

CONSORZIO DI BONIFICA DI SECONDO GRADO
PER IL CANALE EMILIANO ROMAGNOLO

Via Ernesto Masi, 8 - 40137 Bologna

**OPERE DI STABILIZZAZIONE
E DI RIPRISTINO DELL'EFFICIENZA
DEL PRIMO TRONCO DELL'ADDUTTORE
PRINCIPALE**

Tratto Reno (pr. 3,310 km) - Crevenzosa (pr. 6,050 km)

PROGETTO ESECUTIVO

IL PRESIDENTE (dott. Massimiliano Pederzoli)

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO (dott. ing. Marco Menetti)

**RELAZIONE
GEOLOGICO-TECNICO-SISMICA**

IL PROGETTISTA
(dott. ing. Michele Marini)

IL CO - PROGETTISTA
(dott. ing. Veronica Toschi)

data: 19 novembre 2019

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA E SISMICA

Committente: **Consorzio di Bonifica di secondo grado per il
Canale Emiliano Romagnolo**

Oggetto: **RELAZIONE**

Località: **Galliera (Bo)**

Data: **Giugno 2014**



Redazione progetto:

Dott. Geol. Linda Collina

n° archivio 38-2014



Via Felice Gioelli, 30 - 44122 Ferrara
tel. 0532/770108 - fax. 0532/775279
C.F. e Partita IVA 01682020381
e-mail info@sgm-ingegneria.it
internet: www.sgm-ambiente.it



Via Plattis, 21 - 44124 Ferrara
tel. 0532/977899 - fax. 0532/906907
C.F. e Partita IVA 01299560381
e-mail info@sgm-ambiente.it
- cap. soc. Euro 31.000,00 i.v.
internet: www.sgm-ambiente.it

Relazione geologico tecnica e sismica

Committente: Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo

Località: Galliera (Bo)



SOMMARIO

1	PREMESSA.....	2
2	DOCUMENTAZIONE RACCOLTA E/O ELABORATA	3
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE.....	4
3.1	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	4
4	METODOLOGIA D'INDAGINE DELLE PROVE IN SITU	13
5	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SITO	14
6	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI	17
6.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO.....	17
6.2	LE ONDE VS.....	19
6.3	CLASSIFICAZIONE DEL SUOLO DI FONDAZIONE.....	20
6.4	PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI DETERMINATI IN BASE AL D.M. 14/01/08	21
7	VERIFICA DI STABILITÀ DEL PROFILO ATTUALE DEL CANALE	24
8	VERIFICA DI STABILITÀ DEL PROFILO DI PROGETTO DEL CANALE	26
9	NOTE CONCLUSIVE	27

IN COLLABORAZIONE CON



Relazione geologico tecnica e sismica

Committente: Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo

Località: Galliera (Bo)



1 PREMESSA

Su incarico del Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo è stata eseguita un'indagine geologico-tecnica e sismica per la definizione delle caratteristiche dei terreni dell'argine destro del canale emiliano-romagnolo, in località Galliera (Bo), che attualmente presenta un profilo dell'arginatura soggetto a fenomeni franosi. Scopo del presente elaborato è la verifica di stabilità dell'argine nelle condizioni attuali e a seguito della riprofilatura e alleggerimento dello stesso.

Per l'analisi sono state considerate 3 prove penetrometriche statiche, di cui 2 approfondite sino a - 15,00 m e una sino a -30,00 m dall'attuale piano di campagna, finalizzate alla determinazione delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni.

Le normative e deliberazioni di riferimento sono le seguenti:

- D.M. LL. PP. 11/3/88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce"
- D.M. 16/01/96 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche";
- Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", n. 3274 del 20/3/03;
- Delibera della giunta della Regione Emilia Romagna del 21 luglio 2003 con oggetto: Prime disposizioni di attuazione dell'OPCM n. 3274/2003 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", con particolare riferimento all'allegato A, "Classificazione sismica dei comuni dell'Emilia Romagna";
- Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3316 "Modifiche ed integrazioni all'ordinanza n. 3274 del 20/3/03";
- Dipartimento della Protezione Civile – Ufficio Servizio Sismico Nazionale. Nota esplicativa dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/3/03. Data: 4 giugno 2003;
- Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3431 del 3/5/05;
- D.M. 14 gennaio 2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Delib. Ass. Reg. n° 112-2007 Emilia Romagna.

IN COLLABORAZIONE CON



Relazione geologico tecnica e sismica

Committente: Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo

Località: Galliera (Bo)



2 DOCUMENTAZIONE RACCOLTA E/O ELABORATA

Nelle Tab. 2.1 e 2.2 è riportato l'elenco della documentazione elaborata ai fini dell'indagine in oggetto. Come precisato nelle stesse tabelle, alcuni documenti e/o estratti sono stati allegati.

Tab. 2.1 – Documentazione cartografica		
N.	Estremi documenti	Oggetto e/o osservazioni
Tav. 1	Carta ubicazione prove penetrometriche	Elaborato
Tav. 2	Sezione interventi di alleggerimento argini CER	

Tab. 2.2 – Documentazione allegata		
N.	Estremi documenti	Oggetto e/o osservazioni
All. 1	Tabulati CPT	Elaborato
All. 2	Verifica di stabilità	

IN COLLABORAZIONE CON



Relazione geologico tecnica e sismica

Committente: Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo

Località: Galliera (Bo)



3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE

L'area oggetto di studio rientra nel settore meridionale del grande bacino subsidente padano. Esso è costituito principalmente da sedimenti Olocenici di piana alluvionale, a cui segue, in profondità, una coltre di sedimenti incoerenti di età Pliocenica e Quaternaria con depositi riferibili a vari ambienti deposizionali, in particolare: marini, deltizi, lagunari e fluvio-plaustri. La parte superiore di tali sedimenti è rappresentata da depositi Quaternari continentali in continuità con i sedimenti superficiali, con spessori variabili che raggiungono i valori massimi a SE di Ferrara (circa 200 m.).

In particolare, il territorio in esame è caratterizzato da n. 2 unità geologiche fondamentali:

- a) Unità più profonda costituita da terreni depositatisi nei periodi del Miocene sup. e del Pliocene inf. I termini più alti sono rappresentati da sabbie e arenarie con limitate intercalazioni argillose. Alla base vi sono argille e marne con banchi arenacei-marnosi. Questi sedimenti sono deformati da pieghe, faglie inverse e ricoprenti, con assi allungati ad andamento NO-SE;
- b) Unità superiore costituita da sedimenti del Pliocene med.-sup. caratteristici di un ambiente deposizionale marino poco profondo, in progressiva colmazione. La base di questo complesso è situata a profondità variabile. Solo la base del Quaternario presenta generalmente profondità tra 2000 e 2800 m.

3.1 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Sulla base dei numerosi dati raccolti in molteplici studi di esplorazione del sottosuolo si è potuto comprendere quale sia l'organizzazione stratigrafica ed idrogeologica della Pianura Padana e del Margine appenninico Padano.

Per tale motivo si è potuto osservare che la maggior parte delle acque sotterranee ad uso potabile presenti in Emilia Romagna risiedono all'interno di depositi marini e continentali di età Plio-pleistocenica i quali sono andati a riempire il bacino peristrutturale padano la cui origine è legata all'orogenesi dell'Appennino Settentrionale.

La successione Plio-quaternaria, prima citata, mostra carattere regressivo presentando alla base sabbie e peliti torbiditiche, sovrastate da un prisma sedimentario fluvio-deltizio, a carattere progradante ricoperto al tetto da depositi continentali.

IN COLLABORAZIONE CON



Per quanto detto in precedenza il sottosuolo padano è stato suddiviso in tre gruppi di acquiferi principali i quali sono ben distinguibili perché separati da livelli impermeabili individuabili a scala regionale.

Tali gruppi sono stati definiti in modo informale nel lavoro realizzato dalla Regione Emilia Romagna in collaborazione con ENI-AGIP nel 1998, partendo dal piano campagna secondo la seguente dicitura :

- Gruppo acquifero A
- Gruppo acquifero B
- Gruppo acquifero C

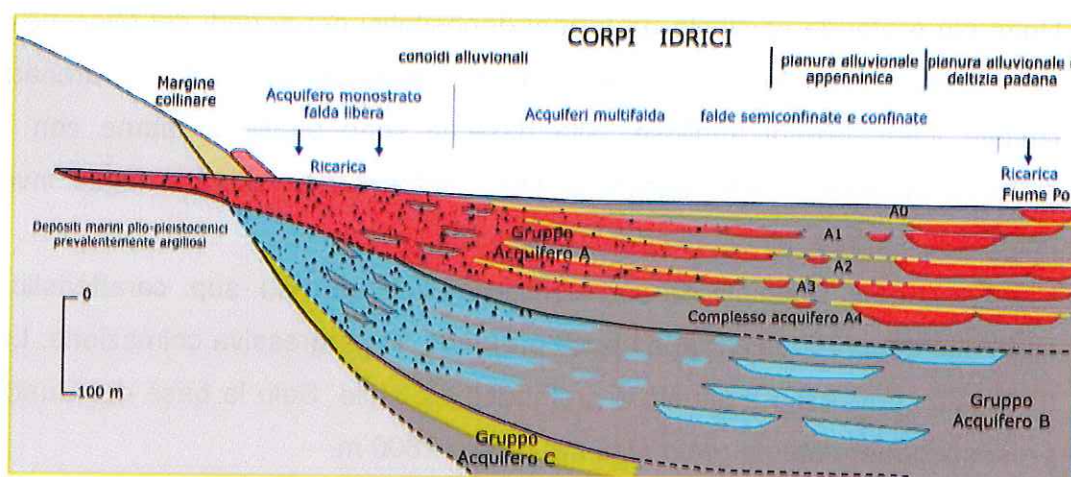


Fig. 3.1 - Organizzazione idrostratigrafica del bacino padano (tratta da "Le acque sotterranee della Pianura Emiliano-romagnola")

Attualmente il gruppo acquifero A è quello maggiormente utilizzato per lo sfruttamento delle acque sotterranee essendo quello più superficiale e meglio raggiungibile, il gruppo acquifero B è sfruttato solo parzialmente e localmente mentre il gruppo acquifero C essendo per lo più isolato dalla superficie è captato solo di rado.

Da un punto di vista gerarchico-deposizionale sono state distinte 3 sequenze deposizionali principali denominate in modo informale come segue:

- Supersintema Emiliano-Romagnolo
- Supersintema del Quaternario marino
- Supersintema del Pliocene medio-superiore.

Relazione geologico tecnica e sismica

Committente: Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo

Località: Galliera (Bo)

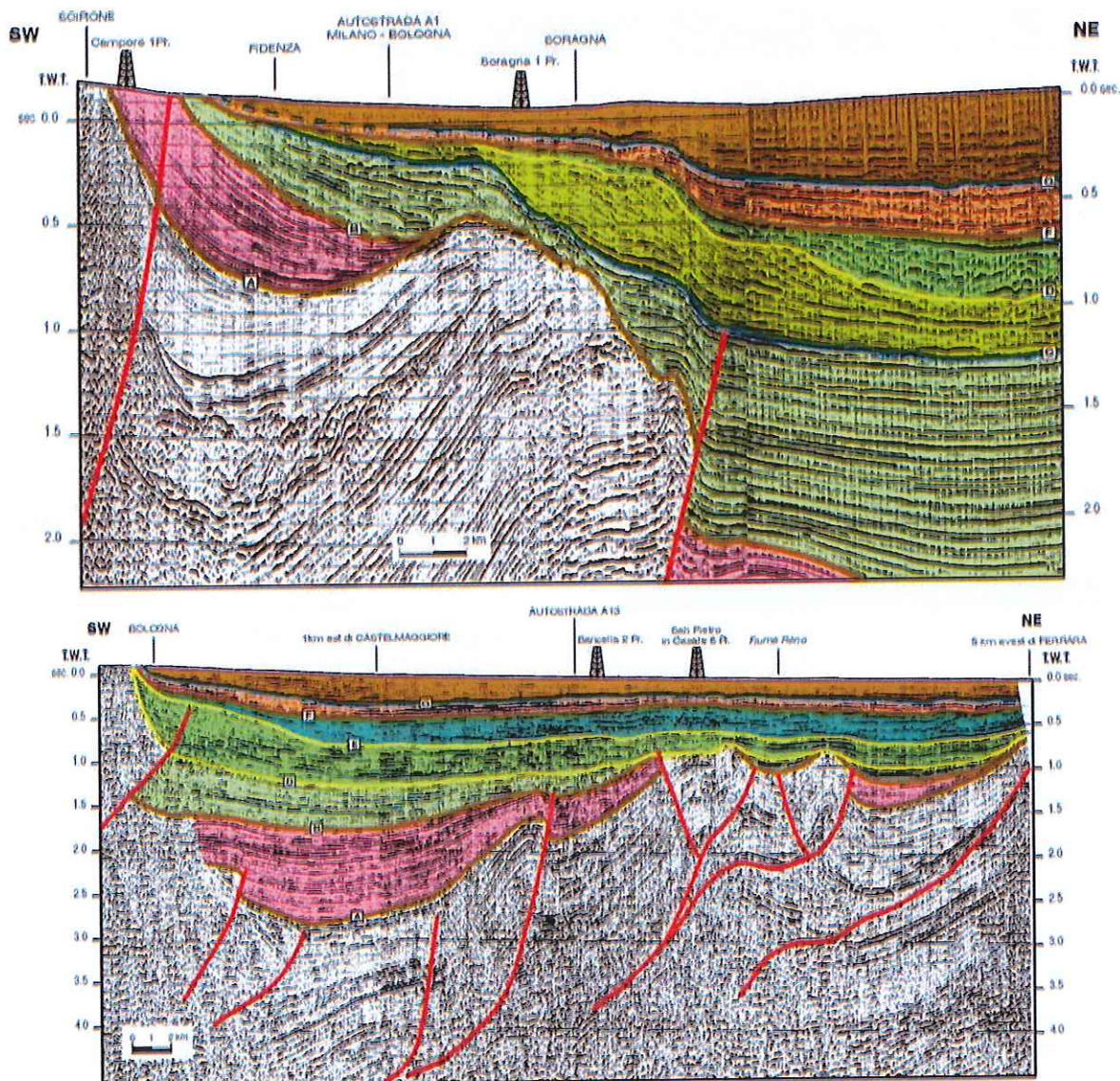


Fig. 3.2 a e b : profili sismici interpretati (da AGIP) in cui sono distinti i tre supersistemi i quali sono rappresentati rispettivamente dai colori: marrone/arancio- Supersistema Emiliano-Romagnolo, verde chiaro/scuro - Supersistema del Quaternario marino; rosa - Supersistema del Pliocene medio-superiore. (Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP 1998)

Tali sequenze corrispondono a cicli trasgressivo-regressivi i quali rappresentano la risposta sedimentaria alle fasi tettoniche regionali sviluppatesi contemporaneamente.

