

P
r
o
g
e
t
t
o
S
t
r
u
t
t
u
r
a
l
e

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n° 1 - 41036 - Medolla (MO)

PROGETTO ESECUTIVO



COMUNE DI MEDOLLA
PROTOCOLLO GENERALE
05 FEB. 2019
PROT. N° 1222
Cat. G. Cl. 8

Progettazione:

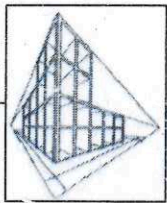
ISG Equipment S.r.l.s.
Ingegneria Sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

- Coordinamento Generale;
- Progettazione Specialistica Geologica-Geotecnica;

Dott. Geol. Lorenzo Del Maschio

- Progettazione Architettonica e Strutturale;
- Coordinamento della sicurezza in fase di progettazione;

Ing. Gabriele Mungo Zanetti



Committente:

Comune di Medolla

-Responsabile Unico del Procedimento
Geom. Lorenzo Guagliumi



Illustrazione sintetica degli elementi essenziali del progetto strutturale

Codice Progetto 007-2018-P2 Scala 1:100 Codice Elaborato E-00-S-R-03

| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz | ldm |
|------|---------------|-----------------------|------|--------|
| Rev. | Data | Descrizione revisione | Dis. | Contr. |

c:\Users\utente\Desktop\0_medolla_guagliumi\medolla-palancole\vr\copertine medolla-ripristino sponda.dwg

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

Fig.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n° 1 - 41036 - Medolla (MO)

PROGETTO ESECUTIVO



Progettazione:

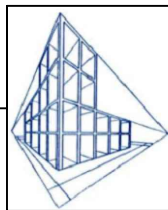
ISG Equipment S.r.l.s.
Ingegneria Sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

- Coordinamento Generale;
- Progettazione Specialistica Geologica-Geotecnica;

Dott. Geol. Lorenzo Del Maschio

- Progettazione Architettonica e Strutturale;
- Coordinamento della sicurezza in fase di progettazione;

Ing. Gabriele Mungo Zanetti



Committente:

Comune di Medolla
*-Responsabile Unico del Procedimento
 Geom. Lorenzo Guagliumi*



Illustrazione sintetica degli elementi essenziali del progetto strutturale

Codice Progetto

007-2018-P2

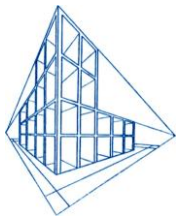
Scala

1:100

Codice Elaborato

E-00-S-R-03

| | | | | |
|-------------|----------------------|------------------------------|-------------|---------------|
| <i>a</i> | Dicembre 2018 | <i>emissione</i> | gmz | ldm |
| <i>Rev.</i> | <i>Data</i> | <i>Descrizione revisione</i> | <i>Dis.</i> | <i>Contr.</i> |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI
RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

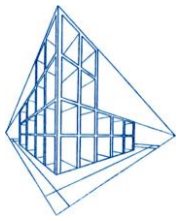
Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

INDICE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | CONTESTO EDILIZIO E CARATTERISTICHE DEL SITO | 2 |
| 2 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 4 |
| 3 | DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO DELL'AZIONE SISMICA | 7 |
| 4 | DESCRIZIONE DEI MATERIALI | 8 |
| 4.1 | ACCIAIO DA CARPENTERIA | 8 |
| 4.2 | BULLONERIA STRUTTURALE | 8 |
| 5 | CARATTERISTICHE DEL TERRENO E CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO | 9 |
| 6 | ILLUSTRAZIONE DEI CRITERI DI PROGETTAZIONE E DI MODELLAZIONE E METODO DI ANALISI | 24 |
| 6.1 | CALCOLO DELLA PROFONDITÀ DI INFISSIONE | 24 |
| 6.2 | CALCOLO DELLA SPINTE | 25 |
| 6.3 | ANALISI AD ELEMENTI FINITI | 26 |
| 6.3.1 | SCHEMATIZZAZIONE DEL TERRENO | 27 |
| 6.3.2 | MODALITÀ DI ANALISI E COMPORTAMENTO ELASTO-PLASTICO DEL TERRENO | 27 |
| 6.4 | ANALISI PER FASI DI SCAVO | 28 |
| 6.5 | VERIFICA ALLA STABILITÀ GLOBALE | 28 |
| 6.6 | VERIFICHE IDRAULICHE | 29 |
| 6.6.1 | VERIFICA A SIFONAMENTO | 29 |
| 6.6.2 | VERIFICA A SOLLEVAMENTO DEL FONDO SCAVO | 30 |
| 7 | INDICAZIONI DELLE PRINCIPALI COMBINAZIONI DELLE AZIONI | 30 |
| 7.1 | IMPOSTAZIONI DI PROGETTO | 31 |
| 7.1.1 | IMPOSTAZIONI DI ANALISI | 32 |
| 7.1.2 | IMPOSTAZIONI ANALISI SISMICA | 32 |
| 8 | RISULTATI DI CALCOLO E VERIFICHE | 33 |
| 8.1 | SEZIONE 00 – CPTU01 | 33 |
| 8.1.1 | GEOMETRIA PARATIA | 33 |
| 8.1.2 | GEOMETRIA PROFILO TERRENO | 34 |
| 8.1.3 | DESCRIZIONE TERRENI | 34 |
| 8.1.4 | DESCRIZIONE STRATIGRAFIA | 35 |
| 8.1.5 | FALDA | 35 |
| 8.1.6 | CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI | 35 |
| 9 | CARATTERISTICHE ED AFFIDABILITÀ DEL CODICE DI CALCOLO | 40 |
| 9.1 | PAC 14.01c – AZTEC INFORMATICA | 40 |
| 9.1.1 | TIPO DI ANALISI SVOLTA | 40 |
| 9.1.2 | ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO | 40 |
| 9.1.3 | AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO | 40 |
| 9.1.4 | MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI | 40 |
| 9.1.5 | INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE | 41 |

| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|-----------------|------------------------|---|---------------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 1 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI
RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

1 CONTESTO EDILIZIO E CARATTERISTICHE DEL SITO

Il Comune di Medolla con Determinazione n.222 del 06/11/2018 ha incaricato la Società di Ingegneria ISG Equipment S.R.L.S. con sede in Spilamberto (MO) di eseguire la progettazione esecutiva per la “Lavori di ripristino funzionale della sponda del lago sito presso l’area di riequilibrio ecologico San Matteo di Medolla”.

L’incarico affidato prevede che siano redatti i necessari elaborati progettuali ai sensi del D.Lgs 50/2016.

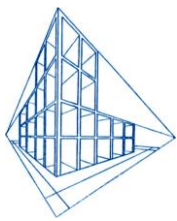
La zona oggetto di intervento è situata all’interno dell’oasi ecologica di San Matteo di Medolla lungo la sponda del lago ricompreso tra l’oasi stessa e la proprietà privata che confina con la sponda meridionale del piccolo bacino idrico dell’oasi identificata al foglio 8, mappali 27/28/29/34/106/107 in via Rubadello a Medolla in zona ARE, di proprietà del Comune, da carta della zonizzazione degli ambiti del PSC vigente approvato con delibera di CC 30/2011.

L’intervento di cui al presente progetto prevede la realizzazione di un palancoato metallico da infiggere lungo la sponda di cui sopra. Il palancoato metallico si rende necessario per sostenere la sponda del lago che negli ultimi 10 anni è fortemente in erosione e ha subito notevoli episodi di smottamenti/frane superficiali che hanno notevolmente modificato il profilo originale della sponda stessa creando situazioni di pericolo sia per le frequentazioni delle persone che si recano in prossimità del lago sia per il coinvolgimento dei terreni della proprietà privata immediatamente a ridosso.

Il progetto è sottoscritto dall’Ing. Gabriele Mungo Zanetti, iscritto all’Albo degli Ingegneri della Provincia di Modena al n. 3126, e dal Dott. Geol. Lorenzo Del Maschio, iscritto all’Albo dei Geologi della Regione Lazio al n. 1725, quali Direttore Tecnico e Legale Rappresentante della Società incaricata ISG Equipment Srls.

In seguito riprese satellitari con l’ubicazione dell’area oggetto di intervento.

| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|-----------------|------------------------|---|---------------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 2 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

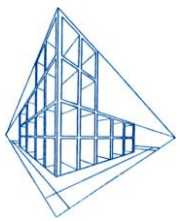


Figura 1 Ripresa satellitare con indicazione dell'area oggetto di intervento.



Figura 2 Ripresa satellitare di dettaglio con indicazione della zona oggetto di intervento.

| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|-----------------|------------------------|---|---------------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 3 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fig.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE



Figura 3 Ripresa satellitare con posizionamento indicativo del nuovo palancolato metallico.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Legge 5 Novembre 1971 n°1086 – Norma per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

Legge 2 Febbraio 1974 n° 64 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

Eurocodice 3 UNI ENV 1993-1-1:1994, Eurocodice 3 UNI EN 1993-1-1:2014 Luglio 2014, Eurocodice 3 UNI ENV 1993-1-3:2000, Eurocodice 3 EN 1993-1-8:2005

D.M. 17 Gennaio 2018 – Norme tecniche per le costruzioni.

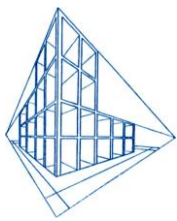
Circolare Min. Inf. e Trasp. 2 Febbraio 2009 n°617 – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008 per quanto non in contrasto con il vigente D.M: 17/01/2018, in attesa di rilascio della specifica circolare applicativa.

L.R. 30 Ottobre 2008 n°19 – Norme per la riduzione del rischio sismico

UNI EN 1995-1-1/2009 (Eurocodice 5) – Design of timber structures

DGR-1373-2011 -Atto di indirizzo recante l'individuazione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per gli altri titoli edilizi.

| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|-----------------|------------------------|---|---------------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 4 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

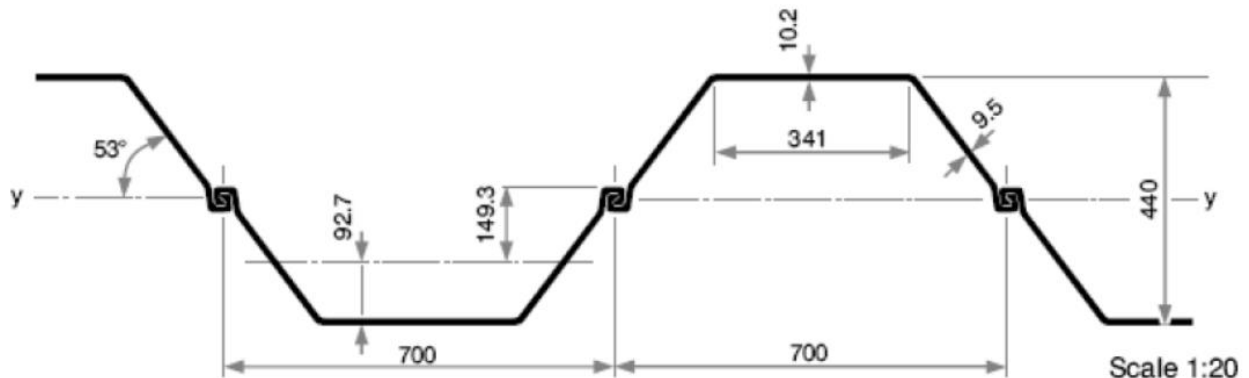
2. DESCRIZIONE GENERALE DELLE STRUTTURE E TIPOLOGIA DI INTERVENTO

L'intervento in progetto è la nuova costruzione di un'opera geotecnica e nello specifico di un palancoleto metallico a protezione della sponda meridionale del piccolo invaso presente nell'oasi di riequilibrio ecologico di San Matteo di Medolla.

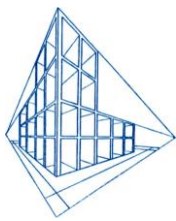
La progettazione esecutiva del palancoleto richiede una particolare attenzione sia per le condizioni geotecniche determinate dal posizionamento dell'opera sia, principalmente, per la necessità di dovere attraversare una zona al di sotto della quota del livello idrico dell'invaso in cui può sussistere la possibilità siano presenti materiali grossolani di scarto anche in profondità dovuti al fatto che l'area di riequilibrio ecologico è una ex-cava dismessa negli anni 70.

Del resto non è apparso vantaggioso allontanare di molto il palancoleto metallico rispetto al piede della scarpata emersa poiché si sarebbe venuto a trovare lungo il pendio attualmente sommerso e sempre più distante dalla sommità della scarpata esistente. In tale posizione, in fase di esecuzione dei lavori, si renderebbe necessario abbassare di molto la quota del pelo dell'acqua e conseguentemente attendere che il terreno superficiale si asciughi per consentire al personale addetto di poter lavorare in sicurezza ed inoltre il riempimento a tergo del palancoleto, previsto di materiale drenante per una sua quota parte al fine di abbattere il carico idraulico spingente sull'opera in progetto, aumenterebbe in maniera considerevole e pertanto aumenterebbero i costi di conseguenza.

Anche al fine di assecondare le esigenze naturalistiche in termini di eco-compatibilità e rimovibilità eventuale dell'opera, si adotta una paratia composta da palancole in acciaio S355 di profilo ad U del tipo "LARSSSEN 704" o equivalenti, aventi le seguenti caratteristiche geometrico-meccaniche:



| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|-----------------|------------------------|---|---------------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 5 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

L704

LARSEN 704

Section width per D = 1400 mm

| | Unit | Per m wall | Single pile | Double pile | Triple pile | |
|---|----------------------|-------------------|--------------|-------------|-------------|------------------------|
| Elastic section modulus¹⁾ | W_y | cm ³ | 1600 | E | D | Dr⁴⁾ |
| | W_z | cm ³ | – | 1320 | – | – |
| Plastic section modulus ¹⁾ | W_y | cm ³ | 1864 | – | – | – |
| Weight | | kg/m | 115.0 | 80.5 | 161.0 | 241.5 |
| Cross sectional area | | cm ² | 146.4 | 102.5 | 205.0 | 307.5 |
| Circumference ²⁾ | | cm | 260 | 211 | 392 | 574 |
| Coating area ³⁾ | | m ² /m | 2.60 | 1.99 | 3.80 | 5.62 |
| Static moment | S_y | cm ³ | 960 | – | – | – |
| Second moment of inertia | I_y | cm ⁴ | 35200 | 7910 | 49280 | 68255 |
| | I_z | cm ⁴ | – | 42020 | – | – |
| Radius of gyration | i_y | cm | 15.50 | 8.80 | 15.50 | 14.90 |

1) Section modulus referred:

E and Dr – the heavy axis of the respective element; D and per m wall – the wall axis y-y.

