

ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLA DIRETTRICE PERUGIA ANCONA:
SS. 318 DI "VALFABBRICA". TRATTO PIANELLO – VALFABBRICA
SS. 76 "VAL D'ESINO". TRATTI FOSSATO VICO – CANCELLI E ALBACINA – SERRA SAN QUIRICO
"PEDEMONTANA DELLE MARCHE", TRATTO FABRIANO – MUCCIA – SFERCIA

PROGETTO ESECUTIVO

<p>CONTRAENTE GENERALE:</p> 	<p><i>Il responsabile del Contraente Generale:</i></p> <p style="text-align: center;">Ing. Federico Montanari</p>	<p><i>Il responsabile Integrazioni delle Prestazioni Specialistiche:</i></p> <p style="text-align: center;">Ing. Salvatore Lieto</p>
--	---	--

<p>PROGETTAZIONE: Associazione Temporanea di Imprese Mandataria:</p>			
			

<p>RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE PER I/ATI</p> <p>Ing. Antonio Grimaldi</p> <p>GEOLOGO Dott. Geol. Fabrizio Pontoni</p> <p>COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE Ing. Michele Curiale</p>			
--	---	--	---

<p>IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</p> <p>Ing. Iginio Farotti</p>		
--	--	--

<p>2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE</p> <p>3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia OPERE D'ARTE MAGGIORI: GALLERIE ARTIFICIALI E SPINGITUBO Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova marche-Fabriano Relazione di Calcolo Opere Provvisoriale (Paratie ed Opere di Varo)</p>	<p>SCALA:</p> <hr/> <p>DATA:</p> <p style="text-align: center;">Settembre 2020</p>
---	--

Codice Unico di Progetto (CUP) F12C03000050021 (Assegnato CIPE 23-12-2015)

Codice Elaborato:	Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. Doc.	N. prog.	Rev
	L0703	213	E	01	ST0300	REL	02	A

REV.	DATA	DESCRIZIONE	Redatto	Controllato	Approvato
A	Settembre 2020	Emissione a seguito istruttoria Anas	PROGIN	S. Lieto	A. Grimaldi

I N D I C E

1. PREMESSA	3
2. NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI.....	3
2.1 BIBLIOGRAFIA	4
3. DESCRIZIONE DELLE OPERE.....	5
4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	8
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO	9
5.1 MODELLO GEOTECNICO DI PROGETTO	14
6. CRITERI GENERALI DI ANALISI DELLE PARATIE	15
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO	15
6.1.1 Pressione e resistenza statica delle terre e dell'acqua	18
7. CRITERI DI PROGETTAZIONE E VERIFICA AI SENSI DEL D.M. 14-01-2008	22
7.1 METODO AGLI STATI LIMITE ED APPROCCI DI PROGETTO	22
7.2 CRITERI DI ANALISI E VERIFICA DI PARATIE	26
7.3 VERIFICHE DI STABILITÀ LOCALE	27
7.4 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE	28
7.5 VERIFICHE STRUTTURALI	30
7.5.1 Verifiche allo SLU	30
8. PARATIE PROVVISORIALI : ANALISI E VERIFICHE.....	31
8.1 MODELLO E FASI DI CALCOLO.....	32
8.2.1 Combinazione SLE	39
8.2.2 Combinazione A2-M2-R1	39
8.2.3 Combinazione A1-M1-R1.....	42
9. OPERE PROVVISORIALI PER VARO DEL MONOLITE	44
9.1.1 Verifiche GEO (Scorrimento Platea di Varo+Muro Reggispinta)	45
9.1.2 Verifiche STR Platea di Varo e Muro Reggispinta.....	46
ALLEGATO 1	49
TABULATI DI CALCOLO PARATIE.....	49

1. PREMESSA

La presente relazione viene emessa nell'ambito del Progetto Esecutivo della strada Pedemontana Marchigiana, che costituisce l'elemento di completamento tra le due direttrici "S.S.76" Vallesina e "S.S.77" Val di Chienti, con riferimento ai seguenti stralci funzionali:

3° stralcio funzionale: compreso tra lo svincolo di Castelraimondo nord e lo svincolo di Castelraimondo sud;

4° stralcio funzionale: compreso tra lo svincolo di Castelraimondo sud e l'innesto con la S.S. 77 a Muccia.

Gli stralci funzionali di cui sopra rientrano nell'ambito degli interventi di completamento della Pedemontana delle Marche definiti e finanziati nella Delibera CIPE 64/2016 - "Aggiornamento del quadro infrastrutturale della delibera n. 13/2004".

Oggetto della trattazione nel seguito esposta è in particolare l'analisi e la verifica strutturale e geotecnica delle opere provvisorie (Paratie di Pali $\phi 1000$ e Platea di Varo/Muro reggispinta) previste l'allestimento del cantiere necessario per la realizzazione e varo a spinta del manufatto scatolare in corrispondenza dell'interferenza del tracciato di progetto con la Linea Fs Esistente Civitanova Marche – Fabriano.

2. NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI

La redazione della presente relazione è stata condotta nel rispetto della normativa vigente, in particolare:

Normative sulle costruzioni

- D.M. 14.01.2008: "Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare n° 61702.02.2009: "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008"

Normative sulle strutture in c.a, in c.a.p. e acciaio

- Legge 05.11.1971, n.1086: "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica" e relative istruzioni (Circ. Min. LL.PP. 14.02.1974, n. 11951).
- D.M. 16.01.1996: "Norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi»" e relative istruzioni (Circ. Min. LL.PP. 04.07.1996, n. 156 AA.GG./STC).
- Circolare n.156AA/STC del 04.07.1996 "Criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996".
- D.M. 14.02.1992: "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- D.M. 09.01.1996: "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche" e relative istruzioni (Circ. Min. LL.PP. 15.10.1996, n. 252 AA.GG./STC).
- Normativa sui terreni, opere di sostegno, opere di fondazione

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud****4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 4 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------

- D.M 11.03.1988: “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione” e relative istruzioni (Circ. Min. LL.PP. 24.09.1988, n. 30483).
- Associazione Geotecnica Italiana, “Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica. Linee guida” Ed. provvisoria marzo 2005.

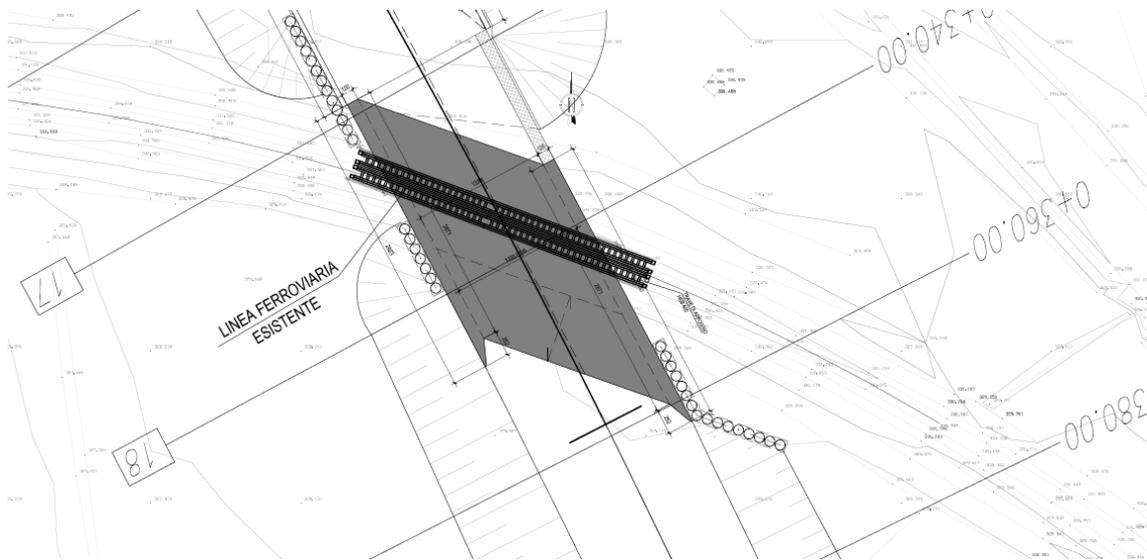
2.1 Bibliografia

- Lancellotta R. (1993): “Geotecnica”. Edizioni Zanichelli.
- Lancellotta R., Calavera J. (1999): “Fondazioni”. Ed. McGraw-Hill.
- Viggiani C. (2000): “Fondazioni”. Ed. CUEN.

3. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Nel presente paragrafo si riporta una descrizione sintetica dell'opera provvisoria cui fanno riferimento le analisi strutturali e geotecniche esposte nel seguito del documento.

Le opere provvisorie da dimensionare, riguardanti Paratie di Pali $\phi 1000$ e la platea di Varo con muro reggispinta, sono necessarie per la realizzazione di un sottovia scatolare da realizzarsi mediante varo a spinta al fine di risolvere l'interferenza del tracciato stradale di progetto con la linea Ferroviaria esistente Civitanova Marche-Fabriano, tra le pk 0+320 e 0+360 circa; nel seguito si riporta uno stralcio planimetrico della zona del tracciato in questione.



Stralcio Planimetrico opera Spingitubo

Come evidente dallo stralcio di figura precedente, il tracciato stradale di progetto interseca la linea ferroviaria esistente con un angolo di inclinazione di circa 40° ; come già anticipato, la struttura scatolare sede di locale alloggiamento del corpo stradale in progetto, sarà realizzata completamente fuori opera e successivamente posta in posizione di progetto mediante operazione di varo a spinta che avverrà in presenza di traffico ferroviario a regime ridotto, previa installazione di opportuna struttura di sostegno dei Binari (Ponte Essen).

La struttura scatolare presenta delle dimensioni nette interne pari a 13,30m (larghezza in retto, riferita cioè alla direzione ortogonale all'asse di progetto del tracciato stradale) x 7,60m (altezza), ed uno spessore strutturale costante sia per parte in fondazione che per quella in elevazione e pari nello specifico ad 1,20m; di seguito si riporta la sezione tipologica trasversale:

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

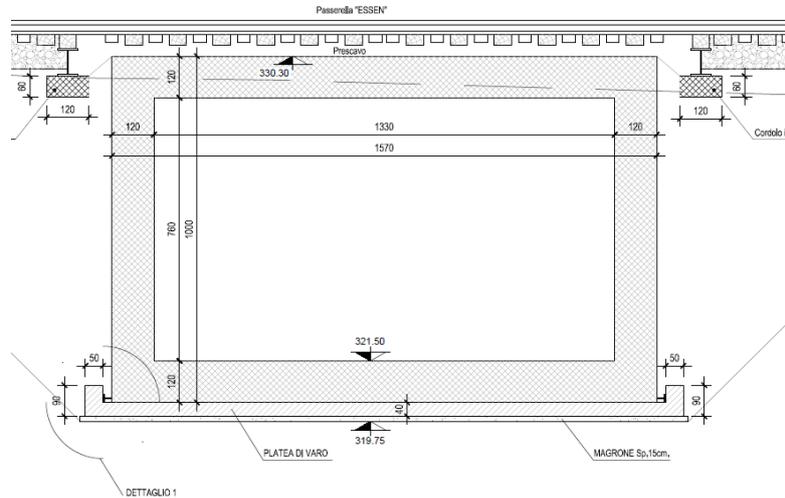
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

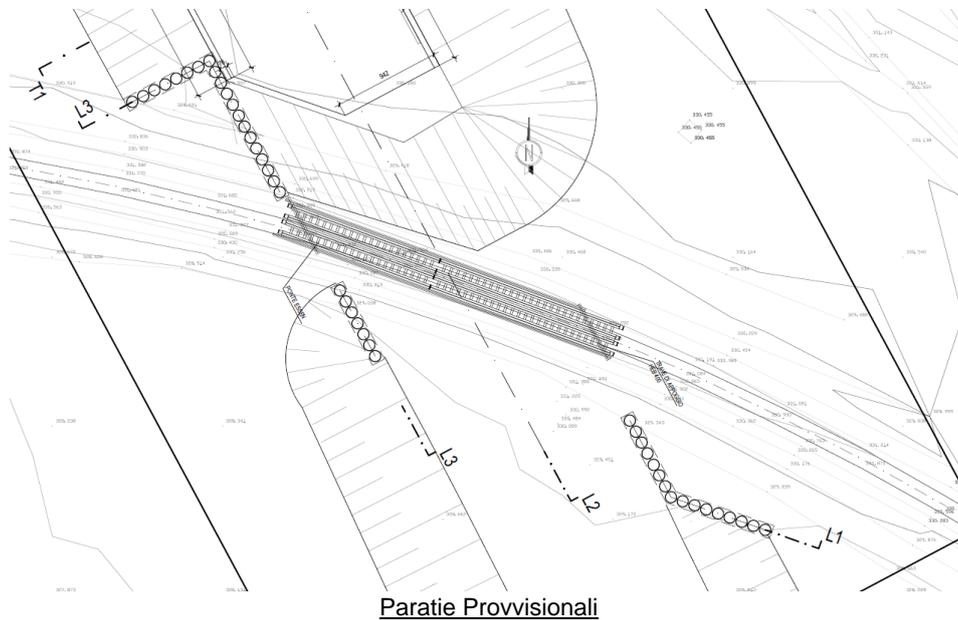
Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	14	ST0300	REL	02	A	6 di 99



Sezione tipologica dell'opera

Le figure seguenti illustrano infine la configurazione delle paratie provvisionali previste per il sostegno del rilevato ferroviario durante le operazioni di scavo e quello della platea di varo con relativo muro reggispinta necessario per il varo del monolite:



Paratie Provvisionali

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

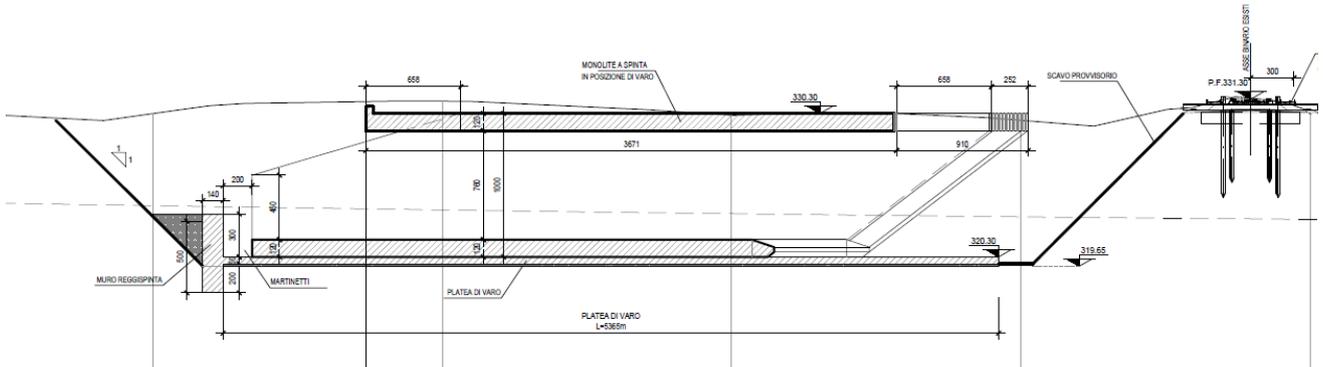
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	14	ST0300	REL	02	A	7 di 99



Platea di Varo e Muro reggispinta

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici specifici dell'opera.

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Si riportano qui di seguito le caratteristiche prestazionali dei materiali che saranno impiegati per la realizzazione dei rivestimenti definitivi.

Calcestruzzo per opere provvisionali

Tipo (secondo UNI EN 206-1):	C25/30
Resistenza cubica caratteristica (t=28 gg):	$R_{ck} \geq 30 \text{ MPa}$
Resistenza cilindrica caratteristica (t=28 gg):	$f_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$
Modulo elastico secante:	$E_{cm} = 30'500 \text{ MPa}$
Rapporto massimo acqua / cemento	$A/C \leq 0.50$
Classe di esposizione ambientale:	XC2

Acciaio per cemento armato

Tipo: B 450 C (ex Fe B 44k)	
Tensione caratteristica di rottura a trazione:	$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
Tensione di calcolo ($\gamma_s=1.15$):	$f_{yd} = 450 / 1.15 = 391 \text{ MPa}$
Modulo elastico:	$E = 210'000 \text{ MPa}$

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO

Nel presente paragrafo si riporta una descrizione dell'inquadramento geologico geotecnico generale dell'area attraversata dal tracciato di progetto dell'infrastruttura,

Dal punto di vista geologico, Le unità stratigrafiche affioranti nell'area oggetto di studio sono dal basso verso l'alto: la Formazione dello Schlier, la Formazione di Camerino e la Formazione gessoso-solfifera.

Formazione dello Schlier

E' costituita da alternanze di marne, marne siltose calcaree e argillose, a volte arenacee, di colore grigio e da calcari marnosi in quantità subordinata. In superficie la formazione è di colore chiaro a causa dell'alterazione. La stratificazione è medio-sottile, marcata solo in superficie dalla diversa resistenza agli elementi erosivi. Gli intervalli calcarenitici sono sviluppati soprattutto nella parte meridionale del bacino. La deposizione dello Schlier è avvenuta tra il Burdigaliano superiore e il Tortoniano, anche se il tetto varia in età da bacino a bacino. Lo spessore totale della formazione varia dai 150 ai 250 m in relazione alla difformità del fondo marino. La formazione dello Schlier rappresenta l'unità stratigrafica più antica direttamente interessata dal tracciato in progetto ed è attraversata dalla galleria naturale "Croce di Calle" e da un tratto di galleria artificiale "Mistrianello".

Formazione di Camerino

Su questa formazione si sviluppa per la maggior parte il tracciato in progetto. Si tratta nel complesso di torbiditi pelitiche, pelitico-arenacee, arenaceo-pelitiche, variamente associate tra loro e che presentano, soprattutto nelle porzioni pelitiche, caratteri analoghi alla sovrastante Formazione gessoso-solfifera, indicando un passaggio graduale, a carattere transizionale, con la sovrastante formazione stessa.

Il Bacino di Camerino è suddiviso in due sub-bacini attraverso un allungato "alto strutturale" costituito dalla Formazione dello Schlier (dorsale longitudinale Argignano – M. Gallo) che si raccorda alle laterali zone depresse (sub-bacino di Collamato ad ovest e sub-bacino di Matelica ad est) tramite faglie normali sinsedimentarie. Nel sub-bacino di Matelica si sviluppa il tracciato in progetto, un sub-bacino variamente articolato sia longitudinalmente, con graduale approfondimento da nord, in cui era presente un margine più rialzato, verso sud, sia trasversalmente con un profilo asimmetrico con la parte più profonda verso est.

In questa articolata paleo-depressione la successione verticale delle torbiditi si differenzia da zona a zona.

Le litofacies individuate tramite il rilievo geologico in scala 1:5000, molto basato su criteri morfologici, sono state confermate e dettagliate nel rilievo in scala 1:000 alla luce soprattutto dell'analisi e rielaborazione dei sondaggi. Detta analisi è stata condotta determinando lo spessore e la posizione degli strati litoidi o semi-litoidi (arenarie) e degli strati pelitico-marnosi, al fine di poter applicare il criterio del rapporto arenaria/pelite secondo la classificazione A.G.I. (1979).

L'ubicazione delle colonne stratigrafiche così definite sul profilo geologico longitudinale, unitamente ai caratteri litologici e analisi di facies, ha permesso la correlazione dei vari orizzonti per lunghezze significative ed apprezzabili in relazione alle distanze coinvolte dal progetto. Il riconoscimento di seppur sporadici livelli guida è stato di ausilio per l'interpretazione della struttura del sottosuolo.

Nell'ambito della Formazione di Camerino coinvolta dalle opere di progetto sono state dunque riconosciute le seguenti litofacies: associazione pelitica; associazione pelitico-arenacea; associazione arenaceo-pelitica.

La distinzione ed individuazione delle litofacies, oltre che su caratteri macroscopici, è stata eseguita attraverso dati quantitativi, ovvero attraverso il calcolo del rapporto arenaria/pelite (A/P), definendo per ogni litofacies un campo di valori rappresentativo.

Associazione pelitica – Rapporto $0 \leq A/P \leq 0,2$

E' costituita da marne argillo-siltose scure, a stratificazione sottile o localmente media, laminate, con sequenze di Bouma del tipo Te; localmente sono presenti subordinate intercalazioni di strati arenacei o siltitici a spessore sottile e medio, a grana fine, con sequenze di Bouma principalmente del tipo Tde Tce.

Va segnalato che le porzioni pelitiche contengono sovente materia organica, resti di carbone, livelli a diatomiti e rari e sottili livelli lenticolari di calcari marnosi compatti, hanno superfici di strato lisce ed untuose al tatto, risultando nel complesso fetide.

Associazione pelitico-arenacea – Rapporto $0,2 \leq A/P \leq 1$

E' costituita da una prevalenza di argille marnose ben stratificate di colore grigio scuro con intercalazioni subordinate di arenarie grigio-giallastre in strati sottili e medi, a grana da media a fine o finissima. Si rinvencono sequenze di Bouma del tipo Tac e qualche volta sequenze del tipo Tae come nel sondaggio A21.2.

Anche in questo caso gli orizzonti pelitici contengono sovente materia organica, resti di carbone, livelli a diatomiti, pirite e rari e sottili livelli lenticolari di calcari marnosi compatti, hanno superfici di strato lisce ed untuose al tatto, risultando nel complesso fetide.

Associazione arenaceo-pelitica – Rapporto $A/P \geq 1$

E' formata essenzialmente da arenarie grigiastre e giallastre, con granulometria da grossolana a fine, in strati da sottili a spessi, da cementate a mediamente cementate e da subordinate marne argilloso-siltose grigie. Si rinvencono prevalentemente sequenze di Bouma del tipo Ta Tac Tce e sequenze del tipo Tae come nel sondaggio A7.2.

All'interno di questa litofacies si rinvencono locali e sottili livelli caotici di materiale risedimentato, per lo più in prossimità della faglia/paleoscarpata e resti carboniosi e fetidi concentrati nelle porzioni pelitiche.

Il rapporto arenaria/pelite sebbene sia ≥ 1 , è comunque basso poiché al massimo e isolatamente raggiunge il valore 2,39.

Le alluvioni terrazzate dell'Appennino Umbro-Marchigiano sono suddivise secondo quattro principali ordini di terrazzi poligenici posti ad altezze variabili da pochi metri ad oltre 200 m sugli attuali fondi vallivi. I depositi alluvionali fluviali delle principali valli sono rappresentati da successioni (spessori fino a 30-35 m) prevalentemente ghiaiose con subordinate intercalazioni sabbiose o sabbioso-limose. La stratificazione è quasi sempre incrociata a grande scala, con tipico aspetto a "festoni", che permette di riferire i depositi in questione a corsi d'acqua a canali multipli intrecciati (braided).

I depositi di versante sono per la maggior parte rappresentati da coperture colluviali e accumuli caotici derivanti da movimenti di massa di varia estensione, per lo più riferibili all'Olocene. I depositi colluviali presenti nell'area studiata presentano una granulometria prevalentemente fine, condizionata dalla litologia delle formazioni del substrato da cui derivano. Sono infatti costituiti da argille limose, limi argilloso-sabbiosi e, subordinatamente sabbie limose, con ghiaie sparse e/o pezzame marnoso-calcareo o arenaceo eterometrico, localmente abbondante.

Dal punto di vista geotecnico, le unità individuate lungo il tracciato, sono state invece suddivise come descritto nel seguito:

- **Unità R - Terreno di riporto e coltre vegetale:** si includono i riporti di origine antropica ed il terreno vegetale; si tratta generalmente di limo sabbioso e sabbia limosa con clasti e frammenti vegetali e di laterizi. Non riveste rilevanza progettuale in quanto rimossa durante le operazioni di scavo/scotico.
- **Unità ECl_a, ECl_s, a - Depositi eluvio colluviali:** si tratta di depositi a composizione granulometrica variegata ma generalmente a prevalente componente fine limo argillosa (**Unità ECl_a**); localmente si rinviene sabbia limosa con clasti derivanti dalla disgregazione del substrato roccioso (**Unità ECl_s**). Localmente sono state individuate zone con coperture di materiale di accumuli di frana (**Unità a**).
- **Unità Ag, As, Ala - Alluvioni:** si tratta di depositi alluvionali rinvenibili in corrispondenza dei corsi d'acqua e si distinguono: ghiaie eterometriche ed eterogenee in matrice sabbiosa (**Unità Ag**), sabbie, sabbie debolmente limose (**Unità As**); limi argillosi (**Unità Ala**).
- **Unità Aate – Alluvioni terrazzate antiche:** si tratta di depositi alluvionali limoso argillosi sabbiosi.
- **Unità Salt – substrato alterato:** si tratta di una fascia di spessore variabile costituita da argilla limosa, marnosa, consistente che sovrasta il substrato a carattere da semilitoide a litoide, rappresenta la parte superiore alterata del substrato.

Il substrato è costituito dalla Formazione di Camerino (e sovrastante Formazione gessoso-solfifera) e dalla formazione dello Schlier.

All'interno della formazione di Camerino si sviluppa la maggior parte del tracciato di progetto. In funzione dell'alternanza e la posizione degli strati arenacei e degli strati pelitico-marnosi, si può giungere ad una stima del rapporto arenaria/pelite secondo la classificazione AGI – 1979.

- **Unità Pa - Substrato Pelitico – Arenaceo con $0,2 \leq A/P \leq 1$ (Formazione di Camerino):** rappresentata da litofacies pelitico-arenacee con un rapporto $A/P \leq 1$.
- **Unità Ap - Substrato Arenaceo – Pelitico $A/P \geq 1$ (Formazione di Camerino):** formata essenzialmente da litofacies costituite da arenarie e marne siltose grigie con un rapporto $A/P \geq 1$.
- **Unità Pel – Substrato pelitico con $0,0 \leq A/P \leq 0,2$ (Formazione di Camerino):** rappresentata da litofacies prevalentemente pelitiche con un rapporto $A/P \leq 0,2$.

Da una dettagliata analisi visiva delle carote, è stato possibile stimare il valore A/P delle varie associazioni (si rimanda alla Relazione geologica e ai report stratigrafici dei sondaggi per gli approfondimenti del caso). Nel profilo geotecnico longitudinale sono mostrate le zone dove si ha prevalenza di unità Ap e/o Pa e/o Pel.

La formazione gessoso solfifera (unità geologica denominata gs) nell'area è prevalentemente pelitica e quindi viene accorpata all'unità geotecnica Pa.

- **Unità Sch – Formazione dello Schlier:** si tratta di alternanze di marne argillose, marne siltose e arenacee con intercalazioni di calcare detritico e calcareniti.

Lo Schlier si presenta come una marna più o meno argillosa con caratteristiche meccaniche e caratteristiche fisiche che possono essere assimilate alla frazione più marnosa della formazione di Camerino (Pa).

