1677E-06	-6.012E-06	-8.856E-06	-8.443E-06	-6.301E-06	-4.877E-06	-3.334E-06	-1.693E-06
Deflection	-9.189E-11	-6.827E-11	-4.744E-11	-3.196E-11	-2.297E-11	-1.321E-11	-5.986E-12	-1.525E-12
Pile No.	3							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	-1.425E-05	-1.335E-05	-1.084E-05	-7.681E-06	-4.641E-06	-2.484E-06	-1.113E-06	-3.846E-07
Deflection	-4.762E-11	-2.654E-11	-1.199E-11	-3.277E-12	5.212E-13	1.9852E-12	1.6369E-12	5.979E-13
Pile No.	4							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	-1.425E-05	-1.335E-05	-1.084E-05	-7.681E-06	-4.641E-06	-2.484E-06	-1.113E-06	-3.846E-07
Deflection	-4.762E-11	-2.654E-11	-1.199E-11	-3.277E-12	5.212E-13	1.9852E-12	1.6369E-12	5.979E-13
Pile No.	5							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	-2.407E-05	-1.824E-05	-1.268E-05	-7.83E-06	-4.088E-06	-1.381E-06	-3.867E-09	2.8867E-07
Deflection	-2.734E-11	-6.103E-12	6.1472E-12	1.1854E-11	1.3149E-11	1.0272E-11	5.8403E-12	1.7789E-12
Pile No.	6							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	-2.407E-05	-1.824E-05	-1.268E-05	-7.83E-06	-4.088E-06	-1.381E-06	-3.868E-09	2.8867E-07
Deflection	-2.734E-11	-6.103E-12	6.1472E-12	1.1854E-11	1.3149E-11	1.0272E-11	5.8403E-12	1.7789E-12
Pile No.	7							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	-3.962E-05	-2.533E-05	-1.475E-05	-7.284E-06	-2.644E-06	7.9021E-07	2.0357E-06	1.4961E-06
Deflection	1.2788E-11	3.2109E-11	3.8837E-11	3.843E-11	3.4986E-11	2.443E-11	1.2957E-11	3.7639E-12

Pile No.	8							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	-3.962E-05	-2.533E-05	-1.475E-05	-7.284E-06	-2.644E-06	7.902E-07	2.0357E-06	1.4961E-06
Deflection	1.2788E-11	3.2109E-11	3.8837E-11	3.843E-11	3.4986E-11	2.443E-11	1.2957E-11	3.7639E-12

Bending moment and deflection profiles (y:z plane)

Pile No.	1							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	2764.33447	1149.80029	222.406799	-230.09637	-353.76636	-458.74988	-411.10767	-238.9245
Deflection	-0.0085072	-0.0077947	-0.006494	-0.0051744	-0.0041996	-0.002696	-0.0013447	-0.0003728

Pile No.	2							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	2764.33594	1149.80151	222.407776	-230.09576	-353.76599	-458.74973	-411.1076	-238.92448
Deflection	-0.0085072	-0.0077947	-0.006494	-0.0051744	-0.0041996	-0.002696	-0.0013447	-0.0003728

Pile No.	3							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	1637.62085	767.038818	243.942398	-33.668427	-134.74327	-215.65262	-206.13408	-122.83617
Deflection	-0.003981	-0.0038454	-0.0033209	-0.0027187	-0.0022434	-0.0014593	-0.0007353	-0.0002055

Pile No.	4							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	1637.62036	767.038452	243.94223	-33.668442	-134.74326	-215.65257	-206.13403	-122.83614
Deflection	-0.003981	-0.0038454	-0.0033209	-0.0027187	-0.0022434	-0.0014593	-0.0007353	-0.0002055

Pile No.	5							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	1637.62048	767.038574	243.942291	-33.668381	-134.74323	-215.65256	-206.13403	-122.83614
Deflection	-0.003981	-0.0038454	-0.0033209	-0.0027187	-0.0022434	-0.0014593	-0.0007353	-0.0002055

Pile No.	6							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	1637.62036	767.038513	243.942291	-33.668327	-134.74321	-215.65254	-206.13402	-122.83614
Deflection	-0.003981	-0.0038454	-0.0033209	-0.0027187	-0.0022434	-0.0014593	-0.0007353	-0.0002055

Pile No.	7							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	2764.33618	1149.80127	222.407486	-230.09598	-353.7662	-458.74988	-411.10773	-238.92456
Deflection	-0.0085072	-0.0077947	-0.006494	-0.0051744	-0.0041996	-0.002696	-0.0013447	-0.0003728

Pile No.	8							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	2764.33716	1149.80225	222.408096	-230.09561	-353.76596	-458.74976	-411.1077	-238.92455
Deflection	-0.0085072	-0.0077947	-0.006494	-0.0051744	-0.0041996	-0.002696	-0.0013447	-0.0003728

## Input data for PIGLET

Version No:

5.1

May 2004

Sum of input data

84587390.95

Company name (licensee)

Arup Geotechnics (UK)

Title:

Tor di Valle Podium - Area C1 DX - Pareti di taglio

Scope of problem

3

1 for vertical loading only, 2 for x:z plane only, 3 for all 6 degrees of freedom

## Soil details:

Axial: Surface shear modulus,  $G(0)$ 

22000

Symbols

Axial: Shear modulus gradient,  $dG/dz$ 

0.00E+00

 $G_{sa}$  $G_a + G_{sa}L = 2.20E+04$ Axial: Shear modulus below base,  $G_b$ 

9.00E+04

 $G_b$ Set to less than  $G_b + G_{sa}L$  for continuous profileLateral: Surface shear modulus,  $G(0)$ 

3.03E+04

 $G_{sl}$ Lateral: Shear modulus gradient,  $dG/dz$ 

0.00E+00

 $G_{sl}$ 

Poisson's ratio (all loading modes)

0.5

 $\nu$ 

## Pile details:

Free-standing length

0

 $L_f$ 

Young's modulus: Free-standing part (axial)

3.36E+07

 $E_{paf}$ 

Young's modulus: Embedded part (axial)

3.36E+07

 $E_{pa}$ 

Young's modulus: Free-standing part (lateral)

8.66E+06

 $E_{pff}$ 

Young's modulus: Embedded part (lateral)

8.66E+06

 $E_{pfl}$ 

Piles pinned (0) or fixed (1) to pile cap

1

 $N_{fix}$ 

## Loading cases

	V (w)	H (u) x	M (0) x to z	H (v) y	M (0) y to z	T (φ) x to y	Loading Type
1	8.45E+03	0.00E+00	0.00E+00	-2.17E+04	-9.67E+04	0.00E+00	-1
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

## Pile group geometry:

	Shaft Diameter	Base Diameter	x co-ord.	y co-ord.	Embedded Length	Rake x to z $\psi(x)$	Rake y to z $\psi(y)$	Profile switches x:z	y:z	Pile loads (vertical loading only, fully flexible pile cap) Axial pile capacities (vertical and horizontal loading, with negative load type)									
										Load case number									
										1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.20E+00	1.20E+00	-1.50E+00	-4.50E+00	6.10E+01			2	2	9324									
2	1.20E+00	1.20E+00	1.50E+00	-4.50E+00	6.10E+01			2	2	9324									
3	1.20E+00	1.20E+00	0.00E+00	-3.00E+00	6.10E+01			2	2	9324									
4	1.20E+00	1.20E+00	-1.50E+00	-1.50E+00	6.10E+01			2	2	9324									
5	1.20E+00	1.20E+00	1.50E+00	-1.50E+00	6.10E+01			2	2	9324									
6	1.20E+00	1.20E+00	-1.50E+00	1.50E+00	6.10E+01			2	2	9324									
7	1.20E+00	1.20E+00	1.50E+00	1.50E+00	6.10E+01			2	2	9324									
8	1.20E+00	1.20E+00	0.00E+00	3.00E+00	6.10E+01			2	2	9324									
9	1.20E+00	1.20E+00	-1.50E+00	4.50E+00	6.10E+01			2	2	9324									
10	1.20E+00	1.20E+00	1.50E+00	4.50E+00	6.10E+01			2	2	9324									
11																			

**Output from PIGLET**

**Company name (licensee):** Arup Geotechnics (UK) **Checksum** 84587390.95

**Title:** Tor di Valle Podium - Area C1 DX - Pareti di taglio

Scope of problem General three-dimensional loading  
Total number of piles 10  
Number of load cases 1  
Pile head fixity Piles built into pile cap

**Results from each load case (sequentially)**

Load case number: 1

Pile cap loads and deformations Non-linear analysis; Increment No. 1

Vertical Load	Horizontal Load (x)	Moment (x to z)	Horizontal Load (y)	Moment (y to z)	Torque (x to y)
8450	0	0	-21669	-96728	0
Vertical Deflection	Horizontal Defn (x)	Rotation (x to z)	Horizontal Defn (y)	Rotation (y to z)	Torsion (x to y)
0.00252725	4.7714E-11	3.7355E-11	-0.0242629	-0.0011849	4.0509E-11