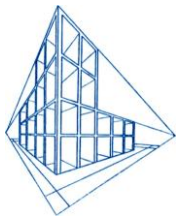
The section modulus of D, Dr u. per m wall requires locking of the factory-crimped interlocks to accommodate the shear forces.

2) Including the internal surface of free interlocks of single, double and triple piles.

3) Without interlock interior – two-side coating.

4) Rolling/delivery on request only.

| | | | |
|-----------------|------------------------|---|---------------------|
| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 6 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

3 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO DELL'AZIONE SISMICA

Gli spettri di risposta impiegati sono ricavati in funzione del reticolo di riferimento definito nella "Tabella 1" (parametri spettrali) in allegato alle Norme Tecniche 17 gennaio 2018 .

Tale tabella fornisce, in funzione delle coordinate geografiche (latitudine, longitudine), alcuni dei parametri necessari a tracciare lo spettro. I parametri forniti dal reticolo di riferimento sono:

a_g : accelerazione orizzontale massima del terreno;

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^*_c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

La trilogia di valori qui descritta, è definita per un periodo di ritorno assegnato (TR), definito in base alla probabilità di superamento di ciascuno degli stati limite.

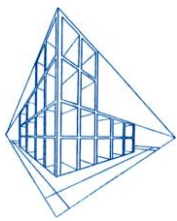
Tali valori, saranno pertanto definiti per ciascuno degli stati limite esaminati. Lo spettro sismico dipende anche dalla "Categoria del suolo" e dalla "Categoria topografica".

Alla struttura viene assegnata classe d'uso II.

| Dettagli | |
|---------------------|--|
| Tipo di Opera | Opera ordinaria |
| Classe d'Uso | II - Normali affollamenti e industrie non pericolose |
| Vita Nominale | 50 anni |
| Vita di Riferimento | 50 anni |
| <hr/> | |
| Comune | Medolla |
| Provincia | Modena |
| Regione | Emilia Romagna |
| Latitudine | 44,848295 |
| Longitudine | 11,070389 |

| N.T.C. 2008 / 2018 | | | |
|---|--------|-------|-------|
| | SLU | SLE | |
| Accelerazione al suolo a_g [m/s^2] | 1,467 | 0,496 | |
| Accelerazione al suolo a_g [% di g] | 0,150 | 0,051 | |
| Massimo fattore amplificazione spettro orizz. F_0 | 2,588 | 2,494 | |
| Periodo inizio tratto spettro a velocità costante T^*_c | 0,269 | 0,268 | |
| Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico S_s | Tipo C | 1,468 | 1,500 |
| Coefficiente di riduzione (β_s) | 0,380 | 0,470 | |

| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|----------|-----------------|--|--------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 7 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

4 DESCRIZIONE DEI MATERIALI

In accordo con le caratteristiche del sito e conformemente con le destinazioni d'uso dell'area di riequilibrio ecologico si prevede l'impiego di materiali eco-compatibili e rimovibili. In particolare si vuole evitare l'utilizzo di calcestruzzo in opera privilegiando il materiale acciaio.

I materiali costituenti gli elementi strutturali sono:

- Acciaio da carpenteria metallica S355 (paratia metallica in palancole tipo "Larsen L704"; profili in acciaio di testata);
- Bulloneria strutturale non a serraggio controllato (bulloni di collegamento fra profilo sommitale e palancole).

4.1 ACCIAIO DA CARPENTERIA

Nel seguito le caratteristiche dell'acciaio da carpenteria metallica impiegato per la realizzazione di tutte le strutture metalliche in elevazione: colonne, capriate, controventi piastre e fazzoletti di collegamento.

Descrizione: descrizione o nome assegnato all'elemento.

E: modulo di elasticità longitudinale del materiale per edifici o materiali nuovi. [daN/m²]

G: modulo di elasticità tangenziale del materiale, viene impiegato nella modellazione di aste e di elementi guscio a comportamento ortotropo. [daN/m²]

Poisson: coefficiente di Poisson. Il valore è adimensionale.

γ: peso specifico del materiale. [daN/m³]

α: coefficiente longitudinale di dilatazione termica. [°C⁻¹]

| Descrizione | E | G | Poisson | γ | α |
|-------------|-------------|----------------------|---------|------|----------|
| S355 | 21000000000 | Default (8076923077) | 0.3 | 7850 | 0.000012 |

Descrizione: descrizione o nome assegnato all'elemento.

Tipo: descrizione per norma.

fy(s<=40 mm): resistenza di snervamento fy per spessori <=40 mm. [daN/m²]

fy(s>40 mm): resistenza di snervamento fy per spessori >40 mm. [daN/m²]

fu(s<=40 mm): resistenza di rottura per trazione fu per spessori <=40 mm. [daN/m²]

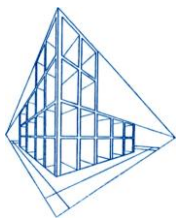
fu(s>40 mm): resistenza di rottura per trazione fu per spessori >40 mm. [daN/m²]

| Descrizione | Tipo | fy(s<=40 mm) | fy(s>40 mm) | fu(s<=40 mm) | fu(s>40 mm) |
|-------------|------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| S355 | S355 | 35500000 | 33500000 | 51000000 | 47000000 |

4.2 BULLONERIA STRUTTURALE

Per tutte le connessioni bullonate si impiega bulloneria strutturale non a serraggio controllato ad alta resistenza classe 8.8 tab.11.3.XII.b § 11.3.4.6.1 NTC 2018.

| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|-----------------|------------------------|---|---------------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 8 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

5 CARATTERISTICHE DEL TERRENO E CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO

Nel presente paragrafo vengono riportate le caratteristiche del terreno e la categoria di sottosuolo con riferimento alla relazione geologico-geotecnica in data Maggio 2017 redatta in data dal Dott. Geol. Lorenzo Del Maschio iscritto all'ordine dei Geologi della Regione Lazio al n°1725.

Al fine di determinare la ricostruzione delle caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni di fondazione sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche e geofisiche come riportato al §5 dell'elaborato "E-00-S-R-06a_Relazione geologica":

- n. 6 prove penetrometriche statiche elettriche con piezocono (CPTU01, CPTU02, CPTU03, CPTU04, CPTU05 e CPTU06) spinte alla profondità massima di 17.45 m dal p.c.;
- n. 1 indagine sismica passiva di microtrempi (HV01);
- n. 1 indagine sismica attiva MFA-Hs (in onde Rayleigh).



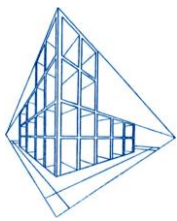
Figura 5.1: Ubicazione delle indagini geognostiche e sismiche.

Si riporta di seguito la classificazione geotecnica del volume significativo dei terreni presenti nell'area, estratto dall'elaborato "E-00-S-R-06a_Relazione geologica" allegata al presente progetto esecutivo.

A seguito di prove penetrometriche sono state desunte le caratteristiche geotecniche del terreno anche riportate al §11 "considerazioni conclusive" della relazione geotecnica che si riportano in seguito.

- 0.20 - 1.00 m Al di sotto del terreno vegetale argille limose sovraconsolidate (Litotipo A);

| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|-----------------|------------------------|---|---------------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 9 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

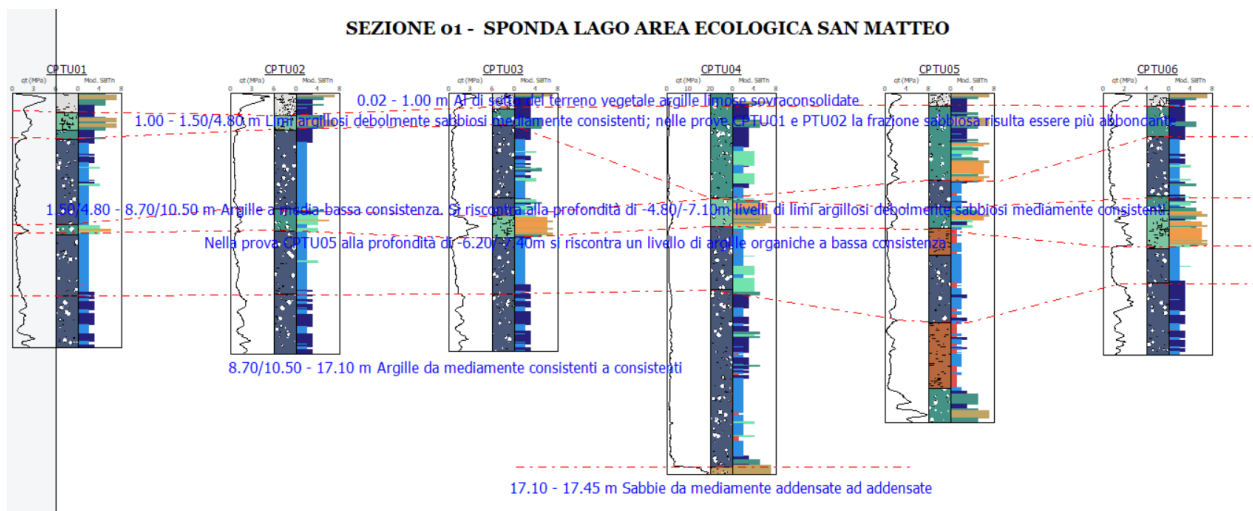
PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fig.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

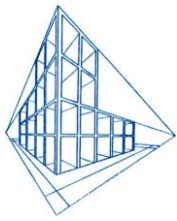
- 1.50/4.80 m Limi argillosi debolmente sabbiosi mediamente consistenti; nelle prove CPTU01 e CPTU02 la frazione sabbiosa risulta essere più abbondante (Litotipo B);
- 1.50/4.80 - 8.70/10.50 m Argille a media-bassa consistenza. Si riscontra alla profondità di -4.80/-7.10m livelli di limi sabbiosi-argillosi a medio-basso addensamento. Nella prova CPTU05 alla profondità di -6.20/7.40m si riscontra un livello di argille organiche a bassa consistenza (Litotipo C);
- 8.70/10.50 - 17.10 m Argille da mediamente consistenti a consistenti (Litotipo D);
- >17.10 m Sabbie da mediamente addensate ad addensate (Litotipo E).



Nella tabella che segue sono riportati i parametri geologico-tecnici e idrogeologici:

| Profondità dal p.c. (m) | Unità Formazionale | γ'_d (kN/m ³) | γ'_w (KN/m ³) | c'_k (kPa) | ϕ'_k (°) | C_{uk} (kPa) |
|----------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|--------------|---------------|----------------|
| 0.20 - 1.00 | Al di sotto del terreno vegetale argille limose sovraconsolidate (A) | 17 | 19 | 7 | 19 | 100 |
| 1.00 - 1.50/4.80 | Limi argillosi debolmente sabbiosi mediamente consistenti; nelle prove CPTU01 e CPTU02 la frazione sabbiosa risulta essere più abbondante (B) | 17 | 19 | 5 | 24 | 110 |
| 1.50/4.80 - 8.70/10.50 | Argille a media-bassa consistenza. Si riscontra alla profondità di -4.80/-7.10m livelli di limi sabbiosi-argillosi a medio-basso addensamento. Nella prova CPTU05 alla profondità di -6.20/7.40m | 14 | 17 | 2 | 14 | 35 |

| | | | |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 10 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

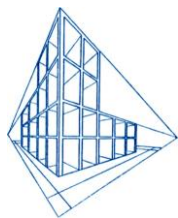
ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

| | | | | | | |
|--------------------|--|----|----|---|----|-----|
| | si riscontra un livello di argille organiche a bassa consistenza (C) | | | | | |
| 8.70/10.50 - 17.10 | Argille da mediamente consistenti a consistenti (D) | 17 | 19 | 4 | 19 | 100 |
| > 17.10 | Sabbie da mediamente addensate ad addensate (E) | 18 | 20 | 0 | 30 | / |

| Profondità dal p.c. (m) | Unità Formazionale | γ'_d (kN/m ³) | γ'_w (KN/m ³) | Coeff. di Poisson (v) | Modulo Elastico E' (kPa) | Modulo Edometrico E _d (kPa) |
|-------------------------|---|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|--|
| 0.20 - 1.00 | Al di sotto del terreno vegetale argille limose sovraconsolidate (A) | 17 | 19 | 0.35 | / | 7000 |
| 1.00 - 1.50/4.80 | Limi argillosi debolmente sabbiosi mediamente consistenti; nelle prove CPTU01 e CPTU02 la frazione sabbiosa risulta essere più abbondante (B) | 17 | 19 | 0.35 | / | 8000 |
| 1.50/4.80 - 8.70/10.50 | Argille a media-bassa consistenza. Si riscontra alla profondità di -4.80/-7.10m livelli di limi sabbiosi-argillosi a medio-basso addensamento. Nella prova CPTU05 alla profondità di -6.20/7.40m si riscontra un livello di argille organiche a bassa consistenza (C) | 14 | 17 | 0.45 | / | 3000 |
| 8.70/10.50 - 17.10 | Argille da mediamente consistenti a consistenti (D) | 17 | 19 | 0.4 | / | 7000 |
| > 17.10 | Sabbie da mediamente addensate ad addensate (E) | 18 | 20 | 0.3 | 30000 | / |

| Profondità dal p.c. (m) | Unità Formazionale | γ'_d (kN/m ³) | γ'_w (KN/m ³) | K _b (m/s) |
|-------------------------|---|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| 0.20 - 1.00 | Al di sotto del terreno vegetale argille limose sovraconsolidate (A) | 17 | 19 | / |
| 1.00 - 1.50/4.80 | Limi argillosi debolmente sabbiosi mediamente consistenti; nelle prove CPTU01 e CPTU02 la frazione sabbiosa risulta essere più abbondante (B) | 17 | 19 | 4.97/9.76 x 10 ⁻⁹ |

| | | | |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 11 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

| | | | | |
|------------------------|---|----|----|-----------------------|
| 1.50/4.80 - 8.70/10.50 | Argille a media-bassa consistenza. Si riscontra alla profondità di -4.80/-7.10m livelli di limi sabbiosi-argillosi a medio-basso addensamento. Nella prova CPTU05 alla profondità di -6.20/7.40m si riscontra un livello di argille organiche a bassa consistenza (C) | 14 | 17 | 3.28×10^{-8} |
| 8.70/10.50 - 17.10 | Argille da mediamente consistenti a consistenti (D) | 17 | 19 | 7.02×10^{-9} |
| > 17.10 | Sabbie da mediamente addensate ad addensate (E) | 18 | 20 | / |

Con riferimento al §8 della sopra citata relazione è stata riscontrata una **categoria di sottosuolo "C"** desunta in seguito all'esecuzione di indagine sismica attiva "MFA-hs" +sismica passiva HVSR con valore minimo rilevato pari a $V_{s,30}=206:223$ m/s.