Nel seguito si riassumono infine i parametri geotecnici di progetto definiti per le varie unità geotecniche come sopra descritte, sulla base delle diverse campagne di indagini condotte a supporto della progettazione:

Unità Ecla - Depositi eluvio colluviali limoso argillosi

$\gamma = 18.5 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 23 \div 28^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 5 \div 15 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi_r' = 14^\circ \div 21^\circ$	angolo di resistenza al taglio residuo
$c_r' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata residua
$c_u = 50 \div 220 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$G_o = 20 \div 160 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 60 \div 400 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Unità Ecls - Depositi eluvio colluviali sabbiosi

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 30 \div 34^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$E_o = 250 \div 400 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Unità a – Coltri in frana

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 22 \div 28^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi_r' = 18^\circ$	angolo di resistenza al taglio residuo
$c_r' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata residua
$c_u = 20 \div 120 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$E_o = 60 \div 300 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Unità Ala - Depositi alluvionali limoso argillosi

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 24 \div 26^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \div 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 50 \div 100 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$G_o = 30 \div 100 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 70 \div 250 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Unità As - Depositi alluvionali sabbiosi

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 33 \div 34^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$E_o = 150 \div 350 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Unità Ag - Depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 36 \div 42^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata

$V_s = 120 \div 350$ m/s velocità delle onde di taglio
 $G_o = 30 \div 250$ MPa modulo di deformazione a taglio iniziale
 $E_o = 70 \div 650$ MPa modulo di deformazione elastico iniziale

Unità Aate - Depositi alluvionali terrazzati antichi limoso sabbiosi argillosi

$\gamma = 19.0$ kN/m³ peso di volume naturale
 $\phi' = 27 \div 36^\circ$ angolo di resistenza al taglio
 $c' = 5 \div 15$ kPa coesione drenata
 $\phi_r' = 26^\circ$ angolo di resistenza al taglio residuo
 $c_r' = 0$ kPa coesione drenata residua
 $c_u = 70 \div 170$ kPa resistenza al taglio in condizioni non drenate
 $G_o = 30 \div 260$ MPa modulo di deformazione a taglio iniziale
 $E_o = 80 \div 600$ MPa modulo di deformazione elastico iniziale

Unità Salt – Substrato alterato argilloso limoso

$\gamma = 19.0 \div 21.5$ kN/m³ peso di volume naturale
 $\phi' = 23 \div 30^\circ$ angolo di resistenza al taglio
 $c' = 5 \div 15$ kPa coesione drenata
 $\phi_r' = 20 \div 22^\circ$ angolo di resistenza al taglio residuo
 $c_r' = 0$ kPa coesione drenata residua
 $c_u = 50 \div 300$ kPa resistenza al taglio in condizioni non drenate
 $G_o = 80 \div 350$ MPa modulo di deformazione a taglio iniziale
 $E_o = 400 \div 900$ MPa modulo di deformazione elastico iniziale

Unità Ap – substrato arenaceo pelitico

$\gamma = 23.5$ kN/m³ peso di volume naturale
 $\sigma_c = 1 \div 30$ (10) MPa resistenza a compressione assiale (media)
 $E'_{op} = 20 + 5.75 \cdot z$ MPa per $z < 40$ m modulo di deformazione elastico operativo
 $E'_{op} = 100 + 3.75 \cdot z$ MPa per $z > 40$ m

Z [m]	c' [kPa]	ϕ' [°]
15	70	36
25	95	32
50	140	27
75	175	25

Unità Pa – Substrato pelitico arenaceo

$\gamma = 22.5$ kN/m³ peso di volume naturale
 $\sigma_c = 0.1 \div 4$ (2) MPa resistenza a compressione assiale (media)
 $E'_{op} = 20 + 5.75 \cdot z$ MPa per $z < 40$ m modulo di deformazione elastico operativo
 $E'_{op} = 100 + 3.75 \cdot z$ MPa per $z > 40$ m

Z [m]	c' [kPa]	ϕ' [°]
20	35 ÷ 40	22 ÷ 23
30	45 ÷ 70	19 ÷ 26
50	60 ÷ 100	16 ÷ 22

Unità Sch – Formazione dello Schlier

$$\gamma = 22.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\sigma_c = 1 \div 14 \text{ (8) MPa}$$

peso di volume naturale

resistenza a compressione assiale (media)

$$E'_{op} = 20 + 5.75 \cdot z \text{ MPa per } z < 40 \text{ m}$$

$$E'_{op} = 100 + 3.75 \cdot z \text{ MPa per } z > 40 \text{ m}$$

modulo di deformazione elastico operativo

Z [m]	c' [kPa]	ϕ' [°]
20	55	29
30	70	27
50	90	23

Per la caratterizzazione geomeccanica dell'Unità Pel – Substrato pelitico, che è intercettata in minor misura e si hanno pochi dati a disposizione, si fa riferimento alla caratterizzazione geomeccanica eseguita per l'unità Pa - Substrato Pelitico – Arenaceo.

5.1 Modello Geotecnico di progetto

In corrispondenza del tratto di realizzazione dell'opera, ai fini dell'analisi delle opere di sostegno provvisorie, è stato definito il seguente modello geotecnico di progetto come dal profilo geotecnico generale di linea:

MODELLO GEOTECNICO PARATIE PROVVISORIE SPINGITUBO Linea Fs

	Litotipo	Potenza m	Quota max da PC m	γ KN/m ³	c' KPa	φ'	E_o MPa
pc. 0							
Falda-2,5	Ecla	10		18,5-20,5	5 - 15	23-28	60-400
			10				
10,0	Salt	2		19-21,5	5 - 15	23-30	400-900
12,0			12				
15,0	Ap	-	-	23,5	80	34	106,3

Le unità Geotecniche intercettate nelle zone di interesse progettuale per il caso in esame sono in particolare, a partire dal p.c. locale, le unità **Ecla**, **Salt** ed **Ap** le cui caratteristiche fisico-meccaniche medie sono quelle indicate nella precedente tabella, sulla scorta di quanto indicato nella caratterizzazione geotecnica generale riportata al precedente paragrafo; riguardo il livello di falda, è stato assunto cautelativamente un livello medio relativo al tratto di esame sulla scorta delle indicazioni del profilo geotecnico di linea.

6. CRITERI GENERALI DI ANALISI DELLE PARATIE

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO

Al fine di rappresentare il comportamento delle paratie durante le varie fasi di lavoro (scavi e/o eventuale inserimento degli elementi di contrasto), è necessario l'impiego di un metodo di calcolo iterativo atto a simulare

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	14	ST0300	REL	02	A	16 di 99

l'interazione in fase elasto-plastica terreno-paratia.

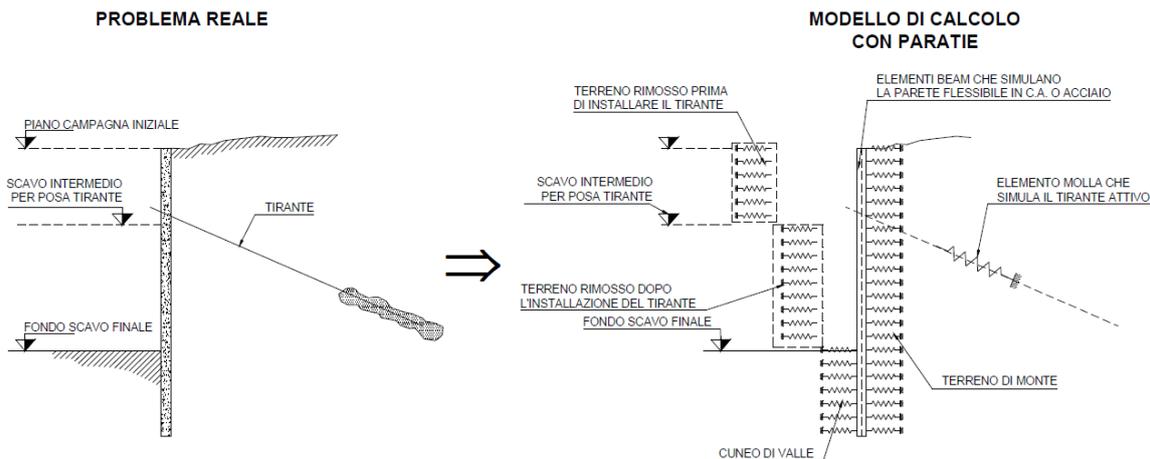
Le analisi finalizzate al dimensionamento delle paratie trattate nell'ambito del presente documento, sono state condotte con il programma di calcolo "Paratie Plus" della HarpaCeas s.r.l. di Milano Version 2020.1.0

Lo studio del comportamento di un elemento di paratia inserito nel terreno viene effettuato tenendo conto della deformabilità dell'elemento stesso, considerato in regime elastico, e soggetto alle azioni derivanti dalla spinta dei terreni, dalle eventuali differenze di pressione idrostatiche, dalle spinte dovute ai sovraccarichi esterni e dalla presenza degli elementi di contrasto.

La paratia viene discretizzata con elementi finiti monodimensionali a due gradi di libertà per nodo (spostamento orizzontale e rotazione).

Il terreno viene schematizzato con delle molle secondo un modello elasto-plastico; esso reagisce elasticamente sino a valori limite dello spostamento, raggiunti i quali la reazione corrisponde, a seconda del segno dello stesso spostamento, ai valori limite della pressione attiva o passiva.

Gli spostamenti vengono computati a partire dalla situazione di spinta "a riposo".



Al fine di ottenere informazioni attendibili sull'entità delle sollecitazioni e delle deformazioni nelle paratie è necessario poterne seguire il comportamento durante le principali fasi esecutive.

A tal riguardo, l'interazione fra la paratia e il terreno, è simulata modellando la prima con elementi finiti caratterizzati da una rigidità flessionale ed il secondo con molle elasto-plastiche connesse ai nodi della paratia di rigidità proporzionale al modulo di rigidità del terreno. Inoltre, è possibile modellare eventuali elementi di sostegno della paratia (tiranti, puntoni) con molle dotate di opportuna rigidità.

In particolare, la paratia è schematizzata attraverso un diaframma di spessore equivalente ricavato attraverso la seguente espressione:

$$s_{eq} = \sqrt[3]{12E_m J_p}$$

dove:

E_m modulo elastico del materiale costituente la paratia

J_p inerzia della sezione della paratia

Il terreno si comporta come un mezzo elastico sino a che il rapporto tra la tensione orizzontale efficace (σ'_h) e la tensione verticale efficace (σ'_v) risulta compreso tra il coefficiente di spinta attivo (k_a) e passivo (k_p), mentre quando il rapporto è pari a k_a o a k_p il terreno si comporta come un mezzo elasto-plastico.

Questo modello, nella sua semplicità concettuale, derivato direttamente dal modello di Winkler, consente una simulazione del comportamento del terreno adeguata agli scopi progettuali. In particolare, vengono superate le limitazioni dei più tradizionali metodi dell'equilibrio limite, non idonei a seguire il comportamento della struttura al variare delle fasi esecutive.

I parametri di deformabilità del terreno compaiono nella definizione della rigidità delle molle. Per un letto di molle distribuite la rigidità di ciascuna di esse, k , è data da:

$$k = E / L$$

ove E è un modulo di rigidità del terreno mentre L è una grandezza geometrica caratteristica. Poiché nel programma PARATIE le molle sono posizionate a distanze finite Δ , la rigidità di ogni molla è:

$$K = \frac{E\Delta}{L}$$

Il valore di Δ è fornito dalla schematizzazione ad elementi finiti.

Il valore di L è fissato automaticamente dal programma. Esso rappresenta una grandezza caratteristica che è diversa a valle e a monte della paratia perché diversa è la zona di terreno coinvolta dal movimento in zona attiva e passiva.

Si è scelto, in zona attiva (uphill):

$$L_A = \frac{2}{3} \ell_A \tan(45^\circ - \phi' / 2)$$

e in zona passiva (downhill):

$$L_p = \frac{2}{3} \ell_p \tan(45^\circ + \phi' / 2)$$

dove ℓ_A ed ℓ_p sono rispettivamente:

$$\ell_A = \min\{l, 2H\};$$

$$\ell_p = \min\{l - H, H\}$$

con

l = altezza totale della paratia

H = altezza corrente dello scavo.

La logica di questa scelta è illustrata nella pubblicazione di Becci e Nova (1987). Si assume in ogni caso un valore di H non minore di $1/10$ dell'altezza totale della parete.

Il programma consente di seguire le fasi evolutive degli scavi a valle dell'opera, determinando, per ciascuna fase di scavo prevista, la deformata dell'opera e le sollecitazioni e gli stati tensionali nel terreno con essa interagente.

6.1.1 Pressione e resistenza statica delle terre e dell'acqua

In generale, la pressione σ'_h che lo scheletro solido del terreno esercita su una struttura di sostegno dipende dagli spostamenti che essa subisce per effetto di σ'_h stessa ovvero dipende dall'interazione fra la struttura ed il terreno a tergo dell'opera. Nel caso in cui la struttura subisca uno spostamento verso valle (diminuzione della tensione orizzontale efficace rispetto alle condizioni geostatiche), la σ'_h sul paramento di monte può essere calcolata come:

$$\sigma'_h = k_a \sigma'_v - 2c' \sqrt{k_a} \quad \text{pressione attiva}$$

dove:

k_a è il coefficiente di spinta attiva

σ'_v è la tensione verticale efficace

c' è la coesione efficace

In condizioni statiche, k_a è funzione dell'angolo di attrito efficace dello scheletro solido ϕ' , dell'angolo di attrito δ fra struttura e terreno (nelle analisi $\delta = 0.50 \phi'$) dell'inclinazione ψ rispetto all'orizzontale del paramento di monte della struttura di sostegno (nelle analisi $\psi = 90^\circ$) e dell'inclinazione β rispetto all'orizzontale del versante a tergo dell'opera. Fra le varie formulazioni proposte per il calcolo di k_a , nel caso di condizioni stratigrafiche omogenee e di cunei di spinta non influenzati dall'andamento della falda lungo il pendio, poiché formulazioni più complesse come ad esempio il modello a spirale logaritmica (cfr. Figura 1) non portano a risultati più accurati, si farà riferimento a quella di [Coulomb, 1776] che considera una superficie di rottura piana:

$$k_a = \frac{[\sin(\psi + \phi')]^2}{(\sin \psi)^2 \sin(\psi - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi' + \delta) \sin(\phi' - \beta)}{\sin(\psi - \delta) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

Nel caso in cui la struttura subisca uno spostamento verso monte (aumento della tensione orizzontale efficace rispetto alle condizioni geostatiche), la σ'_h sul paramento di monte può essere calcolata come:

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud****4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 19 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

$$\sigma'_h = k_p \sigma'_v + 2c' \sqrt{k_p}$$

pressione passiva

dove:

 k_p è il coefficiente di spinta passiva σ'_v è la tensione verticale efficace c' è la coesione efficace

Analogamente al coefficiente di spinta attiva, in condizioni statiche si può porre $k_p = k_p(\varphi', \psi, \beta, \delta)$. Fra le varie formulazioni proposte per il calcolo di k_p , di seguito, si farà riferimento a quella di [Caquot-Kerisel, 1948]. La superficie potenziale di scorrimento del terreno è assimilabile in questo caso ad un arco di spirale logaritmica e non più ad una superficie piana. Tale coefficiente viene determinato dall'interpolazione polinomiale delle spirali logaritmiche fornite sperimentalmente da [Caquot-Kerisel, 1948], riportate in Figura 1.

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 20 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

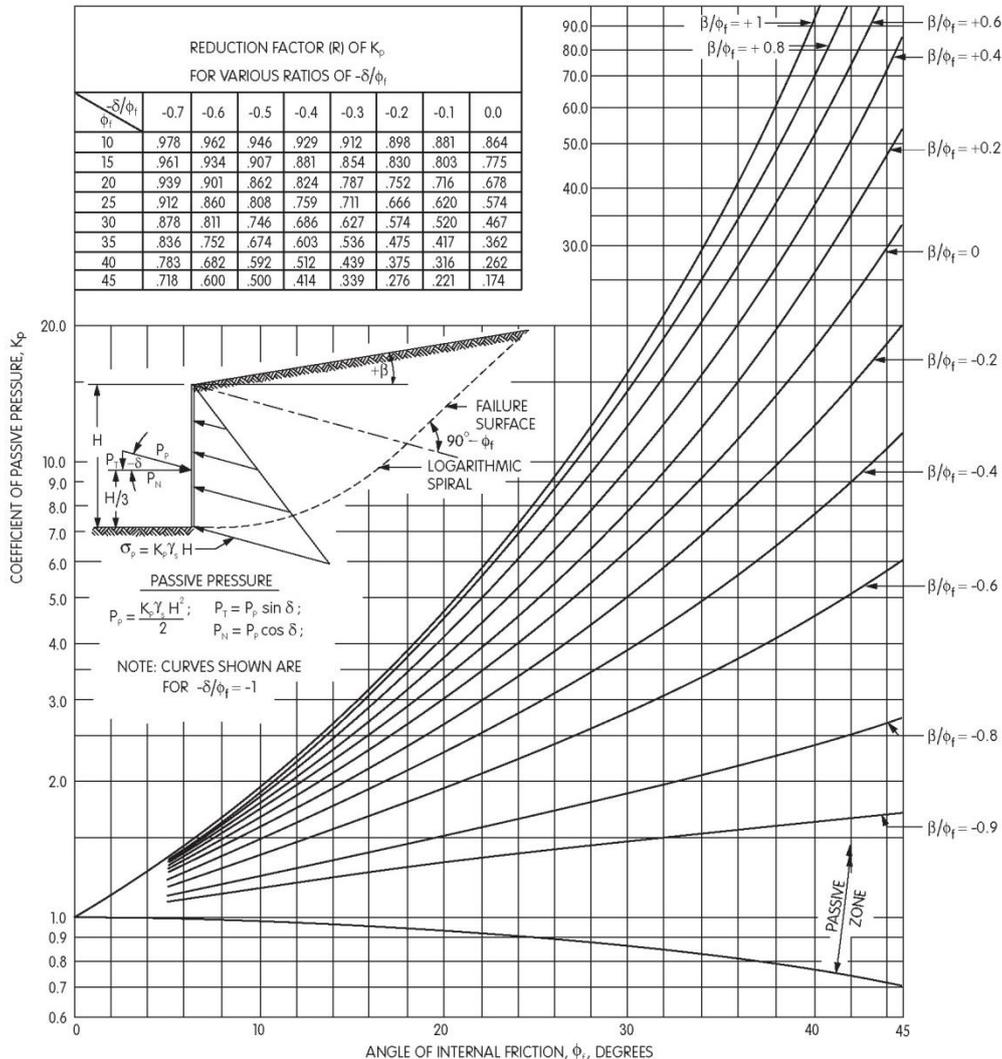


Figura 1– modello a spirale logaritmica per il calcolo dei coefficienti di spinta

Pertanto, in generale, nel caso di strutture di sostegno flessibili, eventualmente contrastate da elementi strutturali attivi o passivi messi in opera in fasi successive, sul paramento di monte agirà la pressione attiva e su quello di valle la pressione passiva.

Nel caso di strutture molto rigide, incapaci di subire spostamenti sufficienti a mobilitare la pressione attiva o quella passiva, la pressione σ'_h esercitata dallo scheletro solido sull'opera di sostegno può essere calcolata come la pressione in condizioni geostatiche:

$$\sigma'_h = k_0 \sigma'_v \quad \text{pressione a riposo}$$

dove:

k_0 è il coefficiente di spinta a riposo;

σ'_v è la tensione verticale efficace.

Secondo la relazione di [Kulhawy et al., 1989] k_0 dipende dalla resistenza del terreno e dal rapporto di sovraconsolidazione del terreno O.C.R.:

$$k_0 = k_0^{nc} (OCR)^m$$

dove:

k_0^{nc} è il coefficiente di spinta a riposo per terreni normal consolidati che secondo [Jaky, 1936] può essere posto pari a $(1 - \sin \varphi')$;

m è un parametro empirico, di solito compreso tra 0.4 e 0.7.

In generale, per strutture di sostegno impermeabili senza sistemi di drenaggio a monte, alla pressione esercitata dallo scheletro solido deve essere sommata la pressione esercitata dall'acqua.

In condizioni drenate (regime stazionario), che sono le condizioni a vantaggio di sicurezza nel caso di esecuzione di scavi (detensionamento del terreno), la pressione dell'acqua (pressione neutra) nei pori è indipendente dalla deformazione dello scheletro solido (disaccoppiamento meccanico-idraulico). Pertanto, nell'ipotesi semplificativa che il flusso nell'intorno della paratia si sviluppi prevalentemente in direzione verticale il calcolo della pressione neutra p alla quota z può essere condotto considerando che il prodotto fra permeabilità k e perdita di carico i è costante (principio di conservazione della massa applicato alla legge di Darcy) ovvero, che in ciascun tratto omogeneo (permeabilità k costante), di spessore $L = z - z_0$, la perdita di carico i è costante:

$$p = p_0 - \gamma_w (1+i)(z - z_0) \quad \text{pressione neutra}$$

p_0 è la pressione all'inizio di ciascun tratto omogeneo ovvero $p(z = z_0)$

γ_w è il peso specifico dell'acqua

$$i = \frac{-\Delta h}{L} = -\frac{[h(z) - h(z_0)]}{z - z_0}$$

i è la perdita di carico

z è la quota, positiva verso l'alto, alla quale si calcola p

7. CRITERI DI PROGETTAZIONE E VERIFICA AI SENSI DEL D.M. 14-01-2008

Nel presente paragrafo sono riportate alcune indicazioni salienti della Normativa riguardanti criteri generali di progettazione e verifica delle opere strutturali e geotecniche, oltre a specifiche da adottare per il caso delle Paratie di Sostegno.

7.1 Metodo agli Stati Limite ed Approcci di Progetto

Il progetto di opere strutturali e geotecniche va effettuato, come prescritto dal DM 14/01/08, con i criteri del **metodo semiprobabilistico agli stati limite** basati sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza.

Nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale è verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni.

Per la sicurezza strutturale, la *resistenza* dei materiali e le *azioni* sono rappresentate dai valori caratteristici, R_k e F_k definiti, rispettivamente, come il frattile inferiore delle resistenze e il frattile (superiore o inferiore) delle azioni che minimizzano la sicurezza. I frattili sono stati assunti pari al 5%.

La normativa distingue inoltre tra **Stati Limite Ultimi** e **Stati Limite di Esercizio**.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli **stati limite ultimi** di resistenza è stata effettuata con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale:

$$R_d \geq E_d$$

dove:

R_d è la resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

Il coefficiente γ_R opera direttamente sulla resistenza del sistema.

I coefficienti parziali di sicurezza, γ_{Mi} e γ_{Fj} , associati rispettivamente al materiale i-esimo e all'azione j-esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e all'affidabilità del modello di calcolo.

E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto $F_{dj} = F_{kj} \gamma_{Fj}$ delle azioni, dei parametri di progetto X_k/γ_M e della geometria di progetto a_d :

$$E_d = E \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come $E_d = E_k \gamma_E$ con $\gamma_E = \gamma_F$:

$$E_d = \gamma_E \cdot E \left[F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

In accordo a quanto stabilito al §2.6.1 del DM 14.01.08, la verifica della condizione $R_d > E_d$ deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo Approccio progettuale (**Approccio 1**) le verifiche si eseguono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti ognuna delle quali può essere critica per differenti aspetti dello stesso progetto, convenzionalmente indicate come di seguito:

A1+M1+R1

A2+M2+R2

Nel secondo approccio progettuale (**Approccio 2**) le verifiche si eseguono con un'unica combinazione di gruppi di coefficienti

Gli stati limite di verifica si distinguono in genere in:

EQU perdita di equilibrio della struttura fuori terra, considerata come corpo rigido;

STR raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali, compresi gli elementi di fondazione

e tutti gli altri elementi strutturali che eventualmente interagiscono con il terreno;

GEO raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura;

UPL perdita di equilibrio della struttura o del terreno, dovuta alla spinta dell'acqua (sollevamento per galleggiamento)

HYD erosione e sifonamento del terreno dovuta ai gradienti idraulici.

I coefficienti parziali da applicare alle azioni sono quelli definiti alla Tab 2.6.I del DM 14.01.18 di seguito riportata per chiarezza espositiva:

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Q}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

γ_{G1} coefficiente parziale dei carichi permanenti G_1 ;

γ_{G2} coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali G_2 ;

γ_{Q} coefficiente parziale delle azioni variabili Q.

Nel caso in cui l'azione sia costituita dalla spinta del terreno, per la scelta dei coefficienti parziali di sicurezza valgono le indicazioni riportate nel Capitolo 6.

Il coefficiente parziale della precompressione si assume pari a $\gamma_P = 1,0$.

Altri valori di coefficienti parziali sono riportati nei capitoli successivi con riferimento a particolari azioni specifiche.

I valori dei coefficienti parziali da applicare ai materiali e/o alle caratteristiche dei terreni (M) sono definiti nelle specifiche sezioni della norma, ed in particolare al Cap. 4 per ciò che concerne i coefficienti parziali da applicare ai materiali strutturali, mentre al Cap.6 sono indicati quelli da applicare alle caratteristiche meccaniche dei terreni.

I coefficienti parziali da applicare alle resistenze (R) sono infine unitari sulle capacità resistenti degli elementi strutturali, mentre assumono in genere valore diverso da 1 per ciò che concerne verifiche che attengono il controllo di meccanismi di stabilità locale o globale; i valori da adottare per ciascun meccanismo di verifica, sono definiti nelle specifiche sezioni di normativa dedicate al calcolo delle diverse opere geotecniche.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli **stati limite di esercizio** viene effettuata invece controllando gli aspetti di funzionalità e lo stato tensionale e/o deformativo delle opere, con riferimento ad una combinazione di verifica caratterizzata da coefficienti parziali sulle azioni e sui materiali tutti unitari.

Al § 2.5.3 del DM 14.01.08, sono infine definiti i criteri con cui le diverse azioni presenti vanno combinate per ciascuno stato limite di verifica previsto dalla Normativa, di seguito riportati per completezza:

2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

– Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

– Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

– Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

– Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

– Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

– Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Nelle combinazioni si intende che vengano omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

I valori dei coefficienti ψ_{0j} , ψ_{1j} e ψ_{2j} sono dati nella Tab. 2.5.I oppure nella Tab. 5.1.VI per i ponti stradali e nella Tab. 5.2.VII per i ponti ferroviari. I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qi} sono dati nel § 2.6.1.