Di seguito (fig. 3.3) si riporta lo schema geologico stratigrafico del bacino padano in cui sono inserite anche le suddivisioni secondarie interne ai supersistemi principali sopra citati:

IN COLLABORAZIONE CON



Relazione geologica tecnica e sismica

Committente: Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo

Località: Galliera (Bo)

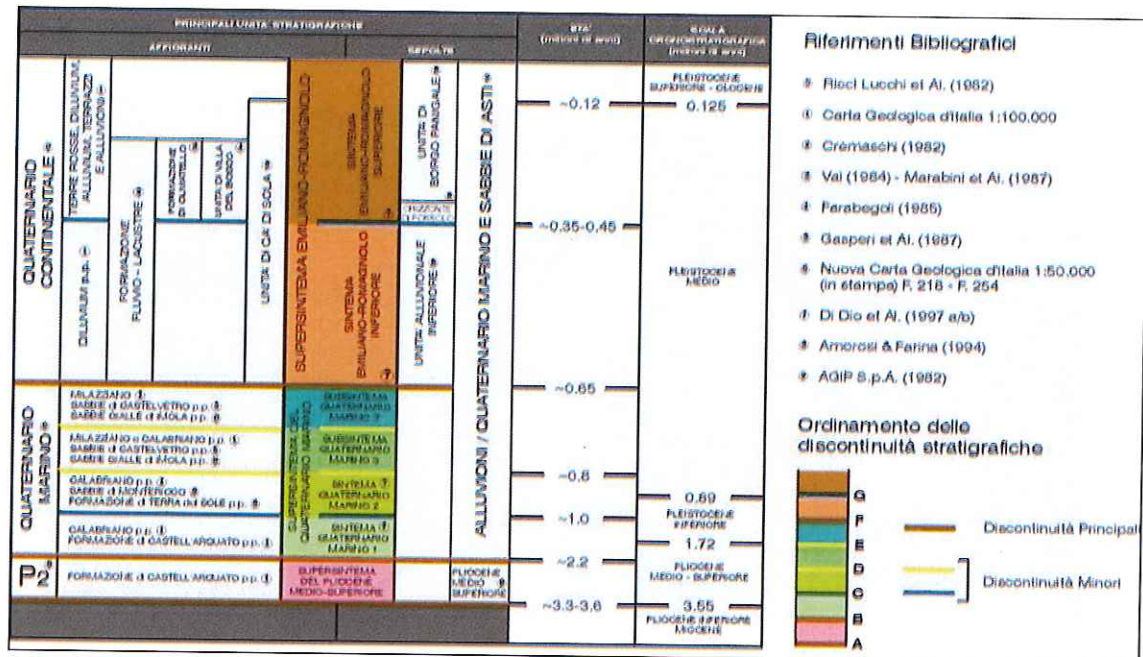


Fig. 3.3 - Schema geologico-stratigrafico tratto da RIS
(Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP 1998)

L'organizzazione geometrica delle sequenze minori distinguibili grazie a superfici di discontinuità ben evidenti, è legata a due fattori fondamentali:

- Eventi tettonici minori, locali e quindi non riconducibili ad eventi geodinamici globali (discontinuità rappresentate in blu in fig. 3.1)
- Oscillazioni climatico-eustatiche sovrainposte agli eventi tettonici regionali (linee gialle in fig. 3.1).

Considerando le sole unità stratigrafiche evidenziate in fig. 3.2 sono state distinte le principali classi di sistemi deposizionali, i cui corrispondenti sedimentari rappresentano i maggiori serbatoi di acque sotterranee dell'intera regione.

Tali classi deposizionali sono così denominate:

- Pianura alluvionale ad alimentazione assiale;
- Conoide alluvionale e pianura alluvionale ad alimentazione appenninica;
- Delta ad alimentazione assiale e appenninica;
- Delta conoide appenninico;
- Pianura costiera;
- Piana baciale.

IN COLLABORAZIONE CON



Relazione geologico tecnica e sismica

Committente: Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo

Località: Galliera (Bo)



S G M Ingegneria S.r.l.

PRINCIPALI UNITA' STRATIGRAFICHE				ETA' (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	
AFFIORANTI			SEPOLTE			
QUATERNARIO CONTINENTALE	TERRE ROSSE, DILUVIUM, ALLUVIUM, TERRAZZI E ALLUVIONI	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	UNITA' DI CA' DI SOLA	CRIZZANE E FORBIALE	~0,12	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE 0,125
	DILUVIUM P.P.					
	MILAZZANO SABBIE di CASTELVETRO P.P. SABBIE GRILLE di MOIA P.P.	UNITA' DI VALLA DEL BOSCO	SUPERINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	UNITA' ALLUVIONALE INFERIORE	~0,35-0,45
RIO		SUBSISTEMA QUATERNARIO MARINO S.			~0,65	
QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI						

Fig. 3.4 - Stralcio della schema stratigrafico generale considerando solo i depositi continentali e parte di quelli marini.

Come discusso in precedenza l'assetto stratigrafico della pianura emiliano-romagnola è il risultato dell'interazione tra movimenti tettonici a scala regionale con variazioni climatico-eustatiche che trovano nel fiume Po uno dei maggiori protagonisti.

Poiché il limite tra depositi appenninici e padani è stato interessato da sedimentazione discontinua nel tempo, legata al sollevamento appenninico si osserva una migrazione progressiva verso nord di tali depositi.

Facendo particolare riferimento alla circolazione idrica sotterranea il fenomeno di maggior interesse è la netta separazione tra i depositi di conoide alluvionale con quelli di pianura .

Da questo contatto ne deriva:

- il passaggio da condizioni di acquifero freatico-confinato a prevalenza confinato;
- il passaggio da condizioni di breve tempo per scambio ionico interfaccia acqua-sedimento a situazioni di scambio caratterizzate da tempi molto lunghi;
- il passaggio da risorse idriche rinnovabili a risorse idriche praticamente non rinnovabili.

IN COLLABORAZIONE CON



Relazione geologico tecnica e sismica

Committente: Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo

Località: Galliera (Bo)



Volendo descrivere tridimensionalmente i complessi idrogeologici regionali si deve necessariamente fornire una chiave di lettura orizzontale ed una verticale in modo da caratterizzare univocamente tali depositi.

Considerando l'architettura geologica **verticale** si devono considerare due componenti fondamentali:

- Successione di unità geologiche principali (definite A, B, C, nel RIS), ognuna delle quali identifica un complesso acquifero principale (vedi fig. 3.2b);
- Superfici di discontinuità che permettono un'identificazione precisa dei gruppi acquiferi principali.

PRINCIPALI UNITÀ STRATIGRAFICHE				ETA' (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITÀ IDROSTRATIGRAFICHE	
AFFIORANTI		SOPORTE				GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO
QUATERNARIO CONTINENTALE	TERRE ROSSE DI UNIVALE, ALLUVIONI TERRAZZE E ALLUVIONI	UNITÀ DI CA' DI SOIA	SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLIO	~0.12	0.125	A	A1
			SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLIO SUPERIORE	UNITÀ DI BORGIO PANICALE			A2
	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLIO INFERIORE	UNITÀ ALLUVIONALE INFERIORE	A3				
	UNITÀ DI VILLA DEL BOSCO		~0.35-0.45	B1			
QUATERNARIO MARINO	DILUVIO P.P.	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLIO SUPERIORE	~0.65	0.69	B	B2
							FORMAZIONE DI QUINTELLO
	UNITÀ DI VILLA DEL BOSCO	B4					
	MILAZZANO SABBE DI CASTELVETRO p.p. SABBE GALLE DI STOLA p.p.	SABBE DI DALABRIANO p.p. SABBE DI CASTELVETRO p.p. SABBE GALLE DI STOLA p.p.	SUPERSISTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	~0.8			C1
			SISTEMA QUATERNARIO MARINO 2				
	DALABRIANO p.p. SABBE DI MONTERICCO	FORMAZIONE DI TERRA DEL SOLE p.p.	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 1	~1.0			C3
DALABRIANO p.p. FORMAZIONE DI CASTELL'ARGUATO p.p.		SISTEMA QUATERNARIO MARINO 1	~2.2	C4			
P2	FORMAZIONE DI CASTELL'ARGUATO p.p.	SUPERSISTEMA DEL PLOCCO INFERIORE	~3.0-3.5	C5			
		FLUCCO INFERIORE SUPERIORE	~3.9	ACQUEDOTTO BASALE			

Fig. 3.5 - Stralcio della schema stratigrafico generale in cui sono inseriti anche i gruppi acquiferi ed i complessi acquiferi regionali.

Parlando in termini di **orizzontalità** è possibile discriminare tre ambienti deposizionali differenti attualmente saturi di acque dolci e quindi rappresentanti i maggiori serbatoi idrici sotterranei della regione:

IN COLLABORAZIONE CON



Relazione geologico tecnica e sismica

Committente: Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo

Località: Galliera (Bo)



- Conoide appenninica alluvionale;
- Pianura alluvionale appenninica;
- Pianura alluvionale e deltizia padana.

All'interno dei complessi di conoide può essere operata un'ulteriore suddivisione considerando il volume dei sedimenti grossolani presenti.

Secondo tale criterio si distinguono (vedi fig.3.5 e fig. 3.6.):

- conoidi maggiori;
- conoidi intermedie;
- conoidi minori;
- conoidi distali;
- conoidi pedemontane.

CONOIDI ALLUVIONALI APPENNINICHE			
CONOIDI MAGGIORI	CONOIDI INTERMEDIE	CONOIDI MINORI	CONOIDI PEDEMONTANE
Trebbia Nure Taro Parma Baganza Enza Secchia Panaro Reno-Lavino Marecchia	Tidone-Luretta Arda Samoggia Savena Zena Idice Sillaro Santerno Senio Lamone Ronco Montone Savio Conca	Chiavenna Stirone Crostolo-Tresinaro Tiepido Ghironda-Aposa Quaderna Sellustra Pisciatello Rubicone Uso	Cartografate ma non distinte singolarmente
PIANURA ALLUVIONALE APPENNINICA			
PIANURA ALLUVIONALE PADANA			

Fig. 3.6 - Ambienti deposizionali presenti nella regione Emilia Romagna

IN COLLABORAZIONE CON



Relazione geologico tecnica e sismica

Committente: Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo

Località: Galliera (Bo)

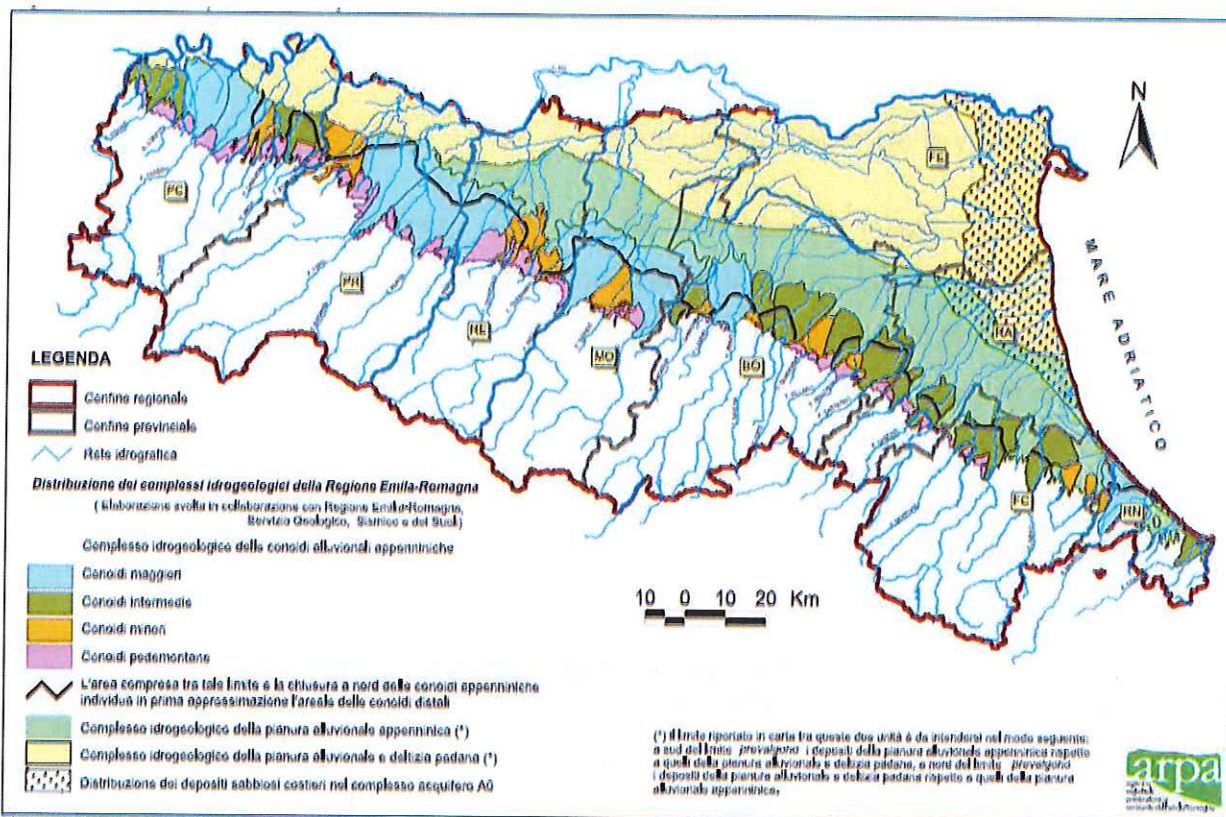


Fig. 3.7 - Distribuzione regionale dei maggiori serbatoi idrici della regione

In generale, escludendo le aree di ricarica diretta, negli acquiferi regionali i flussi idrici avvengono maggiormente secondo una componente parallela alle superfici di strato rispetto alla componente ortogonale, per tale motivo si ritiene che tali flussi siano confinati all'interno della stessa unità idrostratigrafica.

Ognuna di queste unità può essere considerata idraulicamente isolata dalle adiacenti, di conseguenza i livelli piezometrici registrati in pozzi che captano un determinato acquifero possono considerarsi indipendenti da altri valori registrati sulla stessa verticale ma in pozzi captanti serbatoi differenti.

Considerando lo schema verticale di una sezione idrogeologica il meccanismo idrodinamico può essere riassunto come segue:

- il flusso è diretto da monte a valle con velocità orizzontale più elevata al tetto del sistema, (se si considerano acquiferi freatici) che tende a divenire nulla alla base di esso;

IN COLLABORAZIONE CON



Relazione geologico tecnica e sismica

Committente: Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo

Località: Galliera (Bo)



- il flusso assume una componente verticale rilevante in prossimità dei pozzi di captazione, in quanto rappresentano le uniche uscite del sistema se non si considerano gli acquiferi freatici della media e bassa pianura non connessi con i serbatoi profondi, e i sistemi acquiferi costieri o direttamente connessi con i corpi idrici superficiali.

Nell'area oggetto di studio il livello della falda, misurato rispetto al piano campagna sull'argine del canale indagato, il giorno 08 Febbraio 2013 durante l'esecuzione delle CPT, risulta essere posto come segue.

N.° CPT	Livello statico della falda da p.c. dell'argine (m)
CPT 1	-5,50
CPT 2	-3,75
CPT 3	-4,00

IN COLLABORAZIONE CON



Relazione geologico tecnica e sismica

Committente: Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo

Località: Galliera (Bo)



4 METODOLOGIA D'INDAGINE DELLE PROVE IN SITU

La prova penetrometrica statica (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($V = 2 \text{ cm/sec}$).

La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al suolo, che agisce su una batteria doppia di aste (esterne cave e aste interne piene coassiali), alla cui estremità inferiore è collegata la punta. Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato tramite manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica.

La punta conica (di tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante per la misura dell'attrito laterale (punta/manicotto tipo "Begemann").

Le dimensioni della punta/manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro di base del cono $\phi = 35.7 \text{ mm}$
- area della punta conica $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo di apertura del cono $\alpha = 60^\circ$
- superficie laterale del manicotto $A_m = 150 \text{ cm}^2$

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'approfondimento.

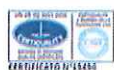
Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture ai manometri, durante l'infissione dello strumento):

- R_p (kg/cm²) = resistenza alla punta (conica);
- R_l (kg/cm²) = resistenza laterale (manicotto);
- R_t (kg) = resistenza totale (aste esterne).

La resistenza alla punta R_p e la resistenza laterale R_l sono rilevate ad intervalli regolari di 20 centimetri.

Oltre all'elaborazione dei valori di resistenza del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati, in base al rapporto R_p/R_l fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro (Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977), ovvero in base ai valori di R_p e del rapporto $FR = (R_l/R_p) \%$ (esperienze di Schmertmann - 1978).

IN COLLABORAZIONE CON



Relazione geologico tecnica e sismica

Committente: Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo

Località: Galliera (Bo)



5 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SITO

Nell'area d'indagine (Tav. 1) sono state eseguite n. 3 prove penetrometriche statiche (C.P.T.) mediante Geoprobe 7730DT. In particolare è stata eseguita n°1 CPT a – 30,00 metri da p.c. (CPT1) e n°2 CPT a - 15,00 metri da p.c. (CPT2, CPT3).

Dall'interpretazione dei dati relativi alle prove effettuate, risulta che la successione litostratigrafica dell'area in esame è caratterizzata da un'alternanza di **limo argilloso/argilloso sabbioso e argilla limosa con sabbia argilloso limosa/limosa**.

In particolare, nelle tabelle seguenti vengono riportate per le indagini effettuate la descrizione delle caratteristiche litologiche ed il valore medio di alcuni parametri geotecnici, di validità orientativa, individuati attraverso correlazioni e bibliografia.

In particolare i parametri geotecnici riportati sono:

- **R_p**: resistenza alla punta (kg/cm²);
- **R_p/R_l**: rapporto fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro,
- **Y'**: Peso di Volume (t/m³);
- **D_r**: Densità relativa (%);
- **φ**: Angolo d'attrito interno (°);
- **C_u**: Coesione non drenata (kg/cm²);
- **M_o**: Modulo di deformazione edometrico (kg/cm²).

IN COLLABORAZIONE CON



Relazione geologico tecnica e sismica

Committente: Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo

Località: Galliera (Bo)



PROVE PENETROMETRICHE

Tab. 5.1 - Prova penetrometrica CPT1 – 30 m

N. banco	litologia	Natura del terreno	Rp (kg/cm ²)	Rp/RI	Y' (t/m ³)	Dr (%)	φ (°)	Cu (Kg/cm ²)	Mo (Kg/cm ²)
Da -0,40 a -4,80 metri dal p.c.									
1	Limo argilloso sabbioso	coesivo	23,2	24	1,9	/	/	0,83	68
Da -4,80 a -15,80 metri dal p.c.									
2	Argilla limosa	coesivo	20,3	15	1,0	/	/	0,78	63
Da -15,80 a -19,40 metri dal p.c.									
3	Sabbia argilloso limosa	granulare	54,3	37	0,9	29	35	/	/
Da -19,40 a -21,80 metri dal p.c.									
4	Argilla limosa	coesivo	18,3	15	0,9	/	/	0,74	56
Da -21,80 a -25,40 metri dal p.c.									
5	Sabbia limosa	granulare	93,9	50	1,0	43	36	/	/
Da -25,40 a -30,00 metri dal p.c.									
6	Limo argilloso sabbioso	coesivo	51,6	28	1,0	/	/	1,34	119

Tab. 5.2 - Prova penetrometrica CPT2 – 15 m

N. banco	litologia	Natura del terreno	Rp (kg/cm ²)	Rp/RI	Y' (t/m ³)	Dr (%)	φ (°)	Cu (Kg/cm ²)	Mo (Kg/cm ²)
Da -0,40 a -2,40 metri dal p.c.									
1	Limo argilloso sabbioso	coesivo	44,4	25	2,0	/	/	1,25	109
Da -2,40 a -15,00 metri dal p.c.									
2	Limo argilloso	coesivo	19,9	18	1,0	/	/	0,76	63

Tab. 5.3 - Prova penetrometrica CPT3 – 15 m

N. banco	litologia	Natura del terreno	Rp (kg/cm ²)	Rp/RI	Y' (t/m ³)	Dr (%)	φ (°)	Cu (Kg/cm ²)	Mo (Kg/cm ²)
Da -0,40 a -2,80 metri dal p.c.									
1	Limo argilloso sabbioso	coesivo	51,9	34	2,0	/	/	1,00	84
Da -2,80 a -15,00 metri dal p.c.									
2	Limo argilloso	coesivo	19,8	17	1,0	/	/	0,76	61

IN COLLABORAZIONE CON



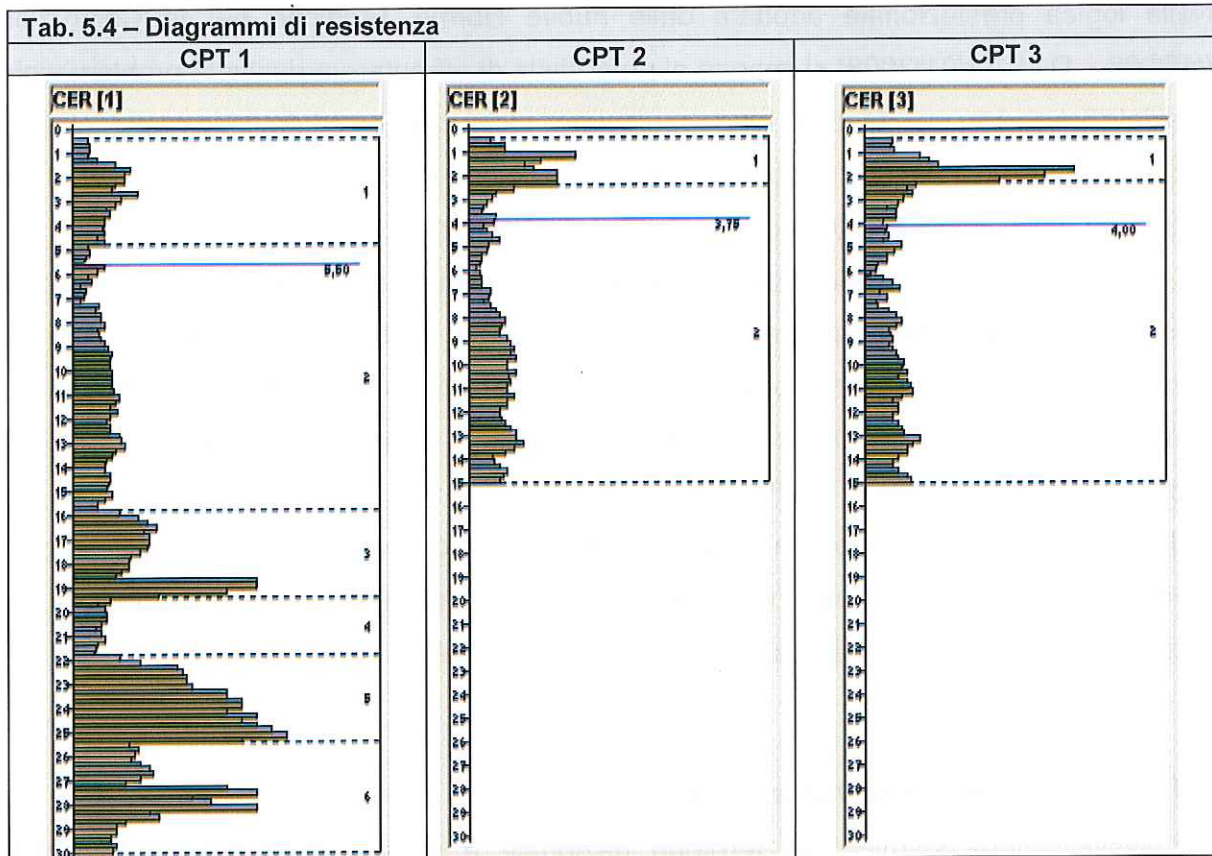
Relazione geologico tecnica e sismica

Committente: Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo

Località: Galliera (Bo)



Nella tabella seguente si riportano i diagrammi di resistenza relativi ai diversi punti di indagine.



IN COLLABORAZIONE CON



6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI

Nella logica prestazionale adottata dalle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC08 – D.M. 14/01/2008) si impone al progettista di affrontare e risolvere problematiche specialistiche, tra cui assume una particolare rilevanza la valutazione della stabilità geotecnico-sismica del sito di costruzione e del suolo di fondazione, con l'obiettivo ultimo di definire il rischio geotecnico nell'eventualità di un terremoto.

Un ruolo chiave nella caratterizzazione geotecnico-sismica dei suoli di fondazione occupa la stima della velocità di propagazione delle onde di taglio e conseguentemente del parametro V_{S30} , normativamente idoneo all'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento, necessarie alla definizione dell'azione sismica di progetto mediante l'approccio richiesto dalle NTC08.

Nel presente capitolo è riportata la classificazione sismica del sito, la stima della velocità media di propagazione delle onde di taglio V_{S30} , l'individuazione della categoria del sottosuolo secondo la classificazione delle normative vigenti.

6.1 Classificazione sismica del sito

La classificazione sismica del territorio nazionale è stata rivista e aggiornata dalla **O.P.C.M. 3274/03** "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" che suddivide il territorio nazionale in 4 Zone Sismiche, distinte in base ai valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni. Ad ogni comune è stata quindi attribuita una specifica Zona, intendendo il carattere sismico decrescente andando da Zona 1 a Zona 4.

Il **Comune di Galliera (BO)** risulta classificato con codice ISTAT 037028 e come **Zona 3** di rischio sismico.

IN COLLABORAZIONE CON



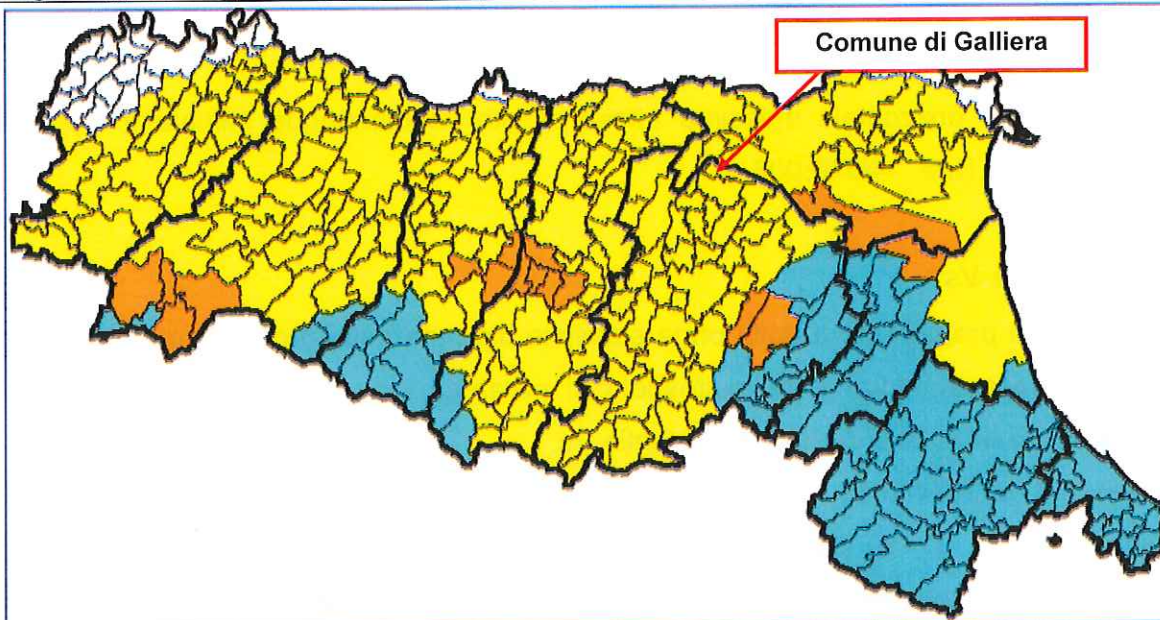
Relazione geologico tecnica e sismica

Committente: Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo

Località: Galliera (Bo)



Tab. 6.1 – Riclassificazione sismica dell’Emilia-Romagna, Ordinanza del P.C.M. n. 3274 / 2003 (Allegato 1, punto 3 “prima applicazione”)



LEGENDA

zona	n. Comuni coinvolti	precedente riclassificazione (1983 - 1984)
zona 2	89	
	16	
zona 3	214	
zona 4	22	

*In base a tale classificazione il **Comune di Galliera** rientra tra i territori classificati in **Zona 3**.*

La O.P.C.M. n. 3274/2003 assegna per ciascuna zona sismica un valore del parametro a_g (accelerazione orizzontale massima), parametro posto alla base delle analisi dinamiche (per la verifica della stabilità e per la valutazione del rischio di liquefazione).

I valori di a_g , espressi come valore dell’accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono riportati di seguito:

Tab. 6.2 – Valori di a_g in relazione alla zona sismica

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

IN COLLABORAZIONE CON



Relazione geologico tecnica e sismica

Committente: Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo

Località: Galliera (Bo)



Come si evince dalla tabella per la “Zona 3” l’ordinanza assegna il valore $a_g/g = 0,15$ e quindi:

$$a_g = 0,15g$$

L’accelerazione orizzontale massima attesa al sito va comunque stimata in base alle disposizioni del D.M. 14/01/2008.

6.2 Le onde Vs

La velocità di propagazione delle onde sismiche dipende dalle proprietà meccaniche del terreno e dalla stratigrafia del sottosuolo; il parametro di riferimento è la velocità di propagazione delle così dette onde di taglio Vs.

La O.P.C.M. n. 3274/2003 e il D.M. 14/01/2008 suddividono i suoli di fondazione in cinque classi (A, B, C, D, E) più due speciali (S1 e S2), in base alle loro caratteristiche stratigrafiche ed alla velocità media delle onde sismiche di taglio (trasversali) entro 30 metri di profondità, ovvero in base alle V_{S30} (velocità media di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di sottosuolo).

La stima delle V_{S30} può essere fatta utilizzando la correlazione fra i dati delle caratteristiche meccaniche del sottosuolo desunte da prove penetrometriche (CPT o SPT) oppure utilizzando indagini sismiche specifiche (es. MASW).

Nel caso specifico la stima è stata eseguita con il programma *Fondazio* sulla base dei dati desunti da prove penetrometriche statiche (CPT); il software fa riferimento alla relazione proposta da Lyisan:

$$V_s = 55,3 \cdot q_c^{0,377} \quad (\text{Lyisan 1996})$$

dove q_c rappresenta la resistenza alla punta; il dato viene fornito relativamente ad ogni singola lettura della prova CPT ($h = 0.20$ m).

Si ritiene che per i terreni oggetto di verifica i metodi di calcolo proposti da Lyisan siano quelli che offrono maggiore attendibilità di risultato.

IN COLLABORAZIONE CON



Relazione geologico tecnica e sismica

Committente: Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo

Località: Galliera (Bo)



Stima della V_{S30}

Per la stima del valore della velocità delle onde di taglio V_s , è stata utilizzata la prova penetrometrica statica CPT1, spinta sino a – 30 metri dal p.c.; i dati sono riportati nell'Allegato 1 alla presente relazione nella sezione "Parametri geotecnici" (settima colonna della tabella dei risultati delle elaborazioni della CPT).

Dalle elaborazioni è stato stimato il seguente valore medio:

$$\underline{V_{S30} = 194,07 \text{ m/s.}}$$

6.3 Classificazione del suolo di fondazione

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto il D.M. 14/01/2008 (NTC08) al punto 3.2.2 (Tabella 3.2.II) individua le categorie di sottosuolo di riferimento:

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 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 fina 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 $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $C_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina 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 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $C_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

In aggiunta a queste categorie, se ne definiscono altre due:

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{S30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < C_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina 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 sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

IN COLLABORAZIONE CON



Relazione geologico tecnica e sismica

Committente: Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo

Località: Galliera (Bo)



In base alle indagini in sito (CPT) e alle relative elaborazioni per il sito è stata stimata una $V_{S30} = 194,07 \text{ m/s}$; pertanto secondo il D.M. 14/01/2008 i suoli di fondazione del sito in questione rientrano nella seguente categoria di sottosuolo **Categoria C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina 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 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u,30} < 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).**

6.4 Parametri e coefficienti sismici determinati in base al D.M. 14/01/08

In base alle norme tecniche per le costruzioni, contenute nel D.M. 14/01/08, si devono definire i parametri sismici in funzione delle coordinate geografiche del sito e della classe d'uso della costruzione.

La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale.

Lo "stato limite" è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata.

I coefficienti sismici, determinati in base alla posizione geografica del sito (latitudine e longitudine), sono funzione di parametri caratteristici definiti dalla normativa; nella seguente tabella sono elencati i valori per il caso in esame inseriti nel programma *Fondazio*.

Tab. 6.5 - Parametri per la determinazione dei coefficienti sismici.			
Parametro	Valore	Riferimento D.M. 14/01/08	Osservazioni / Considerazioni
V_N Vita nominale	50 anni	Tabella 2.4.1 "Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale"	La vita nominale (V_N) di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

IN COLLABORAZIONE CON



Relazione geologico tecnica e sismica

Committente: Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo

Località: Galliera (Bo)



Tab. 6.5 - Parametri per la determinazione dei coefficienti sismici.

Parametro	Valore	Riferimento D.M. 14/01/08	Osservazioni / Considerazioni
Classe d'uso	Classe II	Punto 2.4.2	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente.
C_U Coefficiente d'uso	1,0	Tabella 2.4.II per la Classe II	Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso.
V_R Periodo di riferimento per l'azione sismica	50 anni	Punto 2.4.3	Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale N_V per il coefficiente d'uso C_U : $V_R = N_V \times C_U$
Categoria del sottosuolo	Categoria C	Tabella 3.2.II	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina 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 m/s e 360 m/s).</i>
Categoria topografica	Categoria T1	Tabella 3.2.IV <i>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$</i>	È funzione delle caratteristiche della superficie topografica; per il caso in esame trattasi di superficie pianeggiante.

Al fine di determinare i parametri e coefficienti sismici, di seguito elencati, è stato utilizzato un software dedicato distribuito da Geostru Software (http://www.geostru.com/geoapp/Parametri_Sismici.aspx) utilizzando come dati di input i dati della tabella precedente.

IN COLLABORAZIONE CON



Relazione geologico tecnica e sismica

Committente: Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo

Località: Galliera (Bo)



Ubicazione: Argine destro CER – Galliera (Bo)



Determinazione dei parametri sismici

(1)* Coordinate WGS84
 Lat. * Long. *

(1)* Coordinate ED50
 Lat. * Long. *

Classe dell'edificio

Vita nominale

(Opere provvisoria <=10, Opere ordinaria >=50, Grandi opere >=100)

Interpolazione

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F ₀	T _c * [s]
Operatività (SLO)	30	0,041	2,535	0,257
Danno (SLD)	50	0,054	2,464	0,269
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,154	2,589	0,271
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,207	2,538	0,278
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

I valori Tr, a_g , T_c* sono contenuti nell'Allegato B del D.M. 14/01/08, e si ricavano in base alla posizione del sito (latitudine e longitudine).

Calcolo dei coefficienti sismici

Muri di sostegno Paratie

Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

us (m)

Categoria sottosuolo

Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
S _s * Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,48	1,39
C _c * Coeff. funz categoria	1,64	1,62	1,61	1,60
S _t * Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Personalizza acc.ne massima attesa al sito (m/s²)

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,012	0,016	0,054	0,080
kv	0,008	0,008	0,027	0,040
Amax (m/s ²)	0,603	0,783	2,208	2,817
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

* I valori di S_s, C_c ed S_t possono essere variati.

* I coefficienti S_s, C_c, e S_t sono determinati con riferimento al punto 3.2.3.2 ("VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA") del D.M. 14/01/08; nel prospetto sono riportati gli estremi superiori del range di variabilità.

I coefficienti sismici Kh, Kv, Amax e Beta sono funzione dell'opera:

- Opere di sostegno punto 7.11.6 del D.M. D.M. 14/01/08
- Stabilità dei pendii e fondazioni punto 7.11.3.5 del D.M. D.M. 14/01/08
- Paratie punto 7.11.6.3 del D.M. D.M. 14/01/08

IN COLLABORAZIONE CON





7 VERIFICA DI STABILITÀ DEL PROFILO ATTUALE DEL CANALE

I metodi per calcolare la stabilità di un pendio si basano sul metodo dell'equilibrio limite, il quale analizza la stabilità sulla base del rapporto tra la resistenza disponibile e quella effettivamente mobilitata lungo una determinata superficie di rottura, che deve risultare superiore all'unità sia per effetto dei carichi permanenti che temporanei.

Il fattore di sicurezza viene assunto costante lungo la superficie di scivolamento e si determina imponendo condizioni di equilibrio globale.

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W: peso concio

K_o : Coefficiente sismico orizzontale

K_v : Coefficiente sismico verticale.

Il metodo utilizzato per il calcolo è quello di Bishop semplificato, applicabile a superfici di scorrimento a direttrici circolari in pendii sia omogenei che stratificati.

Parametri geotecnici considerati per l'analisi

Per l'analisi di stabilità dell'argine destro del canale in esame sono stati immessi i parametri geotecnici riepilogati nella tabella seguente. Per quanto riguarda i valori di coesione questi sono stati opportunamente e cautelativamente ridotti per tenere in debita

IN COLLABORAZIONE CON



Relazione geologico tecnica e sismica

Committente: Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo

Località: Galliera (Bo)



considerazione l'effetto della sottospinta dell'acqua (dovuto al fatto che la falda è risultata essere in pressione poiché ospitata da un acquifero sabbioso confinato) e la conseguente forte imbibizione del terreno.

Tab. 7.1 - Caratteristiche geotecniche degli strati considerati per l'analisi di stabilità

n. strato	Peso unità di volume kg/mc	C_u	Angolo di resistenza al taglio di picco	Porosità	Descrizione materiale
1	1850	0,15	-	0,29	Limo argilloso sabbioso
2		0,20	-		Argilla limosa

Al fine di ottemperare a quanto previsto dalla normativa vigente, si è sviluppato uno studio di stabilità in condizioni dinamiche (v. all. 2).

La stabilità della scarpata nelle condizioni attuali è stata verificata con il software Geotec B della Interstudio, utilizzando il metodo pseudostatico, determinando il coefficiente di sicurezza, F_s , definito come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e lo sforzo di taglio mobilizzato lungo la superficie di scorrimento.

Gli elementi considerati per l'analisi dinamica sono i seguenti:

Zona sismica: zona 3 (– OPCM 3274/03, DM 14/9/05)

Coefficiente di azione sismica orizzontale (k_h) = 0,080

Coefficiente di azione sismica verticale (k_v) = 0,040

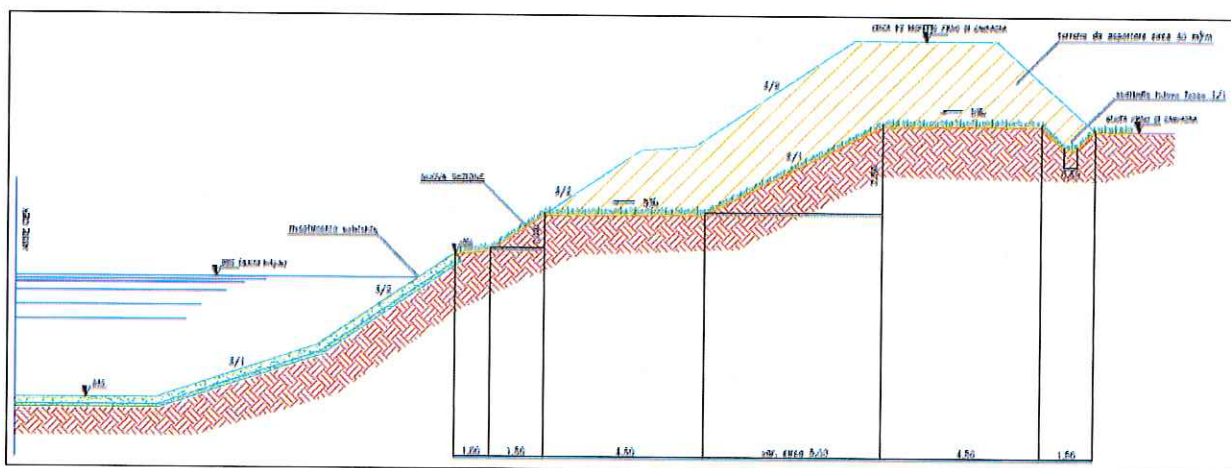


Fig. 7.1 – Profilo attuale (tratto azzurro) e profilo di progetto del tratto di canale interessato da instabilità

IN COLLABORAZIONE CON



Relazione geologico tecnica e sismica

Committente: Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo

Località: Galliera (Bo)



S G M Ingegneria S.r.l.

Il risultato dell'analisi di stabilità (All. 2) ha fornito, per la situazione attuale della scarpata, un fattore di sicurezza, per la superficie di rottura critica, pari a 0,693, indicando una condizione di instabilità, così come confermato dai frequenti fenomeni di franamento che interessano gli argini del Canale Emiliano-Romagnolo (v. fig. 7.2).

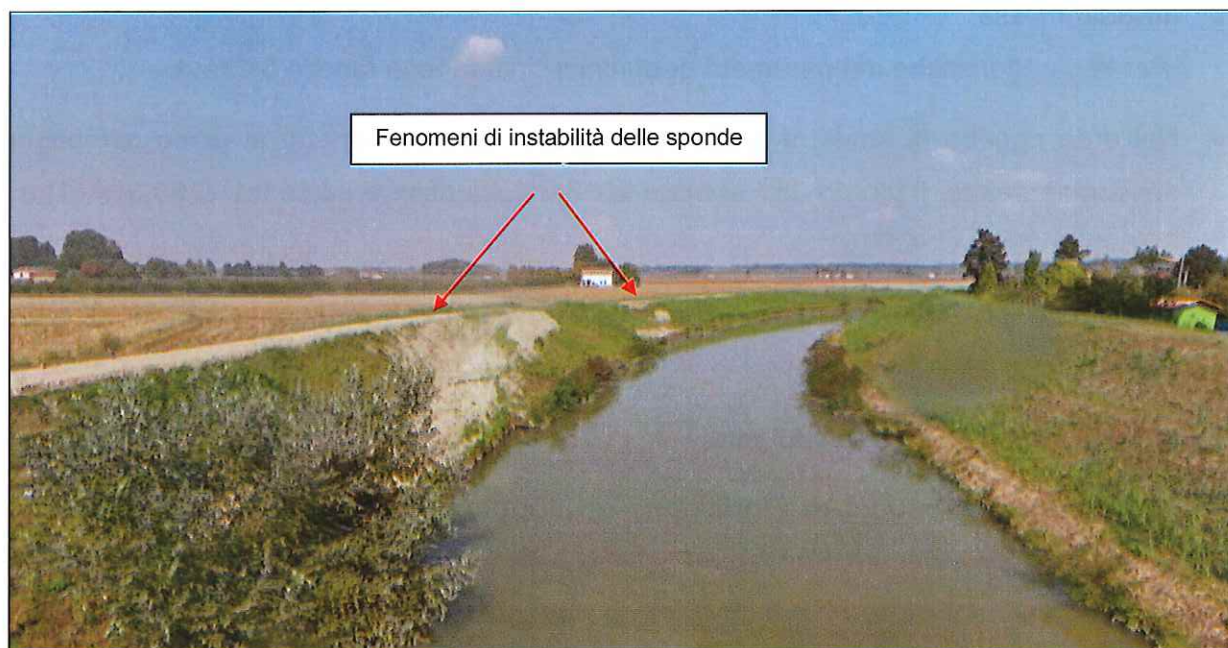


Fig. 7.2 – Fenomeni di instabilità delle sponde del Canale Emiliano-Romagnolo in corrispondenza del profilo considerato nell'analisi di stabilità (foto tratta da Google Street View)

8 VERIFICA DI STABILITÀ DEL PROFILO DI PROGETTO DEL CANALE

La verifica della stabilità della scarpata del canale secondo il profilo di progetto, previsto a seguito degli interventi di riprofilatura e alleggerimento (fig. 7.1), è stata effettuata in condizioni dinamiche immettendo i parametri geotecnici e i coefficienti sismici già riepilogati in tabella 7.1.

Il risultato dell'analisi (All. 2) ha fornito un fattore di sicurezza pari a 1,165, indicando che la stabilità è verificata per il profilo previsto dal progetto.

IN COLLABORAZIONE CON



9 NOTE CONCLUSIVE

Alla luce di tutte le considerazioni precedenti si conclude quanto segue:

- La successione litostratigrafica dell'area in esame è caratterizzata da un'alternanza di **limo argilloso/argilloso sabbioso** e **argilla limosa** con **sabbia argilloso limosa/limosa**;

Per le caratteristiche dei parametri geotecnici si vedano le tabelle 5.1+5.4.

- Nell'area oggetto di studio il livello della falda, misurato rispetto al piano campagna dell'argine destro, il giorno 08 Febbraio 2013, risulta essere posto tra -5,50 (CPT1) e -3,75 metri dal p.c. (CPT2);
- Il Comune di Galliera risulta classificato come zona a **rischio sismico di terza categoria**;
- La V_{s30} media è pari a **194,07 m/s**;
- **La categoria del suolo di fondazione è riconducibile alla C:** *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina 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 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina);*
- Attualmente la scarpata dell'argine destro del canale emiliano romagnolo, in località Galliera (Bo), presenta un profilo dell'arginatura soggetto ad instabilità. Le innumerevoli frane che hanno interessato tale porzione del canale rendono indispensabile procedere alla riprofilatura con conseguente alleggerimento dello stesso. Pertanto è stato condotto uno studio sulla stabilità della scarpata utilizzando sia il profilo attuale, per analizzare l'instabilità dell'argine nello stato di fatto, sia il profilo di progetto, per verificarne la stabilità. I valori di coesione non drenata C_u attribuiti alle litologie argillose e argilloso-limose costituenti le sponde del canale in esame sono stati opportunamente e cautelativamente ridotti per tenere in debita considerazione l'effetto della sottospinta dell'acqua (dovuto al fatto che la falda è risultata essere in

IN COLLABORAZIONE CON



Relazione geologico tecnica e sismica

Committente: Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo

Località: Galliera (Bo)



pressione poiché ospitata da un acquifero sabbioso confinato) e la conseguente forte imbibizione del terreno.

Dalle elaborazioni effettuate si può concludere che la scarpata nello stato attuale risulta instabile, con un fattore di sicurezza inferiore a 1; **la stabilità della scarpata secondo il profilo di progetto è invece verificata.**

Ferrara, giugno 2014

Dott. Geol. Linda Collina



IN COLLABORAZIONE CON





SGM Ingegneria S.r.l.

TAVOLE

IN COLLABORAZIONE CON







IN COLLABORAZIONE CON:



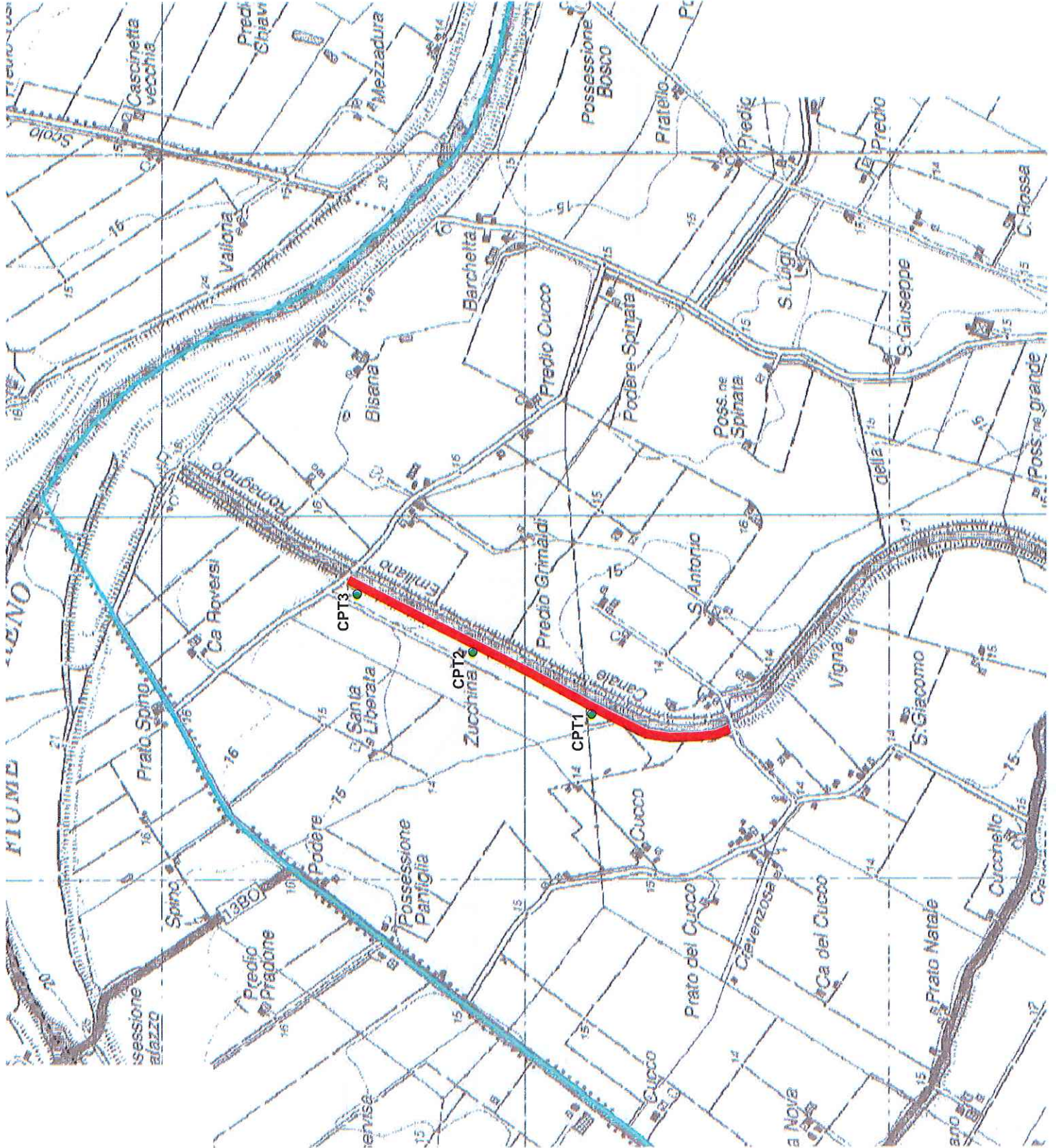
LEGENDA

-  Argine destro interessato dai lavori
-  Prove penetrometriche

CARTA UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Tavola 1

Scala 1:5000





IN COLLABORAZIONE CON:



SEZIONE INTERVENTI
DI ALLEGGERIMENTO
ARGINE CER



ALLEGATO 1

IN COLLABORAZIONE CON





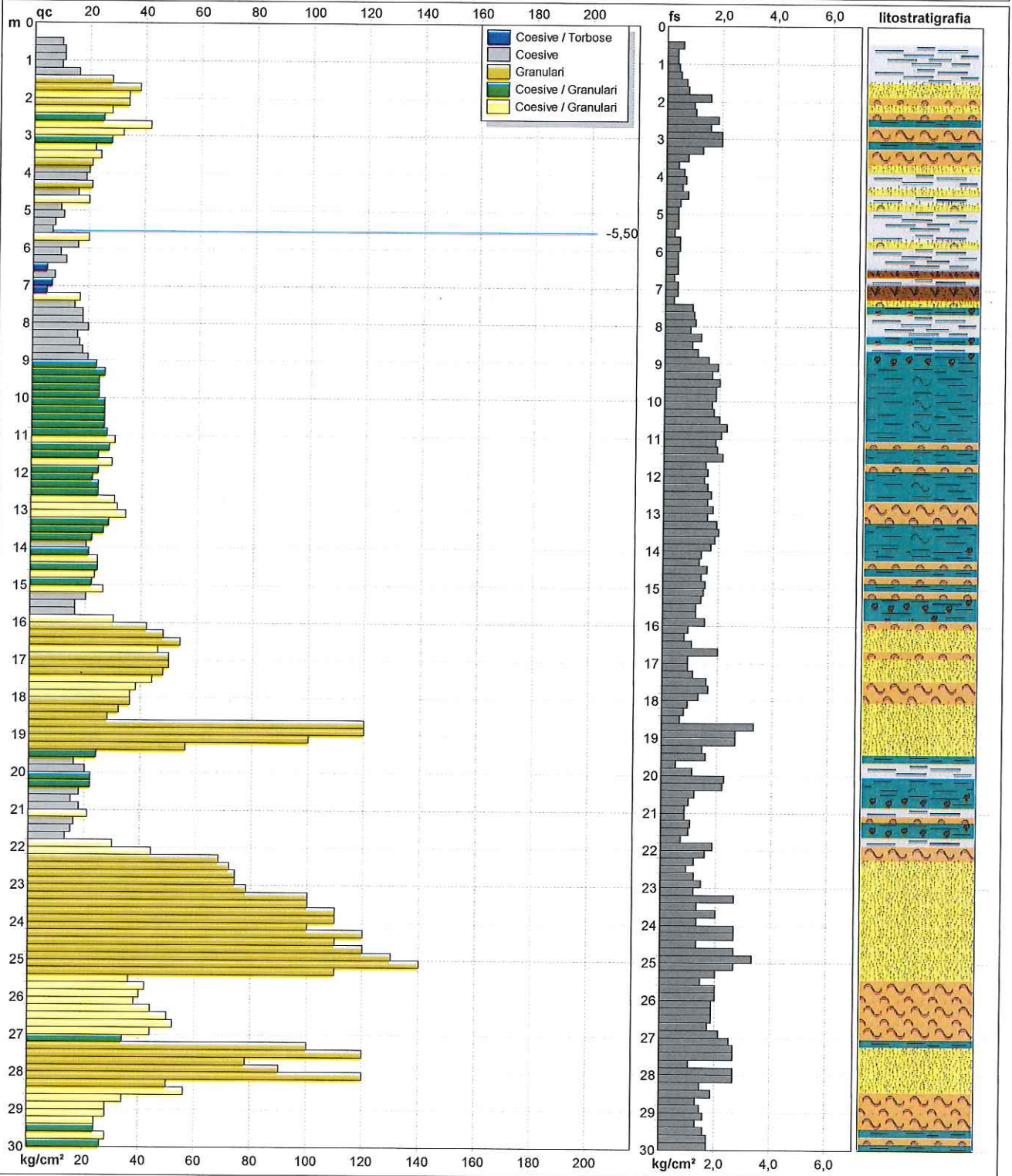
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	1
riferimento	CER

Committente: **CER**
 Cantiere: **Argine destro Canale Emiliano Romagnolo**
 Località: **GALLIERA (BO)**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: **1:150**
 Pagina: **1**
 Elaborato: **Data exec.: 08/02/2013**
 Quota inizio: **Falda: -5,50 m da quota inizio**



Litologia: **Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone**
 Penetrometro: **TG63-200S**
 Responsabile:
 Assistente:

Preforo: **-0,40 m**
 Corr.astine: **kg/ml**
 Cod.ISTAT: **037028**
 Cod. punta: **3.000**

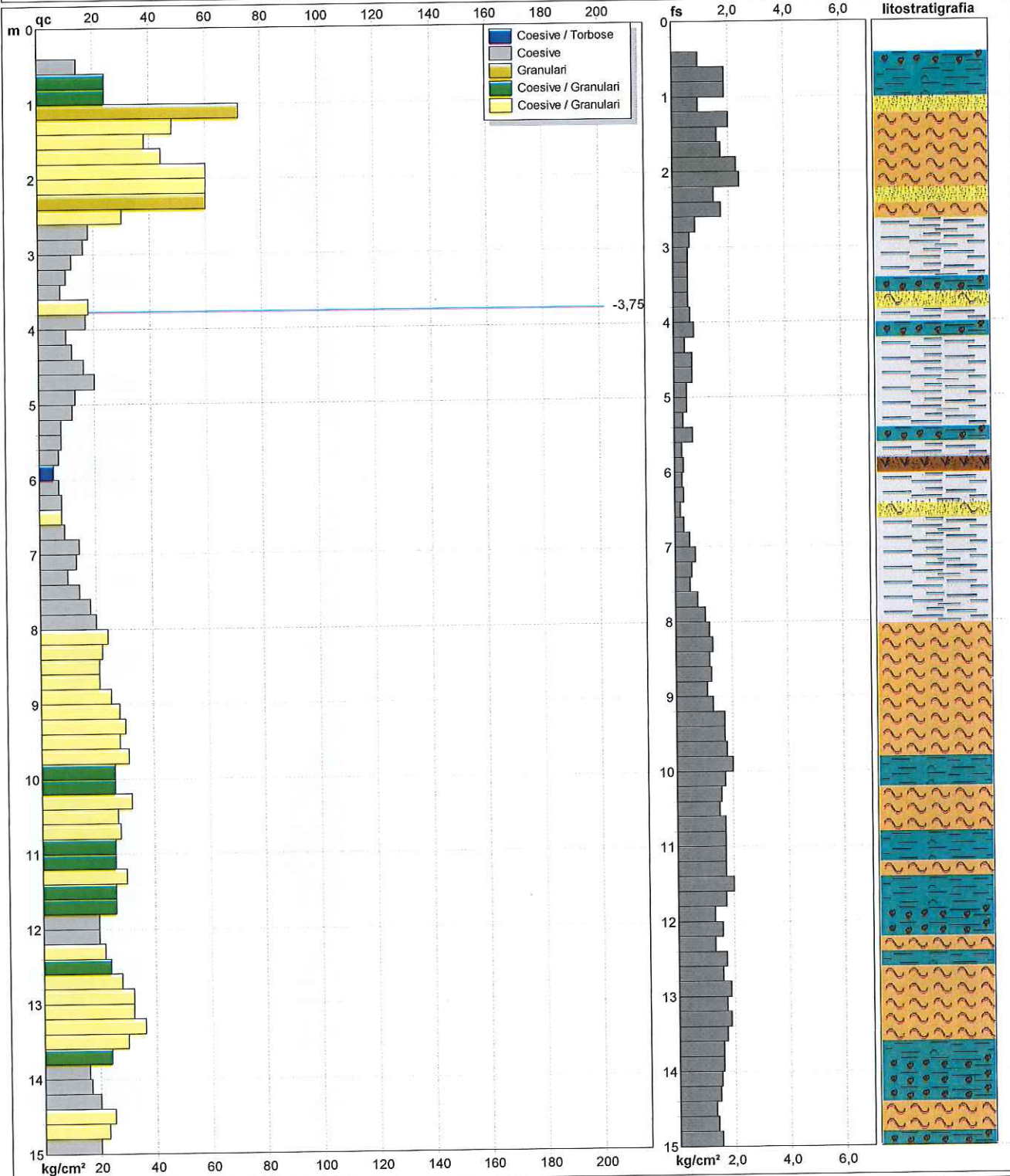


PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	2
riferimento	CER

Committente: **CER**
 Cantiere: **Argine destro Canale Emiliano Romagnolo**
 Località: **GALLIERA (BO)**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: **1:75**
 Pagina: **1**
 Elaborato:
 Data exec.: **08/02/2013**
 Quota inizio: **-3,75 m** da quota inizio
 Falda: **-3,75 m** da quota inizio



Litologia: **Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone**
 Penetrometro: **TG63-200S**
 Responsabile:
 Assistente:

Preforo: **-0,40 m**
 Corr.astine: **kg/ml**
 Cod.ISTAT: **037028**
 Cod. punta: **3.000**

FON012

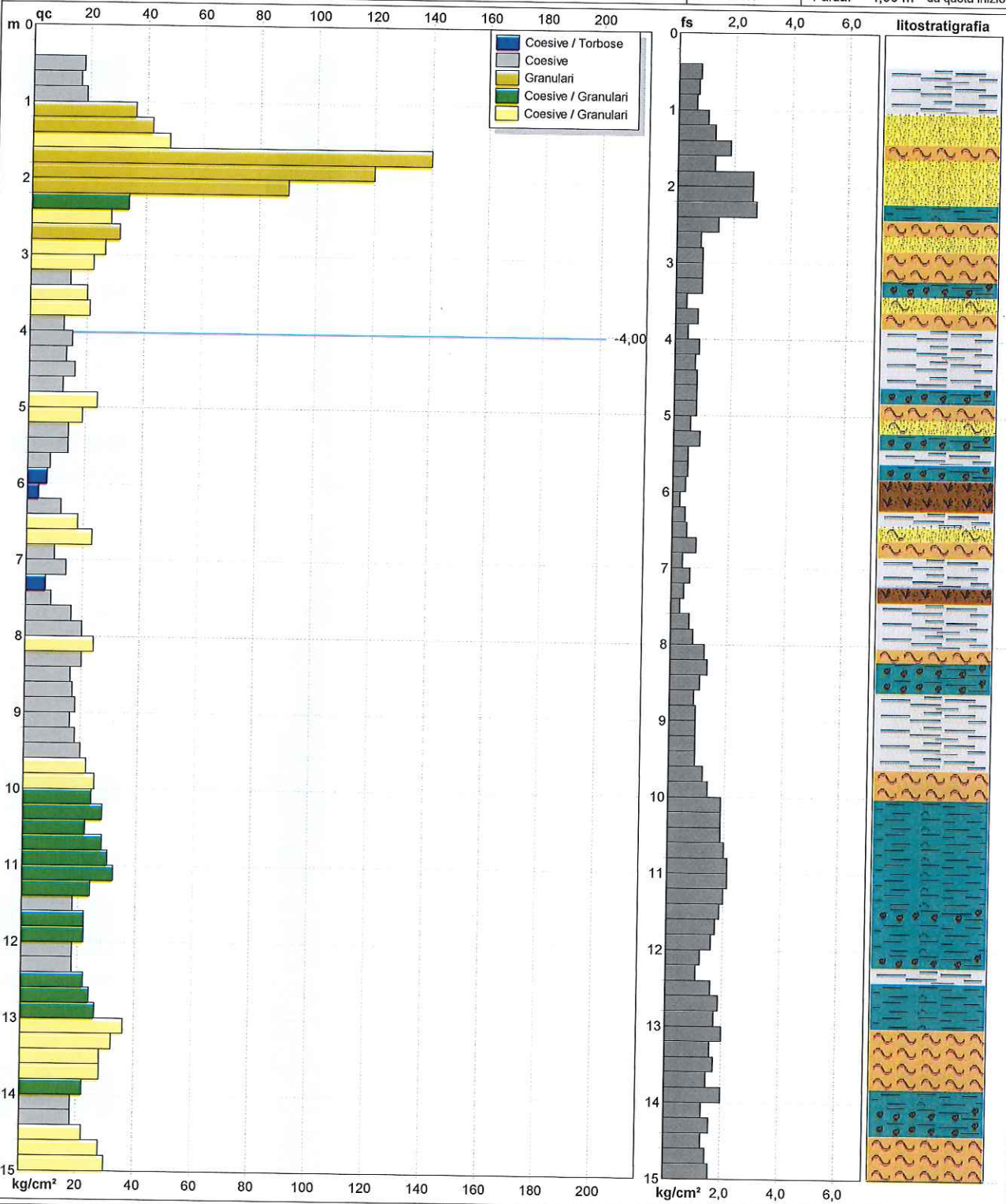


PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	3
riferimento	CER

Committente: **CER**
 Cantiere: **Argine destro Canale Emiliano Romagnolo**
 Località: **GALLIERA (BO)**

U.M.: **kg/cm²** Data exec.: **08/02/2013**
 Scala: **1:75**
 Pagina: **1** Quota inizio:
 Elaborato: Falda: **-4,00 m** da quota inizio



		Litologia: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	Preforo: -0,40 m
		Penetrometro: TG63-200S	Corr.astine: kg/ml
		Responsabile: 	Cod.ISTAT: 037028
		Assistente: 	Cod. punta: 3.000



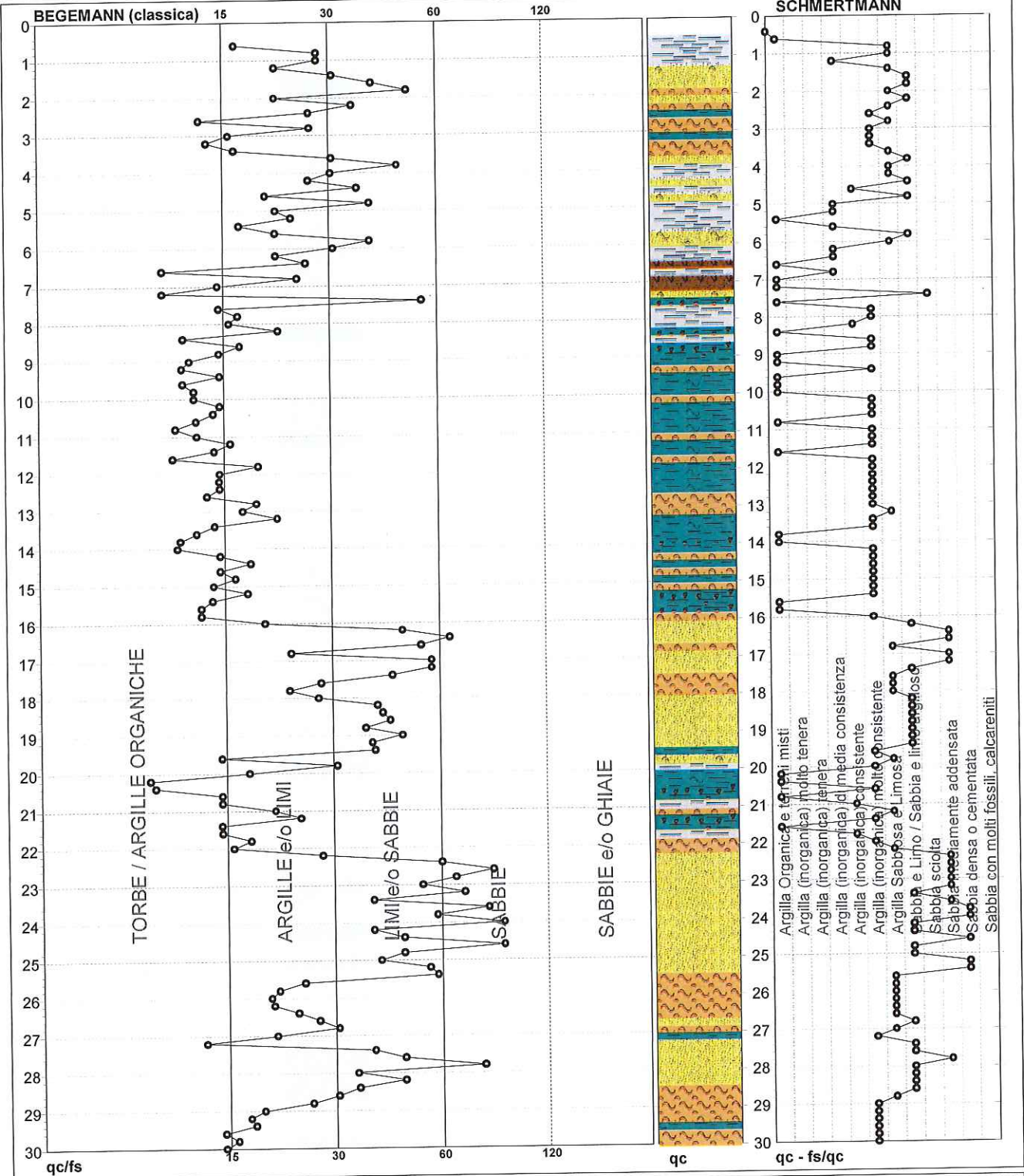
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	1
riferimento	CER

Committente: **CER**
 Cantiere: **Argine destro Canale Emiliano Romagnolo**
 Località: **GALLIERA (BO)**

U.M.: **kg/cm²** Data exec.: **08/02/2013**
 Scala: **1:150**
 Pagina: **1**
 Elaborato: Falda: **-5,50 m da quota inizio**



Torbe / Argille org. :	44 punti, 29,53%	Argilla Organica e terreni misti:	22 punti, 14,77%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	26 punti, 17,45%
Argille e/o Limi :	59 punti, 39,60%	Argilla (inorganica) media consist.:	7 punti, 4,70%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	28 punti, 18,79%
Limi e/o Sabbie :	40 punti, 26,85%	Argilla (inorganica) consistente:	4 punti, 2,68%	Sabbia sciolta:	1 punto, 0,67%
Sabbie:	7 punti, 4,70%	Argilla (inorganica) molto consist.:	44 punti, 29,53%	Sabbia mediamente addensata:	11 punti, 7,38%
				Sabbia densa o cementata:	5 punti, 3,36%

FON012

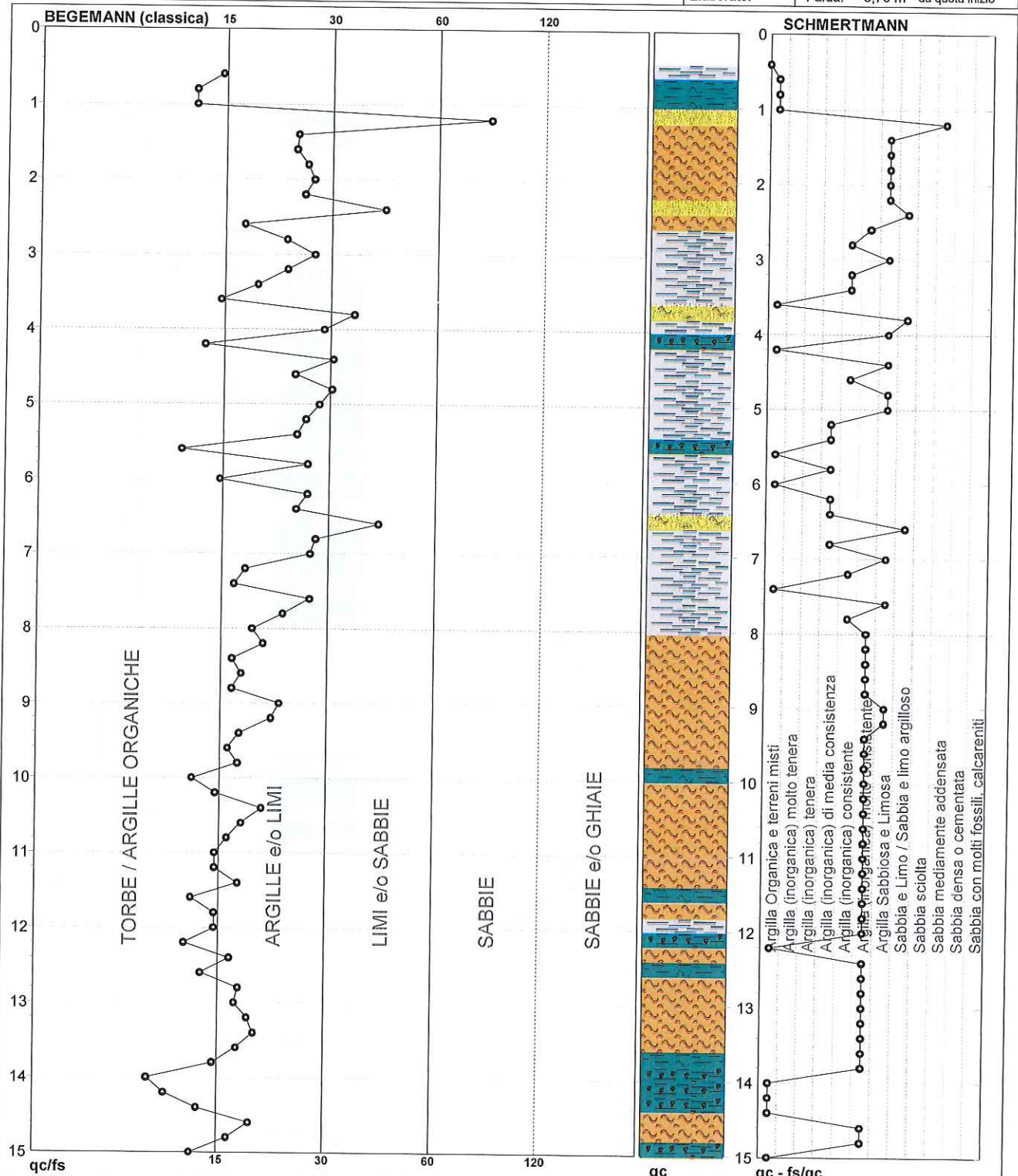


PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	2
riferimento	CER

Committente: CER	U.M.: kg/cm²	Data exec.: 08/02/2013
Cantiere: Argine destro Canale Emiliano Romagnolo	Scala: 1:75	
Località: GALLIERA (BO)	Pagina: 1	
	Elaborato: 	Falda: -3,75 m da quota inizio



Torbe / Argille org. :	15 punti, 20,27%	Argilla Organica e terreni misti:	13 punti, 17,57%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	14 punti, 18,92%
Argille e/o Limi :	56 punti, 75,68%	Argilla (inorganica) media consist.:	6 punti, 8,11%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	3 punti, 4,05%
Limi e/o Sabbie :	3 punti, 4,05%	Argilla (inorganica) consistente:	6 punti, 8,11%	Sabbia mediamente addensata:	1 punti, 1,35%
Sabbie:	1 punti, 1,35%	Argilla (inorganica) molto consist.:	30 punti, 40,54%		



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

riferimento

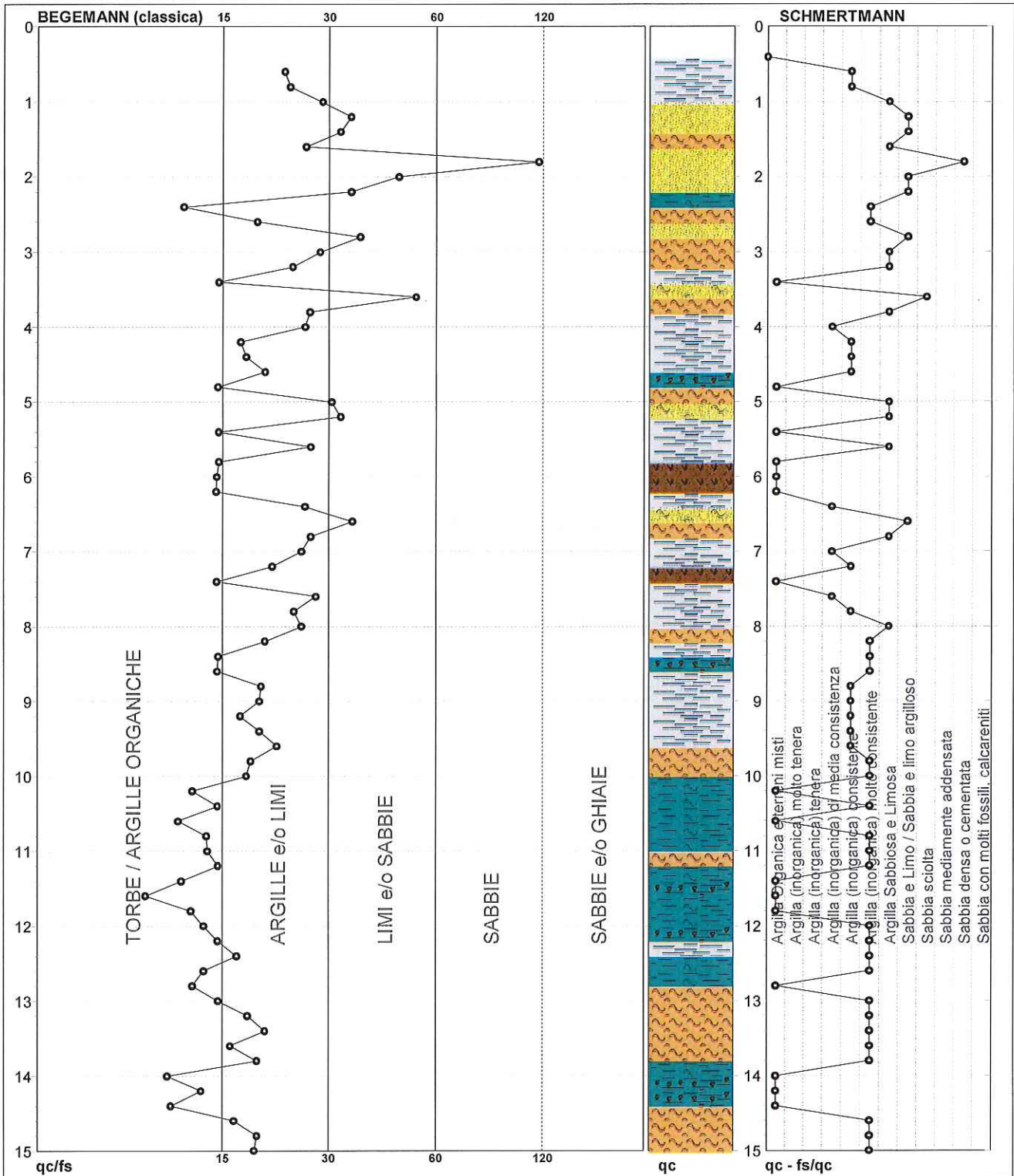
3

CER

Committente: **CER**
 Cantiere: **Argine destro Canale Emiliano Romagnolo**
 Località: **GALLIERA (BO)**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: **1:75**
 Pagina: **1**
 Elaborato:

Data esec.: **08/02/2013**
 Falda: **-4,00 m da quota inizio**



Torbe / Argille org. :	23 punti, 31,08%	Argilla Organica e terreni misti:	16 punti, 21,62%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	10 punti, 13,51%
Argille e/o Limi :	43 punti, 58,11%	Argilla (inorganica) media consist.:	4 punti, 5,41%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	6 punti, 8,11%
Limi e/o Sabbie :	8 punti, 10,81%	Argilla (inorganica) consistente:	12 punti, 16,22%	Sabbia sciolta:	1 punto, 1,35%
Sabbie:	1 punti, 1,35%	Argilla (inorganica) molto consist.:	23 punti, 31,08%	Sabbia densa o cementata:	1 punto, 1,35%

FON012



ALLEGATO 2

IN COLLABORAZIONE CON





ANALISI DI STABILITA'
PROFILO ATTUALE

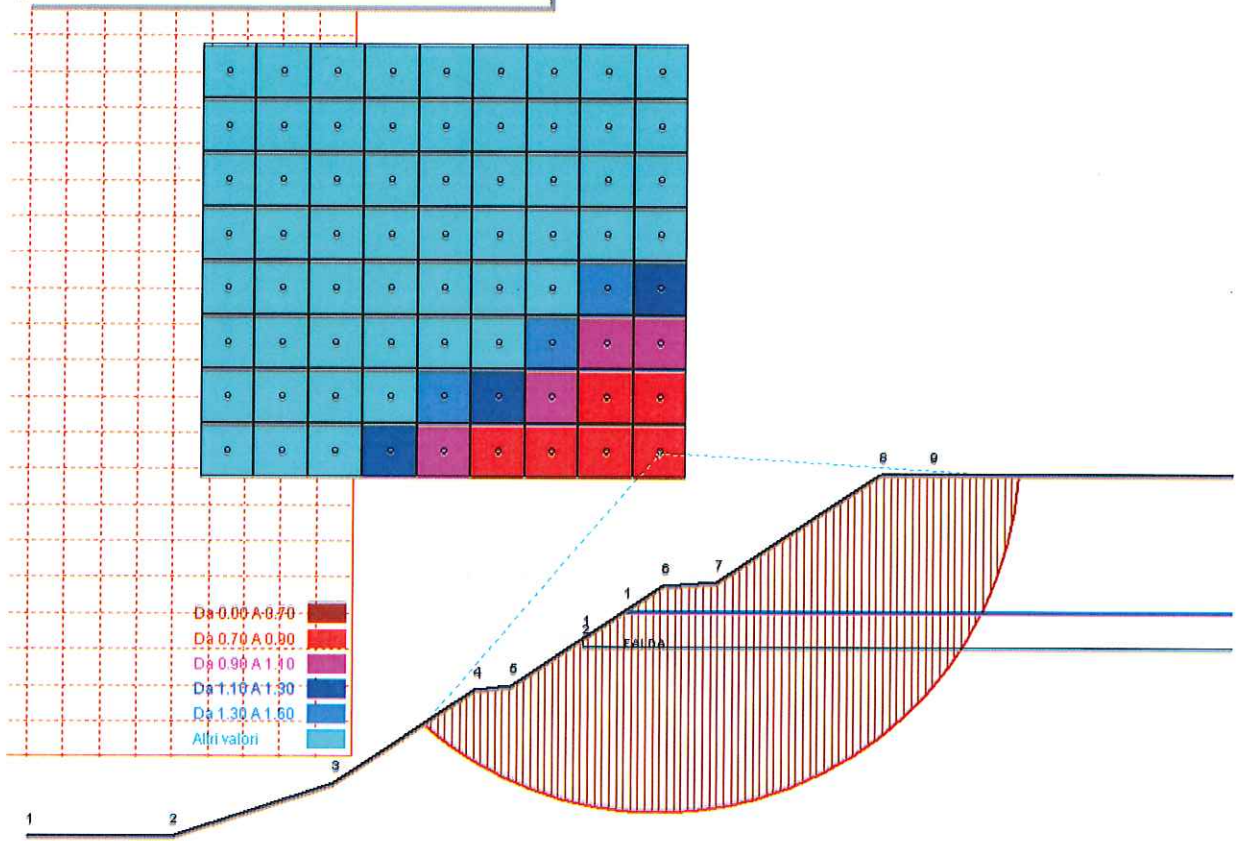


S G M Ingegneria S.r.l.

CARATTERISTICHE DEGLI STRATI

Num	Descrizione	Gamma	CU	FI	Porosità
1		1850.0	0.15	0.00	0.29
2		1850.0	0.20	0.00	0.29

Coefficiente di sicurezza minimo = 0.693



S2 GAMMA= 1850.0
FI= 0.00 CU= 0.20

IN COLLABORAZIONE CON





VERIFICA STABILITA' DEI PENDII

----- DATI GENERALI

Unità di misure utilizzate: lunghezza: m; pressione: kg/cm²; peso specifico: kg/m³; forza lineare: kg/m

Massima larghezza conico di calcolo: 0.200
 Prodotto dei coefficienti sismici : 0.080
 Coefficiente sismico verticale : 0.040
 Coefficiente riduzione attrito : 1.000
 Coefficiente riduzione coesione : 1.000
 Coeff. amplific. carichi esercizio : 1.300
 Coeff. carichi esercizio per sisma : 1.000

COORDINATE DEI PROFILI

-----	-----	-----	-----	-----
Profilo	Nodo	X	Y	
Falda	1	16.550	12.030	
Falda	2	33.620	12.030	
Pendio	1	0.000	5.700	
Pendio	2	4.000	5.700	
Pendio	3	8.500	7.200	
Pendio	4	12.400	9.800	
Pendio	5	13.400	9.900	
Pendio	6	17.600	12.700	
Pendio	7	19.100	12.800	
Pendio	8	23.600	15.800	
Pendio	9	25.000	15.800	
Pendio	10	35.000	15.800	
Pendio	11	35.000	15.800	
Pendio	12	35.000	15.800	
Pendio	13	35.000	15.800	
Pendio	14	35.000	15.800	
Pendio	15	35.000	15.800	
Pendio	16	35.000	15.800	
Pendio	17	35.000	15.800	
	2 1	15.420	11.247	
	2 2	15.420	11.010	
	2 3	34.470	11.010	
	2 4	34.470	15.800	

----- CARATTERISTICHE DEGLI STRATI

-----	-----	-----	-----	-----	-----
Num	Descrizione	Gamma	CU	FI	Porosità
1	1850.0	0.15	0.00	0.29	
2	1850.0	0.20	0.00	0.29	

----- GEOMETRIA DEI CERCHI DI SCORRIMENTO

-----	-----	-----	-----
num	X centro	Y centro	Raggio

IN COLLABORAZIONE CON





SUPERFICI DI SCORRIMENTO

num Nodo X Y

CARICHI SUL PENDIO

Tratto Lunghezza Permanente sin Variabile sin Permanente des Variabile des

Griglia di calcolo N° 1
 X vertice basso a sinistra rettang. : 5.503
 Y vertice basso a sinistra rettang. :16.439
 Larghezza rettangolo della griglia :12.665
 Altezza rettangolo della griglia :11.183
 Passo della griglia lungo X : 1.500
 Passo della griglia lungo Y : 1.500
 Raggio iniziale per ogni centro : 5.000
 Raggio finale per ogni centro :10.000
 Numero cerchi intermedi : 1.000
VERIFICA STABILITA' DEI PENDII

RISULTATI

Calcolo effettuato con il metodo di bishop
RIEPILOGO GRIGLIE DI CALCOLO
 (Un cerchio per ogni griglia)

griglia	X centro	Y centro	Raggio	F	Sit Carico
1	17.50	16.44	10.00	0.693	1
1	17.50	16.44	10.00	0.737	2

SUPERFICIE CRITICA N° 1

Larghezza del concio.....=0.199
 Coordinata X centro =17.503
 Coordinata Y centro =16.439
 Raggio =10.000
 Situazione di carico numero 1
Coefficiente di sicurezza F =0.693
 Numero iterazioni = 2
 Precisione =0.00000

Concio n°	Alfa °	L ml	CU*Lc kg/cm2	FI °	W kg/ml	WS kg/ml
1	-39.94	0.259	0.200	0.0	57.6	4.4
2	-38.47	0.254	0.200	0.0	170.3	13.1
3	-37.03	0.249	0.200	0.0	279.8	21.5

IN COLLABORAZIONE CON





4	-35.62	0.245	0.200	0.0	386.4	29.7
5	-34.23	0.240	0.200	0.0	490.1	37.7
6	-32.86	0.237	0.200	0.0	591.2	45.5
7	-31.51	0.233	0.200	0.0	689.7	53.1
8	-30.19	0.230	0.200	0.0	769.5	59.2
9	-28.88	0.227	0.200	0.0	820.2	63.1
10	-27.59	0.224	0.200	0.0	868.6	66.8
11	-26.31	0.222	0.200	0.0	914.9	70.4
12	-25.04	0.219	0.200	0.0	959.0	73.8
13	-23.79	0.217	0.200	0.0	1016.1	78.2
14	-22.55	0.215	0.200	0.0	1099.3	84.6
15	-21.33	0.213	0.200	0.0	1180.6	90.8
16	-20.11	0.212	0.200	0.0	1260.0	96.9
17	-18.90	0.210	0.200	0.0	1337.7	102.9
18	-17.70	0.209	0.200	0.0	1413.5	108.7
19	-16.51	0.207	0.200	0.0	1487.6	114.4
20	-15.32	0.206	0.200	0.0	1559.9	120.0
21	-14.15	0.205	0.200	0.0	1630.6	125.4
22	-12.98	0.204	0.200	0.0	1699.6	130.7
23	-11.81	0.203	0.200	0.0	1767.0	135.9
24	-10.65	0.202	0.200	0.0	1832.8	141.0
25	-9.49	0.202	0.200	0.0	1896.9	145.9
26	-8.34	0.201	0.200	0.0	1959.5	150.7
27	-7.19	0.200	0.200	0.0	2020.6	155.4
28	-6.04	0.200	0.200	0.0	2080.1	160.0
29	-4.90	0.200	0.200	0.0	2471.0	190.1
30	-3.76	0.199	0.200	0.0	2528.4	194.5
31	-2.62	0.199	0.200	0.0	2583.9	198.8
32	-1.48	0.199	0.200	0.0	2637.7	202.9
33	-0.34	0.199	0.200	0.0	2689.8	206.9
34	0.80	0.199	0.200	0.0	2730.2	210.0
35	1.94	0.199	0.200	0.0	2733.1	210.2
36	3.08	0.199	0.200	0.0	2734.3	210.3
37	4.22	0.199	0.200	0.0	2733.8	210.3
38	5.37	0.200	0.200	0.0	2731.5	210.1
39	6.51	0.200	0.200	0.0	2727.4	209.8
40	7.66	0.201	0.200	0.0	2721.6	209.4
41	8.81	0.201	0.200	0.0	2713.9	208.8
42	9.96	0.202	0.200	0.0	2735.1	210.4
43	11.12	0.203	0.200	0.0	2769.4	213.0
44	12.29	0.203	0.200	0.0	2801.9	215.5
45	13.45	0.204	0.200	0.0	2832.5	217.9
46	14.63	0.205	0.200	0.0	2861.1	220.1
47	15.81	0.207	0.200	0.0	2887.9	222.1
48	17.00	0.208	0.200	0.0	2912.7	224.1
49	18.19	0.209	0.200	0.0	2935.5	225.8
50	19.39	0.211	0.200	0.0	2956.3	227.4
51	20.61	0.212	0.200	0.0	2974.9	228.8
52	21.83	0.214	0.200	0.0	2991.5	230.1
53	23.06	0.216	0.200	0.0	3005.8	231.2
54	24.30	0.218	0.200	0.0	3017.9	232.1
55	25.56	0.220	0.200	0.0	3027.7	232.9
56	26.83	0.223	0.200	0.0	3035.2	233.5
57	28.11	0.225	0.200	0.0	3040.1	233.9
58	29.41	0.228	0.200	0.0	3042.5	234.0

IN COLLABORAZIONE CON





S G M Ingegneria S.r.l.

59	30.73	0.231	0.200	0.0	3042.3	234.0
60	32.06	0.235	0.200	0.0	3039.3	233.8
61	33.42	0.238	0.200	0.0	3033.5	233.3
62	34.79	0.242	0.200	0.0	3024.6	232.7
63	36.19	0.246	0.200	0.0	3012.6	231.7
64	37.62	0.251	0.200	0.0	2995.5	230.4
65	39.07	0.256	0.200	0.0	2926.0	225.1
66	40.55	0.262	0.200	0.0	2852.7	219.4
67	42.07	0.268	0.200	0.0	2775.4	213.5
68	43.62	0.275	0.200	0.0	2693.9	207.2
69	45.22	0.282	0.200	0.0	2607.7	200.6
70	46.86	0.291	0.200	0.0	2516.5	193.6
71	48.55	0.300	0.200	0.0	2419.9	186.1
72	50.30	0.311	0.200	0.0	2317.2	178.2
73	52.12	0.324	0.200	0.0	2207.8	169.8
74	54.02	0.338	0.200	0.0	2090.9	160.8
75	56.01	0.356	0.200	0.0	1965.3	151.2
76	58.11	0.376	0.150	0.0	1829.6	140.7
77	60.33	0.402	0.150	0.0	1682.1	129.4
78	62.73	0.434	0.150	0.0	1520.1	116.9
79	65.33	0.476	0.150	0.0	1353.6	104.1
80	68.24	0.536	0.150	0.0	1176.7	90.5
81	71.57	0.629	0.150	0.0	969.7	74.6
82	75.68	0.804	0.150	0.0	713.2	54.9
83	82.16	1.457	0.150	0.0	345.8	26.6

Totale 41776.8

Concio n°	$C * Lc + (Wc + u * Lc) * tg(\theta)$ kg/ml	m kg/ml	Ms kg/ml	Mr
1	397.6	0.8	518.5	-32.5
2	397.6	0.8	507.8	-92.8
3	397.6	0.8	498.0	-147.0
4	397.6	0.8	489.0	-195.3
5	397.6	0.8	480.8	-238.0
6	397.6	0.8	473.3	-275.3
7	397.6	0.9	466.3	-307.5
8	397.6	0.9	459.9	-327.8
9	397.6	0.9	454.0	-333.0
10	397.6	0.9	448.5	-335.4
11	397.6	0.9	443.5	-335.1
12	397.6	0.9	438.8	-332.2
13	397.6	0.9	434.5	-331.8
14	397.6	0.9	430.5	-337.1
15	397.6	0.9	426.8	-338.6
16	397.6	0.9	423.4	-336.3
17	397.6	0.9	420.2	-330.4
18	397.6	1.0	417.3	-321.0
19	397.6	1.0	414.6	-308.3
20	397.6	1.0	412.2	-292.3
21	397.6	1.0	410.0	-273.1
22	397.6	1.0	408.0	-250.9
23	397.6	1.0	406.1	-225.7

IN COLLABORAZIONE CON





S.G.M. Ingegneria S.r.l.

24	397.6	1.0	404.5	-197.7
25	397.6	1.0	403.1	-166.9
26	397.6	1.0	401.8	-133.4
27	397.6	1.0	400.7	-97.4
28	397.6	1.0	399.8	-58.9
29	397.6	1.0	399.0	-20.9
30	397.6	1.0	398.4	28.9
31	397.6	1.0	398.0	80.9
32	397.6	1.0	397.7	135.0
33	397.6	1.0	397.6	191.1
34	397.6	1.0	397.6	248.3
35	397.6	1.0	397.8	302.9
36	397.6	1.0	398.1	357.4
37	397.6	1.0	398.6	411.6
38	397.6	1.0	399.3	465.6
39	397.6	1.0	400.1	519.1
40	397.6	1.0	401.1	572.1
41	397.6	1.0	402.3	624.4
42	397.6	1.0	403.6	683.7
43	397.6	1.0	405.2	747.3
44	397.6	1.0	406.9	811.8
45	397.6	1.0	408.8	876.9
46	397.6	1.0	410.9	942.7
47	397.6	1.0	413.2	1008.9
48	397.6	1.0	415.7	1075.5
49	397.6	1.0	418.5	1142.2
50	397.6	0.9	421.5	1209.1
51	397.6	0.9	424.7	1275.9
52	397.6	0.9	428.3	1342.4
53	397.6	0.9	432.1	1408.6
54	397.6	0.9	436.2	1474.3
55	397.6	0.9	440.7	1539.3
56	397.6	0.9	445.5	1603.4
57	397.6	0.9	450.7	1666.4
58	397.6	0.9	456.4	1728.3
59	397.6	0.9	462.5	1788.6
60	397.6	0.8	469.1	1847.3
61	397.6	0.8	476.3	1904.0
62	397.6	0.8	484.1	1958.6
63	397.6	0.8	492.6	2010.7
64	397.6	0.8	501.9	2058.9
65	397.6	0.8	512.1	2069.2
66	397.6	0.8	523.2	2074.1
67	397.6	0.7	535.5	2073.1
68	397.6	0.7	549.2	2065.8
69	397.6	0.7	564.4	2051.5
70	397.6	0.7	581.4	2029.8
71	397.6	0.7	600.6	2000.0
72	397.6	0.6	622.4	1961.2
73	397.6	0.6	647.5	1912.6
74	397.6	0.6	676.7	1852.8
75	397.6	0.6	711.1	1780.6
76	298.2	0.5	564.3	1694.1
77	298.2	0.5	602.4	1591.0
78	298.2	0.5	650.7	1468.0

IN COLLABORAZIONE CON





S G M Ingegnero S.r.l.

79	298.2	0.4	714.5	1334.2
80	298.2	0.4	804.1	1183.4
81	298.2	0.3	943.3	994.6
82	298.2	0.2	1205.3	745.9
83	298.2	0.1	2185.1	369.2
<hr/>				
Totale			41776.8	60320.5

IN COLLABORAZIONE CON





ANALISI DI STABILITA'
PROFILO DI PROGETTO

IN COLLABORAZIONE CON



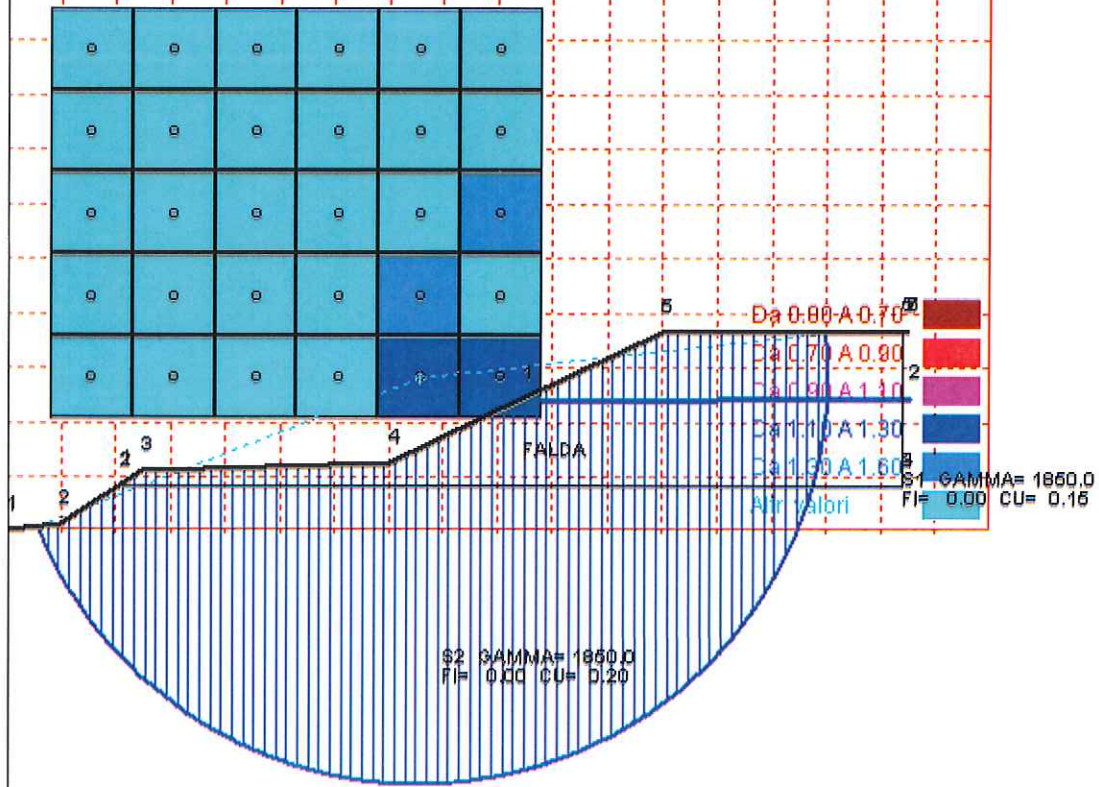


S.G.M. Ingegneria S.r.l.

CARATTERISTICHE DEGLI STRATI

Num	Descrizione	Gamma	CU	FI	Porosità
1		1850.0	0.15	0.00	0.29
2		1850.0	0.20	0.00	0.29

Coefficiente di sicurezza minimo = 1.165



IN COLLABORAZIONE CON





VERIFICA STABILITA' DEI PENDII

DATI GENERALI

Unità di misure utilizzate: lunghezza: m; pressione: kg/cm²; peso specifico: kg/m³; forza lineare: kg/m

Massima larghezza conico di calcolo: 0.200
 Prodotto dei coefficienti sismici : 0.080
 Coefficiente sismico verticale : 0.040
 Coefficiente riduzione attrito : 1.000
 Coefficiente riduzione coesione : 1.000
 Coeff. amplific. carichi esercizio : 1.300
 Coeff. carichi esercizio per sisma : 1.000

COORDINATE DEI PROFILI

Profilo	Nodo	X	Y
Falda	1	9.460	2.400
Falda	2	16.540	2.420
Pendio	1	0.000	0.000
Pendio	2	0.990	0.110
Pendio	3	2.500	1.090
Pendio	4	7.020	1.230
Pendio	5	11.990	3.600
Pendio	6	16.510	3.630
Pendio	7	16.510	3.630
	2 1	2.100	0.830
	2 2	2.100	0.790
	2 3	16.400	0.790
	2 4	16.400	0.790
	2 5	16.400	3.629

CARATTERISTICHE DEGLI STRATI

Num	Descrizione	Gamma	CU	FI	Porosità
1		1850.0	0.15	0.00	0.29
2		1850.0	0.20	0.00	0.29

GEOMETRIA DEI CERCHI DI SCORRIMENTO

num	X centro	Y centro	Raggio
-----	----------	----------	--------

SUPERFICI DI SCORRIMENTO

num	Nodo	X	Y
-----	------	---	---

CARICHI SUL PENDIO

IN COLLABORAZIONE CON





 Tratto Lunghezza Permanente sin Variabile sin Permanente des Variabile des

Griglia di calcolo N° 1
 X vertice basso a sinistra rettang. : 1.552
 Y vertice basso a sinistra rettang. : 2.787
 Larghezza rettangolo della griglia : 7.726
 Altezza rettangolo della griglia : 6.526
 Passo della griglia lungo X : 1.500
 Passo della griglia lungo Y : 1.500
 Raggio iniziale per ogni centro : 5.000
 Raggio finale per ogni centro : 10.000
 Numero cerchi intermedi : 1.000
 VERIFICA STABILITA' DEI PENDII

RISULTATI

Calcolo effettuato con il metodo di bishop
 RIEPILOGO GRIGLIE DI CALCOLO
 (Un cerchio per ogni griglia)

griglia	X centro	Y centro	Raggio	F	Sit Carico
1	7.55	2.79	7.50	1.165	1
1	7.55	2.79	7.50	1.228	2

 SUPERFICIE CRITICA N° 1
 Larghezza del concio.....=0.198
 Coordinata X centro =7.552
 Coordinata Y centro =2.787
 Raggio =7.500
 Situazione di carico numero 1
Coefficiente di sicurezza F=1.165
 Numero iterazioni = 2
 Precisione =0.00000

Concio n°	Alfa °	L ml	CU*Lc kg/cm2	FI °	W kg/ml	WS kg/ml
1	-66.78	0.503	0.200	0.0	96.6	7.4
2	-63.18	0.440	0.200	0.0	266.9	20.5
3	-59.98	0.397	0.200	0.0	429.6	33.0
4	-57.07	0.365	0.200	0.0	602.4	46.3
5	-54.37	0.341	0.200	0.0	762.7	58.7
6	-51.84	0.321	0.200	0.0	912.8	70.2
7	-49.45	0.305	0.200	0.0	1054.3	81.1
8	-47.17	0.292	0.200	0.0	1188.6	91.4
9	-44.98	0.281	0.200	0.0	1316.4	101.3
10	-42.88	0.271	0.200	0.0	1438.6	110.7
11	-40.84	0.262	0.200	0.0	1520.6	117.0
12	-38.86	0.255	0.200	0.0	1586.2	122.0

IN COLLABORAZIONE CON





S.G.M. Ingegneria S.r.l.

13	-36.94	0.248	0.200	0.0	1647.5	126.7
14	-35.07	0.242	0.200	0.0	1704.9	131.1
15	-33.24	0.237	0.200	0.0	1758.7	135.3
16	-31.44	0.233	0.200	0.0	1809.0	139.2
17	-29.68	0.228	0.200	0.0	1856.1	142.8
18	-27.95	0.225	0.200	0.0	1900.1	146.2
19	-26.24	0.221	0.200	0.0	1941.2	149.3
20	-24.57	0.218	0.200	0.0	1979.6	152.3
21	-22.91	0.215	0.200	0.0	2015.2	155.0
22	-21.27	0.213	0.200	0.0	2048.3	157.6
23	-19.65	0.211	0.200	0.0	2079.0	159.9
24	-18.05	0.209	0.200	0.0	2107.2	162.1
25	-16.46	0.207	0.200	0.0	2133.1	164.1
26	-14.89	0.205	0.200	0.0	2156.7	165.9
27	-13.33	0.204	0.200	0.0	2178.1	167.5
28	-11.77	0.203	0.200	0.0	2197.3	169.0
29	-10.23	0.202	0.200	0.0	2214.4	170.3
30	-8.69	0.201	0.200	0.0	2229.3	171.5
31	-7.16	0.200	0.200	0.0	2242.2	172.5
32	-5.63	0.199	0.200	0.0	2253.1	173.3
33	-4.11	0.199	0.200	0.0	2261.9	174.0
34	-2.59	0.199	0.200	0.0	2301.5	177.0
35	-1.08	0.198	0.200	0.0	2340.1	180.0
36	0.44	0.198	0.200	0.0	2376.6	182.8
37	1.96	0.199	0.200	0.0	2411.2	185.5
38	3.48	0.199	0.200	0.0	2443.7	188.0
39	5.00	0.199	0.200	0.0	2474.3	190.3
40	6.52	0.200	0.200	0.0	2502.7	192.5
41	8.05	0.200	0.200	0.0	2529.2	194.6
42	9.58	0.201	0.200	0.0	2553.6	196.4
43	11.12	0.202	0.200	0.0	2575.9	198.1
44	12.67	0.203	0.200	0.0	2596.0	199.7
45	14.23	0.205	0.200	0.0	2614.1	201.1
46	15.80	0.206	0.200	0.0	3038.7	233.7
47	17.39	0.208	0.200	0.0	3048.7	234.5
48	18.98	0.210	0.200	0.0	3056.1	235.1
49	20.59	0.212	0.200	0.0	3060.8	235.4
50	22.22	0.214	0.200	0.0	3062.6	235.6
51	23.87	0.217	0.200	0.0	3061.4	235.5
52	25.54	0.220	0.200	0.0	3057.3	235.2
53	27.23	0.223	0.200	0.0	3050.0	234.6
54	28.95	0.227	0.200	0.0	3039.4	233.8
55	30.70	0.231	0.200	0.0	3025.3	232.7
56	32.48	0.235	0.200	0.0	3007.6	231.4
57	34.30	0.240	0.200	0.0	2986.0	229.7
58	36.15	0.246	0.200	0.0	2960.3	227.7
59	38.05	0.252	0.200	0.0	2897.0	222.8
60	40.01	0.259	0.200	0.0	2826.5	217.4
61	42.02	0.267	0.200	0.0	2750.8	211.6
62	44.09	0.276	0.200	0.0	2669.5	205.3
63	46.24	0.287	0.200	0.0	2581.9	198.6
64	48.48	0.299	0.200	0.0	2487.3	191.3
65	50.83	0.314	0.200	0.0	2384.7	183.4
66	53.30	0.332	0.200	0.0	2272.8	174.8
67	55.92	0.354	0.200	0.0	2150.1	165.4

IN COLLABORAZIONE CON





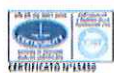
S.G.M. Ingegneria S.r.l.

68	58.73	0.382	0.200	0.0	2014.1	154.9
69	61.80	0.420	0.200	0.0	1861.4	143.2
70	65.21	0.473	0.200	0.0	1686.5	129.7
71	69.15	0.558	0.200	0.0	1479.5	113.8
72	74.03	0.721	0.200	0.0	1219.3	93.8
73	83.38	1.723	0.150	0.0	832.8	64.1

Totale 40670.6

Concio n°	$C * L_c + (W_c + u * L_c) * \text{tg}(\theta)$ kg/ml	m kg/ml	Ms kg/ml	Mr
1	396.9	0.4	1006.7	-81.3
2	396.9	0.5	879.6	-217.7
3	396.9	0.5	793.4	-338.9
4	396.9	0.5	730.2	-459.3
5	396.9	0.6	681.4	-561.3
6	396.9	0.6	642.5	-647.5
7	396.9	0.7	610.6	-720.0
8	396.9	0.7	583.9	-780.2
9	396.9	0.7	561.2	-829.3
10	396.9	0.7	541.6	-868.2
11	396.9	0.8	524.7	-877.4
12	396.9	0.8	509.8	-873.3
13	396.9	0.8	496.6	-863.5
14	396.9	0.8	485.0	-848.4
15	396.9	0.8	474.5	-828.6
16	396.9	0.9	465.2	-804.4
17	396.9	0.9	456.9	-776.2
18	396.9	0.9	449.3	-744.4
19	396.9	0.9	442.5	-709.1
20	396.9	0.9	436.4	-670.7
21	396.9	0.9	430.9	-629.5
22	396.9	0.9	425.9	-585.6
23	396.9	0.9	421.5	-539.3
24	396.9	1.0	417.5	-490.9
25	396.9	1.0	413.9	-440.5
26	396.9	1.0	410.7	-388.3
27	396.9	1.0	407.9	-334.5
28	396.9	1.0	405.5	-279.3
29	396.9	1.0	403.3	-222.8
30	396.9	1.0	401.5	-165.4
31	396.9	1.0	400.0	-107.0
32	396.9	1.0	398.9	-47.9
33	396.9	1.0	397.9	11.8
34	396.9	1.0	397.3	72.9
35	396.9	1.0	397.0	136.1
36	396.9	1.0	396.9	201.1
37	396.9	1.0	397.2	267.8
38	396.9	1.0	397.7	336.1
39	396.9	1.0	398.4	405.8
40	396.9	1.0	399.5	476.7
41	396.9	1.0	400.9	548.7
42	396.9	1.0	402.5	621.5

IN COLLABORAZIONE CON





S G M Ingegneria S.r.l.

43	396.9	1.0	404.5	695.1
44	396.9	1.0	406.8	769.3
45	396.9	1.0	409.5	843.8
46	396.9	1.0	412.5	1061.3
47	396.9	1.0	415.9	1145.5
48	396.9	0.9	419.7	1229.1
49	396.9	0.9	424.0	1312.0
50	396.9	0.9	428.8	1393.8
51	396.9	0.9	434.0	1474.3
52	396.9	0.9	439.9	1553.2
53	396.9	0.9	446.4	1630.2
54	396.9	0.9	453.6	1705.0
55	396.9	0.9	461.6	1777.2
56	396.9	0.8	470.5	1846.4
57	396.9	0.8	480.5	1912.2
58	396.9	0.8	491.6	1974.0
59	396.9	0.8	504.1	2008.6
60	396.9	0.8	518.2	2034.5
61	396.9	0.7	534.2	2052.8
62	396.9	0.7	552.6	2062.8
63	396.9	0.7	573.9	2063.5
64	396.9	0.7	598.8	2053.7
65	396.9	0.6	628.4	2032.1
66	396.9	0.6	664.1	1997.0
67	396.9	0.6	708.3	1946.1
68	396.9	0.5	764.7	1876.4
69	396.9	0.5	839.8	1783.6
70	396.9	0.4	946.6	1660.8
71	396.9	0.4	1115.0	1496.4
72	396.9	0.3	1442.9	1266.0
73	297.7	0.1	2584.1	891.4
<hr/>				
Totale			40670.6	34896.0

IN COLLABORAZIONE CON