Siccome il substrato (bedrock) giace ad una profondità superiore a 30m dalla testa dell'opera di sostegno si ha che $V_{s,30}=V_{s,Eq}$ in accordo con il §3.3.2 NTC 2018.

Per quanto riguarda la natura dei terreni presenti è emerso che esistono all'interno del litotipo "C" la presenza di lenti limo-sabbiose sciolte che evidenziano una predisposizione alla liquefacibilità in caso di sisma.

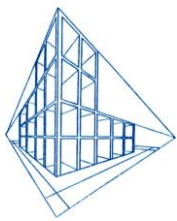
La verifica dell'Indice del potenziale di liquefazione (I_L), condotta con i metodi empirici di letteratura ed in particolare con il metodo di Idriss e Boulanger (2008) e Boulanger e Idriss (2014) sulle verticali di indagine geognostica effettuate, definito dalla seguente relazione:

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz$$

risulta secondo la classificazione di Sonmez (2003), adottata anche dalla Regione Emilia-Romagna, da "Basso a Elevato" a seconda della verticale indagata, come si evince dalle tabelle sotto allegate.

| PROVA | INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE I_L (I&B 2008) | INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE I_L (B&I 2014) | RISCHIO (Sonmez 2003) |
|--------|---|---|--------------------------|
| CPTU01 | 0.75 | 0.79 | BASSO |
| CPTU02 | 1.04 | 1.09 | BASSO |
| CPTU03 | 2.69 | 3.05 | MODERATO |
| CPTU04 | 3.75 | 3.82 | MODERATO |

| | | | |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 12 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

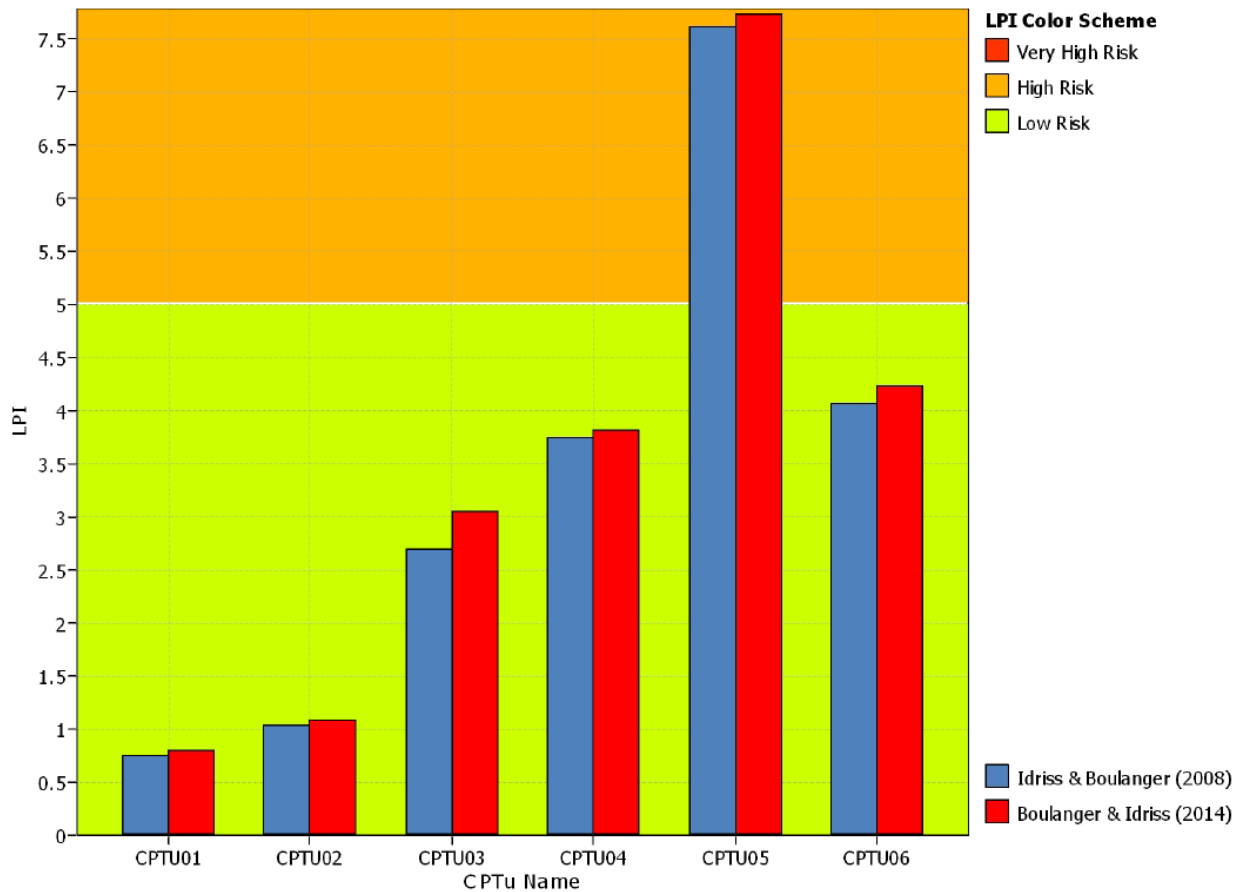
PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

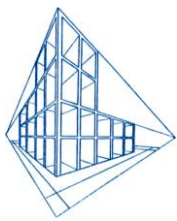
ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

| | | | |
|--------|------|------|----------|
| CPTU05 | 7.61 | 7.73 | ELEVATO |
| CPTU06 | 4.06 | 4.24 | MODERATO |



Come riportato al §11 pag 81 della relazione geologico-tecnica precedentemente citata, lo spessore e la profondità degli strati potenzialmente liquefacibili risultano contenuti rispetto alle coperture sovrastanti non liquefacibili tanto da non produrre manifestazioni superficiali in accordo con il metodo di Ishihara 1985

| | | | |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 13 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

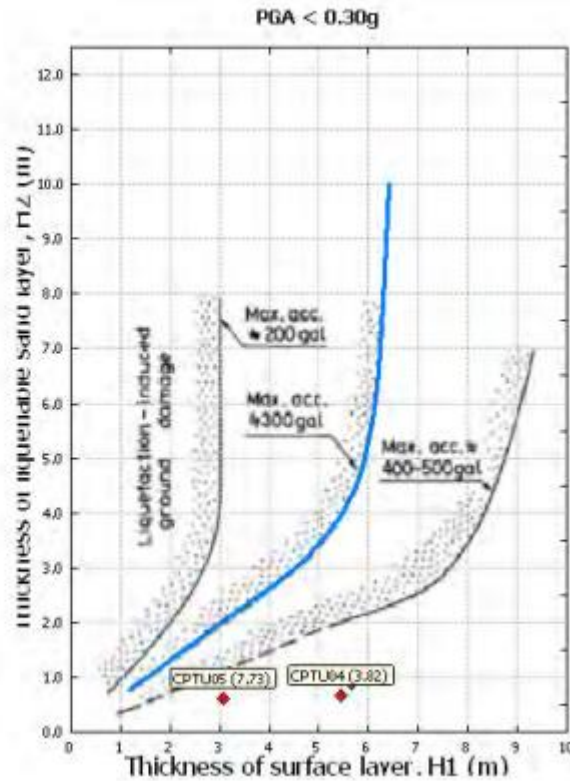
PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

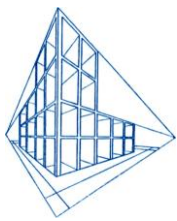
- Metodo di Boulanger & Idriss (2014)



Ogni modo, in accordo con il criterio del favore in sicurezza ed al fine garantire un modello di calcolo della paratia robusto e coerente, si è provveduto ad azzerare le caratteristiche meccaniche degli strati risultati potenzialmente liquefacibili ove essi sono stati rilevati nelle verticali indagate. Ciò ha portato al dimensionamento di lunghezze di infissione differenziate lungo lo sviluppo lineare del palancoleto.

Per quanto riguarda le CPTU01 e 02 non sono risultate evidenze di lenti potenzialmente liquefacibi.

| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 14 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

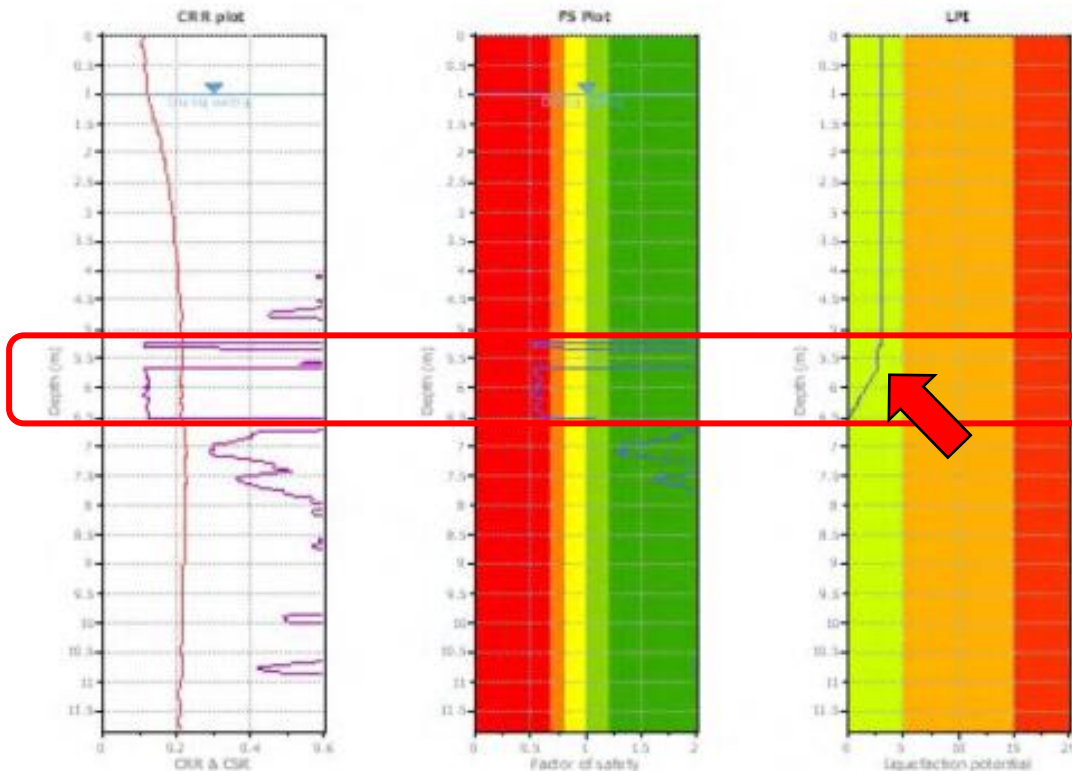
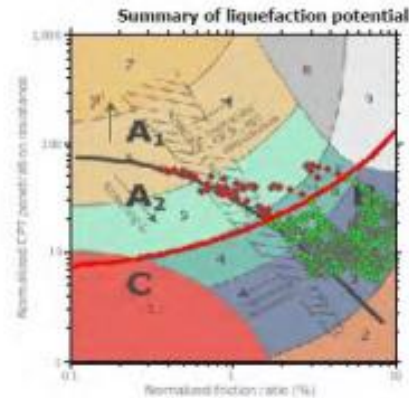
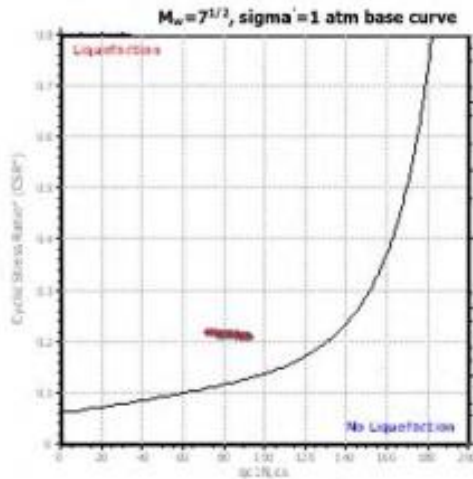
Fig.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

Per quanto riguarda la verticale in corrispondenza della prova CPTU03, lo strato potenzialmente liquefacibile è risultato ad una profondità compresa fra 5.5 e 6.5m come sotto riportato.

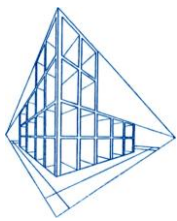
- Metodo di Boulanger & Idriss (2014)

CPTU03



Abbiamo che i livelli risultano essere non liquefacibili con $I_L = 3.05$

| | | | |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 15 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fig.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

Si è pertanto provveduto alla definizione di un apposito strato denominato “lii sabbiosi potenzialente liquefacibili” al quale sono state assegnate proprietà nulle di angolo di attrito e coesione.