Nell'ambito della progettazione geotecnica, la normativa definisce inoltre nella Tab 6.2.II, i valori dei coefficienti parziali M1/M2 da applicare ai parametri caratteristici dei terreni nell'ambito delle diverse combinazioni contemplate dai due approcci di progetto come già illustrati al paragrafo precedente:

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coazione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_r	γ_r	1,0	1,0

Tali valori agiscono sulle proprietà dei terreni, condizionando sia le azioni (spinte ed incrementi di spinta), sia le resistenze nei riguardi delle verifiche di stabilità dell'insieme opere-terreno con esse interagenti da effettuare caso per caso in funzione del tipo di opera. (Paratie, Muri, Pali di Fondazione ecc..)

Inoltre, ribadisce i valori dei coefficienti da applicare alle azioni nella Tab 6.2.II di seguito riportata:

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

7.2 Criteri di Analisi e Verifica di Paratie

Per le paratie, al § 6.5.3.1.2 del DM 14.01.08 viene specificato che si devono considerare almeno i seguenti **Stati Limite Ultimi**, accertando che la condizione $R_d > E_d$ sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

SLU di tipo geotecnica (GEO) e di tipo idraulico (UPL e HYD)

- collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
- collasso per carico limite verticale;
- sfilamento di uno o più ancoraggi;
- instabilità del fondo scavo in terreni a grana fine in condizioni non drenate;
- instabilità del fondo scavo per sollevamento;
- sifonamento del fondo scavo;
- instabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;

SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi;
- raggiungimento della resistenza in uno o più puntoni o di sistemi di contrasto;
- raggiungimento della resistenza strutturale della paratia.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo la Combinazione 2 (**A2+M2+R2**) dell'Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I del DM 14.01.08; in aggiunta a quanto già mostrato in precedenza nel documento, si riporta anche la Tab 6.8.I appena menzionata:

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio I considerando le due combinazioni di coefficienti:

- Combinazione 1: (A1+ M1+R1)

-Combinazione 2: (A2+M2+R1)

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II, con i coefficienti γ_R del gruppo **R1** pari all'unità.

Per le paratie, i calcoli di progetto devono comprendere la verifica degli eventuali ancoraggi, puntoni o strutture di controventamento.

Con riferimento infine agli **Stati Limite di Esercizio**, bisogna controllare che gli spostamenti dell'opera di sostegno e del terreno circostante siano compatibili con la funzionalità dell'opera e con la sicurezza e funzionalità di eventuali manufatti adiacenti, oltre che verificare, nei riguardi degli aspetti strutturali, la compatibilità degli stati tensionali dei materiali costituenti l'opera..

In aggiunta a quanto sopra, al § C6.5.3.1.2 della Circolare Applicativa n 617/2009 viene inoltre specificato quanto segue:

Per il dimensionamento geotecnico delle paratie, le analisi possono essere condotte con la Combinazione 2 (A2+M2+R1).

Per la verifica degli elementi strutturali (STR), le analisi può essere condotta con riferimento alla Combinazione I (A1+M1+R1).

7.3 Verifiche di Stabilità Locale

Nell'ambito delle verifiche finalizzate al controllo della stabilità locale dell'opera di sostegno, bisogna analizzare i seguenti due potenziali meccanismi.

1) - collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);

2) - collasso per carico limite verticale;

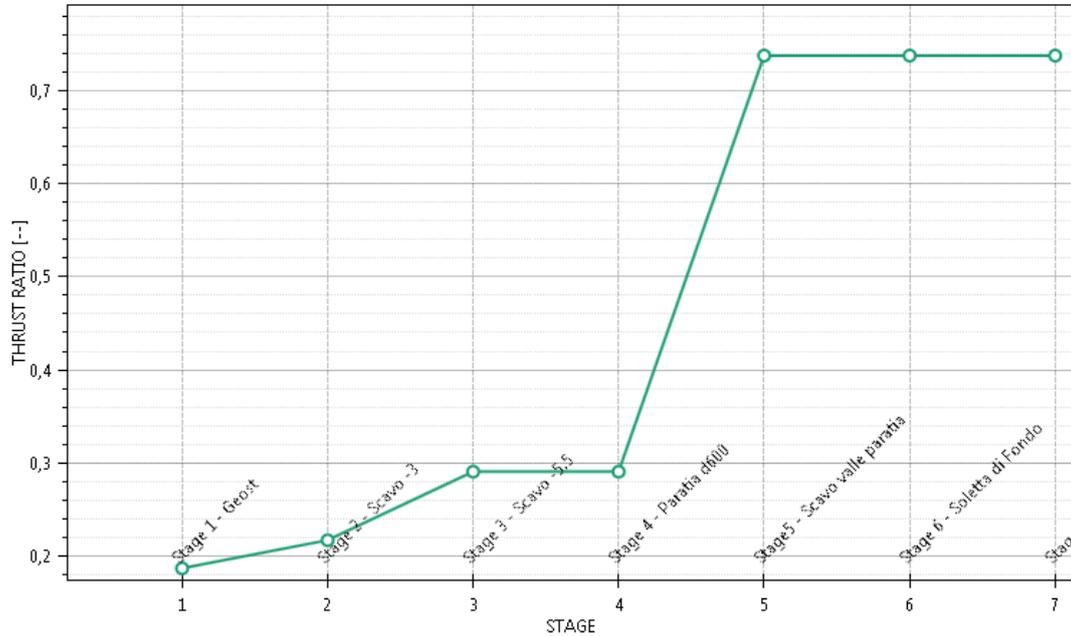
Potendo ritenere non significativa per il caso delle opere in oggetto la verifica 2, si è proceduto a controllare il meccanismo di cui al punto 1, in termini di massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva (GR) nell'ambito delle varie fasi caratteristiche di scavo e/o completamenti previsti, controllando il rispetto della seguente condizione:

$$G_m = kP_{mob}^{max} / k_p \leq 1$$

kP_{mob}^{max} = massimo rapporto tra la tensione orizzontale del terreno in zona passiva e la tensione verticale efficace nel medesimo punto

K_p = coefficiente di spinta passiva locale di progetto, valutato in base ai parametri caratteristici dei terreni fattorizzati secondo i coefficienti M1/M2 in relazione alla generica combinazione analizzata secondo specifiche di cui già al precedente § 7.1

Lo specifico software di calcolo utilizzato, i cui estremi sono indicati al § **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, fornisce a tal riguardo un diagramma tipico come quello riportato in figura seguente, ove per ciascuna fase di analisi, viene fornito il valore di G_m :

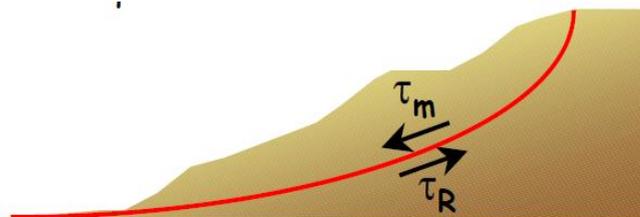


7.4 Verifiche di Stabilità Globale

Nel presente paragrafo sono illustrati i Criteri generali adottati per l'effettuazione delle Verifiche di Stabilità Globale prescritte dalla normativa.

Nello specifico, le Analisi sono state effettuate mediante i metodi dell'equilibrio limite, messi a punto da diversi autori tra cui, Fellenius, Bishop, Janbu, Morgestern-Price, ecc.

In generale, ciascuno metodo va alla ricerca del potenziali superfici di scivolamento, generalmente di forma circolare, in qualche caso anche di forma diversa, rispetto a cui effettuare un equilibrio alla rotazione (o roto-traslazione) della potenziale massa di terreno coinvolta nel possibile movimento e quindi alla determinazione di un coefficiente di sicurezza disponibile, espresso in via generale tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie, ovvero:



$$FS = \frac{\int_S \tau_{rott}}{\int_S \tau_{mob}}$$

Si procede generalmente suddividendo la massa di terreno coinvolta nella verifica in una serie di conci di dimensione b , interessati da azioni taglianti e normali sulle superfici di delimitazione dello stesso come di seguito rappresentato.

Per il caso in esame, le verifiche sono state effettuate rispetto a superfici di forma circolare, utilizzando il metodo di **Bishop**, per i cui dettagli si rimanda a quanto esposto a riguarda nella letteratura tecnica.

Le verifiche sono state effettuate rispetto a famiglie di superfici potenziali di rottura disegnate in maniera tale da non intersecare le opere, escludendo quindi ai fini della stabilità la resistenza al taglio locale offerta dalle opere, fermo restando tutte le prescrizioni definite dalla normativa per questo tipo di verifica.

Il DM 14.01.08 affronta il tema della Stabilità Globale distinguendo tra il caso dei Pendii Naturali (§ 6.3) e quello delle opere in terra in Materiali sciolti e Fronti di scavo (§ 6.8) fornendo prescrizioni differenti circa i criteri di verifica da adottare nei due casi.

Trattandosi nel caso in esame di valutare la Stabilità Globale di Opere a sostegno di scavi, si ricade nel caso dei “Fronti di Scavo e rilevati”; nel seguito si riportano dunque, per maggiore chiarezza espositiva, le specifiche normative a riguardo

Il punto 6.8.2 del DM 14.01.08 e relativa circolare applicativa, tratta l’argomento della verifica di Stabilità di Materiali Sciolti e fronti di scavo, nella fattispecie, al punto 6.8.2 “Verifiche di Sicurezza (SLU)” viene prescritto quanto di seguito:

Le verifiche devono essere effettuate secondo l’Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2) tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I.

In aggiunta a quanto già riportato nei precedenti paragrafi, si riporta di seguito la Tab. 6.8.I, in cui è definito il valore del coefficiente parziale “R2” da applicare al valore della resistenza caratteristica calcolata per la generica superficie di potenziale scivolamento analizzata :

Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

7.5 VERIFICHE STRUTTURALI

Trattandosi di opere a carattere provvisoria, le verifiche vengono eseguiti unicamente nei confronti degli stati limite ultimi, non essendo necessario garantire particolari prestazioni tipiche delle fasi di esercizio (limitazione della fessurazione, tassi di lavoro materiali ecc.)

7.5.1 Verifiche allo SLU

Le verifiche di resistenza dal punto di vista statico quali pressoflessione e taglio vengono eseguite su tutti gli elementi strutturali, con i criteri di cui al § 4.1.2 del DM 14.01.08

In riferimento alla resistenza allo SLU nei confronti delle sollecitazioni taglianti si adotta la seguente formulazione:

[NTC – 4.1.2.1.3.1] La resistenza a taglio in assenza di armatura specifica risulta pari a:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d$$

dove:

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ($\leq 0,02$);

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

Nel caso di utilizzo di armature a taglio si fa riferimento al 4.1.2.1.3.2 delle norme NTC2008. La resistenza a taglio dell'elemento in calcestruzzo armato è fornita dal minimo tra i valori V_{Rcd} e V_{Rsd} :

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$$

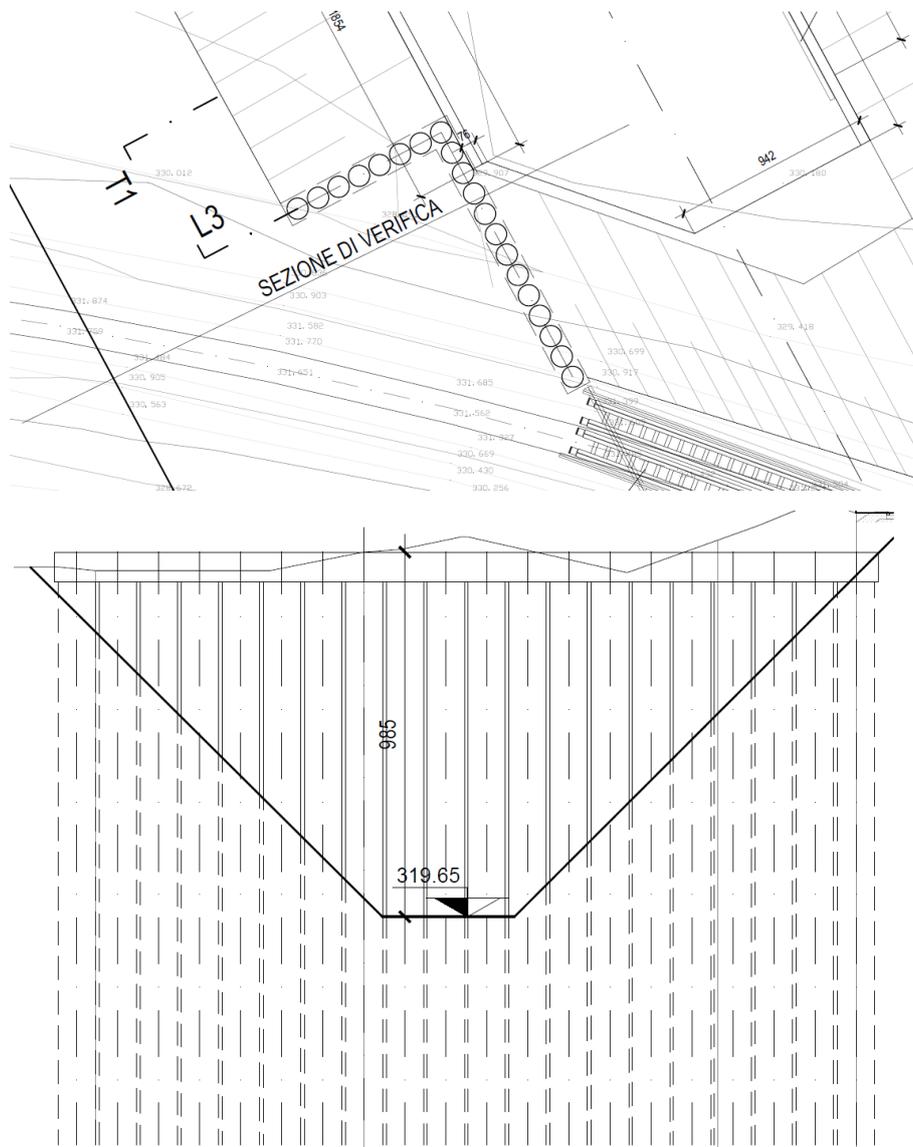
$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

8. PARATIE PROVVISORIALI : ANALISI E VERIFICHE

Nel presente paragrafo si riportano i risultati delle analisi e verifiche condotte per le paratie provvisorie previste per il sostegno del rilevato Fs durante le fasi di realizzazione ed infissione del Monolite da varare a spinta.

Le paratie sono costituite da Pali ϕ 1000/i=1.10m L=17m con cordolo 1,20x1,20m.

La sezione di calcolo analizzata è quella caratterizzata dalla massima altezza di scavo di cui nel seguito si riporta uno stralcio grafico relativo.



Modello di Calcolo Paratie di Imbocco A Galleria Mecciano

La particolare conformazione della paratia in corrispondenza della sezione di verifica, consente di tener conto di un effetto vincolo a quota testa cordolo per la presenza del tratto di risolto lato terrapieno

La distanza del rilevato Fs dall'opera consente inoltre di trascurare gli effetti del carico variabile ferroviario, in quanto non interagenti con il cuneo di spinta sull'opera.

Viene presentato in primo luogo il modello implementato nel software Paratie Plus con la sequenza delle fasi di lavorazione previste, e successivamente i risultati in termini di sollecitazione e verifiche strutturali e geotecniche da effettuare ai sensi di quanto prescritto dalla Normativa secondo quanto già descritto al precedente § 7.

Si precisa che trattandosi di opere a carattere provvisoria, le verifiche possono essere effettuate con riferimento alla sola condizione statica, potendo omettere le Verifiche sismiche ai sensi di quanto prescritto al § 2.4.1 del DM 14.01.08.

8.1 MODELLO E FASI DI CALCOLO

Di seguito si riporta una descrizione con relativa rappresentazione grafica della sequenza delle fasi realizzative implementate nel modello di calcolo per le relative analisi:

Stage n.	Lavorazioni previste
Stage 0	Condizione Geostatica – Inizializzazione regime tensionale
Stage 1	Realizzazione Paratie e cordolo di collegamento/simulazione effetto vincolo in testa paratia di risolto
Stage 2	Scavi Fase 1 (-3.00 m p.c /testa cordolo)
Stage 3	Scavi Fase 2 (-6.00m p.c /testa cordolo)
Stage 4	Scavi Fase Finale (-9.850 m p.c /testa cordolo)

Quota 0.00m → Quota Piano Campagna/ Testa cordolo

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

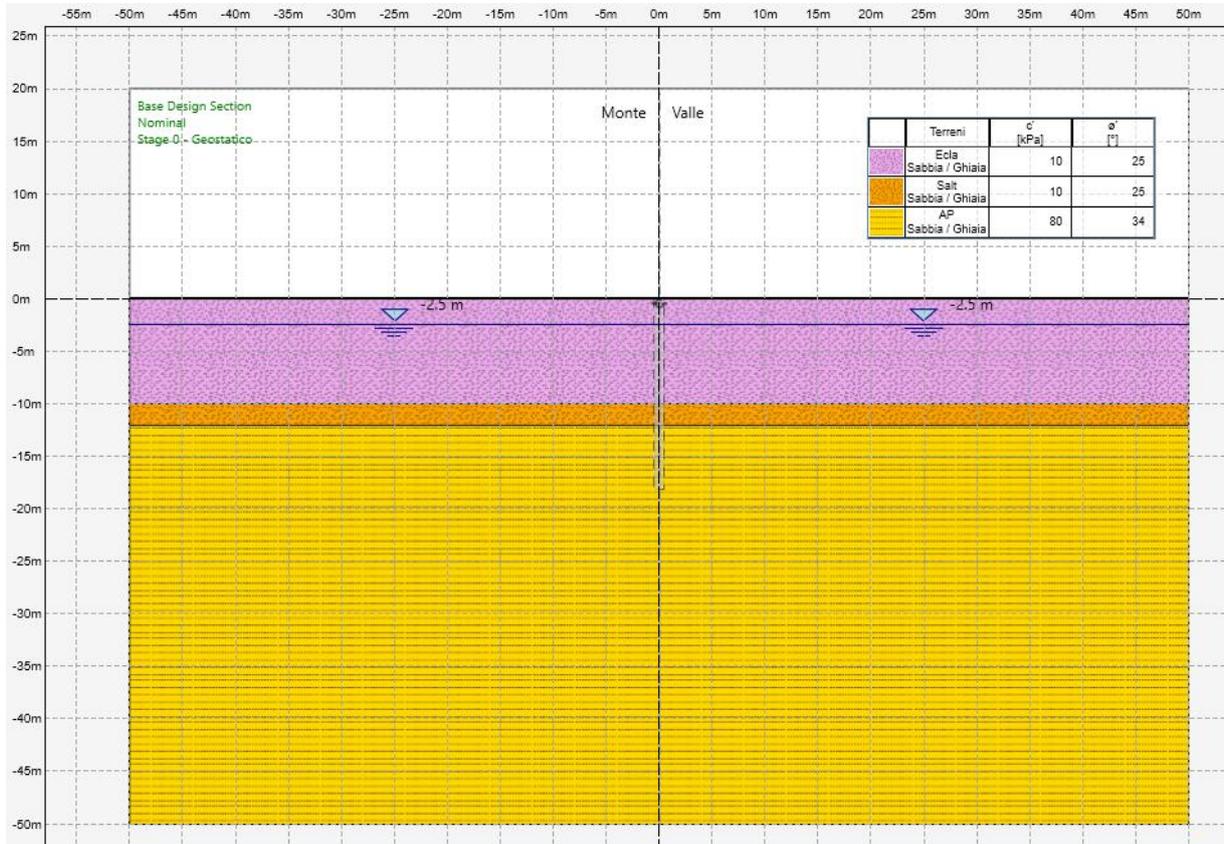
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 33 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------



Stage 0

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

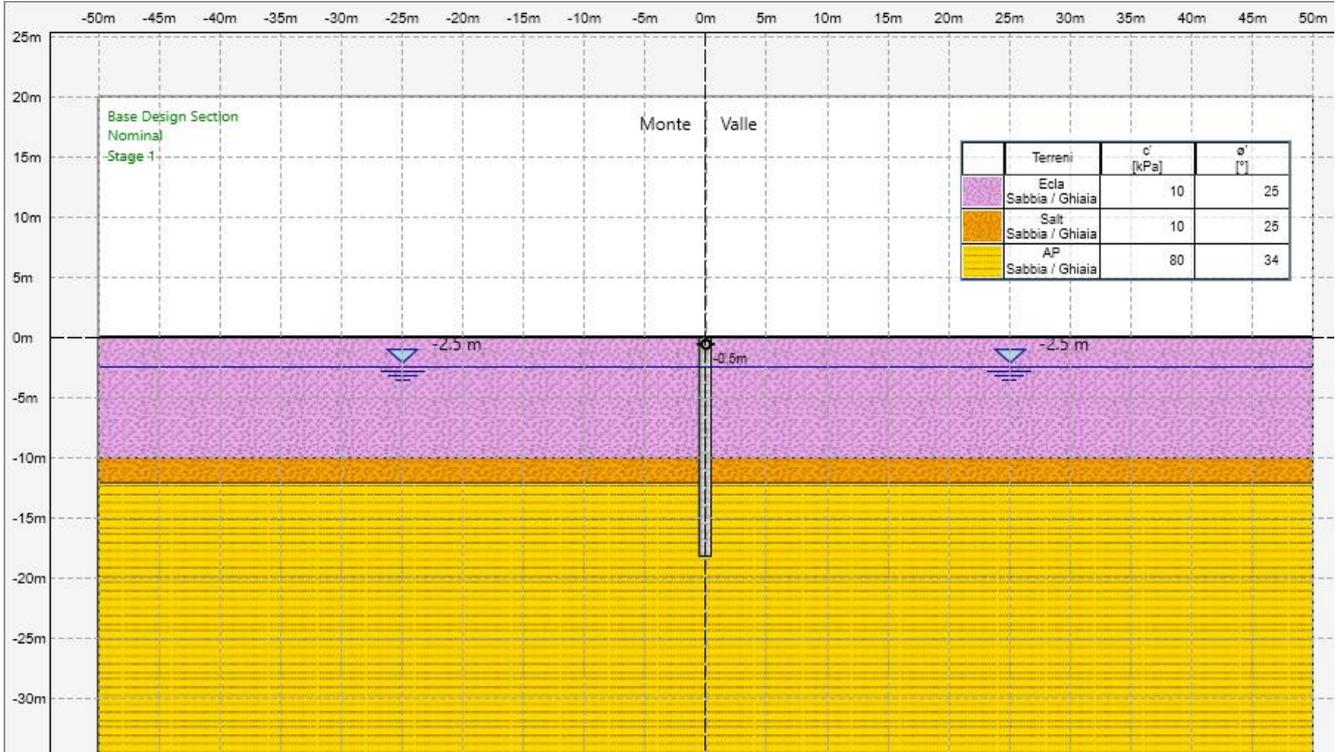
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

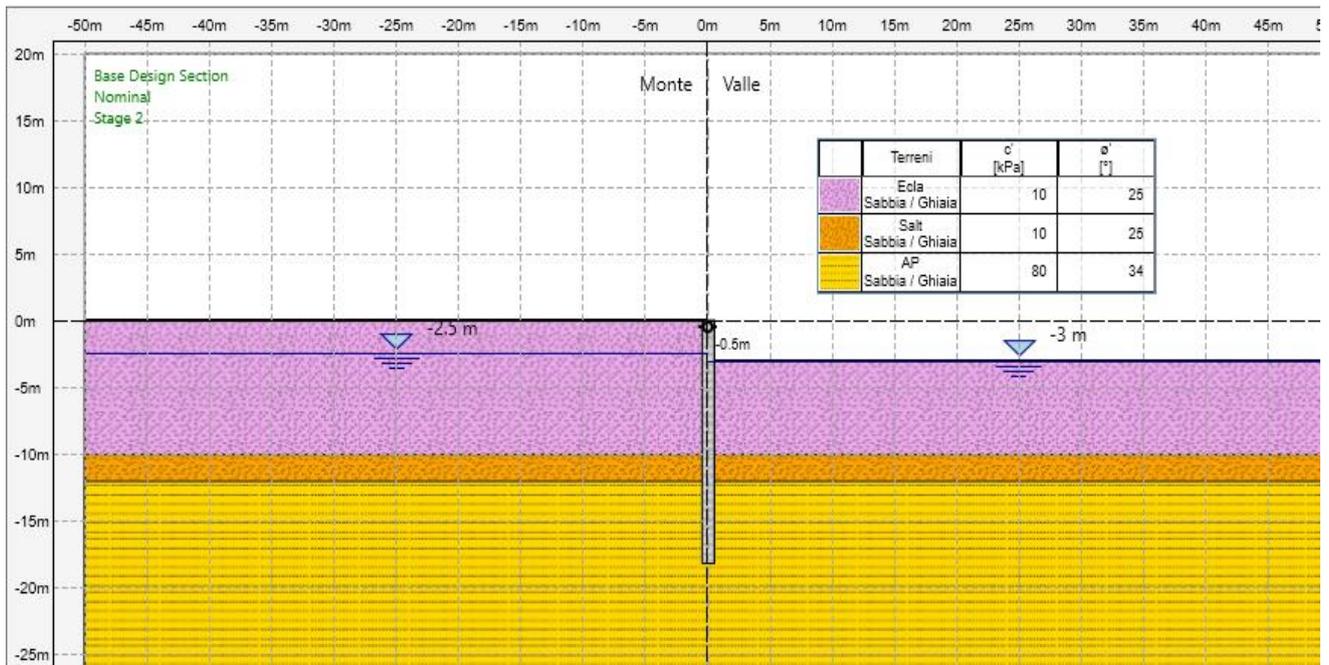
Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 34 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------



