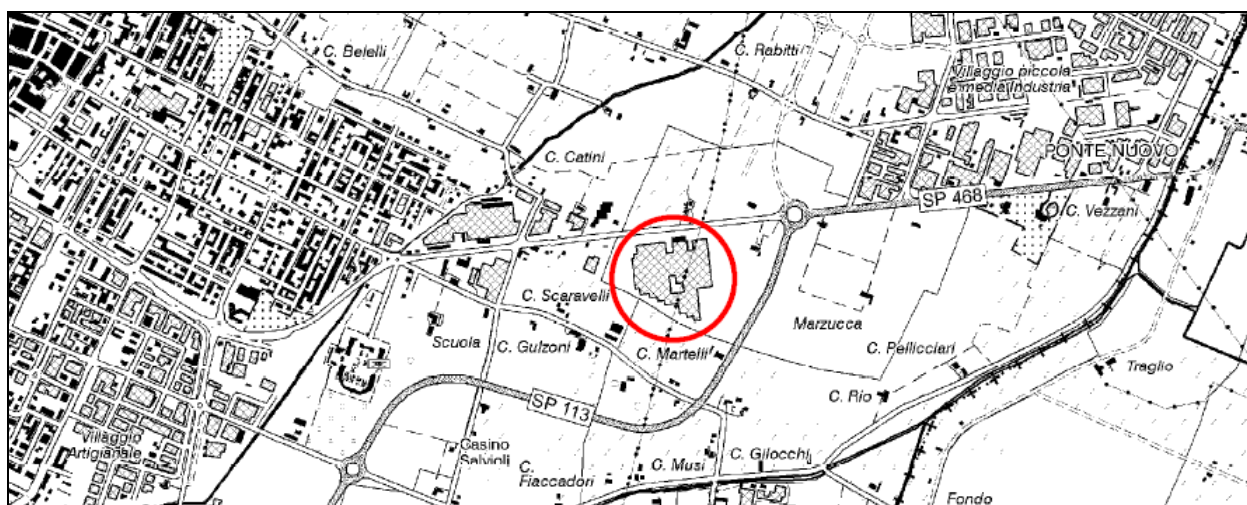


**COMUNE DI CORREGGIO**  
PROVINCIA DI REGGIO EMILIA

**PIANO PARTICOLAREGGIATO PER ESPANSIONE**  
**AREA INDUSTRIALE SPAL AUTOMOTIVE**

PROGETTISTI: ENERPLAN S.R.L.  
COMMITTENTE: SPAL AUTOMOTIVE S.R.L.

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA**



**DOTT. GEOL. ALESSANDRO MACCAFERRI**  
**V.LE CADUTI IN GUERRA 1- 41121 MODENA**  
**☎ 059-226540**



**FEBBRAIO 2018**

**DOTT. ALESSANDRO MACCAFERRI**  
**- GEOLOGO -**

**Studio:**

V.le Caduti in Guerra 1  
41121 Modena  
Tel: 059-226540 - Fax: 059-4398943  
Cell. 335-7053511 - E-mail: maccafe@tin.it

Modena 12/02/2018

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA**

**PROGETTO:** Piano Particolareggiato per l'espansione di area industriale

**REGIONE:** Regione Emilia Romagna

**PROVINCIA:** Reggio Emilia

**COMUNE:** Correggio

**LOCALITA':** Capoluogo

**UBICAZIONE:** Via Per Carpi 26/B

**PROGETTISTI:** Enerplan S.r.l.

**COMMITTENTE:** SPAL Automotive S.r.l.

**RIFERIMENTI NORMATIVI:** Circolare Regionale n° 1288 del 11.02.1983; D.M. 11.03.1988; Circolare LL.PP. 24.09.1988 n°30483; D.M. 14.01.2008; Delibera Regionale n° 1677 del 24.10.2005 - Del. Ass. Lgs. 112/2007 - L.R. 19/2008 - L.R. 16/2012 - DGR 2193/2015 - PTCP Provincia di Reggio Emilia - PSC Comune di Correggio

**RELAZIONE REDATTA AD USO:** Approvazione P.P.

## **. PREMESSA**

Su incarico della ditta SPAL Automotive Srl e d'intesa con i tecnici progettisti dello studio Enerplan, si è provveduto alla stesura della presente relazione geologico-geotecnica e sismica inerente il Piano Particolareggiato dell'area industriale della ditta stessa, per la realizzazione di futuri insediamenti sempre di tipo industriale, in ampliamento a quelli esistenti. L'area in esame risulta ubicata lungo via per Carpi n° 26, nella zona est del comune di Correggio (Re). Il progetto in esame rappresenta il Piano Particolareggiato di Iniziativa Privata, dell'area industriale della ditta SPAL Automotive del Comune di Correggio, per la progettazione dei futuri interventi in ampliamento alla situazione attuale.

L'attività industriale svolta nello stabilimento SPAL posto in Via per Carpi n. 26 necessita di nuovi spazi e la proprietà nella riorganizzazione dell'attività ha individuato le aree idonee all'espansione per meglio rispondere alle proprie esigenze produttive.

L'area dell'ambito in studio ha una superficie di circa 134.000mq attualmente e prevede un ampliamento sul lato est, verso la tangenziale, di circa 28.000mq.

Lo studio è stato condotto nel rispetto delle vigenti normative in materia, e finalizzato alla definizione delle caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche e geotecniche del terreno interessato dagli interventi in progetto, al fine di stabilirne la fattibilità e le modalità esecutive più idonee, anche in relazione agli aspetti sismici introdotti al riguardo dalle recenti normative in materia, di cui al D.M. 14/01/2008 e dalla Delibera 112/2007 dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna come aggiornata dalla DGR 2193 del 2015 sempre dalla RER. Si è inoltre fatto riferimento alle Carte tematiche del PSC del Comune di Correggio.

Al fine di caratterizzare l'area dal punto di vista geologico-geotecnico e sismico si è ritenuto di poter fare riferimento a recenti indagini geognostiche eseguite dalla ditta Intergeo, in data febbraio 2017, all'interno dell'area dello stabilimento della committenza, finalizzate alla realizzazione di un nuovo magazzino. Si è inoltre fatto riferimento ad ulteriori indagini, sia prove penetrometriche sia sondaggi, eseguiti dalla ditta Centrogeo, in data gennaio 2014, per la realizzazione dei fabbricati esistenti, sull'area

La prossimità delle indagini all'interno dell'area di P.P., rispetto ai futuri interventi edilizi, fa ritenere ragionevolmente estrapolabili all'area stessa le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche ricavate dalle prove.

Anche per procedere a classificare da un punto di vista sismico i terreni presenti, si è fatto riferimento alle apposite indagini geofisiche eseguite sull'area, sia MASW che Down-Hole, le quali ha permesso di determinare la  $V_{s30}$ , velocità delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità, e quindi la categoria di suolo di fondazione interessato dai futuri interventi edilizi, in funzione della quale si sono poi ricavati i relativi coefficienti di amplificazione stratigrafica.

La relazione si articola nel seguente modo:

- A) INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E AMBIENTALE
  - A1) INQUADRAMENTO GEOGRAFICO
  - A2) INQUADRAMENTO GEOLOGICO
- B) VALUTAZIONE DELLA FATTIBILITA' DEL PROGETTO PROPOSTO

- B1) DESCRIZIONE DEL PROGETTO
- B2) INDAGINI GEOGNOSTICHE
- B3) CLASSIFICAZIONE SISMICA
- B4) MICROZONAZIONE SISMICA
- B5) FATTIBILITÀ DEL PROGETTO PROPOSTO
- C) CONCLUSIONI
- ALLEGATI

## **A) INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E AMBIENTALE**

### **. A1) INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

L'area in esame, sulla quale è in progetto l'ampliamento della zona industriale della ditta SPAL, si colloca nella zona a est del comune di Correggio (Re), più precisamente ubicata lungo via per Carpi 26/B, presso lo stabilimento della committenza; siamo nella fascia di media pianura reggiana, ad una quota media di circa 28-29 metri sul livello del mare.

Da un punto di vista cartografico l'area è compresa nella Tavola della C.T.R. alla scala 1:25.000 n. 201NO, denominata "Correggio" (Allegato 1) e nell'elemento, sempre della C.T.R., in scala 1:5.000 n. 201034 denominato "Carpi ovest" (Allegato 2).

In allegato X si riporta una foto aerea della zona in esame con indicazione dello stabilimento della committenza, presso il quale è prevista un ampliamento verso ovest e verso est oggetto del Piano Particolareggiato.

### **.A2) INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

L'area oggetto di studio appartiene geologicamente al grande bacino subsidente Plio-Quaternario della Pianura Padana, in un settore deposizionalmente influenzato dalle alluvioni del Fiume Po, da quelle dei corsi d'acqua appenninici principali quali i fiumi Secchia e Panaro.

Tali depositi di origine continentale, qui principalmente riferibili al fiume Secchia, che scorre a est dell'area in esame, e ai corsi minori, quali il Crostolo e il Tresinaro, hanno una granulometria variabile, prevalentemente fine, costituita da argille elimi e relativi termini intermedi, e disposizione lenticolare, sono collocati su un substrato marino preolocenico, la cui profondità varia gradualmente dai 400 m nella zona di Cavezzo, agli 80-100 m nella zona di Mirandola, a nord. Tale fatto concorda con la presenza di una forte subsidenza anche in tempi recenti che ha consentito l'ingressione marina e la deposizione di tali sedimenti, che ritroviamo a scarsa profondità dal substrato.

La subsidenza è testimoniata anche dall'elevato spessore dei sedimenti marini compresi sino alla base del Pliocene, variabile tra i 6000 m della zona a Sud ai 4000 m a Nord.

La copertura alluvionale, pleistocenica ed olocenica, è costituita da una sequenza monotona di argille e limi con sottili, rare e discontinue intercalazioni di sabbia medio-fine, sedi di acquiferi molto poveri, come riportato nella Carta Geologica della Regione Emilia Romagna riportata in allegato 3.

Di sotto alla copertura alluvionale sono noti terreni sedimentari di origine marina, prevalentemente argillosi, subito sotto la copertura si ha un'alternanza di argille e sabbie, più sotto ancora la sequenza argillo-marnosa del Calabriano-Pliocene Superiore è ancora argille marnose del Pliocene Inferiore.

Tali sedimenti sono considerati come il basamento per la circolazione delle acque.

Da un punto di vista strutturale, la Pianura reggiana, nella zona di Correggio è caratterizzata da una vasta struttura sinclinale sepolta nota in bibliografia come "Sinclinale di Bologna-Bomporto-Reggio Emilia", con orientamento ENE-SSO, che trova presso Bomporto la sua massima depressione.

Tale struttura si raccorda a Nord, attraverso una ripida monoclinale, con una struttura tettonica positiva nota con il nome di "Dorsale Ferrarese" in cui depositi quaternari si riducono ad uno spessore di poche decine di metri.

Il substrato, costituito da terreni marini, forma immediatamente a nord del territorio di San Prospero una particolare struttura tettonica attiva (anticlinale) che determina un inarcamento dei terreni (per piegamento) del substrato stesso, formando pertanto una specie di "collina sepolta".

Questa struttura tettonica attiva, nota con il nome di "Dorsale Ferrarese", continua verso W a Novi e Reggiolo e verso E a Ferrara e le Valli di Comacchio, ed è la responsabile degli eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012, che hanno interessato la zona della bassa modenese e parzialmente anche quella reggiana.

La litologia superficiale del territorio in esame è prevalentemente una litologia dominata da litotipi fini quali argille e limi con relativi termini intermedi, come si evidenzia nella Carta geomorfologica della Provincia di Reggio Emilia riportata in allegato 4.

Anche da un punto di vista litostratigrafico, la zona in studio risulta caratterizzata da una dominante sequenza di terreni fini limo argillosi e argillo limosi, che si ripetono in maniera omogenea fino ai 50 metri indagati, che localmente presentano intercalazioni di terreni più grossolani, sabbiosi e sabbiosi limosi, di spessore decimetrico, come evidenziato nelle prove penetrometriche e nei sondaggi effettuati sull'area, alle profondità di circa 16 e 22 metri.

Vi è da notare che superficialmente, i terreni prevalentemente grossolani, sabbiosi-limosi, corrispondono in genere alle zone topograficamente più rilevate e rappresentano paleoalvei dei corsi d'acqua sia principali sia minori, che divagavano in epoche recenti, mentre i terreni più fini, argillosi, corrispondono alle zone vallive.

Morfologicamente l'area d'intervento si presenta pianeggiante, tale da permettere uno sviluppo edilizio dell'intervento in progetto senza particolari problemi.

La morfologia dell'area, tipica della fascia di media pianura reggiana, è quasi perfettamente piana, con pendenze molto blande verso N-NE, nell'ordine del 1-2 per mille con quote medie del piano campagna di 28-29 metri s.l.m.

Attualmente l'evoluzione geomorfologica dell'area è per lo più imputabile all'uomo, che con la propria azione ha in parte inibito i fattori morfogenetici naturali, assumendo un ruolo predominante nelle trasformazioni del paesaggio. L'area urbana in oggetto risulta già ampiamente edificata, per la quale non si rilevano problematiche particolari.

La zona in studio è caratterizzata da una falda freatica disposta in generale a profondità modesta dal piano di campagna, grosso modo sui 2/4 metri.

Tale falda, così detta libera, è caratterizzata da bassi valori di trasmissività, da una variabilità del proprio livello in stretta relazione con gli apporti meteorici e con la rete di canalizzazione, essendo alimentata prevalentemente per infiltrazione superficiale.

Trova oggi scarsa utilizzazione, viene captata con pozzi tradizionali e le sue acque vengono prevalentemente utilizzate per innaffiare orti e giardini o per rifornire modesti impianti di irrigazioni, raramente per abbeverare il bestiame, in nessun caso si fa uso idropotabile.

Nello specifico dell'area in esame si è misurata la profondità della falda nel foro delle prove penetrometriche risultata compresa tra 1/1,5 metri dal piano campagna; non si esclude che in periodi particolarmente piovosi tale livello possa risalire ulteriormente fino ad interagire con le fondazioni dei fabbricati in progetto con il presente P.P.

In ogni caso, dato le caratteristiche litologiche-stratigrafiche prima descritte, si esclude che detta falda freatica possa risultare in comunicazione diretta con le sottostanti falde acquifere profonde; tale falda trova oggi, come detto, scarsa utilizzazione in relazione alla sua pessima qualità, sia dal punto di vista biologico che chimico, essendo usata più che altro, come detto, per innaffiare orti e giardini e comunque in nessun caso si fa uso idropotabile.

Nell'area come detto la falda superficiale si attesta a profondità comprese tra -2.5 e 2.0 m dal p.c., con quote piezometriche comprese tra 20 e 20.5 m s.l.m.

Per quanto riguarda le falde profonde, nell'area gli acquiferi significativi si sviluppano sempre a profondità discretamente elevate:

- intorno ai 30-40 m dal p.d.c., si rilevano intercalazioni significative di sabbie fini e medie, , in cui si può individuare un primo acquifero captato da diversi pozzi presenti sul territorio comunale;
- oltre i 50-60 m m, dove s'individua un secondo acquifero, abbondantemente sfruttato, specialmente per scopi produttivi; non si segnalano tuttavia sul territorio comunale pozzi utilizzati ad uso acquedottistico.

In corrispondenza delle prove penetrometriche eseguite per l'area in esame, la falda è stata intercettata a -2/2.2 m dal p.d.c.

Con riferimento al PTCP della Provincia di Reggio Emilia, nella Carta della "Vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale" di cui all'allegato 4, il comparto si colloca in area a grado di vulnerabilità Bassa, in rapporto principalmente alle caratteristiche litologiche ed alla capacità di attenuazione del suolo, presenti nell'area.

Nell'area in esame il drenaggio superficiale è assicurato dalla presenza della capillare rete fognaria urbana e più in generale, al di fuori dell'area urbana, dal sistema dei fossi superficiali di campagna, che complessivamente creano buone condizioni di deflusso delle acque meteoriche. Nello specifico dell'area in esame non si rilevano condizioni di drenaggio difficoltoso o di morfologia depressa. Con il presente P.P. viene rivista la progettazione della rete fognaria, almeno per quanto riguarda la parte nuova e parzialmente per quella esistente, prevedendo la realizzazione di una vasca di laminazione, per le acque bianche, prima della loro immissione nella rete superficiale della bonifica.

A est dell'area dello stabilimento, ove viene prevista la costruzione dei nuovi fabbricati, verso la tangenziale, si rileva un fosso anonimo, e più a sud, che borda tutta l'area del comparto, il principale fosso Condotta Giuliani, di cui alla gestione della Bonifica Emilia Centrale. Se per quanto riguarda il sistema irriguo-scolante, l'area in cui è ubicato il

Comparto fa riferimento al solo sistema idrografico minore, per gli accenni in merito alla valutazione sull'esondabilità del territorio, che riguarda più prettamente il fiume Secchia.

Con riferimento alla "Carta della criticità e della pericolosità idraulica" del PTCP della provincia di Reggio Emilia (Allegato 4), il Comparto in esame si colloca su un paleodosso di accertato interesse, in corrispondenza del quale non si rilevano quindi condizioni di criticità idraulica.

Per quanto riguarda le verifiche sulla capacità idraulica di smaltimento delle portate di piena che si producono sul territorio e che influenzano l'officiosità dei corsi d'acqua del reticolo idrografico superficiale, si rimanda ad idonea relazione idraulica, che oltre agli aspetti dell'invarianza, prende in considerazione anche quelli legati al rischio di alluvione.

In relazione alle quote idrometriche del fiume Secchia ed a quelle topografiche del territorio, l'area in esame è da ritenersi potenzialmente esondabile, tuttavia la probabilità di accadimento di tali eventi alluvionali è tuttavia scongiurata dalla presenza a monte in località Rubiera, delle casse di espansione sul fiume Secchia, unitamente ad interventi idraulici sul fiume, consistenti in lavori di manutenzione degli alvei e potenziamento delle arginature. Anche in relazione all'idrografia minore non si rilevano elementi di criticità.

## **. B) VALUTAZIONE DELLA FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO**

### **.B1) DESCRIZIONE DEL PROGETTO**

Il progetto in esame rappresenta il Piano Particolareggiato di Iniziativa Privata, dell'area industriale della ditta SPAL Automotive del Comune di Correggio, per la progettazione dei futuri interventi in ampliamento alla situazione attuale.

L'attività industriale svolta nello stabilimento SPAL posto in Via per Carpi n. 26 necessita di nuovi spazi e la proprietà nella riorganizzazione dell'attività ha individuato le aree idonee all'espansione per meglio rispondere alle proprie esigenze produttive.

Le aree individuate sono sostanzialmente due una collocata sul lato Ovest dell'attuale stabilimento ed una sul lato Est.

L'espansione sul lato Ovest avverrà in aderenza all'attuale immobile e insisterà su terreno di proprietà BNP PARIBAS LEASE GROUP.

Ad oggi lo stabilimento sul lato Est è delimitato da recinzione e la proprietà SPAL ha recentemente acquisito una striscia di terreno posta tra la recinzione e la nuova tangenziale SP 113 Via della Pace.

Anche l'espansione sul lato Est è prevista in aderenza all'attuale immobile e insisterà in parte su terreno di proprietà SPAL facente parte delle pertinenze dell'immobile ora costruito e in parte sul terreno di nuova acquisizione di proprietà SPAL.

Sentito il referente dell'ufficio tecnico del Comune di Correggio, considerato che l'ampliamento proposto da SPAL prevede un'intervento promiscuo tra le Zone D3 e D9 e che, al fine di coordinare gli interventi si ritiene opportuno subordinare l'attuazione degli stessi allo strumento urbanistico preventivo unico del Piano Particolareggiato che permette di ridefinire complessivamente la distribuzione delle capacità edificatorie, degli standard di parcheggio pubblico di pertinenza e di altre dotazioni complessive.

Trattasi di complesso industriale esistente con destinazione a produzione e progettazione di prodotti automotive, realizzato in fasi successive con metodologie costruttive differenti.

Attualmente il complesso industriale insiste su un'area di 134.160mq parte di proprietà di SPAL Srl e parte di proprietà BNP PARIBAS LEASE GROUP.

Recentemente la proprietà SPAL ha acquisito una striscia di terreno di circa 28.000mq posta tra la recinzione Est del complesso edilizio e la tangenziale.

Si riporta sotto lo stralcio di estratto di mappa catastale al fine di evidenziare la collocazione dei terreni nel contesto aziendale ed urbano.

L'attuale edificio industriale è identificato con il Foglio 57, Mappale 389-285-290-407-424-428-429-138-148-195.

La nuova area di proprietà SPAL oggetto del futuro ampliamento è identificata con il Foglio 57, Mappale 145-146-168-274-409-410-422 (Figura 1).



Figura 1

L'attuale complesso industriale SPAL è posto nel Comune di Correggio (RE) in Via per Carpi, 26. Nell'ortofoto è indicato il complesso industriale esistente e il terreno di nuova acquisizione che sarà parzialmente oggetto della futura espansione.

L'espansione in programma necessaria per soddisfare le future esigenze dell'azienda dovrebbe essere di circa 19.150mq divisa in due blocchi: blocco ad Ovest di 5.950mq e blocco ad EST di 13.200mq.

L'espansione sul lato EST sarà in parte da realizzare nell'attuale area di pertinenza dell'azienda pari a circa 7.250mq e la restante parte pari a circa 5.950mq, da realizzare nel terreno limitrofo di nuova acquisizione.



Il terreno di nuova acquisizione confinante ad EST con l'attuale proprietà ha una forma geometrica allungata ed è posto parallelamente alla tangenziale SP113 Via della Pace ed è individuato nella cartografia Comunale come PP130.



Figura 2

In allegato 2 si riporta la planimetria CTR con individuazione dell'ambito in oggetto.

## **. B2) INDAGINI GEOGNOSTICHE**

Al fine di caratterizzare l'area dal punto di vista geologico-geotecnico si è ritenuto di poter fare riferimento a recenti indagini geognostiche eseguite dalla ditta Intergeo, in data febbraio 2017, all'interno dell'area dello stabilimento della committenza, finalizzate alla realizzazione di un nuovo magazzino. Si è inoltre fatto riferimento ad ulteriori indagini, sia prove penetrometriche sia sondaggi, eseguiti dalla ditta Centrogeo, in data gennaio 2014, per la realizzazione dei fabbricati esistenti, sull'area.

La prossimità delle indagini all'interno dell'area di P.P., all'incirca 150 m, come evidenziato in allegato 6, fa ritenere ragionevolmente estrapolabili all'area stessa le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche ricavate dalle prove.

Di seguito si vanno a descrivere le indagini eseguite e i risultati ottenuti.

### **Sondaggio a carotaggio continuo**

Al fine di valutare le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni interessati dall'intervento in progetto, si è eseguita sull'area in esame un'adeguata indagine geognostica, consistente nella esecuzione di n. 1 sondaggio a carotaggio continuo, spinto sino alla profondità di 50 m dal piano campagna.

Il sondaggio è stato effettuato, su incarico della committenza dalla ditta Intergeo S.r.l. di Modena. Le indagini sono state effettuate nel periodo 20/22 febbraio 2017.

L'ubicazione delle indagini effettuate compare nella planimetria in allegato 6, mentre in allegato 7 si riporta la litostratigrafia dei terreni attraversati.

I sondaggi del tipo a carotaggio continuo sono stati eseguiti con sonda cingolata a rotazione Elettari EK 1000, utilizzando per la perforazione carotieri semplici del diametro di 101 mm e della lunghezza di 150 cm seguiti, per tutto il tratto di perforazione, da tubi di rivestimento provvisori del diametro di 127 mm per impedire franamenti del foro di perforazione; la profondità d'indagine raggiunta è di 50 metri dal piano di campagna.

Tutti i campioni di terreno prelevati (carote) dopo essere stati inseriti in apposite canale di plastica, della lunghezza di un metro, sono state poste in cassette catalogatrici, contenenti ognuna 5 m di perforazione che dopo essere state fotografate (Allegato 7) sono state consegnate alla Committenza.

Durante la perforazione, in avanzamento, sono stati prelevati n° 6 campioni indisturbati, le cui quote di prelievo compaiono nella litostratigrafia. I campioni, come richiesto dalla Committenza, sono stati consegnati al laboratorio Sinergea s.r.l. Nella litostratigrafia, compilata direttamente in campagna, sono state riportate, oltre alle suddivisioni litostratigrafiche, con le relative quote e descrizioni litologiche, ottenute con i classici metodi speditivi, le quote dei campioni indisturbati prelevati, nonché i valori del pocket penetrometer e del Tore Vane.

Al termine della perforazione il sondaggio a carotaggio continuo (S1) è stato attrezzato con tubo in PVC, reso solidale al terreno con iniezione dal basso di miscela ternaria e la testa è stata protetta da un pozzetto. A fianco del sondaggio S1 è stato effettuato un secondo sondaggio, a distruzione di nucleo, denominato S1 bis, spinto sino alla profondità di 6 m dal piano campagna, successivamente attrezzato con piezometro a cella di Casagrande, per il controllo della falda superficiale.

### ***Prove penetrometriche***

Sono state eseguite cinque prove penetrometriche, che in relazione alle presumibili caratteristiche granulometriche dei terreni del primo sottosuolo, sono state effettuate con infissione statica, del tipo CPTU, con piezocono e punta elettrica.

L'ubicazione delle prove eseguite compare nella planimetria riportata in allegato 6, mentre i diagrammi penetrometrici, unitamente ai tabulati di campagna sono riportati in allegato 8.

Le prove sono state effettuate, su incarico della Committenza, dalla ditta Intergeo S.r.l. di Modena, nel periodo 21/23 febbraio 2017.