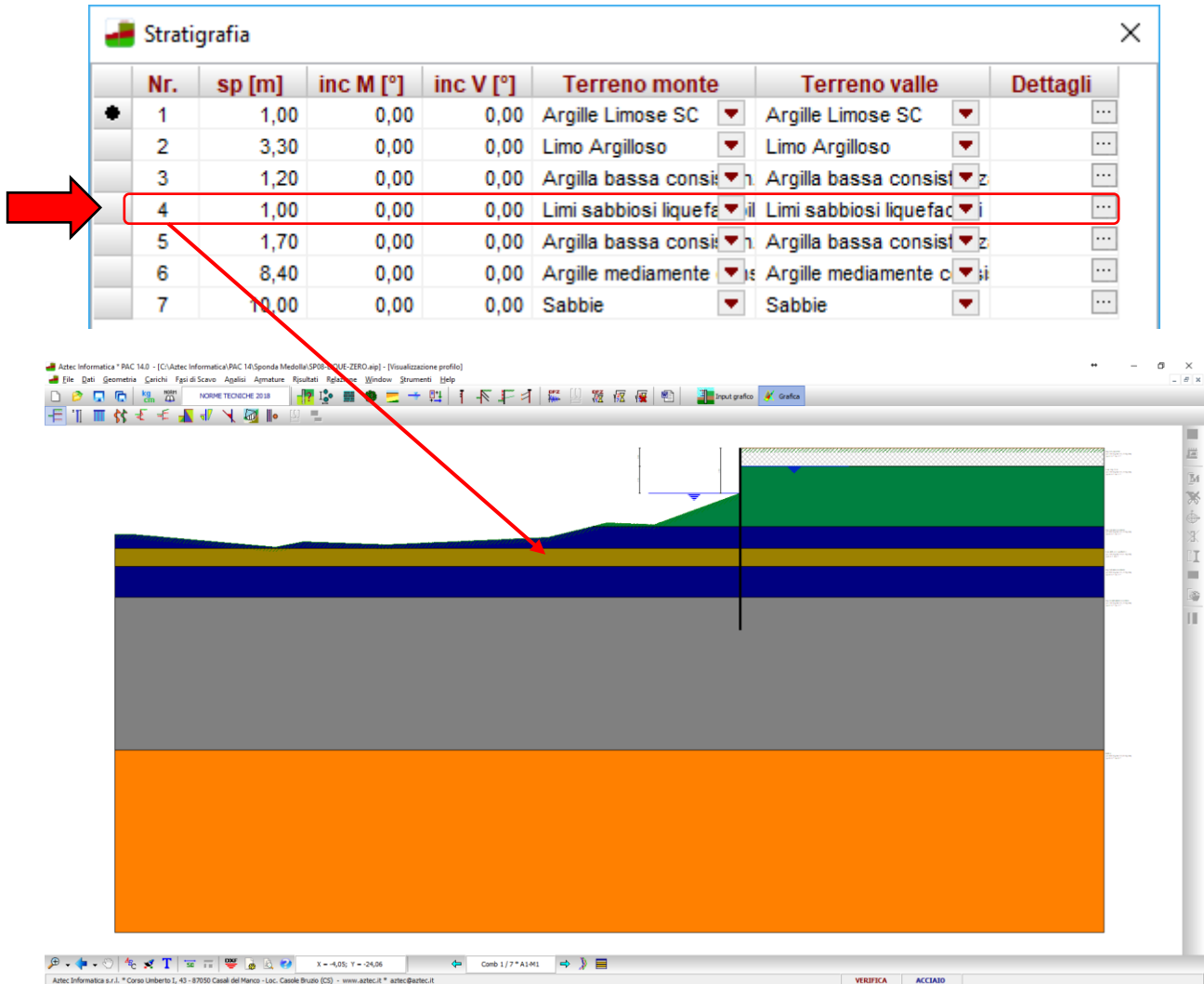
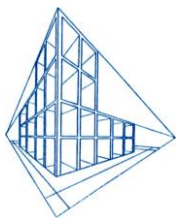


Figura 4 Stratigrafia di calcolo in corrispondenza della sezione 08 (CPTU03): evidenza dello strato potenzialente liquefacibile opportunamente modellato.

| | | | |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 16 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

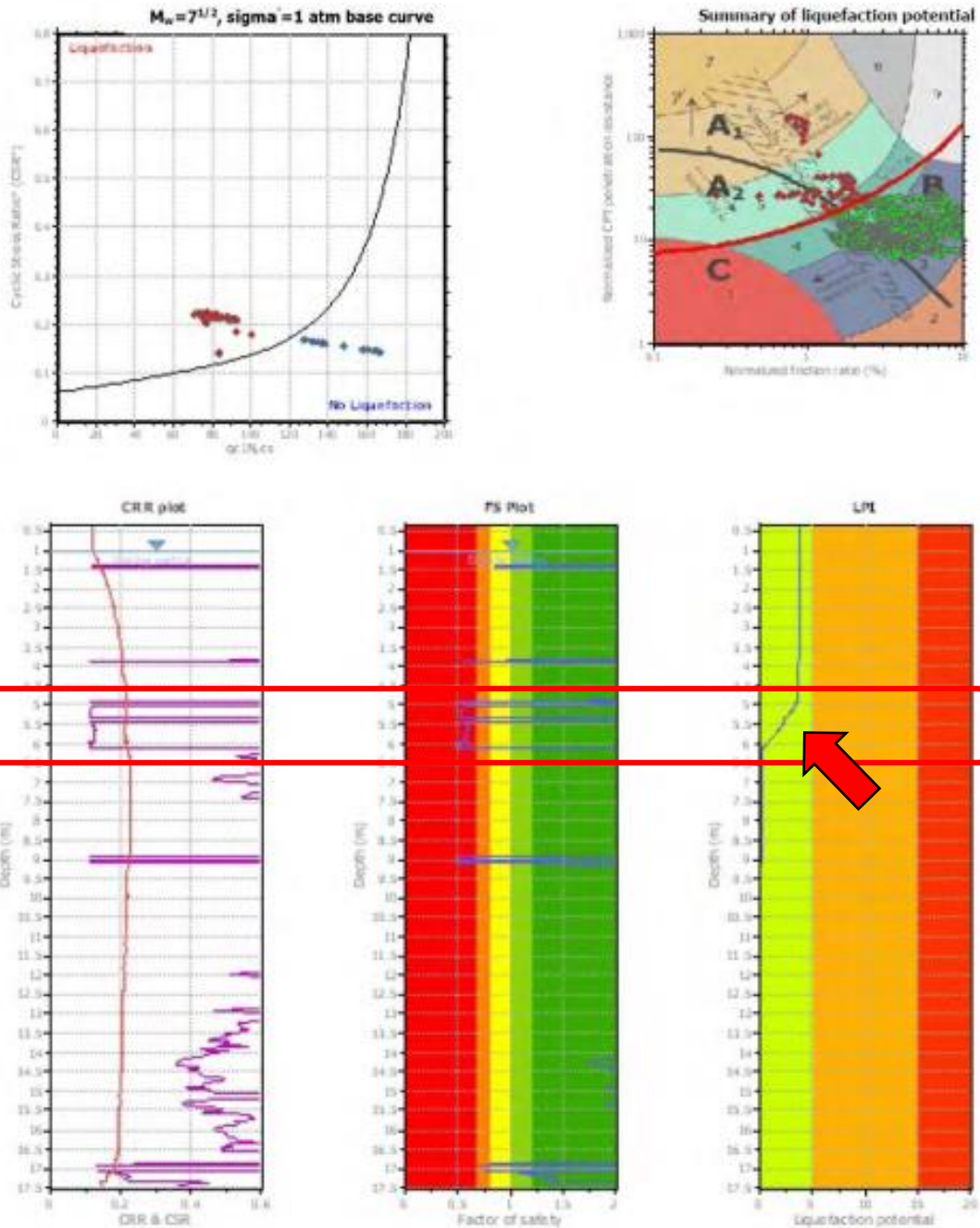
Fig.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

Si veda sotto il caso per la prova CPTU04 dove lo strato liquefacibile è risultato ad una profondità compresa fra 4.8 e 6.1m.

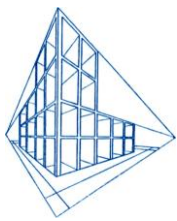
- Metodo di Boulanger & Idriss (2014)

CPTU04



Abbiamo che i livelli risultano essere non liquefacibili con $I_L = 3.82$

| | | | |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | |
| | | | Pag. 17 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fig.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

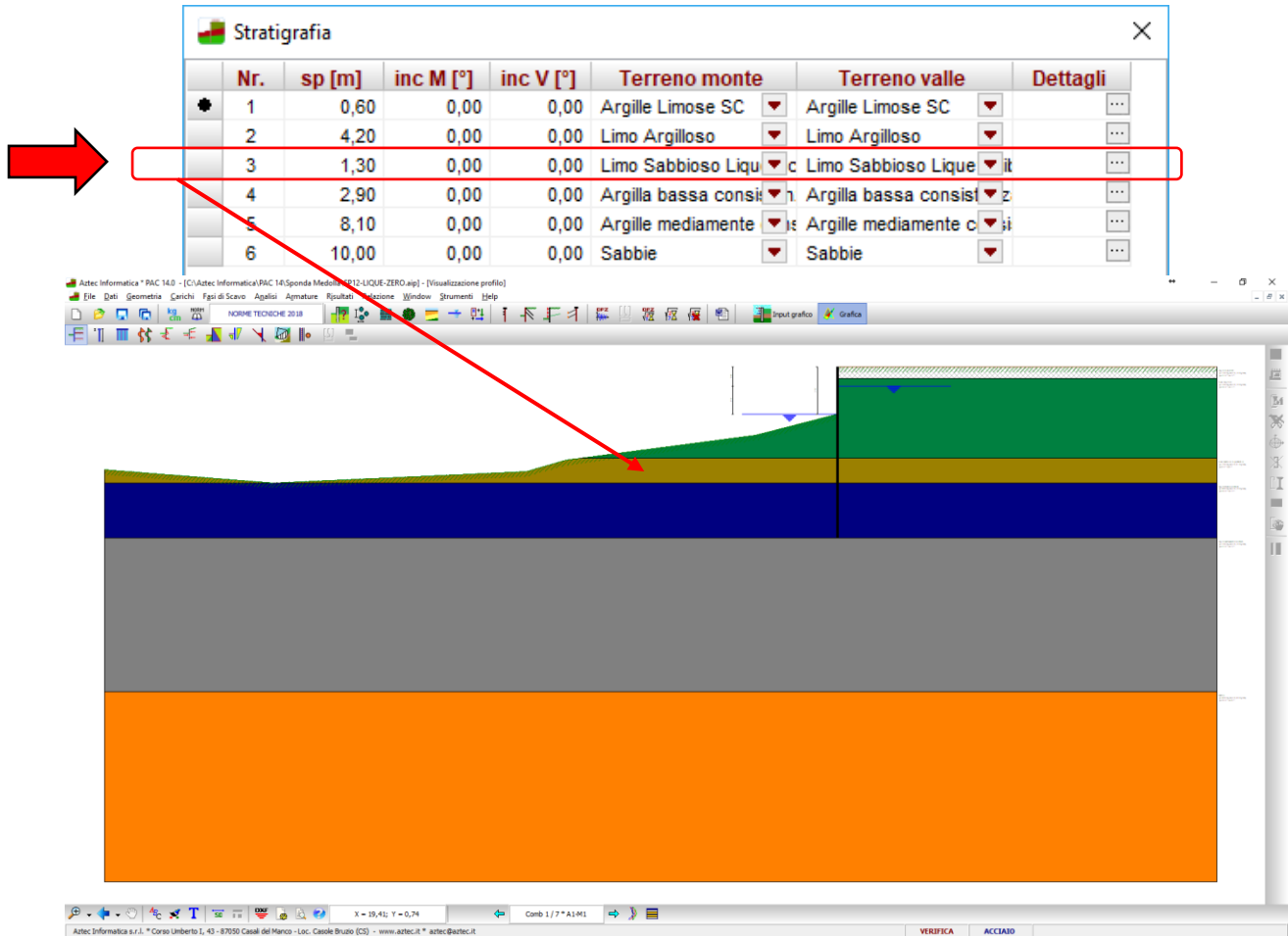
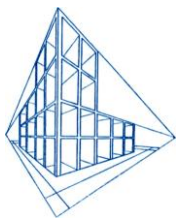


Figura 5 Stratigrafia di calcolo in corrispondenza della sezione 12 (CPTU04): evidenza dello strato potenzialmente liquefacibile opportunamente modellato.

| | | | |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 18 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

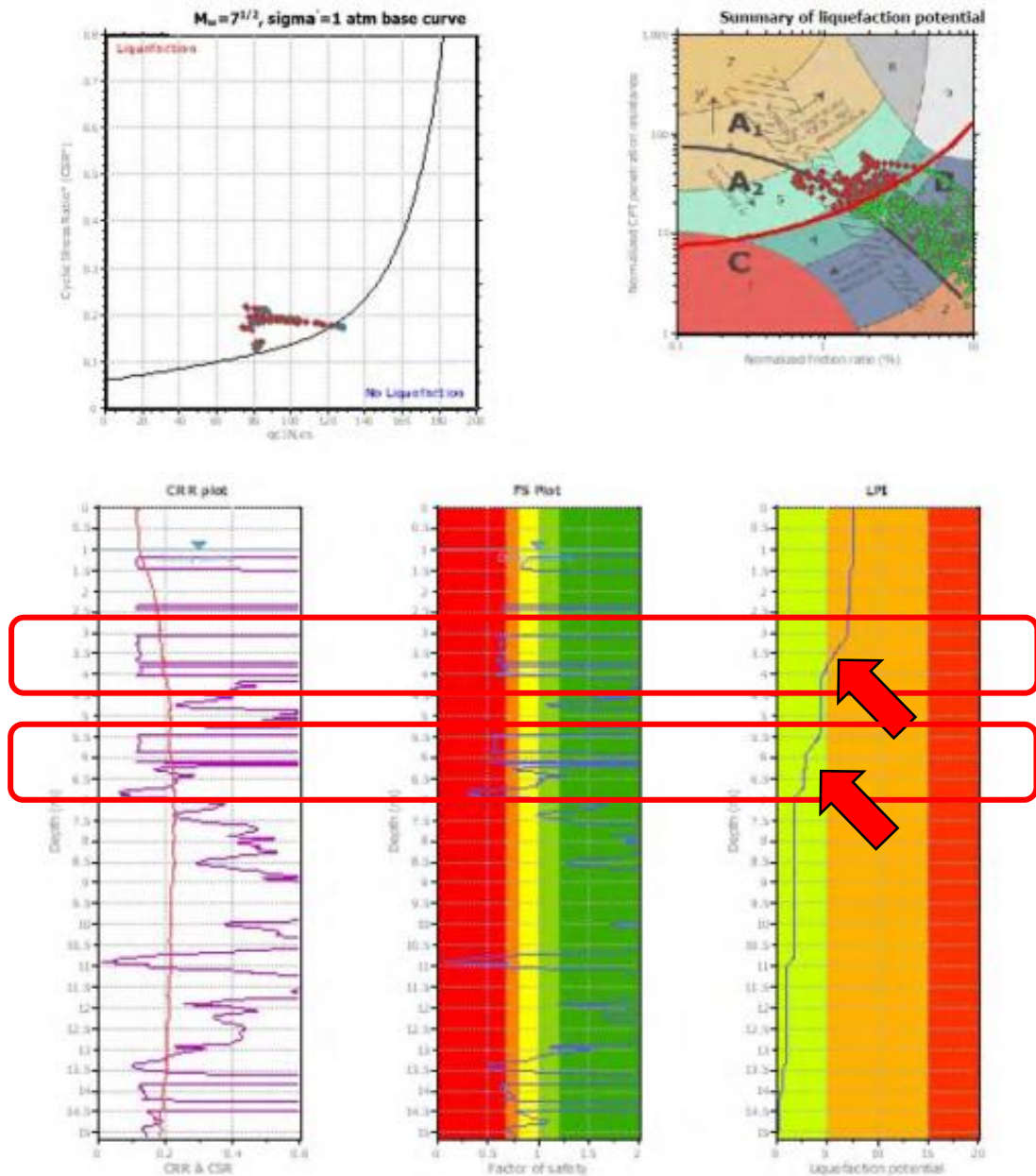
Fig.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