Stage 1



Stage 2

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

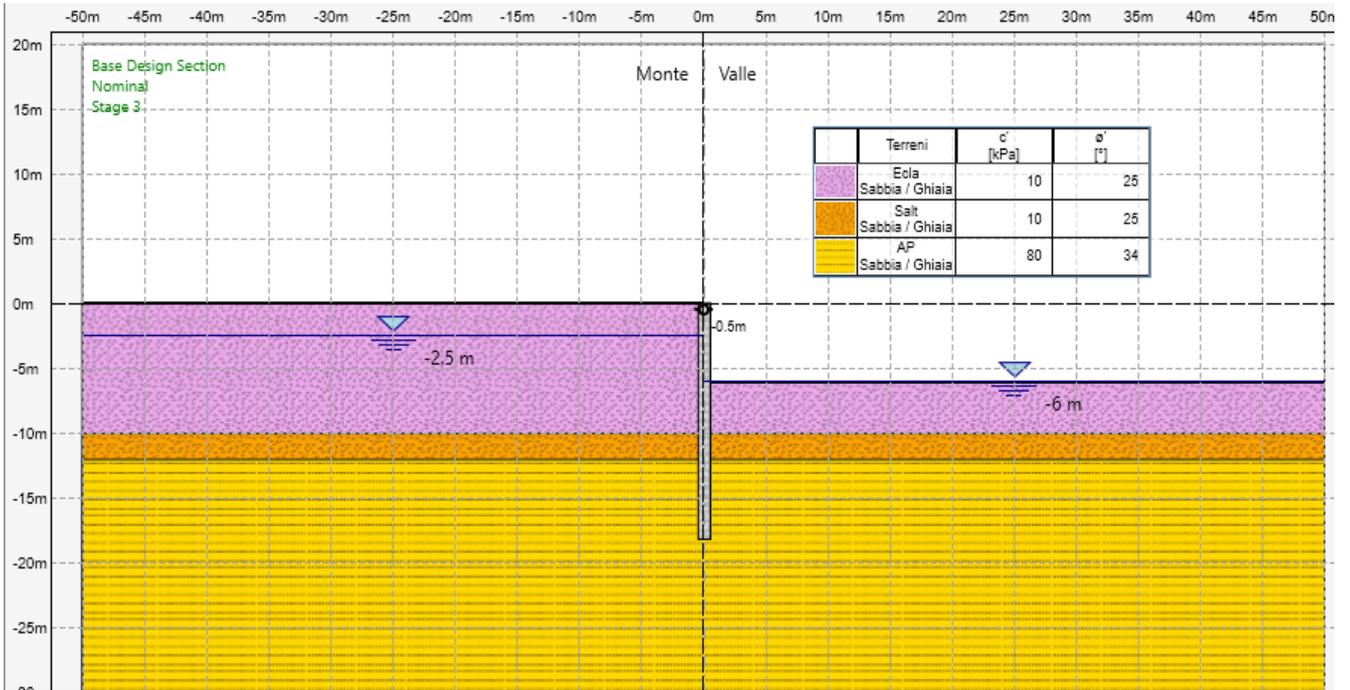
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

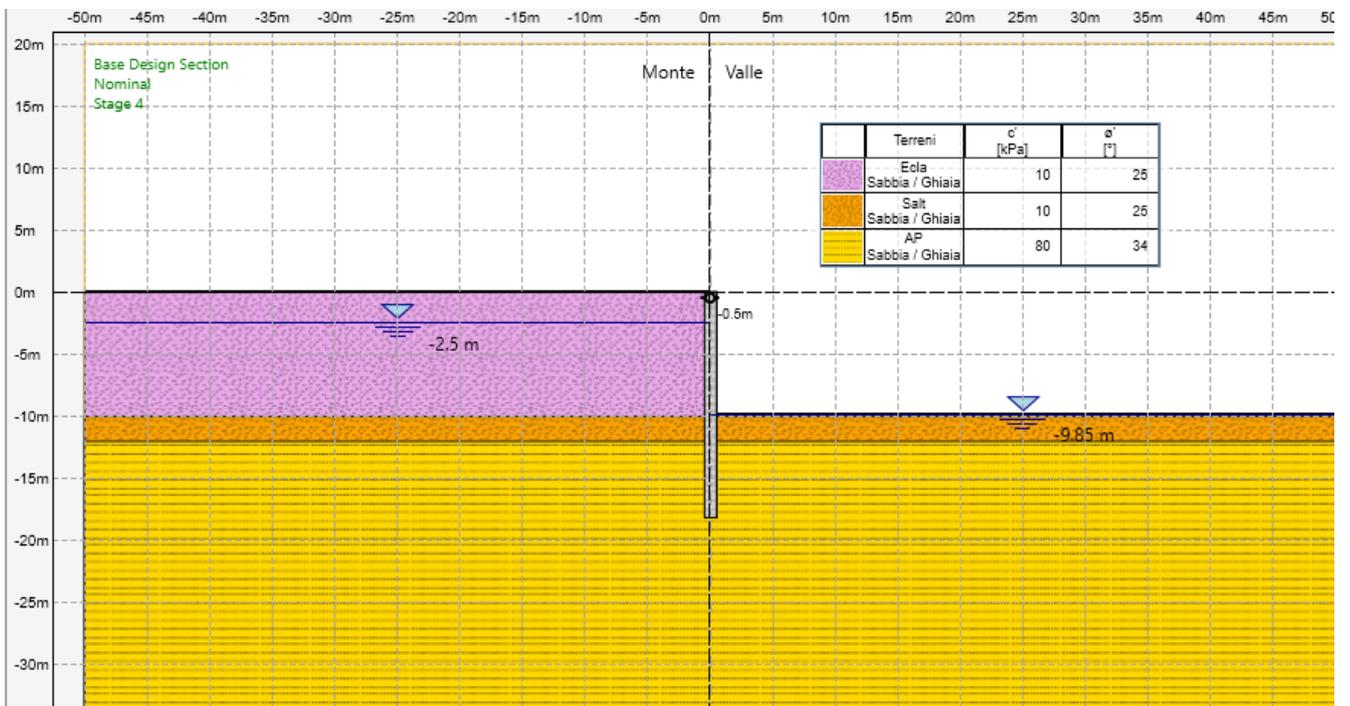
Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabiano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 35 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------



Stage 3



Stage 4

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id.doc. REL	N.prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 36 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

Si precisa infine che le Analisi sono state svolte, tenendo conto delle specifiche della Normativa come già richiamate al precedente § 7.1, secondo l'Approccio 1, analizzando tutte le combinazioni prescritte dalla Normativa per l'analisi di Paratie di Sostegno in fase statica che nel seguito si riportano come implementate nel software utilizzato:

Lista degli approcci di progetto

Attivo	Std	Collezione	Nome	Stato Limite	Descrizione	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Carichi Variabili Sostanziali (F_live_load_unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Carico Sismico (F_setam_load)	Pressioni Acqua Lato Monte (F_WaterDR)	Pressioni Acqua Lato Valle (F_WaterRes)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_LPL_GDStab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_LPL_GStab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_LPL_QDStab)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_HVD_GDStab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_HVD_GStab)
						A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<input checked="" type="checkbox"/>			Nominal	UNDEFINED		Yg	Yg	Yq	Yq	Yge	Yg	Yg	Ygdst	Ygsto	Yqdst	Ygdst	Ygsto
<input checked="" type="checkbox"/>			Nominal	UNDEFINED		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2008 (ITA)	SLE (Rara/Frequente/Quasi)	SERVICE		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2008 (ITA)	A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	ULTIMATE		1,3	1	1,5	1	1	1,3	1	1	1	1	1,3	0,9
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2008 (ITA)	A2+M2+R1	ULTIMATE		1	1	1,3	1	1	1	1	1	1	1	1,3	0,9
<input type="checkbox"/>		NTC2008 (ITA)	SISMICA STR	ULTIMATE		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<input type="checkbox"/>		NTC2008 (ITA)	SISMICA GEO	ULTIMATE		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,3	0,9

Attivo	Std	Collezione	Nome	Stato Limite	Parziale su tan(phi) (F_fr)	Parziale su c' (F_eff_cohc)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
					M	M	M	M	M
					Yp'	Yc'	Ycu	Yqu	Yy
<input checked="" type="checkbox"/>			Nominal	UNDEFINED	1	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2008 (ITA)	SLE (Rara/Frequente/Quasi)	SERVICE	1	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2008 (ITA)	A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	ULTIMATE	1	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2008 (ITA)	A2+M2+R1	ULTIMATE	1,25	1,25	1,4	1	1
<input type="checkbox"/>		NTC2008 (ITA)	SISMICA STR	ULTIMATE	1	1	1	1	1
<input type="checkbox"/>		NTC2008 (ITA)	SISMICA GEO	ULTIMATE	1,25	1,25	1,4	1	1

Lista degli approcci di progetto

Attivo	Std	Collezione	Nome	Stato Limite	Parziale resistenza terreni (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)	FS tiranti (F_Oskin)	Chiodi qS (F_OskinNails)	Chiodi qS(Tests) (F_OskinNailsTests)	Pressiometro PL (F_PL)	Tan(ang.attrito) Terr. Rinforzato (F_FrNailM)	Coesione c' (ter. rinforzato) (F_CnailM)	Non drenata Su (ter. rinforzato) (F_SuNailM)
					R	R	R	R	?	?	?	?	?	?	?
					Yre	Yap	Yat								
<input checked="" type="checkbox"/>			Nominal	UNDEFINED	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2008 (ITA)	SLE (Rara/Frequente/Quasi)	SERVICE	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2008 (ITA)	A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	ULTIMATE	1	1,2	1,1	1	0	1	1	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2008 (ITA)	A2+M2+R1	ULTIMATE	1	1,2	1,1	1	1	1,4	1,4	1	1,25	1,25	1,4
<input type="checkbox"/>		NTC2008 (ITA)	SISMICA STR	ULTIMATE	1	1,2	1,1	1	1	1	1	1	1	1	1
<input type="checkbox"/>		NTC2008 (ITA)	SISMICA GEO	ULTIMATE	1	1,2	1,1	1	1	1	1	1	1	1	1

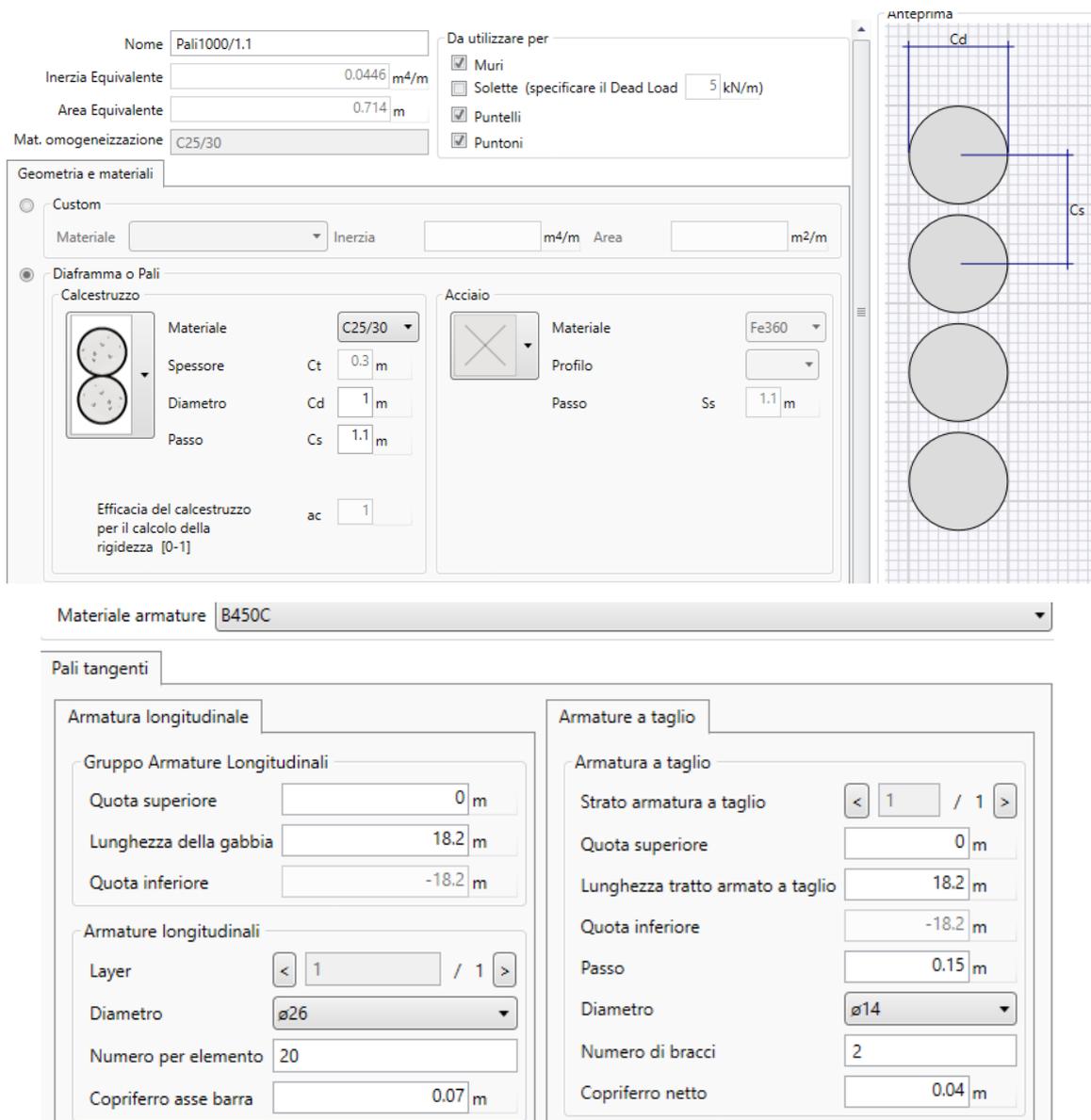
Combinazioni ed approcci di progetto utilizzati nelle Analisi

Comb. SLE → (Verifiche spostamenti/deformazioni)

Comb. A1-M1-R1 → (Verifiche strutturali allo SLU in fase statica)

Comb. A2-M2-R1 → (Verifiche geotecniche allo SLU in fase statica)

Riguardo le Verifiche strutturali, si precisa che le stesse sono state svolte in automatico dal software di calcolo utilizzato, sulla base delle caratteristiche della sezione resistente dei pali implementata nel software stesso che di seguito si riporta quale estratto dalla sezione di input dedicata:



Nome: Pali1000/1.1

Inerzia Equivalente: 0.0446 m⁴/m

Area Equivalente: 0.714 m

Mat. omogeneizzazione: C25/30

Da utilizzare per:

- Muri
- Solette (specificare il Dead Load: 5 kN/m)
- Puntelli
- Puntoni

Geometria e materiali

Custom

Materiale: Inerzia: m⁴/m Area: m²/m

Diaframma o Pali

Calcestruzzo

Materiale: C25/30

Spessore: Ct: 0.3 m

Diametro: Cd: 1 m

Passo: Cs: 1.1 m

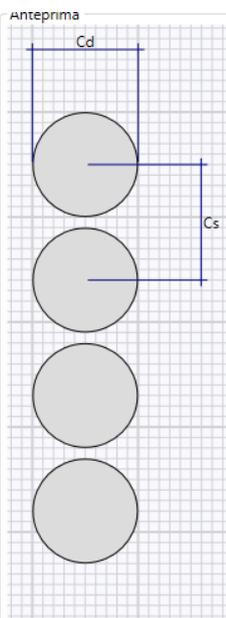
Acciaio

Materiale: Fe360

Profilo:

Passo: Ss: 1.1 m

Efficacia del calcestruzzo per il calcolo della rigidezza [0-1]: ac: 1

Anteprima: 

Materiale armature: B450C

Pali tangenti

Armatura longitudinale

Gruppo Armature Longitudinali

Quota superiore: 0 m

Lunghezza della gabbia: 18.2 m

Quota inferiore: -18.2 m

Armature longitudinali

Layer: 1 / 1

Diametro: ø26

Numero per elemento: 20

Copriferro asse barra: 0.07 m

Armature a taglio

Armatura a taglio

Strato armatura a taglio: 1 / 1

Quota superiore: 0 m

Lunghezza tratto armato a taglio: 18.2 m

Quota inferiore: -18.2 m

Passo: 0.15 m

Diametro: ø14

Numero di bracci: 2

Copriferro netto: 0.04 m

Caratteristiche sezione resistente di calcolo dei pali

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

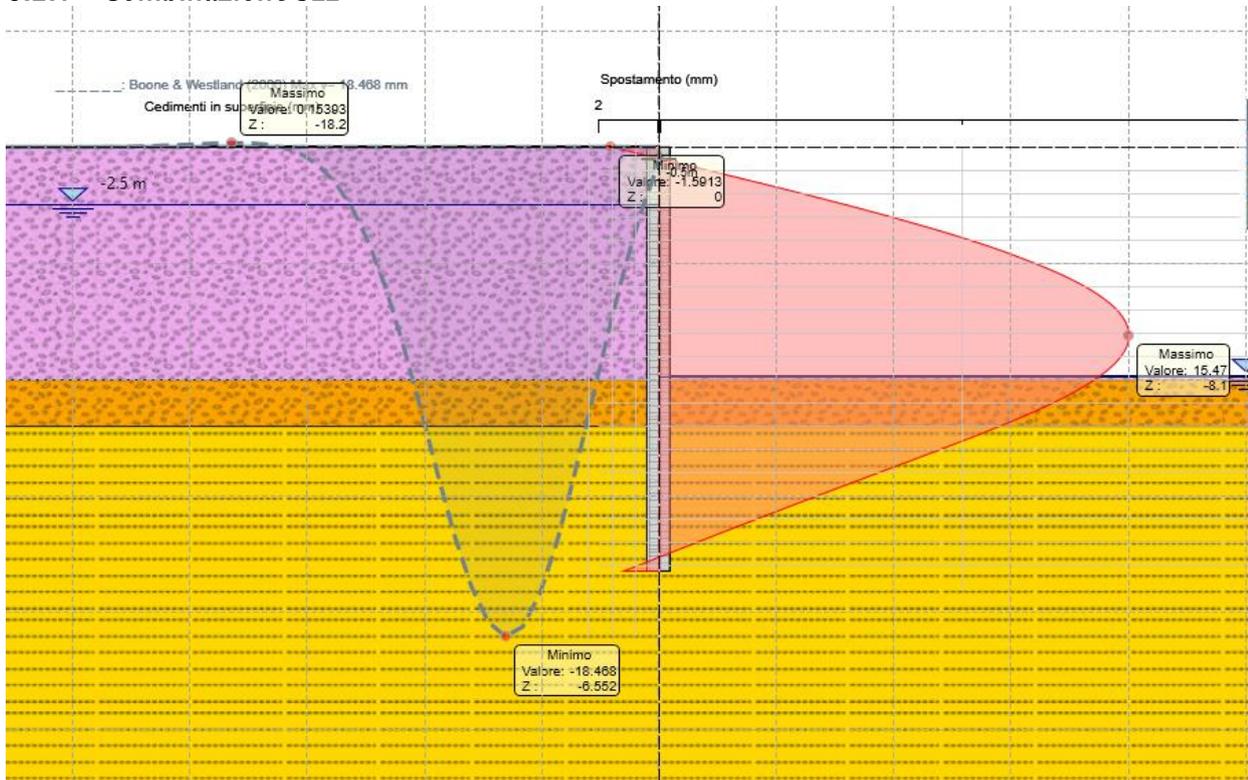
Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 38 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Si precisa infine che le Verifiche strutturali, vengono fornite dal software in termini di Tassi di sfruttamento dei materiali e delle sezioni sulla base delle caratteristiche della sezione resistente degli elementi strutturali come precedentemente definita.

8.2 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE PARATIE

I paragrafi seguenti illustrano i risultati delle Analisi effettuate in termini di sollecitazioni e verifiche condotte per la fase STATICA, in accordo a quanto prescritto dalla Normativa Vigente.

8.2.1 Combinazione SLE



Il diagramma degli spostamenti evidenzia spostamenti orizzontali massimi nell'ordine di 15mm e cedimenti sul piano campagna nell'ordine dei mm in corrispondenza della zona sede del corpo ferroviario; tali valori di spostamenti/cedimenti sono da intendersi compatibili con l'esercizio dell'opera.

8.2.2 Combinazione A2-M2-R1

La presente combinazione di Verifica è di riferimento per le verifiche Geotecniche di stabilità locale dei pali delle paratie in fase statica; tale verifica viene fornita in termini di rapporti di mobilitazione della spinta passiva che deve risultare ai fini del soddisfacimento della verifica, inferiore all'unità:

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

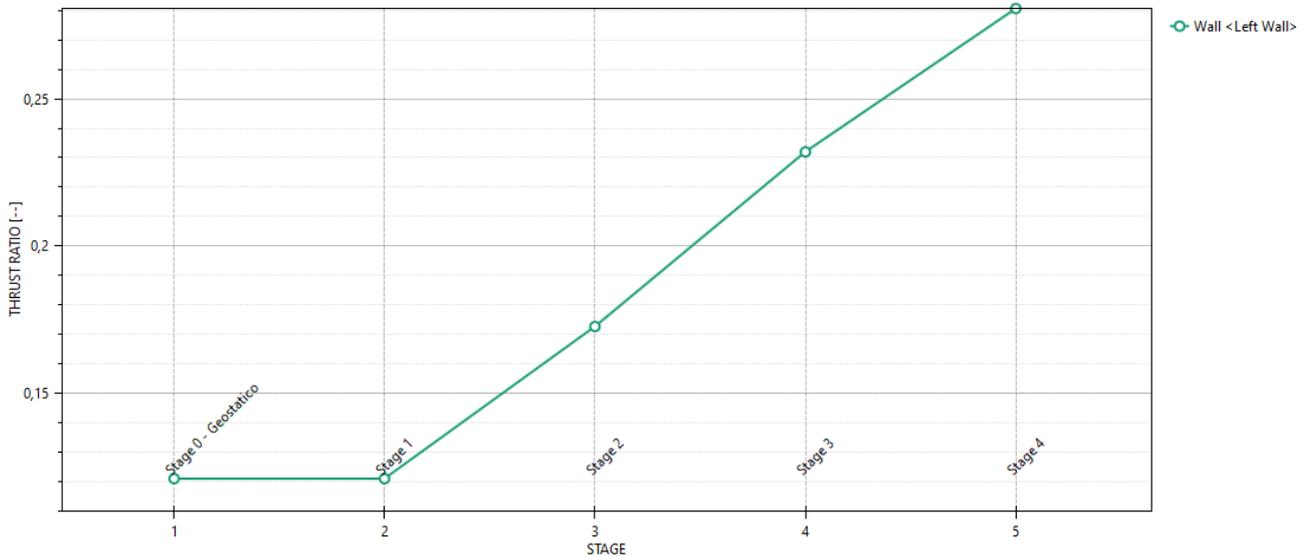
Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 40 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

D.A. <A2+M2+R1>



Design Assumption A2+M2+R1

Scegli grafico

Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

Rapporti di mobilitazione spinta passiva

L'esame del grafico evidenzia che la verifica è soddisfatta.

Ulteriore verifica prevista dalla Normativa per la Combinazione A2-M2-R1 è quella di stabilità globale del complesso Opera di Sostegno – terrapieno, che nel caso specifico risulta significativa; di seguito si espongono in forma grafica, i risultati della verifica effettuata secondo i criteri già definiti al § 7.4, con in evidenza la superficie critica individuata ed il coefficiente di sicurezza minimo:

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Springitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 41 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Proprietà analisi di stabilità dei pendii

D.S. Base Design Section Fase Stage 6 - vsp Eredita le proprietà dalla Fase: ▼

Attivo

Metodo di stabilità del pendio Bishop ▼

Definizione Superficie Critica  ▼

Massimo numero di iterazioni

Passo Conci m

Tolleranza FS

Contributo del muro all'analisi di stabilità Ignora muro ▼

Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo

Golden Section Search

Aggiusta forze E tra i conci (solo Bishop)

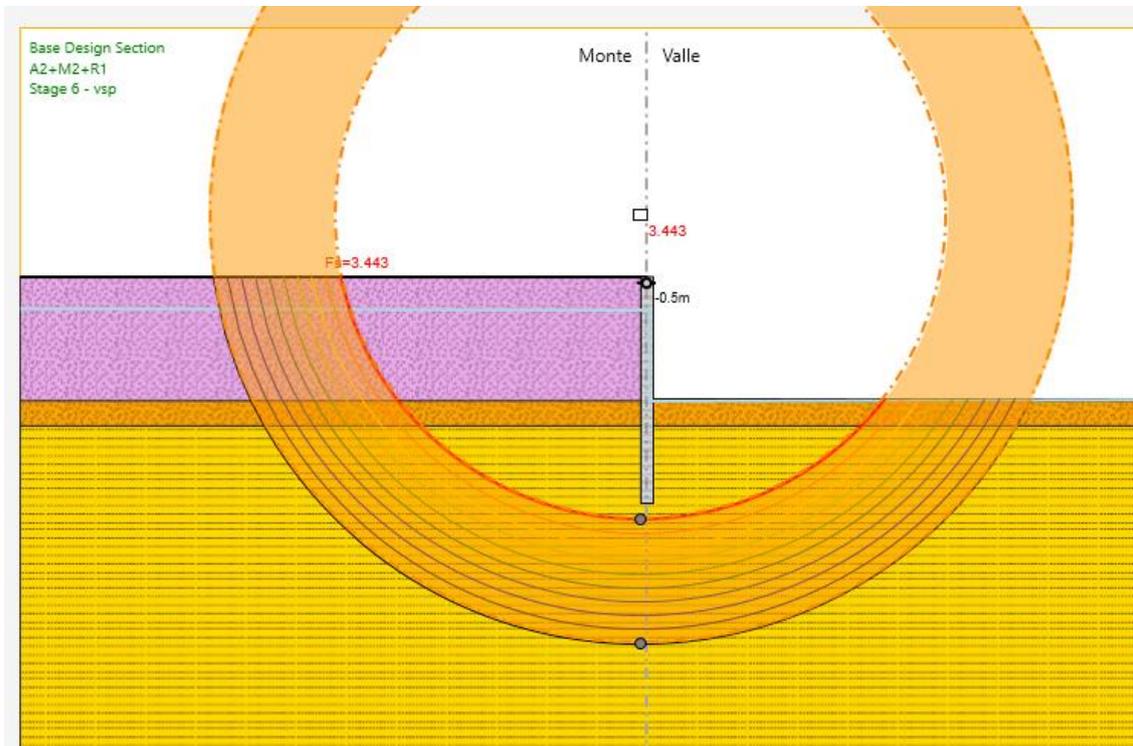
Applica FS alla resistenza GEO dei rinforzi (geogriglie ecc.)

Superficie Critica Semplice

Xc m Raggio Minimo m

Zc m Raggio Massimo m

Numero Raggi



Analisi di Stabilità Globale

I risultati della verifica eseguita, evidenziano che la superficie critica è quella più prossima al piede dell'opera di sostegno, con un coefficiente di sicurezza minimo pari a 1,60 e quindi ampiamente superiore al limite minimo di normativa (1.1), per cui la verifica è ampiamente soddisfatta.