Per le prove penetrometriche è stato impiegato un penetrometro statico da 20 Ton di spinta, automontato, usando per la perforazione una punta elettrica con piezocono "Torstenson", collegata mediante cavo ad una centralina di misura e a un PC che ogni 2 cm di avanzamento registra i dati.

Nei tabulati di calcolo delle prove penetrometriche con punta elettrica e piezocono sono stati riportati, in funzione della profondità e rilevati ogni 2 cm di avanzamento della punta, i valori della resistenza specifica al cono statico ( $R_p$ ), espressi in Mpa, i valori della resistenza

laterale locale (RI), espressi in Kpa, nonché i valori della sovrappressione interstiziale indotta durante l'avanzamento della punta, espressa sempre in Kpa.

Nel diagramma penetrometrico, sempre in allegato al presente studio, sono state riportate, mediante plotter interfacciato con l'elaboratore, quattro curve e precisamente procedendo da sinistra verso destra:

Ft: la curva della resistenza specifica locale al manicotto corretta;

Qt: resistenza specifica al cono statico corretta;

U: sovrappressione interstiziale;

Inclinazione;

Fr: rapporto percentuale fra la resistenza specifica locale al manicotto (Ft) e la resistenza specifica al cono (Qt).

L'elaborazione dei valori di resistenza all'infissione caratteristici dei vari livelli del sottosuolo, fornisce utili informazioni per il riconoscimento di massima della litologia dei terreni attraversati, sulla base del rapporto  $R_p/RI$  ( $q_c/f_s$ ) fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale (Rapporto di Begemann 1965 – Raccomandazioni AGI) ovvero sulla base dei valori di  $R_p$  e del rapporto  $Fr=RI/R_p\%$  (Schemertmann 1878).

Analogamente i dati geognostici raccolti sono stati elaborati suddividendo il terreno in strati omogenei per caratteristiche litologiche e geotecniche, determinando per ognuno i valori medi dei principali parametri geotecnici, ottenuti mediante ormai note correlazioni empiriche, il tutto come riportato di seguito.

Sempre dal punto di vista geotecnico, la caratterizzazione dell'area di espansione est è stata direttamente indagata nel 2014 dallo Studio Geologico "Centrogeo" di Correggio e sono rappresentate da:

25 prove penetrometriche statiche, con punta meccanica Begemann, spinte fino a profondità variabili tra 20 e 30 m.

Insieme a queste sono state utilizzate altre 3 analoghe prove penetrometriche statiche, effettuate dallo stesso Studio "Centrogeo" in settori di intervento nell'area di proprietà SPAL s.r.l. confinanti con quella di espansione est del PP, eseguite nel corso di campagne di indagine precedenti (Cpt2/2008, Cpt3 /2008 e Cpt11/2005).

Le prove penetrometriche hanno evidenziato la presenza, anche per quest'area, di terreni principalmente fini, a comportamento meccanico visco-plastico, quali argille, argille limose e limi argillosi, con a luoghi livelli sabbiosi e limo-sabbiosi. Nei terreni fini la consistenza è risultata piuttosto bassa e la coesione non drenata variabile da 36 a 66 kPa. I terreni più grossolani sono invece risultati mediamente addensati.

Dal punto di vista del comportamento geotecnico, pertanto, le due aree d'espansione risultano alquanto simili.

In allegato 10 si riportano le prove eseguite dalla ditta Centrogeo.

## **Modello geologico**

L'elaborazione delle prove penetrometriche eseguite e la correlazione delle stesse con il sondaggio a carotaggio effettuato sull'area, ha permesso di ricostruire il modello geologico del primo sottosuolo dell'area in esame. In generale si rileva una dominante sequenza di terreni fini limo argillosi e argillo limosi, all'interno della quale si ritrovano intercalazioni di terreni più grossolani, sabbiosi e sabbio limosi, di spessore metrico, come ad esempio tra 15/17 m, 22/25 m e 30/32 m; solo nelle prove CPTU 3 e 4 non si ritrova lo strato grossolano più superficiale, quello tra i 15/17 m di profondità.

Mediamente nell'area in esame, correlando la stratigrafie delle singole verticali indagate, si evidenzia la presenza delle seguenti unità litotecniche:

### **Unità A da 0 m a 6 m**

La prima unità è costituita da terreni fini e medio-fini, formati da limi argillosi e argille limose, a medio-bassa consistenza e compattezza, tendente ad aumentare con la profondità.

### **Unità B da 6 m a 16 m**

La seconda unità è costituita ancora da terreni fini e medio-fini, formati da limi argillosi e argille limose, a medio-buona compattezza e consistenza.

### **Unità C da 16 m a 17 m**

La terza unità è costituita da terreni grossolani, formati da sabbie medie e fini con sabbie limose, ad elevato addensamento.

### **Unità D da 17 m a 22 m**

La quarta unità è costituita di nuovo da terreni fini e medio-fini, formati da limi argillosi e argille limose, a media consistenza e compattezza.

### **Unità E da 22 m a 24 m**

La quinta unità è costituita di nuovo da terreni grossolani e medio-grossolani, formati da sabbie medie e sabbie limose, ad elevato addensamento.

### **Unità F da 24 m a 30 m**

La sesta unità è costituita da terreni più fini, formati da argille e argille limose, a media consistenza e compattezza.

### **Unità G da 30 m a 32 m**

La settima unità è costituita di nuovo da terreni grossolani e medio-grossolani, formati da sabbie fini e sabbie limose, a medio alto addensamento.

### **Unità H da 32 m a 50 m**

L'ottava unità è costituita di nuovo da terreni fini, formati da argille e argille limose, a media consistenza e compattezza.

### **Situazione idrogeologica locale**

I terreni riscontrati all'interno dell'area in esame, dal punto di vista idrogeologico, sono classificabili come depositi alluvionali di origine fluviale, da poco permeabili a impermeabili. Nell'area in esame si riscontra una falda freatica superficiale, la cui profondità, misurata alla fine dell'esecuzione delle prove penetrometriche, risultava attestarsi sui 1,00 metro dal piano campagna. A tale proposito si precisa che sull'area in esame è stato installato un piezometro del tipo a cella di Casagrande, della profondità di 6 metri; in data 24/04/2017 si è provveduto ad eseguire una misura di controllo sulla profondità della falda risultata a 1,10 m dal p.c. attuale.

Tale livello in relazione alle modalità di alimentazione della falda, per lo più per infiltrazione superficiale, può subire delle oscillazioni stagionali, in relazione agli eventi meteorologici, tali da renderlo interferente con le strutture interrato dei futuri interventi edilizi e quindi anche con i relativi scavi nella fase di cantiere.

### **Caratterizzazione geotecnica**

La caratterizzazione geotecnica dei terreni del primo sottosuolo è stata eseguita mediante l'elaborazione delle prove penetrometriche statiche eseguite sull'area, in diverse date, in occasione della realizzazione dei fabbricati esistenti, all'interno dell'area del P.P. in progetto, spinte sino alla profondità di oltre 30 m dal piano campagna.

Le varie prove eseguite nell'area, confrontate tra loro hanno evidenziato una sostanziale omogeneità della situazione geologica-stratigrafica.

La parametrizzazione delle unità litotecniche del sottosuolo è stata redatta attraverso le correlazioni proposte in letteratura, con riferimento alle unità litostratigrafiche prima descritte.

Complessivamente l'indagine eseguita ha evidenziato la presenza di terreni con caratteristiche favorevoli alla realizzazione degli interventi previsti con il presente PP.

I terreni interessati dalle strutture di fondazione, ovvero i più interessati dall'interazione struttura-terreno, sono quelli dell'unità A, sufficientemente consistenti da affrontare le normali problematiche fondazionali.

Sulla base dei dati ottenuti si ritiene idonea per i fabbricati in progetto con il presente PP l'adozione di fondazioni superficiali, il cui piano di posa dovrà essere collocato ad una profondità non inferiore a 100 cm dal p.d.c. attuale in modo tale da consentire di fatto il superamento del terreno superficiale più alterato e in parte di riporto, compreso direttamente nella zona soggetta alle variazioni di umidità e temperatura. Per edifici di un certo impegno non si esclude il ricorso a fondazioni profonde, da valutarsi in fase di progettazione esecutiva.

Nelle tabelle seguenti è riportata per le prove eseguite la caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica media, con i principali parametri utili alle successive verifiche.

## Parametri geotecnici

### Prova P1

Strato	Prof.	Rpm	Cu	C'	$\phi$	Mo	$\gamma$	Dr	v	w	Tipo
1	1,17 – 6,01	9,50	0,48	0,09	19	39,00	1,9	/	0,45	1,5	Argille limose
2	6,01 – 16,01	16,43	0,71	0,21	21	52,86	1,9	/	0,44	2	Argille limose
3	16,01 – 17,41	93,32	/	/	36	206,64	1,8	69	0,32	8	Sabbie limose
4	17,41 – 22,45	19,27	0,78	0,24	19	58,54	1,9	/	0,44	2	Argille limose
5	22,45 – 24,05	78,89	/	/	32	177,78	1,8	62	0,34	7	Sabbie limose
6	24,05 – 29,70	18,81	0,77	0,24	19	57,62	1,9	/	0,44	2	Argille limose
7	29,70 – 31,26	50,98	/	/	29	121,96	1,8	/	0,38	5	Sabbie limose

### Prova P2

Strato	Prof.	Rpm	Cu	C'	$\phi$	Mo	$\gamma$	Dr	v	w	Tipo
1	1,32 – 6,00	9,68	0,48	0,09	19	39,36	1,9	/	0,45	1,5	Argille limose
2	6,00 – 16,06	15,37	0,68	0,19	21	50,74	1,9	/	0,45	2	Limi argillosi
3	16,06 – 17,16	85,15	/	/	35	190,30	1,8	68	0,32	8	Sabbie limose
4	17,16 – 21,78	18,47	0,76	0,23	19	56,94	1,9	/	0,44	2	Argille limose
5	21,78 – 23,82	98,83	/	/	36	217,66	1,8	70	0,32	8	Sabbie limose
6	23,82 – 30,88	16,25	0,70	0,20	21	52,50	1,9	/	0,44	2	Argille limose
7	30,88 – 31,50	104,16	/	/	37	228,32	1,9	72	0,30	10	Argille limose

### Prova P3

Strato	Prof.	Rpm	Cu	C'	$\phi$	Mo	$\gamma$	Dr	v	w	Tipo
1	1,42 – 5,40	9,20	0,46	0,08	19	38,40	1,9	/	0,45	1,5	Argille limose
2	5,40 – 15,70	17,08	0,73	0,22	21	54,16	1,9	/	0,44	2	Limi argillosi
3	15,70 – 22,20	18,98	0,78	0,24	19	57,96	1,9	/	0,44	2	Limi argillosi
4	22,20 – 24,40	89,12	/	/	35	198,24	1,8	69	0,32	8	Sabbie limose
5	24,40 – 29,30	18,63	0,77	0,24	19	57,26	2,2	/	0,44	2	Argille limose
6	29,30 – 32,04	34,34	/	/	27	88,68	2,2	48	0,42	3	Sabbie limose

### Prova P4

Strato	Prof.	Rpm	Cu	C'	$\phi$	Mo	$\gamma$	Dr	v	w	Tipo
1	1,42 – 6,76	10,00	0,50	0,10	19	40,00	1,9	/	0,45	1,5	Argille limose
2	6,76 – 15,86	13,43	0,62	0,16	21	46,86	1,9	/	0,45	1,5	Limi argillosi
3	15,86 – 22,30	19,29	0,78	0,24	19	58,58	1,9	/	0,44	2	Argille limose
4	22,30 – 24,92	108,61	/	/	37	237,22	2,2	74	0,30	10	Sabbie limose
5	24,92 – 30,56	17,00	0,72	0,21	19	54,00	2,2	/	0,44	2	Argille limose
6	30,56 – 32,00	61,07	/	/	30	142,14	2,2	58	0,36	6	Sabbie limose

### Prova P5

Strato	Prof.	Rpm	Cu	C'	$\phi$	Mo	$\gamma$	Dr	v	w	Tipo
1	1,32 – 6,40	9,95	0,50	0,10	19	39,90	1,9	/	0,45	1,5	Argille limose
2	6,40 – 16,62	16,55	0,71	0,21	21	53,10	1,9	/	0,44	2	Argille limose
3	16,62 – 17,66	73,27	/	/	32	166,54	1,8	60	0,34	7	Sabbie limose
4	17,66 – 22,44	18,06	0,75	0,23	19	56,12	1,9	/	0,44	2	Argille limose
5	22,44 – 24,30	70,46	/	/	32	160,92	1,8	70	0,34	7	Sabbie limose
6	24,30 – 29,90	18,35	0,76	0,23	19	56,70	1,9	/	0,44	2	Argille limose
7	29,90 – 32,50	46,31	/	/	29	112,62	1,8	52	0,4	4	Sabbie limose
8	32,50 – 35,00	25,48	0,92	0,31	19	70,96	1,9	/	0,43	2,5	Argille limose

dove:

Strato: Numero progressivo strato	$\phi$ : Angolo di resistenza al taglio ( $^{\circ}$ )
Prof: Profondità base strato (m)	Mo: Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Rpm: Resistenza alla punta media (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\gamma$ : Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Cu: Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	w: Coefficiente di Winkler (Kg/cm <sup>3</sup> )
C': Coesione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	v: Coefficiente di Poisson
Dr: Densità relativa (%)	Tipo: Litologia strato prevalente

Al fine di valutare le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni interessati dai futuri interventi previsti con il presente PP, si è inoltre fatto riferimento a un sondaggio a carotaggio continuo eseguito all'interno dell'area della ditta SPAL, spinto sino alla profondità di 50 m dal piano campagna.

Durante l'esecuzione del carotaggio, in avanzamento, sono stati prelevati n° 6 campioni indisturbati, le cui quote di prelievo compaiono nella litostratigrafia in allegato 7.

Sui campioni prelevati sono state eseguite idonee prove di laboratorio, dalla ditta Sinergea, per la determinazione dei principali parametri geotecnici.

Di seguito si riporta, in forma riassuntiva, la stratigrafia geotecnica determinata per gli strati indagati, sulla base delle prove eseguite sui campioni prelevati:

### Stratigrafia geotecnica da prove di laboratorio

Prof.	C	Litologia	W <sub>L</sub>	I <sub>p</sub>	W <sub>p</sub>	C'	$\phi$	C <sub>v</sub>	M <sub>v</sub>	K
6,6-7	CI1	Limo argilloso	41	20	21	21,27	25,23	1.009x10 <sup>-7</sup>	1.826x10 <sup>-4</sup>	1.804x10 <sup>-10</sup>
13,8-14,4	CI2	Argilla limosa	77	48	29	10,74	18,24	5.92x10 <sup>-9</sup>	1.916x10 <sup>-4</sup>	1.109x10 <sup>-11</sup>
20,5-21,3	CI3	Limo argilloso	52	27	25	5,39	28,6	1.687x10 <sup>-8</sup>	1.644x10 <sup>-4</sup>	2.717x10 <sup>-11</sup>
28-28,6	CI4	Limo argilloso	44	22	22	15,38	28,76	1.34x10 <sup>-7</sup>	9.85x10 <sup>-5</sup>	1.197x10 <sup>-10</sup>
34,5-35,3	CI5	Limo argilloso	40	17	23	9,10	25,56	7.71x10 <sup>-8</sup>	9.596x10 <sup>-5</sup>	7.25x10 <sup>-11</sup>
44-44,7	CI6	Argilla limosa	65	38	27	3,73	20,00	4.437x10 <sup>-8</sup>	9.189x10 <sup>-5</sup>	3.993x10 <sup>-11</sup>

dove:

Prof.: profondità in m

C: denominazione campione

Litologia: descrizione litologica

$W_L$ : Limite liquido (%)  $I_P$ : Indice plastico  $W_P$ : Limite plastico (%)

$C'$ : Coesione efficace (KN/m<sup>2</sup>)  $\phi$ : Angolo di attrito (°)

$C_v$ : Coefficiente di consolidazione (m<sup>2</sup>/sec)

$M_v$ : Coefficiente di compressibilità di volume (m<sup>2</sup>/KN)

K: Coefficiente di permeabilità (m/sec)

### **.B3) CLASSIFICAZIONE SISMICA**

L'Emilia-Romagna è interessata da una sismicità che può essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX-X grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS). La porzione della media-bassa pianura reggiana in cui ricade l'area in esame risulta caratterizzata da un'attività tettonica attiva, dovuta alla presenza nel sottosuolo di strutture geodinamiche note in bibliografia con il nome di dorsale ferrarese, caratterizzate da tutta una serie di pieghe e faglie, che hanno determinato il notevole innalzamento dei depositi marini e che interessano tutta la zona della bassa modenese, responsabili tra l'altro dei terremoti del 20 e 29 maggio 2012, che hanno interessato proprio tale zona, tra cui anche quella in oggetto, oltre alla vicina provincia di Modena. Sempre nel sottosuolo di Correggio si riconoscono altre strutture tettoniche attive (faglia di Correggio), che comporta una certa attività sismica.

Nella Provincia di Reggio Emilia, vi sono poi altre zone attive dal punto di vista tettonico, basti pensare alle zone che si collocano a sud, a ridosso del margine appenninico, zone nelle quali si riconoscono faglie attive con blocchi in movimento relativo tra di loro, la catena appenninica in sollevamento e l'alta pianura in abbassamento, che hanno provocato lesioni allineate secondo l'andamento delle fratture.

Tutto ciò a dimostrare come la zona in esame sia caratterizzata da movimenti tettonici marcati, che scaricano gradualmente l'energia accumulata nel terreno, che possono originare fenomeni sismici frequenti ancorché di modesta entità.

A tale proposito l'Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e s.m.i., "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", ha stabilito la nuova classificazione sismica di tutto il territorio nazionale, e disciplinato la progettazione e la costruzione di nuovi edifici soggetti ad azioni sismiche, nonché la valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento e miglioramento su edifici esistenti soggetti al medesimo tipo di azioni. Il sito di costruzione ed i terreni in esso presenti dovranno in generale essere esenti da rischi di instabilità di pendii e di cedimenti permanenti causati da fenomeni di liquefazione o eccessivo addensamento in caso di terremoto.

Con l'entrata in vigore, il 23 ottobre 2005, delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.09.2005, le cui norme tecniche includono tra le referenze tecniche essenziali anche l'Ordinanza n. 3274/2003 e s.m.i., è diventata obbligatoria la progettazione antisismica per tutto il territorio nazionale, facendo riferimento alle zone sismiche di cui alla OPCM 3274/2003. Ai fini dell'applicazione di queste norme, il territorio nazionale è stato suddiviso



in quattro zone sismiche, a ciascuna delle quali è assegnato un intervallo di valori dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni; in particolare, per la determinazione delle azioni sismiche, risulta assegnato un valore ( $a_g / g$ ), di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, diverso per ogni zona sismica; il Comune di Correggio ricade nella zona 3 (Allegato 5) a sismicità bassa, a cui è associato un valore della massima accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a  $a_g = 0,15g$ . I valori di  $a_g$ , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono:

Zona	Valore di $a_g$
1	0,35g
2	0,25g
3	0,15g
4	0,05g

Ai fini della progettazione esecutiva dei futuri interventi, previsti con il presente P.P., con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ( $V_{s30} > 800$  m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". Secondo l'approccio "zona dipendente", adottato dalla precedenti normative nazionali in campo antisismico, l'accelerazione di base  $a_g$ , senza considerare l'incremento dovuto ad effetti locali dei terreni, era direttamente derivante dalla Zona sismica di appartenenza del comune nel cui territorio è localizzato il sito di progetto.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la classificazione sismica del territorio è scollegata dalla determinazione dell'azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica. Pertanto, secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14 gennaio 2008, la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento, riportato nella tabella 1 nell'allegato B del D.M. del 2008. Tale griglia è costituita da 10.751 nodi (distanziati di non più di 10 km) e copre l'intero territorio nazionale ad esclusione delle isole (tranne Sicilia, Ischia, Procida e Capri) dove, con metodologia e convenzioni analoghe vengono forniti parametri spettrali costanti per tutto il territorio (tabella 2 nell'allegato B del D.M. 14 gennaio 2008). Per ciascuno dei nodi della griglia vengono forniti, per 9 valori del periodo di ritorno (da 30 anni a 2.475 anni), i valori dei parametri di pericolosità sismica, utili per la progettazione e cioè i valori di  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima del terreno espressa in  $g/10$ ),  $F_0$  (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale adimensionale) e  $T^*c$  (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale espresso in secondi) necessari per la definizione dell'azione sismica, una volta definito per l'intervento in progetto, ai sensi sempre delle NTC2008, il tipo e la classe (ad esempio, per i fabbricati in progetto, tipo 2 e classe II).

Secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 2008, definite le coordinate del sito interessato dal progetto, è possibile il calcolo dei suddetti parametri spettrali (per uno dei

tempi di ritorno forniti) tramite media pesata con i 4 punti della griglia di accelerazioni (Tabella 1 in Allegato B) che comprendono il sito in esame, per i quattro stati limite previsti dalle norme *S.L.O.*, *S.L.D.*, *S.L.V.* e *S.L.C.*.

Inoltre allo scopo di valutare l'amplificazione lito-stratigrafica dell'azione sismica di progetto, intesa come l'azione generata dal moto non uniforme del terreno di sedime per effetto della propagazione delle onde sismiche, deve essere classificato il terreno di fondazione, nelle seguenti categorie individuate dalle NTC 2008. Il sito viene classificato sulla base di  $V_{s30}$  se disponibile, altrimenti sulla base del valore di  $N_{spt}$ , per terreni prevalentemente granulari, ovvero sulla base della  $c_u$ , per i terreni prevalentemente coesivi, nelle seguenti categorie di suolo:

A -	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30} > 800$ m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B -	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{SPT} > 50$ nei terreni a grana grossa, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa nei terreni a grana fine).
C -	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensate, o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fine).
D -	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori ai 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s (ovvero $N_{SPT} < 15$ nei terreni a grana grossa, $c_u < 70$ kPa nei terreni a grana fine).
E -	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di $V_{s30}$ simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.

Esistono poi due categorie speciali che sono individuate con le lettere S1 e S2 per le quali le NTC2008 richiedono per la definizione dell'azione sismica il ricorso a studi specifici

S1 -	Depositi di terreni caratterizzati da valori $V_{s30} < 100$ m/s (ovvero $10 < c_u < 70$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2 -	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Nelle definizioni precedenti  $V_{s30}$  è la velocità media di propagazione entro i primi 30 m di profondità delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

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

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 m superiori.

### ***Indagine sismica Down-Hole***

Per la determinazione della velocità delle onde S negli strati di copertura sono stati estrapolati all'area del P.P. (così come per le precedenti indagini) i risultati di una prospezione Down-Hole eseguita sull'area della ditta SPAL, all'interno del foro di sondaggio di cui sopra, appositamente attrezzato con tubi in PVC con diametro di 80 mm.

L'indagine è stata effettuata con cadenza delle misure pari ad un metro, dal p.c. fino ad una profondità di 50 metri. Gli impulsi sismici sono stati originati con procedure specifiche in modo da generare, oltre alle onde di compressione (Onde P), anche onde a componente di taglio orizzontale (onde SH), essendo queste utilizzabili per la determinazione del coefficiente di Poisson, del Modulo di taglio  $G_0$ , del Modulo di Young  $E$  e del Modulo di compressibilità dinamico  $E_d$ . In allegato 9 si riporta l'indagine sismica eseguita sull'area in esame, da Intergeo, ubicata come da allegato 6

La tecnica del Down-Hole consiste nel misurare i tempi di arrivo delle onde sismiche P e S generate da una specifica sorgente ad un geofono tridimensionale (costituito da tre geofoni orientati secondo le tre direzioni spaziali) posto in un foro di sondaggio a profondità crescenti.

Le onde di taglio (S), sono state generate con impulsi orizzontali battendo su entrambi i lati di una tavola zavorrata dal peso di un'autovettura. Le onde di compressione (P) sono state create con impulsi verticali generati da una massa battente in prossimità del sondaggio (Allegato 10).

Con gli impulsi orizzontali generati sulla tavola zavorrata, si creano prevalentemente onde di taglio; questo permette di individuare l'istante di primo arrivo delle onde SH sul sismogramma di campagna.

Inoltre, generando l'impulso orizzontale in due posizioni opposte (a destra e a sinistra della tavola), la polarità dell'onda sismica si inverte, mentre l'onda di compressione arriva con polarità costante: l'inversione della polarità del sensore nelle due differenti registrazioni porta ad annullare il segnale relativo all'onda di compressione ed enfatizzare quello relativo all'onda di taglio.

Per l'acquisizione del segnale sismico è stato utilizzato un geofono tridimensionale da foro DHTG 50 fornito da PASI Srl dotato di n.° 3 sensori da 10 Hz, collegato ad un sismografo registratore a 24 canali con campionamento da 0,016° 2 millisecondi ed una registrazione estesa fino a un massimo di 65000 millisecondi, e campionamento a 24 bit.

Le modalità esecutive della prova hanno previsto:

- Il posizionamento e il bloccaggio del geofono in corrispondenza del primo punto di prova,
- Generazione dell'impulso e registrazione dei tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio per un totale di n.° 3 sismogrammi (due con energizzazione orizzontale ed uno con energizzazione verticale mediante massa battente su di un piattello e su di una trave poste alla distanza di 1,30 m. dal foro di sondaggio).
- Ripetizione delle medesime operazioni lungo tutta la verticale di indagine con ripetizione delle misure ogni metro di sondaggio.

Il valore delle  $V_{s30}$  è la velocità media di propagazione entro 30 m. di profondità delle onde di taglio e viene calcolata secondo la seguente relazione:

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

Per i terreni in oggetto, nell'area sulla quale è in progetto la costruzione del nuovo fabbricato, fino ai 30 m di profondità, tenuto conto dell'indagine effettuata, si è ottenuto un valore della Vs30 pari a 195 m/sec, che definisce una categoria di suolo di fondazione di tipo C, riferibile a: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensate, o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero  $15 < \text{NSPT} < 50$  nei terreni a grana grossa,  $70 < c_u < 250$  kPa nei terreni a grana fine).