Si veda sotto il caso per la prova CPTU05 dove lo strato liquefacibile è risultato ad una profondità compresa fra 3.0 e 4.0m e fra 5.5 e 7.0m

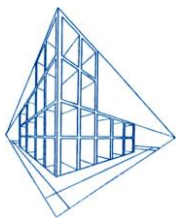
CPTU05

- Metodo di Boulanger & Idriss (2014)



Abbiamo che i livelli risultano essere non liquefacibili con $I_L = 7.73$

| | | | |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | |
| | | | Pag. 19 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO DEL SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fig.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

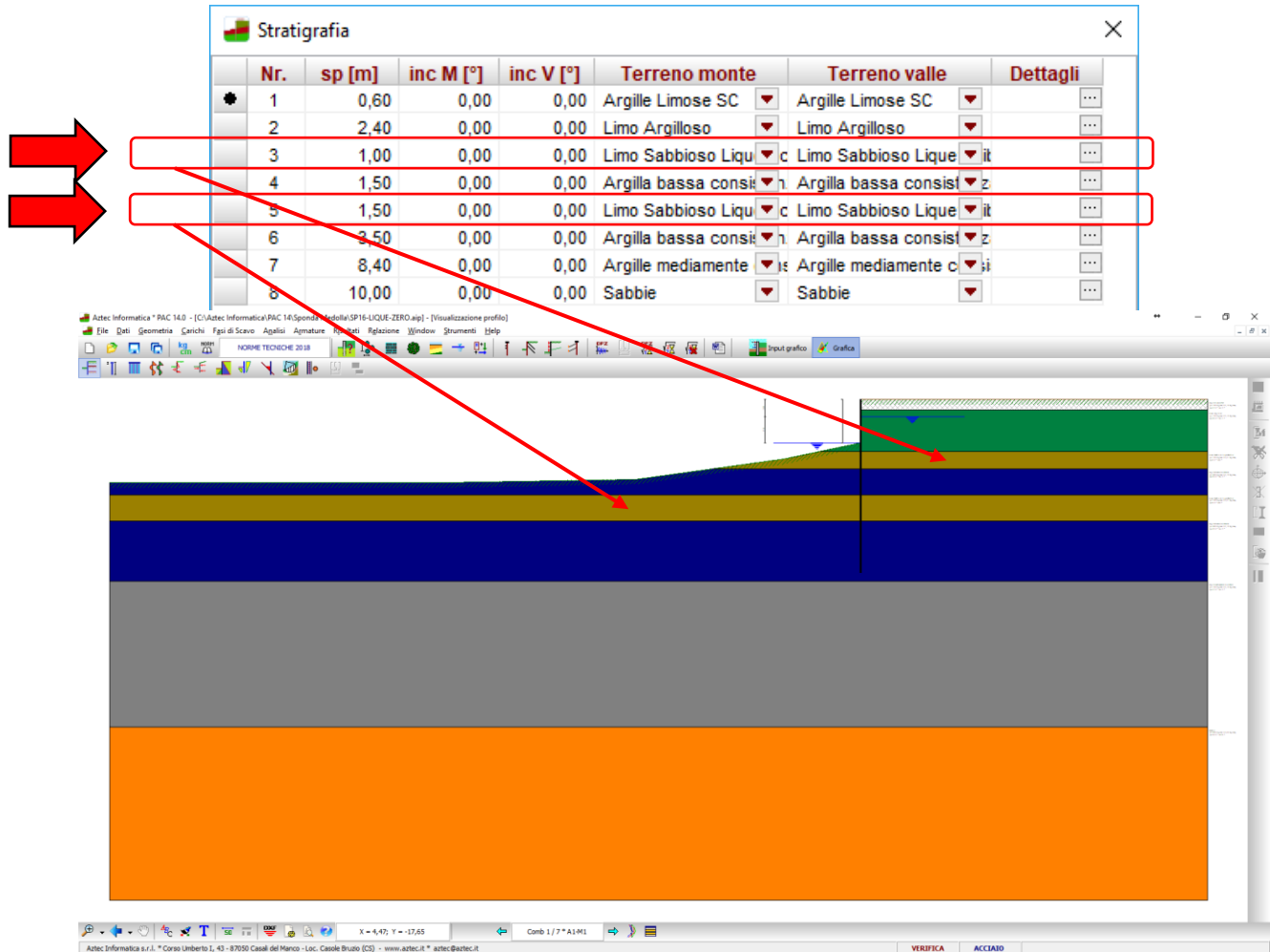
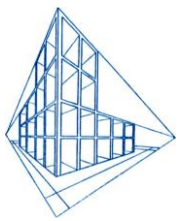


Figura 6 Stratigrafia di calcolo in corrispondenza della sezione 16 (CPTU05): evidenza dello strato potenzialmente liquefacibile opportunamente modellato.

| | | | |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 20 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

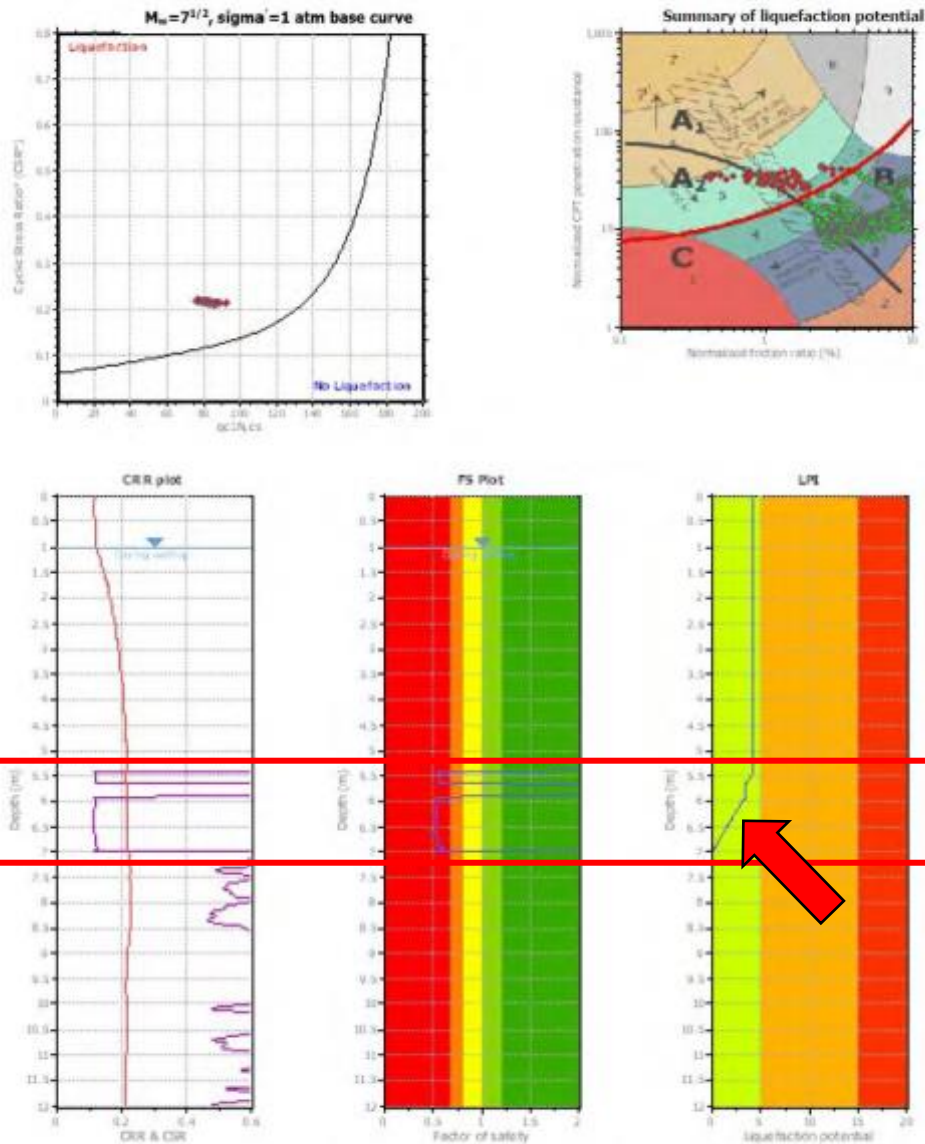
Fig.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

Si veda sotto il caso per la prova CPTU06 dove lo strato liquefacibile è risultato ad una profondità compresa fra 5.5 e 7.0m

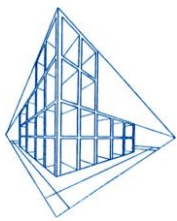
CPTU06

- Metodo di Boulanger & Idriss (2014)



Abbiamo che i livelli risultano essere non liquefacibili con $I_L = 4.24$

| | | | |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 21 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO DEL SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fig.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

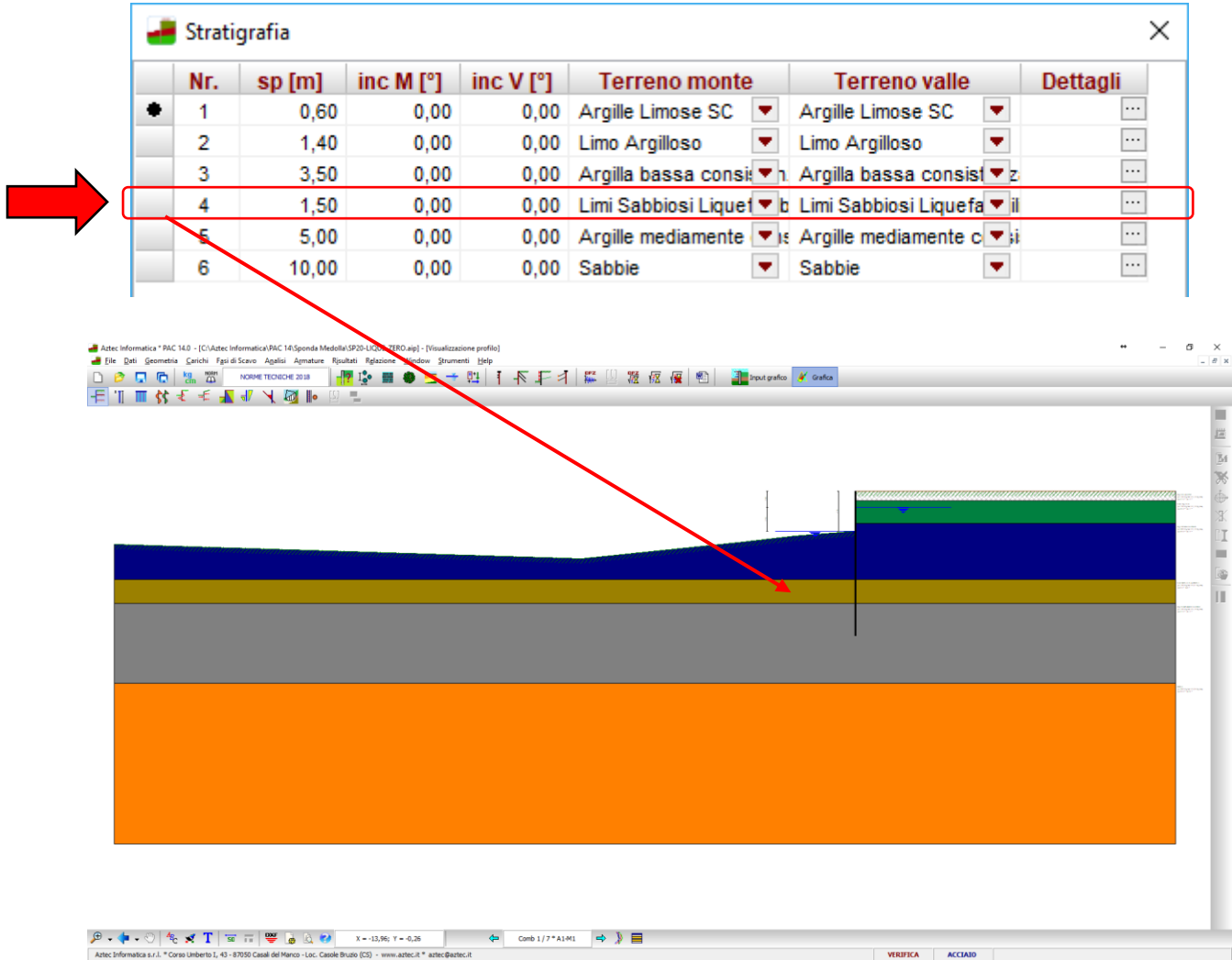
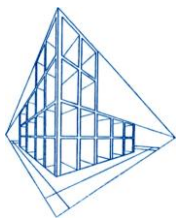


Figura 7 Stratigrafia di calcolo in corrispondenza della sezione 20 (CPTU06): evidenza dello strato potenzialmente liquefacibile opportunamente modellato.

| | | | |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 22 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

L'opera in progetto pertanto avrà uno sviluppo lineare di 110 metri ed una profondità di infissione che varia da -9.00 m dal p.c. per i primi 40 m lineari situati in corrispondenza delle sezioni topografiche dalla "0" alla "8" (CPTU 01 e CPTU02) a -10.00 m dal p.c. per i restanti 70 m situati in corrispondenza delle sezioni topografiche dalla "9" alla "22" (CPTU03, CPTU04, CPTU05 e CPTU06). Si faccia riferimento all'immagine seguente per l'identificazione delle sezioni.

Rilievo planimetrico

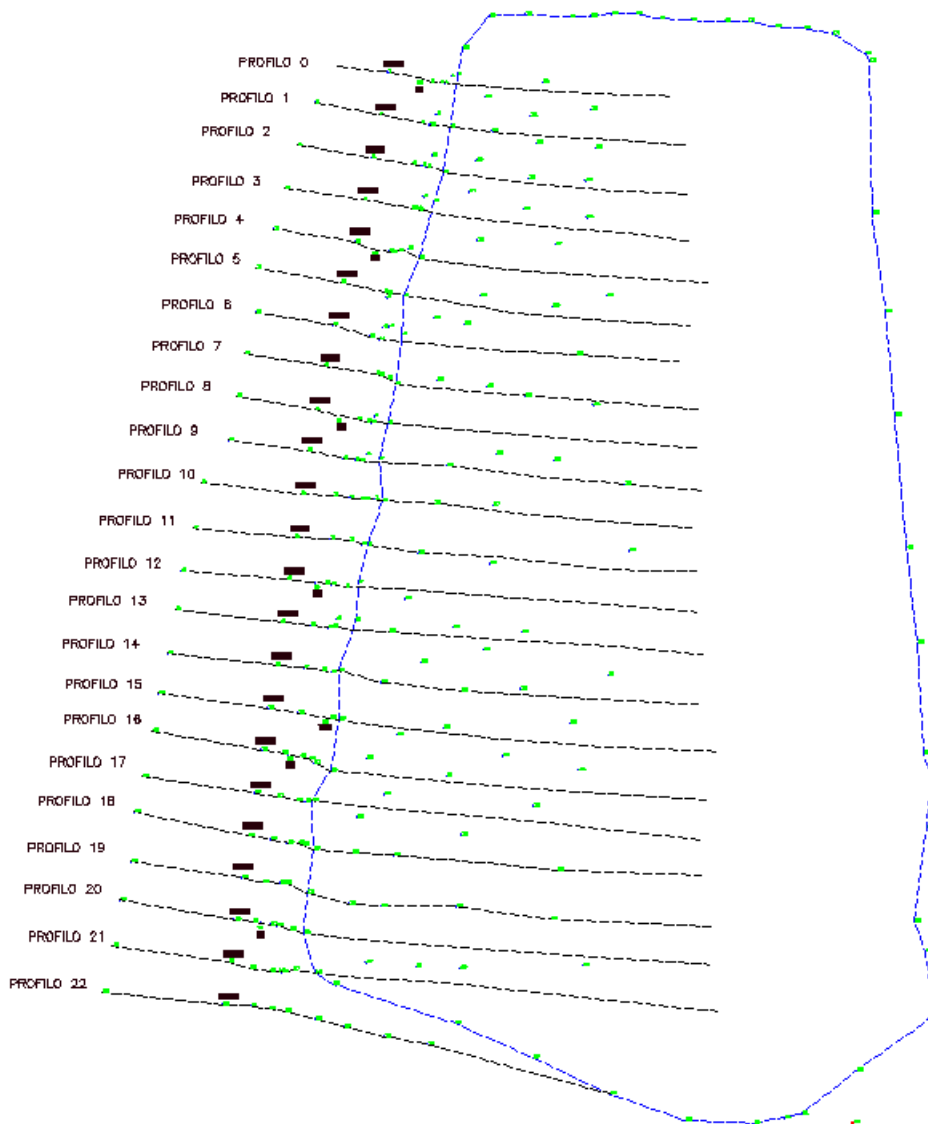
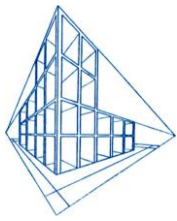


Figura 3: Rilievo planimetrico della zona oggetto di intervento: identificazione delle sezioni.

| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 23 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI
RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

6 ILLUSTRAZIONE DEI CRITERI DI PROGETTAZIONE E DI MODELLAZIONE E METODO DI ANALISI

La tipologia strutturale è quella tipica delle paratie flessibili in acciaio (palancoleto).

6.1 CALCOLO DELLA PROFONDITÀ DI INFISSIONE

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la contropinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.

Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la contropinta sarà assente.

Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, contropinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).

Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).

Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

- K_{am}** diagramma della spinta attiva agente da monte
- K_{av}** diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
- K_{pm}** diagramma della spinta passiva agente da monte
- K_{pv}** diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

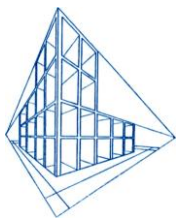
$$D_m = K_{pm} - K_{av} \quad e \quad D_v = K_{pv} - K_{am}$$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.

Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione si può agire con tre modalità :

1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su $\tan(\phi)$ e sulla coesione

| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 24 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI
RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

6.2 CALCOLO DELLA SPINTE

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).

La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione p rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di falda

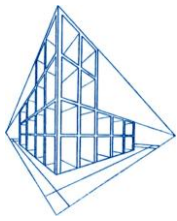
Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume efficace

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

dove γ_{sat} è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e γ_w è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.

Il regime di filtrazione della falda può essere *idrostatico* o *idrodinamico*.

| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 25 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

Nell'ipotesi di regime idrostatico sia la falda di monte che di valle viene considerata statica, la pressione in un punto a quota h al di sotto della linea freatica sarà dunque pari a:

$$\gamma_w \times h$$

Spinta in presenza di sisma

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con W il peso del cuneo e con C il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W * C$$

Indicando con S la spinta calcolata in condizioni statiche e con S_s la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/3 dell'altezza della parete stessa (diagramma triangolare con vertice in alto).

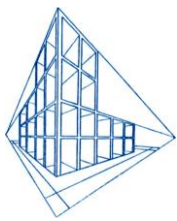
6.3 ANALISI AD ELEMENTI FINITI

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_f l'area di armatura nel tirante ed E_s il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad L , area A_f , inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico E_s . La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.

I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 26 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI
RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

6.3.1 SCHEMATIZZAZIONE DEL TERRENO

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidità della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k , è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo $[F/L^3]$. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale ($b=100$ cm) occorre ricavare l'area equivalente, A_m , della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicato con E_m il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in Kg/cm^2), l'equivalenza, in termini di rigidità, si esprime come

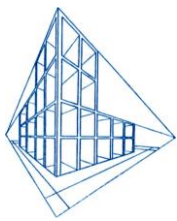
$$A_m = 10000 \times \frac{k \Delta_m}{E_m}$$

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidità flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidità di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidità degli elementi della paratia (elementi a rigidità flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidità dei tiranti (solo rigidità assiale) e delle molle (rigidità assiale).

6.3.2 MODALITÀ DI ANALISI E COMPORTAMENTO ELASTO-PLASTICO DEL TERRENO

Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma *PAC*). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X_{max} ; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p_{max} . Tale pressione p_{max} può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema

| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 27 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI
RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidezza, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$Ku=p$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p_0 , fino a raggiungere il carico totale p . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassemblata escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassettaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).

Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

6.4 ANALISI PER FASI DI SCAVO

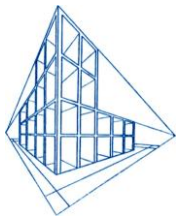
L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).

Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tenendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con u ed u_0 gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con s ed s_0 gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con K la matrice di rigidezza della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s=s_0+K(u-u_0)$$

6.5 VERIFICA ALLA STABILITÀ GLOBALE

| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 28 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10.

È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.

In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left(\frac{c b_i + (W_i - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine m è espresso da

$$m = \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i_{esima} rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i_{esima} , c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η . Quindi essa è risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

6.6 VERIFICHE IDRAULICHE

6.6.1 VERIFICA A SIFONAMENTO

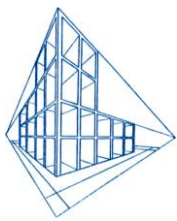
Per la verifica a sifonamento si utilizza il metodo del gradiente idraulico critico.

Il coefficiente di sicurezza nei confronti del sifonamento è dato dal rapporto tra il gradiente critico i_c e il gradiente idraulico di efflusso i_E .

$$FS_{SIF} = i_c / i_E$$

Il gradiente idraulico critico è dato dal rapporto tra il peso efficace medio γ_m del terreno interessato da filtrazione ed il peso dell'acqua γ_w .

| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 29 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

$$i_c = \gamma_m / \gamma_w$$

Il gradiente idraulico di efflusso è dato dal rapporto tra la differenza di carico ΔH e la lunghezza della linea di flusso L .

$$i_e = \Delta H / L$$

Il moto di filtrazione è assunto essere monodimensionale.

6.6.2 VERIFICA A SOLLEVAMENTO DEL FONDO SCAVO

Per la verifica a sollevamento si utilizza il metodo di Terzaghi.

Il coefficiente di sicurezza nei fenomeni di sollevamento del fondo scavo deriva da considerazioni di equilibrio verticale di una porzione di terreno a valle della paratia soggetta a tale fenomeno.

Secondo Terzaghi il volume interessato da sollevamento ha profondità D e larghezza $D/2$.

D rappresenta la profondità di infissione della paratia.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto tra il peso del volume di terreno sopra descritto W e la pressione idrica al piede della paratia U dovuta dalla presenza di una falda in moto idrodinamico.

$$FS_{\text{SCAVO}} = W / U$$

La pressione idrodinamica è calcolata nell'ipotesi di filtrazione monodimensionale.

7 INDICAZIONI DELLE PRINCIPALI COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

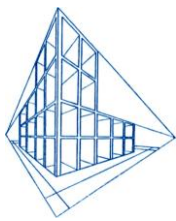
Combinazione n° 1 - SLU - STR (A1-M1-R1)

| Condizione | Fav/Sfav | γ | Ψ |
|----------------|----------|----------|--------|
| Spinta terreno | SFAV | 1.30 | |

Combinazione n° 2 - SLU - GEO (A2-M2-R1)

| Condizione | Fav/Sfav | γ | Ψ |
|----------------|----------|----------|--------|
| Spinta terreno | SFAV | 1.00 | |

| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 30 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fig.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

Combinazione n° 3 - SLV - GEO (A2-M2-R1)

| Condizione | Fav/Sfav | γ | Ψ |
|----------------|----------|----------|--------|
| Spinta terreno | SFAV | 1.00 | |

Combinazione n° 4 - SLE - Rara

| Condizione | Fav/Sfav | γ | Ψ |
|----------------|----------|----------|--------|
| Spinta terreno | SFAV | 1.00 | |

Combinazione n° 5 - SLE - Frequente

| Condizione | Fav/Sfav | γ | Ψ |
|----------------|----------|----------|--------|
| Spinta terreno | SFAV | 1.00 | |

Combinazione n° 6 - SLE - Quasi permanente

| Condizione | Fav/Sfav | γ | Ψ |
|----------------|----------|----------|--------|
| Spinta terreno | SFAV | 1.00 | |

Combinazione n° 7 - SLD

| Condizione | Fav/Sfav | γ | Ψ |
|----------------|----------|----------|--------|
| Spinta terreno | SFAV | 1.00 | |

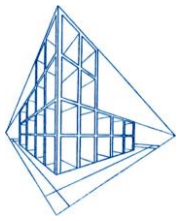
7.1 IMPOSTAZIONI DI PROGETTO

Spinte e verifiche secondo: Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (17/01/2018)

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

| Carichi | Effetto | | Statici | | Sismici | |
|---------------|-------------|------------------|---------|------|---------|------|
| | | | A1 | A2 | A1 | A2 |
| Permanenti | Favorevole | γ_{Gfav} | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Permanenti | Sfavorevole | γ_{Gsfav} | 1.30 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Permanenti ns | Favorevole | γ_{Gfav} | 0.80 | 0.80 | 0.00 | 0.00 |
| Permanenti ns | Sfavorevole | γ_{Gsfav} | 1.50 | 1.30 | 1.00 | 1.00 |
| Variabili | Favorevole | γ_{Qfav} | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Variabili | Sfavorevole | γ_{Qsfav} | 1.50 | 1.30 | 1.00 | 1.00 |

| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 31 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

| Carichi | Effetto | | Statici | | Sismici | |
|-----------------------|-------------|------------------|---------|------|---------|------|
| | | | A1 | A2 | A1 | A2 |
| Variabili da traffico | Favorevole | γ_{Qfav} | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Variabili da traffico | Sfavorevole | γ_{Qsfav} | 1.35 | 1.15 | 1.00 | 1.00 |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| Parametri | | Statici | | Sismici | |
|--------------------------------------|---------------------|---------|------|---------|------|
| | | M1 | M2 | M1 | M2 |
| Tangente dell'angolo di attrito | $\gamma_{\tan\phi}$ | 1.00 | 1.25 | 1.00 | 1.00 |
| Coesione efficace | γ_c | 1.00 | 1.25 | 1.00 | 1.00 |
| Resistenza non drenata | γ_{cu} | 1.00 | 1.40 | 1.00 | 1.00 |
| Resistenza a compressione uniassiale | γ_{qu} | 1.00 | 1.60 | 1.00 | 1.00 |
| Peso dell'unità di volume | γ_r | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

7.1.1 IMPOSTAZIONI DI ANALISI

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva Spostamento limite (spostamento limite molle pari a 4.50)
Applicata diminuzione quota valle secondo NTC2018 - par 6.5.2.2

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva K_a e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Bishop

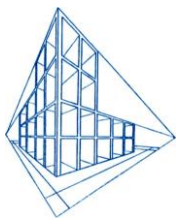
7.1.2 IMPOSTAZIONI ANALISI SISMICA

Identificazione del sito

Latitudine 44.848295
Longitudine 11.070389
Comune Medolla
Provincia Modena
Regione Emilia Romagna

Punti di interpolazione del reticolo 15173 - 15172 - 15394 - 15395

| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 32 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

Tipo di opera

| | |
|---------------------|--|
| Tipo di costruzione | Opera ordinaria |
| Vita nominale | 50 anni |
| Classe d'uso | II - Normali affollamenti e industrie non pericolose |
| Vita di riferimento | 50 anni |

| Combinazioni/Fase | SLU | SLE |
|---|-------------|-------|
| Accelerazione al suolo [m/s ²] | 1.467 | 0.496 |
| Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F ₀ | 2.588 | 2.494 |
| Periodo inizio tratto spettro a velocità costante T _c * | 0.269 | 0.268 |
| Coefficiente di amplificazione topografica (St) | 1.000 | 1.000 |
| Tipo di sottosuolo | C | |
| Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S _s) | 1.468 | 1.500 |
| Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo (α) | 0.978 | 0.978 |
| Spostamento massimo senza riduzione di resistenza U _s [m] | 0.045 | 0.045 |
| Coefficiente di riduzione per spostamento massimo (β) | 0.626 | 0.626 |
| Prodotto α β | 0.612 > 0.2 | |
| Coefficiente di intensità sismica (percento) | 13.441 | 4.643 |
| Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (kv) | 0.00 | |

Influenza sisma nella spinta attiva da monte

Forma diagramma incremento sismico : Triangolare con vertice in alto.