8.2.3 Combinazione A1-M1-R1

La presente combinazione di Verifica è di riferimento per le verifiche strutturali dei pali in fase statica allo SLU; come già anticipato, tali verifiche vengono fornite in termini di tassi di sfruttamento delle sezioni resistenti:

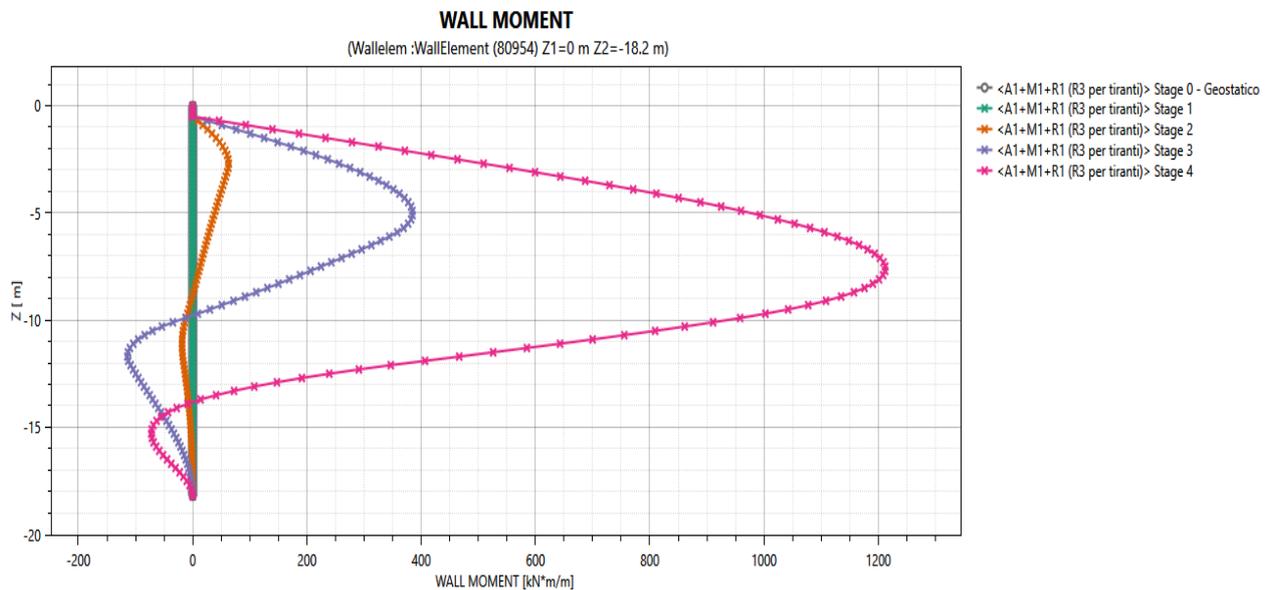
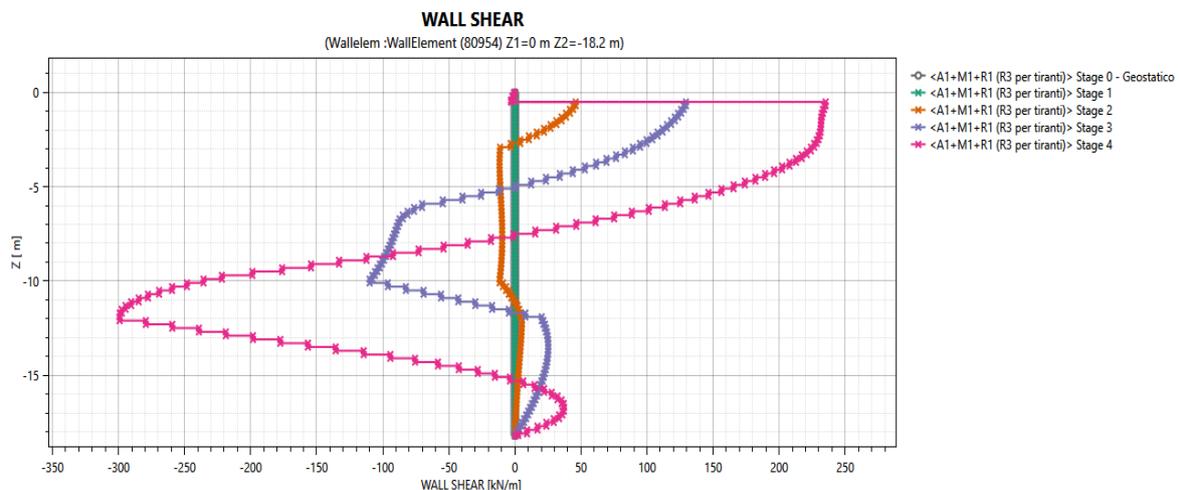


Diagramma del Momento Flettente



2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

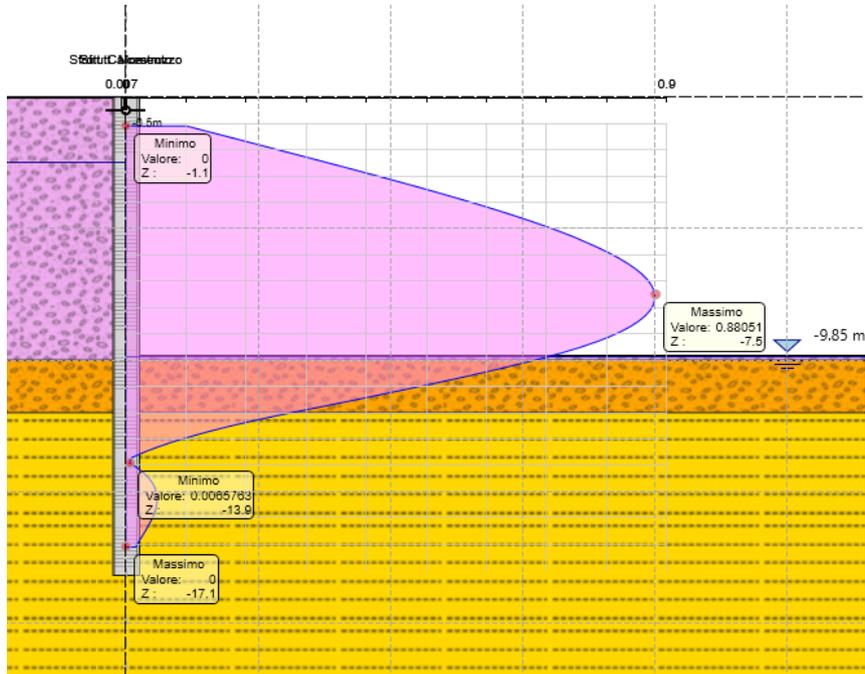
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

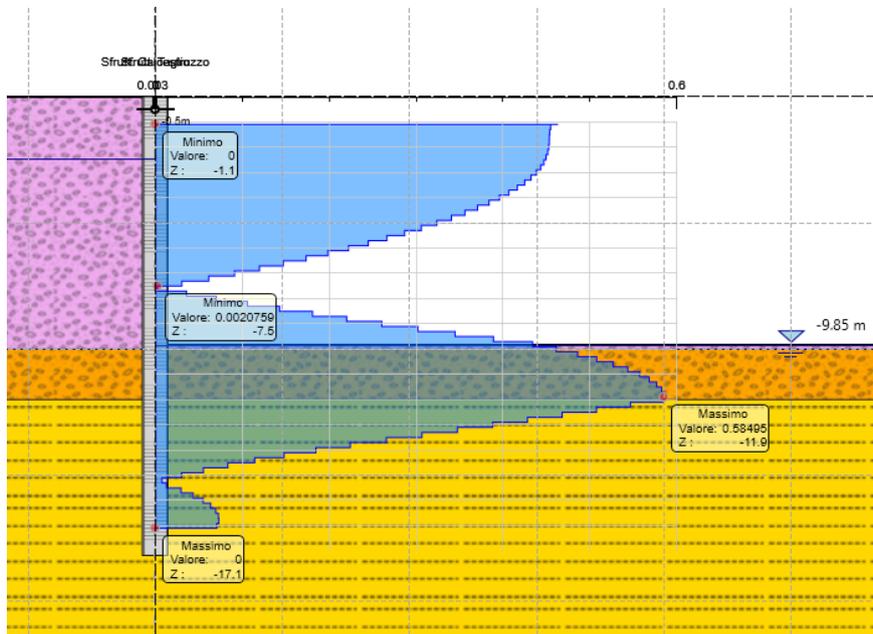
Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 43 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Diagramma del Taglio



Tassi di sfruttamento a Pressoflessione dei Pali allo SLU



Tassi di sfruttamento a Taglio dei Pali allo SLU

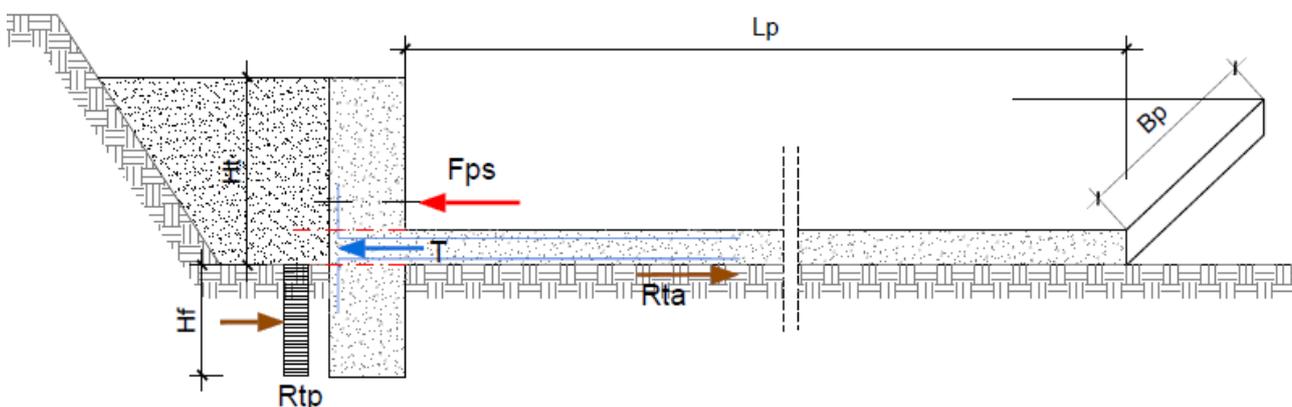
Essendo i tassi di sfruttamenti sempre inferiori all'unità, le verifiche risultano soddisfatte.

9. OPERE PROVVISORIE PER VARO DEL MONOLITE

Nel presente paragrafo si riportano i risultati delle Analisi e Verifiche delle opere provvisorie previste per il varo del monolite, riguardanti in particolare il muro reggispinta e la platea di Varo; quest'ultima è interessata da uno sforzo di trazione variabile che assume valore nullo in corrispondenza dell'estremità della platea lato zona di infissione, mentre il valore massimo si verifica in corrispondenza del muro di spinta ove si esercita l'azione di infissione dei martinetti.

Analogamente, il muro reggispinta è soggetto a sollecitazioni di taglio e flessione sia nella parte superiore di contrasto dei martinetti, sia nella parte infisso per effetto della reazione passiva del terreno di fondazione.

Lo schema di calcolo utilizzato per l'analisi e le verifiche, è quello riportato nello schema di figura seguente.



Dati di Progetto del Monolite

Asm =	56	m ²	(Area sezione trasversale Monolite)
Lm =	37	m	(Lunghezza equivalente del monolite a sezione piena)
Pm =	51800	KN	(Peso complessivo del monolite)

Dati di Progetto della Platea di Varo

Bp =	17,2	m	
Asp =	7,4	m ²	
Lpeq =	52	m	
Pp =	9620	KN	(Peso complessivo platea di varo)

Ai paragrafi successivi sono invece esposti i risultati delle analisi e verifiche effettuate in forma tabellare.

9.1.1 Verifiche GEO (Scorrimento Platea di Varo+Muro Reggispinta)

Verifica con Approccio 1 NTC - Comb Geo (A2-M2-R1)

Calcolo Fps (Forza Limite di distacco)

$$\begin{aligned} \mu &= 0,6 && \text{Coefficiente di attrito cls-cls (tipico=0,6)} \\ A2 &= 1 && \text{Coefficiente amplificativo peso monolite} \\ F_{ps} = \mu P_m A2 &= 31080 \text{ KN} \end{aligned}$$

Calcolo Rta lim (Azione limite di aderenza platea-terreno)

$$\begin{aligned} R_{ta \text{ lim}} &= (P_m + P_p) \cdot Tg \varphi / \gamma_r \\ Tg \varphi &= 0,47 \\ M2 &= 1,25 && \text{(coefficiente parziale su resistenza terreno)} \\ Tg \varphi_{rid} &= 0,37 \\ \gamma_r &= 1,00 && \text{(fattore di sicurezza allo scorrimento)} \\ R_{ta} &= 22912 \text{ KN} \end{aligned}$$

Calcolo Rtp (Reazione Passiva limite)

$$\begin{aligned} c' &= 10 \text{ Kpa} \\ M2 &= 1,4 && \text{(coefficiente parziale su resistenza terreno)} \\ c'_{rid} &= 7,14 \text{ Kpa} \\ K_p &= 3,55 && \text{(coefficiente di spinta passiva)} \\ M2 &= 1,25 && \text{(coefficiente parziale su resistenza terreno)} \\ K_p_{rid} &= 2,84 \end{aligned}$$

$$\sigma_v(H_f/2) = 88,35 \text{ KN/m}^2 \quad \text{(tensione vert. ad } H_f/2)$$

$$\text{Pressione Limite passiva (} \gamma \cdot Z \cdot K_p + 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_p} \text{)}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{hp} &= 351,484 \text{ Kpa} \\ \gamma_r &= 1 && \text{(fattore di sicurezza resistenza passiva valle)} \end{aligned}$$

$$R_{tp} = 12091 \text{ KN}$$

$$R_{ta} + R_{tp} = 35004 \text{ KN}$$

Verifica alla Traslazione Platea di Varo :

Soddisfatta

$$FS = 1,13 \quad \text{(Coefficiente di sicurezza alla traslazione)}$$

9.1.2 Verifiche STR Platea di Varo e Muro Reggispinta

Verifica con Approccio 1 NTC - Comb STR (A1-M1-R1)

Calcolo Fps (Forza Limite di distacco)

$$\begin{aligned} \mu &= 0,6 && \text{Coefficiente di attrito cls-cls (tipico=0,6)} : \\ A1 &= 1,3 && \text{Coefficiente amplificativo peso monolite} \\ F_{ps} &= \mu P_m A1 = 40404 \text{ KN} \end{aligned}$$

Calcolo Rta lim (Azione limite di aderenza platea-terreno)

$$\begin{aligned} R_{ta \text{ lim}} &= (P_m + P_p) \cdot T_g \varphi / \gamma_r \\ T_g \varphi &= 0,47 \\ M1 &= 1,00 \quad (\text{coefficiente parziale su resistenza terreno}) \\ T_g \varphi_{rid} &= 0,47 \\ \gamma_r &= 1,00 \quad (\text{fattore di sicurezza allo scorrimento}) \\ R_{ta} &= 28641 \text{ KN} \end{aligned}$$

Calcolo Rtp (Reazione Passiva limite)

$$\begin{aligned} c' &= 10 \text{ Kpa} \\ M1 &= 1 \quad (\text{coefficiente parziale su resistenza terreno}) \\ c'_{rid} &= 10,00 \text{ Kpa} \\ K_p &= 3,55 \quad (\text{coefficiente di spinta passiva}) \\ M1 &= 1 \quad (\text{coefficiente parziale su resistenza terreno}) \\ K_{p \text{ rid}} &= 3,55 \\ \sigma_v(H_f/2) &= 88,35 \text{ KN/m}^2 \quad (\text{tensione vert. ad } H_f/2) \end{aligned}$$

Pressione Limite passiva ($\gamma \cdot Z \cdot K_p + 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_p}$)

$$\begin{aligned} \sigma_{hp} &= 351,484 \text{ Kpa} \\ \gamma_r &= 1 \quad (\text{fattore di sicurezza resistenza passiva valle}) \end{aligned}$$

$$R_{tp} = 12091 \text{ KN}$$

$$R_{ta} + R_{tp} = 40732 \text{ KN}$$



2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 47 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Calcolo Trazione massima platea (Attacco muro frontale)

$T = (F_{ps} - R_{tp \text{ mob}}) = 28410$ KN (trazione complessiva massima nella platea)

$T_m = 1651,8$ KN/m (sorzo di trazione/m nella platea)

Verifica Armature Platea all'attacco con muro frontale

$n_f = 10$ (n°armature a metro)

$\phi = 24$

$A_{fi} = 4,52$ cm² (area singolo tondino)

$A_f = 45,216$ cm² (area totale armaura)

$\sigma_{max} = 3653$ Mpa < f_{yd} Verifica soddisfatta

Verifica Armature Platea a L_v m dal muro reggispinta

$L_v = 40,0$ m (distanza di verifica da muro reggispinta)

$R_{ta \text{ mob}} = 21854$ KN (Reazione terreno per aderenza a distanza L_v)

$T_m(L_v) = 381,2$

$n_f = 10$ (n°armature a metro)

$\phi = 12$

$A_{fi} = 1,13$ cm² (area singolo tondino)

$A_f = 11,304$ cm² (area totale armaura)

$\sigma_{max} = 3372$ Mpa < f_{yd} Verifica soddisfatta



QUADRILATERO
Marche Umbria S.p.A.

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 48 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Verifica a Taglio Muro reggispinta

Si valuta di seguito il taglio alla base del muro reggispinta

$$Vsd = \boxed{2349,07} \text{ KN/m} \quad (\text{Fps/Bp})$$

Si dispone un'armatura verticale sulla parete verticale del muro reggispinta pari allo sforzo di taglio

nf=	10		(n°armature a metro)
ϕ =	30		
Afi =	7,07	cm ²	(area singolo tondino)
Af =	70,65	cm ²	(area totale armatura)
σ max =	3325	Mpa	< fyd Verifica soddisfatta

Si dispongono inoltre spilli f 12 20x10 nella zona di base del muro per la verifica a taglio di sezioni in c.a

Verifica a Taglio e flessione Tacco Muro Reggispinta

Si valuta di seguito il taglio ed il momento flettente in corrispondenza sezione di attacco del Tacco del muro reggispinta con platea

$$Vsd = \boxed{697,31} \text{ KN/m} \quad \text{Rtp mob / Lp}$$
$$Msd = \boxed{697,31} \text{ KNm/m}$$

Si dispongono armature verticali su parete lato terreno ϕ 24/ 20 e spilli 10 ϕ 12/ 20x20

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 49 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

ALLEGATO 1

TABULATI DI CALCOLO Paratie



QUADRILATERO
Marche Umbria S.p.A.

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 50 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

PARATIE plus™

Report di Calcolo

Nome Progetto: New Project

Autore: Ingegnere

Jobname: H:\PROGETTO\1483 - Pedemontana\3 - 4 LOTTO\REVISIONI\SPINGITUBO FS\pplus\spingitubo.pplus

Data: 11/09/2020 13:46:26

Design Section: Base Design Section

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 51 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Sommario

Contenuto Sommario

1. Descrizione del Software

ParatiePlus analizza il comportamento meccanico di una struttura di sostegno flessibile di uno scavo in terreno o roccia, ponendo l'accento sull'aspetto dell'interazione "locale" fra parete e terreno.

ParatiePlus non permette lo studio di problematiche che coinvolgano un movimento esteso del versante di scavo, in quanto ParatiePlus non consente lo sviluppo di movimenti rigidi della parete o parti di ammasso rispetto ad altre parti di terreno.

Scopo precipuo di ParatiePlus è quindi il calcolo delle azioni flettenti e taglianti e delle deformazioni laterali della parete di sostegno, e la valutazione di tutte quelle grandezze a queste connesse.

Lo studio di una parete flessibile è condotto attraverso una simulazione numerica del reale: il programma stabilisce e risolve un sistema di equazioni algebriche la cui soluzione permette di riprodurre abbastanza realisticamente l'effettivo comportamento dell'opera di sostegno.

La simulazione numerica è quella offerta dal metodo degli elementi finiti.

La schematizzazione in elementi finiti avviene in questo modo:

- si analizza un problema piano (nel piano Y-Z): i gradi di libertà nodali attivi sono lo spostamento laterale e la rotazione fuori piano: gli spostamenti verticali sono automaticamente vincolati (di conseguenza le azioni assiali nelle pareti verticali non sono calcolate);
- la parete flessibile di sostegno vera e propria è schematizzata da una serie di elementi finiti BEAM verticali;
- il terreno, che spinge contro la parete (da monte e da valle) e che reagisce in modo complesso alle deformazioni della parete, è simulato attraverso un doppio letto di molle elasto-plastiche connesse agli stessi nodi della parete;
- i tiranti, i puntoni, le solette, gli appoggi cedevoli o fissi, sono schematizzati tramite molle puntuali convergenti in alcuni punti (nodi) della parete ove convergono parimenti elementi BEAM ed elementi terreno.

3. Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -18.2 m

Muro di sinistra

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 18.2 m

Materiale : B450C

Quota iniziale : 0 m

Barre 1

Numero di barre : 20

Diametro : 0.026 m

Distanza dal bordo : 0.07 m

Staffe 1

Numero di staffe : 2

Copertura : 0.04 m

Diametro : 0.014 m

Lunghezza : 18.2 m

Quota iniziale : 0 m

Passo : 0.15 m

Sezione : Pali1000/1.1

Area equivalente : 0.713998330361317 m

Inerzia equivalente : 0.0446 m⁴/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 1.1 m

Diametro : 1 m

Efficacia : 1



QUADRILATERO
Marche Umbria S.p.A.

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

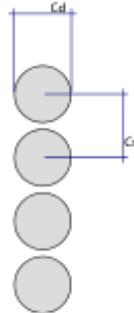
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

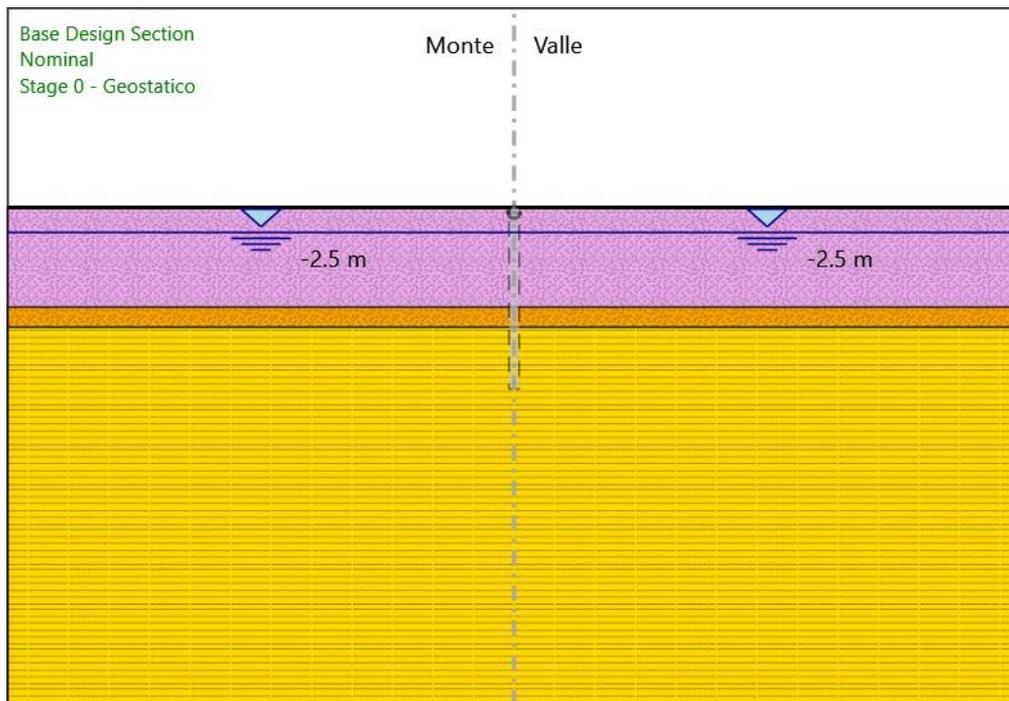
Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 55 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------



4. Fasi di Calcolo

4.1. Stage 0 - Geostatico



Stage 0 - Geostatico

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -2.5 m



QUADRILATERO
Marche Umbria S.p.A.