### ***Indagine sismica Re.Mi.***

Si è inoltre fatto riferimento a due prospezioni geofisiche con metodo sismico passivo Refraction Microtremor (Re.Mi.), eseguite all'interno dell'area SPAL, nel 2014, da Centrogeo (Allegato 11) per la rilevazione della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs. Tale indagine si è effettuata utilizzando un sismografo digitale a 24 canali ad elevata dinamica GEOMETRICS GEODE, attrezzato con 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, disposti ad interasse di 3 m per una lunghezza totale di stendimento di 69 m.

L'acquisizione dei microtremori ambientali è stata eseguita effettuando una decina di registrazioni della durata di 30 sec con una frequenza di campionamento di 500 Hz.

Nei casi di assenza di rumori ambientali "naturali", questi possono essere provocati tramite il passaggio di automezzi od il semplice passeggiare di una persona.

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare, tramite un opportuno software, una trasformata bidimensionale "slowness-frequency" (p-f) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentare lo spettro di potenza su un grafico p-f. Gli spettri delle singole acquisizioni vengono quindi mediati, escludendo eventualmente quelli che presentano una bassa coerenza.

In tale spettro mediato risaltano gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza significativa, ed è possibile un riconoscimento visivo delle onde di superficie (che hanno carattere dispersivo), da quelle riconducibili ad altri modi e tipi (onde di superficie di ordine superiore, onde di pressione, suono e rumore incoerente).

In funzione di quanto esposto è possibile effettuare un "picking", attribuendo ad un certo numero di punti una o più slowness (p o 1/velocità di fase) ed ottenendo una "curva di dispersione".

Quest'ultima è visualizzata su un diagramma in cui appare anche una curva di dispersione calcolata a partire da un modello di Vs che è modificabile in sede di elaborazione. Variando il numero di strati, la loro velocità e la densità, la curva di dispersione calcolata viene adattata sino ad aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking.

I risultati ed i relativi diagrammi di elaborazione sono riportati nelle allegare schede "indagine Re.Mi.", che visualizzano lo spettro di potenza mediato, la curva di dispersione, sia sperimentale che calcolata, ed il relativo modello interpretativo.

I dati acquisiti dalle rilevazioni effettuate denotano che i primi 30 m del sottosuolo, soggiacenti il piano di incastro delle fondazioni (circa -1,0 m da p.c.), sono contraddistinti da velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ , profondità e spessori, come riportato nella seguente tabella:

Orizzonte sismostratigrafico	Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	$V_s$ (m/sec)
1	1,0 ÷ 2,7	1,7	113
2	2,7 ÷ 6,2	3,5	143
3	6,2 ÷ 10,9	4,7	225
4	10,9 ÷ 31,0	20,1	310

#### Stendimento sismico - ReMi 1

Orizzonte sismostratigrafico	Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	$V_s$ (m/sec)
1	1,0 ÷ 3,0	2,0	370
2	3,0 ÷ 20,3	17,3	220
3	20,3 ÷ 28,0	7,7	180
4	28,0 ÷ 31,0	3,0	260

#### Stendimento sismico - ReMi 2

Si è ottenuto:

$V_{s30} = 240$  m/s Re.Mi. 1

$V_{s30} = 217$  m/s Re.Mi. 2

Dalle parametrizzazioni sopra esposte e dall'analisi della sequenza litosismica risulta che i litotipi che formano i primi 30 metri del sottosuolo, sono attribuibili alla Categoria C.

Sulla base della categoria di suolo di appartenenza del terreno, le NTC2008 associano un coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$ , da applicare alle componenti orizzontali dell'azione sismica; viene inoltre definito un coefficiente  $C_c$  che serve per il calcolo del periodo di controllo  $T_c$  corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro di risposta elastico in accelerazione.

Poiché tale valore è riferito al bedrock, per definire il valore di  $a_g$  in superficie si calcola quindi il fattore  $S_s$ , caratteristico dell'area, che dipende dalla categoria di suolo di fondazione; essendo i terreni dell'area in esame in categoria C, avremo:

$$- S_s = 1.70 - (0.6 \times F_o \times a_g/g)$$

Viene inoltre definito un coefficiente  $C_c$ , che serve per il calcolo del periodo di controllo  $T_c$ , corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro di risposta elastico in accelerazione; in particolare  $T_c$  è calcolato come prodotto di  $C_c$  per il periodo  $T^*_c$ , ottenuto dallo studio di pericolosità sismica del sito specifico, come riportato nella tabella precedente.

Per suoli in categoria C il coefficiente  $C_c$  risulta pari a.

$$- C_c = 1.05 \times (T^*_c)^{-0.33}.$$

Le NTC 2008 di cui al DM 14/01/2008 prevedono anche un coefficiente di amplificazione topografica che tiene conto della particolare ubicazione del sito, in relazione alla sua configurazione morfologica.

Vengono previste 4 categorie topografiche, a secondo della configurazione geometrica del sito, alle quali è associato un coefficiente di amplificazione  $S_T$  che varia da 1 a 1.4, come riportato nella tabella seguente.

<b>Categoria</b>	<b>Caratteristiche della superficie topografica</b>	<b>Fattore di amplificazione <math>S_T</math></b>
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1.2
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4

Per quanto concerne la topografia del sito, siamo nella categoria T1, caratterizzata da una superficie pianeggiante con inclinazione media inferiore o uguale a  $15^\circ$ , alla quale è associata un valore del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  pari a 1; anche in riferimento alla DGR 2193/2015 non abbiamo effetti legati alla topografia, essendo l'area piana con inclinazione inferiore ai  $15^\circ$ .

### ***Indagini sismiche HVSR***

Nel sito oggetto di indagine sono state eseguite tre acquisizioni di microtremori ambientali mediante un sismometro GeoBox SARA ad elevata dinamica (24 bits) attrezzato con geofono tridirezionale da 4,5 Hz di frequenza propria, da Centrogeo (Allegato 11).

L'acquisizione è stata effettuando campionando il segnale a 200 Hz per una durata di circa 30 minuti in ogni stazione.

Tali dati sono stati elaborati con la tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio). Tale metodologia considera che i microtremori causati prevalentemente dalle onde di Rayleigh, nella componente verticale del moto non subiscono fenomeni di amplificazione in corrispondenza di marcati contrasti di impedenza sismica, detto fenomeno avviene per le componenti orizzontali, soprattutto in corrispondenza della frequenza fondamentale di risonanza ( $F_0$ ) dei terreni indagati. Eseguendo quindi il rapporto tra le componenti degli spettri di frequenza orizzontale e verticale (H/V) si ottiene un grafico in cui si evidenziano le frequenze in cui si hanno i maggiori effetti di amplificazione locale.

L'elaborazione HVSR dei dati acquisiti ha evidenziato i risultati riportati nell'allegata scheda "Indagine HVSR" in cui la linea rossa continua in grassetto evidenzia la media delle finestre di calcolo, mentre le linee sottili rappresentano l'intervallo di confidenza al 90% rispetto alla media calcolata. Dall'esame dei dati risultano picchi di amplificazione con ampiezza:

$A = 3,0 \div 3,4$  con frequenze principali equivalenti a:

#### HVSR 1

$f_0 = 0,73 \div 0,80$  Hz

corrispondenti ai periodi principali:

$t_0 = 1,37 \div 1,25$  sec.

#### HVSR 2

$$f_0 = 0,6 \div 0,74 \text{ Hz}$$

$$t_0 = 1,66 \div 1,35 \text{ sec.}$$

#### HVSR 3

$$f_0 = 0,63 \div 0,69 \text{ Hz}$$

$$t_0 = 1,58 \div 1,45 \text{ sec.}$$

In riferimento al range dei picchi di amplificazione ottenuti dalle acquisizioni effettuate, sono da valutare possibili fenomeni di doppia risonanza nel campo dei periodi:

$$1,25 < T < 1,66 \text{ sec.}$$

in rapporto ai periodi fondamentali di vibrazione dei fabbricati.

### **.B4) MICROZONAZIONE SISMICA**

L'operatività della classificazione sismica di tutto il territorio regionale, sia pure in via di prima applicazione, a far data dal 23 ottobre 2005, comporta significativi effetti per quanto riguarda i contenuti e le modalità di approvazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

L'esame della distribuzione dei danni prodotti da un terremoto nello stesso territorio dimostra che le azioni sismiche possono assumere anche a distanze di poche decine di metri caratteristiche differenti in funzione delle diverse condizioni locali (morfologia superficiale, morfologia del substrato roccioso sepolto, presenza e profondità della falda freatica, costituzione e proprietà del sottosuolo, presenza di faglie).

Come previsto dalla L.R. 20/2000 e dalla successiva L.R. 19/2008, gli strumenti di pianificazione devono concorrere alla "prevenzione del rischio sismico, sulla base delle analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione".

Pertanto anche gli strumenti di pianificazione a livello comunale devono aggiornarsi su tali aspetti, al fine di "valutare la compatibilità delle previsioni in essi contenute con l'obiettivo della riduzione del rischio sismico e con le esigenze di protezione civile, sulla base di analisi di pericolosità locale nonché di vulnerabilità ed esposizione urbana".

Con la Delibera della G.R. n. 1677/2005 la RER ha fornito le prime indicazioni in merito alle valutazioni della compatibilità delle previsioni urbanistiche con le condizioni di pericolosità locale.

Successivamente la RER ha approvato dall'Assemblea Legislativa il 02.05.2007 l'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico in merito agli studi di microzonazione sismica" (Delibera 112), nei quali si dettano i diversi approfondimenti sismici da farsi nelle varie fasi della pianificazione, successivamente aggiornati con la DGR 2193/2015.

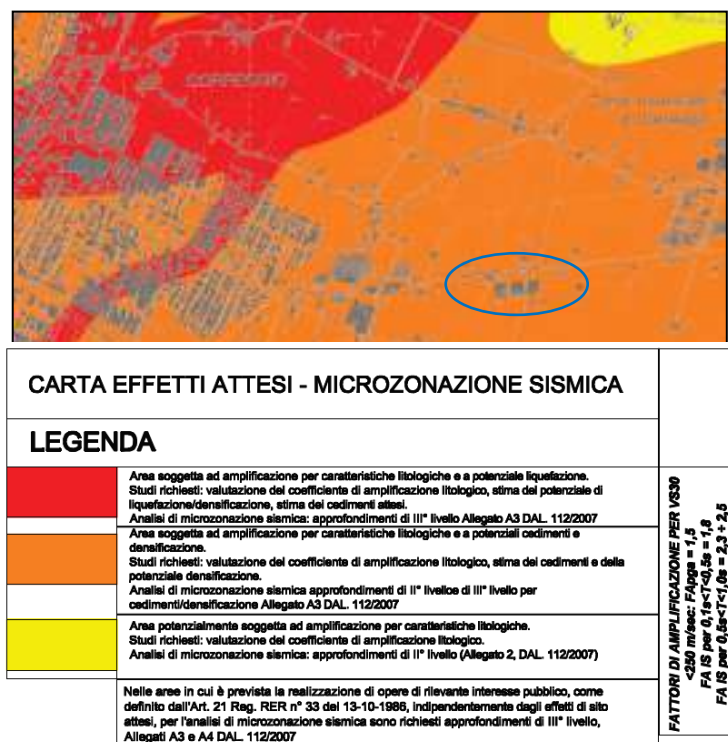


Figura 3 – Stralcio della Tavola G13 “Carta degli effetti attesi” del QC del PSC in forma associata di Rio Saliceto, Correggio e San Martino in Rio. L’ellisse blu identifica l’area della SPAL s.r.l. in cui ricadono le due aree di espansione del PP.

L’area oggetto del presente studio, posta nella media pianura reggiana nella porzione est del centro abitato di Correggio, è stata inserita all’interno delle “Aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti per densificazione” nella “Carta del PSC del Comune di Correggio degli effetti attesi”, in recepimento del vigente PTCP della Provincia di Reggio Emilia.

Da quanto contenuto nella suddetta carta per l’area in oggetto si richiederebbe pertanto la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, mediante approfondimenti del II livello e dei potenziali dei cedimenti attesi, mediante approfondimenti di III livello, ai sensi della DAL 112/2007, come aggiornata dalla DGR 2193/2015.

La microzonazione sismica del QC del PSC in forma associata di Rio Saliceto, Correggio e San Martino in Rio definisce, per l’area di PP, i seguenti effetti attesi, in caso di sisma: amplificazione per caratteristiche litologiche, potenziali cedimenti e densificazioni (figura 3). Gli studi richiesti sono: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, stima dei cedimenti e della potenziale densificazione. Gli approfondimenti di MZS sono: di II livello, mentre quelli di III livello sono relativi ai cedimenti/densificazione.

I fattori di amplificazione sono (in riferimento alla DAL RER 112/2007):

FA PGA: 1,5

FA ISO,1-0,5s: 1,8

FA ISO,5-1s: 2,3-2,5



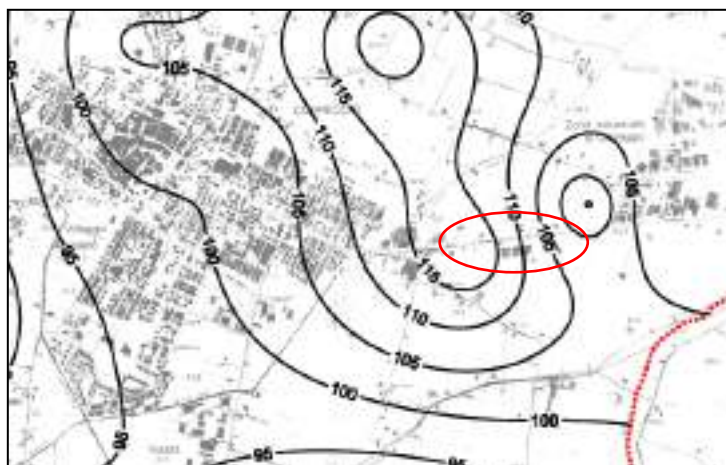


Figura 4 - Stralcio della Tavola G12 "Carta del substrato con  $V_s > 600$  m/s" del QC del PSC in forma associata di Rio Saliceto, Correggio e San Martino in Rio. L'ellisse rossa identifica l'area della SPAL s.r.l. in cui ricadono le due aree d'espansione del PP.

Sempre la microzonazione sismica del QC del PSC, nella Tavola G12 (Figura 4) individua, per l'area di PP, una profondità stimata del substrato con  $V_s > 600$  m/s pari a circa 110-115 m dal piano campagna.



Figura 5 - Stralcio della Tavola G10 "Carta delle frequenze fondamentali" del QC del PSC in forma associata di Rio Saliceto, Correggio e San Martino in Rio. L'ellisse rossa identifica l'area della SPAL s.r.l. in cui ricadono le due aree d'espansione del PP.

Infine, per l'area di PP la microzonazione di PSC identifica frequenze fondamentali del terreno  $\leq 0,15$  Hz e comprese tra 0,15 e 0,3 Hz (Figura 5).

Tenuto conto però che dalle prove eseguite sull'area si è visto come vi siano anche condizioni predisponenti alla liquefazione dei terreni presenti, si è deciso di procedere con uno studio di microzonazione sismica di III livello ai sensi della DGR 2193/2015.

### **III Livello di approfondimento – Studio di risposta sismica locale**

L'amplificazione del segnale sismico è legata essenzialmente alla natura ed alla consistenza delle litologie presenti, ma anche alla natura ed alla profondità del substrato a comportamento rigido.

L'analisi di risposta sismica locale (RSL) è stata condotta in campo lineare equivalente, per lo stato limite SLV, includendo l'effetto delle possibili incertezze sui dati di base e valutando: lo spettro di risposta elastico (al 5% di smorzamento), i parametri dello spettro semplificato (normalizzato) previsto dalla normativa che meglio si adatti allo spettro di risposta ottenuto dall'analisi numerica.

La procedura di calcolo utilizzata per la valutazione della risposta sismica locale nell'area di studio è quella implementata nel codice di calcolo STRATA (Rathje e Kottke, 2013). Un importante vantaggio legato a questo codice di calcolo è la possibilità che esso offre di gestire le significative incertezze presenti nei dati di modellazione (moto di riferimento, profilo di Vs, curve di smorzamento e riduzione del modulo di taglio) permettendo di fornire stime adeguatamente conservative degli spettri di scuotimento attesi.

Il moto di riferimento prescelto è costituito dai tre accelerogrammi selezionati dalla Regione Emilia-Romagna nella DGR 2193/2015, opportunamente scalati alla PGA di riferimento dell'area, ovvero 0,156g, corrispondente ad un moto sismico atteso con tempo di ritorno pari a 475 anni.

La profondità del bedrock sismico è stata assunta pari a 126 m. Tale valore è il risultato del compromesso tra quello di 115 m identificato nella Tavola G12 "Carta del substrato con Vs > 600 m/s" del QC del PSC di Correggio, ed il valore 162 m, risultante dall'applicazione della formula:

$$H = \frac{V_s}{4f_0}$$

con Vs pari a 195 m/s (ovvero alla Vs30 ricavata tramite Down-Hole in prossimità dell'area di variante) e f0 pari a 0,3 Hz, ovvero il valore limite superiore della classe di frequenze fondamentali individuate per l'area nella Tavola G10 "Carta delle frequenze fondamentali" del QC del PSC di Correggio. La profondità di 126 m è stata scelta poiché, nella stratigrafia di un pozzo per acqua realizzato in prossimità dell'area e presente nel database delle prove geognostiche della Regione Emilia-Romagna (codice 201020P621, Allegato 11), risultava corrispondente ad un cambio litologico: dalle argille blu che vanno da 25 m a 126 m, allo strato sabbioso sottostante, captato dal pozzo stesso. Il valore di 115 m sarebbe caduto, infatti, all'interno dello spessore argilloso, dove l'omogeneità litologica non rende verosimile la presenza di un netto contrasto d'impedenza. Il valore di 165 m, d'altro canto, sembra troppo profondo rispetto ai valori di profondità del substrato con Vs > 600 m/s individuati dal QC del PSC per il territorio comunale.

La velocità assegnata al substrato è stata scelta pari a 600 m/s, ovvero il limite inferiore assegnato al bedrock sismico per il territorio comunale di Correggio Dal QC del PSC.

La modellazione è stata effettuata applicando il profilo di velocità ricavato dall'indagine sismica Down-Hole fino a 50 m. Da qui alla profondità del bedrock sismico, sono stati assegnati valori di Vs agli strati argilloso e sabbioso successivi commensurabili a quelli

misurati per litologie simili dalla prova Down-Hole, consentendo però un'ampia possibilità di variazione (con deviazione standard pari a 0,3 e 0,4).

Per quanto riguarda le curve di smorzamento e di riduzione del modulo di taglio, sono state utilizzate sia curve a disposizione dello scrivente per litologie simili, ricavate da indagini di laboratorio geotecnico da campioni estratti in contesti stratigrafici simili a quello di studio, sia le curve fornite dallo stesso programma di calcolo corredate dalle possibili incertezze. Sono state effettuate 100 simulazioni per ciascuno dei 3 accelerogrammi regionali. La distribuzione degli spettri di risposta in superficie (per l'SLV) è riportata in Figura 6.

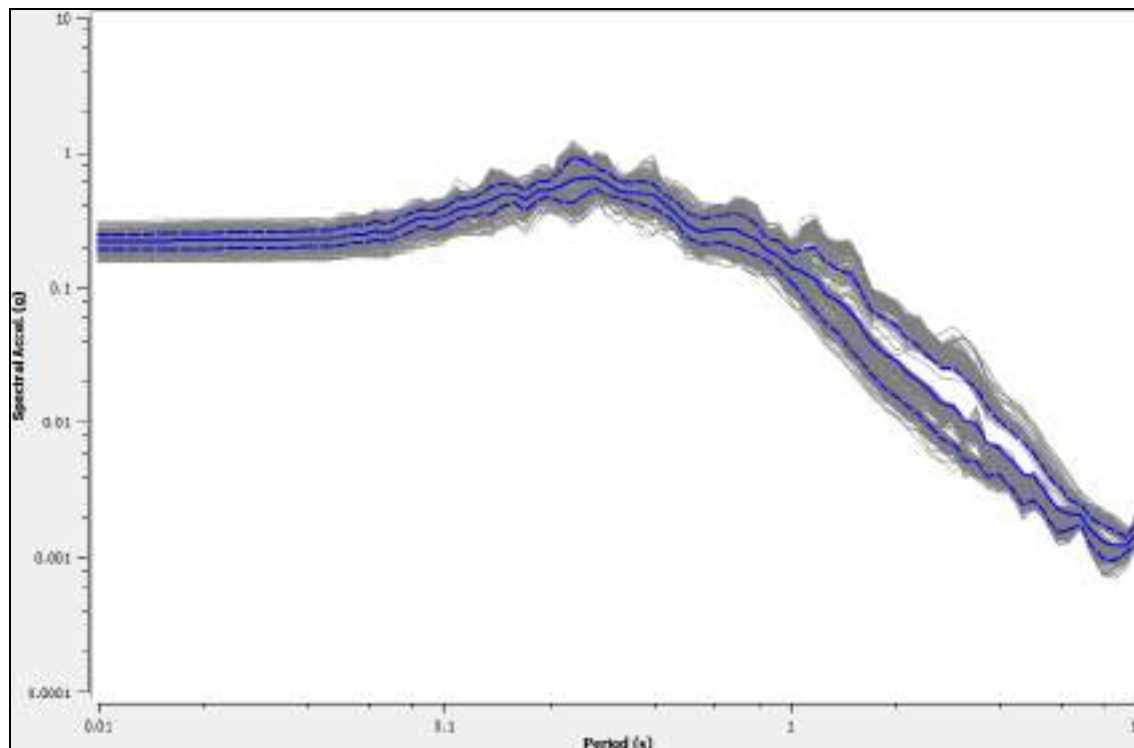


Figura 6 - Popolazione degli spettri di risposta visco-elastici (5% di smorzamento) alla superficie di campagna per il sito. La linea blu continua indica la mediana (50° percentile) della distribuzione mentre i due andamenti tratteggiati corrispondono rispettivamente al 16° e 84° percentile della distribuzione. Stato limite: SLV.

I risultati complessivi (per SLV) sono sintetizzati in Figura 7, in cui vengono rappresentate la curva 84° percentile dello spettro di risposta in superficie (non normalizzato) ottenuto da RSL e, per confronto, lo spettro di Normativa normalizzato per l'area di studio: SLV, sottosuolo di tipo C, classe d'uso II e vita nominale 50 anni.

Come si vede, lo spettro di risposta in superficie (non normalizzato), ottenuto dalla presente analisi, risulta sempre eccedere quello di Normativa nei periodi all'incirca compresi tra 0,2s e 0,4s. nei restanti periodi si mantiene in linea o si mostra inferiore a quello di Normativa. Differente è il quadro mostrato dallo spettro di risposta in superficie (normalizzato), ottenuto dalla presente analisi: esso eccede quello di normativa anche nei periodi più bassi, tra 0s e 2s; solo per periodi superiori a 0,4s ricalca quasi esattamente quello di normativa. Lo spettro normalizzato, per definizione, ha una forma "rigida", non adattabile allo spettro di risposta effettivamente ottenuto dalla modellazione in tutte le sue parti: per inseguire i massimi dello spettro di risposta si debbono, infatti, "falsare" i valori in PGA e, soprattutto,

quelli relativi ai lunghi periodi.

Infatti, il valore di PGA ottenuto dalla RSL risulta pari a 0,24g, ma la normalizzazione dello spettro porta ad un valore di PGA pari ad 0,43g.

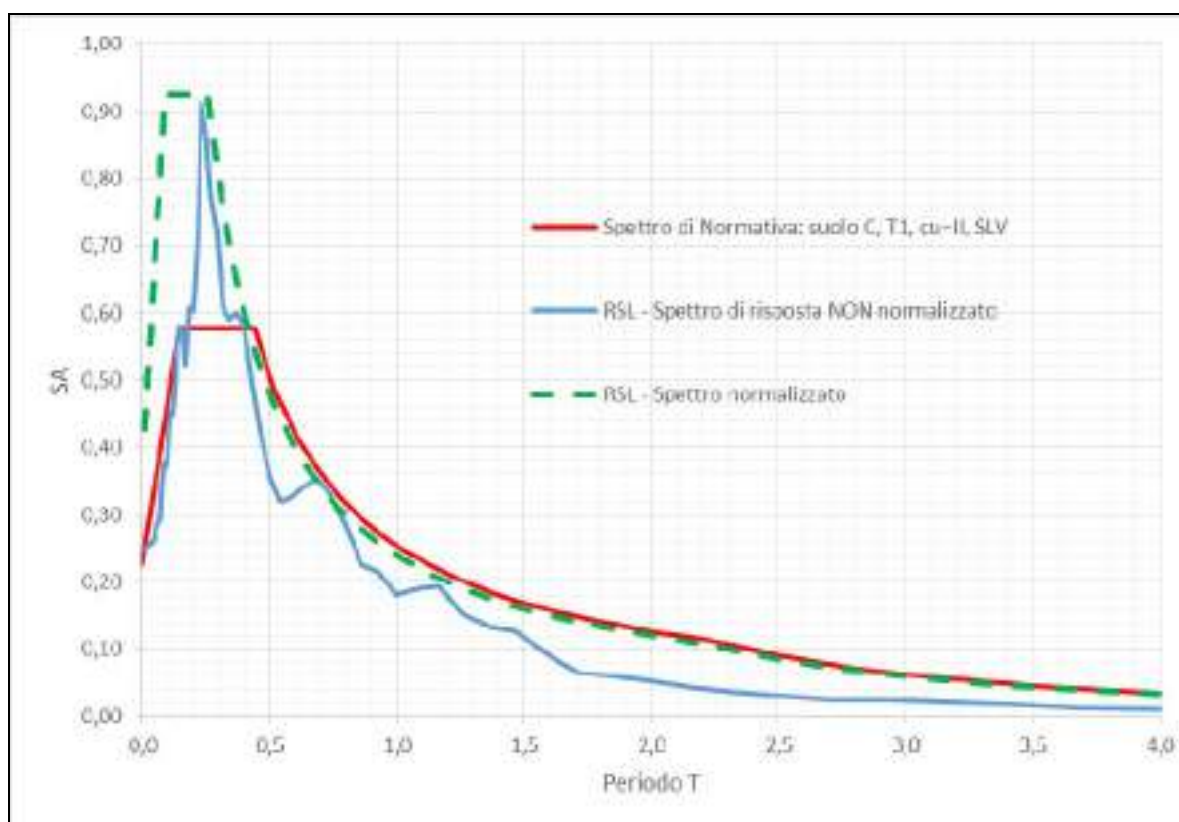


Figura 7 - Spettro di risposta visco-elastico (5% di smorzamento) relativo al sito in esame alla superficie attuale, ricavato dall'analisi di risposta sismica locale effettuata per questo studio. Lo stesso viene confrontato con la sua forma normalizzata e con lo spettro di normativa per suolo C, T1, Vn=50 anni e cu=II (SLV).

Il rapporto tra il valore massimo di pseudo accelerazione in superficie e lo stesso al bedrock ha evidenziato un'amplificazione stratigrafica del segnale sismico in superficie, rispetto al bedrock (leggasi "suolo A"), pari a 1,61, del tutto in linea con il valore di 1,6 stimato per l'area dalla Microzonazione sismica del QC del redigendo PSC.

I fattori di amplificazione (sensu DGR2193/2015), sempre rispetto al suolo A, per l'Intensità di Housner (IS) sono:

IS10,1-0,5s: 1,6

IS20,5-1s: 1,9

IS30,5-1,5s: 2

### III Livello di approfondimento – Verifica della suscettibilità alla liquefazione

La presenza di livelli con miscele sabbiose nei primi 20 m indagati dalle prove CPTU, eseguite dalla ditta Intergeo, prossime all'area d'espansione ovest, ha reso necessaria l'analisi del potenziale di liquefazione. Tale analisi ha utilizzato, come magnitudo di riferimento per la liquefazione, quella selezionata dalla tabella in Allegato 1 delle "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione (LQ)", versione 1.0 (2017) della Commissione tecnica per la microzonazione sismica. Il suo valore è 5,53 per

Correggio. Il valore di accelerazione massima al suolo (PGA) è stato calcolato applicando il codice di calcolo SASHA per la stima della pericolosità sismica da dati di sito (D'Amico & Albarello, 2007) ed è risultato pari a 0,3g.

Il metodo applicato per il calcolo dell'Indice di Potenziale Liquefazione (IPL) è quello elaborato da Boulanger & Idriss (2014). Il risultato è visibile in figura 8.

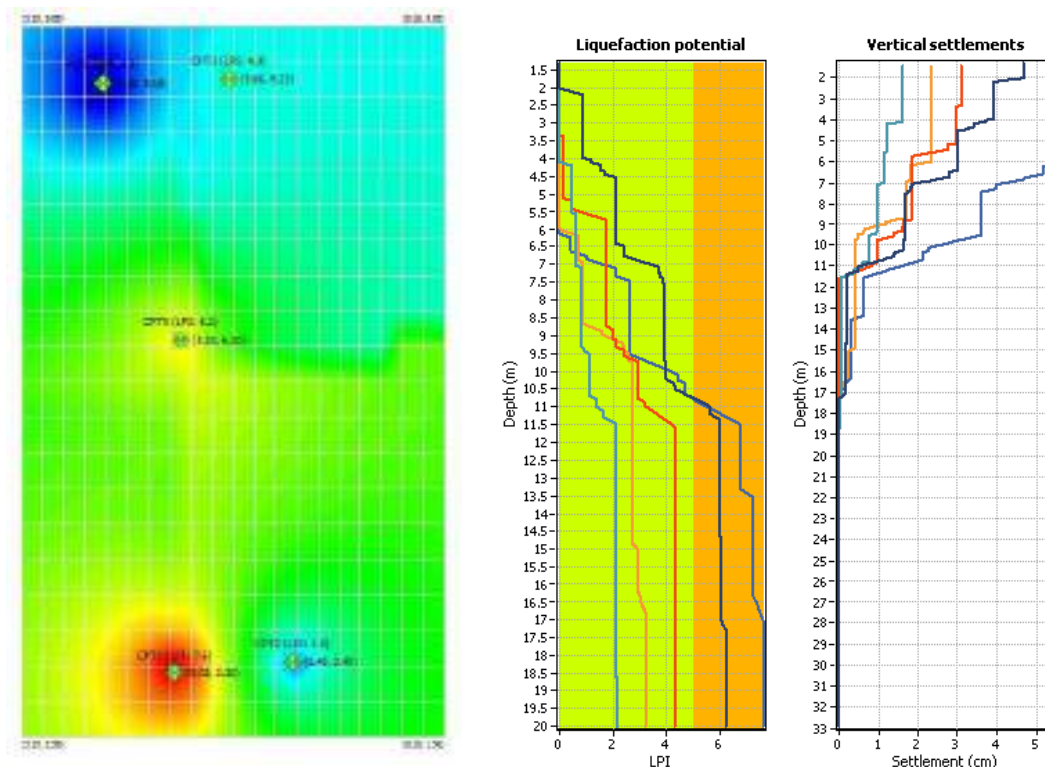


Figura 8 – Risultati del calcolo dell'IPL e dei cedimenti verticali post-sismici lungo le 5 verticali CPTU eseguite in prossimità dell'area d'espansione ovest del PP.

Come si vede, in corrispondenza della CPTU1 si ha la suscettività alla liquefazione maggiore, mentre nella CPTU2 si ha la suscettività minore. Nel complesso, la pericolosità per liquefazione rimane mediamente, secondo Sonmez (2003), in classe "moderata", con due picchi in classe "alta". Per quanto riguarda i cedimenti verticali post-sismici, i risultati delle analisi hanno portato ai seguenti risultati:

CPTU1: 5,4 cm

CPTU2: 2,3 cm

CPTU3: 3 cm

CPTU4: 1,6 cm

CPTU5: 4,6 cm

I risultati dell'analisi hanno evidenziato come il terreno dell'area d'espansione ovest possa potenzialmente essere soggetto ad instabilità da liquefazione e cedimenti conseguenti. Pertanto, si è reso necessario effettuare un'analisi di risposta sismica locale per calcolare il profilo di CSR e i fattori di amplificazione sismica locali, come riportato nel capitolo precedente. La PGA al suolo è risultata pari a 0,24g, con fattore di amplificazione, rispetto al suolo A, di 1,6. I fattori di amplificazione (sensu DGR 2193/2015), sempre rispetto al suolo A, per l'Intensità di Housner (IS) sono:



IS10,1-0,5s: 1,6

IS20,5-1s: 1,9

IS30,5-1,5s: 2

Parallelamente, il profilo di CSR (Rapporto di Sforzo Ciclico – Cyclic Stress Ratio), ricavato dall'analisi di risposta sismica locale effettuata, è stato inserito nel codice di calcolo di Boulanger & Idriss (2014) per il nuovo calcolo dell'IPL. Il risultato è visibile in figura 9.

I risultati confermano quanto già individuato precedentemente all'analisi di risposta sismica locale, ovvero una più alta suscettività a liquefazione in corrispondenza della CPTU1 ed una pericolosità per liquefazione sempre mediamente "moderata", con due picchi in classe "alta". I nuovi valori dei cedimenti post-sismici sono:

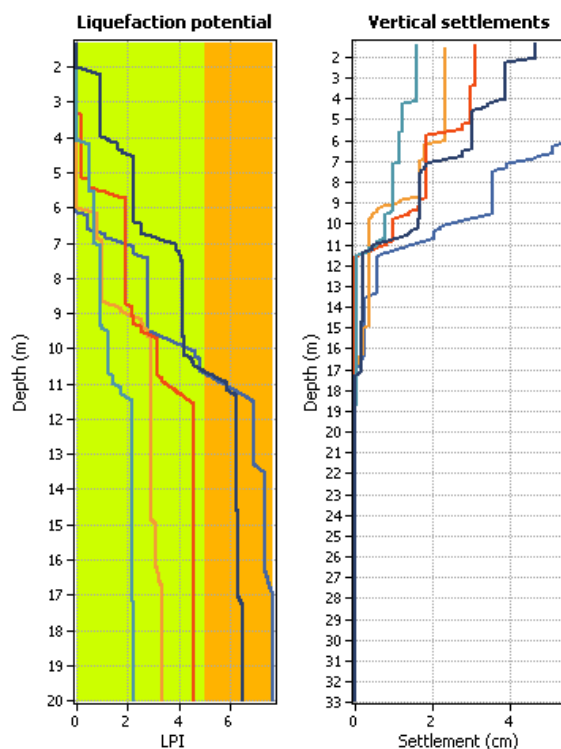
CPTU1: 5,4 cm

CPTU2: 2,3 cm

CPTU3: 3 cm

CPTU4: 1,6 cm

CPTU5: 4,6 cm



*Figura 9 - Risultati del calcolo dell'IPL e dei cedimenti verticali post-sismici lungo le 5 verticali CPTU eseguite in prossimità dell'area d'espansione ovest del PP, inserendo nel codice di calcolo il profilo di CSR ricavato dall'analisi di risposta sismica locale.*

In generale, l'inserimento del profilo di CSR aumenta l'IPL, ma solo nella prima/seconda cifra decimale, indicando sostanzialmente un risultato simile, in termini di rischio liquefazione, rispetto al calcolo eseguito con le formule empiriche del profilo di CSR. I cedimenti post-sismici conseguenti, invece, rimangono invariati.

Per quanto riguarda l'area d'espansione est del PP, anche in essa sono state identificate, dallo Studio "Centrogeo", condizioni predisponenti lo sviluppo di fenomeni di liquefazione.

Le elaborazioni, eseguite utilizzando dati di input e metodi di calcolo differenti rispetto all'area ovest, hanno evidenziato, nelle 25 verticali di indagine, la presenza di sottili strati sabbiosi – sabbioso limosi, saturati dalla falda idrica sotterranea, che hanno fornito valori dell'Indice del Potenziale di Liquefazione (LPI – Iwasaki , 1982) piuttosto bassi, caratteristici di livelli di rischio liquefazione (in base a Sonmez, 2003) variabili da nullo a basso.

Pertanto tutto ciò considerato si conferma la fattibilità del presente Piano Particolareggiato, dell'area industriale della SPAL, ritenendo comunque necessario in fase esecutiva un ulteriore approfondimento dello studio qui eseguito sui singoli lotti d'intervento, secondo le specifiche delle norme vigenti, di cui al D.M. 14/01/2008, con particolare riferimento, oltre che agli aspetti geotecnici, agli aspetti sismici, con puntuali verifiche alla liquefazione e calcolo dei cedimenti sismici, in riferimento alla esecuzione di nuove indagini sulle diverse e specifiche aree d'intervento.

### **.B5) FATTIBILITÀ DEL PROGETTO DI P.P.**

Il progetto in esame rappresenta il Piano Particolareggiato di Iniziativa Privata, dell'area industriale della ditta SPAL Automotive del Comune di Correggio, per la progettazione dei futuri interventi in ampliamento alla situazione attuale.

L'attività industriale svolta nello stabilimento SPAL posto in Via per Carpi n. 26 necessita di nuovi spazi e la proprietà nella riorganizzazione dell'attività ha individuato le aree idonee all'espansione per meglio rispondere alle proprie esigenze produttive.

L'area dell'ambito in studio ha una superficie di circa 134.000mq attualmente e prevede un ampliamento sul lato est, verso la tangenziale, di circa 28.000mq.

L'area in oggetto presenta quote medie del piano campagna comprese tra 28-29 metri s.l.m., con pendenze prevalenti molto blande, pari a circa 0.5-1 per mille, in direzione est nordest.

La morfologia piana e semplice dell'area è tale da permettere uno sviluppo edilizio senza particolari problemi; l'area si presenta del tutto stabile con terreni in posto per i quali non si ravvisano problematiche particolari.

Per l'area in esame non si riscontrano problemi di deflusso delle acque superficiali, risultando del tutto assenti forme chiuse o depresse, che potrebbero dare origine a ristagni idrici, né rischi particolari di allagamenti legati ai corsi d'acqua presenti.

Non si riscontrano problemi per quel che riguarda il drenaggio superficiale delle acque, sia per la permeabilità dei terreni affioranti, sia per la mancanza di forme depresse o chiuse a deflusso difficoltoso. Per quanto riguarda l'idrografia e l'officiosità del reticolo idrografico minore, il Comparto appartiene al bacino idrografico del Condotta Giuliani, un fosso che scorre a sud dell'area SPAL, un fosso ad uso promiscuo (scolo ed irriguo) che ha origine poco a sud del capoluogo e che, nel tratto prossimo al Comparto, presenta discrete caratteristiche ambientali.

Per quanto riguarda l'officiosità del reticolo idrografico, si rimanda ad apposita relazione idraulica, nella quale si sono affrontati sia il tema dell'invarianza idraulica, con previsione di realizzare una vasca di laminazione, di circa 1300 mc all'interno dell'area del comparto industriale della SPAL prima della immissione delle acque bianche interne al comparto

stesso. Si è inoltre affrontato il tema del rischio di alluvioni, di cui alla Delibera della G.R. n° 1300/2016 della RER, dando indicazioni per i futuri interventi, utili al fine di mitigare l'eventuale rischio idraulico.

Per la caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica dei terreni presenti si è fatto riferimento a diverse indagini eseguite all'interno dell'area della ditta SPAL, effettuate in tempi diversi per precedenti interventi edilizi.

Nello specifico, la caratterizzazione dell'area di espansione ovest può essere assimilata a quella dell'area ricadente all'interno del complesso industriale SPAL Automotive s.r.l., indagata recentemente attraverso indagini geognostiche per il progetto esecutivo di realizzazione di un nuovo capannone a servizio della Ditta.

Tali indagini sono state eseguite nel periodo 20/22 febbraio 2017 dalla ditta Intergeo s.r.l. di Modena e sono rappresentate da:

1 sondaggio a carotaggio continuo spinto sino alla profondità di 50 m, 5 prove penetrometriche statiche, con piezocono (CPTU) spinte fino alla profondità di circa 30 m, Prelievo ed analisi di laboratorio geotecnico su campioni di terreno indisturbati.

L'ubicazione delle indagini effettuate compare nella planimetria in allegato 6, mentre in allegato 7 si riporta la litostratigrafia dei terreni attraversati.

Sempre dal punto di vista geotecnico, la caratterizzazione dell'area di espansione est è stata direttamente indagata nel 2014 dallo Studio Geologico "Centrogeo" di Correggio e sono rappresentate da: 25 prove penetrometriche statiche, con punta meccanica Begemann, spinte fino a profondità variabili tra 20 e 30 m. Insieme a queste sono state utilizzate altre 3 analoghe prove penetrometriche statiche, effettuate dallo stesso Studio "Centrogeo" in settori di intervento nell'area di proprietà SPAL s.r.l. confinanti con quella di espansione est del PP, eseguite nel corso di campagne di indagine precedenti (Cpt2/2008, Cpt3 /2008 e Cpt11/2005).

L'ubicazione delle indagini effettuate e di quelle pregresse compare nella planimetria in allegato 6, mentre in allegato 8 e 10 si riportano le prove effettuate.

Per la parte ovest, le prove penetrometriche (allegato 7) hanno evidenziato una dominante sequenza di terreni fini limo argillosi e argilloso-limosi, all'interno della quale si ritrovano intercalazioni di terreni più grossolani, sabbiosi e sabbioso-limosi, di spessore metrico, come ad esempio tra 15/17 m, 22/25 m e 30/32 m; solo nelle prove CPTU 3 e 4 non si ritrova lo strato grossolano più superficiale, quello tra i 15/17 m di profondità.

Le prove penetrometriche hanno evidenziato la presenza, anche per quest'area, di terreni principalmente fini, a comportamento meccanico visco-plastico, quali argille, argille limose e limi argillosi, con a luoghi livelli sabbiosi e limo-sabbiosi. Nei terreni fini la consistenza è risultata piuttosto bassa e la coesione non drenata variabile da 36 a 66 kPa. I terreni più grossolani sono invece risultati mediamente addensati.

Dal punto di vista del comportamento geotecnico, pertanto, le due aree d'espansione risultano alquanto simili.

Da un punto di vista geotecnico, per quanto riguarda i terreni in posto, le prove effettuate hanno evidenziato la presenza di terreni con mediocri caratteristiche di resistenza, mostrando una sostanziale omogeneità su tutta l'area indagata, e per tutto lo spessore indagato. Nelle prove, superato il riporto superficiale presente, si segnala la presenza di uno



strato a natura argillosa e limo-argillosa, caratterizzato dai valori di coesione non drenata più bassi, anche inferiori a 50 kPa. Tale strato si spinge sino ad una profondità di circa 6 m dal p.d.c. Oltre i 6 m, i successivi strati a prevalente componente argillosa raggiungono valori di coesione non drenata che si mantengono costanti su circa 70 kPa, comunque mediocri. Gli strati a prevalente componente sabbiosa mostrano, invece, un discreto stato di addensamento.

La situazione geotecnica rilevata si riflette necessariamente sulla scelta del tipo di fondazioni adottabili, che sarà strettamente collegata alle caratteristiche tipologiche dei fabbricati in progetto e quindi in rapporto alla stabilità globale opera-terreno. Sulla base delle caratteristiche geomeccaniche del primo sottosuolo, evidenziate dalle indagini geognostiche eseguite nell'area e considerando la tipologia prevalente dei fabbricati previsti (industriali), si ritiene idonea l'adozione di fondazioni superficiali, di cui il tipo a plinto isolato risulta quello maggiormente indicato, non escludendo comunque altre tipologie, in caso di interventi di un certo impegno (pali).

Si consiglia in tale caso una profondità di posa non inferiore a 1 m dal p.d.c. attuale considerando di fatto il superamento del terreno vegetale superficiale, nonché di quello che maggiormente risente delle variazioni stagionali di umidità e temperatura; a tale proposito si consiglia di valutare in fase esecutiva sui singoli lotti d'intervento l'eventuale presenza di terreni di riporto o rimaneggiati.

Per quanto attiene la resistenza del terreno di sottofondazione, a titolo indicativo, sulla base delle prove eseguite, si è stimata una portanza in termini di tensioni ammissibili, pari a un valore grosso modo di 0.9 Kg/cmq. Tale valore dovrà essere comunque opportunamente verificato in fase esecutiva, ai sensi delle norme vigenti (D.M. 14/01/2008), una volta noti i carichi agenti; in fase esecutiva si dovrà inoltre procedere ad un idoneo approfondimento geognostico per ciascun intervento, una volta progettato il singolo l'intervento edilizio, al fine di verificare le condizioni geotecniche assunte nella presente relazione.

In considerazione della presenza di strati fini compressibili, posti a modesta profondità dal piano campagna, particolare attenzione andrà anche posta, in fase di progettazione esecutiva, al calcolo dei cedimenti indotti, sia quelli assoluti che differenziali, con relative distorsioni.

Dal punto di vista idrogeologico, le diverse indagini eseguite in periodi differenti, hanno evidenziato la presenza di una falda superficiale, che in zona si attesta alla profondità variabile tra 1 m e 3 m dal piano campagna attuale, con un'escursione stagionale, che sulla base delle diverse misurazioni, si rileva pari a 1,50 m. Tutto ciò considerato, sono da prevedersi possibili interferenze tra questa e le fondazioni dei futuri edifici e con i relativi scavi nella fase di cantiere, di cui tenere conto.

Infatti, in fase esecutiva, ed in relazione al periodo d'intervento, essendo strettamente legata agli eventi meteorici, si dovrà valutare la profondità della falda superficiale e quindi sue possibili interferenze con le strutture fondali dei futuri edifici in progetto. Nella fase di cantiere si dovranno prevedere possibili sistemi di abbattimento temporaneo della falda stessa, e in riferimento ai futuri fabbricati, la presenza di sistemi di allontanamento delle acque di falda e l'utilizzo di materiali appositi.

Comunque valutando la tipologia della falda presente, estremamente limitata e contenuta in livelli lenticolari, si ritiene che la realizzazione delle fondazioni in progetto, non comporti problemi particolari, tenuto conto delle modeste portate e delle condizioni di isolamento che la falda stessa presenta rispetto alle falde più importanti poste a maggiori profondità.

E' ovvio che la presenza comunque di una falda così superficiale, dovrà comportare tutta una serie di accorgimenti costruttivi, tali per cui si vada a prevenire l'insorgere di controindicazioni particolari, sia nella fase di cantiere che a edifici ultimati.

Per quanto attiene gli aspetti sismici l'area risulta idonea, non rilevandosi rischi particolari; rimane comunque la progettazione sismica degli interventi ai sensi delle nuove NTC2008.

Al fine di classificare da un punto di vista sismico i terreni presenti, si è fatto riferimento a delle indagini eseguite all'interno dell'area in esame, tra cui per la parte ovest ad un'indagine sismica Down-Hole, mentre per la parte est a un'indagine sismica Re.Mi.

Tali indagini eseguite nell'area della SPAL hanno permesso di determinare la  $V_{s30}$ , velocità delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità, e quindi la categoria di suolo di fondazione interessato dai futuri interventi edilizi, risultata la C. Si è verificato mediante apposito studio, come l'area sia omogenea per quanto attenga la risposta sismica locale e i possibili effetti attesi. Non vi sono, invece, effetti legati alla topografia.

Si è valutato come il rischio di liquefazione dei terreni presenti, sia compreso tra nullo e alto per le verticali considerate, e che i cedimenti post sismici attesi, risultano da nulli a modesti. Pertanto tutto ciò considerato si conferma la fattibilità del presente Piano Particolareggiato, dell'area industriale della ditta SPAL, nel comune di Correggio, ritenendo comunque necessario in fase esecutiva un ulteriore approfondimento dello studio qui eseguito per ogni singolo intervento, secondo le specifiche delle norme vigenti, di cui al D.M. 14/01/2008, con particolare riferimento, oltre che agli aspetti geotecnici, agli aspetti sismici, con puntuali verifiche alla liquefazione e calcolo dei cedimenti sismici, in riferimento alla esecuzione di nuove indagini sulle diverse e specifiche aree d'intervento.

## **. C) CONCLUSIONI**

La presente relazione è stata redatta a supporto del Piano Particolareggiato per l'ampliamento dell'area industriale della ditta SPAL, ubicata in via per Carpi 26, nel comune di Correggio (Re).

L'attività industriale svolta nello stabilimento SPAL posto in Via per Carpi n. 26 necessita di nuovi spazi e la proprietà nella riorganizzazione dell'attività ha individuato le aree idonee all'espansione per meglio rispondere alle proprie esigenze produttive.

L'area dell'ambito in studio ha una superficie di circa 134.000mq attualmente e prevede un ampliamento sul lato est, verso la tangenziale, di circa 28.000mq.

Complessivamente l'indagine eseguita ha evidenziato la mancanza di controindicazioni da un punto di vista geologico, idrogeologico, idrologico, geotecnico e sismico.

Per la caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica dei terreni di sottofondazione si è fatto riferimento sia per la parte a est che per quella a ovest a delle indagini eseguite nel 2017 e nel 2014, in occasione di precedenti interventi edilizi, all'interno dell'area in esame, consistite in prove penetrometriche, sondaggi e prove di laboratorio.

Anche per classificare da un punto di vista sismico i terreni presenti, si è fatto riferimento ad indagini già eseguite sull'area in esame, consistite per la parte ovest ad indagine sismica Down-Hole e per la parte est ad un'indagine sismica Re.Mi.

Considerando i diversi aspetti analizzati, si conferma la fattibilità del presente PP, dell'area industriale della ditta SPAL, rimandando alle indicazioni riportate nel capitolo precedente B5. Si ritiene comunque necessario, per gli aspetti geotecnici e sismici, in fase esecutiva un approfondimento dello studio qui eseguito per ogni singolo intervento, secondo le specifiche delle norme vigenti di cui al D.M. 11/03/1988 e successivo D.M. 14/01/2008.

Modena 12/02/2018

IL TECNICO

*Dott. Geol. Alessandro Maccaferri*



## ALLEGATI

- Allegato 1** – Inquadramento geografico
- Allegato 2** – Ubicazione area in oggetto
- Allegato 3** – Carta geologica
- Allegato 4** – Carta geomorfologica
- Allegato 5** – Carta della zonizzazione sismica
- Allegato 6** – Ubicazione indagini geognostiche
- Allegato 7** – Sondaggio a carotaggio continuo
- Allegato 8** – Prove penetrometriche statiche Intergeo
- Allegato 9** – Indagine sismica Down-Hole
- Allegato 10** – Prove penetrometriche statiche Centrogeo
- Allegato 11** – Indagini sismiche Re.Mi. HVSR Centrogeo

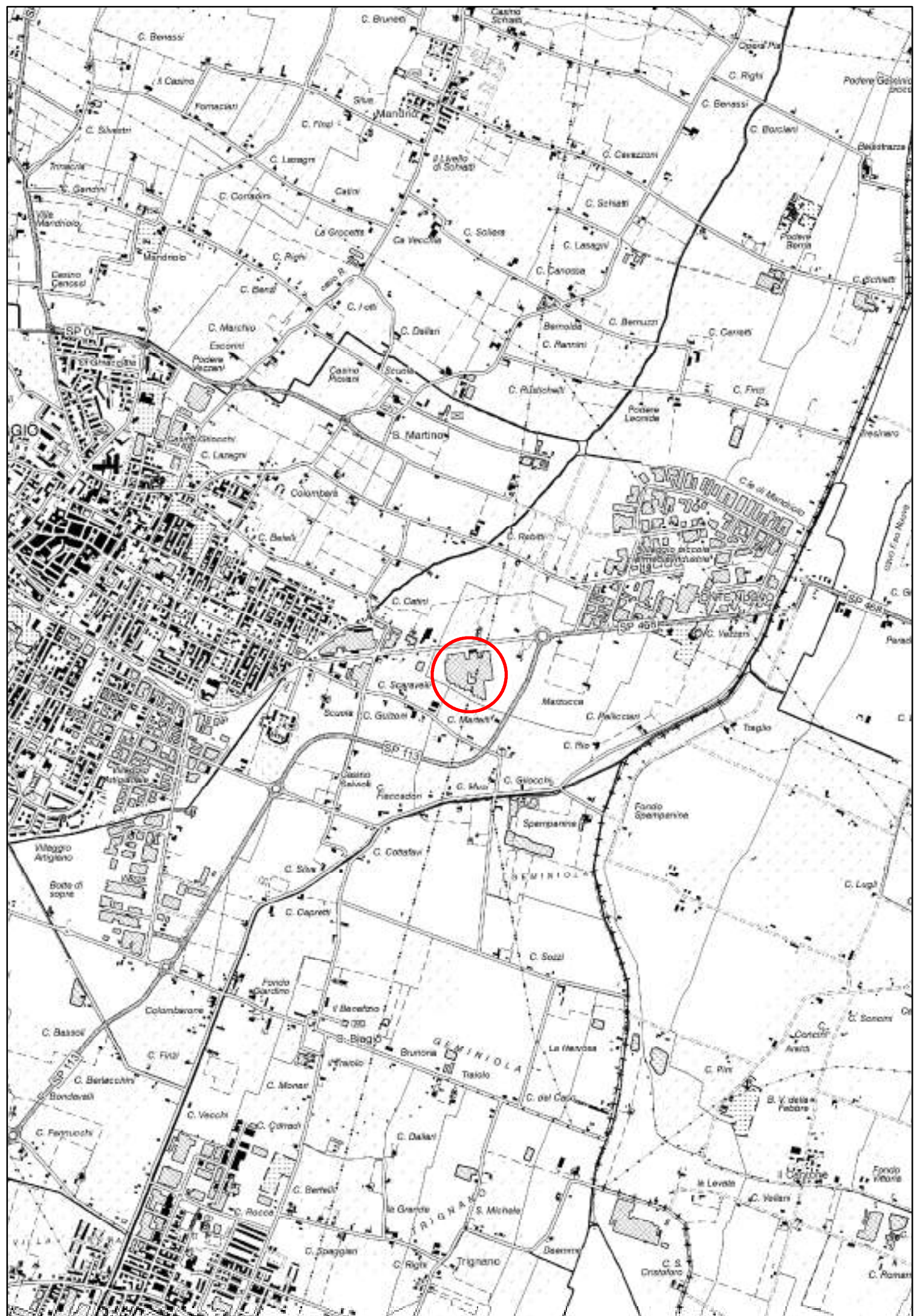
## **Inquadramento Geografico**

**C.T.R. scala 1 : 25.000  
Estratto Tavola 201NO “Correggio”**



**Ubicazione area in oggetto**

***ALLEGATO N. 1***





**Ubicazione area in studio**

**C.T.R. scala 1 : 5.000**  
**Estratto Elemento 201022 “Correggio est”**



**Ubicazione area in oggetto**

***ALLEGATO N. 2***



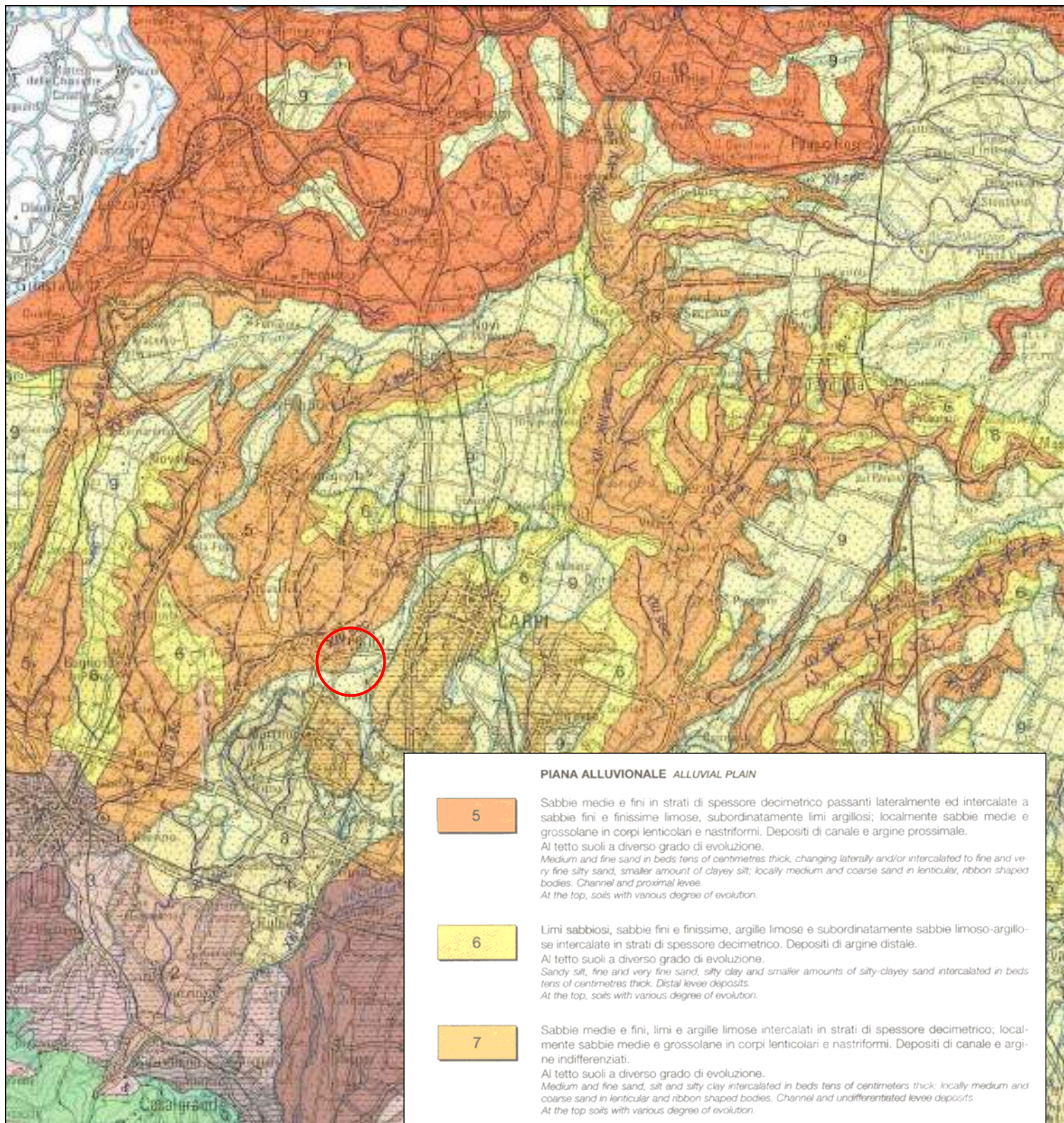


**Carta geologica di pianura dell'Emilia Romagna**  
**Scala 1 : 250.000**



**Ubicazione area in oggetto**

***ALLEGATO N. 3***



#### PIANA ALLUVIONALE ALLUVIAL PLAIN

5

Sabbie medie e fini in strati di spessore decimetrico passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose, subordinatamente limi argillosi; localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine prossimale.

Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.

Medium and fine sand in beds tens of centimetres thick, changing laterally and/or intercalated to fine and very fine silty sand, smaller amount of clayey silt; locally medium and coarse sand in lenticular, ribbon shaped bodies. Channel and proximal levee.

At the top, soils with various degree of evolution.

6

Limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose e subordinatamente sabbie limoso-argillose intercalate in strati di spessore decimetrico. Depositi di argine distale.

Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.

Sandy silt, fine and very fine sand, silty clay and smaller amounts of silty-clayey sand intercalated in beds tens of centimetres thick. Distal levee deposits.

At the top, soils with various degree of evolution.

7

Sabbie medie e fini, limi e argille limose intercalati in strati di spessore decimetrico; localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine indifferenziati.

Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.

Medium and fine sand, silt and silty clay intercalated in beds tens of centimetres thick; locally medium and coarse sand in lenticular and ribbon shaped bodies. Channel and undifferentiated levee deposits.

At the top soils with various degree of evolution.

8

Limi argillosi e limi sabbiosi, subordinatamente sabbie fini e finissime, in strati di spessore decimetrico; localmente sabbie in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine indifferenziati.

Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.

Clayey silt and sandy silt, smaller amounts of fine and very fine sand, in beds tens of centimetres thick; locally sand in lenticular and ribbon-shaped bodies. Channel and undifferentiated levee deposits.

At the top soils of various degree of evolution.

9

Argille limose, argille e limi argillosi laminati, localmente concentrazioni di materiali organici parzialmente decomposti. Area interfluviale e depositi di palude.

Silty clay, clay and laminated clayey silt, locally concentrations of partially decomposed organic matter. Back-swamp deposits.

10

Sabbie medie e grossolane subordinatamente ghiaie e ghiaie sabbiose, limi e limi sabbiosi in strati di spessore decimetrico. Depositi di piana a meandri.

Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.

Medium and coarse sand, to a lesser extent gravel and sandy gravel, smaller amounts of silt and sandy silt in bed tens of centimetres thick. Meander belt deposits.

At the top, soils of various degree of evolution.

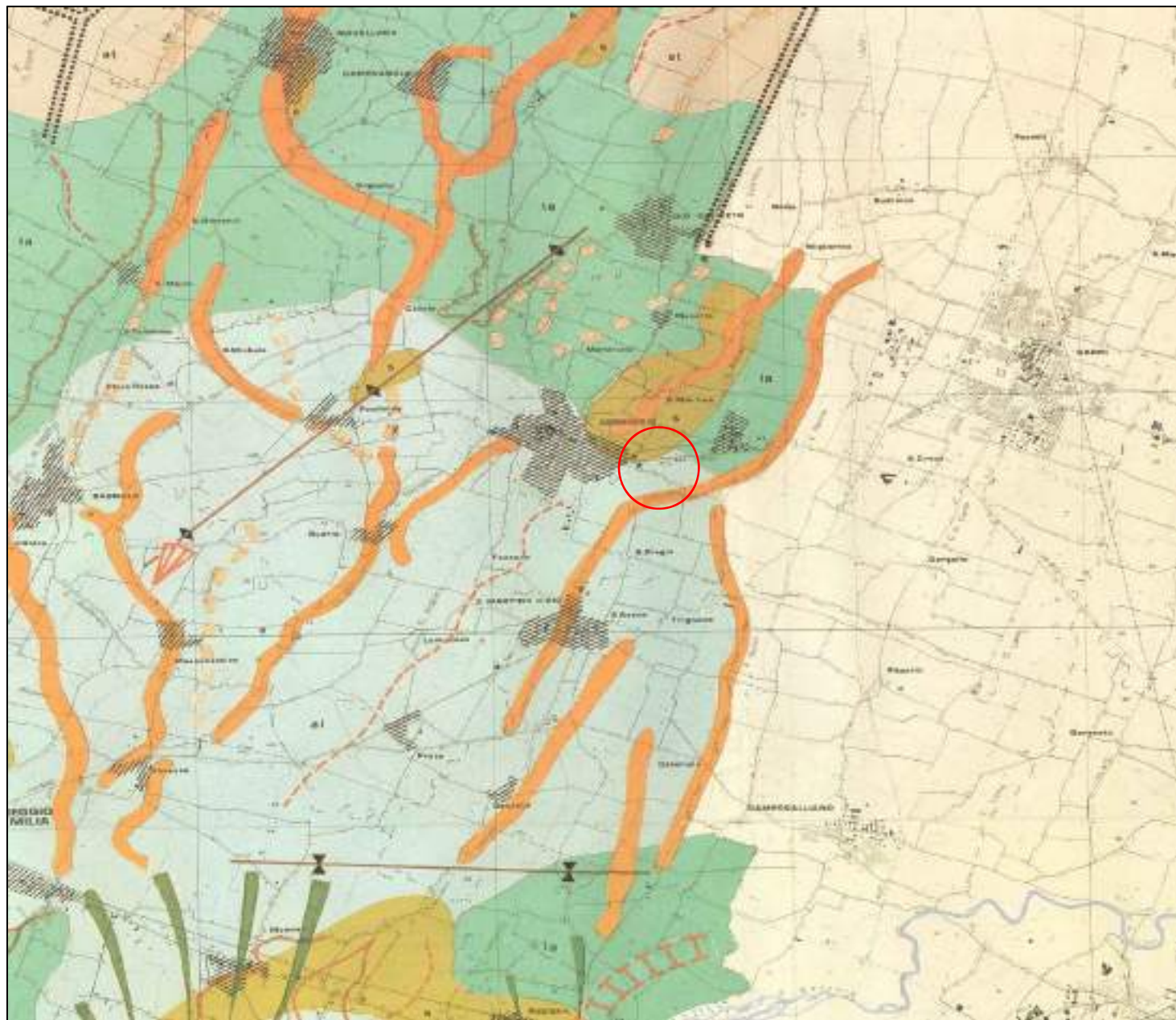
**Carta geomorfologica della pianura di Reggio Emilia**  
**Scala 1 : 300.000**



**Ubicazione area in oggetto**

***ALLEGATO N. 4***







### LITOLOGIA DI SUPERFICIE

-  Argille con torba.
-  Argille variamente limose.
-  Limi e limi argillosi e sabbiosi.
-  Sabbie a varia granulometria.
-  Sabbie con ghiaie.
-  Alluvioni wurmiane, ghiaie sabbie con alterazione < 1 m.
-  Depositi fissati con paleosuolo: glacis d'erosione con coperture di loess.
-  Alluvioni mindellane, ghiaie con paleosuolo.




### TRACCIA DI CORSO FLUVIALE ESTINTO A LIVELLO DELLA PIANURA O LEGGERMENTE INCASSATO

-  a) ben conservata.
-  b) mal conservata.




### DOSSO FLUVIALE CON PIEDE BEN DEFINITO RISPETTO ALLE PIANE CIRCOSTANTI

-  a) ben rilevato.
-  b) poco rilevato.
-  Dossò fluviale ampio a dolce concessità.








### LINEAMENTI STRUTTURALI

-  Linee di faglia.
-  Gradino di faglia.
-  Assi di antistinali e siccinali.
-  Inclinazione anomala della superficie topografica.

### IDROGRAFIA

-  Corso d'acqua, canale.
-  Golea.
-  Letto di fiume-torrente a canali intrecciati inondato saltuariamente.

### FORME E DEPOSITI FLUVIALI

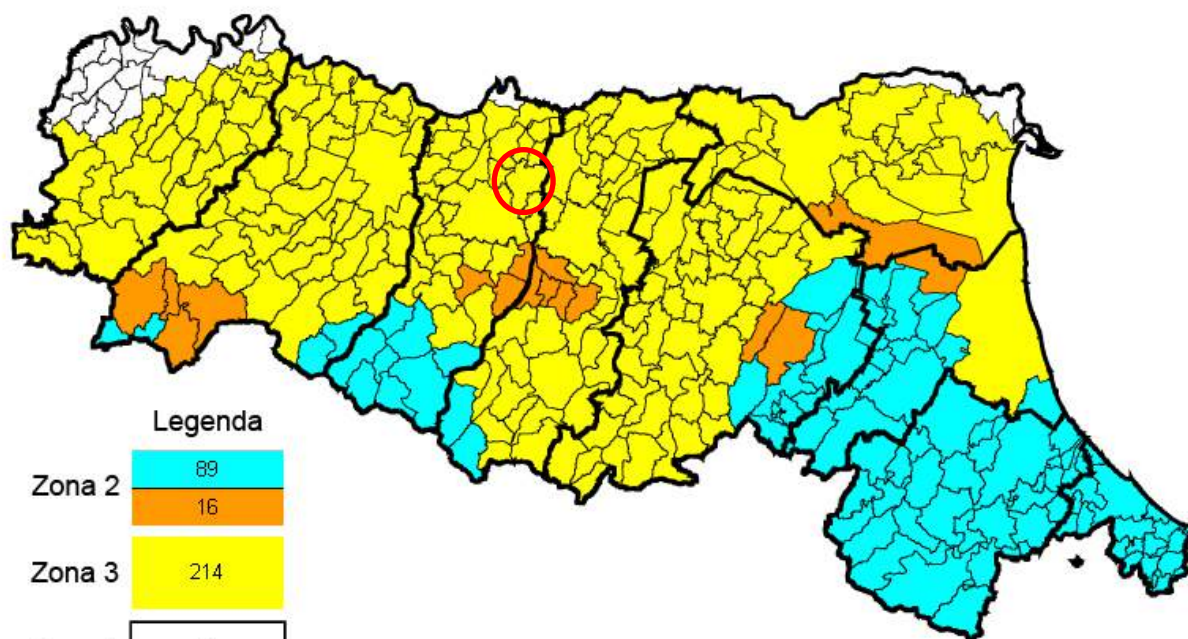
-  Incisione di corso d'acqua.
-  Scarpata o pendio delimitante un terrazzo.
-  Canale di esondazione.
-  Depressione palustre di risorgiva.
-  Conoide alluvionale.
-  Ventaglio di esondazione.
-  Area depressa in pianura alluvionale.

**Carta della zonizzazione sismica**



**Comune di Correggio**

***ALLEGATO N. 5***



**Legenda**

Zona 2	89
Zona 3	214
Zona 4	22

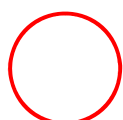
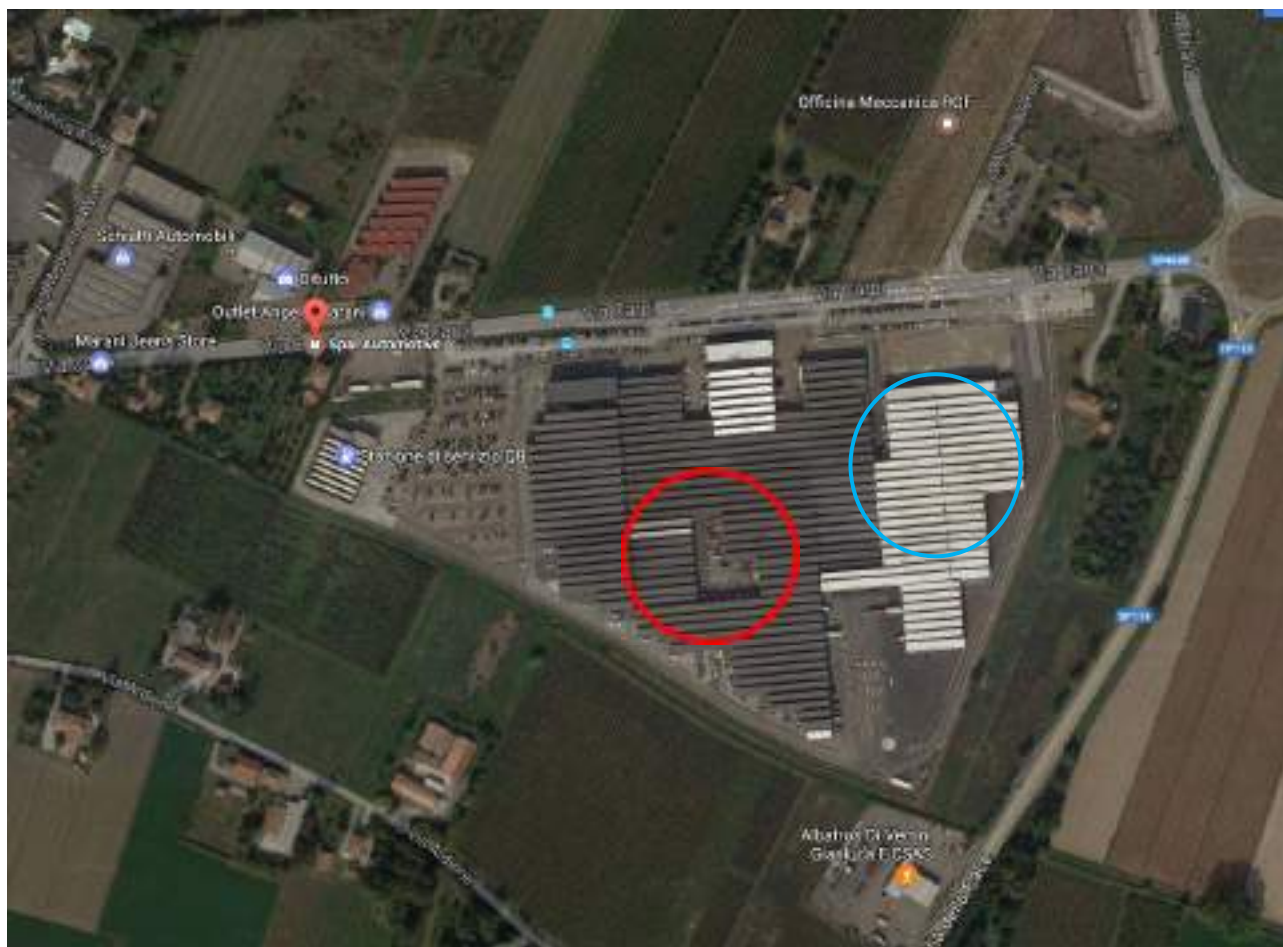
n° comuni coinvolti

**Foto aerea ditta SPAL con ubicazione  
indagini geognostiche**

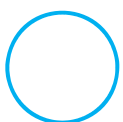
***ALLEGATO N. 6***



## UBICAZIONI INDAGINI GEOGNOSTICHE PRESE A RIFERIMENTO ALL'INTERNO DELL'AREA SPAL



Area indagini geognostiche Intergeo del 2017



Area indagini geognostiche Centrogeo del 2014



**Sondaggio a carotaggio continuo**

***ALLEGATO N. 7***

**Certificato n° 36/17 del 24/02/2017**

Committente: SPAL Automotive

Sondaggio: S1

Riferimento: Via per Carpi - Correggio (RE)

Data: 20-22/02/2017

Coordinate:

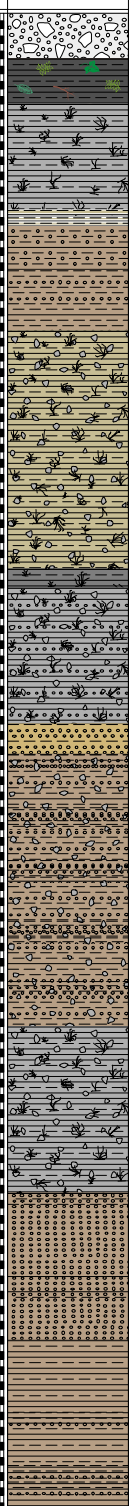
Quota: piano campagna

Perforazione: carotaggio continuo

SCALA 1:100

## STRATIGRAFIA

Pagina 1/3

Ø mm	R v	A s	metri batt.	LITOLOGIA	RP	VT	Campioni	Prel. % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	Cass.
											
			1		3.4				0.60	Asfalto e ghiaia di riporto del diametro massimo di 2-3 cm in matrice sabbiosa di colore biancastro.	
					3.2						
					3.5				1.20	Argilla limosa di colore grigio-nerastro, con radici e piccoli resti di laterizi, molto consistente.	
			2		2.0	0.8					
					2.2	1.0					
					2.5	1.1					
					1.8	0.6			2.80	Argilla debolmente limosa molto consistente di colore grigio fino a -2,20 m, poi grigio-nocciola, con ossidazioni e piccoli frustoli torbosi. Presenza di millimetrici orizzonti limosi-sabbiosi da 2,60 m.	1
			3		0.8						
					1.1	0.2			3.40	Limo argilloso debolmente sabbioso di colore nocciola, moderatamente consistente, con ossidazioni.	
					0.4						
			4						4.20	Limo debolmente argilloso con sabbia fine satura, di colore nocciola.	
					1.2	0.6					
					1.8	0.8					
			5		2.2	1.0					
					2.0						
					2.2	1.1					
					2.4	1.4					
			6		2.2						
					3.1						
							1) She < 6,60 7,00				
			7		3.2				7.35		
					1.8				7.60	Argilla limosa, molto consistente, di colore grigio scuro, con abbondanti resti torbosi nerastri.	2
			8		1.6	0.7					
					1.5	0.7					
					1.6						
			9		1.4				9.40	Argilla con limo debolmente sabbiosa, di colore grigio con sfumature nocciola, da consistente a moderatamente consistente. Presenza di concrezioni calcaree, piccoli frustoli torbosi e ossidazioni.	
					0.8	0.4			9.80	Sabbia fine limosa di colore nocciola-ocra.	
			10		1.2						
					1.0						
			11		1.4						
					0.8						
					0.6						
			12		0.8						
			13		0.6				13.40	Alternanze di limo sabbioso debolmente argilloso con lenti di sabbia fine limosa di colore nocciola con livelli saturi. Presenza di concrezioni calcaree e piccole ossidazioni. Moderatamente consistente.	3
					1.3	0.7					
			14		1.5						
							2) She < 13,80 14,40				
					0.9						
			15		3.2	1.3					
					1.6	0.8			15.60	Argilla da limosa a debolmente limosa di colore grigio, con piccole concrezioni calcaree e piccoli frustoli torbosi, consistente.	
					3.2						
			16		1.5						
			17							Sabbia media di colore nocciola. Presenza di lenti limose-argillose: da -15,60 m a -15,80 m; da -16,70 m a -16,75 m e da -16,90 m a -17,00 m.	
			18		1.0				17.55		
					1.2						
					1.5						
			19		1.1	0.4				Argilla limosa, consistente, di colore grigio nocciola fino a -20,50 m, poi grigia. Presenza di lenti limose-sabbiose: da -18,50 m a -18,70 m; da -19,20 m a -19,60 m e da -19,95 m a -20,40 m.	4
					1.0						
			20		1.2						
					1.0						

Il Responsabile di sito  
Dott. Geol. Ugo Rbecchi

Il Direttore  
Dott. Geol. Rino Guadagnini

**Certificato n° 36/17 del 24/02/2017**

Committente: SPAL Automotive

Sondaggio: S1

Riferimento: Via per Carpi - Correggio (RE)

Data: 20-22/02/2017

Coordinate:

Quota: piano campagna

Perforazione: carotaggio continuo

SCALA 1:100

## STRATIGRAFIA

Pagina 2/3

Ø mm	R v	A s	metri batt.	LITOLOGIA	RP	VT	Campioni	Prel. % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	Cass.
			21		1.8 2.8	1.3	3) She < 20,50 21,30			Argilla limosa, consistente, di colore grigio nocciola fino a -20,50 m, poi grigia. Presenza di lenti limose-sabbiose: da -18,50 m a -18,70 m; da -19,20 m a -19,60 m e da -19,95 m a -20,40 m.	
			22		2.8				22,25	Sabbia media di colore grigio.	5
			23								
			24								
			25		1.6 1.7				25,00	Argilla con limo debolmente sabbiosa, consistente, di colore grigio-nerastro.	
			26		3.0 3.2 2.0 2.0	1.6 1.7 1.0			25,60	Argilla da debolmente limosa a limosa, molto consistente, da grigia scura a grigia, con screziature nocciola.	
			27		1.4 1.2 1.1	0.6 0.5			26,85	Limo con argilla di colore grigio, consistente, con millimetrici livelli di sabbia fine.	6
			28				4) She < 28,00 28,60				
			29		1.4 2.2 1.0 1.0	1.1			28,70	Argilla limosa di colore grigio, consistente, con centimetrici livelli torbosi da -29,00 m a -29,10 e sparsi e sottili livelli di sabbia.	
			30		2.3 1.4	1.2			30,60	Sabbia fine di colore grigio.	
			31								
			32						32,30	Argilla debolmente limosa, molto consistente, di colore grigio.	7
			33		3.7 3.2 3.2 3.4 3.0 2.5 3.0	1.7 1.6 1.5 1.5 1.3					
			34				5) She < 34,50 35,00		34,50	Campione indisturbato n. 5.	
			35						35,00		
			36		1.7 1.8 1.6 2.2 2.0 2.2 0.8 0.8 1.1 1.2 1.2	0.8 1.0 1.4 1.2				Alternanze di livelli di argilla limosa debolmente sabbiosa con livelli di argilla debolmente limosa di colore grigio, con sparse concrezioni calcaree, da consistente a molto consistente. Presenza di millimetrici livelli di sabbia. Livelli torbosi da: -37,10 m a -37,20 m e da -38,05 m a -38,20 m. Presenza di livelli grigio-nerastri: da -39,70 m a -40,00 m; da -40,50 m a -41,20 m e da -41,80 m a -42,00 m.	8
			37								
			38								
			39		1.6 1.8 2.2	0.7 0.8 1.0					
			40								

Il Responsabile di sito  
Dott. Geol. Ugo Rbecchi

Il Direttore  
Dott. Geol. Rino Guadagnini

**Certificato n° 36/17 del 24/02/2017**

Committente: SPAL Automotive

Sondaggio: S1

Riferimento: Via per Carpi - Correggio (RE)

Data: 20-22/02/2017

Coordinate:

Quota: piano campagna

Perforazione: carotaggio continuo

SCALA 1:100

## STRATIGRAFIA

Pagina 3/3

Ø mm	R v	A r	S s	metri batt.	LITOLOGIA	RP	VT	Campioni	Prel. % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	Cass.
				41		1.8	1.1				<p>Alternanze di livelli di argilla limosa debolmente sabbiosa con livelli di argilla debolmente limosa di colore grigio, con sparse concrezioni calcaree, da consistente a molto consistente. Presenza di millimetrici livelli di sabbia. Livelli torbosi da: -37,10 m a -37,20 m e da -38,05 m a -38,20 m. Presenza di livelli grigio-nerastri: da -39,70 m a -40,00 m; da -40,50 m a -41,20 m e da -41,80 m a -42,00 m.</p>	9
						2.0						
						3.2	1.6					
						2.5						
						2.8	1.1					
				42		1.8	1.3					
						1.4						
						1.0	0.8					
						1.6						
				43		1.5						
						3.4	1.5				<p>Limo sabbioso debolmente argilloso, di colore grigio-verdastro, moderatamente consistente.</p>	10
						3.2	1.6					
				44		5.2		6) She < 44,00 44,70				
						2.0	1.2					
						2.8	1.5					
						3.0	1.7					
				46		2.6	1.2					
						3.5	1.8					
						3.8						
				47		2.2	1.4					
						3.0	1.1				<p>Argilla debolmente limosa di colore grigio con screziature nocciola, molto consistente. Presenza di piccole concrezioni calcaree.</p>	
						2.2	1.1					
				48		2.8	1.3		47,85			
						1.6						
						1.0					<p>Argilla debolmente limosa di colore grigio con screziature nocciola, molto consistente. Presenza di piccole concrezioni calcaree.</p>	
				49		1.0						
						3.5	1.3		49,20			
						3.8	1.6					
101				50		3.8			50,00			

Sondatore: Sig. Mor Loum

Sonda: Atlas Copco A65

Inserito tubo in PVC per prova down-hole a -50,00 m

Rilievo del livello dell'acqua nel corso della perforazione

Giorno	22/02/17									
Ora	8.00									
Livello dell'acqua (m)	7,10									
Prof. perforazione(m)	42,50									
Prof. rivestimento(m)	42,00									

Il Responsabile di sito  
Dott. Geol. Ugo Rbecchi

Il Direttore  
Dott. Geol. Rino Guadagnini

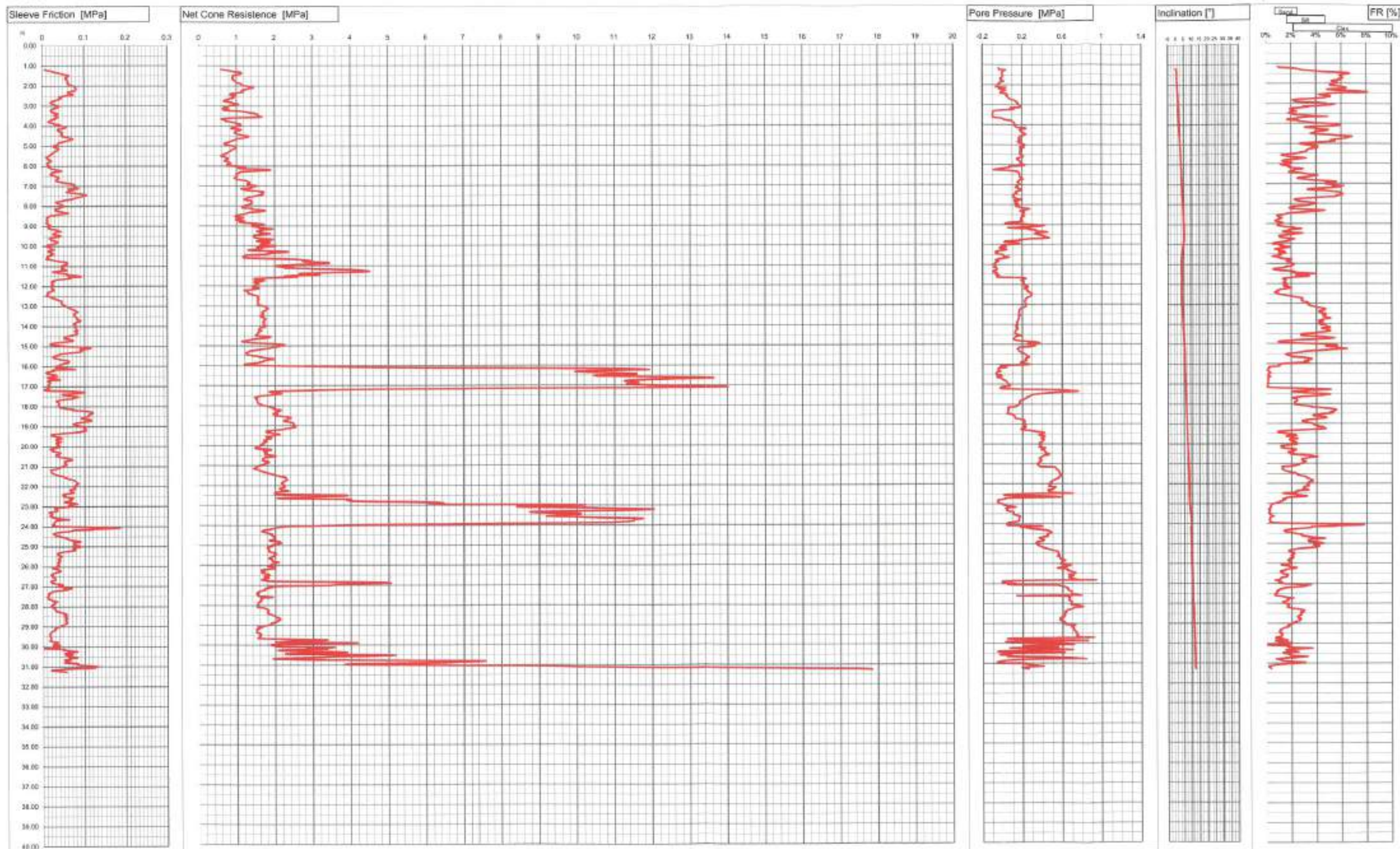
**Prove penetrometriche statiche CPTU Intergeo**

*ALLEGATO N. 8*



Committente SPAL AUTOMOTIVE  
 Località VIA PER CARPI  
 Cantiere CORREGGIO  
 Operatore rebecchi  
 Prova nr. 1 Cert. N. 31/17  
 Data 21/02/2017 Emesso il 21/02/2017  
 Falda 1.00 m  
 Preforo 1.15 m

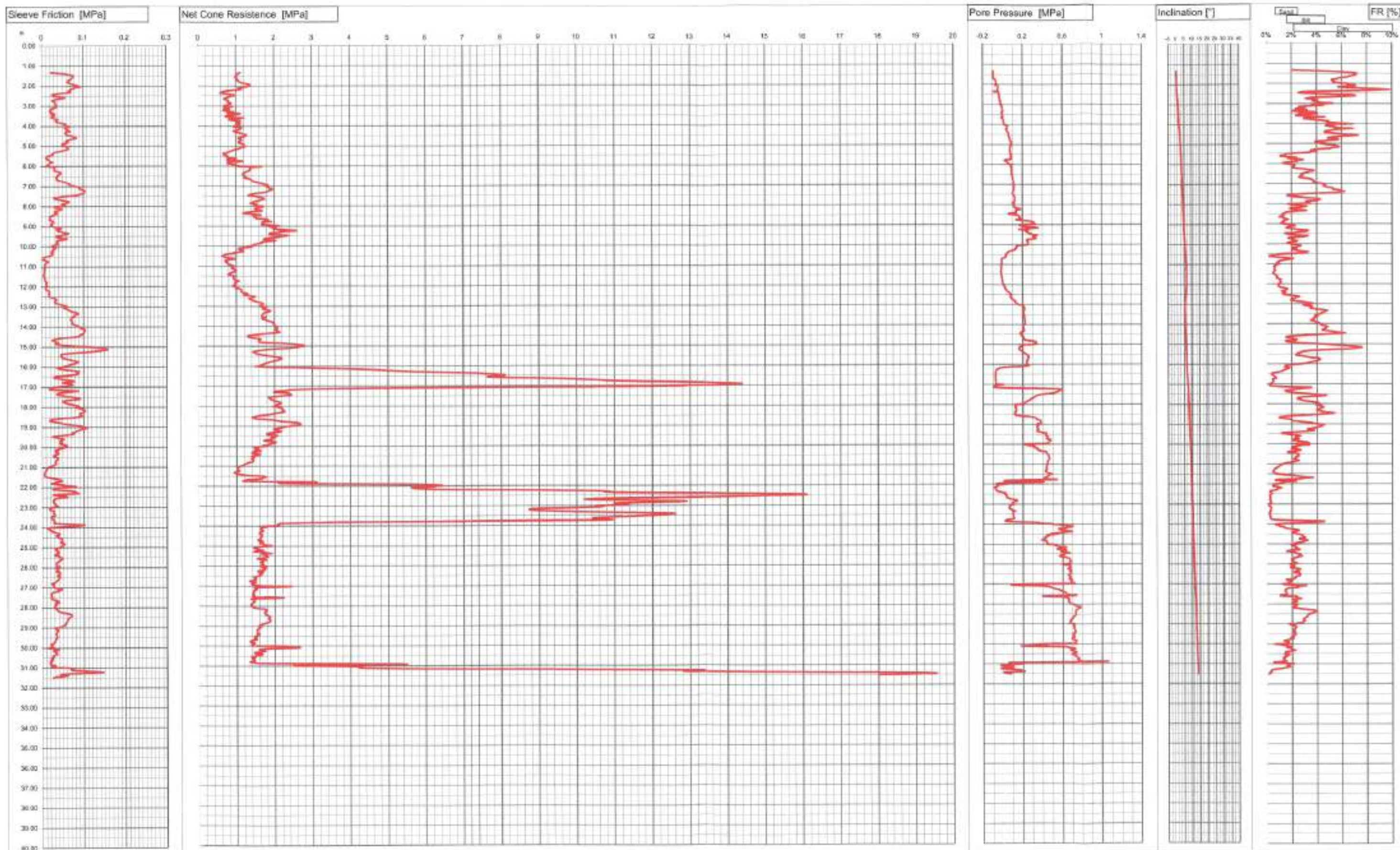
**Intergeo**  
 Via Austria, 24 - 41100 MODENA (MO) - ITALY  
 Telefono +39 059 313999  
 Telefax +39 059 454827  
 Email [info@intergeo.it](mailto:info@intergeo.it)





Committente SPAL AUTOMOTIVE  
 Località VIA PER CARPI  
 Cantiere CORREGGIO  
 Operatore rebecchi  
 Prova nr. 2 Cert. N. 32/17  
 Data 21/02/2017 Emesso il 21/02/2017  
 Felda 1.00 ml  
 Preforo 1.30m

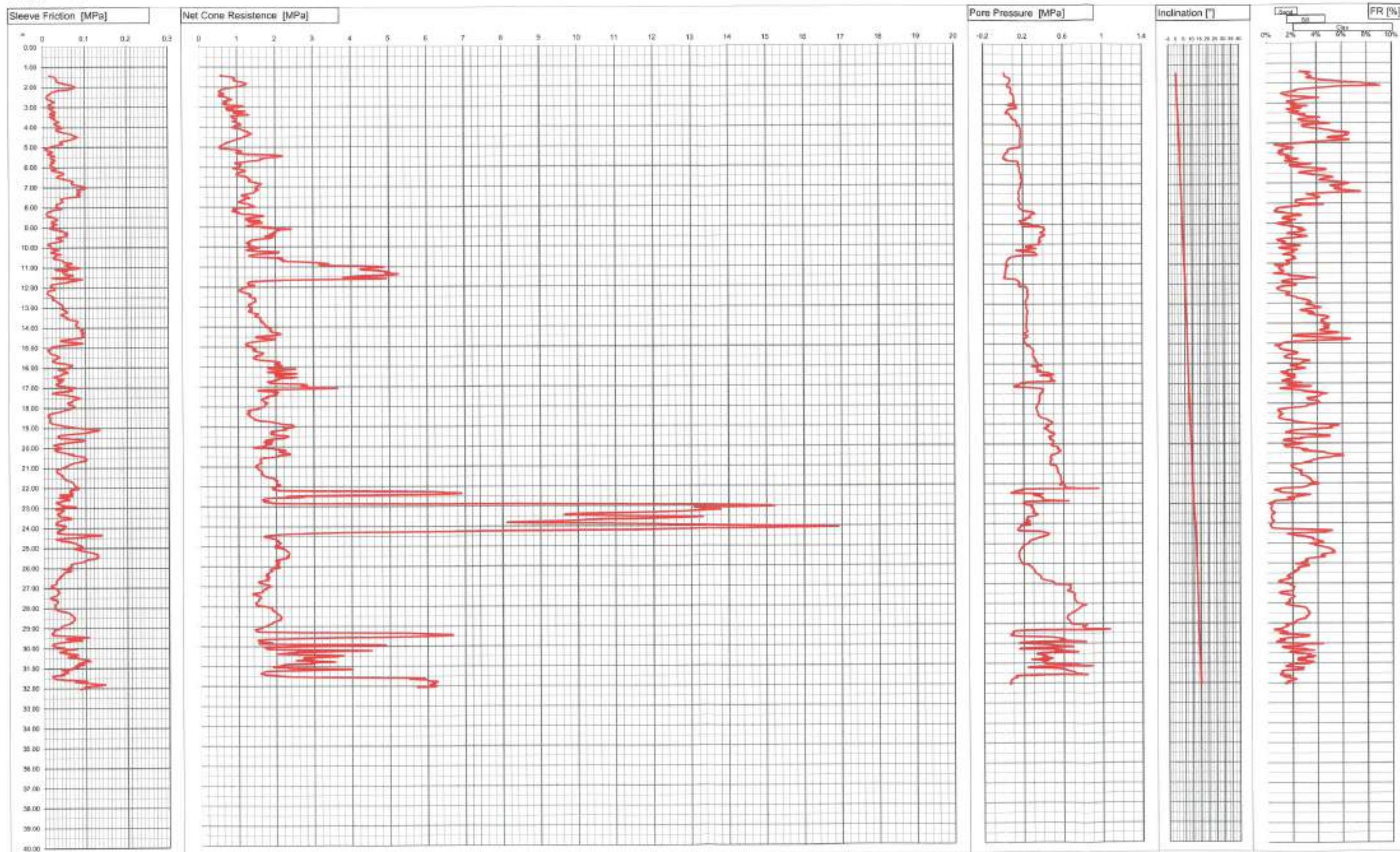
**Intergeo**  
 Via Austria, 24 - 41100 MODENA (MO) - ITALY  
 Telefono +39 059 313999  
 Telefax +39 059 454827  
 Email [info@intergeo.it](mailto:info@intergeo.it)





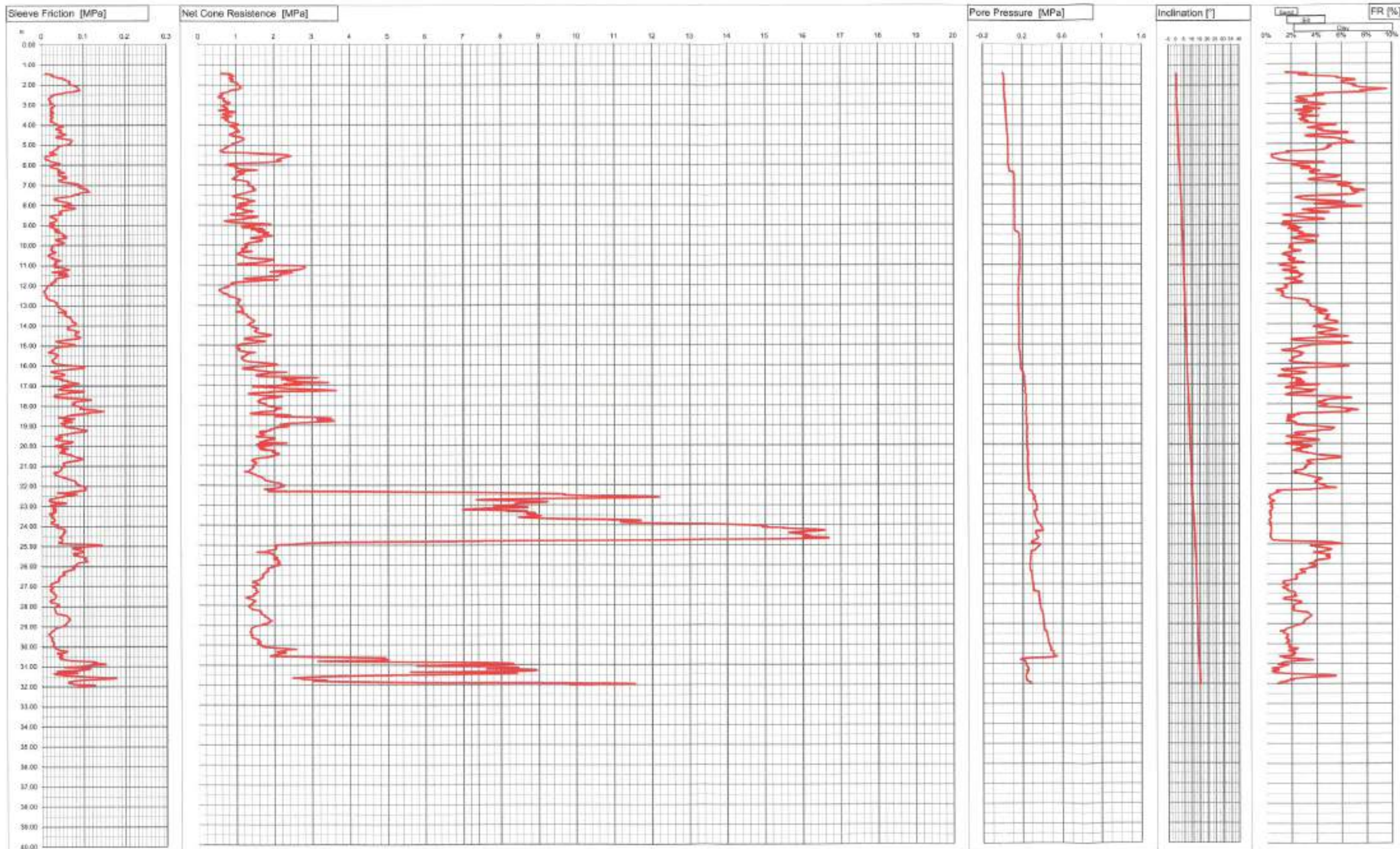
Committente SPAL AUTOMOTIVE  
 Località VIA PER CARPI  
 Cantiere CORREGGIO  
 Operatore REBECCHI  
 Provs nr. 3  
 Data 21/02/2017  
 Falso 1.20 ml  
 Preforo 1.4  
 Cert. N. 33/17  
 Emesso il 23/02/2017

**Intergeo**  
 Via Austria, 24 - 41100 MODENA (MO) - ITALY  
 Telefono +39 059 313899  
 Telefax +39 059 454827  
 Email [info@intergeo.it](mailto:info@intergeo.it)



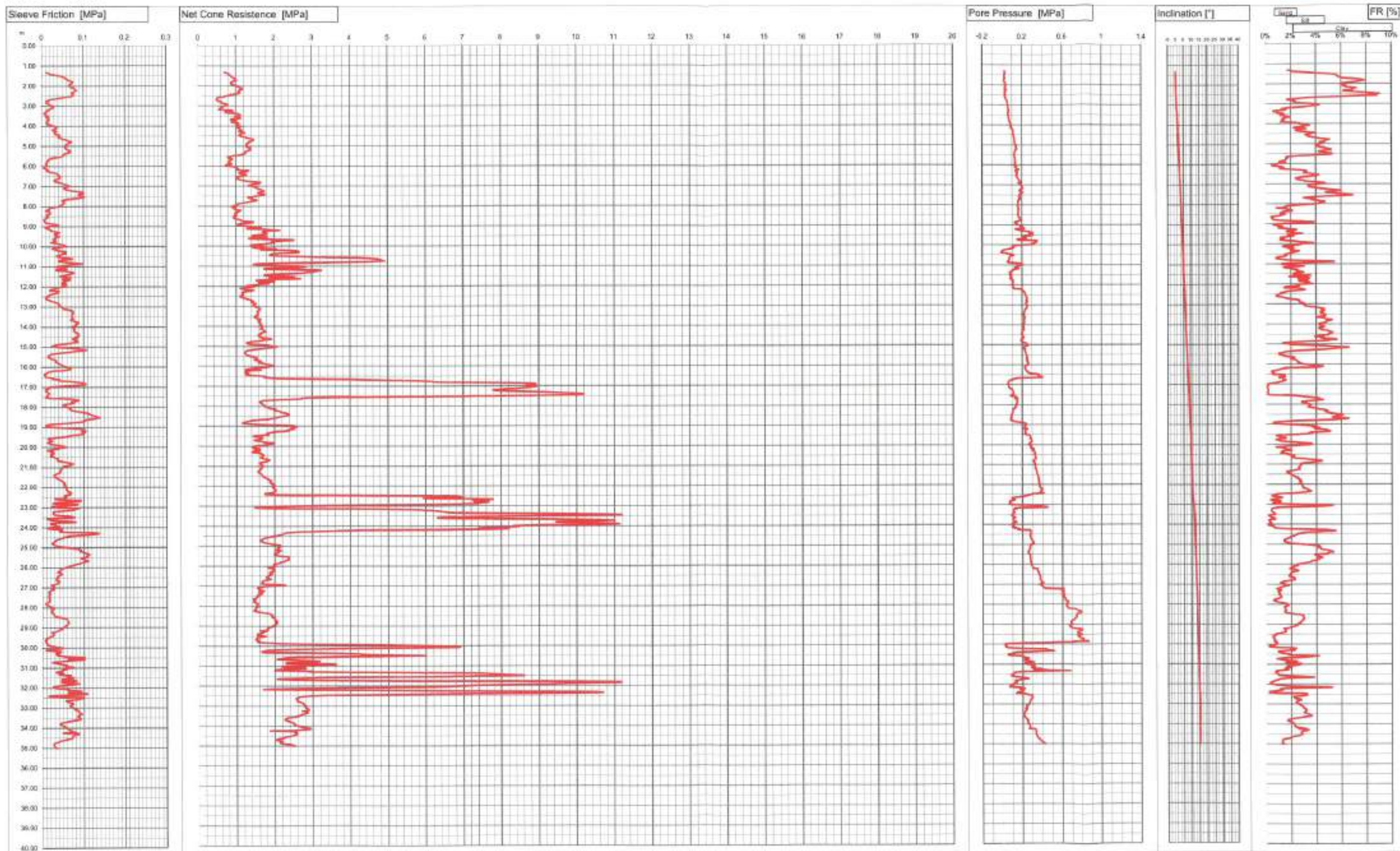


Committente SPAL AUTOMOTIVE  
 Località VIA PER CARPI  
 Cantiere CORREGGIO  
 Operatore REBECCHI  
 Prova nr. 4 Cert. N. 34/17  
 Data 21/02/2017 Emesso il 23/02/2017  
 Falda 1.30 ml  
 Preforo 1.4





Committente SPAL AUTOMOTIVE  
 Località VIA PER CARPI  
 Cantiere CORREGGIO  
 Operatore rebecchi  
 Prova nr. 5 Cart. N. 35/17  
 Data 21/02/2017 Emesso il 23/02/2017  
 Falda 1.30 m  
 Preforo 1.30m



<b>Indagine sismica Down Hole</b>	<b><i>ALLEGATO N. 9</i></b>
-----------------------------------	-----------------------------

## SPAL AUTOMOTIVE

Via Carpi 26/B

42015 Correggio

Reggio Emilia

“Indagine Down Hole prevista per la costruzione di  
magazzino verticale”



## Premessa

Su incarico ricevuto dalla ditta Spal Automotive in accordo con il Vostro tecnico Signor Iorio, ho eseguito una prova Down Hole spinta sino alla profondità di 50 metri per la determinazione delle velocità delle onde S e P.

## Metodologia

L'indagine geofisica effettuata mediante prospezione sismica in foro è stata realizzata seguendo lo schema "Down-Hole" con cadenza delle misure pari ad un metro, dal p.c. fino ad una profondità di 50 metri, ed è stata eseguita nel sondaggio eseguito precedentemente ed all'interno del quale è stata installata una verticale di 50 m. di tubi in PVC con diametro di 80 mm.

Gli impulsi sismici sono stati originati con procedure specifiche in modo da generare, oltre alle onde di compressione (Onde P), anche onde a componente di taglio orizzontale (onde SH), essendo queste utilizzabili per la determinazione del coefficiente di Poisson, del Modulo di taglio  $G_0$ , del Modulo di Young  $E$  e del Modulo di compressibilità dinamico  $E_d$ .

### Descrizione metodologica

La tecnica del Down-Hole consiste nel misurare i tempi di arrivo delle onde sismiche P e S generate da una specifica sorgente ad un geofono tridimensionale (costituito da tre geofoni orientati secondo le tre direzioni spaziali) posto in un foro di sondaggio a profondità crescenti.

Le onde di taglio (S), sono state generate con impulsi orizzontali battendo su entrambi i lati di una tavola zavorrata dal peso di un'autovettura. Le Onde di compressione (P) sono state create con impulsi verticali generati da una massa battente in prossimità del sondaggio (v. schema).

Con gli impulsi orizzontali generati sulla tavola zavorrata, si creano prevalentemente onde di taglio, questo permette di individuare l'istante di primo arrivo delle onde SH sul sismogramma di campagna e sue elaborazioni molto nitidamente in quanto l'onda P tende a scomparire con la profondità.

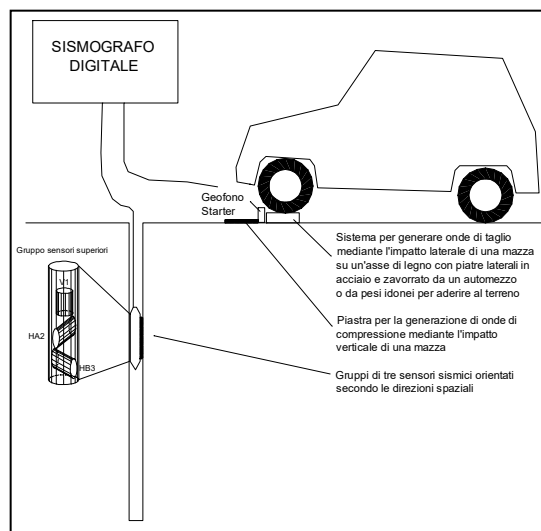


Figura 1: Schema riassuntivo dell'esecuzione di una prova Down-Hole

Inoltre, generando l'impulso orizzontale in due posizioni opposte (a destra e a sinistra della tavola), la polarità dell'onda sismica si inverte, mentre l'onda di compressione arriva con polarità costante: l'inversione della polarità del sensore nelle due differenti registrazioni porta ad annullare il segnale relativo all'onda di compressione ed enfatizzare quello relativo all'onda di taglio.

La prova Down-Hole è stata eseguita in corrispondenza del sondaggio denominato S01 all'interno del quale è stato installato una verticale di 30 m. di tubi in PVC adeguatamente resa solidale al terreno circostante.

Per l'acquisizione del segnale sismico è stato utilizzato un geofono tridimensionale da foro DHTG 50 fornito da PASI Srl dotato di n.° 3 sensori da 10 Hz, collegato ad un sismografo registratore a 24 canali con campionamento da 0,016° 2 millisecondi ed una registrazione estesa fino a un massimo di 65000 millisecondi, e campionamento a 24 bit.

Le modalità esecutiva della prova hanno previsto:

- Il posizionamento e il bloccaggio del geofono in corrispondenza del primo punto di prova,
- Generazione dell'impulso e registrazione dei tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio per un totale di n.° 3 sismogrammi (due con energizzazione orizzontale ed uno con energizzazione verticale mediante massa battente su di un piattello e su di una trave poste alla distanza di 1,30 m. dal foro di sondaggio).
- Ripetizione delle medesime operazioni lungo tutta la verticale di indagine con ripetizione delle misure ogni metro di sondaggio.

Il valore delle Vs30 è la velocità media di propagazione entro 30 m. di profondità delle onde di taglio e viene calcolata secondo la seguente relazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Dalla metodologia down-hole il valore delle Vs30 è risultato essere pari a 195 m/s che classifica il sito nella **categoria di suolo C**. L'elaborazione della prova è riportata nell'Allegato.

Dott.Geol. Marco Ugolotti



🏠 Via Giuffredì, 10 - 43022 Monticelli Terme (PR)

📱 Mobile +39 347.0198804

✉ Mail: [geol.ugolotti@gmail.com](mailto:geol.ugolotti@gmail.com)

🌐 [www.memotesting.it](http://www.memotesting.it)

P. IVA 02271690345

Cod. Fisc. GLTMRC74B28G337H

Indagini geognostiche presso stabilimento industriale SPAL AUTOMOTIVE  
Via per Carpi - Correggio (RE)

Committente:

**Spal Automotive**

Cantiere:

**Stabilimento SPAL AUTOMOTIVE**

**PROVA SISMICA TIPO DOWN-HOLE**

NOME PROVA:

**S01 DH**

PROFONDITA' PROVA:

**50,00 m dal piano campagna**

DATA PROVA:

**9 MARZO 2017**



**Vs30 = 195 m/s**

**Categoria di suolo "C"**

**Vs50 = 197 m/s**

**-**

Note:

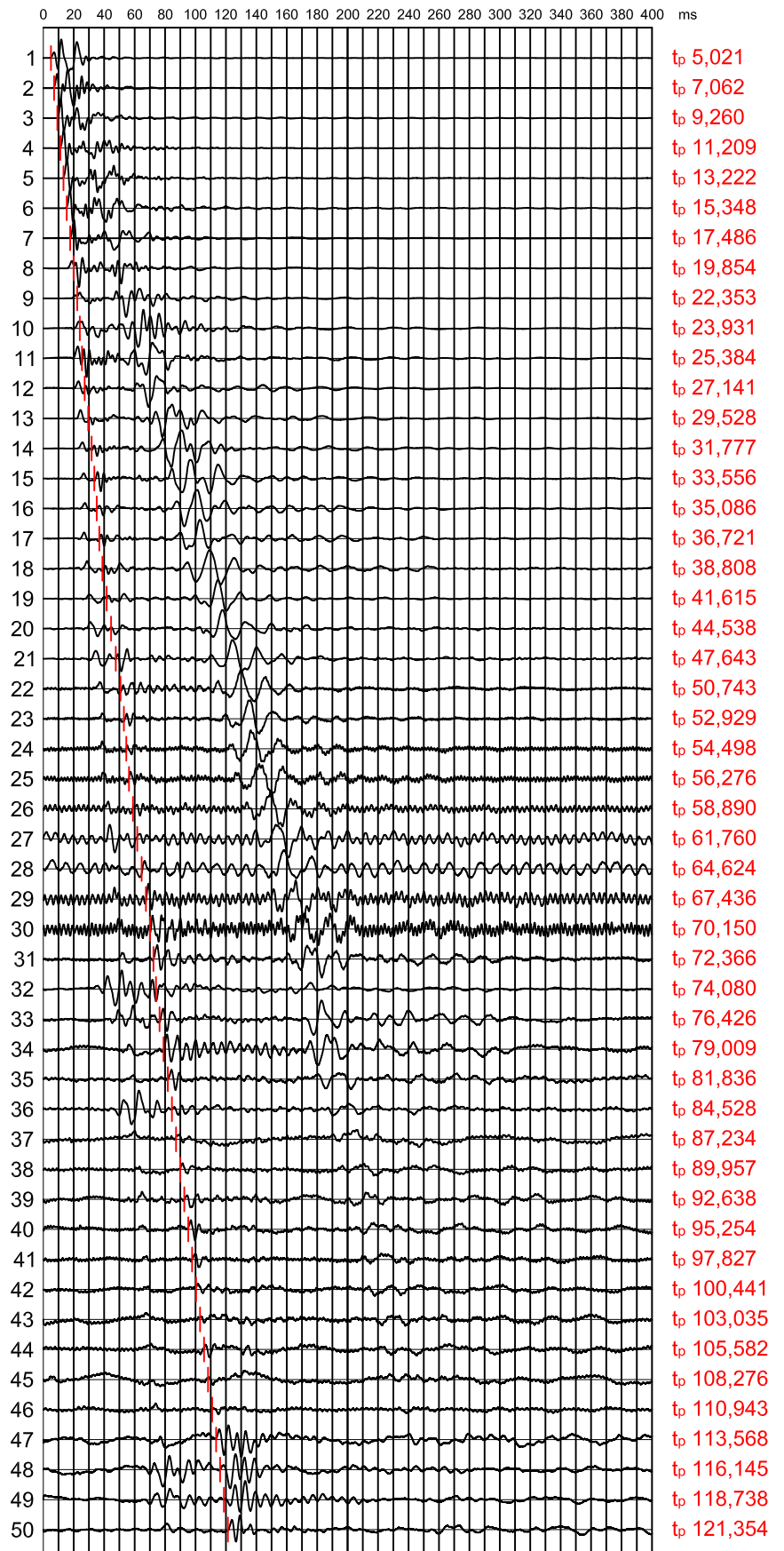
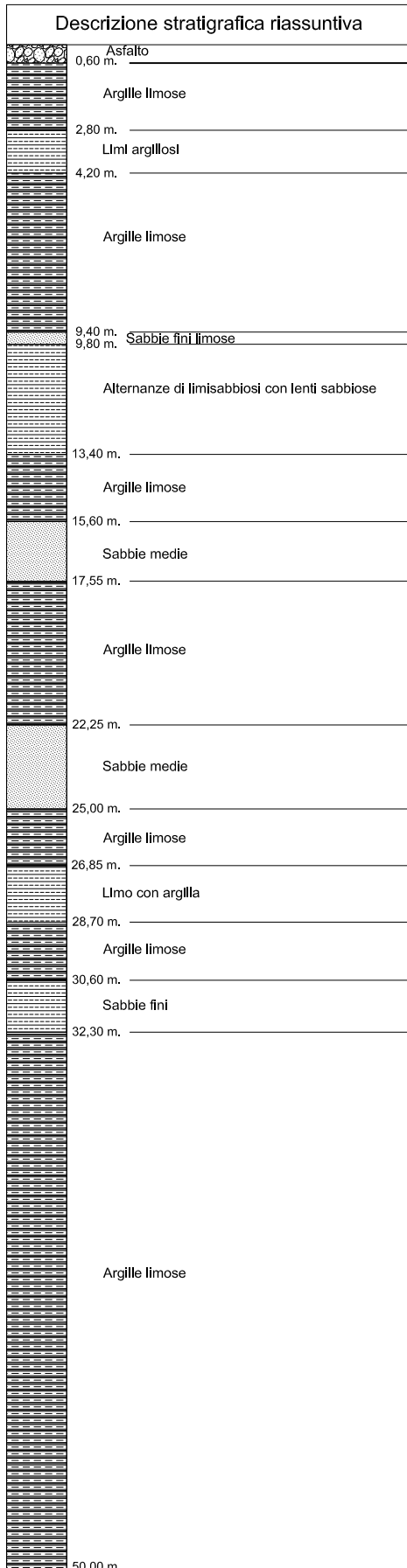
Committente:

Spal Automotive

Cantiere:

Stabilimento SPAL AUTOMOTIVE

## Sismogrammi onde P / DH S06





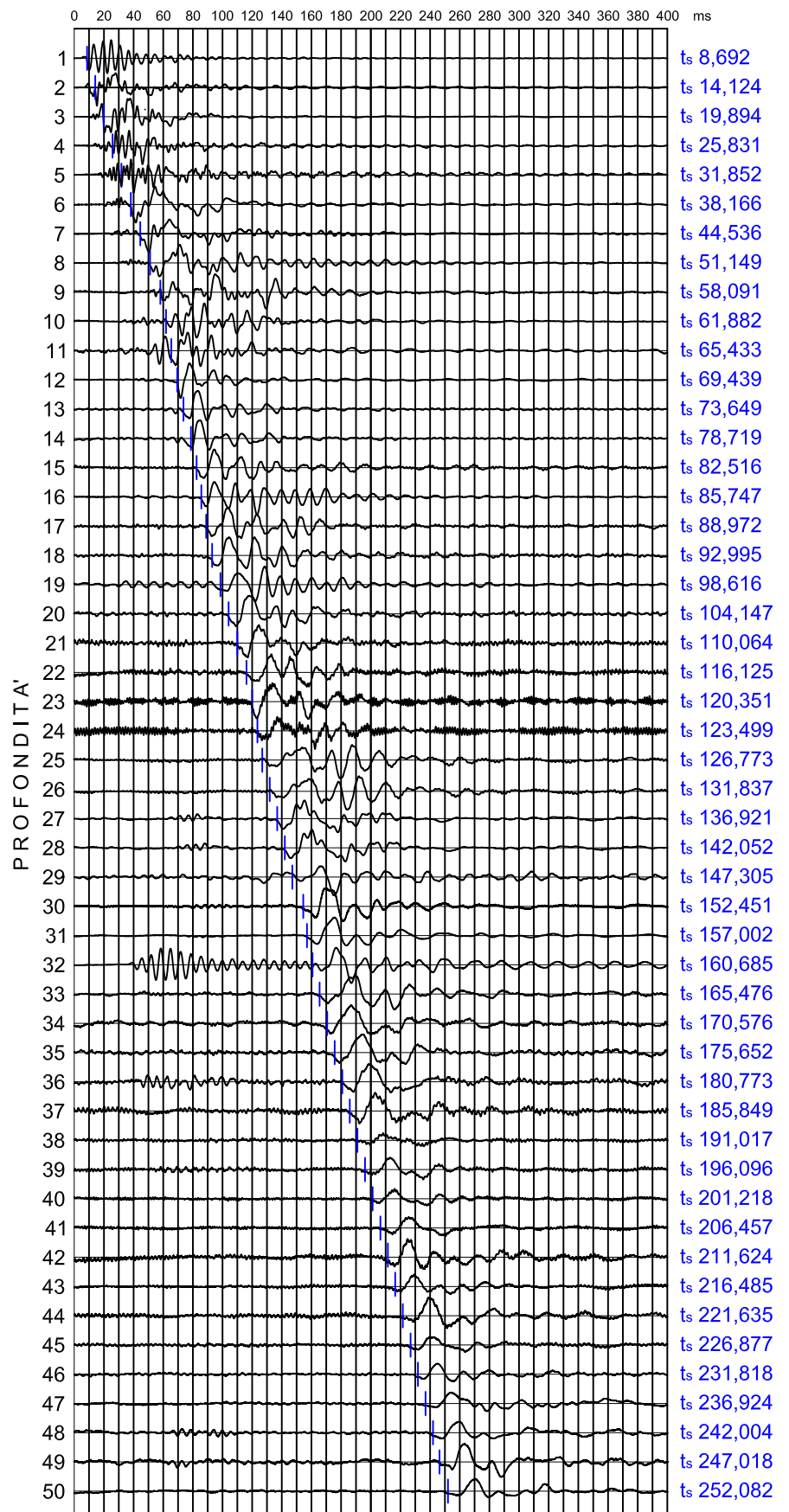
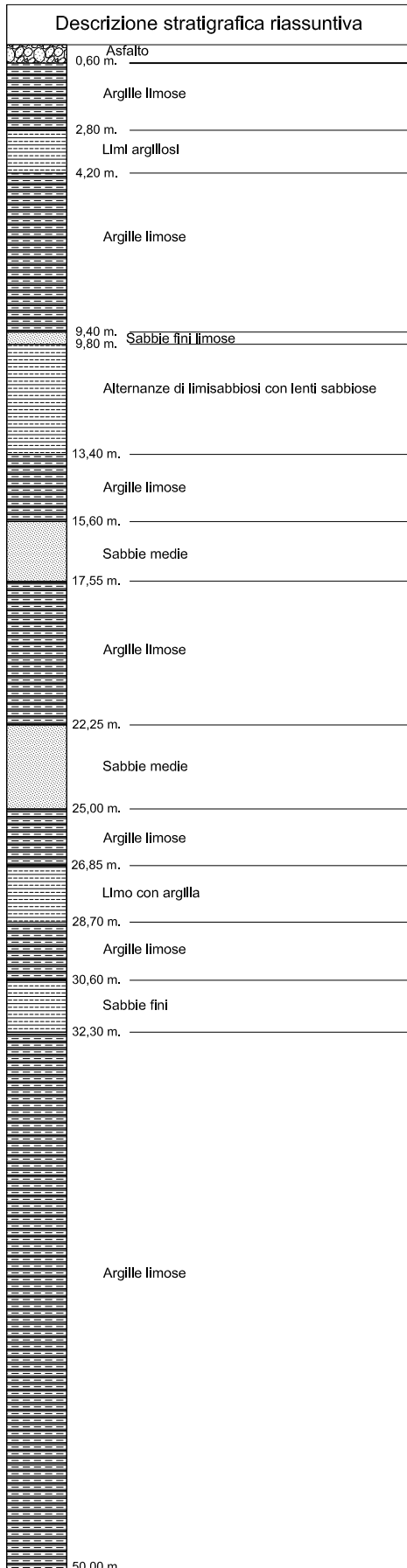
Committente:

Spal Automotive

Cantiere:

Stabilimento SPAL AUTOMOTIVE

## Sismogrammi onde S / DH S06



## Indagini geognostiche presso stabilimento industriale SPAL AUTOMOTIVE

Via per Carpi - Correggio (RE)

Committente:

Spal Automotive

Cantiere:

Stabilimento SPAL AUTOMOTIVE

## Tabella onde P / DH S06

Sismic data acquisition depth	Distance source P-wave- triaxial geofone	Arrival time P-wave	Arrival time P-wave	Vp to travel L Vp = L/t	L2 - L1	t2 - t1	Vp for each level of one meter $Vp = (L2-L1)/(t2-t1)$
(m)	L (m)	t (s)	t (ms)	(m/s)	(m)	(s)	(m/s)
1,00	1,72	0,005	5,0	343	1,72	0,0050	343
2,00	2,44	0,007	7,1	346	0,72	0,0020	353
3,00	3,31	0,009	9,3	358	0,87	0,0022	396
4,00	4,24	0,011	11,2	378	0,93	0,0019	476
5,00	5,19	0,013	13,2	393	0,95	0,0020	474
6,00	6,16	0,015	15,3	401	0,97	0,0021	456
7,00	7,14	0,017	17,5	408	0,98	0,0021	457
8,00	8,12	0,020	19,9	409	0,98	0,0024	415
9,00	9,11	0,022	22,4	407	0,99	0,0025	395
10,00	10,10	0,024	23,9	422	0,99	0,0016	627
11,00	11,09	0,025	25,4	437	0,99	0,0015	682
12,00	12,08	0,027	27,1	445	0,99	0,0018	565
13,00	13,08	0,030	29,5	443	0,99	0,0024	416
14,00	14,07	0,032	31,8	443	0,99	0,0022	442
15,00	15,07	0,034	33,6	449	1,00	0,0018	560
16,00	16,06	0,035	35,1	458	1,00	0,0015	651
17,00	17,06	0,037	36,7	465	1,00	0,0016	609
18,00	18,05	0,039	38,8	465	1,00	0,0021	478
19,00	19,05	0,042	41,6	458	1,00	0,0028	355
20,00	20,05	0,045	44,5	450	1,00	0,0029	341
21,00	21,05	0,048	47,6	442	1,00	0,0031	321
22,00	22,04	0,051	50,7	434	1,00	0,0031	322
23,00	23,04	0,053	52,9	435	1,00	0,0022	456
24,00	24,04	0,054	54,5	441	1,00	0,0016	636
25,00	25,04	0,056	56,3	445	1,00	0,0018	561
26,00	26,04	0,059	58,9	442	1,00	0,0026	382
27,00	27,04	0,062	61,8	438	1,00	0,0029	348
28,00	28,03	0,065	64,6	434	1,00	0,0029	349
29,00	29,03	0,067	67,4	431	1,00	0,0028	355
30,00	30,03	0,070	70,2	428	1,00	0,0027	368
31,00	31,03	0,072	72,4	429	1,00	0,0022	451
32,00	32,03	0,074	74,1	432	1,00	0,0017	583
33,00	33,03	0,076	76,4	432	1,00	0,0023	426
34,00	34,03	0,079	79,0	431	1,00	0,0026	387
35,00	35,03	0,082	81,8	428	1,00	0,0028	353
36,00	36,03	0,085	84,5	426	1,00	0,0027	371
37,00	37,03	0,087	87,2	424	1,00	0,0027	369
38,00	38,03	0,090	90,0	423	1,00	0,0027	367
39,00	39,03	0,093	92,6	421	1,00	0,0027	373
40,00	40,02	0,095	95,3	420	1,00	0,0026	382
41,00	41,02	0,098	97,8	419	1,00	0,0026	388
42,00	42,02	0,100	100,4	418	1,00	0,0026	382
43,00	43,02	0,103	103,0	418	1,00	0,0026	385
44,00	44,02	0,106	105,6	417	1,00	0,0025	392
45,00	45,02	0,108	108,3	416	1,00	0,0027	371
46,00	46,02	0,111	110,9	415	1,00	0,0027	375
47,00	47,02	0,114	113,6	414	1,00	0,0026	381
48,00	48,02	0,116	116,1	413	1,00	0,0026	388
49,00	49,02	0,119	118,7	413	1,00	0,0026	385
50,00	50,02	0,121	121,4	412	1,00	0,0026	382

## Indagini geognostiche presso stabilimento industriale SPAL AUTOMOTIVE

Via per Carpi - Correggio (RE)

Committente:

Spal Automotive

Cantiere:

Stabilimento SPAL AUTOMOTIVE

## Tabella onde S / DH S06

Sismic data acquisition depth	Distance source S-wave- triaxial geofone	Arrival time S-wave	Arrival time S-wave	Vs to travel L $V_s = L/t$	L2 - L1	t2 - t1	Vs for each level of one meter $V_s = (L2-L1)/(t2-t1)$
(m)	L (m)	t (s)	t (ms)	(m/s)	(m)	(s)	(m/s)
1,00	1,72	0,009	8,7	198	1,72	0,0087	198
2,00	2,44	0,014	14,1	173	0,72	0,0054	133
3,00	3,31	0,020	19,9	166	0,87	0,0058	151
4,00	4,24	0,026	25,8	164	0,93	0,0059	156
5,00	5,19	0,032	31,9	163	0,95	0,0060	158
6,00	6,16	0,038	38,2	161	0,97	0,0063	153
7,00	7,14	0,045	44,5	160	0,98	0,0064	153
8,00	8,12	0,051	51,1	159	0,98	0,0066	149
9,00	9,11	0,058	58,1	157	0,99	0,0069	142
10,00	10,10	0,062	61,9	163	0,99	0,0038	261
11,00	11,09	0,065	65,4	169	0,99	0,0036	279
12,00	12,08	0,069	69,4	174	0,99	0,0040	248
13,00	13,08	0,074	73,6	178	0,99	0,0042	236
14,00	14,07	0,079	78,7	179	0,99	0,0051	196
15,00	15,07	0,083	82,5	183	1,00	0,0038	262
16,00	16,06	0,086	85,7	187	1,00	0,0032	308
17,00	17,06	0,089	89,0	192	1,00	0,0032	309
18,00	18,05	0,093	93,0	194	1,00	0,0040	248
19,00	19,05	0,099	98,6	193	1,00	0,0056	177
20,00	20,05	0,104	104,1	193	1,00	0,0055	180
21,00	21,05	0,110	110,1	191	1,00	0,0059	169
22,00	22,04	0,116	116,1	190	1,00	0,0061	165
23,00	23,04	0,120	120,4	191	1,00	0,0042	236
24,00	24,04	0,123	123,5	195	1,00	0,0031	317
25,00	25,04	0,127	126,8	198	1,00	0,0033	305
26,00	26,04	0,132	131,8	197	1,00	0,0051	197
27,00	27,04	0,137	136,9	197	1,00	0,0051	196
28,00	28,03	0,142	142,1	197	1,00	0,0051	195
29,00	29,03	0,147	147,3	197	1,00	0,0053	190
30,00	30,03	0,152	152,5	197	1,00	0,0051	194
31,00	31,03	0,157	157,0	198	1,00	0,0046	219
32,00	32,03	0,161	160,7	199	1,00	0,0037	271
33,00	33,03	0,165	165,5	200	1,00	0,0048	209
34,00	34,03	0,171	170,6	199	1,00	0,0051	196
35,00	35,03	0,176	175,7	199	1,00	0,0051	197
36,00	36,03	0,181	180,8	199	1,00	0,0051	195
37,00	37,03	0,186	185,8	199	1,00	0,0051	197
38,00	38,03	0,191	191,0	199	1,00	0,0052	193
39,00	39,03	0,196	196,1	199	1,00	0,0051	197
40,00	40,02	0,201	201,2	199	1,00	0,0051	195
41,00	41,02	0,206	206,5	199	1,00	0,0052	191
42,00	42,02	0,212	211,6	199	1,00	0,0052	193
43,00	43,02	0,216	216,5	199	1,00	0,0049	206
44,00	44,02	0,222	221,6	199	1,00	0,0051	194
45,00	45,02	0,227	226,9	198	1,00	0,0052	191
46,00	46,02	0,232	231,8	199	1,00	0,0049	202
47,00	47,02	0,237	236,9	198	1,00	0,0051	196
48,00	48,02	0,242	242,0	198	1,00	0,0051	197
49,00	49,02	0,247	247,0	198	1,00	0,0050	199
50,00	50,02	0,252	252,1	198	1,00	0,0051	197

Committente:

Spal Automotive

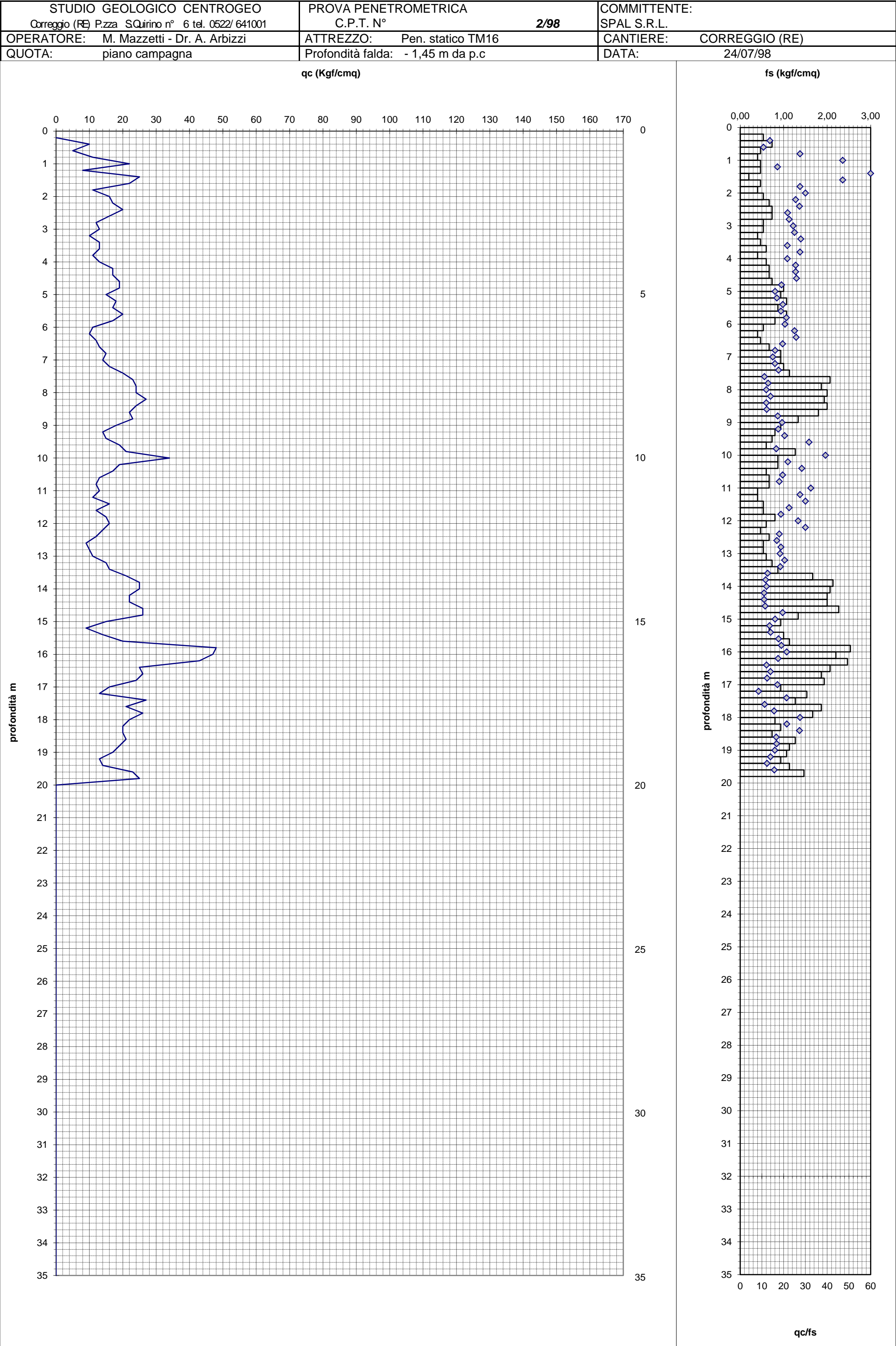
Cantiere:

Stabilimento SPAL AUTOMOTIVE

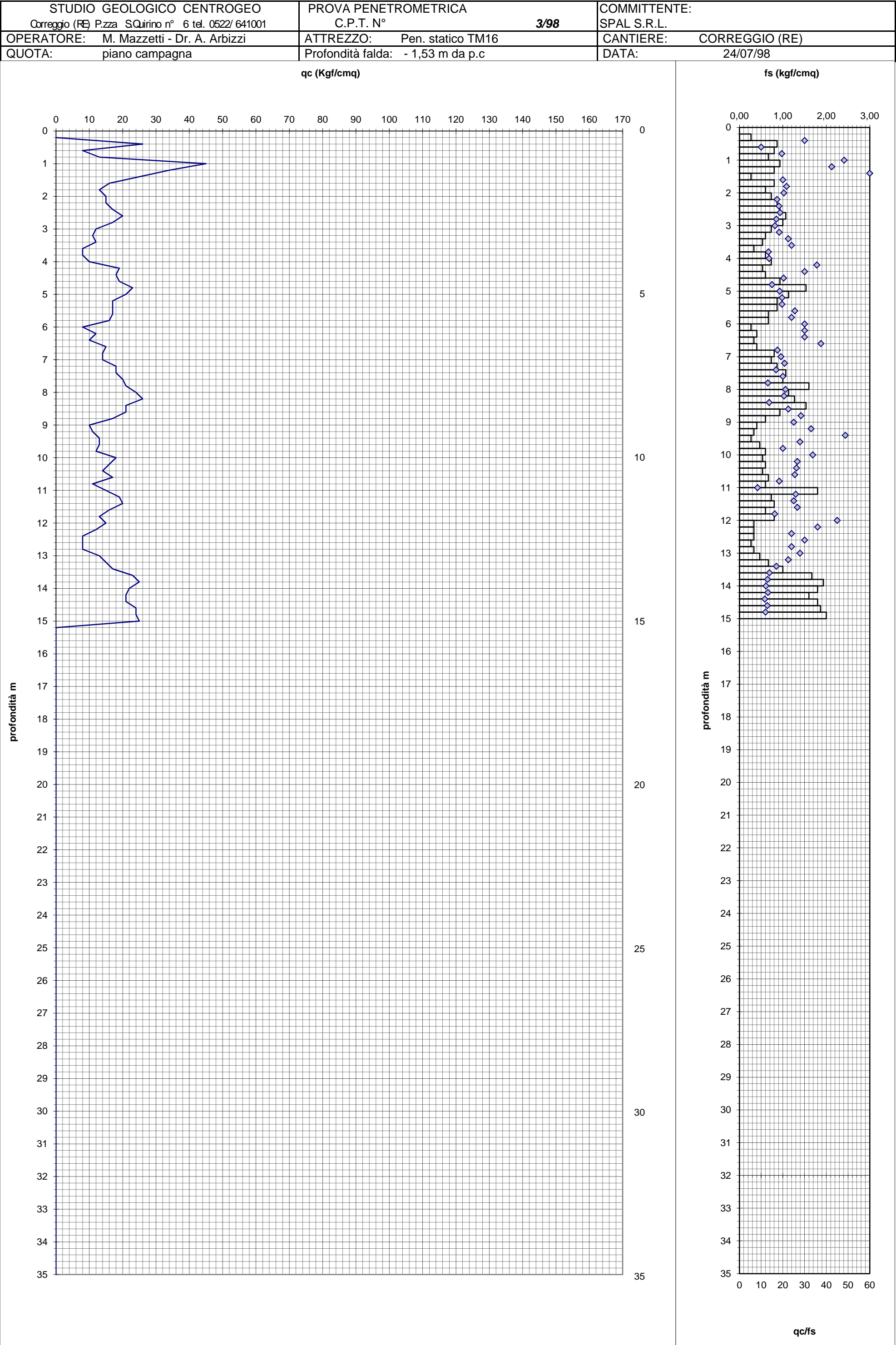
## TABELLA PARAMTERI

PROFONDITA' (m)	Velocità onde P	Velocità onde S	Vp/Vs	Densità	Coefficiente di Poisson	Modulo di Young E	Modulo di taglio G0	Modulo di compressibilità dinamico Ed
(m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)		g/cm3		Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
1,00	343	198	1,73	1,9	0,25	1,896E+03	7,59E+02	4,74E+03
2,00	353	133	2,66	1,9	0,42	9,672E+02	3,41E+02	2,74E+03
3,00	396	151	2,63	1,9	0,42	1,244E+03	4,40E+02	3,52E+03
4,00	476	156	3,04	1,9	0,44	1,361E+03	4,73E+02	3,92E+03
5,00	474	158	2,99	1,9	0,44	1,398E+03	4,87E+02	4,02E+03
6,00	456	153	2,97	1,9	0,44	1,310E+03	4,56E+02	3,76E+03
7,00	457	153	2,98	1,9	0,44	1,310E+03	4,56E+02	3,76E+03
8,00	415	149	2,79	1,9	0,43	1,221E+03	4,28E+02	3,48E+03
9,00	395	142	2,78	1,9	0,43	1,116E+03	3,91E+02	3,18E+03
10,00	627	261	2,40	1,9	0,40	3,680E+03	1,32E+03	1,03E+04
11,00	682	279	2,44	1,9	0,40	4,224E+03	1,51E+03	1,18E+04
12,00	565	248	2,28	1,9	0,38	3,283E+03	1,19E+03	9,07E+03
13,00	416	236	1,76	1,9	0,26	2,727E+03	1,08E+03	6,89E+03
14,00	442	196	2,25	1,9	0,38	2,053E+03	7,45E+02	5,66E+03
15,00	560	262	2,13	1,9	0,36	3,619E+03	1,33E+03	9,84E+03
16,00	651	308	2,11	1,9	0,36	4,990E+03	1,84E+03	1,35E+04
17,00	609	309	1,97	1,9	0,33	4,905E+03	1,85E+03	1,30E+04
18,00	478	248	1,93	1,9	0,32	3,130E+03	1,19E+03	8,24E+03
19,00	355	177	2,00	1,9	0,33	1,626E+03	6,10E+02	4,34E+03
20,00	341	180	1,89	1,9	0,31	1,646E+03	6,30E+02	4,30E+03
21,00	321	169	1,91	1,9	0,31	1,442E+03	5,50E+02	3,78E+03
22,00	322	165	1,96	1,9	0,32	1,389E+03	5,25E+02	3,68E+03
23,00	456	236	1,93	1,9	0,32	2,846E+03	1,08E+03	7,50E+03
24,00	636	317	2,01	1,9	0,33	5,201E+03	1,95E+03	1,39E+04
25,00	561	305	1,84	1,9	0,29	4,649E+03	1,80E+03	1,20E+04
26,00	382	197	1,94	1,9	0,32	1,985E+03	7,53E+02	5,23E+03
27,00	348	196	1,77	1,9	0,27	1,893E+03	7,47E+02	4,79E+03
28,00	349	195	1,79	1,9	0,27	1,869E+03	7,34E+02	4,76E+03
29,00	355	190	1,87	1,9	0,30	1,820E+03	7,00E+02	4,73E+03
30,00	368	194	1,90	1,9	0,31	1,908E+03	7,30E+02	4,99E+03
31,00	451	219	2,05	1,9	0,34	2,509E+03	9,33E+02	6,75E+03
32,00	583	271	2,15	1,9	0,36	3,881E+03	1,43E+03	1,06E+04
33,00	426	209	2,04	1,9	0,34	2,261E+03	8,42E+02	6,07E+03
34,00	387	196	1,97	1,9	0,33	1,974E+03	7,43E+02	5,24E+03
35,00	353	197	1,80	1,9	0,28	1,914E+03	7,50E+02	4,88E+03
36,00	371	195	1,90	1,9	0,31	1,931E+03	7,37E+02	5,05E+03
37,00	369	197	1,88	1,9	0,30	1,954E+03	7,51E+02	5,09E+03
38,00	367	193	1,90	1,9	0,31	1,894E+03	7,24E+02	4,95E+03
39,00	373	197	1,89	1,9	0,31	1,960E+03	7,50E+02	5,12E+03
40,00	382	195	1,96	1,9	0,32	1,952E+03	7,37E+02	5,17E+03
41,00	388	191	2,04	1,9	0,34	1,890E+03	7,05E+02	5,07E+03
42,00	382	193	1,98	1,9	0,33	1,925E+03	7,25E+02	5,11E+03
43,00	385	206	1,87	1,9	0,30	2,130E+03	8,19E+02	5,54E+03
44,00	392	194	2,02	1,9	0,34	1,952E+03	7,29E+02	5,22E+03
45,00	371	191	1,95	1,9	0,32	1,860E+03	7,04E+02	4,91E+03
46,00	375	202	1,85	1,9	0,29	2,052E+03	7,93E+02	5,31E+03
47,00	381	196	1,95	1,9	0,32	1,960E+03	7,42E+02	5,18E+03
48,00	388	197	1,97	1,9	0,33	1,990E+03	7,50E+02	5,28E+03
49,00	385	199	1,93	1,9	0,32	2,028E+03	7,70E+02	5,34E+03
50,00	382	197	1,94	1,9	0,32	1,989E+03	7,55E+02	5,24E+03

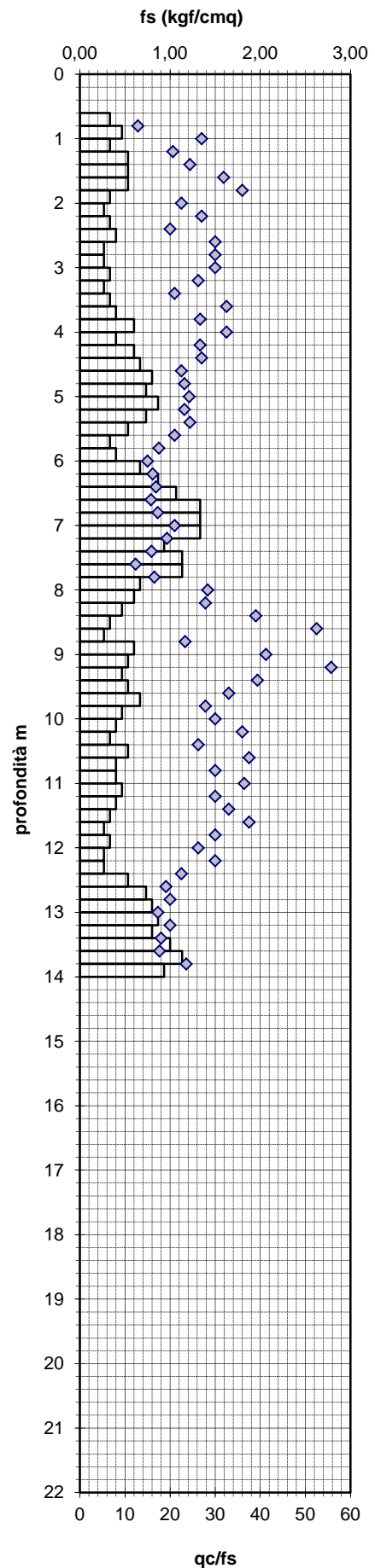
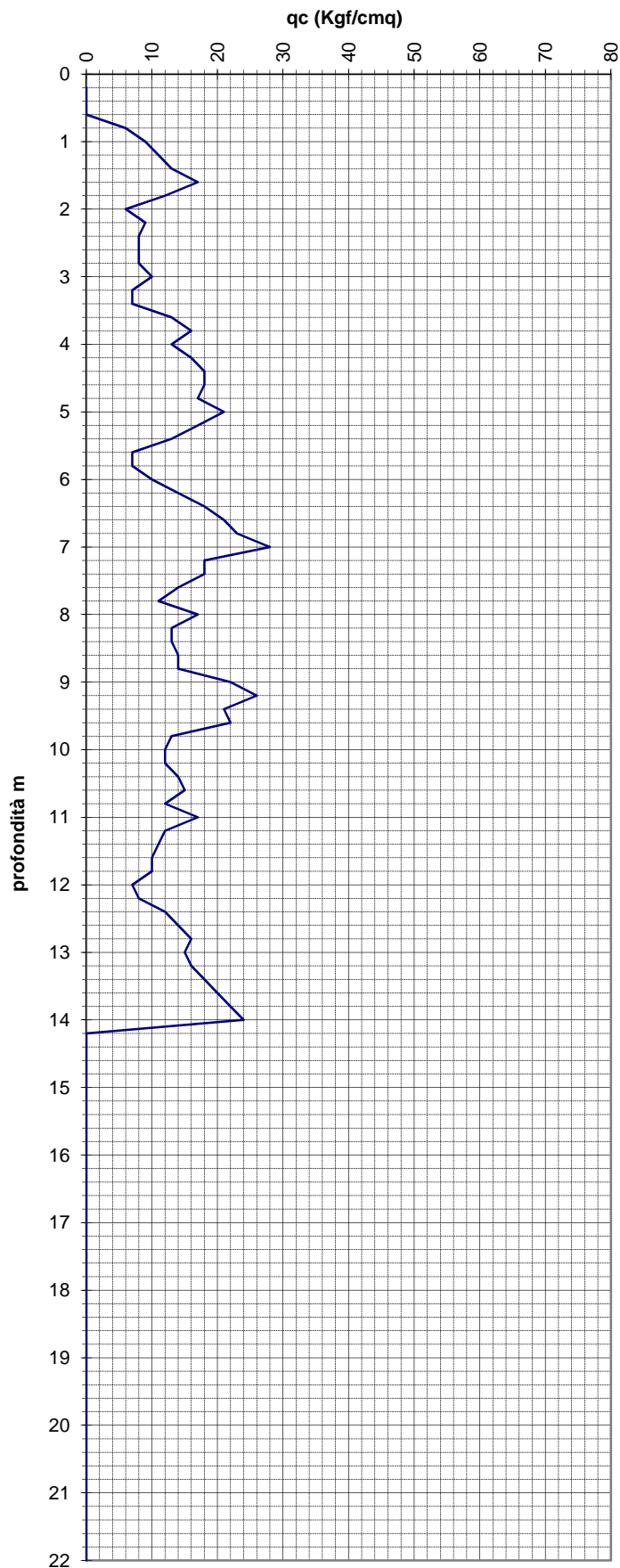
<b>Prove penetrometriche statiche Centrogeo</b>	<b><i>ALLEGATO N. 10</i></b>
---	------------------------------





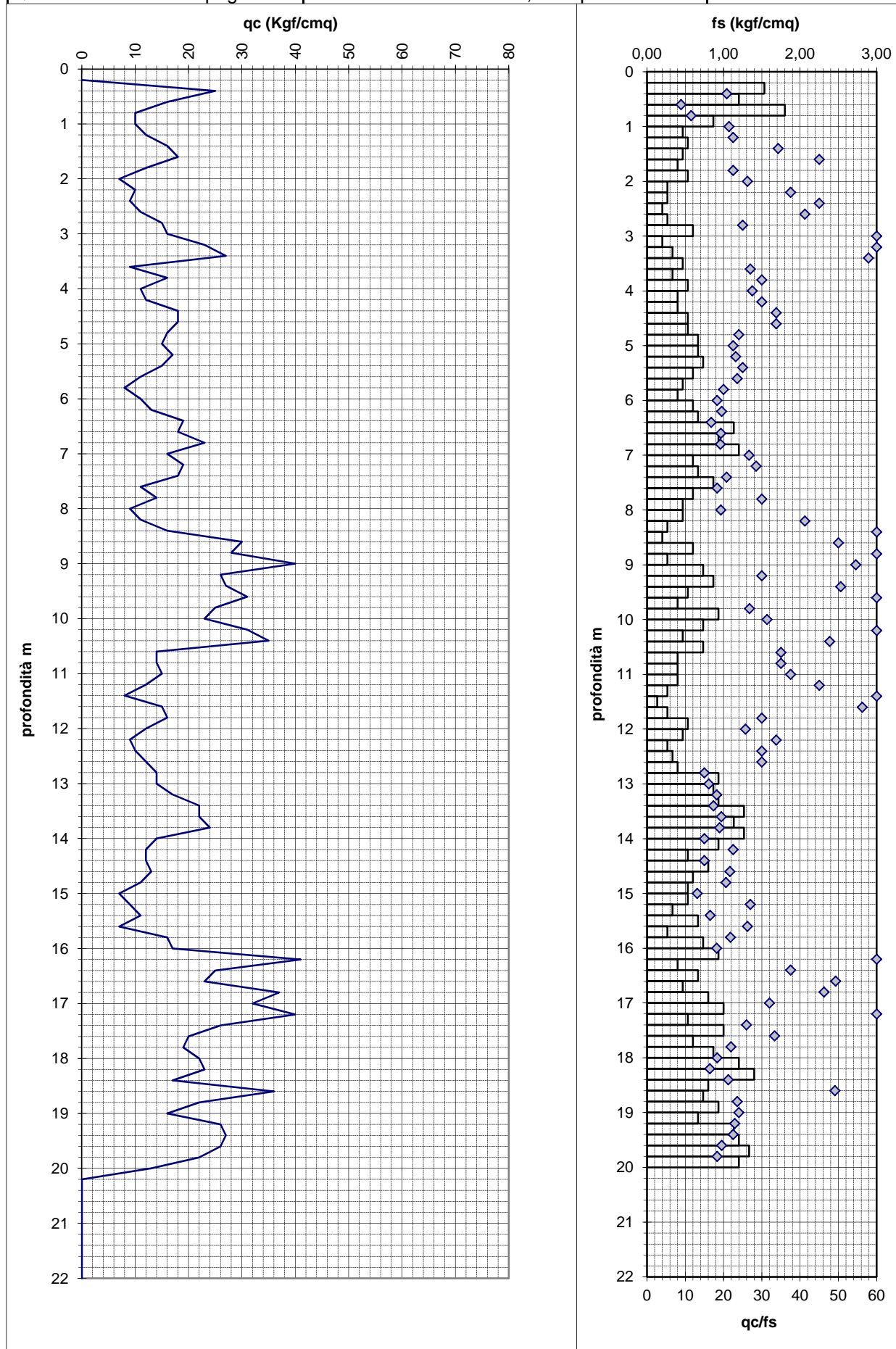


<b>CENTROGEO</b> Correggio (RE) Piazza S. Quirino n° 6 Tel 0522 641001 - fax. 0522 632162	<b>PROVA PENETROMETRICA</b> C.P.T. N° <b>11</b>	<b>COMMITTENTE:</b> SPAL SRL
<b>OPERATORE:</b> M. MAZZETTI - Dr. A. ARBIZZI	<b>ATTREZZO:</b> Pen. statico TM16	<b>CANTIERE: CORREGGIO (RE)</b> Via per Carpi, 26/b
<b>QUOTA:</b> piano piazzale	<b>Profondità falda:</b> - 0,44 m. da p.p.	<b>DATA:</b> 18/04/05





<b>CENTROGEO</b> Correggio (RE) Piazza S. Quirino n° 6 Tel 0522 641001 - fax. 0522 632162	<b>PROVA PENETROMETRICA</b> C.P.T. N° <b>1</b>	<b>COMMITTENTE:</b> SPAL SPA
<b>OPERATORE:</b> M.Mazzetti - Dr. A. Arbizzi	<b>ATTREZZO:</b> Pen. statico TM16	<b>CANTIERE:</b> Correggio (RE) Via per Carpi
<b>QUOTA:</b> Piano Campagna	<b>Profondità falda:</b> -1,20 m p.c.	<b>DATA:</b> 18/05/11



<b>CENTROGEO</b> Correggio (RE) Piazza S. Quirino n° 6 Tel 0522 641001 - fax. 0522 632162	<b>PROVA PENETROMETRICA</b> C.P.T. N° <b>2</b>	<b>COMMITTENTE:</b> SPAL SPA
<b>OPERATORE:</b> M.Mazzetti - Dr. A. Arbizzi	<b>ATTREZZO:</b> Pen. statico TM16	<b>CANTIERE:</b> Correggio (RE) Via per Carpi
<b>QUOTA:</b> Piano Campagna	<b>Profondità falda:</b> -1,50 m p.c.	<b>DATA:</b> 18/05/11