Pile head loads and moments

Pile No.	Axial Loads	Lateral Loads (x)	Moments (x to z)	Lateral Loads (y)	Moments (y to z)	Torques (x to y)
1	6552.76807	4.7877E-05	-3.559E-05	-3460.8447	3409.50342	1.0515E-05
2	6552.76904	4.7877E-05	-3.559E-05	-3460.8457	3409.50342	1.0515E-05
3	3011.89038	1.12E-06	5.6963E-06	-416.15903	963.71759	1.0515E-05
4	1946.03479	9.8691E-06	5.2348E-06	-1748.3257	1978.27283	1.0515E-05
5	1946.03479	9.8691E-06	5.2348E-06	-1748.3268	1978.27356	1.0515E-05
6	-507.16367	-9.213E-06	2.866E-05	-1748.3235	1978.27014	1.0515E-05
7	-507.16376	-9.213E-06	2.866E-05	-1748.3232	1978.2699	1.0515E-05
8	-1744.6127	-6.344E-06	3.0504E-05	-416.16052	963.718689	1.0515E-05
9	-4400.2773	-4.592E-05	6.85E-05	-3460.8455	3409.50439	1.0515E-05
10	-4400.2793	-4.592E-05	6.85E-05	-3460.8445	3409.50269	1.0515E-05

**Bending moment and deflection profiles (x:z plane)**

Pile No.	1
Depth	0
Moment	-3.559E-05
Deflection	1.6925E-10
Pile No.	2
Depth	0
Moment	-3.559E-05
Deflection	1.6925E-10
Pile No.	3
Depth	0
Moment	5.6963E-06
Deflection	1.7234E-11
Pile No.	4
Depth	0
Moment	5.2348E-06
Deflection	6.0448E-11
Pile No.	5
Depth	0
Moment	5.2348E-06
Deflection	6.0448E-11
Pile No.	6
Depth	0
Moment	2.866E-05
Deflection	1.178E-11
Pile No.	7
Depth	0
Moment	2.866E-05

Deflection	1.178E-11	-7.886E-12	-1.764E-11	-2.091E-11	-2.045E-11	-1.493E-11	-8.155E-12	-2.418E-12
------------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

Pile No.	8							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	3.0504E-05	2.2738E-05	1.5582E-05	9.4715E-06	4.8525E-06	1.504E-06	-1.59E-07	-4.478E-07
Deflection	3.0009E-11	4.3498E-12	-1.009E-11	-1.654E-11	-1.773E-11	-1.362E-11	-7.669E-12	-2.321E-12

Pile No.	9							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	6.85E-05	3.8092E-05	1.8052E-05	5.7721E-06	-4.013E-07	-5.095E-06	-6.005E-06	-3.83E-06
Deflection	-9.246E-11	-1.068E-10	-1.021E-10	-8.947E-11	-7.673E-11	-5.14E-11	-2.647E-11	-7.525E-12

Pile No.	10							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	6.85E-05	3.8092E-05	1.8052E-05	5.7721E-06	-4.013E-07	-5.095E-06	-6.005E-06	-3.83E-06
Deflection	-9.246E-11	-1.068E-10	-1.021E-10	-8.947E-11	-7.673E-11	-5.14E-11	-2.647E-11	-7.525E-12

# Bending moment and deflection profiles (y:z plane)

Pile No.	1							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	3409.50342	1414.91943	270.091583	-287.66235	-439.14874	-567.92993	-508.46442	-295.39127
Deflection	-0.0105325	-0.009643	-0.0080294	-0.0063951	-0.0051889	-0.0033304	-0.0016608	-0.0004604

Pile No.	2							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	3409.50342	1414.91907	270.091034	-287.66278	-439.14911	-567.93018	-508.4646	-295.39136
Deflection	-0.0105325	-0.009643	-0.0080294	-0.0063951	-0.0051889	-0.0033304	-0.0016608	-0.0004604

Pile No.	3							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	963.71759	630.033752	376.905579	193.685562	76.3560944	-10.187379	-43.492939	-33.380337
Deflection	-0.0001406	-0.0006567	-0.00086	-0.000879	-0.0008116	-0.000572	-0.0003053	-8.908E-05

Pile No.	4							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	1978.27283	927.298828	295.605316	-39.831226	-162.15912	-260.05225	-248.70692	-148.23489
Deflection	-0.0048005	-0.004639	-0.0040074	-0.0032814	-0.002708	-0.0017617	-0.0008878	-0.0002481

Pile No.	5							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	1978.27356	927.299011	295.605133	-39.831482	-162.15938	-260.05246	-248.70709	-148.235
Deflection	-0.0048005	-0.004639	-0.0040074	-0.0032814	-0.002708	-0.0017617	-0.0008878	-0.0002481

Pile No.	6							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	1978.27014	927.297546	295.604767	-39.831261	-162.15898	-260.05194	-248.7066	-148.23471
Deflection	-0.0048005	-0.004639	-0.0040074	-0.0032814	-0.002708	-0.0017617	-0.0008878	-0.0002481

Pile No.	7							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	1978.2699	927.297424	295.604736	-39.831211	-162.15895	-260.05191	-248.70657	-148.2347
Deflection	-0.0048005	-0.004639	-0.0040074	-0.0032814	-0.002708	-0.0017617	-0.0008878	-0.0002481

Pile No.	8							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	963.718689	630.034058	376.905426	193.685287	76.3558197	-10.187665	-43.493172	-33.380466
Deflection	-0.0001406	-0.0006567	-0.00086	-0.000879	-0.0008116	-0.000572	-0.0003053	-8.908E-05

Pile No.	9							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	3409.50439	1414.92004	270.091644	-287.66232	-439.14883	-567.93005	-508.46451	-295.39133
Deflection	-0.0105325	-0.009643	-0.0080294	-0.0063951	-0.0051889	-0.0033304	-0.0016608	-0.0004604

Pile No.	10							
Depth	0	0.68942094	1.37884188	2.06826282	2.75768375	3.44710469	4.13652563	4.82594681
Moment	3409.50269	1414.91907	270.091095	-287.6626	-439.14883	-567.92999	-508.46439	-295.39124
Deflection	-0.0105325	-0.009643	-0.0080294	-0.0063951	-0.0051889	-0.0033304	-0.0016608	-0.0004604

Input data for PIGLET

Version No:

5.1

May 2004

Sum of input data

84645931.35

Company name (licensee)

Arup Geotechnics (UK)

Title:

Tor di Valle Podium - Area A4 - Nucleo

Scope of problem

3

1 for vertical loading only, 2 for x:z plane only, 3 for all 6 degrees of freedom

Soil details:

Axial: Surface shear modulus,  $G(0)$

22000

Symbols

$G_{sa}$

Axial: Shear modulus gradient,  $dG/dz$

0.00E+00

$Gm_a$

$G_o + G_m L = 2.20E+04$

Axial: Shear modulus below base,  $G_b$

9.00E+04

$G_b$

Set to less than  $G_o + G_m L$  for continuous profile

Lateral: Surface shear modulus,  $G(0)$

3.03E+04

$G_{of}$

Lateral: Shear modulus gradient,  $dG/dz$

0.00E+00

$Gm_l$

Poisson's ratio (all loading modes)

0.5

$\nu$

Pile details:

Free-standing length

0

$L_f$

Young's modulus: Free-standing part (axial)

3.36E+07

$E_{paf}$

Young's modulus: Embedded part (axial)

3.36E+07

$E_{pa}$

Young's modulus: Free-standing part (lateral)

8.66E+06

$E_{pif}$

Young's modulus: Embedded part (lateral)

8.66E+06

$E_{pil}$

Piles pinned (0) or fixed (1) to pile cap

1

$N_{fix}$

Loading cases

	V (w)	H (u) x	M (θ) x to z	H (v) y	M (θ) y to z	T (φ) x to y	Loading Type
1	2.58E+04	4.01E+04	-1.74E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Pile group geometry:

	Shaft Diameter	Base Diameter	x co-ord.	y co-ord.	Embedded Length	Rake x to z $\psi(x)$	Rake y to z $\psi(y)$	Profile switches x:z	y:z	Pile loads (vertical loading only, fully flexible pile cap) Axial pile capacities (vertical and horizontal loading, with negative load type)									
										Load case number									
										1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.20E+00	1.20E+00	-5.40E+00	-5.40E+00	6.10E+01			2	2	9324									
2	1.20E+00	1.20E+00	-1.80E+00	-5.40E+00	6.10E+01			2	2	9324									
3	1.20E+00	1.20E+00	1.80E+00	-5.40E+00	6.10E+01			2	2	9324									
4	1.20E+00	1.20E+00	5.40E+00	-5.40E+00	6.10E+01			2	2	9324									
5	1.20E+00	1.20E+00	-5.40E+00	-1.80E+00	6.10E+01			2	2	9324									
6	1.20E+00	1.20E+00	-1.80E+00	-1.80E+00	6.10E+01			2	2	9324									
7	1.20E+00	1.20E+00	1.80E+00	-1.80E+00	6.10E+01			2	2	9324									
8	1.20E+00	1.20E+00	5.40E+00	-1.80E+00	6.10E+01			2	2	9324									
9	1.20E+00	1.20E+00	-5.40E+00	1.80E+00	6.10E+01			2	2	9324									
10	1.20E+00	1.20E+00	-1.80E+00	1.80E+00	6.10E+01			2	2	9324									
11	1.20E+00	1.20E+00	1.80E+00	1.80E+00	6.10E+01			2	2	9324									
12	1.20E+00	1.20E+00	5.40E+00	1.80E+00	6.10E+01			2	2	9324									
13	1.20E+00	1.20E+00	-5.40E+00	5.40E+00	6.10E+01			2	2	9324									
14	1.20E+00	1.20E+00	-1.80E+00	5.40E+00	6.10E+01			2	2	9324									
15	1.20E+00	1.20E+00	1.80E+00	5.40E+00	6.10E+01			2	2	9324									
16	1.20E+00	1.20E+00	5.40E+00	5.40E+00	6.10E+01			2	2	9324									
17																			

**Output from PIGLET**

**Company name (licensee):** Arup Geotechnics (UK) **Checksum** 84645931.35

**Title:** Tor di Valle Podium - Area A4 - Nucleo

Scope of problem General three-dimensional loading  
Total number of piles 16  
Number of load cases 1  
Pile head fixity Piles built into pile cap

**Results from each load case (sequentially)**

Load case number: 1

Pile cap loads and deformations Non-linear analysis; Increment No. 1

Vertical Load	Horizontal Load (x)	Moment (x to z)	Horizontal Load (y)	Moment (y to z)	Torque (x to y)
25831	40130	-173716	0	0	0
Vertical Deflection	Horizontal Defn (x)	Rotation (x to z)	Horizontal Defn (y)	Rotation (y to z)	Torsion (x to y)
0.00570717	0.02589439	-0.0005238	6.7653E-11	5.4534E-11	7.6105E-12

Pile head loads and moments

Pile No.	Axial Loads	Lateral Loads (x)	Moments (x to z)	Lateral Loads (y)	Moments (y to z)	Torques (x to y)
1	5125.95557	3712.05664	-4463.4658	-9.131E-06	3.6855E-05	1.9755E-06
2	2330.37329	2287.77856	-3225.3218	-1.761E-06	2.879E-05	1.9755E-06
3	925.344849	2287.77759	-3225.3198	3.0986E-06	2.3145E-05	1.9755E-06
4	-425.021	3712.05737	-4463.4658	1.1857E-05	1.3969E-05	1.9755E-06
5	3993.73975	2768.43994	-3549.6697	-7.753E-06	3.5253E-05	1.9755E-06
6	1375.71204	1264.22644	-2219.1606	-2.506E-06	2.8949E-05	1.9755E-06
7	327.415833	1264.22815	-2219.1624	-3.635E-07	2.5669E-05	1.9755E-06
8	-738.02118	2768.43799	-3549.6682	6.5591E-06	1.8047E-05	1.9755E-06
9	3993.73999	2768.43872	-3549.6685	-7.753E-06	3.5253E-05	1.9755E-06
10	1375.71216	1264.22729	-2219.1611	-2.506E-06	2.8949E-05	1.9755E-06
11	327.416168	1264.22522	-2219.1594	-3.635E-07	2.5669E-05	1.9755E-06
12	-738.02191	2768.44263	-3549.6741	6.5591E-06	1.8047E-05	1.9755E-06
13	5125.95459	3712.05591	-4463.4644	-9.131E-06	3.6855E-05	1.9755E-06
14	2330.37451	2287.7771	-3225.3193	-1.761E-06	2.879E-05	1.9755E-06
15	925.345032	2287.77979	-3225.323	3.0986E-06	2.3145E-05	1.9755E-06
16	-425.02069	3712.05737	-4463.4663	1.1857E-05	1.3969E-05	1.9755E-06

**Bending moment and deflection profiles (x:z plane)**

Pile No.	1							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	-4463.4658	-2187.4297	-791.33453	-23.927677	282.907379	524.527893	519.667847	313.716278
Deflection	0.00965724	0.00961052	0.00845847	0.00701944	0.0058389	0.00382206	0.00193512	0.00054289

Pile No.	2							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	-3225.3218	-1742.1752	-782.81573	-210.33578	63.691143	273.487152	305.154999	191.513153
Deflection	0.00498717	0.0054922	0.00512259	0.00442037	0.00375938	0.00250257	0.0012831	0.00036349

Pile No.	3							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	-3225.3198	-1742.1738	-782.81506	-210.33548	63.6912041	273.487091	305.154907	191.513062
Deflection	0.00498717	0.0054922	0.00512259	0.00442037	0.00375938	0.00250257	0.00128309	0.00036349

Pile No.	4							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	-4463.4658	-2187.4294	-791.33411	-23.92734	282.907654	524.528076	519.667969	313.716339
Deflection	0.00965724	0.00961052	0.00845847	0.00701944	0.0058389	0.00382206	0.00193512	0.00054289

Pile No.	5							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	-3549.6697	-1814.7858	-727.534	-108.88297	159.480728	368.018677	380.528198	233.115219
Deflection	0.00675332	0.00696695	0.0062662	0.00527893	0.00442948	0.0029189	0.00148531	0.00041834

Pile No.	6							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681

Moment	-2219.1606	-1325.5424	-704.30817	-296.32217	-66.702789	105.289116	154.705246	104.142029
Deflection	0.00186767	0.00263827	0.00274747	0.00252945	0.0022255	0.00151826	0.00079233	0.00022747

Pile No.	7							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	-2219.1624	-1325.5431	-704.30829	-296.32214	-66.702576	105.289391	154.705505	104.142174
Deflection	0.00186768	0.00263828	0.00274747	0.00252945	0.0022255	0.00151827	0.00079233	0.00022747

Pile No.	8							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	-3549.6682	-1814.7854	-727.53436	-108.88336	159.480301	368.018311	380.527893	233.115051
Deflection	0.00675331	0.00696694	0.00626619	0.00527893	0.00442948	0.00291889	0.00148531	0.00041834

Pile No.	9							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	-3549.6685	-1814.7853	-727.53381	-108.88303	159.480515	368.018463	380.528015	233.115112
Deflection	0.00675332	0.00696694	0.0062662	0.00527893	0.00442948	0.0029189	0.00148531	0.00041834

Pile No.	10							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	-2219.1611	-1325.5424	-704.30804	-296.32208	-66.702591	105.289299	154.705383	104.142105
Deflection	0.00186767	0.00263828	0.00274747	0.00252945	0.0022255	0.00151827	0.00079233	0.00022747

Pile No.	11							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	-2219.1594	-1325.5419	-704.30811	-296.3223	-66.702957	105.28891	154.705078	104.141922
Deflection	0.00186767	0.00263827	0.00274746	0.00252945	0.0022255	0.00151826	0.00079233	0.00022747

Pile No.	12							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	-3549.6741	-1814.7883	-727.53558	-108.88345	159.480698	368.018921	380.528534	233.115448
Deflection	0.00675333	0.00696695	0.0062662	0.00527894	0.00442948	0.0029189	0.00148531	0.00041834

Pile No.	13							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	-4463.4644	-2187.429	-791.33398	-23.927525	282.907471	524.527832	519.667786	313.716217
Deflection	0.00965724	0.00961052	0.00845846	0.00701944	0.00583889	0.00382206	0.00193512	0.00054289

Pile No.	14							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	-3225.3193	-1742.1737	-782.81506	-210.33559	63.691143	273.487	305.154816	191.513031
Deflection	0.00498717	0.0054922	0.00512259	0.00442037	0.00375938	0.00250256	0.00128309	0.00036349

Pile No.	15							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	-3225.323	-1742.1757	-782.8158	-210.33571	63.6912956	273.487335	305.155182	191.513245
Deflection	0.00498718	0.00549221	0.0051226	0.00442037	0.00375938	0.00250257	0.0012831	0.00036349

Pile No.	16							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	-4463.4663	-2187.4299	-791.33435	-23.927584	282.907532	524.528015	519.667969	313.716339
Deflection	0.00965724	0.00961052	0.00845847	0.00701944	0.0058389	0.00382206	0.00193512	0.00054289

Bending moment and deflection profiles (y:z plane)

Pile No.	1							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	3.6855E-05	2.6872E-05	1.8042E-05	1.0726E-05	5.34E-06	1.4251E-06	-4.535E-07	-6.717E-07
Deflection	2.886E-11	-1.401E-13	-1.587E-11	-2.24E-11	-2.313E-11	-1.742E-11	-9.694E-12	-2.912E-12

Pile No.	2							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	2.879E-05	2.319E-05	1.6966E-05	1.1007E-05	6.0874E-06	2.55E-06	6.0355E-07	-4.578E-08
Deflection	4.9651E-11	1.9663E-11	1.0715E-12	-8.627E-12	-1.181E-11	-1.008E-11	-6.004E-12	-1.882E-12

Pile No.	3							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	2.3145E-05	2.0492E-05	1.6054E-05	1.1058E-05	6.5041E-06	3.2575E-06	1.2902E-06	3.6571E-07
Deflection	6.2698E-11	3.2425E-11	1.2183E-11	5.2302E-13	-4.234E-12	-5.135E-12	-3.508E-12	-1.184E-12

Pile No.	4							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	1.3969E-05	1.6456E-05	1.503E-05	1.156E-05	7.4878E-06	4.6374E-06	2.5596E-06	1.1112E-06
Deflection	8.8241E-11	5.6333E-11	3.24E-11	1.6817E-11	9.0841E-12	3.4635E-12	7.9939E-13	1.485E-14

Pile No.	5							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	3.5253E-05	2.6105E-05	1.7782E-05	1.074E-05	5.4575E-06	1.6253E-06	-2.59E-07	-5.551E-07

Deflection	3.2552E-11	3.4745E-12	-1.272E-11	-1.981E-11	-2.098E-11	-1.602E-11	-8.986E-12	-2.713E-12
Pile No.	6							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	2.8949E-05	2.3017E-05	1.6666E-05	1.0708E-05	5.8586E-06	2.3673E-06	4.7576E-07	-1.116E-07
Deflection	4.6214E-11	1.7064E-11	-7.665E-13	-9.89E-12	-1.273E-11	-1.062E-11	-6.252E-12	-1.946E-12
Pile No.	7							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	2.5669E-05	2.117E-05	1.5772E-05	1.0404E-05	5.8579E-06	2.5963E-06	7.5332E-07	6.6785E-08
Deflection	5.0359E-11	2.1973E-11	3.9819E-12	-5.698E-12	-9.124E-12	-8.192E-12	-5E-12	-1.59E-12
Pile No.	8							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	1.8047E-05	1.7674E-05	1.4733E-05	1.0649E-05	6.5493E-06	3.6482E-06	1.7448E-06	6.5455E-07
Deflection	6.9796E-11	4.0533E-11	1.989E-11	7.2529E-12	1.5271E-12	-1.282E-12	-1.526E-12	-6.204E-13
Pile No.	9							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	3.5253E-05	2.6105E-05	1.7782E-05	1.074E-05	5.4575E-06	1.6253E-06	-2.59E-07	-5.551E-07
Deflection	3.2552E-11	3.4745E-12	-1.272E-11	-1.981E-11	-2.098E-11	-1.602E-11	-8.986E-12	-2.713E-12
Pile No.	10							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	2.8949E-05	2.3017E-05	1.6666E-05	1.0708E-05	5.8586E-06	2.3673E-06	4.7576E-07	-1.116E-07
Deflection	4.6214E-11	1.7064E-11	-7.665E-13	-9.89E-12	-1.273E-11	-1.062E-11	-6.251E-12	-1.946E-12
Pile No.	11							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	2.5669E-05	2.117E-05	1.5772E-05	1.0404E-05	5.8579E-06	2.5963E-06	7.5332E-07	6.6784E-08
Deflection	5.0359E-11	2.1973E-11	3.9818E-12	-5.698E-12	-9.124E-12	-8.192E-12	-5E-12	-1.59E-12
Pile No.	12							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	1.8047E-05	1.7674E-05	1.4733E-05	1.0649E-05	6.5493E-06	3.6482E-06	1.7448E-06	6.5455E-07
Deflection	6.9796E-11	4.0533E-11	1.989E-11	7.253E-12	1.5271E-12	-1.282E-12	-1.526E-12	-6.204E-13
Pile No.	13							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	3.6855E-05	2.6872E-05	1.8042E-05	1.0726E-05	5.34E-06	1.4251E-06	-4.535E-07	-6.717E-07
Deflection	2.886E-11	-1.401E-13	-1.587E-11	-2.24E-11	-2.313E-11	-1.742E-11	-9.694E-12	-2.912E-12
Pile No.	14							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	2.879E-05	2.319E-05	1.6966E-05	1.1007E-05	6.0874E-06	2.55E-06	6.0356E-07	-4.578E-08
Deflection	4.9651E-11	1.9663E-11	1.0715E-12	-8.627E-12	-1.181E-11	-1.008E-11	-6.004E-12	-1.882E-12
Pile No.	15							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	2.3145E-05	2.0492E-05	1.6054E-05	1.1058E-05	6.5041E-06	3.2575E-06	1.2902E-06	3.6571E-07
Deflection	6.2698E-11	3.2425E-11	1.2183E-11	5.23E-13	-4.234E-12	-5.135E-12	-3.508E-12	-1.184E-12
Pile No.	16							
Depth	0	0.689421	1.378842	2.06826305	2.75768399	3.44710493	4.13652611	4.82594681
Moment	1.3969E-05	1.6456E-05	1.503E-05	1.156E-05	7.4878E-06	4.6374E-06	2.5596E-06	1.1112E-06
Deflection	8.8241E-11	5.6333E-11	3.24E-11	1.6817E-11	9.0841E-12	3.4635E-12	7.9939E-13	1.4849E-14

Input data for PIGLET

Version No: 5.1 May 2004

Sum of input data 84702754.95

Company name (licensee)	Arup Geotechnics (UK)	
Title:	Tor di Valle Podium - Area C1 SX - Nucleo	
Scope of problem	3	1 for vertical loading only, 2 for x:z plane only, 3 for all 6 degrees of freedom
Soil details:		Symbols
Axial: Surface shear modulus, G(0)	22000	$G_{sa}$
Axial: Shear modulus gradient, dG/dz	0.00E+00	$Gm_s$ $G_s + G_{sa}L = 2.20E+04$
Axial: Shear modulus below base, $G_b$	9.00E+04	$G_b$ Set to less than $G_s + G_{sa}L$ for continuous profile
Lateral: Surface shear modulus, G(0)	3.03E+04	$G_{sd}$
Lateral: Shear modulus gradient, dG/dz	0.00E+00	$Gm_r$
Poisson's ratio (all loading modes)	0.5	$\nu$
Pile details:		
Free-standing length	0	$L_f$
Young's modulus: Free-standing part (axial)	3.36E+07	$E_{puf}$
Young's modulus: Embedded part (axial)	3.36E+07	$E_{pa}$
Young's modulus: Free-standing part (lateral)	8.66E+06	$E_{pfr}$
Young's modulus: Embedded part (lateral)	8.66E+06	$E_{pr}$
Piles pinned (0) or fixed (1) to pile cap	1	$N_{fix}$

Loading cases

	V (w)	H (u)	M (θ)	H (v)	M (θ)	T (φ)	Loading
	x	x to z	y	y to z	x to y	Type	
1	3.57E+04	3.60E+04	-1.60E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Pile group geometry:

						Rake	Rake	Profile switches	Pile loads (vertical loading only, fully flexible pile cap)										
						x to z	y to z	x:z	y:z	Axial pile capacities (vertical and horizontal loading, with negative load type)									
						ψ(x)	ψ(y)			Load case number									
										1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Shaft Diameter	Base Diameter	x co-ord.	y co-ord.	Embedded Length															
1 1.20E+00	1.20E+00	-5.40E+00	-8.00E+00	6.10E+01				2	2	9324									
2 1.20E+00	1.20E+00	-1.80E+00	-8.00E+00	6.10E+01				2	2	9324									
3 1.20E+00	1.20E+00	1.80E+00	-8.00E+00	6.10E+01				2	2	9324									
4 1.20E+00	1.20E+00	5.40E+00	-8.00E+00	6.10E+01				2	2	9324									
5 1.20E+00	1.20E+00	-5.40E+00	-4.00E+00	6.10E+01				2	2	9324									
6 1.20E+00	1.20E+00	-1.80E+00	-4.00E+00	6.10E+01				2	2	9324									
7 1.20E+00	1.20E+00	1.80E+00	-4.00E+00	6.10E+01				2	2	9324									
8 1.20E+00	1.20E+00	5.40E+00	-4.00E+00	6.10E+01				2	2	9324									
9 1.20E+00	1.20E+00	-5.40E+00	0.00E+00	6.10E+01				2	2	9324									
10 1.20E+00	1.20E+00	-1.80E+00	0.00E+00	6.10E+01				2	2	9324									
11 1.20E+00	1.20E+00	1.80E+00	0.00E+00	6.10E+01				2	2	9324									
12 1.20E+00	1.20E+00	5.40E+00	0.00E+00	6.10E+01				2	2	9324									
13 1.20E+00	1.20E+00	-5.40E+00	4.00E+00	6.10E+01				2	2	9324									
14 1.20E+00	1.20E+00	-1.80E+00	4.00E+00	6.10E+01				2	2	9324									
15 1.20E+00	1.20E+00	1.80E+00	4.00E+00	6.10E+01				2	2	9324									
16 1.20E+00	1.20E+00	5.40E+00	4.00E+00	6.10E+01				2	2	9324									
17 1.20E+00	1.20E+00	-5.40E+00	8.00E+00	6.10E+01				2	2	9324									
18 1.20E+00	1.20E+00	-1.80E+00	8.00E+00	6.10E+01				2	2	9324									
19 1.20E+00	1.20E+00	1.80E+00	8.00E+00	6.10E+01				2	2	9324									
20 1.20E+00	1.20E+00	5.40E+00	8.00E+00	6.10E+01				2	2	9324									
21																			

**Output from PIGLET**

**Company name (licensee):** Arup Geotechnics (UK) **Checksum** 84702754.95

**Title:** Tor di Valle Podium - Area C1 SX - Nucleo

Scope of problem General three-dimensional loading  
Total number of piles 20  
Number of load cases 1  
Pile head fixity Piles built into pile cap

**Results from each load case (sequentially)**

Load case number: 1

Pile cap loads and deformations Non-linear analysis; Increment No. 1

Vertical Load	Horizontal Load (x)	Moment (x to z)	Horizontal Load (y)	Moment (y to z)	Torque (x to y)
35717	36034	-160248	0	0	0
Vertical Deflection	Horizontal Defn (x)	Rotation (x to z)	Horizontal Defn (y)	Rotation (y to z)	Torsion (x to y)
0.00691694	0.01961683	-0.0003966	-1.534E-11	-1.233E-11	4.1193E-11

Pile head loads and moments

Pile No.	Axial Loads	Lateral Loads (x)	Moments (x to z)	Lateral Loads (y)	Moments (y to z)	Torques (x to y)
1	4980.22021	2750.6604	-3303.6064	-5.82E-05	5.6934E-05	1.0693E-05
2	2559.51758	1740.85278	-2428.3159	-1.361E-05	9.6178E-06	1.0693E-05
3	1471.74426	1740.85278	-2428.3167	1.3295E-05	-2.141E-05	1.0693E-05
4	744.22168	2750.66016	-3303.6055	5.7548E-05	-6.846E-05	1.0693E-05
5	3671.2981	2040.30054	-2603.9702	-4.088E-05	4.1974E-05	1.0693E-05
6	1385.06592	1015.64752	-1699.1439	-6.14E-06	3.1072E-06	1.0693E-05
7	564.941833	1015.64539	-1699.1426	6.6692E-06	-1.548E-05	1.0693E-05
8	63.6402245	2040.30078	-2603.9717	4.1008E-05	-5.403E-05	1.0693E-05
9	3395.04663	1952.40747	-2507.6169	-4.016E-05	4.1041E-05	1.0693E-05
10	1155.12537	969.671875	-1637.1683	-5.984E-06	2.8359E-06	1.0693E-05
11	379.921204	969.672302	-1637.1697	6.4825E-06	-1.518E-05	1.0693E-05
12	-94.398453	1952.40894	-2507.6172	4.0283E-05	-5.309E-05	1.0693E-05
13	3671.29858	2040.302	-2603.9734	-4.088E-05	4.1974E-05	1.0693E-05
14	1385.06433	1015.64447	-1699.1417	-6.14E-06	3.1072E-06	1.0693E-05
15	564.943909	1015.64716	-1699.1439	6.6692E-06	-1.548E-05	1.0693E-05
16	63.6416664	2040.29895	-2603.9688	4.1008E-05	-5.403E-05	1.0693E-05
17	4980.21973	2750.66162	-3303.6084	-5.82E-05	5.6934E-05	1.0693E-05
18	2559.51758	1740.85315	-2428.3162	-1.361E-05	9.6178E-06	1.0693E-05
19	1471.74268	1740.85107	-2428.3135	1.3295E-05	-2.141E-05	1.0693E-05
20	744.221619	2750.6626	-3303.6096	5.7548E-05	-6.846E-05	1.0693E-05

Bending moment and deflection profiles (x:z plane)

Pile No.	1							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-3303.6064	-1617.7007	-583.98755	-16.141951	210.53537	389.083252	385.200409	232.480881
Deflection	0.00716392	0.00712496	0.00626852	0.00520069	0.00432536	0.00283098	0.0014332	0.00040205
Pile No.	2							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-2428.3159	-1304.1337	-579.5332	-149.35535	54.5172234	210.828903	233.030396	145.829498
Deflection	0.00384768	0.00420278	0.00390291	0.00335847	0.00285185	0.00189625	0.00097141	0.00027501
Pile No.	3							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-2428.3167	-1304.1343	-579.53369	-149.35565	54.5171013	210.828827	233.030365	145.829483
Deflection	0.00384768	0.00420278	0.00390291	0.00335847	0.00285185	0.00189625	0.00097141	0.00027501
Pile No.	4							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-3303.6055	-1617.7	-583.98694	-16.141695	210.535461	389.083313	385.200409	232.480865
Deflection	0.00716392	0.00712496	0.00626852	0.00520069	0.00432536	0.00283098	0.0014332	0.00040205
Pile No.	5							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-2603.9702	-1327.4338	-528.66498	-75.262863	120.354027	272.492645	280.82901	171.849274

Deflection	0.00500167	0.00514552	0.0046204	0.0038881	0.00326037	0.00214744	0.00109235	0.00030757
Pile No.	6							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-1699.1439	-995.41357	-513.77747	-203.56329	-34.069767	93.3667603	126.953163	83.9884109
Deflection	0.00167057	0.00219551	0.0022232	0.00201548	0.00175955	0.00119381	0.00062059	0.00017765
Pile No.	7							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-1699.1426	-995.41327	-513.77777	-203.56386	-34.070217	93.3663254	126.95282	83.9882278
Deflection	0.00167056	0.0021955	0.00222319	0.00201548	0.00175955	0.00119381	0.00062058	0.00017765
Pile No.	8							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-2603.9717	-1327.4349	-528.66571	-75.263359	120.353752	272.492584	280.82901	171.849289
Deflection	0.00500167	0.00514552	0.0046204	0.0038881	0.00326037	0.00214744	0.00109235	0.00030757
Pile No.	9							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-2507.6169	-1283.3904	-515.73212	-78.543221	111.47876	259.093842	268.227051	164.385132
Deflection	0.00475404	0.00490949	0.00441835	0.00372374	0.00312528	0.00205983	0.00104831	0.00029529
Pile No.	10							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-1637.1683	-962.76215	-499.81305	-200.50764	-36.012424	87.5725708	120.730156	80.128746
Deflection	0.00156457	0.00208256	0.00211971	0.00192721	0.00168496	0.0011444	0.00059534	0.00017052
Pile No.	11							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-1637.1697	-962.76306	-499.81369	-200.50797	-36.012569	87.5725479	120.730186	80.1287842
Deflection	0.00156457	0.00208256	0.00211971	0.00192721	0.00168496	0.0011444	0.00059534	0.00017052
Pile No.	12							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-2507.6172	-1283.39	-515.73151	-78.542671	111.479248	259.094208	268.227295	164.385254
Deflection	0.00475405	0.00490949	0.00441835	0.00372375	0.00312528	0.00205984	0.00104831	0.00029529
Pile No.	13							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-2603.9734	-1327.4357	-528.6662	-75.263535	120.353798	272.492706	280.829163	171.849396
Deflection	0.00500167	0.00514552	0.00462041	0.0038881	0.00326037	0.00214744	0.00109235	0.00030757
Pile No.	14							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-1699.1417	-995.41302	-513.77777	-203.56393	-34.070301	93.3661728	126.95269	83.9881516
Deflection	0.00167056	0.0021955	0.00222319	0.00201547	0.00175954	0.00119381	0.00062058	0.00017765
Pile No.	15							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-1699.1439	-995.41376	-513.77765	-203.56351	-34.069881	93.3666611	126.953094	83.9883804
Deflection	0.00167057	0.00219551	0.00222319	0.00201548	0.00175955	0.00119381	0.00062059	0.00017765
Pile No.	16							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-2603.9688	-1327.4332	-528.66479	-75.263031	120.353844	272.492401	280.828766	171.849136
Deflection	0.00500167	0.00514551	0.0046204	0.00388809	0.00326036	0.00214744	0.00109235	0.00030757
Pile No.	17							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-3303.6084	-1617.7017	-583.9881	-16.142244	210.535248	389.083405	385.200562	232.480988
Deflection	0.00716392	0.00712496	0.00626852	0.00520069	0.00432536	0.00283098	0.0014332	0.00040205
Pile No.	18							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-2428.3162	-1304.1335	-579.53314	-149.3553	54.5172997	210.828964	233.030441	145.829529
Deflection	0.00384768	0.00420278	0.00390291	0.00335847	0.00285185	0.00189625	0.00097141	0.00027501
Pile No.	19							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-2428.3135	-1304.1322	-579.53253	-149.35521	54.5171928	210.828705	233.030167	145.829346
Deflection	0.00384767	0.00420277	0.00390291	0.00335846	0.00285185	0.00189625	0.0009714	0.00027501
Pile No.	20							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-3303.6096	-1617.7023	-583.98828	-16.142284	210.535309	389.083496	385.200684	232.481064
Deflection	0.00716392	0.00712497	0.00626852	0.00520069	0.00432536	0.00283098	0.0014332	0.00040205

Bending moment and deflection profiles (y:z plane)

Pile No.	1							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	5.6934E-05	2.346E-05	4.2916E-06	-5.004E-06	-7.479E-06	-9.593E-06	-8.564E-06	-4.969E-06
Deflection	-1.779E-10	-1.625E-10	-1.351E-10	-1.075E-10	-8.712E-11	-5.588E-11	-2.785E-11	-7.717E-12
Pile No.	2							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	9.6178E-06	2.4155E-06	-1.297E-06	-2.695E-06	-2.612E-06	-2.632E-06	-2.121E-06	-1.176E-06
Deflection	-4.914E-11	-4.137E-11	-3.23E-11	-2.44E-11	-1.912E-11	-1.192E-11	-5.809E-12	-1.58E-12
Pile No.	3							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-2.141E-05	-1.234E-05	-6.208E-06	-2.322E-06	-2.52E-07	1.3095E-06	1.6884E-06	1.1027E-06
Deflection	2.3559E-11	2.9495E-11	2.9261E-11	2.6218E-11	2.2751E-11	1.537E-11	7.9652E-12	2.2748E-12
Pile No.	4							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-6.846E-05	-3.33E-05	-1.181E-05	-6.536E-08	4.5588E-06	8.2096E-06	8.0801E-06	4.8664E-06
Deflection	1.5122E-10	1.4967E-10	1.3127E-10	1.0868E-10	9.027E-11	5.9024E-11	2.9859E-11	8.3713E-12
Pile No.	5							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	4.1974E-05	1.8127E-05	4.2495E-06	-2.696E-06	-4.79E-06	-6.529E-06	-5.951E-06	-3.482E-06
Deflection	-1.209E-10	-1.123E-10	-9.451E-11	-7.587E-11	-6.187E-11	-3.986E-11	-1.994E-11	-5.541E-12
Pile No.	6							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	3.1072E-06	6.709E-08	-1.351E-06	-1.723E-06	-1.465E-06	-1.316E-06	-9.958E-07	-5.354E-07
Deflection	-2.467E-11	-1.978E-11	-1.481E-11	-1.076E-11	-8.209E-12	-4.997E-12	-2.386E-12	-6.375E-13
Pile No.	7							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-1.548E-05	-1.012E-05	-6.06E-06	-3.117E-06	-1.231E-06	1.5982E-07	6.9596E-07	5.3481E-07
Deflection	2.1868E-12	1.0494E-11	1.3775E-11	1.4092E-11	1.3018E-11	9.1774E-12	4.8986E-12	1.4296E-12
Pile No.	8							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-5.403E-05	-2.808E-05	-1.168E-05	-2.21E-06	2.0245E-06	5.2994E-06	5.5905E-06	3.4475E-06
Deflection	9.7091E-11	1.0188E-10	9.2544E-11	7.8483E-11	6.6104E-11	4.3686E-11	2.2278E-11	6.285E-12
Pile No.	9							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	4.1041E-05	1.7644E-05	4.0507E-06	-2.731E-06	-4.753E-06	-6.436E-06	-5.854E-06	-3.422E-06
Deflection	-1.192E-10	-1.106E-10	-9.29E-11	-7.451E-11	-6.072E-11	-3.911E-11	-1.955E-11	-5.432E-12
Pile No.	10							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	2.8359E-06	-9.451E-08	-1.436E-06	-1.759E-06	-1.473E-06	-1.303E-06	-9.767E-07	-5.226E-07
Deflection	-2.443E-11	-1.945E-11	-1.447E-11	-1.045E-11	-7.935E-12	-4.811E-12	-2.288E-12	-6.096E-13
Pile No.	11							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-1.518E-05	-9.953E-06	-5.975E-06	-3.086E-06	-1.229E-06	1.4107E-07	6.7213E-07	5.1931E-07
Deflection	1.8489E-12	1.0077E-11	1.3363E-11	1.3725E-11	1.27E-11	8.9626E-12	4.7874E-12	1.3979E-12
Pile No.	12							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-5.309E-05	-2.76E-05	-1.148E-05	-2.177E-06	1.9852E-06	5.2041E-06	5.4912E-06	3.3865E-06
Deflection	9.5343E-11	1.0007E-10	9.0904E-11	7.7098E-11	6.494E-11	4.2918E-11	2.1887E-11	6.1747E-12
Pile No.	13							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	4.1974E-05	1.8127E-05	4.2495E-06	-2.696E-06	-4.79E-06	-6.529E-06	-5.951E-06	-3.482E-06
Deflection	-1.209E-10	-1.124E-10	-9.451E-11	-7.587E-11	-6.187E-11	-3.986E-11	-1.994E-11	-5.541E-12
Pile No.	14							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	3.1072E-06	6.7092E-08	-1.351E-06	-1.723E-06	-1.465E-06	-1.316E-06	-9.958E-07	-5.354E-07
Deflection	-2.467E-11	-1.978E-11	-1.481E-11	-1.076E-11	-8.209E-12	-4.997E-12	-2.386E-12	-6.375E-13
Pile No.	15							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-1.548E-05	-1.012E-05	-6.061E-06	-3.117E-06	-1.231E-06	1.5982E-07	6.9596E-07	5.3481E-07
Deflection	2.1868E-12	1.0494E-11	1.3775E-11	1.4092E-11	1.3018E-11	9.1774E-12	4.8986E-12	1.4296E-12
Pile No.	16							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728

Moment	-5.403E-05	-2.808E-05	-1.168E-05	-2.21E-06	2.0245E-06	5.2994E-06	5.5905E-06	3.4475E-06
Deflection	9.7091E-11	1.0188E-10	9.2544E-11	7.8483E-11	6.6104E-11	4.3686E-11	2.2278E-11	6.285E-12
Pile No.	17							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	5.6934E-05	2.346E-05	4.2916E-06	-5.004E-06	-7.479E-06	-9.593E-06	-8.564E-06	-4.969E-06
Deflection	-1.779E-10	-1.625E-10	-1.351E-10	-1.075E-10	-8.712E-11	-5.588E-11	-2.785E-11	-7.717E-12
Pile No.	18							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	9.6178E-06	2.4155E-06	-1.297E-06	-2.695E-06	-2.612E-06	-2.632E-06	-2.121E-06	-1.176E-06
Deflection	-4.914E-11	-4.137E-11	-3.23E-11	-2.44E-11	-1.912E-11	-1.192E-11	-5.809E-12	-1.58E-12
Pile No.	19							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-2.141E-05	-1.234E-05	-6.208E-06	-2.322E-06	-2.52E-07	1.3095E-06	1.6884E-06	1.1027E-06
Deflection	2.3559E-11	2.9495E-11	2.9261E-11	2.6218E-11	2.2751E-11	1.537E-11	7.9652E-12	2.2748E-12
Pile No.	20							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-6.846E-05	-3.33E-05	-1.181E-05	-6.536E-08	4.5588E-06	8.2096E-06	8.0801E-06	4.8664E-06
Deflection	1.5122E-10	1.4967E-10	1.3127E-10	1.0868E-10	9.027E-11	5.9024E-11	2.9859E-11	8.3713E-12

Input data for PIGLET

Version No: 5.1 May 2004

Sum of input data 84676849.95

Company name (licensee)	Arup Geotechnics (UK)		
Title:	Tor di Valle Podium - Area C1 DX - Nucleo		
Scope of problem	3	1 for vertical loading only, 2 for x:z plane only, 3 for all 6 degrees of freedom	
Soil details:		Symbols	
Axial: Surface shear modulus, G(0)	22000	$G_{sa}$	
Axial: Shear modulus gradient, dG/dz	0.00E+00	$Gm_s$ $G_s + G_{sa}L = 2.20E+04$	
Axial: Shear modulus below base, $G_b$	9.00E+04	$G_b$ Set to less than $G_s + G_{sa}L$ for continuous profile	
Lateral: Surface shear modulus, G(0)	3.03E+04	$G_{sd}$	
Lateral: Shear modulus gradient, dG/dz	0.00E+00	$Gm_r$	
Poisson's ratio (all loading modes)	0.5	$\nu$	
Pile details:			
Free-standing length	0	$L_f$	
Young's modulus: Free-standing part (axial)	3.36E+07	$E_{puf}$	
Young's modulus: Embedded part (axial)	3.36E+07	$E_{pa}$	
Young's modulus: Free-standing part (lateral)	8.66E+06	$E_{pfr}$	
Young's modulus: Embedded part (lateral)	8.66E+06	$E_{pr}$	
Piles pinned (0) or fixed (1) to pile cap	1	$N_{fix}$	