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

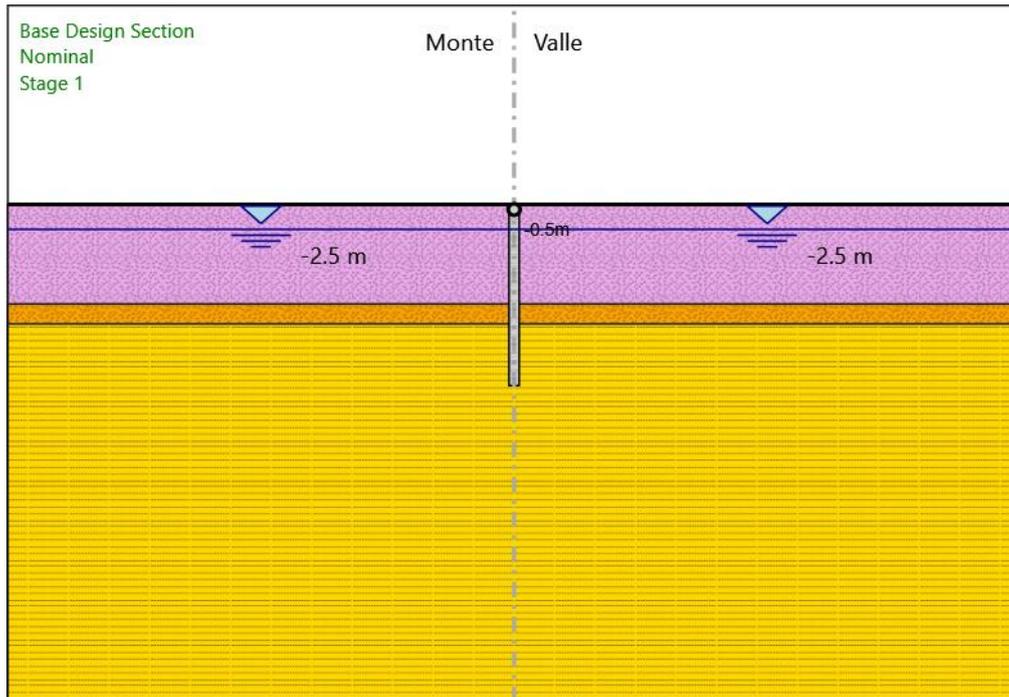
Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 57 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Falda di destra : -2.5 m

4.2. Stage 1



Stage 1

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -2.5 m

Falda di destra : -2.5 m

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 59 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -18.2 m

Sezione : Pali1000/1.1

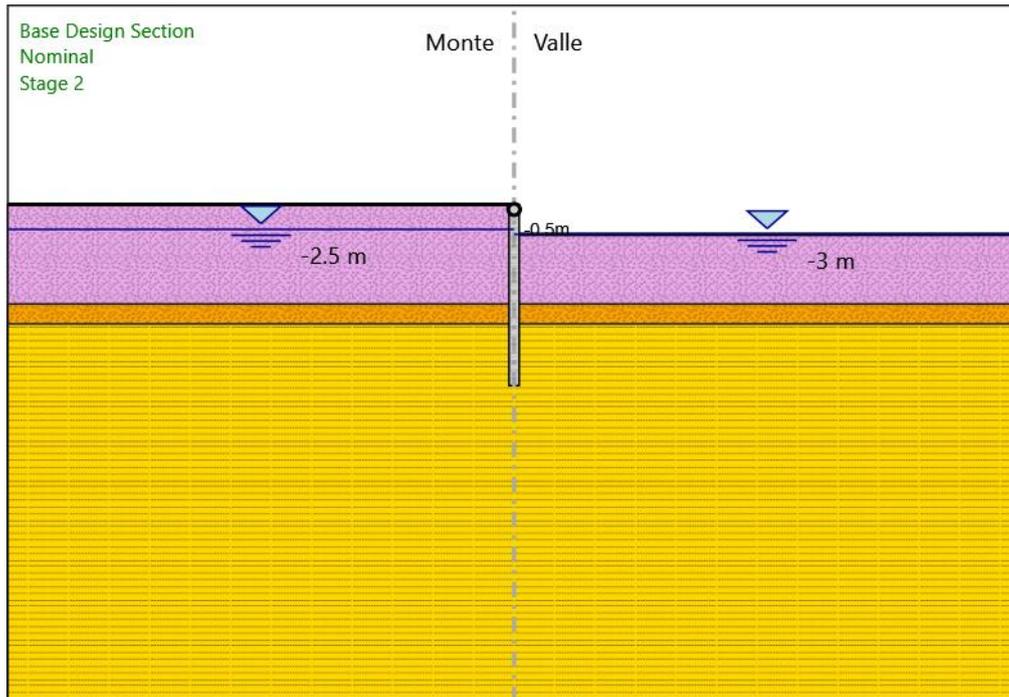
Vincolo fisso : FixedSupport

X : 0 m

Z : -0.5 m

Angolo : 0 °

4.3. Stage 2



Stage 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-3 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -2.5 m

Falda di destra : -3 m

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 61 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -18.2 m

Sezione : Pali1000/1.1

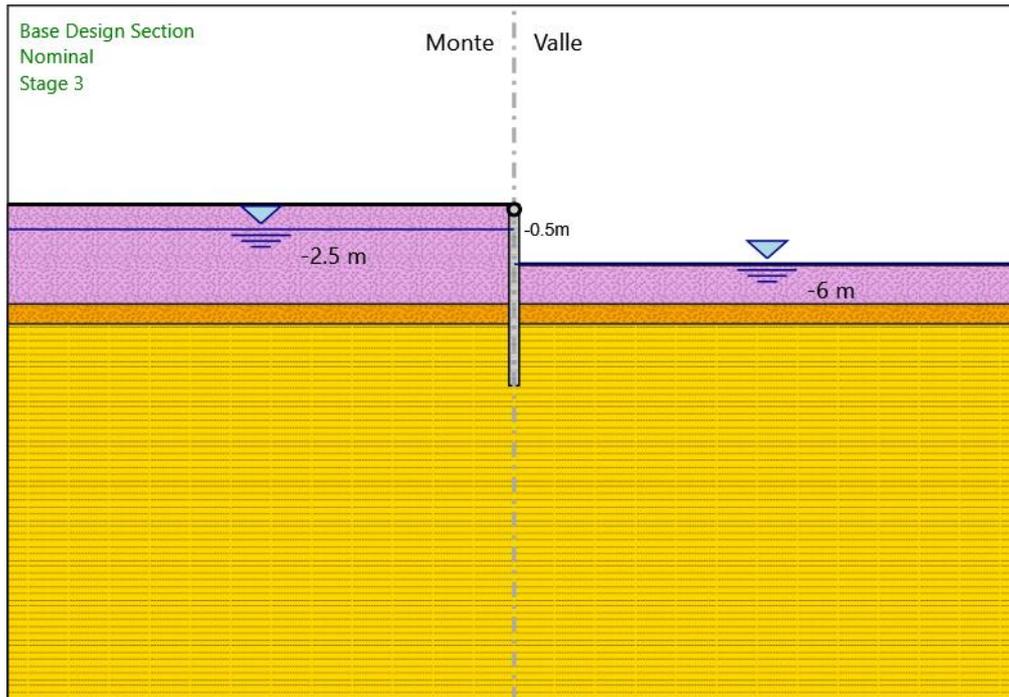
Vincolo fisso : FixedSupport

X : 0 m

Z : -0.5 m

Angolo : 0 °

4.4. Stage 3



Stage 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -6 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-6 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -2.5 m

Falda di destra : -6 m

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 63 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -18.2 m

Sezione : Pali1000/1.1

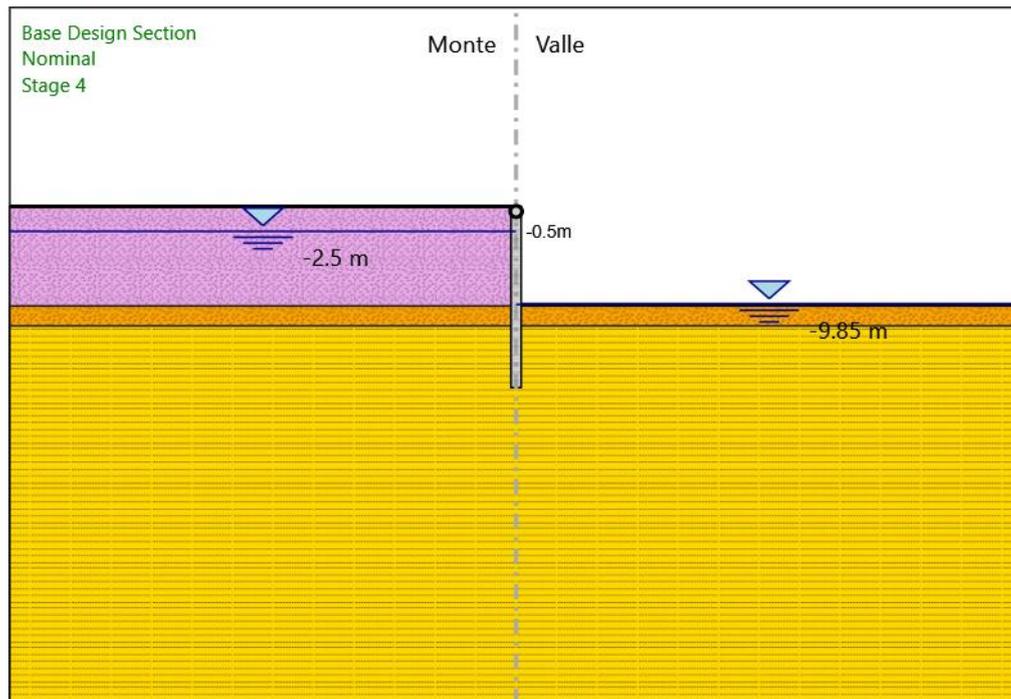
Vincolo fisso : FixedSupport

X : 0 m

Z : -0.5 m

Angolo : 0 °

4.5. Stage 4



Stage 4

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -9.85 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-9.85 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -2.5 m

Falda di destra : -9.85 m

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 65 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -18.2 m

Sezione : Pali1000/1.1

Vincolo fisso : FixedSupport

X : 0 m

Z : -0.5 m

Angolo : 0 °

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

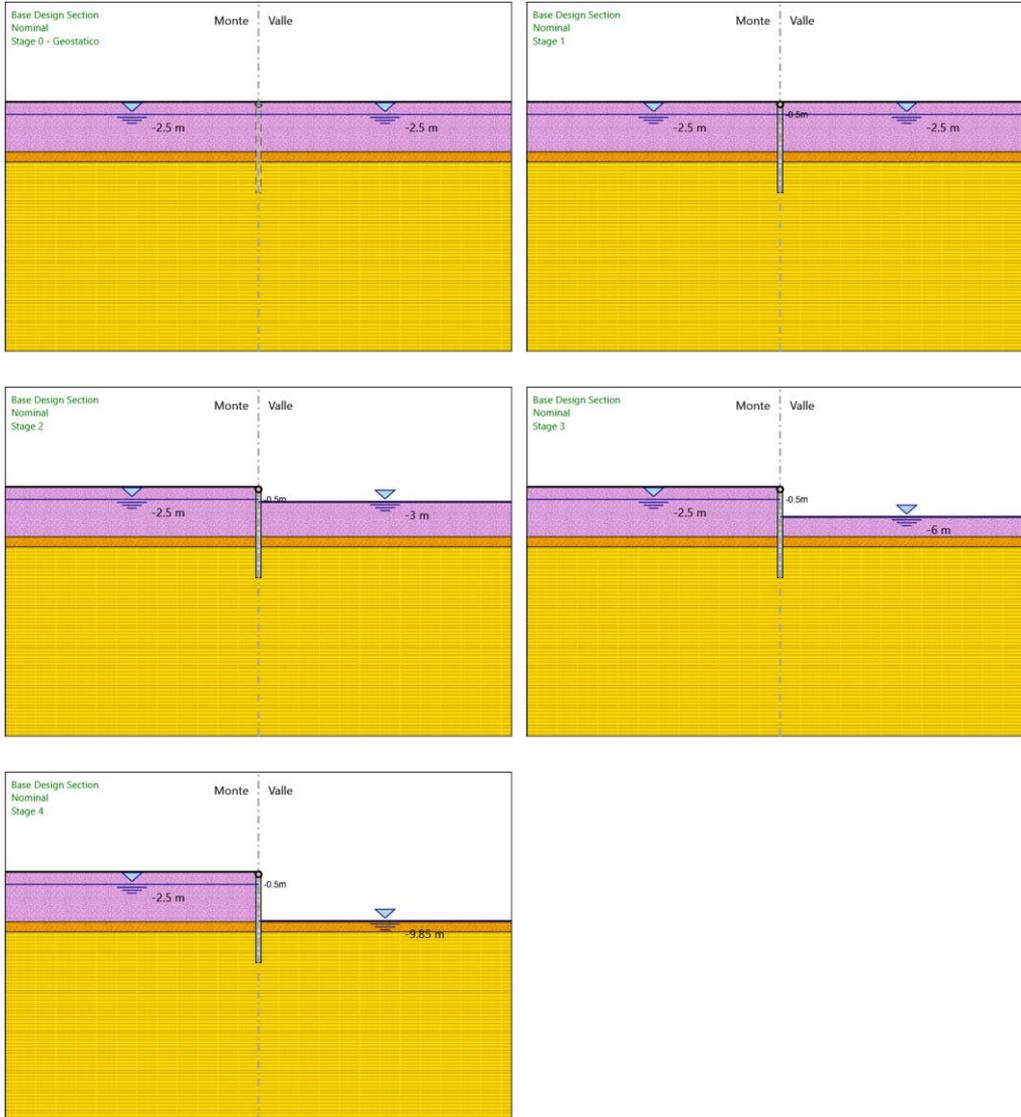
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 66 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

4.6. Tabella Configurazione Stage (Nominal)



2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id.doc. REL	N.prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 67 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

5. Descrizione Coefficienti Design Assumption

Coefficienti A

Nome	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi	Carico	Pressio	Pressio	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi	Carichi
	Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavour)	Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavour)	Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Sismico (F_seis_m_load)	ni	ni	Permane zzi	Perman zzi	Variabili Destabili (F_UPL_zzanti)	Permane zzi	Perman zzi	Variabili Destabiliz zanti (F_HYD_zzanti)
Simbolo	γ_G	γ_G	γ_Q	γ_Q	γ_{QE}	γ_G	γ_G	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SLE	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
(Rara/Frequente/Quasi Permanente)													
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

Coefficienti M

Nome	Parziale su $\tan(\phi')$ (F_Fr)	Parziale su c' (F_eff_cohe)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	γ_ϕ	γ_c	γ_{cu}	γ_{qu}	γ_γ
Nominal	1	1	1	1	1
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1

Coefficienti R

Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	γ_{Re}	γ_{ap}	γ_{at}	
Nominal	1	1	1	1
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1.2	1.1	1
A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

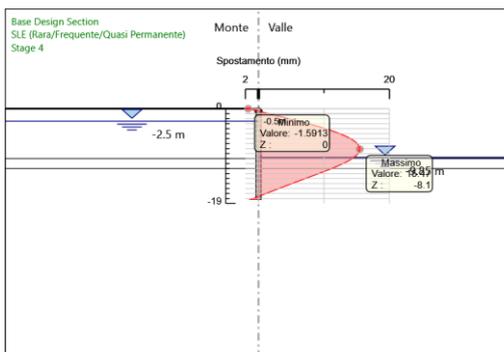
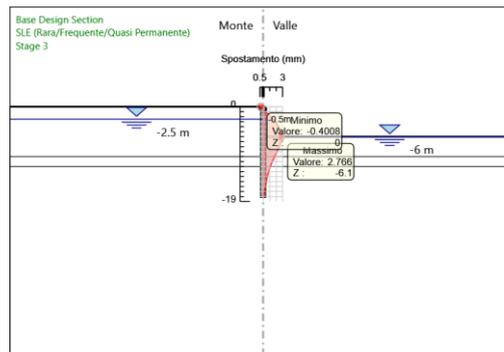
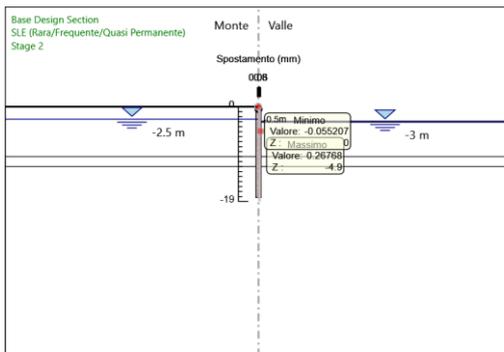
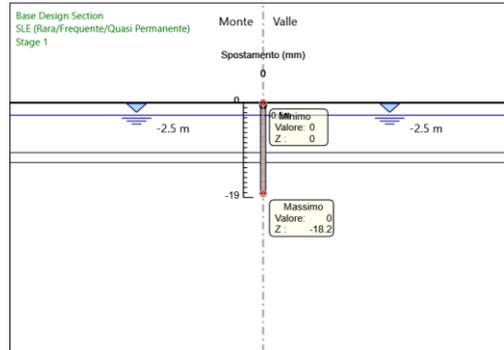
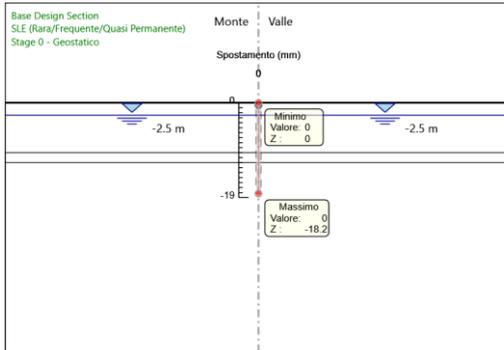
Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabiano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 68 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

5.1. Risultati SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

5.1.1. Tabella Grafici dei Risultati



2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

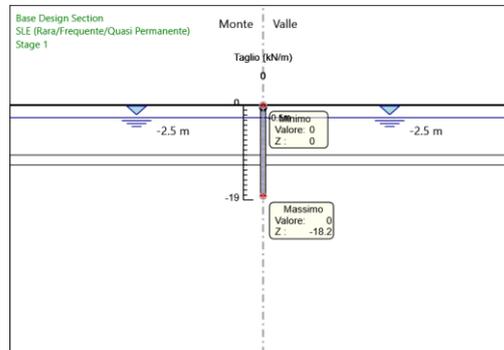
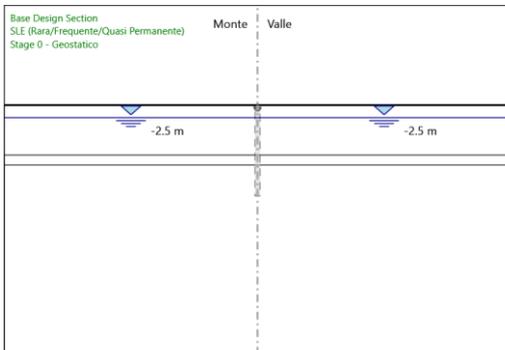
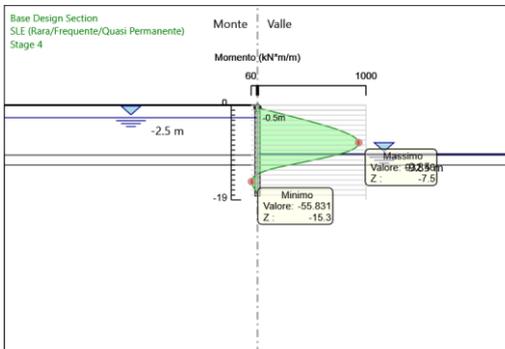
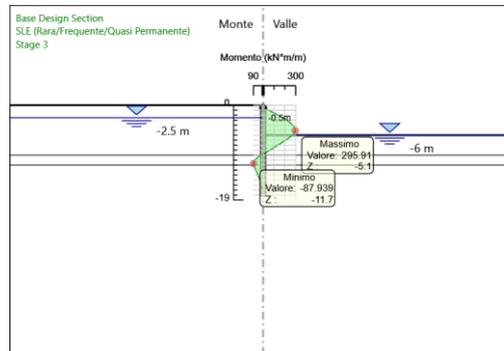
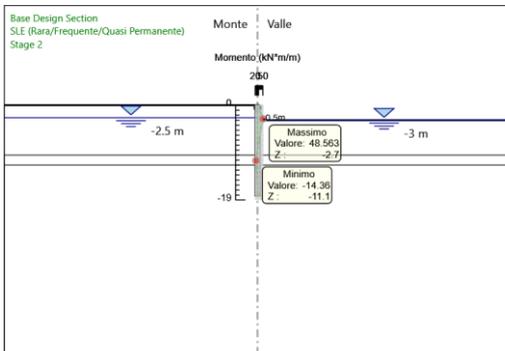
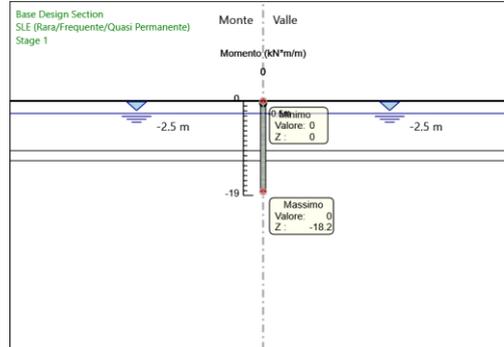
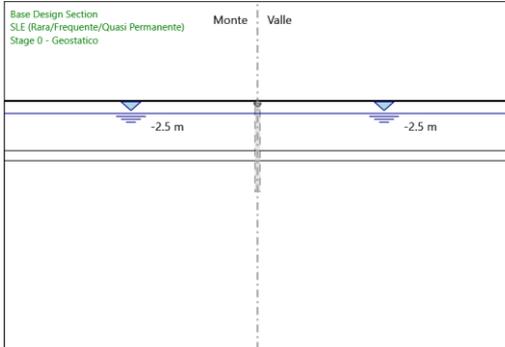
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 69 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------



2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

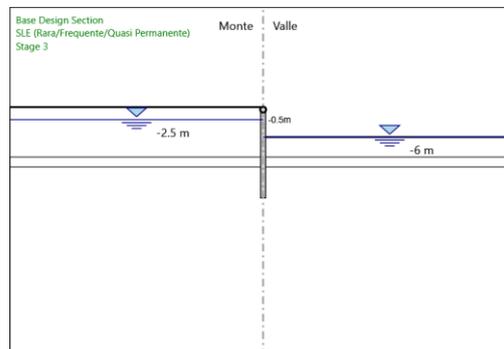
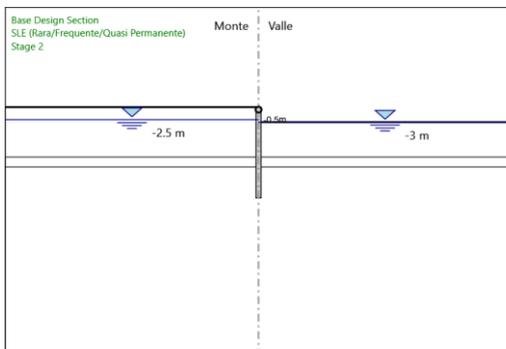
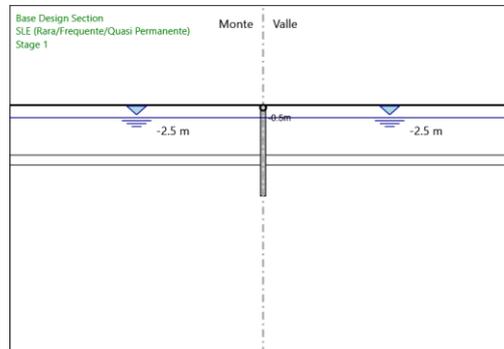
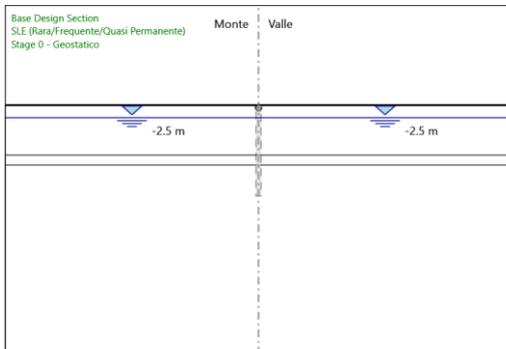
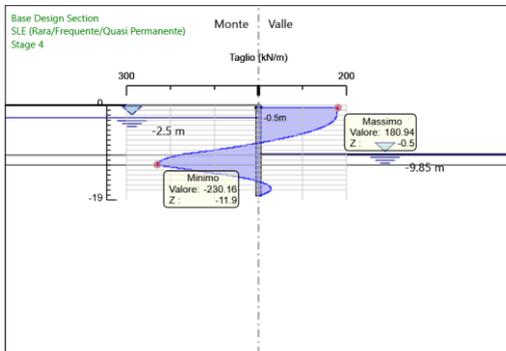
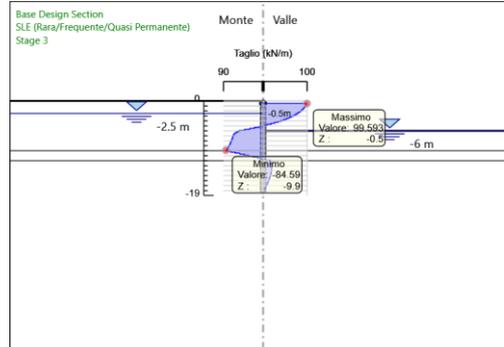
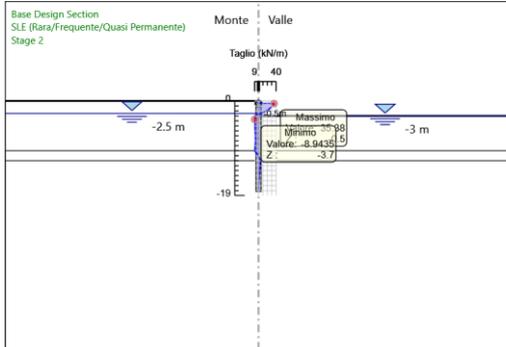
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 70 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------



2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

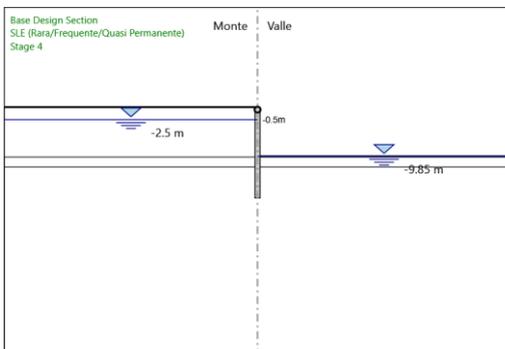
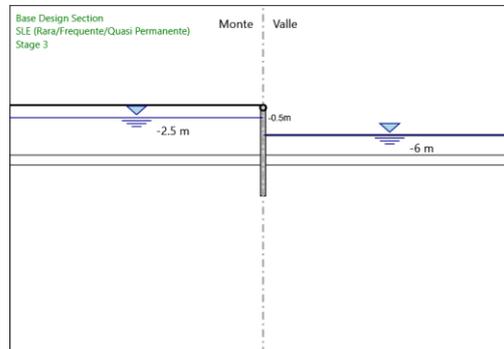
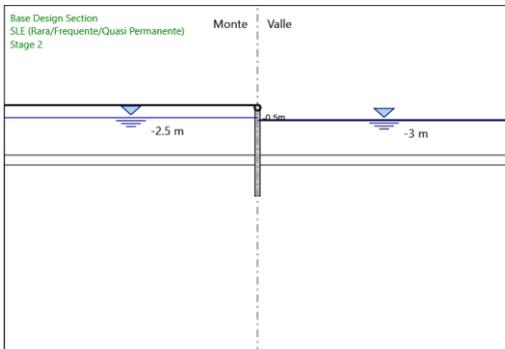
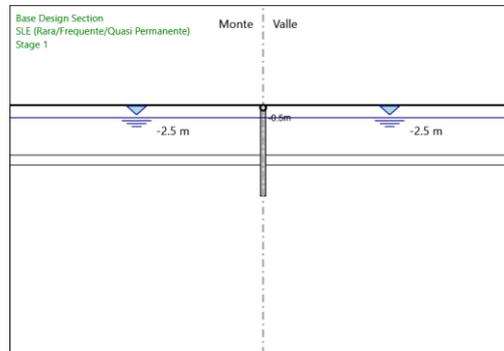
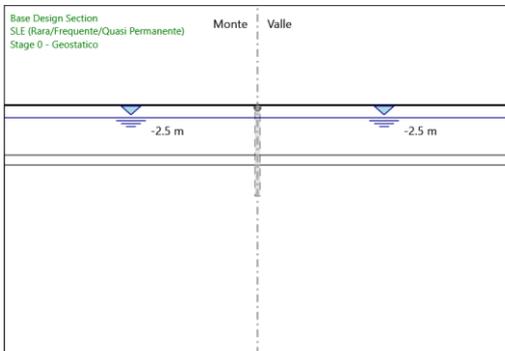
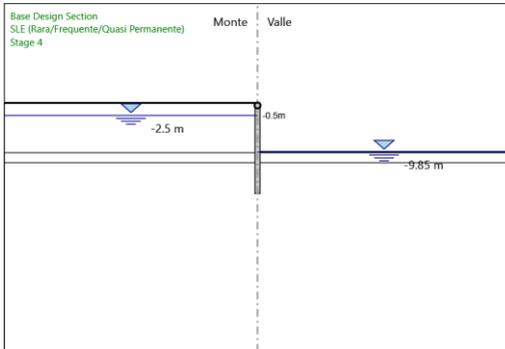
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 71 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------



5.1.2. Risultati Elementi strutturali - SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 72 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Design Assumption: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Sollecitazione FixedSupport