8 RISULTATI DI CALCOLO E VERIFICHE

8.1 SEZIONE 00 – CPTU01

Si riportano in seguito -per brevità- i risultati di calcolo della sezione in oggetto.

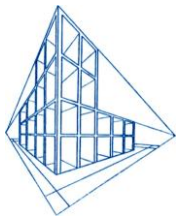
Dati

8.1.1 GEOMETRIA PARATIA

Tipo paratia: **Paratia in acciaio con parametri definiti a metro di paratia**

| | | |
|-------------------------------------|--------|-------|
| Altezza fuori terra | 2,50 | [m] |
| Profondità di infissione | 6,50 | [m] |
| Altezza totale della paratia | 9,00 | [m] |
| Lunghezza paratia | 120,00 | [m] |
| Area per metro lineare di larghezza | 146,40 | [cmq] |

| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 33 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO DEL SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fig.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

| | | |
|---|----------|--------------------|
| Inerzia per metro lineare di larghezza | 35200,00 | [cm ⁴] |
| Modulo di resistenza per metro lineare di larghezza | 1600,00 | [cm ³] |
| Momento ultimo della sezione per metro lineare di larghezza | 54095,24 | [kgm] |
| Fattore di taglio | 1.20 | |

8.1.2 GEOMETRIA PROFILO TERRENO

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
 X ascissa del punto espressa in [m]
 Y ordinata del punto espressa in [m]
 A inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

| N° | X [m] | Y [m] | A [°] |
|----|----------|----------|----------|
| 2 | 20,00 | 0,00 | 0.00 |

Profilo di valle

| N° | X [m] | Y [m] | A [°] |
|----|----------|----------|----------|
| 1 | -24,50 | -3,70 | 0.00 |
| 2 | -8,15 | -3,70 | 0.00 |
| 3 | -3,60 | -3,60 | 180.00 |
| 4 | -1,36 | -3,20 | -180.00 |
| 5 | 0,00 | -2,50 | 90.00 |

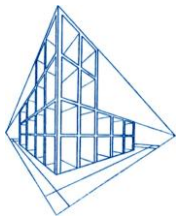
8.1.3 DESCRIZIONE TERRENI

Simbologia adottata

n° numero d'ordine
 Descrizione Descrizione del terreno
 γ peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
 γ_{sat} peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
 ϕ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
 δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
 c coesione del terreno espressa in [kg/cm^q]

| N° | Descrizione | γ [kg/mc] | γ_{sat} [kg/mc] | ϕ [°] | δ [°] | c [kg/cm ^q] |
|----|--------------------------------|---------------------|---------------------------|---------------|-----------------|----------------------------|
| 1 | Argille Limose SC | 1700,0 | 1900,0 | 19.00 | 13.00 | 0,100 |
| 2 | Limo Argilloso | 1700,0 | 1900,0 | 24.00 | 16.00 | 0,110 |
| 3 | Argilla bassa consistenza | 1400,0 | 1700,0 | 14.00 | 9.00 | 0,035 |
| 4 | Argille mediamente consistenti | 1700,0 | 1900,0 | 19.00 | 13.00 | 0,100 |
| 5 | Sabbie | 1800,0 | 2000,0 | 30.00 | 20.00 | 0,000 |

| | | | |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 34 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI
RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fig.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

8.1.4 DESCRIZIONE STRATIGRAFIA

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm
 α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)
Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

| N° | sp [m] | α_M [°] | α_V [°] | Kw _M [kg/cmq/cm] | Kw _V [kg/cmq/cm] | Terreno M | Terreno V |
|----|-----------|-------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 0,90 | 0.00 | 0.00 | 0.38 | 0.38 | Argille Limose SC | Argille Limose SC |
| 2 | 1,20 | 0.00 | 0.00 | 0.67 | 0.67 | Limo Argilloso | Limo Argilloso |
| 3 | 7,20 | 0.00 | 0.00 | 1.17 | 1.17 | Argilla bassa consistenza | Argilla bassa consistenza |
| 4 | 8,40 | 0.00 | 0.00 | 2.70 | 2.70 | Argille mediamente consistenti | Argille mediamente consistenti |
| 5 | 10,00 | 0.00 | 0.00 | 6.57 | 6.57 | Sabbie | Sabbie |

8.1.5 FALDA

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia 1,00 [m]
Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia 2,50 [m]
Regime delle pressioni neutre: **Idrostatico**

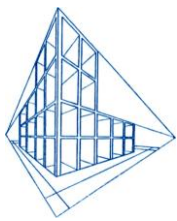
8.1.6 CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI

Simbologia adottata

γ_{acciaio} Peso specifico, espresso in [kg/mc]
E Modulo elastico, espresso in [kg/cmq]

| Descrizione | γ_{acciaio} [kg/mc] | E [kg/cmq] |
|-------------|--------------------------------------|---------------|
| Paratia | 7850 | 2100000 |

| | | | |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 35 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

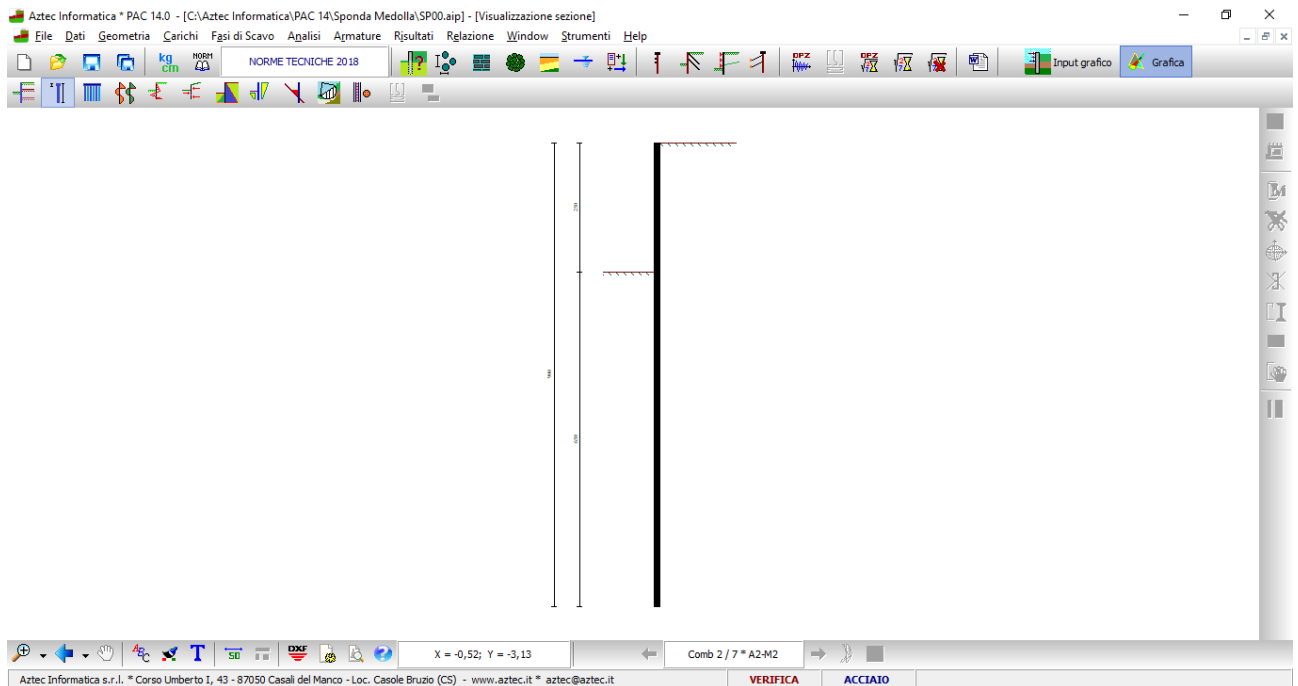
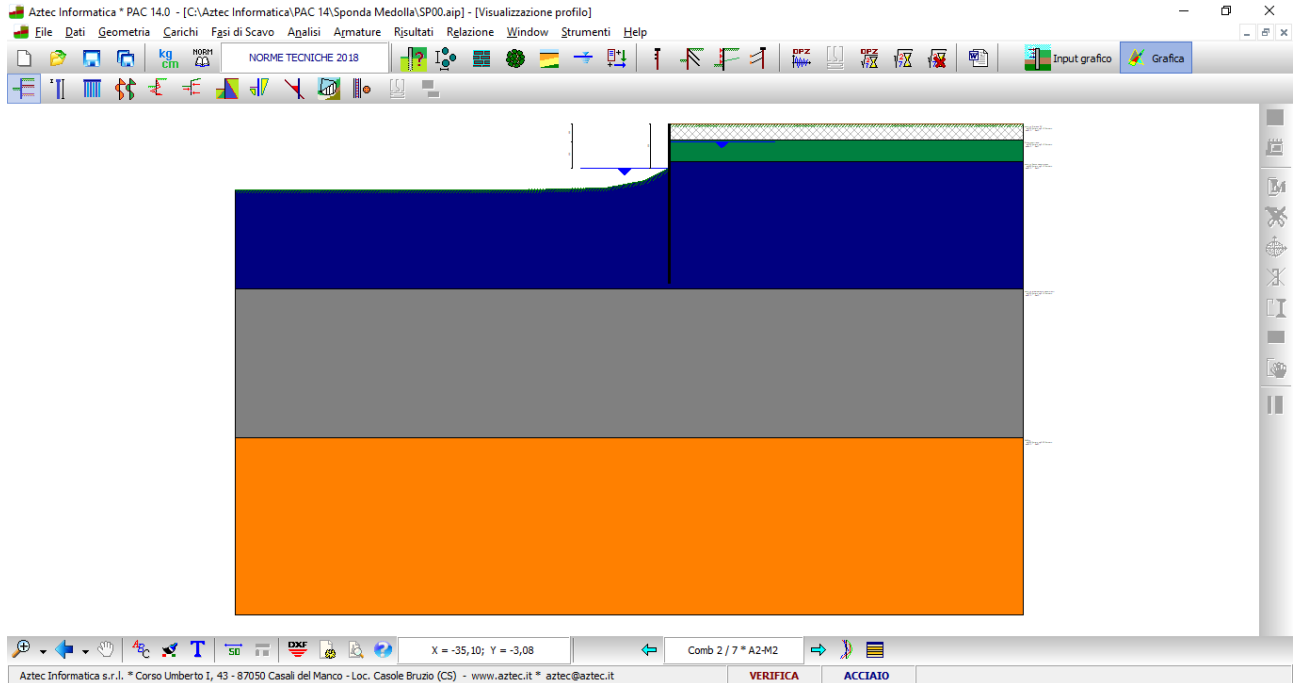
LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

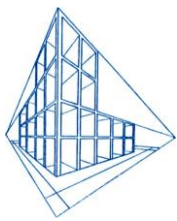
DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE



| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 36 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

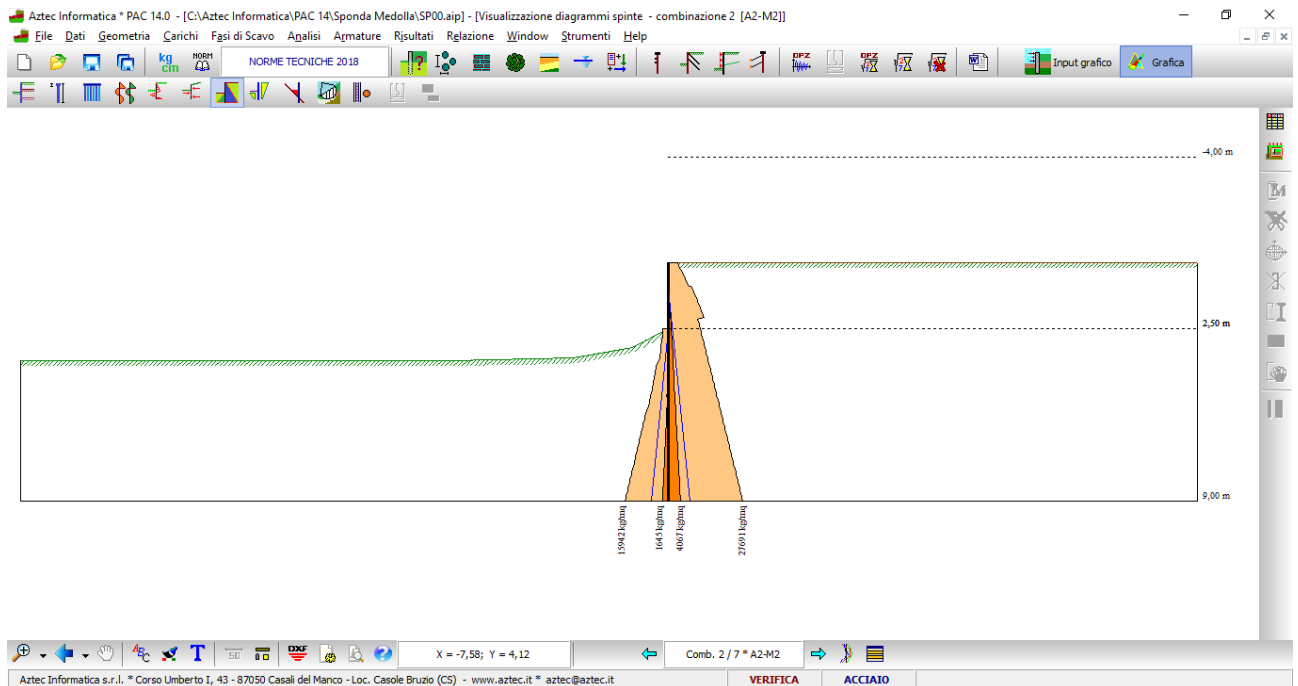
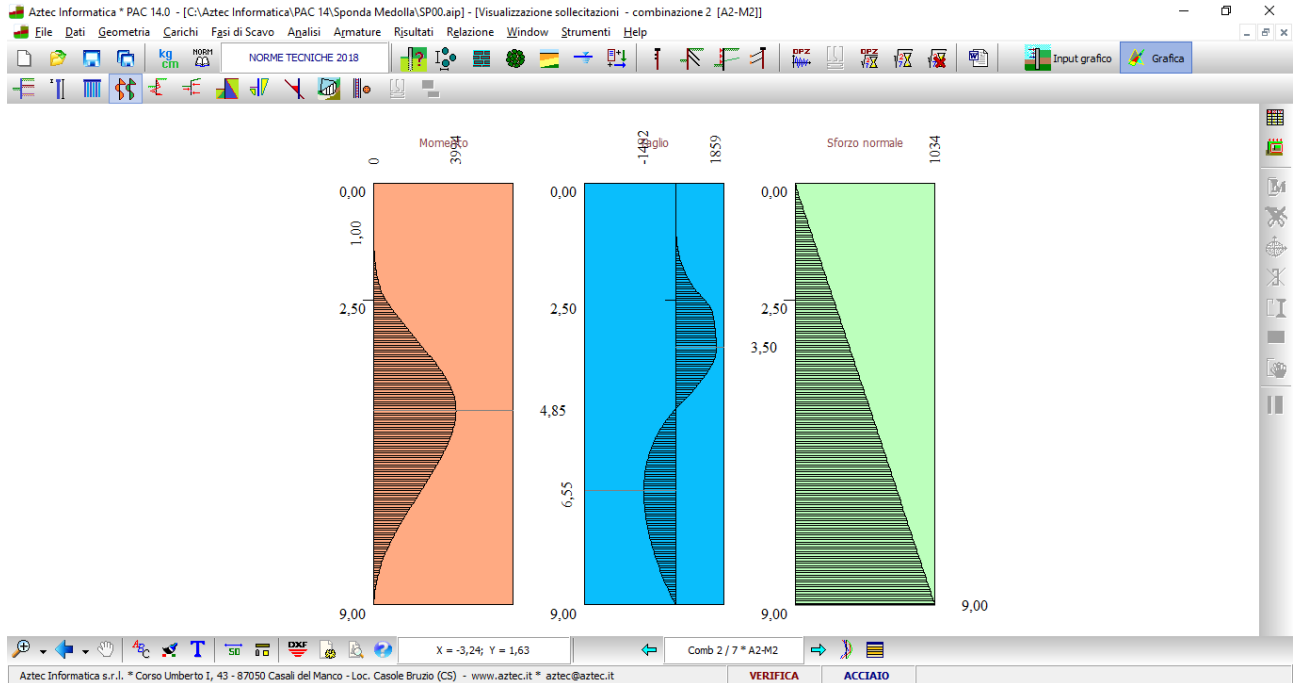
LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

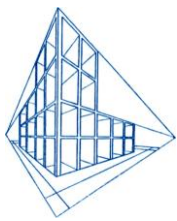
DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fig.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE



| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 37 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

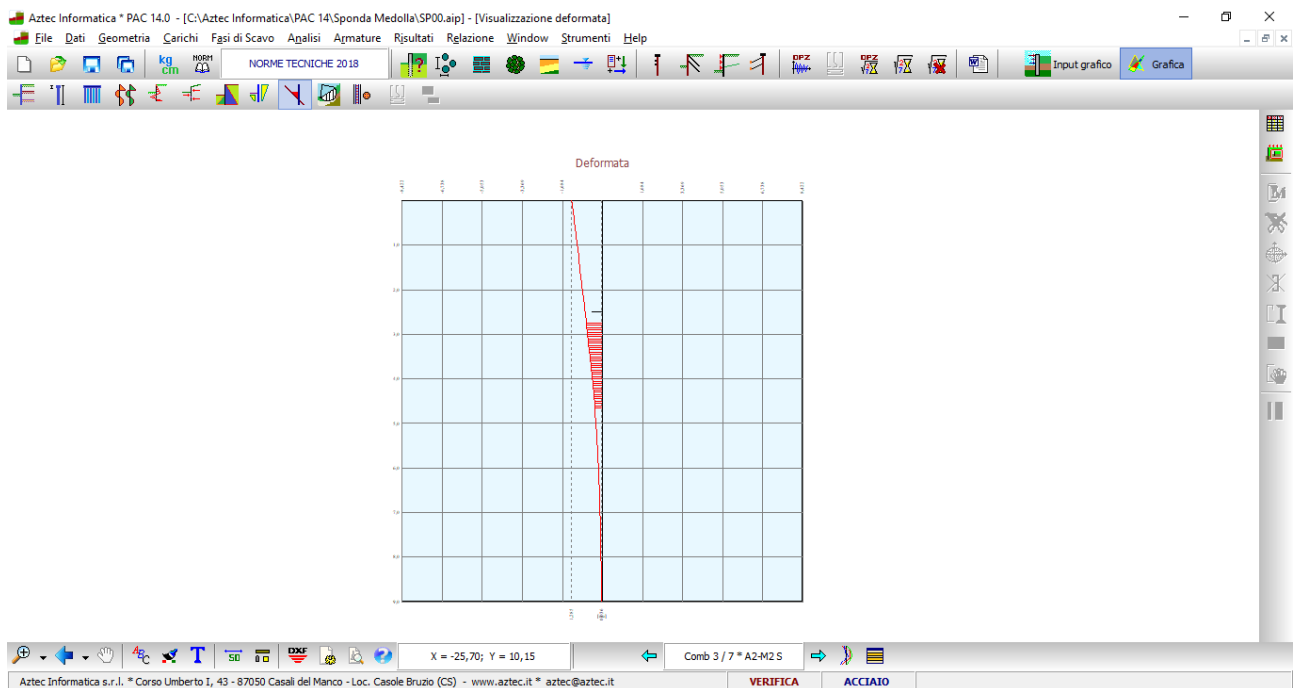
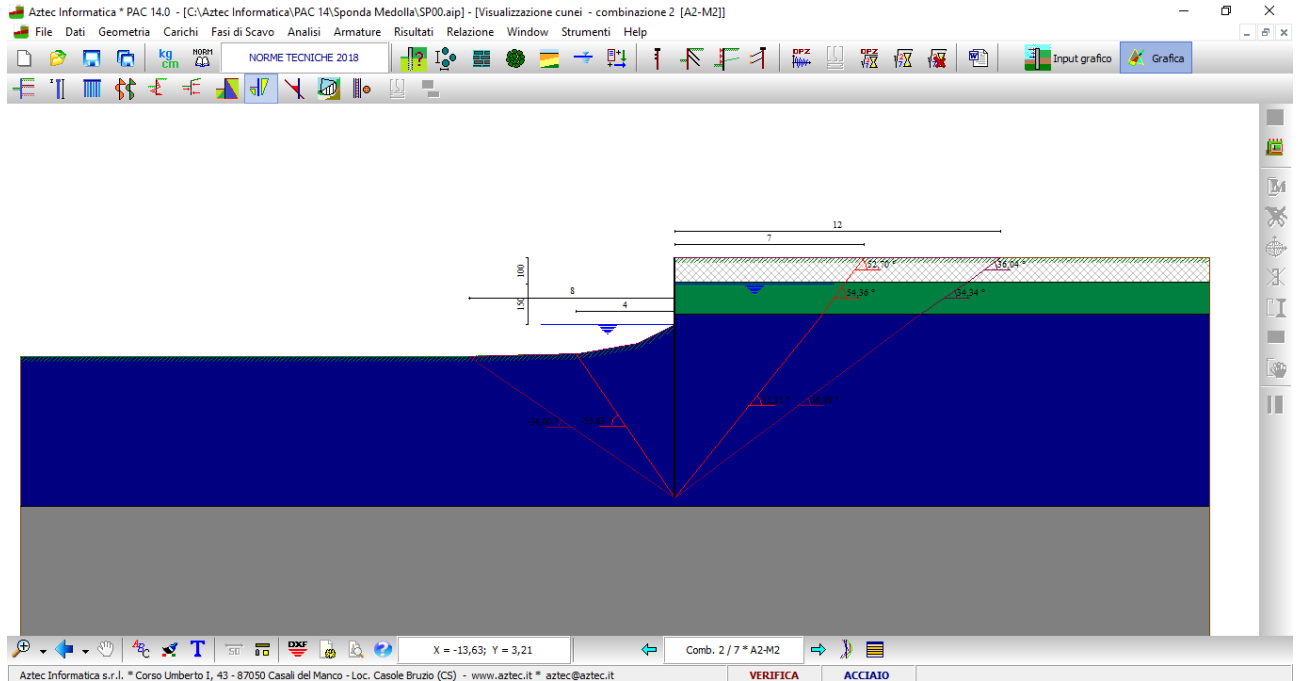
LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

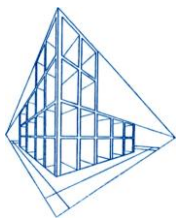
DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fig.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE



| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 38 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

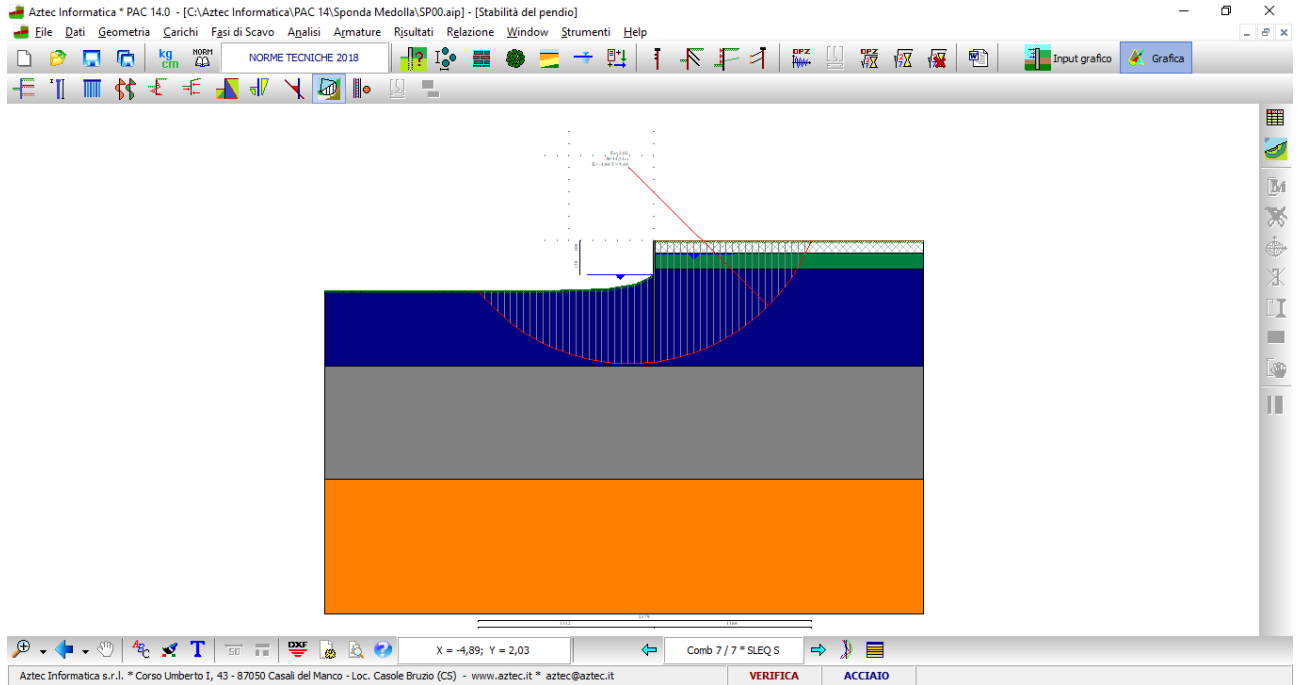
LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

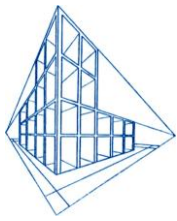
Fig.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE



Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 39 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI
RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

9 CARATTERISTICHE ED AFFIDABILITÀ DEL CODICE DI CALCOLO

9.1 PAC 14.01C – AZTEC INFORMATICA

9.1.1 TIPO DI ANALISI SVOLTA

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico: PAC 14.01c prodotto dalla Aztec Informatica S.r.l. con sede a Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS). La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica non-lineare, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, schematizzando la struttura in elementi lineari e nodi. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento in corrispondenza di ogni nodo (2 spostamenti e 1 rotazioni).

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

9.1.2 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

Titolo PAC - Analisi e Calcolo Paratie

Versione 14.0

Produttore Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS)

Utente ISG Equipment S.r.l.s

Licenza AIU5422LJ

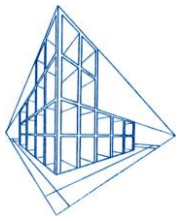
9.1.3 AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

9.1.4 MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

| a | Dicembre 2018 | emissione | gmz |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| Rev. | Data | Descrizione | Revisore |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 40 di 41 |



ISG Equipment Srls

Ingegneria sismica e Strutture, Geofisica e Geologia

LAVORI DI RIPRISTINO FUNZIONALE DELLA SPONDA DEL LAGO SITO PRESSO L'AREA DI
RIEQUILIBRIO ECOLOGICO SAN MATTEO DI MEDOLLA

PROGETTO ESECUTIVO

DPR 380/2001 e s.m.e int.; DLGS 50/2016 e s.m.e int.; DM 17/01/2018-NTC

Fg.8 Map.li 27-28-29-34-106-107 - Via Rubadello n°1 - 41036 - Medolla (MO)

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

9.1.5 INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

| <i>a</i> | <i>Dicembre 2018</i> | <i>emissione</i> | <i>gmz</i> |
|-----------------|------------------------|---|----------------------|
| <i>Rev.</i> | <i>Data</i> | <i>Descrizione</i> | <i>Revisore</i> |
| Progetto | Codice Progetto | ISG Equipment Srls. - Via Manzoni 9 - 41057 Spilamberto (MO) | Pag. 41 di 41 |