Loading cases

	V (w)	H (u)	M (θ)	H (v)	M (θ)	T (φ)	Loading
	x	x to z	y	y to z	x to y	Type	
1	3.57E+04	4.33E+04	-1.93E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Pile group geometry:

							Pile loads (vertical loading only, fully flexible pile cap)		Axial pile capacities (vertical and horizontal loading, with negative load type)										
							Profile switches		Load case number										
							x:z	y:z	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Shaft Diameter	Base Diameter	x co-ord.	y co-ord.	Embedded Length	Rake x to z ψ(x)	Rake y to z ψ(y)													
1 1.20E+00	1.20E+00	-5.40E+00	-8.00E+00	6.10E+01			2	2	9324										
2 1.20E+00	1.20E+00	-1.80E+00	-8.00E+00	6.10E+01			2	2	9324										
3 1.20E+00	1.20E+00	1.80E+00	-8.00E+00	6.10E+01			2	2	9324										
4 1.20E+00	1.20E+00	5.40E+00	-8.00E+00	6.10E+01			2	2	9324										
5 1.20E+00	1.20E+00	-5.40E+00	-4.00E+00	6.10E+01			2	2	9324										
6 1.20E+00	1.20E+00	-1.80E+00	-4.00E+00	6.10E+01			2	2	9324										
7 1.20E+00	1.20E+00	1.80E+00	-4.00E+00	6.10E+01			2	2	9324										
8 1.20E+00	1.20E+00	5.40E+00	-4.00E+00	6.10E+01			2	2	9324										
9 1.20E+00	1.20E+00	-5.40E+00	0.00E+00	6.10E+01			2	2	9324										
10 1.20E+00	1.20E+00	-1.80E+00	0.00E+00	6.10E+01			2	2	9324										
11 1.20E+00	1.20E+00	1.80E+00	0.00E+00	6.10E+01			2	2	9324										
12 1.20E+00	1.20E+00	5.40E+00	0.00E+00	6.10E+01			2	2	9324										
13 1.20E+00	1.20E+00	-5.40E+00	4.00E+00	6.10E+01			2	2	9324										
14 1.20E+00	1.20E+00	-1.80E+00	4.00E+00	6.10E+01			2	2	9324										
15 1.20E+00	1.20E+00	1.80E+00	4.00E+00	6.10E+01			2	2	9324										
16 1.20E+00	1.20E+00	5.40E+00	4.00E+00	6.10E+01			2	2	9324										
17 1.20E+00	1.20E+00	-5.40E+00	8.00E+00	6.10E+01			2	2	9324										
18 1.20E+00	1.20E+00	-1.80E+00	8.00E+00	6.10E+01			2	2	9324										
19 1.20E+00	1.20E+00	1.80E+00	8.00E+00	6.10E+01			2	2	9324										
20 1.20E+00	1.20E+00	5.40E+00	8.00E+00	6.10E+01			2	2	9324										
21																			

**Output from PIGLET**

**Company name (licensee):** Arup Geotechnics (UK) **Checksum** 84676849.95

**Title:** Tor di Valle Podium - Area C1 DX - Nucleo

Scope of problem General three-dimensional loading  
Total number of piles 20  
Number of load cases 1  
Pile head fixity Piles built into pile cap

**Results from each load case (sequentially)**

Load case number: 1

Pile cap loads and deformations Non-linear analysis; Increment No. 1

Vertical Load	Horizontal Load (x)	Moment (x to z)	Horizontal Load (y)	Moment (y to z)	Torque (x to y)
35717	43338	-193457	0	0	0

Vertical Deflection	Horizontal Defn (x)	Rotation (x to z)	Horizontal Defn (y)	Rotation (y to z)	Torsion (x to y)
0.00691694	0.02359002	-0.0004795	-1.559E-11	-1.253E-11	4.9546E-11

Pile head loads and moments

Pile No.	Axial Loads	Lateral Loads (x)	Moments (x to z)	Lateral Loads (y)	Moments (y to z)	Torques (x to y)
1	5422.84863	3308.15015	-3974.4036	-6.994E-05	6.9552E-05	1.2861E-05
2	2673.18164	2093.74487	-2921.7488	-1.634E-05	1.2666E-05	1.2861E-05
3	1358.08032	2093.74463	-2921.7495	1.6021E-05	-2.466E-05	1.2861E-05
4	301.59314	3308.1499	-3974.4023	6.9279E-05	-8.127E-05	1.2861E-05
5	4048.27026	2453.83032	-3132.9758	-4.918E-05	5.1608E-05	1.2861E-05
6	1470.76221	1221.57507	-2044.8026	-7.434E-06	4.8883E-06	1.2861E-05
7	479.245514	1221.57263	-2044.8011	7.9724E-06	-1.746E-05	1.2861E-05
8	-313.33194	2453.83032	-3132.9778	4.9312E-05	-6.386E-05	1.2861E-05
9	3759.66626	2348.12183	-3017.092	-4.832E-05	5.0485E-05	1.2861E-05
10	1236.12817	1166.27979	-1970.2643	-7.244E-06	4.5595E-06	1.2861E-05
11	298.918396	1166.28027	-1970.2659	7.7507E-06	-1.711E-05	1.2861E-05
12	-459.01819	2348.12378	-3017.0923	4.8441E-05	-6.273E-05	1.2861E-05
13	4048.27075	2453.83203	-3132.9797	-4.918E-05	5.1608E-05	1.2861E-05
14	1470.76074	1221.57153	-2044.8	-7.434E-06	4.8883E-06	1.2861E-05
15	479.247559	1221.57471	-2044.8027	7.9724E-06	-1.746E-05	1.2861E-05
16	-313.33041	2453.82837	-3132.9744	4.9312E-05	-6.386E-05	1.2861E-05
17	5422.84863	3308.1521	-3974.406	-6.994E-05	6.9552E-05	1.2861E-05
18	2673.1814	2093.74512	-2921.7493	-1.634E-05	1.2666E-05	1.2861E-05
19	1358.07886	2093.74243	-2921.7463	1.6021E-05	-2.466E-05	1.2861E-05
20	301.592987	3308.15308	-3974.4075	6.9279E-05	-8.127E-05	1.2861E-05

Bending moment and deflection profiles (x:z plane)

Pile No.	1
Depth	0
Moment	-3974.4036
Deflection	0.00861334

Pile No.	2
Depth	0
Moment	-2921.7488
Deflection	0.00462524

Pile No.	3
Depth	0
Moment	-2921.7495
Deflection	0.00462524

Pile No.	4
Depth	0
Moment	-3974.4023
Deflection	0.00861334

Pile No.	5
Depth	0
Moment	-3132.9758

Deflection	0.00601291	0.0061873	0.00555663	0.00467638	0.0039216	0.00258307	0.00131398	0.00036999
Pile No.	6							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-2044.8026	-1198.1927	-618.66296	-245.31046	-41.245544	112.176765	152.656921	101.013039
Deflection	0.00200695	0.00263962	0.00267374	0.00242436	0.00211669	0.00143622	0.00074663	0.00021374
Pile No.	7							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-2044.8011	-1198.1925	-618.66345	-245.31102	-41.246078	112.176262	152.65654	101.012825
Deflection	0.00200694	0.00263961	0.00267373	0.00242435	0.00211669	0.00143622	0.00074663	0.00021374
Pile No.	8							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-3132.9778	-1597.5028	-636.58197	-91.025581	144.4599	327.592316	337.708374	206.675064
Deflection	0.00601291	0.00618729	0.00555663	0.00467638	0.0039216	0.00258307	0.00131398	0.00036999
Pile No.	9							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-3017.092	-1544.5304	-621.02637	-94.969963	133.786163	311.477875	322.552124	197.697983
Deflection	0.00571509	0.00590342	0.00531362	0.00447872	0.00375913	0.0024777	0.00126101	0.00035521
Pile No.	10							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-1970.2643	-1158.9227	-601.86804	-241.63539	-43.582073	105.208046	145.172455	96.3709869
Deflection	0.00187947	0.00250377	0.00254928	0.0023182	0.00202699	0.00137679	0.00071627	0.00020516
Pile No.	11							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-1970.2659	-1158.924	-601.86871	-241.63583	-43.582256	105.208008	145.172485	96.3710251
Deflection	0.00187946	0.00250377	0.00254928	0.0023182	0.00202699	0.00137679	0.00071627	0.00020516
Pile No.	12							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-3017.0923	-1544.5299	-621.02557	-94.96907	133.786835	311.478363	322.55246	197.698166
Deflection	0.0057151	0.00590343	0.00531363	0.00447872	0.00375913	0.0024777	0.00126102	0.00035521
Pile No.	13							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-3132.9797	-1597.5038	-636.58221	-91.025543	144.460114	327.59259	337.708618	206.675217
Deflection	0.00601292	0.0061873	0.00555664	0.00467639	0.0039216	0.00258307	0.00131398	0.00036999
Pile No.	14							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-2044.8	-1198.1921	-618.66327	-245.3111	-41.246201	112.176094	152.656372	101.012733
Deflection	0.00200694	0.0026396	0.00267373	0.00242435	0.00211669	0.00143622	0.00074663	0.00021374
Pile No.	15							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-2044.8027	-1198.193	-618.66333	-245.31068	-41.245712	112.176651	152.65686	101.013008
Deflection	0.00200695	0.00263961	0.00267374	0.00242436	0.00211669	0.00143622	0.00074663	0.00021374
Pile No.	16							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-3132.9744	-1597.5009	-636.58069	-91.025017	144.460022	327.592163	337.70813	206.674911
Deflection	0.00601291	0.00618729	0.00555663	0.00467638	0.00392159	0.00258306	0.00131398	0.00036999
Pile No.	17							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-3974.406	-1946.5983	-703.11841	-19.924496	252.91658	467.810913	463.231628	279.594299
Deflection	0.00861335	0.00856789	0.00753876	0.00625499	0.00520242	0.00340513	0.00172391	0.00048361
Pile No.	18							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-2921.7493	-1569.4807	-697.74811	-180.1196	65.2924271	253.442307	280.230804	175.386353
Deflection	0.00462524	0.00505366	0.00469385	0.0040395	0.00343036	0.00228101	0.00116855	0.00033083
Pile No.	19							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-2921.7463	-1569.4794	-697.74768	-180.11972	65.2921371	253.441895	280.230408	175.386124
Deflection	0.00462523	0.00505365	0.00469385	0.0040395	0.00343035	0.00228101	0.00116855	0.00033083
Pile No.	20							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-3974.4075	-1946.599	-703.11859	-19.924658	252.916641	467.811035	463.23175	279.594391
Deflection	0.00861335	0.00856789	0.00753876	0.00625499	0.00520242	0.00340513	0.00172391	0.00048361

Bending moment and deflection profiles (y-z plane)

Pile No.	1							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	6.9552E-05	2.9133E-05	5.8613E-06	-5.547E-06	-8.724E-06	-1.141E-05	-1.026E-05	-5.967E-06
Deflection	-2.115E-10	-1.943E-10	-1.621E-10	-1.294E-10	-1.051E-10	-6.751E-11	-3.369E-11	-9.343E-12
Pile No.	2							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	1.2666E-05	3.8288E-06	-8.611E-07	-2.774E-06	-2.875E-06	-3.042E-06	-2.511E-06	-1.408E-06
Deflection	-5.672E-11	-4.866E-11	-3.857E-11	-2.952E-11	-2.334E-11	-1.466E-11	-7.188E-12	-1.965E-12
Pile No.	3							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-2.466E-05	-1.392E-05	-6.769E-06	-2.326E-06	-3.666E-08	1.698E-06	2.071E-06	1.3331E-06
Deflection	3.0717E-11	3.6582E-11	3.5478E-11	3.1366E-11	2.7027E-11	1.8166E-11	9.3798E-12	2.6715E-12
Pile No.	4							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-8.127E-05	-3.913E-05	-1.35E-05	3.9306E-07	5.7551E-06	1.0003E-05	9.7636E-06	5.8628E-06
Deflection	1.8438E-10	1.8121E-10	1.5825E-10	1.306E-10	1.0828E-10	7.0701E-11	3.5727E-11	1.0008E-11
Pile No.	5							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	5.1608E-05	2.2729E-05	5.8025E-06	-2.786E-06	-5.504E-06	-7.739E-06	-7.125E-06	-4.185E-06
Deflection	-1.432E-10	-1.342E-10	-1.135E-10	-9.15E-11	-7.481E-11	-4.83E-11	-2.42E-11	-6.734E-12
Pile No.	6							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	4.8883E-06	1.0165E-06	-9.348E-07	-1.622E-06	-1.511E-06	-1.476E-06	-1.17E-06	-6.439E-07
Deflection	-2.758E-11	-2.293E-11	-1.771E-11	-1.325E-11	-1.032E-11	-6.4E-12	-3.103E-12	-8.405E-13
Pile No.	7							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-1.746E-05	-1.124E-05	-6.6E-06	-3.299E-06	-1.23E-06	2.9984E-07	8.6499E-07	6.4332E-07
Deflection	4.7221E-12	1.3486E-11	1.6664E-11	1.664E-11	1.521E-11	1.065E-11	5.6582E-12	1.6458E-12
Pile No.	8							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-6.386E-05	-3.285E-05	-1.335E-05	-2.202E-06	2.6924E-06	6.4885E-06	6.7578E-06	4.1499E-06
Deflection	1.19E-10	1.2352E-10	1.1149E-10	9.4156E-11	7.9115E-11	5.2189E-11	2.6578E-11	7.4903E-12
Pile No.	9							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	5.0485E-05	2.2148E-05	5.5635E-06	-2.828E-06	-5.459E-06	-7.627E-06	-7.007E-06	-4.113E-06
Deflection	-1.412E-10	-1.32E-10	-1.116E-10	-8.986E-11	-7.342E-11	-4.739E-11	-2.374E-11	-6.603E-12
Pile No.	10							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	4.5595E-06	8.2131E-07	-1.038E-06	-1.665E-06	-1.52E-06	-1.459E-06	-1.146E-06	-6.283E-07
Deflection	-2.729E-11	-2.252E-11	-1.73E-11	-1.287E-11	-9.988E-12	-6.173E-12	-2.985E-12	-8.066E-13
Pile No.	11							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-1.711E-05	-1.104E-05	-6.498E-06	-3.261E-06	-1.226E-06	2.778E-07	8.3678E-07	6.2493E-07
Deflection	4.3253E-12	1.2992E-11	1.6176E-11	1.6203E-11	1.4832E-11	1.0394E-11	5.5257E-12	1.608E-12
Pile No.	12							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-6.273E-05	-3.227E-05	-1.312E-05	-2.162E-06	2.6453E-06	6.3741E-06	6.6385E-06	4.0765E-06
Deflection	1.169E-10	1.2134E-10	1.0952E-10	9.2492E-11	7.7716E-11	5.1266E-11	2.6108E-11	7.3578E-12
Pile No.	13							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	5.1608E-05	2.2729E-05	5.8025E-06	-2.786E-06	-5.504E-06	-7.739E-06	-7.125E-06	-4.185E-06
Deflection	-1.432E-10	-1.342E-10	-1.135E-10	-9.15E-11	-7.481E-11	-4.83E-11	-2.42E-11	-6.734E-12
Pile No.	14							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	4.8883E-06	1.0165E-06	-9.348E-07	-1.622E-06	-1.511E-06	-1.476E-06	-1.17E-06	-6.439E-07
Deflection	-2.758E-11	-2.293E-11	-1.771E-11	-1.325E-11	-1.032E-11	-6.4E-12	-3.103E-12	-8.405E-13
Pile No.	15							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-1.746E-05	-1.124E-05	-6.6E-06	-3.299E-06	-1.23E-06	2.9984E-07	8.6499E-07	6.4333E-07
Deflection	4.7221E-12	1.3486E-11	1.6664E-11	1.664E-11	1.521E-11	1.065E-11	5.6582E-12	1.6458E-12
Pile No.	16							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728

Moment	-6.386E-05	-3.285E-05	-1.335E-05	-2.202E-06	2.6924E-06	6.4885E-06	6.7578E-06	4.1499E-06
Deflection	1.19E-10	1.2352E-10	1.1149E-10	9.4156E-11	7.9115E-11	5.2189E-11	2.6578E-11	7.4903E-12
Pile No.	17							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	6.9552E-05	2.9133E-05	5.8613E-06	-5.547E-06	-8.724E-06	-1.141E-05	-1.026E-05	-5.967E-06
Deflection	-2.115E-10	-1.943E-10	-1.621E-10	-1.294E-10	-1.051E-10	-6.751E-11	-3.369E-11	-9.343E-12
Pile No.	18							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	1.2666E-05	3.8288E-06	-8.611E-07	-2.774E-06	-2.875E-06	-3.042E-06	-2.511E-06	-1.408E-06
Deflection	-5.672E-11	-4.866E-11	-3.857E-11	-2.952E-11	-2.334E-11	-1.466E-11	-7.188E-12	-1.965E-12
Pile No.	19							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-2.466E-05	-1.392E-05	-6.769E-06	-2.326E-06	-3.666E-08	1.698E-06	2.071E-06	1.3331E-06
Deflection	3.0717E-11	3.6582E-11	3.5478E-11	3.1366E-11	2.7028E-11	1.8166E-11	9.3798E-12	2.6715E-12
Pile No.	20							
Depth	0	0.68942106	1.37884212	2.06826305	2.75768423	3.44710541	4.13652611	4.82594728
Moment	-8.127E-05	-3.913E-05	-1.35E-05	3.9306E-07	5.7551E-06	1.0003E-05	9.7636E-06	5.8628E-06
Deflection	1.8438E-10	1.8121E-10	1.5825E-10	1.306E-10	1.0828E-10	7.0701E-11	3.5727E-11	1.0008E-11