Stage	Forza (kN/m)
Stage 1	0
Stage 2	37.40636
Stage 3	101.9587
Stage 4	184.0798

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

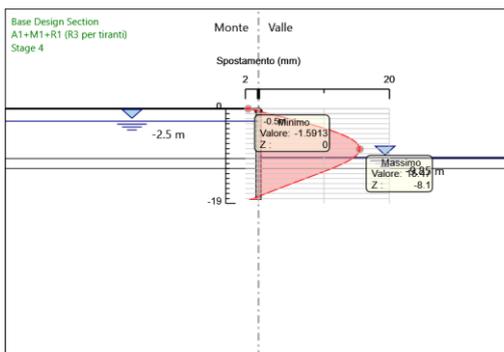
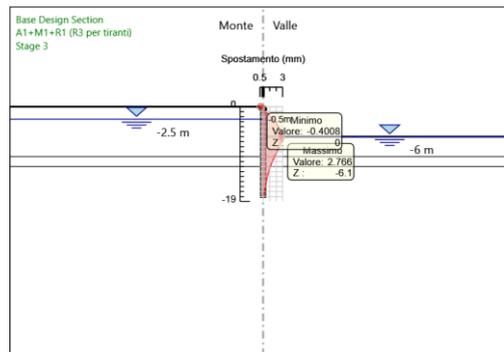
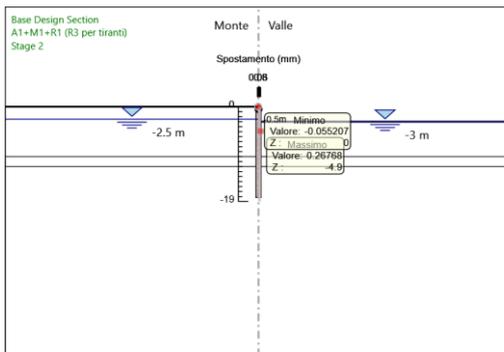
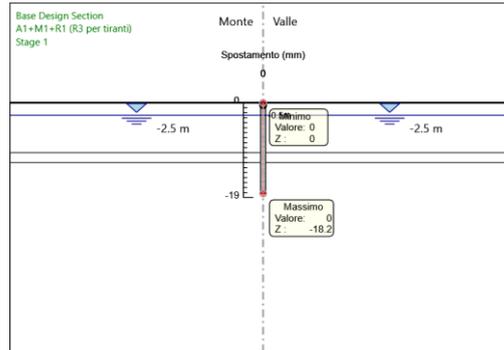
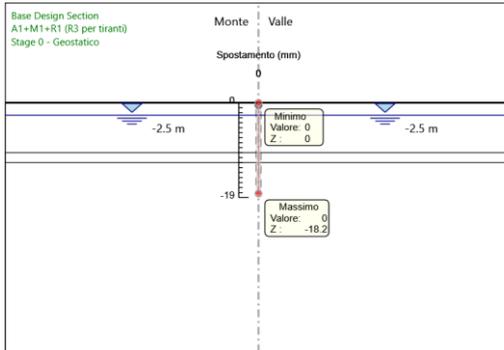
Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabiano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 73 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

5.2. Risultati A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

5.2.1. Tabella Grafici dei Risultati



2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

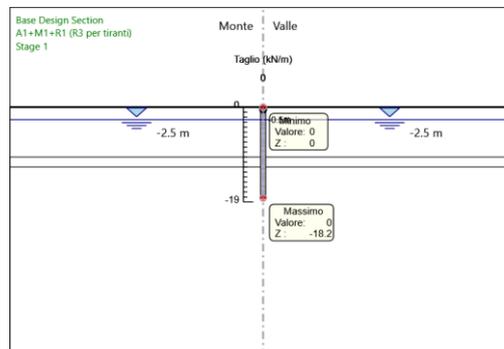
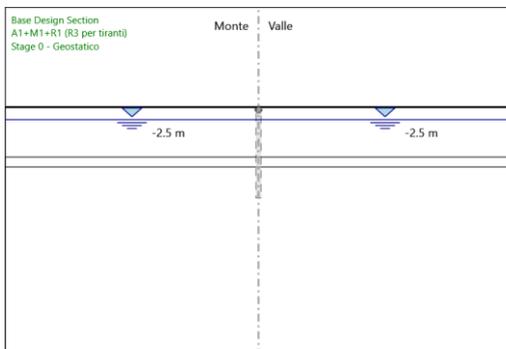
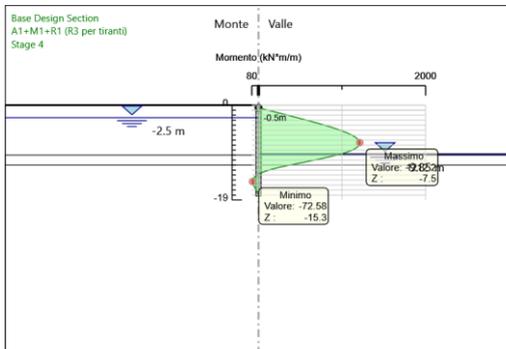
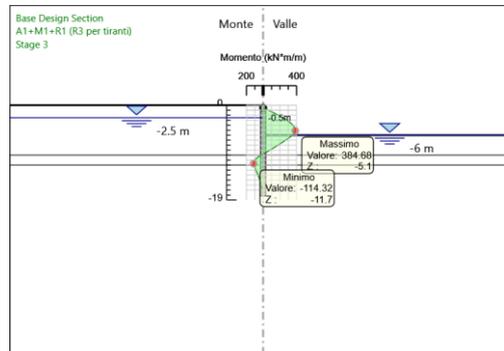
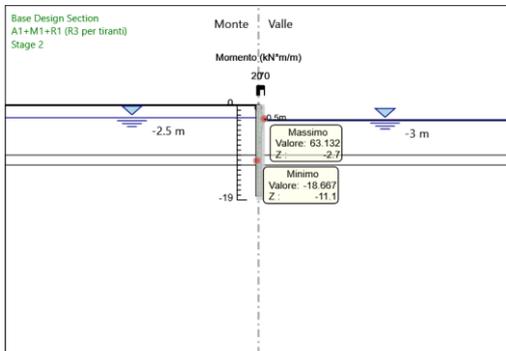
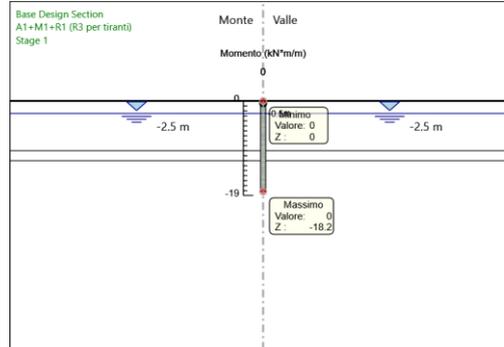
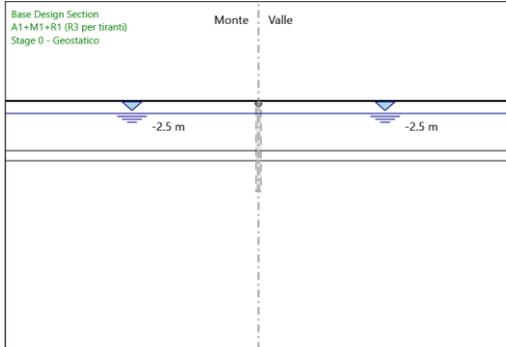
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabiano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 74 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------



2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

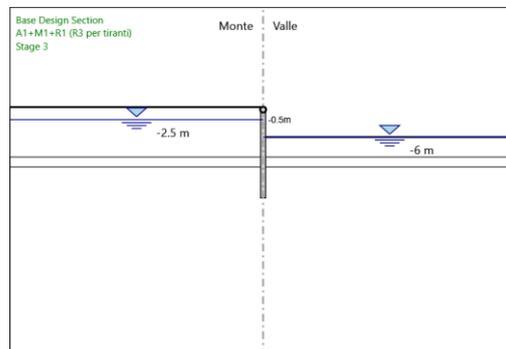
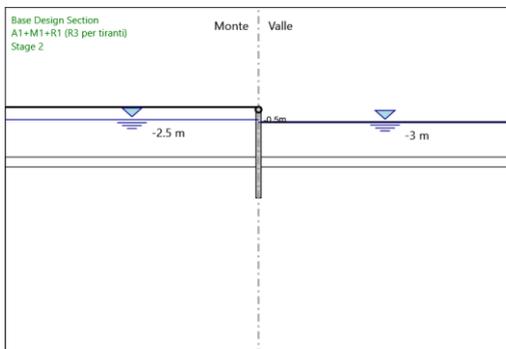
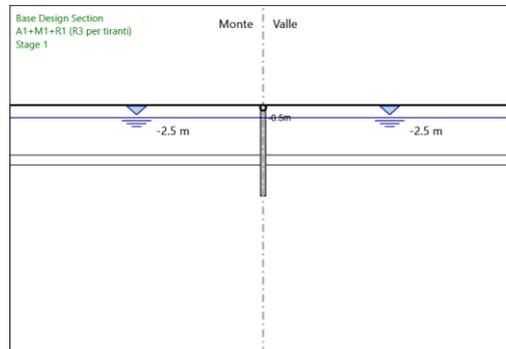
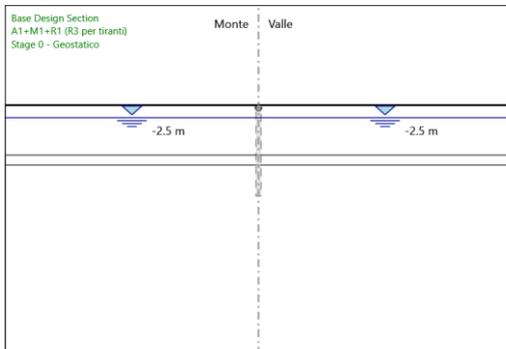
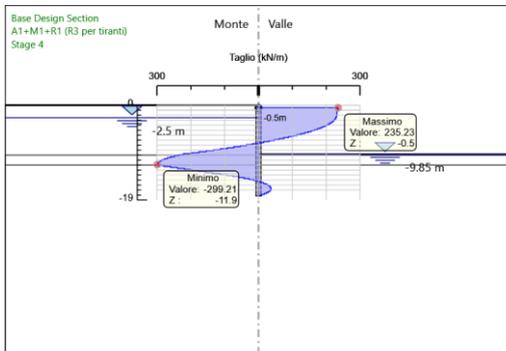
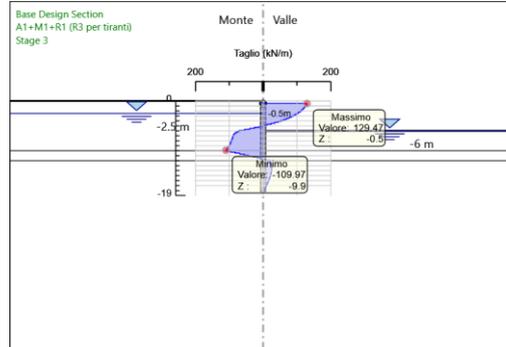
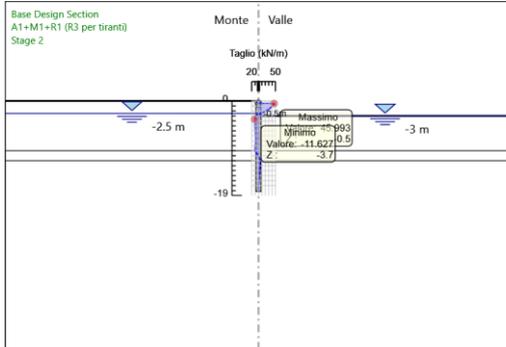
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 75 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------



2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

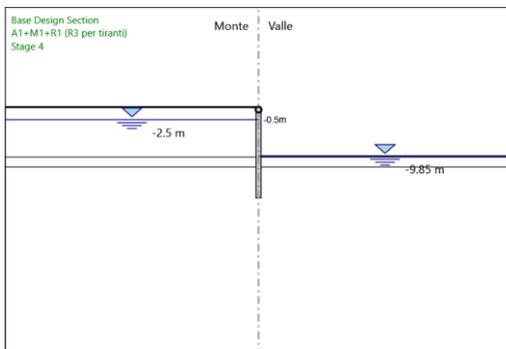
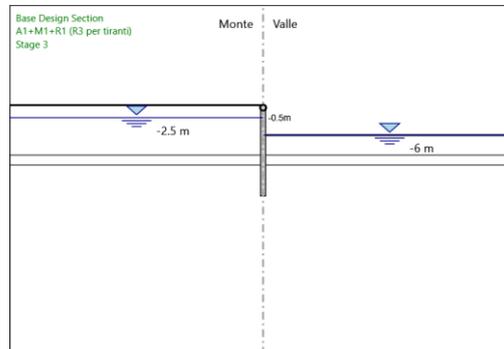
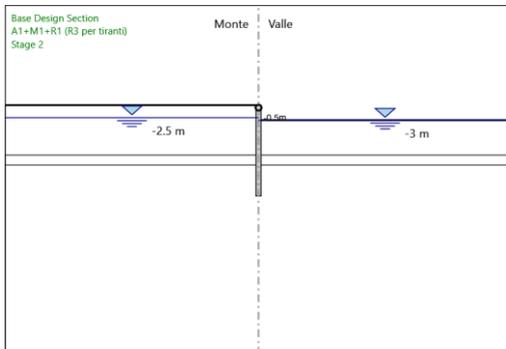
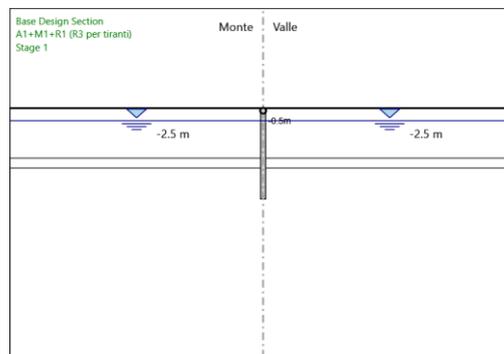
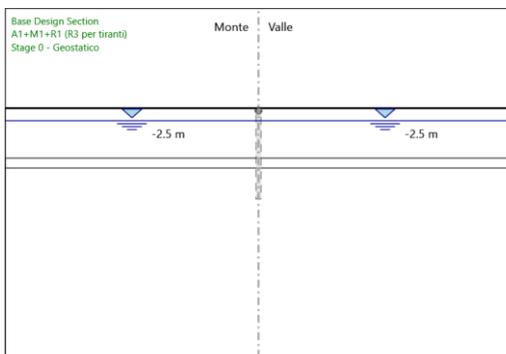
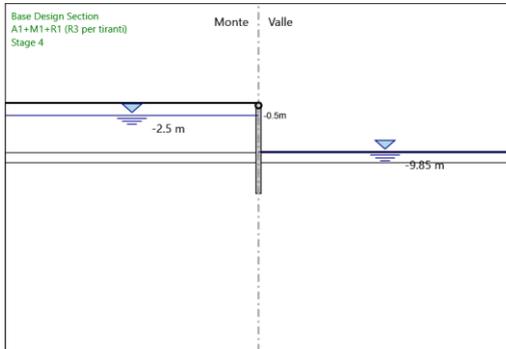
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 76 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------



5.2.2. Risultati Elementi strutturali - A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 77 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Design Assumption: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) Sollecitazione FixedSupport

Stage	Forza (kN/m)
Stage 1	0
Stage 2	48.628268
Stage 3	132.54631
Stage 4	239.30374

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

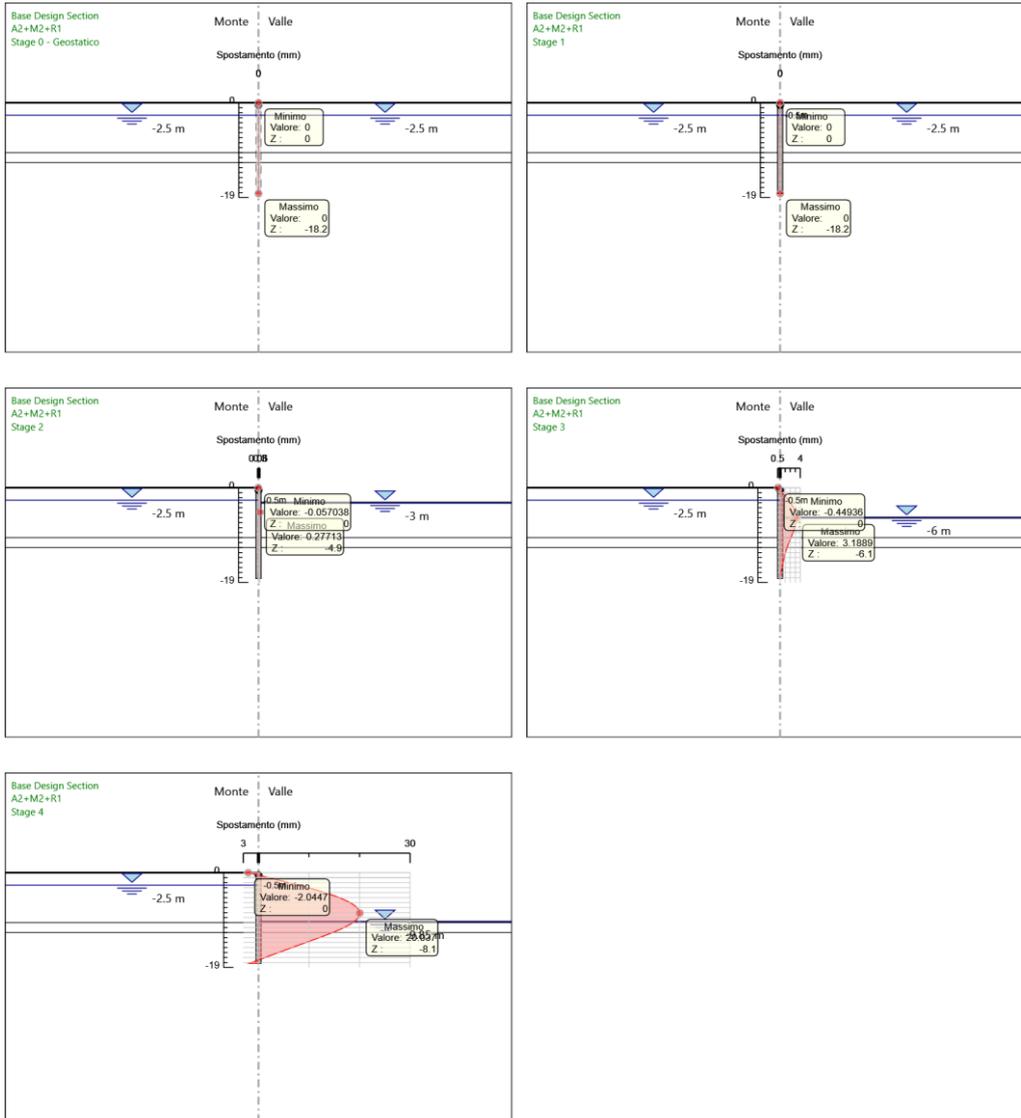
Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabiano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 78 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

5.3. Risultati A2+M2+R1

5.3.1. Tabella Grafici dei Risultati



2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

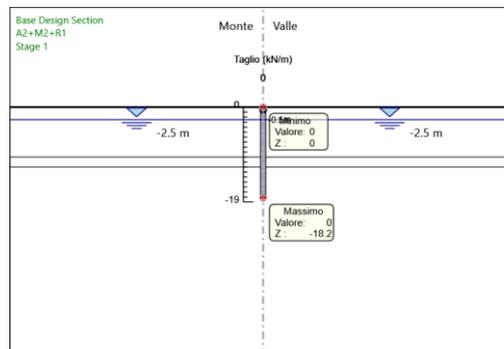
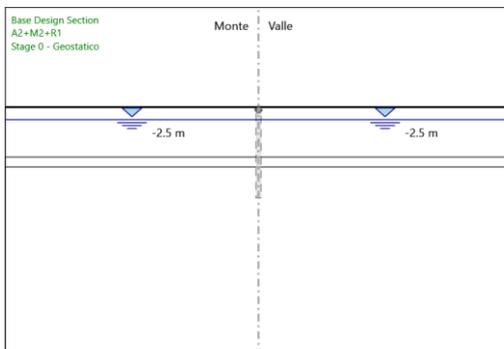
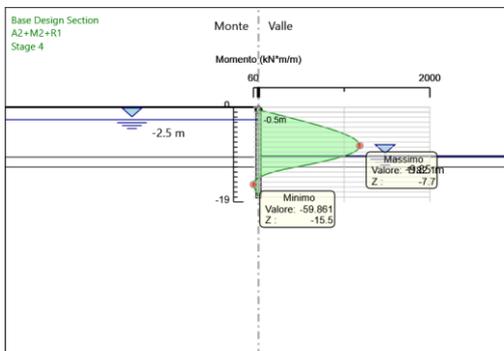
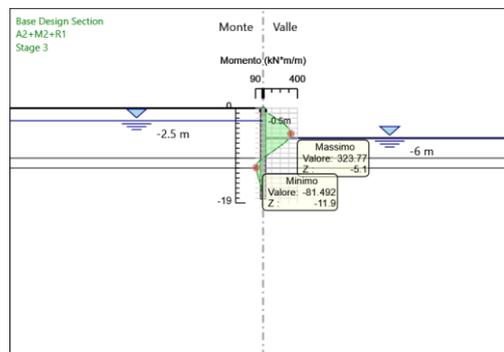
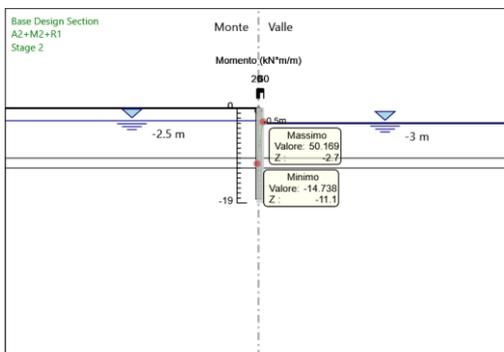
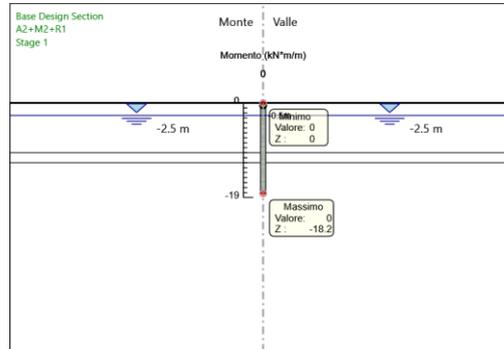
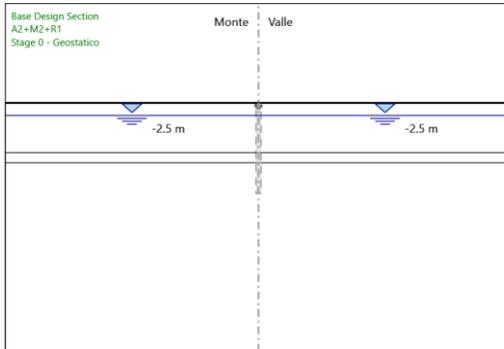
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabiano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 79 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------



2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

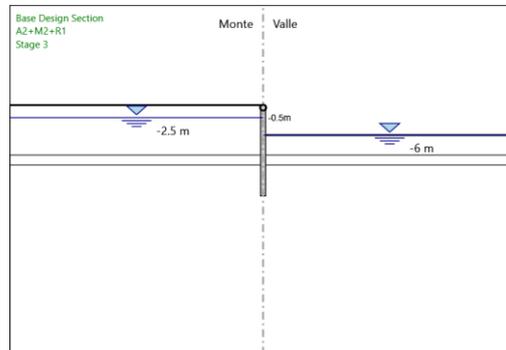
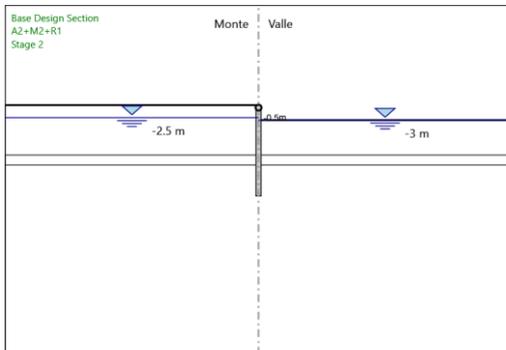
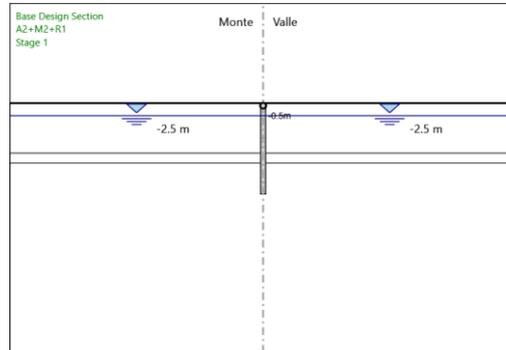
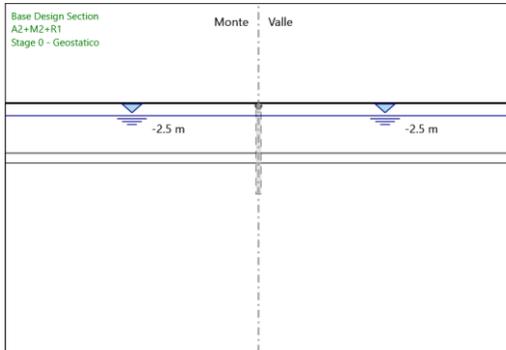
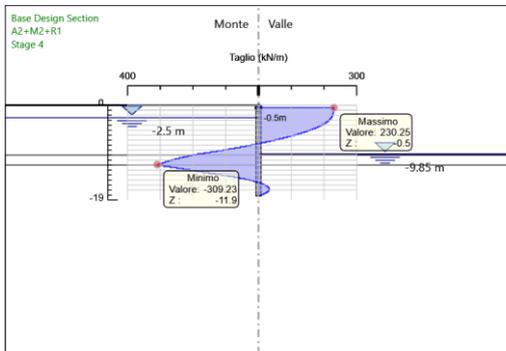
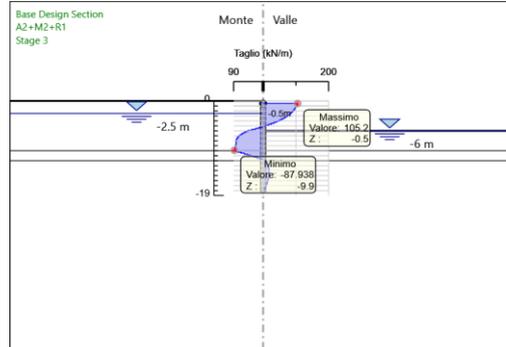
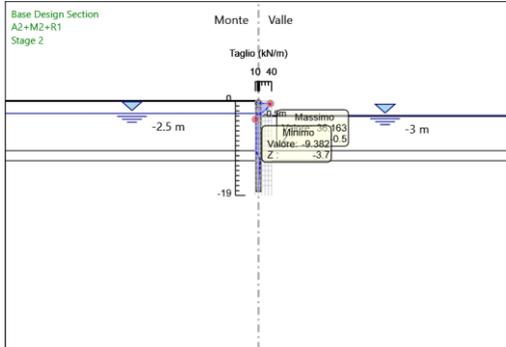
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 80 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------



2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

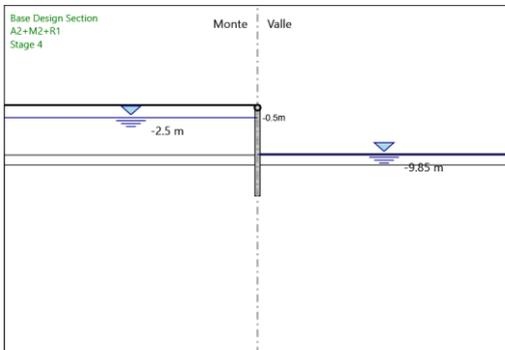
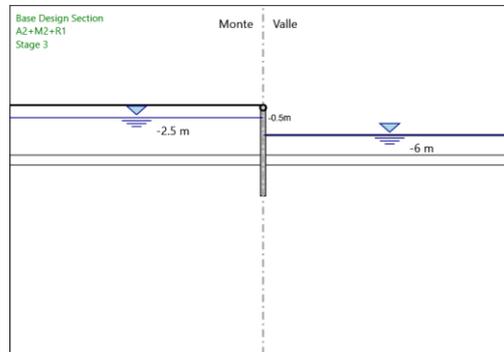
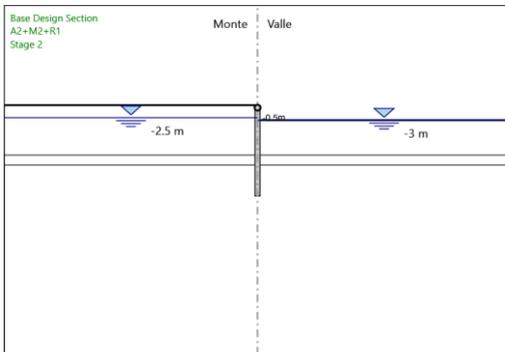
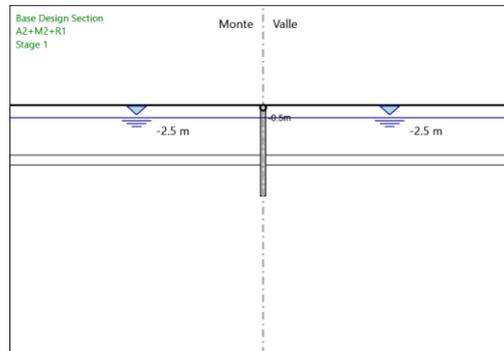
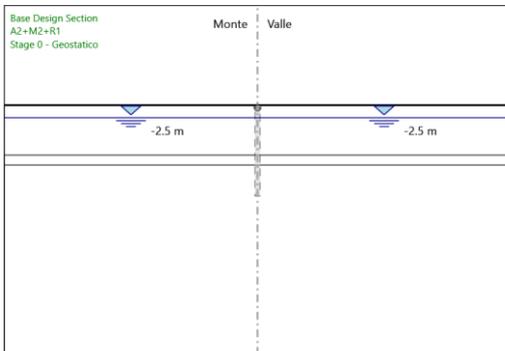
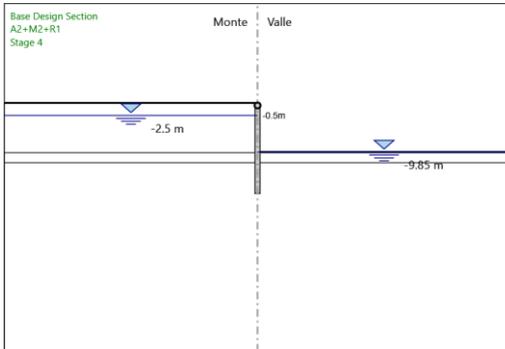
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 81 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------



5.3.2. Risultati Elementi strutturali - A2+M2+R1

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 82 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Design Assumption: A2+M2+R1 Sollecitazione FixedSupport

Stage	Forza (kN/m)
Stage 1	0
Stage 2	38.18388
Stage 3	107.5757
Stage 4	233.5762

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 83 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

6. Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali

Normative Verifiche

Calcestruzzo	EC2
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

Coefficienti per Verifica Tiranti

GEO FS	1
ξ_{a3}	1.8
γ_s	1.15

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 84 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

6.1. Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Stage 0 - Geostatico	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V	V
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V
A2+M2+R1					

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 85 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

6.2. Risultati Caver

6.2.1. Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	
-1.1	0.159	
-1.3	0.212	
-1.5	0.265	
-1.7	0.318	
-1.9	0.37	
-2.1	0.423	
-2.3	0.476	
-2.5	0.528	
-2.7	0.58	
-2.9	0.632	
-3.1	0.683	
-3.3	0.733	
-3.5	0.782	
-3.7	0.831	
-3.9	0.878	
-4.1	0.924	
-4.3	0.969	
-4.5	1.012	
-4.7	1.053	
-4.9	1.093	
-5.1	1.131	
-5.3	1.166	
-5.5	1.2	
-5.7	1.231	
-5.9	1.259	
-6.1	1.285	
-6.3	1.308	
-6.5	1.328	
-6.7	1.345	
-6.9	1.359	
-7.1	1.37	
-7.3	1.377	
-7.5	1.381	
-7.7	1.38	
-7.9	1.376	
-8.1	1.368	
-8.3	1.356	
-8.5	1.339	
-8.7	1.318	
-8.9	1.293	
-9.1	1.262	
-9.3	1.227	
-9.5	1.187	
-9.7	1.142	
-9.9	1.091	
-10.1	1.037	
-10.3	0.981	
-10.5	0.922	
-10.7	0.86	
-10.9	0.797	
-11.1	0.732	
-11.3	0.666	
-11.5	0.599	

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 86 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver
LEFT

Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver
-11.7	0.531
-11.9	0.463
-12.1	0.395
-12.3	0.331
-12.5	0.272
-12.7	0.218
-12.9	0.168
-13.1	0.123
-13.3	0.091
-13.5	0.085
-13.7	0.079
-13.9	0.074
-14.1	0.068
-14.3	0.063
-14.5	0.062
-14.7	0.072
-14.9	0.078
-15.1	0.081
-15.3	0.082
-15.5	0.081
-15.7	0.077
-15.9	0.072
-16.1	0.066
-16.3	0.059
-16.5	0.051
-16.7	0.042
-16.9	0.034
-17.1	0.026

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

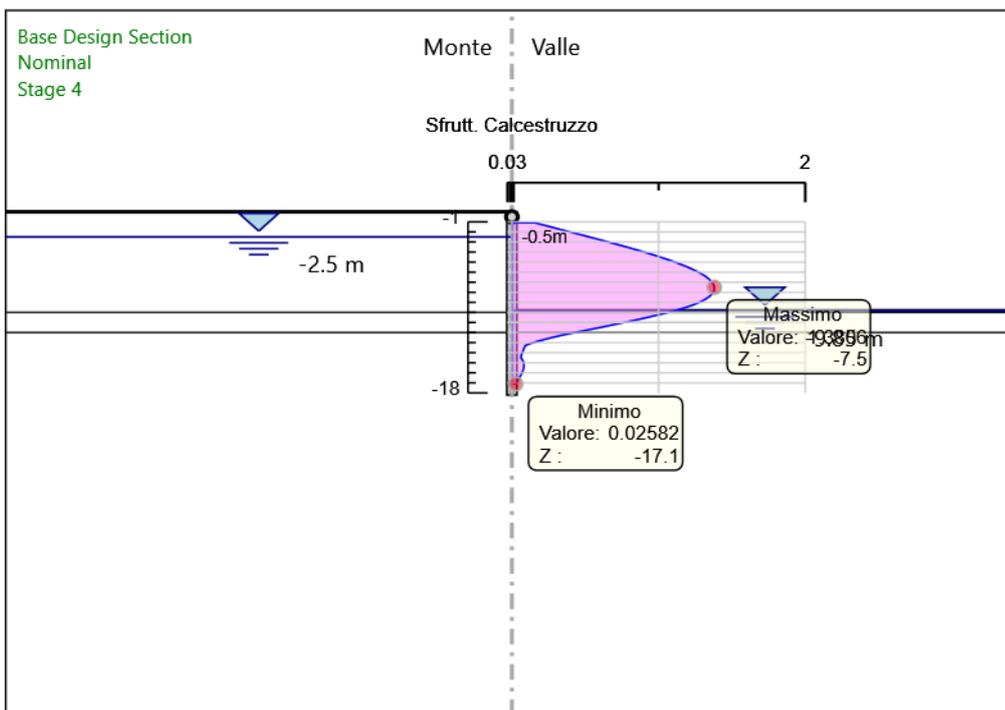
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 87 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

6.2.2. Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Cover



Involuppi
Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Cover

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 88 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

6.2.3. Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento Armature - Cover : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento Armature - Cover		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Cover	
-1.1		0.111
-1.3		0.148
-1.5		0.185
-1.7		0.221
-1.9		0.258
-2.1		0.295
-2.3		0.331
-2.5		0.368
-2.7		0.404
-2.9		0.44
-3.1		0.476
-3.3		0.511
-3.5		0.545
-3.7		0.579
-3.9		0.612
-4.1		0.644
-4.3		0.675
-4.5		0.705
-4.7		0.734
-4.9		0.762
-5.1		0.788
-5.3		0.813
-5.5		0.836
-5.7		0.858
-5.9		0.878
-6.1		0.896
-6.3		0.912
-6.5		0.926
-6.7		0.938
-6.9		0.947
-7.1		0.955
-7.3		0.96
-7.5		0.962
-7.7		0.962
-7.9		0.959
-8.1		0.953
-8.3		0.945
-8.5		0.933
-8.7		0.919
-8.9		0.901
-9.1		0.88
-9.3		0.855
-9.5		0.827
-9.7		0.796
-9.9		0.76
-10.1		0.723
-10.3		0.684
-10.5		0.642
-10.7		0.6
-10.9		0.556
-11.1		0.51
-11.3		0.464
-11.5		0.417
-11.7		0.37
-11.9		0.323
-12.1		0.275

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 89 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Inviluppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	
-12.3		0.231
-12.5		0.19
-12.7		0.152
-12.9		0.117
-13.1		0.086
-13.3		0.064
-13.5		0.06
-13.7		0.056
-13.9		0.052
-14.1		0.048
-14.3		0.044
-14.5		0.043
-14.7		0.05
-14.9		0.054
-15.1		0.057
-15.3		0.057
-15.5		0.056
-15.7		0.054
-15.9		0.051
-16.1		0.046
-16.3		0.041
-16.5		0.035
-16.7		0.03
-16.9		0.024
-17.1		0.018

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

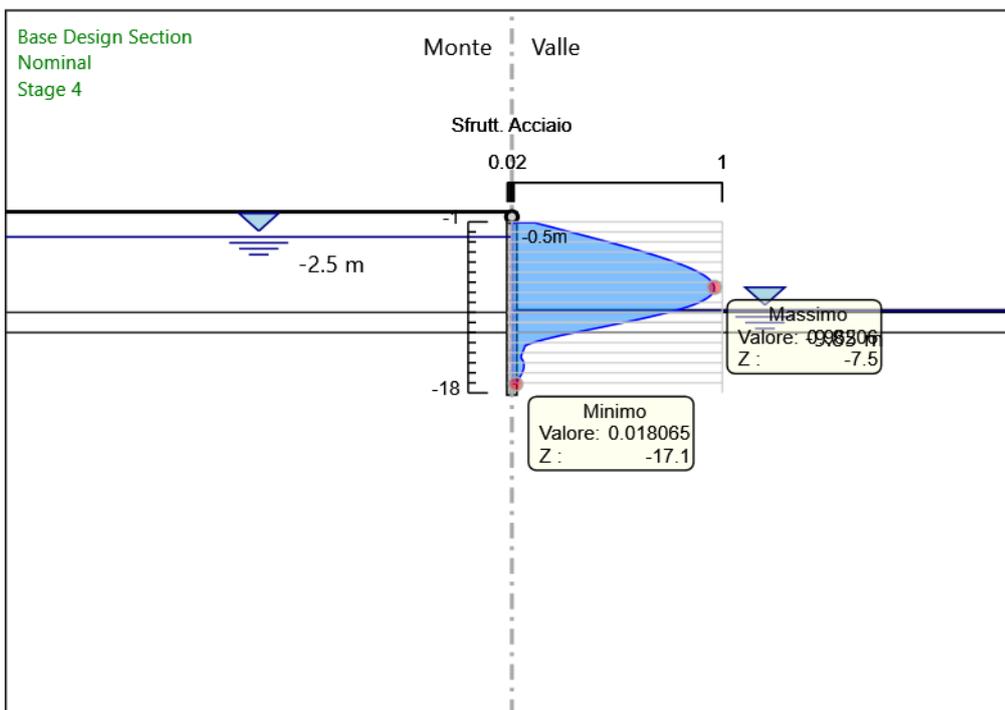
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id.doc. REL	N.prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 90 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

6.2.4. Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver



Inviluppi
Tasso di Sfruttamento Armature - Caver

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 91 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

6.2.5. Tabella Inviluppi Apertura Fessure - Caver : LEFT

Inviluppi Apertura Fessure - Caver		LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)	
-1.1	0.064	
-1.3	0.086	
-1.5	0.107	
-1.7	0.128	
-1.9	0.15	
-2.1	0.171	
-2.3	0.192	
-2.5	0.213	
-2.7	0.234	
-2.9	0.255	
-3.1	0.276	
-3.3	0.296	
-3.5	0.316	
-3.7	0.335	
-3.9	0.355	
-4.1	0.373	
-4.3	0.391	
-4.5	0.409	
-4.7	0.425	
-4.9	0.441	
-5.1	0.457	
-5.3	0.471	
-5.5	0.484	
-5.7	0.497	
-5.9	0.508	
-6.1	0.519	
-6.3	0.528	
-6.5	0.536	
-6.7	0.543	
-6.9	0.549	
-7.1	0.553	
-7.3	0.556	
-7.5	0.557	
-7.7	0.557	
-7.9	0.556	
-8.1	0.552	
-8.3	0.547	
-8.5	0.541	
-8.7	0.532	
-8.9	0.522	
-9.1	0.51	
-9.3	0.495	
-9.5	0.479	
-9.7	0.461	
-9.9	0.441	
-10.1	0.419	
-10.3	0.396	
-10.5	0.372	
-10.7	0.347	
-10.9	0.322	
-11.1	0.296	
-11.3	0.269	
-11.5	0.242	
-11.7	0.215	
-11.9	0.187	
-12.1	0.159	

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 92 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Inviluppi Apertura Fessure - Caver		LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)	
-12.3	0.134	
-12.5	0.11	
-12.7	0.088	
-12.9	0.068	
-13.1	0.05	
-13.3	0.033	
-13.5	0.024	
-13.7	0.022	
-13.9	0.021	
-14.1	0.019	
-14.3	0.018	
-14.5	0.017	
-14.7	0.02	
-14.9	0.022	
-15.1	0.023	
-15.3	0.023	
-15.5	0.023	
-15.7	0.022	
-15.9	0.02	
-16.1	0.019	
-16.3	0.017	
-16.5	0.014	
-16.7	0.012	
-16.9	0.01	
-17.1	0.007	

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

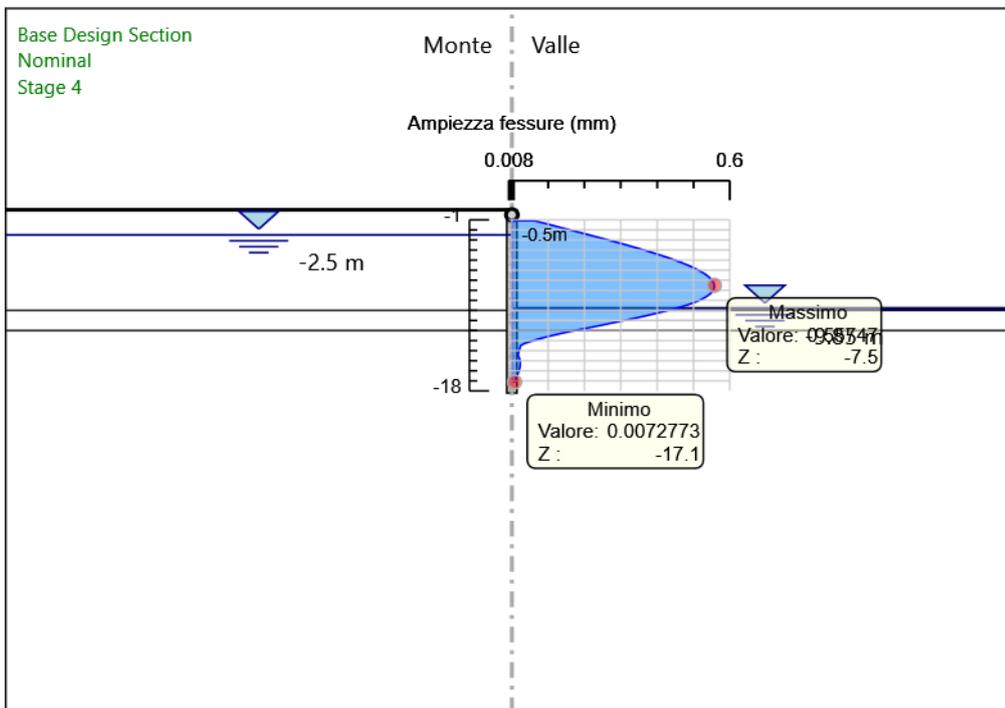
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 93 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

6.2.6. Grafico Inviluppi Apertura Fessure - Caver



Inviluppi
 Apertura Fessure - Caver

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 94 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

6.2.7. Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Cover : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Cover		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Cover	
-1.1	0.101	
-1.3	0.135	
-1.5	0.169	
-1.7	0.203	
-1.9	0.236	
-2.1	0.27	
-2.3	0.303	
-2.5	0.337	
-2.7	0.37	
-2.9	0.403	
-3.1	0.435	
-3.3	0.467	
-3.5	0.499	
-3.7	0.53	
-3.9	0.56	
-4.1	0.589	
-4.3	0.618	
-4.5	0.645	
-4.7	0.672	
-4.9	0.697	
-5.1	0.721	
-5.3	0.744	
-5.5	0.765	
-5.7	0.785	
-5.9	0.803	
-6.1	0.82	
-6.3	0.834	
-6.5	0.847	
-6.7	0.858	
-6.9	0.867	
-7.1	0.874	
-7.3	0.878	
-7.5	0.881	
-7.7	0.88	
-7.9	0.878	
-8.1	0.873	
-8.3	0.865	
-8.5	0.854	
-8.7	0.841	
-8.9	0.824	
-9.1	0.805	
-9.3	0.783	
-9.5	0.757	
-9.7	0.728	
-9.9	0.696	
-10.1	0.662	
-10.3	0.626	
-10.5	0.588	
-10.7	0.549	
-10.9	0.508	
-11.1	0.467	
-11.3	0.425	
-11.5	0.382	
-11.7	0.339	
-11.9	0.295	
-12.1	0.252	

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 95 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver

LEFT

Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver
-12.3	0.211
-12.5	0.174
-12.7	0.139
-12.9	0.107
-13.1	0.078
-13.3	0.058
-13.5	0.055
-13.7	0.051
-13.9	0.047
-14.1	0.044
-14.3	0.04
-14.5	0.04
-14.7	0.046
-14.9	0.05
-15.1	0.052
-15.3	0.053
-15.5	0.052
-15.7	0.05
-15.9	0.046
-16.1	0.042
-16.3	0.038
-16.5	0.033
-16.7	0.027
-16.9	0.022
-17.1	0.017

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

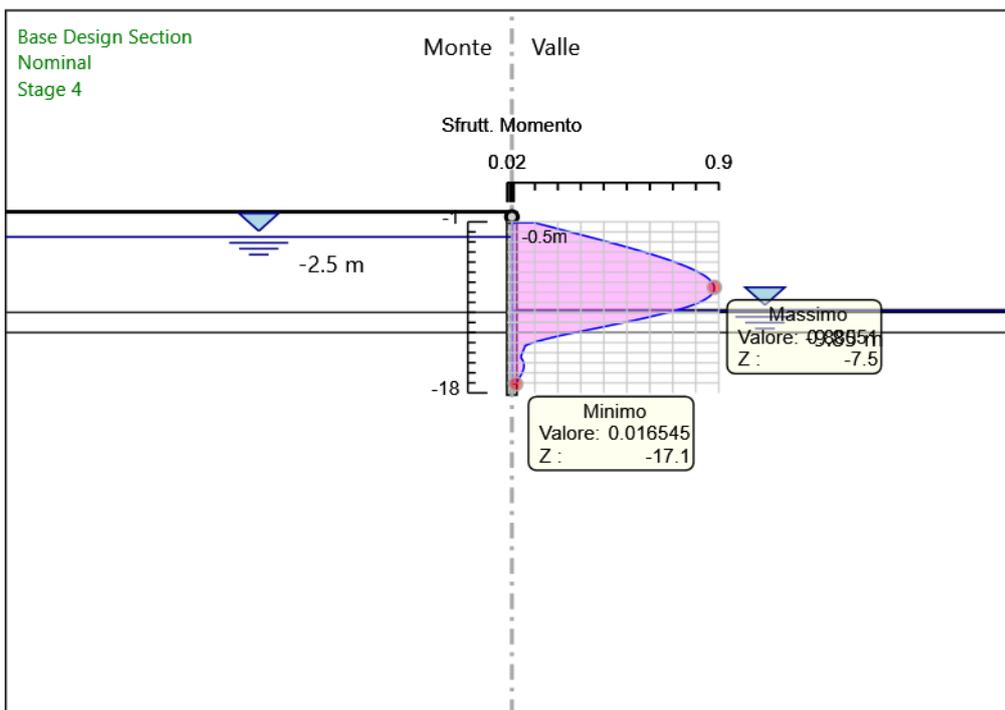
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 96 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

6.2.8. Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver



Inviluppi
Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 97 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

6.2.9. Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	
-1.1	0.456	
-1.3	0.454	
-1.5	0.453	
-1.7	0.453	
-1.9	0.453	
-2.1	0.452	
-2.3	0.451	
-2.5	0.449	
-2.7	0.447	
-2.9	0.443	
-3.1	0.438	
-3.3	0.432	
-3.5	0.424	
-3.7	0.416	
-3.9	0.406	
-4.1	0.395	
-4.3	0.383	
-4.5	0.37	
-4.7	0.356	
-4.9	0.34	
-5.1	0.323	
-5.3	0.306	
-5.5	0.286	
-5.7	0.266	
-5.9	0.245	
-6.1	0.222	
-6.3	0.198	
-6.5	0.173	
-6.7	0.171	
-6.9	0.173	
-7.1	0.175	
-7.3	0.177	
-7.5	0.179	
-7.7	0.181	
-7.9	0.183	
-8.1	0.186	
-8.3	0.188	
-8.5	0.191	
-8.7	0.22	
-8.9	0.26	
-9.1	0.302	
-9.3	0.345	
-9.5	0.388	
-9.7	0.434	
-9.9	0.461	
-10.1	0.485	
-10.3	0.507	
-10.5	0.526	
-10.7	0.543	
-10.9	0.557	
-11.1	0.568	
-11.3	0.576	
-11.5	0.582	
-11.7	0.585	
-11.9	0.585	
-12.1	0.585	

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id. doc. REL	N. prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 98 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	
-12.3		0.546
-12.5		0.507
-12.7		0.468
-12.9		0.428
-13.1		0.388
-13.3		0.347
-13.5		0.306
-13.7		0.265
-13.9		0.224
-14.1		0.184
-14.3		0.148
-14.5		0.114
-14.7		0.083
-14.9		0.055
-15.1		0.043
-15.3		0.041
-15.5		0.039
-15.7		0.043
-15.9		0.055
-16.1		0.063
-16.3		0.069
-16.5		0.072
-16.7		0.073
-16.9		0.073
-17.1		0.07

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

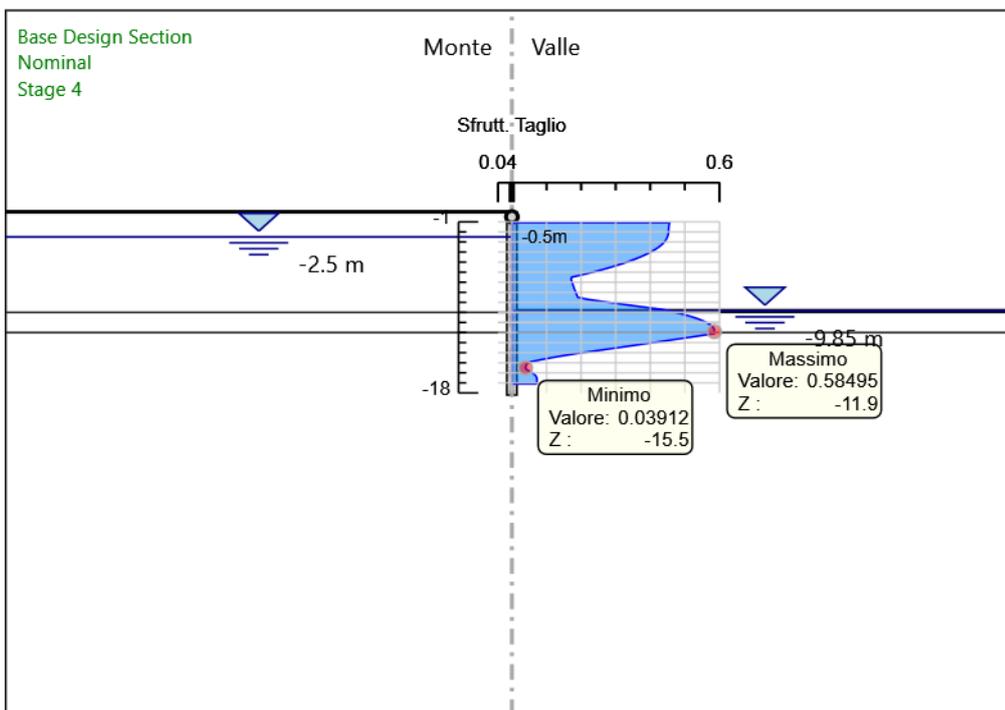
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Spingitubo attraversamento linea FS Civitanova Marche-Fabriano

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 14	WBS ST0300	Id.doc. REL	N.prog. 02	Rev. A	Pag. di Pag. 99 di 99
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	--------------------------

6.2.10. Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver



Inviluppi
Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver