



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.

PERIZIA DI VARIANTE

CONTRAENTE GENERALE:	Il Responsabile del Contraente Generale:
 <p>DIRPA 2 s.c.a.r.l.</p>	

PROGETTAZIONE:	ASSISTENZA ALLA PROGETTAZIONE:
<p>Partecipazioni Italia S.p.A.</p> <p>IL PROGETTISTA: Dott. Ing. Salvatore Lieto Ordine degli Ingegneri Prov. di Mantova n.1147</p> <p>IL GEOLOGO: Geol. Amedeo Babbini Ordine dei Geologi Regione Toscana n.1032</p>	 <p>TECNOSTRUTTURE S.r.l. SEDE LEGALE: Piazza Regina Margherita n.27 - 00198 ROMA SEDE OPERATIVA: Via delle Querciole n. 13 - 00037 Segni (RM)</p> <p>IL PROGETTISTA: Dott. Ing. Antonio Tosiani</p>

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:	
Ing. Iginio Farotti	

<p>2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE</p> <p>3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud 4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia</p> <p>OPERE DI SOSTEGNO E DRENI <i>PARATIA DI PALI IN SX DAL KM 11+900 AL KM 12+020</i> <i>Relazione di calcolo</i></p>	<p>SCALA: -</p> <p>DATA: 28.07.2022</p>
---	--

Codice Unico di Progetto (CUP) F12C03000050021 (assegnato CIPE 20.04.2015)

CODICE ELABORATO:	Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	n° progr	Rev.
	L O 7 0 3	2 1 3	E	1 6	O S 0 0 2 0	R E L	0 1	E

Rev.	Data	Descrizione	Redatto		Controllato	Approvato
C	Ottobre 2020	Emissione a seguito istruttoria RINA	Progin	M. Tartaglia	S. Lieto	A. Grimaldi
D	Dic. 2021	Emissione a seguito istruttoria ANAS	Tecnostrutture	Tecnostrutture	A. Tosiani	S. Lieto
E	28.07.2022	Riscontro istruttoria ANAS	Tecnostrutture	Tecnostrutture	A. Tosiani	S. Lieto

I N D I C E

1. INTRODUZIONE	2
1.1 PREMESSA.....	2
1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
1.2.1 NORMATIVE DI CARATTERE GENERALE.....	3
1.2.2 NORMATIVE SPECIFICHE PER LE STRUTTURE.....	3
1.3 MATERIALI IMPIEGATI.....	3
2. DESCRIZIONE DELLE OPERE	5
3. DEFINIZIONE DEGLI STATI LIMITE DI PROGETTO	6
4. ANALISI DI INTERAZIONE DELLE PARATIE	7
4.1 METODOLOGIA DI CALCOLO	7
4.1.1 PRESSIONE E RESISTENZA STATICA DELLE TERRE E DELL'ACQUA.....	9
4.1.2 AZIONE SISMICA	11
5. CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE E VERIFICA AI SENSI DEL D.M. 14-01-2008 16	
5.1 METODO AGLI STATI LIMITE ED APPROCCI DI PROGETTO	16
5.2 VERIFICHE ALLO SLU.....	19
5.2.1 PRESSOFLESSIONE.....	19
5.2.2 TAGLIO.....	20
6. ANALISI PARATIA DI PALI	22
6.1 CARATTERISTICHE DI PROGETTO.....	22
6.2 CARATTERIZZAZIONE SISMICA	23
6.3 INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	24
6.4 MODELLO GEOTECNICO	25
6.5 FASI DI CALCOLO	26
6.1 RISULTATI E VERIFICHE: FASE STATICA.....	28
6.1.1 RISULTATI (COMBINAZIONE SLE).....	28
6.1.2 RISULTATI E VERIFICHE SLU STR (COMBINAZIONE A1+M1+R1).....	29
6.1.3 RISULTATI E VERIFICHE SLE (COMBINAZIONE SLE).....	31
6.1.4 RISULTATI E VERIFICHE SLU GEO (COMBINAZIONE A2+M2+R1).....	32
6.2 RISULTATI E VERIFICHE: FASE SISMICA.....	33
6.2.1 RISULTATI E VERIFICHE SISMA STR (COMBINAZIONE A1+M1+R1).....	33
6.2.2 RISULTATI E VERIFICHE SISMA GEO (COMBINAZIONE A2+M2+R1).....	35
7. VERIFICA CORDOLO DI CORONAMENTO	36
8. STABILITÀ GLOBALE DELLA SCARPATA IN CORRISPONDENZA DELLA PARATIA	37
8.1 VERIFICHE IN FASE STATICA.....	38
8.2 VERIFICHE IN FASE SISMICA.....	38
9. ALLEGATO A-TABULATI DI CALCOLO	40
9.1 TABULATI DI CALCOLO DELLA PARATIA.....	41

	2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE 3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo								
	Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag.di Pag. 2 di 65

1. INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

Il presente documento rientra nell'ambito della redazione degli Elaborati tecnici di Progetto Esecutivo della strada Pedemontana Marchigiana, che costituisce l'elemento di completamento tra le due direttrici "S.S.76" Valnerina e "S.S.77" Val di Chienti, relativamente agli stralci funzionali n°3 (Svincolo di Castelraimondo nord – Svincolo di Castelraimondo sud) e n°4 (Svincolo di Castelraimondo sud - innesto con la S.S. 77 a Muccia)

Nella presente relazione si riporta il dimensionamento, il calcolo e la verifica dell'opera di sostegno ubicata alla progressiva 11+900 – 12+020.

Si tratta di una paratia di pali (D=1500 mm, interasse 2 m).

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

La paratia è inserita in un'area catalogata con frana quiescente. I terreni presenti a partire dal piano campagna fino al substrato pelitico/ pelitico-arenaceo, sono limi argillosi particolarmente suscettibili all'innescò di movimenti franosi per rammollimento/ abbattimento delle caratteristiche di resistenza al taglio in presenza di acqua o di falda o di precipitazione meteorica.

Per la caratterizzazione geotecnica e stratigrafica dei terreni si fa invece riferimento a quanto riportato nella relazione geotecnica generale e nel profilo longitudinale generale. Il terreno di fondazione è costituito superficialmente da terreni di coltre con movimento gravitativo quiescente (Unità a) con spessore 10 m circa mentre al di sotto di questi si riscontra uno strato di depositi eluvio colluviali limoso argillosi (Unità Ecla) di spessore 2 m. Al di sotto vi è un substrato alterato argilloso limoso (Unità Salt) di spessore 3 m. Più in profondità, si riscontra la presenza di substrato integro (Unità Sch).

Secondo la normativa tecnica di riferimento ai fini della zonazione sismica del territorio italiano, l'area in oggetto ricade in zona sismica 2, pertanto, e le strutture sono assunte di Classe III (vita utile 75 anni).

Nel seguito si espongono le analisi necessarie al dimensionamento e le verifiche di stabilità geotecnica e dei principali elementi strutturali, in conformità alla normativa vigente.

1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si è fatto riferimento ai seguenti documenti normativi.

1.2.1 NORMATIVE DI CARATTERE GENERALE

L. 05/11/1971 n. 1086: "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica";

L. 02/02/1974 n. 64: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".

1.2.2 NORMATIVE SPECIFICHE PER LE STRUTTURE

Decreto Ministeriale 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2008"

OPCM 3274 d.d. 20/03/2003: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modifiche ed integrazioni

CNR-UNI 10011: "Costruzioni di acciaio "Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione".

CNR-UNI 10016: "Travi composte di acciaio e calcestruzzo - Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni".

UNI EN 1992-2005: "Progettazione delle strutture di calcestruzzo".

UNI EN 1993-2005: "Progettazione delle strutture di acciaio".

UNI EN 1994-2005: "Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo".

UNI EN 1997-2005: "Progettazione geotecnica".

UNI EN 1998-2005: "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica".

UNI EN 206-1-2001: Calcestruzzo, "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".

1.3 MATERIALI IMPIEGATI

PARATIE

PALI E CORDOLI

		Classe di esposizione
		XA2
Classe di resistenza minima:	C_{min}	C32/40
Rapporto massimo acqua/cemento	a/max	0.5
Contenuto minimo di cemento (kg/m^3)	cem_{min}	360

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 4 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

CALCESTRUZZO PER MAGRONE

Classe di resistenza minima:	C_{min}	C12/15
------------------------------	-----------	--------

ACCIAIO ARMATURA ORDINARIA*Acciaio in barre ad aderenza migliorata tipo B450C controllato in stabilimento:*Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$ Tensione caratteristica di rottura: $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 5 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------

2. DESCRIZIONE DELLE OPERE

L'altezza massima di scavo è di 4.5 m circa, in zona di frana quiescente. Si prevede una paratia di pali (D=1500 mm, interasse 2.0 m).

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

3. DEFINIZIONE DEGLI STATI LIMITE DI PROGETTO

Ai fini del progetto di un'opera geotecnica, la normativa vigente (cfr. Paragrafo 1.2), impone di considerare quattro differenti stati limite di progetto:

- stato limite di esercizio (SLE): le analisi sono condotte considerando come valori di progetto delle azioni esterne e dei parametri geotecnici i loro valori caratteristici A_k e M_k , le verifiche di resistenza sono condotte considerando come valori di progetto delle resistenze i loro valori caratteristici R_k ;
- stato limite ultimo combinazione A_1+M_1 (SLU COMB1): le analisi sono condotte considerando i valori di progetto delle azioni esterne A_1 ottenuti amplificando con opportuni fattori i valori caratteristici A_k , i valori di progetto dei parametri geotecnici M_1 sono pari ai valori caratteristici M_k . Le verifiche di resistenza sono condotte considerando come valori di progetto delle resistenze R i valori caratteristici R_k ridotti con opportuni fattori; Quindi i risultati dell'analisi STRU (A_1+M_1), possono essere cautelativamente ottenuti moltiplicando quelli dell'analisi SLE x 1.4.
- stato limite ultimo combinazione A_2+M_2 (SLU COMB2): le analisi sono condotte considerando i valori di progetto delle azioni esterne A_2 ottenuti amplificando con opportuni fattori i valori caratteristici A_k , i valori di progetto dei parametri geotecnici M_1 sono ottenuti riducendo con opportuni fattori i valori caratteristici M_k . Le verifiche di resistenza sono condotte considerando come valori di progetto delle resistenze R i valori caratteristici R_k ridotti con opportuni fattori;

In generale, per le opere geotecniche, lo stato limite di esercizio è utile per investigare gli spostamenti dell'opera e procedere alle verifiche di resistenza con il metodo delle tensioni ammissibili degli elementi strutturali. Inoltre, lo stato limite ultimo COMB1 e lo stato limite ultimo sismico sono i più gravosi ai fini delle verifiche di resistenza degli elementi strutturali con il metodo degli stati limite infine, lo stato limite ultimo COMB2 permette di controllare la stabilità dell'opera in condizioni ultime. Nelle tabelle di seguito riportate (cfr. Tabella a, Tabella b, Tabella c), sono riassunti, per ciascuno stato limite considerato, i fattori amplificativi o riduttivi (coefficienti parziali) da applicare. Considerando inoltre che la normativa tecnica non fornisce indicazioni esplicite sull'obbligatorietà di fattorizzare i valori caratteristici M_k , nello SLU sismico non si è proceduto alla riduzione dei valori dei parametri geotecnici. Infatti, le azioni sismiche di progetto a_g sono valutate sulla base delle accelerazioni massime al suolo causate da sismi con probabilità del 90% di non essere superati nella vita utile dell'opera ovvero sono già azioni esterne allo stato limite ultimo. Inoltre, visto che lo SLU sismico costituisce uno stato limite distinto dalla normativa stessa rispetto alla COMB2 e tenendo conto che riducendo i parametri geotecnici del terreno congiuntamente all'applicazione del sisma si arriverebbero a determinare condizioni certamente più gravose della COMB2, è ragionevole concludere che nello SLUS non si debba procedere all'applicazione di nessun coefficiente parziale ai valori M_k .

Tabella a – Coefficienti parziali a stato limite COMB1 (A_1+M_1)

Azioni (A_1)				Proprietà del terreno (M_1)		
Permanenti		Temporanee variabili		$\tan\phi'$	c'	c_u
Sfavorevoli	Favorevoli	Sfavorevoli	Favorevoli			
1.40	1.00	1.50	0.00	1.00	1.00	1.00

Tabella b – Coefficienti parziali a stato limite COMB2 (A_2+M_2)

Azioni (A_2)				Proprietà del terreno (M_2)		
Permanenti		Temporanee variabili		$\tan\phi'$	c'	c_u
Sfavorevoli	Favorevoli	Sfavorevoli	Favorevoli			
1.00	1.00	1.30	0.00	1.25	1.25	1.40

Tabella c – Coefficienti parziali a stato limite sismico

Azioni (A_1)				Proprietà del terreno (M_1)		
Permanenti		Temporanee variabili		$\tan\phi'$	c'	c_u
Sfavorevoli	Favorevoli	Sfavorevoli	Favorevoli			
1.00	1.00	0.30	0.30	1.00	1.00	1.00

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 7 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------

4. ANALISI DI INTERAZIONE DELLE PARATIE

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

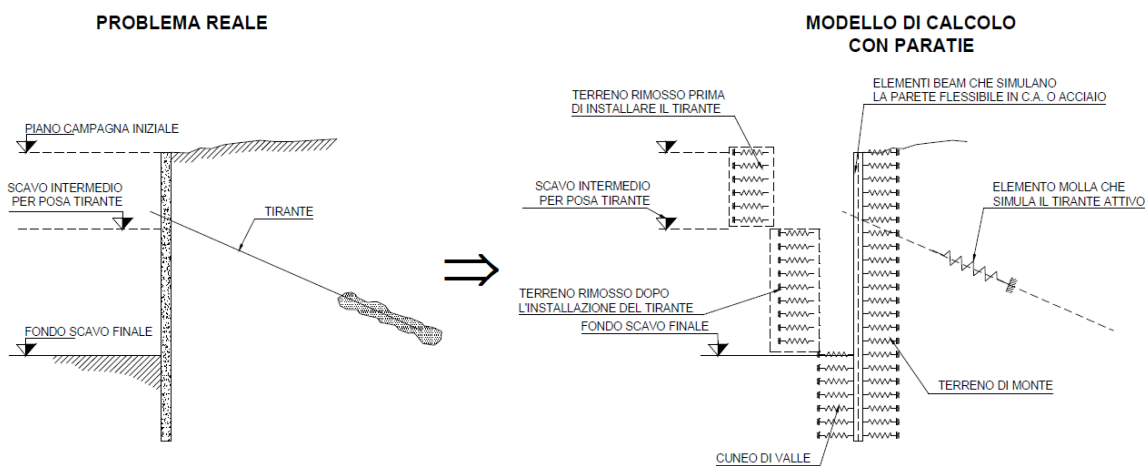
Le analisi finalizzate al dimensionamento delle paratie trattate nell'ambito del presente documento, sono state condotte con il programma di calcolo "Paratie Plus" della HarpaCeas s.r.l. di Milano Version 18.1.0

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 rigidezza proporzionale al modulo di rigidezza 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:

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 8 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------

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

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 ($\sigma' h$) e la tensione verticale efficace ($\sigma' v$) 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 rigidezza delle molle. Per un letto di molle distribuite la rigidezza di ciascuna di esse, k , è data da:

$$k = E / L$$

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

4.1.1 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 $\delta = 0.50 \varphi'$) 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:

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

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:

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

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.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 10 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

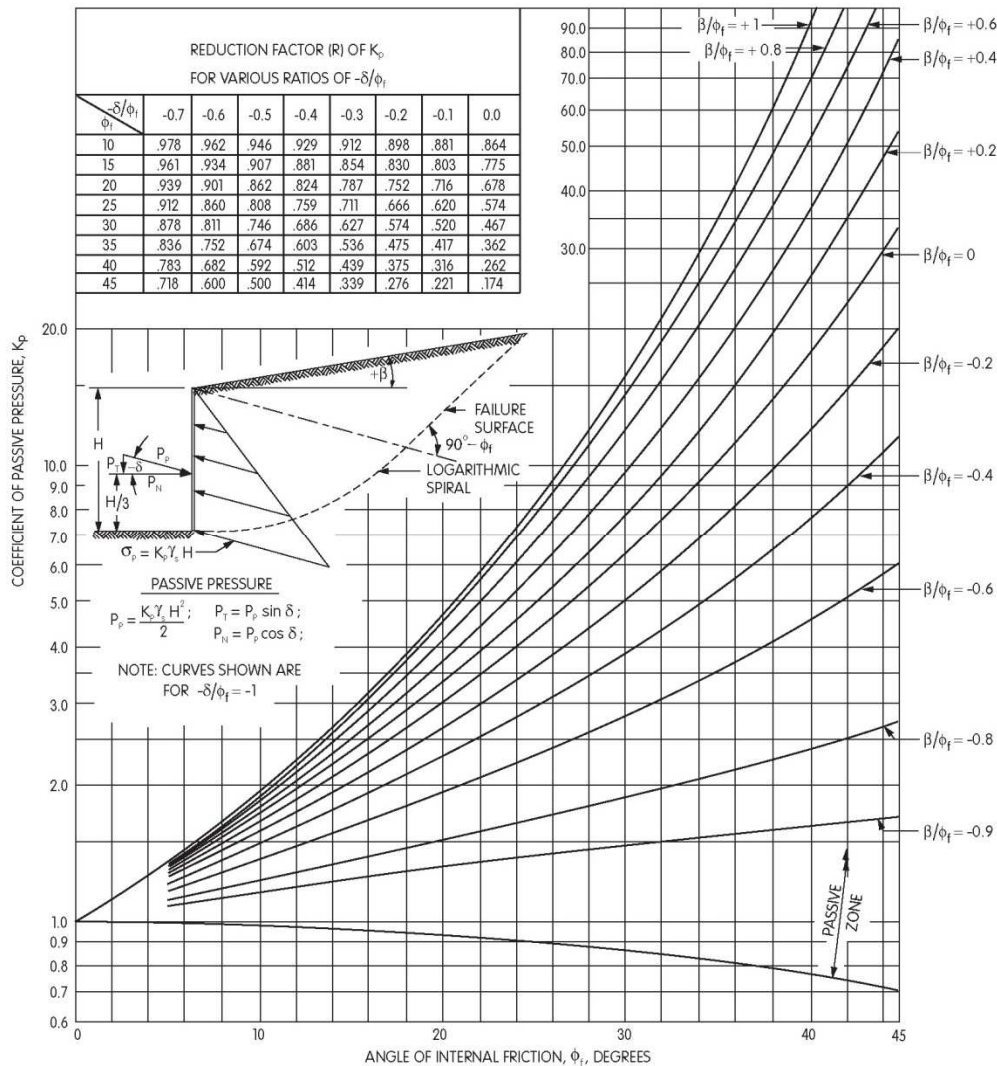


Figura 1– modello a spirale logaritmica per il calcolo dei coefficienti di spinta

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.:

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

	2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE 3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo								
	Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. E	Pag.di Pag. 11 di 65

dove:

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

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

4.1.2 AZIONE SISMICA

Le strutture, ai sensi della normativa di riferimento, sono assunte di Classe III (vita utile 75 anni).

Tutte le azioni sono calcolate considerando un periodo di ritorno per i fenomeni naturali pari a 712 anni, pertanto nella valutazione della accelerazione orizzontale massima a_g si è fatto riferimento alle mappe di pericolosità sismica dell'I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) andando a considerare il parametro a_g/g riferito a una probabilità di superamento non maggiore del 5% in 50 anni, come previsto dal paragrafo 3.2.2.3 del *D.M.14/01/08*.

Con riferimento alla relazione sismica L0703-213-E-04-000000-REL-01-C e l'ubicazione dell'opera alla progressiva dal km 10+744 al km 10+775, sono state considerate le specifiche della suddetta relazione sismica inerenti alle opere rientranti tra pk 10+000 e 13+155 dell'asse principale.

Si riportano di seguito i dati relativi alla pericolosità sismica del tratto in esame.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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


Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 12 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

Pk 12+000

Latitudine (WGS84) 43.12580148	Longitudine (WGS84) 13.05568645
Latitudine (ED50) 43.127533	Longitudine (ED50) 13.056504
Altitudine (mt)	0
Classe dell'edificio III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti signific	
Vita Nominale Struttura	50
Periodo di Riferimento per l'azione sismica	75

Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_o [-]	T^*_c [s]
Operatività	45	0.081	2.423	0.287
Danno	75	0.101	2.419	0.291
Salvaguardia Vita	712	0.232	2.489	0.331
Prevenzione Collasso	1462	0.292	2.525	0.341



Zona sismica	2
Categoria suolo di fondazione	C
Classe della struttura	III
Accelerazione orizzontale massima convenzionale per zona 1 e struttura di classe III (vedi par. 3.2.2.3)	0.232
Fattore S che tiene conto della categoria del suolo di fondazione = C	1.36

In definitiva l'accelerazione orizzontale massima convenzionale per zona 2, struttura di classe III e suolo di categoria C:
 $a_{max,SLV} = 0.232g \times 1.36 = 0.3155 g$.

In generale, il metodo pseudo-statico modella l'azione sismica considerando in luogo delle azioni dinamiche azioni statiche equivalenti ovvero forze statiche orizzontali f_h e verticali f_v per unità di volume.

Nel caso di caso di realizzazione di paratie la NTC prevede:

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. E	Pag.di Pag. 13 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

7.11.6.3.1 Metodi pseudostatici

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è definita mediante un'accelerazione equivalente costante nello spazio e nel tempo.

Le componenti orizzontale e verticale a_h e a_v dell'accelerazione equivalente devono essere ricavate in funzione delle proprietà del moto sismico atteso nel volume di terreno significativo per l'opera e della capacità dell'opera di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In mancanza di studi specifici, a_h può essere legata all'accelerazione di picco a_{max} attesa nel volume di terreno significativo per l'opera mediante la relazione:

$$a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max} \quad (7.11.9)$$

dove g è l'accelerazione di gravità, k_h è il coefficiente sismico in direzione orizzontale, $\alpha \leq 1$ è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera e $\beta \leq 1$ è un coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti senza cadute di resistenza.

Per le paratie si può porre $a_v = 0$.

L'accelerazione di picco a_{max} è valutata mediante un'analisi di risposta sismica locale, ovvero come

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (7.11.10)$$

dove S_S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2, ed a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Il valore del coefficiente α può essere ricavato a partire dall'altezza complessiva H della paratia e dalla categoria di sottosuolo mediante il diagramma di Figura 7.11.2.

Per la valutazione della spinta nelle condizioni di equilibrio limite passivo deve porsi $\alpha = 1$.

Il valore del coefficiente β può essere ricavato dal diagramma di Figura 7.11.3, in funzione del massimo spostamento u_i che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza.

Per $u_i = 0$ è $\beta = 1$. Deve comunque risultare:

$$u_i \leq 0,005 \cdot H. \quad (7.11.11)$$

Se $\alpha \cdot \beta \leq 0,2$ deve assumersi $k_h = 0,2 \cdot a_{max}/g$.

Possono inoltre essere trascurati gli effetti inerziali sulle masse che costituiscono la paratia.

È necessario verificare che il sito, per effetto del terremoto di progetto, non sia suscettibile di liquefazione. In caso contrario occorre predisporre le misure necessarie perché non si verifichi tale fenomeno.

Per valori dell'angolo d'attrito tra terreno e parete $\delta > \phi'/2$, ai fini della valutazione della resistenza passiva è necessario tener conto della non planarità delle superfici di scorrimento.

Si riportano i grafici relativi al calcolo di α e β come dal paragrafo 7.11.6.3.2 della NTC 08

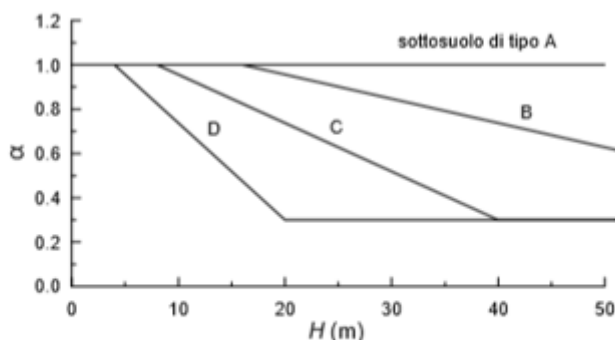


Figura 7.11.2 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag.di Pag. 14 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------

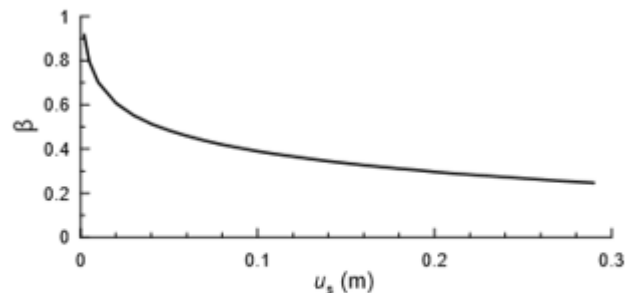


Figura 7.11.3 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β .

Si riportano i valori di u_s , β e k_h per il caso in esame:

L paratia+hcordolo	ag	Ss	St	us	α	β	kh
[m]	[g]	[-]	[-]	[m]	[-]	[-]	[g]
18.5	0.232	1.36	1	0.0925	0.97	0.402	0.1230

E' possibile ricorrere alla formulazione proposta da [Mononobe e Matsuo, 1929] e [Okabe, 1926] che è una estensione del metodo di Coulomb al caso dell'equilibrio limite del terreno a tergo dell'opera di sostegno, ottenuta considerando le forze di inerzia prodotte dai coefficienti sismici orizzontale e verticale. Tale metodo consiste nel determinare il coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche:

$$\beta \leq \varphi' - \theta: \quad k_{a,e} = \frac{[\sin(\psi + \varphi' - \theta)]^2}{\cos \theta [\sin(\psi)]^2 \sin(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi' + \delta) \sin(\varphi' - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

$$\beta > \varphi' - \theta: \quad k_{a,e} = \frac{[\sin(\psi + \varphi' - \theta)]^2}{\cos \theta [\sin(\psi)]^2 \sin(\psi - \theta - \delta)}$$

dove:

$$\tan \theta = \chi \frac{k_h}{1 \pm k_v}$$

χ è un coefficiente che nel caso di terreno asciutto vale 1, nel caso di terreno sismicamente permeabile ($k \geq 5 \times 10^{-4}$ m/s) vale γ_d / γ (rapporto fra il peso a secco dell'unità di volume ed il peso immerso), nel caso di terreni sismicamente impermeabili ($k < 5 \times 10^{-4}$ m/s) si pone γ_{sat} / γ (rapporto fra il peso saturo dell'unità di volume ed il peso immerso)

Trascurando sia nella spinta statica sia nella spinta sismica la coesione efficace, l'incremento di pressione $\Delta\sigma_h$ esercitato dal terreno per effetto del sisma è:

$$\Delta\sigma_h = (1 \pm k_v) k_{ae} \sigma'_v - k_a \sigma'_v = [(1 \pm k_v) k_{ae} - k_a] \sigma'_v = \delta k_a \sigma'_v$$

Alla pressione $\Delta\sigma_h$, per terreni sotto falda con permeabilità $k \geq$ di 5×10^{-4} m/s (terreni sismicamente permeabili), occorre aggiungere anche la pressione idrodinamica Δp che può essere tenuta in conto con la seguente espressione:

$$\Delta p = 7 \gamma_w k_h (H_w z_w)^{0.5} / 8$$

dove:

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. E	Pag.di Pag. 15 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

Hw è l'altezza del livello di falda rispetto a fondo scavo

zw è la profondità del punto considerato dalla superficie libera della falda

Analogamente è possibile valutare, con una analoga formulazione proposta da [Mononobe e Matsuo, 1929] e [Okabe, 1926], il coefficiente di resistenza passiva in condizioni sismiche:

$$k_{p,e} = \frac{[\sin(\psi - \varphi')]^2}{\cos \theta [\sin(\psi + \theta)]^2 \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi') \sin(\varphi' - \theta)}{\sin(\psi) \sin(\psi + \theta)}} \right]^2}$$

	2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE 3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo								
	Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N. progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 16 di 65

5. CRITERI GENERALI 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.

5.1 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. 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

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

E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni,

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

Il coefficiente γ_R opera direttamente sulla resistenza del sistema.

I coefficienti parziali di sicurezza, γ_{Mi} e $\gamma_{Fj} = \gamma_{Ej}$, 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.

In accordo a quanto stabilito al §2.6.1 del DM 14.01.08, la verifica della condizione $R_d \geq E_d$ 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.

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 14.01.08 di seguito riportata per chiarezza espositiva:

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N. progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 17 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	-----------------	-----------	--------------------------

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

		Coefficiente γ_f	EQU	A1	A2
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_{Qk}	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_{Qk} 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.

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 omissi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_s .

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
Coesione 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_γ	γ_γ	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}

Nell'ambito delle Analisi di seguito esposte, si è fatto riferimento nella fattispecie all'**APPROCCIO 1**, andando ad esaminare tutti gli stati limite ritenuti significativi per il caso delle opere in progetto, secondo quanto specificato al già citato prg "6.5.3.1.2 Paratie" del DM 14.01.08, ovvero:

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;

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.progr.	REV.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	OS0020	REL	01	E	19 di 65

- raggiungimento della resistenza strutturale della paratia.

Si è infine proceduto con una verifica nei riguardi degli Stati Limite di Esercizio (SLE), effettuando una stima delle deformazioni dell'opera e dei cedimenti del piano limite a tergo.

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

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

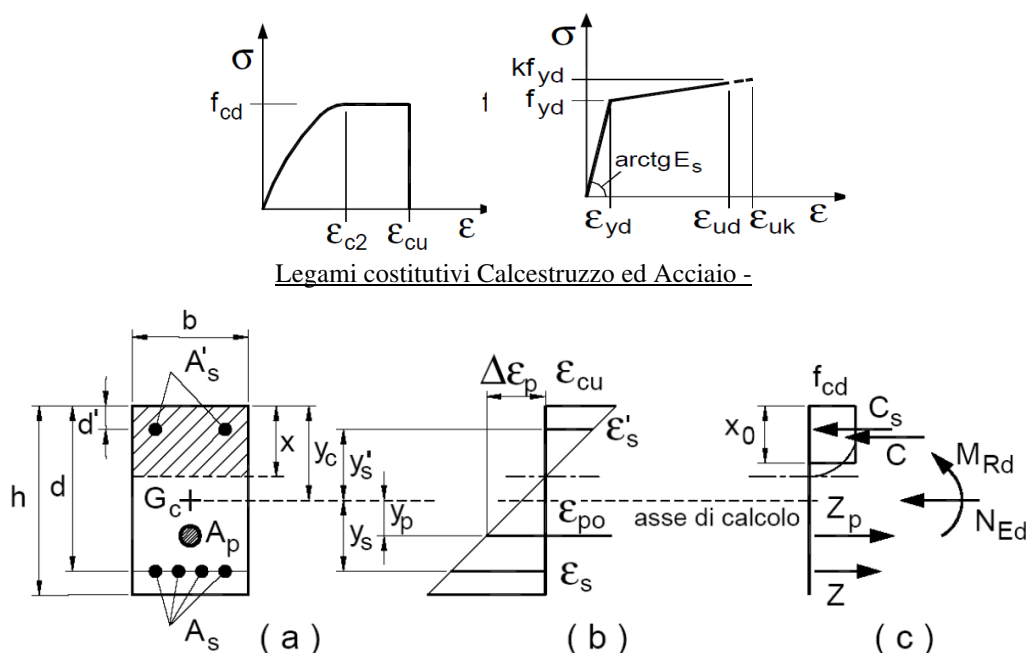
Per il dimensionamento geotecnico delle paratie, le analisi possono essere condotte con la Combinazione 2 (A2+M2+R1).

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

5.2 VERIFICHE ALLO SLU

5.2.1 PRESSOFLESSIONE

La determinazione della capacità resistente a flessione/pressoflessione della generica sezione, viene effettuata con i criteri di cui al punto 4.1.2.1.2.4 delle NTC08, secondo quanto riportato schematicamente nelle figure seguito, tenendo conto dei valori delle resistenze e deformazioni di calcolo riportate al paragrafo dedicato alle caratteristiche dei materiali:



Schema di riferimento per la valutazione della capacità resistente a pressoflessione generica sezione -

La verifica consisterà nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. E	Pag.di Pag. 20 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove

M_{Rd} è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a N_{Ed} ;

N_{Ed} è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;

M_{Ed} è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

5.2.2 TAGLIO

La resistenza a taglio V_{Rd} della membratura priva di armatura specifica risulta pari a:

$$V_{Rd} = \left\{ 0.18 \cdot k \cdot \frac{(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \cdot b_w d$$

Dove:

- $v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$;
- $k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$;
- $\rho_1 = A_{sw}/(b_w \cdot d)$
- d = altezza utile per piedritti soletta superiore ed inferiore;
- $b_w = 1000$ mm larghezza utile della sezione ai fini del taglio.

In presenza di armatura, invece, la resistenza a taglio V_{Rd} è il minimo tra la resistenza a taglio trazione V_{Rsd} e la resistenza a taglio compressione V_{Rcd}

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot \frac{(\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta)}{(1 + \text{ctg}^2 \theta)}$$

Essendo:

$$1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2,5$$

Per quanto riguarda in particolare le verifiche a taglio per elementi armati a taglio, si è fatto riferimento al metodo del traliccio ad inclinazione variabile, in accordo a quanto prescritto al punto 4.1.2.1.3 delle NTC08, considerando ai fini delle verifiche, un angolo θ di inclinazione delle bielle compresse del traliccio resistente tale da rispettare la condizione.

$$1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2,5 \quad 45^\circ \geq \theta \geq 21.8^\circ$$

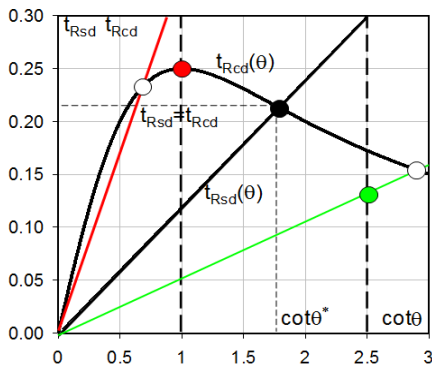
2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. E	Pag.di Pag. 21 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------



- Se la $\cot\theta^*$ è compresa nell'intervallo (1,0-2,5) è possibile valutare il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rcd}=V_{Rsd})$
- Se la $\cot\theta^*$ è maggiore di 2,5 la crisi è da attribuirsi all'armatura trasversale e il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rsd})$ coincide con il massimo taglio sopportato dalle armature trasversali valutabile per una $\cot\theta=2,5$.
- Se la $\cot\theta^*$ è minore di 1,0 la crisi è da attribuirsi alle bielle compresse e il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rcd})$ coincide con il massimo taglio sopportato dalle bielle di calcestruzzo valutabile per una $\cot\theta=1,0$.

L'angolo effettivo di inclinazione delle bielle (θ) assunto nelle verifiche è stato in particolare valutato, nell'ambito di un problema di verifica, tenendo conto di quanto di seguito indicato:

$$\cot\theta^* = \sqrt{\frac{V \cdot \alpha_c}{\omega_{sw}} - 1}$$

(θ^* angolo di inclinazione delle bielle cui corrisponde la crisi contemporanea di bielle compresse ed armature)

dove

$$v = f'_{cd} / f_{cd} = 0.5$$

f'_{cd} = resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima

f_{cd} = resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo d'anima

α_c	coefficiente maggiorativo pari a	1	per membrature non compresse
		$1 + \sigma_{cp} / f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
		1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
		$2,5(1 - \sigma_{cp} / f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

ω_{sw} : Percentuale meccanica di armatura trasversale.

$$\omega_{sw} = \frac{A_{sw} f_{yd}}{b s f_{cd}}$$

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.progr.	REV.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	OS0020	REL	01	E	22 di 65

6. ANALISI PARATIA DI PALI

6.1 CARATTERISTICHE DI PROGETTO

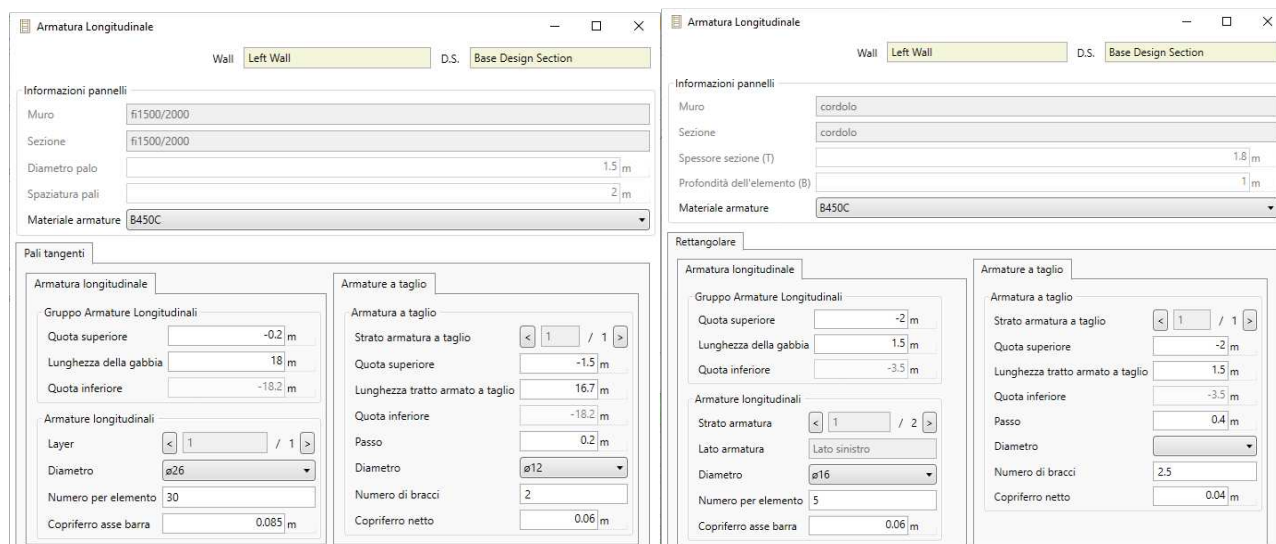
Nella Tabella d, si riportano le caratteristiche geometriche di progetto relative alla sezione di calcolo. Si riporta nella figura seguente uno schema della sezione in oggetto. Si specifica che nel modello si è considerata una lunghezza di calcolo pari alla somma tra lunghezza dei pali e altezza del cordolo di testa pali. Il terreno a tergo della paratia viene schematizzato con un carico equivalente alla scarpata con pendenza 2/5. Si riporta nella figura seguente uno schema della sezione in oggetto. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

Tabella d – Caratteristiche di progetto

Geometria		
sezione	630	-
progressiva	11+960.00	-
altezza max di scavo, H _{max}	4.5	m
Altezza definitiva	4	m
Carico equivalente al terreno con inclinazione a monte della paratia	15	°
Pali		
diametro pali	1500	mm
Lunghezza pali	17.0	m
Altezza cordolo	1.5	m
Lunghezza modello di calcolo (pali + cordolo)	18.5	m
caratteristiche armatura	30 Ø26	-
interasse Pali, i	2	m

Tabella e – Armatura

ELEMENTI	Dimensioni [mm]	Armatura	Staffe
PALI	Φ1500	30Ø26	Ø12/20
CORDOLO	1000x1800	(1+1) Ø 16/20	Ø12/40x40



The image shows two screenshots of a software interface for longitudinal reinforcement design. The left screenshot shows the 'Pali tangenti' (Circular Piles) section, and the right screenshot shows the 'Rettangolare' (Rectangular) section. Both sections include parameters for longitudinal reinforcement and cutting reinforcement.

Left Screenshot (Circular Piles):

- Wall: Left Wall, D.S.: Base Design Section
- Informazioni pannelli: Muro (f1500/2000), Sezione (f1500/2000), Diametro palo (1.5 m), Spaziatura pali (2 m), Materiale armature (B450C)
- Pali tangenti:
 - Armatura longitudinale: Gruppo Armature Longitudinali (Quota superiore: -0.2 m, Lunghezza della gabbia: 18 m, Quota inferiore: -18.2 m), Armature longitudinali (Layer: 1 / 1, Diametro: Ø26, Numero per elemento: 30, Copriferro asse barra: 0.085 m)
 - Armature a taglio: Armatura a taglio (Strato armatura a taglio: 1 / 1, Quota superiore: -1.5 m, Lunghezza tratto armato a taglio: 16.7 m, Quota inferiore: -18.2 m, Passo: 0.2 m, Diametro: Ø12, Numero di bracci: 2, Copriferro netto: 0.06 m)

Right Screenshot (Rectangular):

- Wall: Left Wall, D.S.: Base Design Section
- Informazioni pannelli: Muro (cordolo), Sezione (cordolo), Spessore sezione (T) (1.8 m), Profondità dell'elemento (B) (1 m), Materiale armature (B450C)
- Rettangolare:
 - Armatura longitudinale: Gruppo Armature Longitudinali (Quota superiore: -2 m, Lunghezza della gabbia: 1.5 m, Quota inferiore: -3.5 m), Armature longitudinali (Strato armatura: 1 / 2, Lato armatura: Lato sinistro, Diametro: Ø16, Numero per elemento: 5, Copriferro asse barra: 0.06 m)
 - Armature a taglio: Armatura a taglio (Strato armatura a taglio: 1 / 1, Quota superiore: -2 m, Lunghezza tratto armato a taglio: 1.5 m, Quota inferiore: -3.5 m, Passo: 0.4 m, Diametro: Ø12, Numero di bracci: 2.5, Copriferro netto: 0.04 m)

Armature

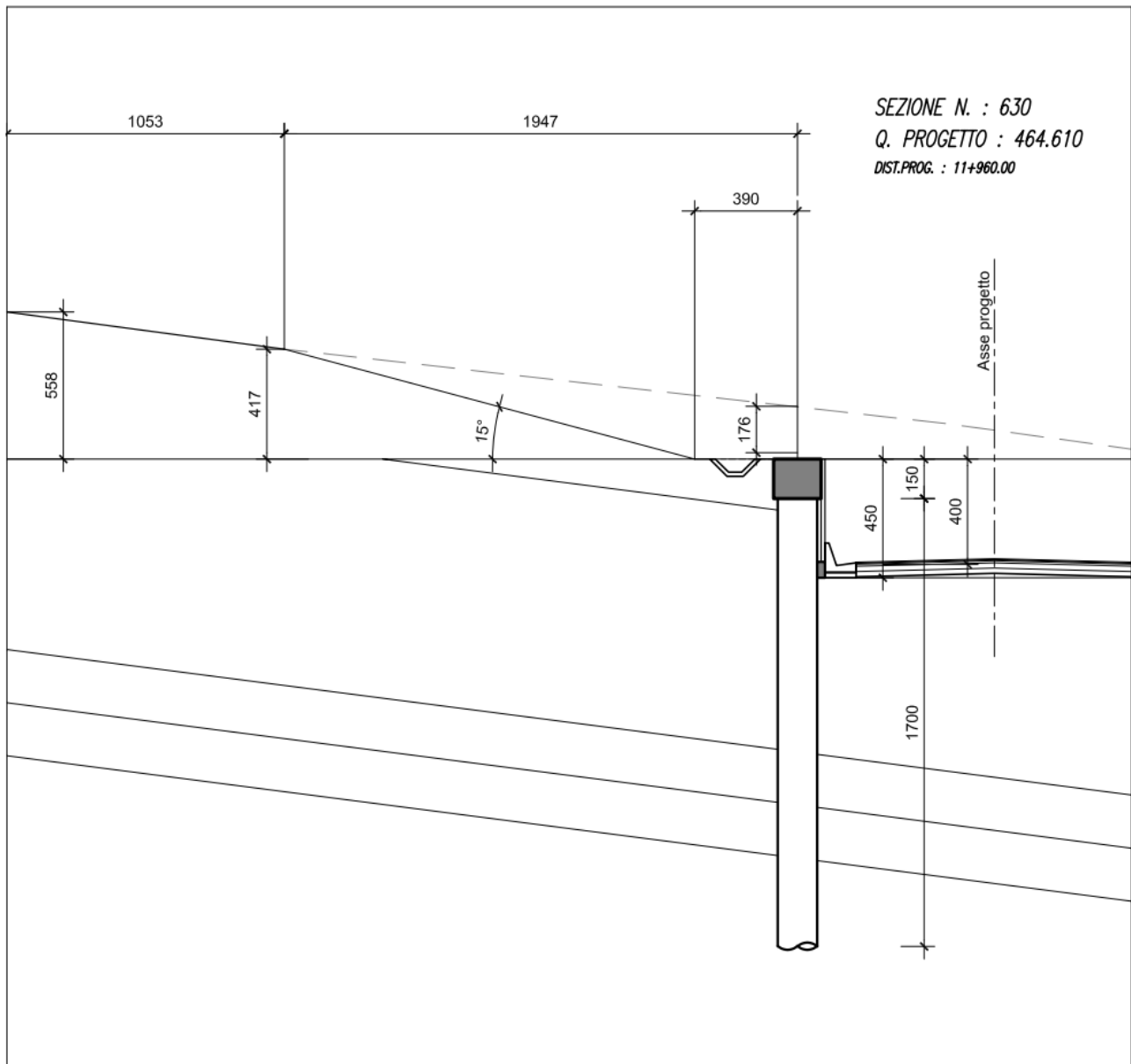
2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.progr.	REV.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	OS0020	REL	01	E	23 di 65



Schema sezione di calcolo pk.11+960.00

6.2 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

L'azione sismica di progetto è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base del sito su cui l'opera insiste, descritta in termini geografici e temporali:

- attraverso i valori di accelerazione orizzontale di picco a_g (attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale) e le espressioni che definiscono le ordinate del relativo spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$;
- in corrispondenza del punto del reticolo che individua la posizione geografica dell'opera;
- con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR.

In particolare, la forma spettrale prevista dalla normativa è definita, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- a_g , accelerazione orizzontale massima del terreno
- F_0 , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_C^* , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.progr.	REV.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	OS0020	REL	01	E	24 di 65

I suddetti parametri sono calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il punto caratterizzante la posizione dell'opera, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

In particolare, si può notare come F_0 descriva la pericolosità sismica locale del sito su cui l'opera insiste. Infatti, da quest'ultimo, attraverso le espressioni fornite dalla normativa, sono valutati i valori d'amplificazione stratigrafica e topografica.

Di seguito sono riassunti i valori dei parametri assunti per l'opera in oggetto.

- Vita nominale V_N = 50 anni;
- Classe d'uso = III;
- Coefficiente d'uso C_u = 1.5;
- Periodo di riferimento V_R = 75 anni;
- $T_{R,SLV}$ = 712 anni;
- $a_{g,SLV}$ = 0.232 g;
- $F_{0,SLV}$ = 2.489;
- $T_{c,SLV}^*$ = 0.331 sec.

La categoria del suolo di fondazione assunta per il sito in esame è la C, cui corrisponde un fattore S pari a 1.36.

In definitiva, l'accelerazione orizzontale massima convenzionale: $a_{max,SLV} = 0.232 \text{ g} \times 1.36 = 0.3155 \text{ g}$.

6.3 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Il terreno di fondazione è costituito superficialmente da terreni di coltre (Unità a) di 13m con movimento gravitativo quiescente di spessore 4 m circa (vedi relazione geologica elab. L0703213E02GE000REL01 - §7.7).

esaminando la suddetta relazione al par. 7.7 si evince che i sondaggi eseguiti nella campagna 2007 (SN2238- SN2238bis) hanno evidenziato uno spessore delle coltri di copertura di almeno 13 m, mentre le relative misure inclinometriche realizzate (SN2242) tra il 2007 ed il 2009 rilevavano soltanto movimenti significativi fino 4m di profondità (spostamento cumulativo fino a 20mm).

Pertanto, per una profondità di 4 m si assume l'angolo di attrito residuo pari a 18° mentre per la restante parte si assume il valore medio dell'angolo di attrito.

Al di sotto di questa coltre di copertura si riscontra uno strato di depositi eluvio colluviali limoso argillosi (Unità Ecla) di spessore 2 m. Al di sotto vi è un substrato alterato argilloso limoso (Unità Salt) di spessore 3 m. Più in profondità, si riscontra la presenza di substrato (Unità Sch).

Per maggiori dettagli ed approfondimenti a quanto riportato in merito nella Relazione Geotecnica Generale.

Quindi, analizzando il profilo geologico geotecnico, e considerando i tratti di ubicazione dell'opera di sostegno oggetto di dimensionamento, è possibile assumere cautelativamente, la seguente configurazione stratigrafica:

Si riportano le caratteristiche fisico-meccaniche di tali terreni:

Unità a – Coltre in frana quiescente

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$	peso dell'unità di volume
$\phi' = 18^\circ$	angolo di resistenza al taglio residuo
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$E_{op}' = 36 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico operativo ($E_{0,medio}/5$)

Unità a – Coltre

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$	peso dell'unità di volume
$\phi' = 25^\circ$	angolo di resistenza al taglio residuo

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 25 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

$c' = 0$ kPa
 $E_{op}' = 36$ MPa

coesione drenata
 modulo di deformazione elastico operativo ($E_{0,medio}/5$)

Unità Ecla - Depositi eluvio colluviali limoso argillosi

$\gamma = 19$ kN/m³
 $\phi' = 25^\circ$
 $c' = 10$ kPa
 $E_{op}' = 46$ MPa

peso di volume naturale
 angolo di resistenza al taglio
 coesione drenata
 modulo di deformazione elastico operativo ($E_{0,medio}/5$)

Unità Salt – Substrato alterato argilloso limoso

$\gamma = 19$ kN/m³
 $\phi' = 26^\circ$
 $c' = 10$ kPa
 $E_{op}' = 130$ MPa

peso dell'unità di volume
 angolo di resistenza al taglio
 coesione drenata
 modulo di deformazione elastico operativo ($E_{0,medio}/5$)

Unità Sch – Formazione dello Schlier

$\gamma = 23$ kN/m³
 $\phi' = 29^\circ$
 $c' = 55$ kPa
 $E_{op}' = 130$ MPa

peso dell'unità di volume
 angolo di resistenza al taglio
 coesione drenata
 modulo di deformazione elastico operativo (per $z=20$ m)

6.4 MODELLO GEOTECNICO

La quota del piano campagna è di 470.39 m s.l.m.m.

Nei dimensionamenti delle opere si è considerata dunque la seguente stratigrafia:

Litotipo	POTENZA	γ	c'	ϕ'	E_{vc}	E_{ur}
	m	kN/m ³	kPa	°	MPa	MPa
Unità a – Coltre in frana quiescente a frana	4	19	0	18	36	54
Unità a – Coltre a	9	19	0	25	36	54
Unità Ecla - Depositi eluvio colluviali limoso argillosi Ecla	2	19	10	25	46	69
Unità Salt – Substrato alterato argilloso limoso Salt	3	19	10	26	130	195
Unità Sch – Formazione Schlier Sch		23	55	29	130	195

La falda è posta a circa 4.5 m dalla testa della paratia.

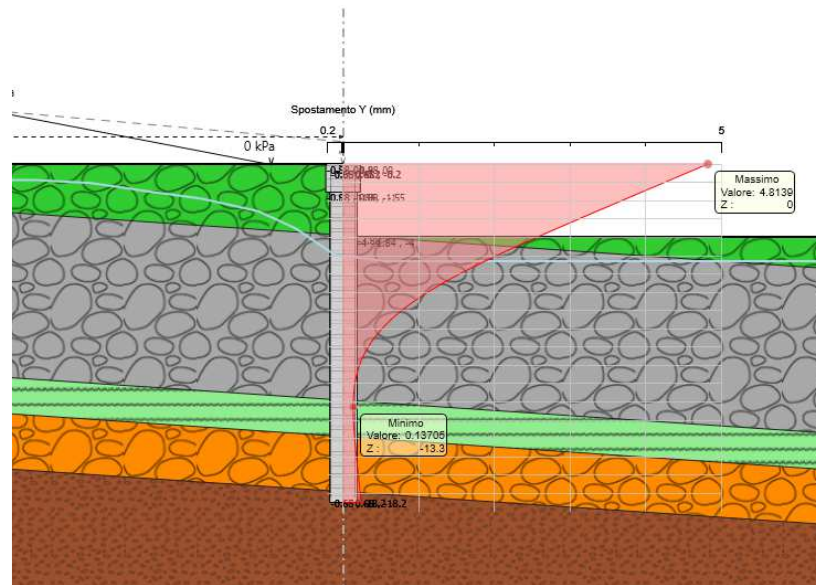
Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.progr.	REV.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	OS0020	REL	01	E	28 di 65

6.1 RISULTATI E VERIFICHE: FASE STATICA

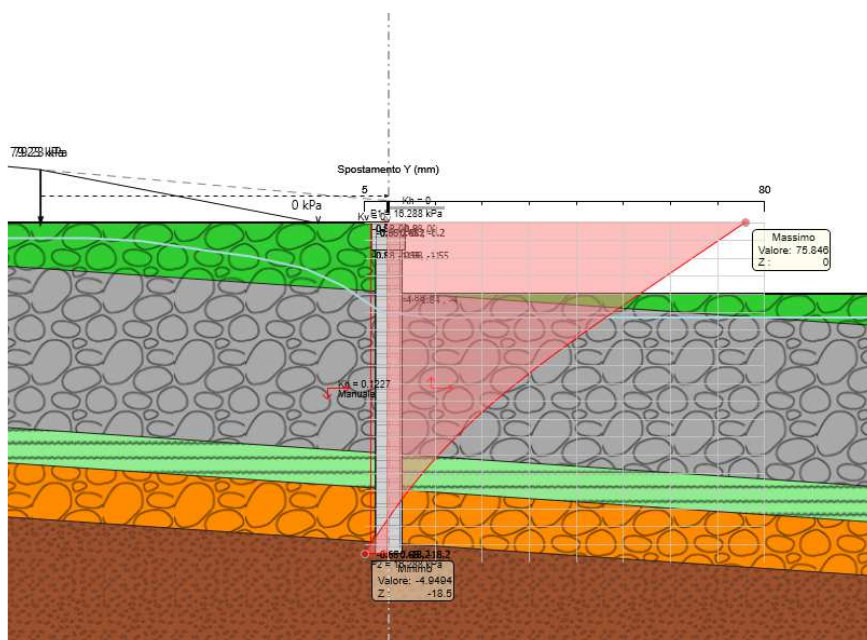
Nel seguito si espongono, in sintesi, i principali risultati di interesse progettuale.

6.1.1 RISULTATI (COMBINAZIONE SLE)

Dall'involuppo degli spostamenti in combinazione SLE si osserva che lo spostamento massimo orizzontale della paratia vale 0.48 cm:



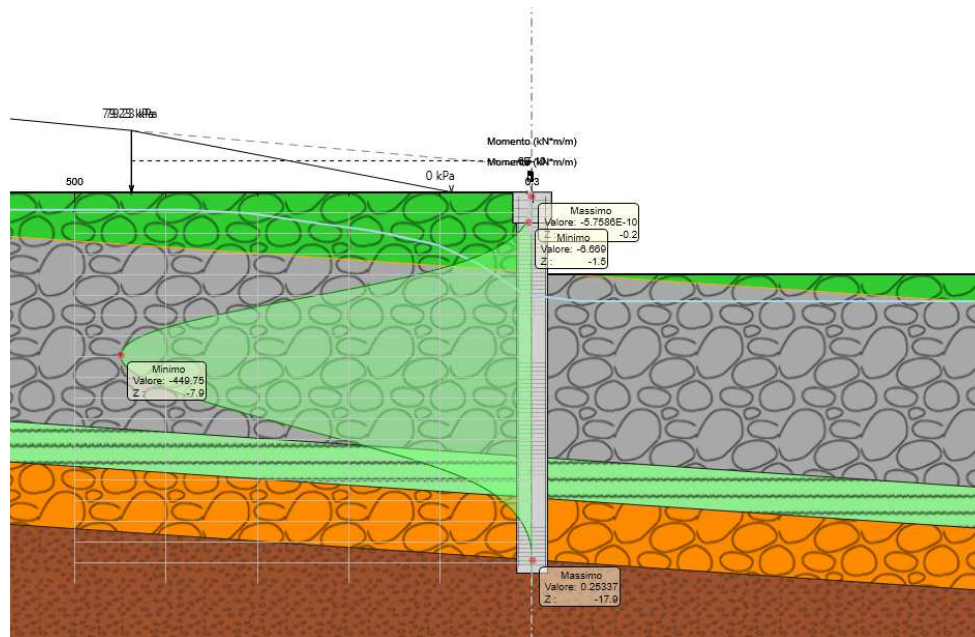
Dall'involuppo degli spostamenti in combinazione SISMA-GEO si osserva che lo spostamento massimo orizzontale della paratia vale 7.6 cm $< 0.005 \cdot H_{paratia} = 0.005 \cdot 18.5 = 9.25$ cm (NTC08 - §7.11.6.3)



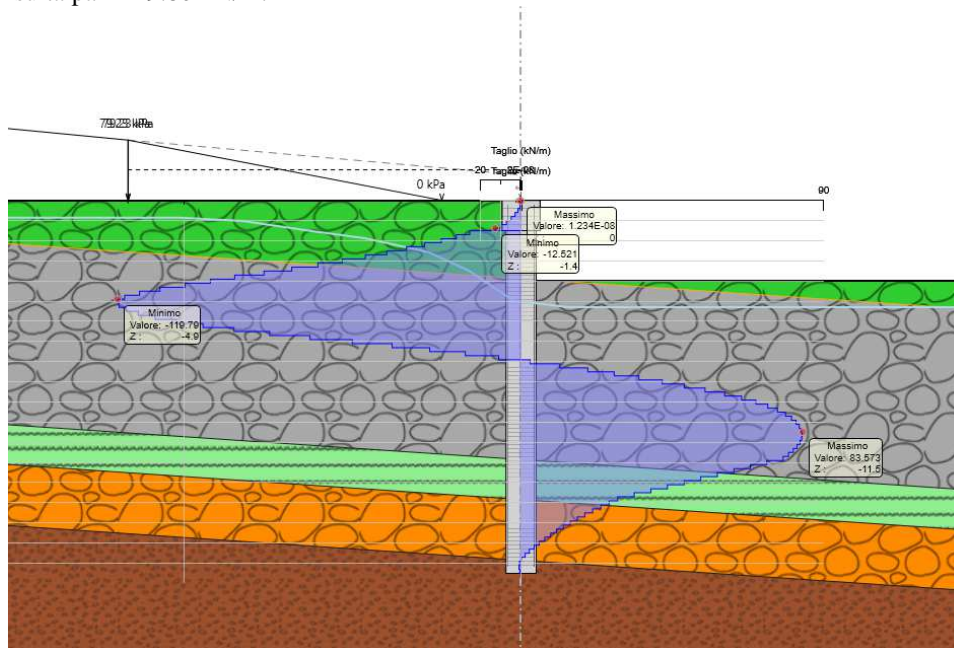
6.1.2 RISULTATI E VERIFICHE SLU STR (COMBINAZIONE A1+M1+R1)

Nel seguito vengono riportati i risultati delle analisi per 1 metro di sviluppo longitudinale dell'opera.

Dall'involuppo del momento flettente in combinazione A1+M1+R1 si osserva che il massimo valore si ha ad una quota di 7.9 m da testa paratia e risulta pari a 449.75 kNm/m.



Dall'involuppo del taglio in combinazione A1+M1+R1 si osserva che il massimo valore si ha ad una quota di 4.9m da testa paratia e risulta pari 119.80 kN/m:



Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali della paratia di pali a flessione condotte mediante l'ausilio di Paratie plus e a taglio, condotta seguendo quanto riportato nel paragrafo 5.2.2. In Particolare, si riportano i diagrammi dei tassi di sfruttamento nei pali e nel cordolo, ottenuti come rapporto tra sollecitazione presente e resistenza disponibile in ogni sezione.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

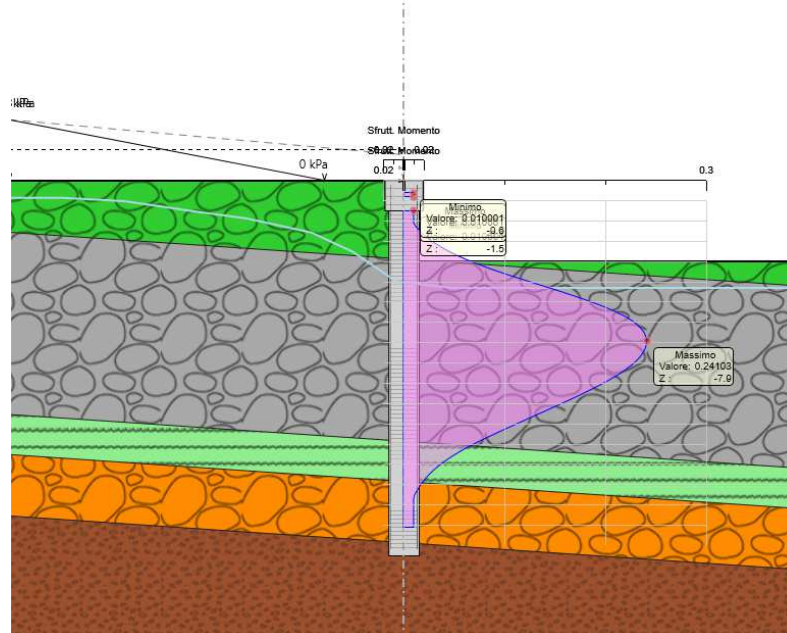
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

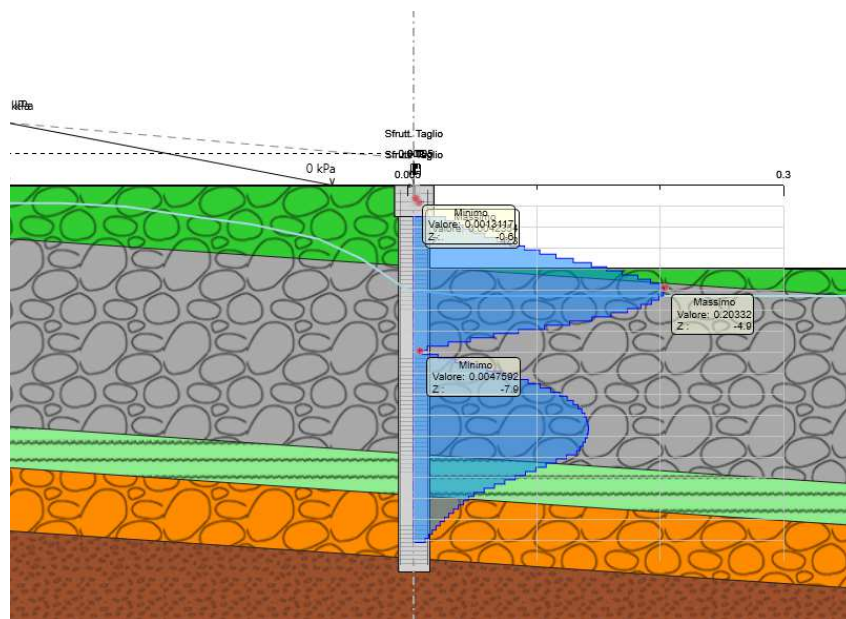
Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag.di Pag. 30 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------

Tasso di sfruttamento a momento nei pali in comb. A1-M1-R1 ($T.S.F._{max} = 0.24 < 1$ – VERIFICA SODDISFATTA)



Tasso di sfruttamento a taglio in comb. A1-M1-R1 ($T.S.F._{max} = 0.20 < 1$ – VERIFICA SODDISFATTA)

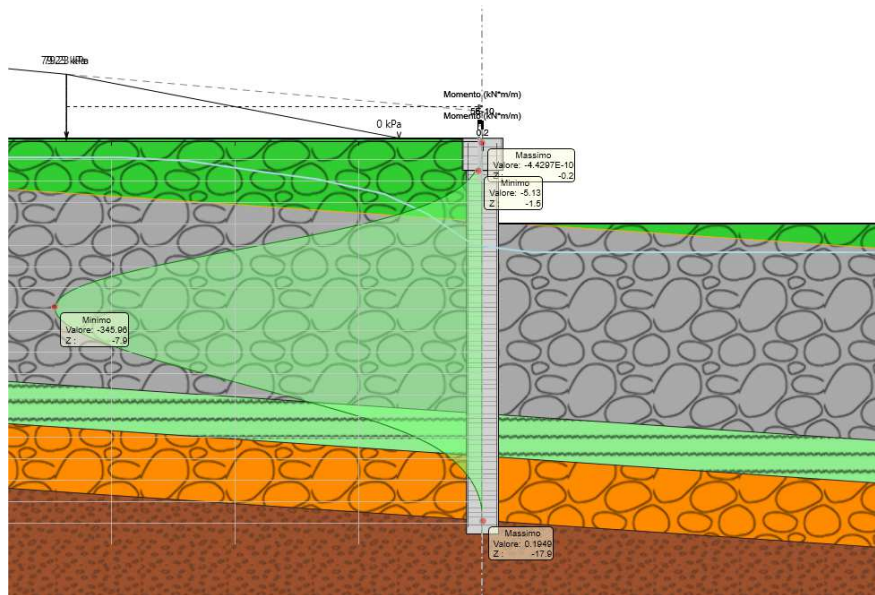


Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag.di Pag. 31 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------

6.1.3 RISULTATI E VERIFICHE SLE (COMBINAZIONE SLE)

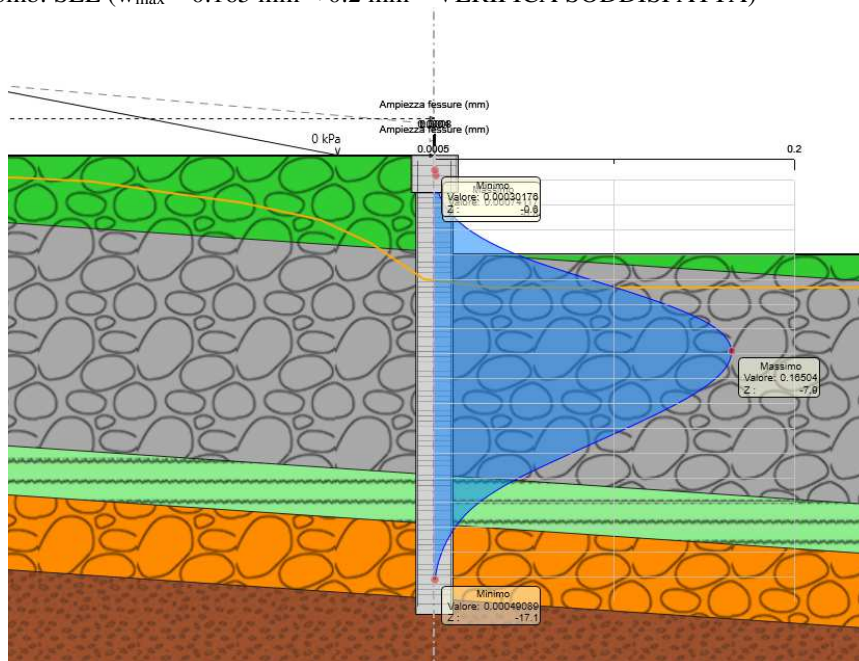
Nel seguito vengono riportati i risultati delle analisi per 1 metro di sviluppo longitudinale dell'opera.

Dall'involuppo del momento flettente in combinazione SLE si osserva che il massimo valore si ha ad una quota di 7.9 m da testa paratia e risulta pari a 345.96 kNm/m.



Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali della paratia di pali a flessione condotte mediante l'ausilio di Paratie plus e a taglio, condotta seguendo quanto riportato nel paragrafo 5.2.2. In Particolare, si riportano i diagrammi di apertura delle fessure nei pali e nel cordolo in ogni sezione.

Apertura fessure comb. SLE ($w_{max} = 0.165 \text{ mm} < 0.2 \text{ mm}$ – VERIFICA SODDISFATTA)



2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

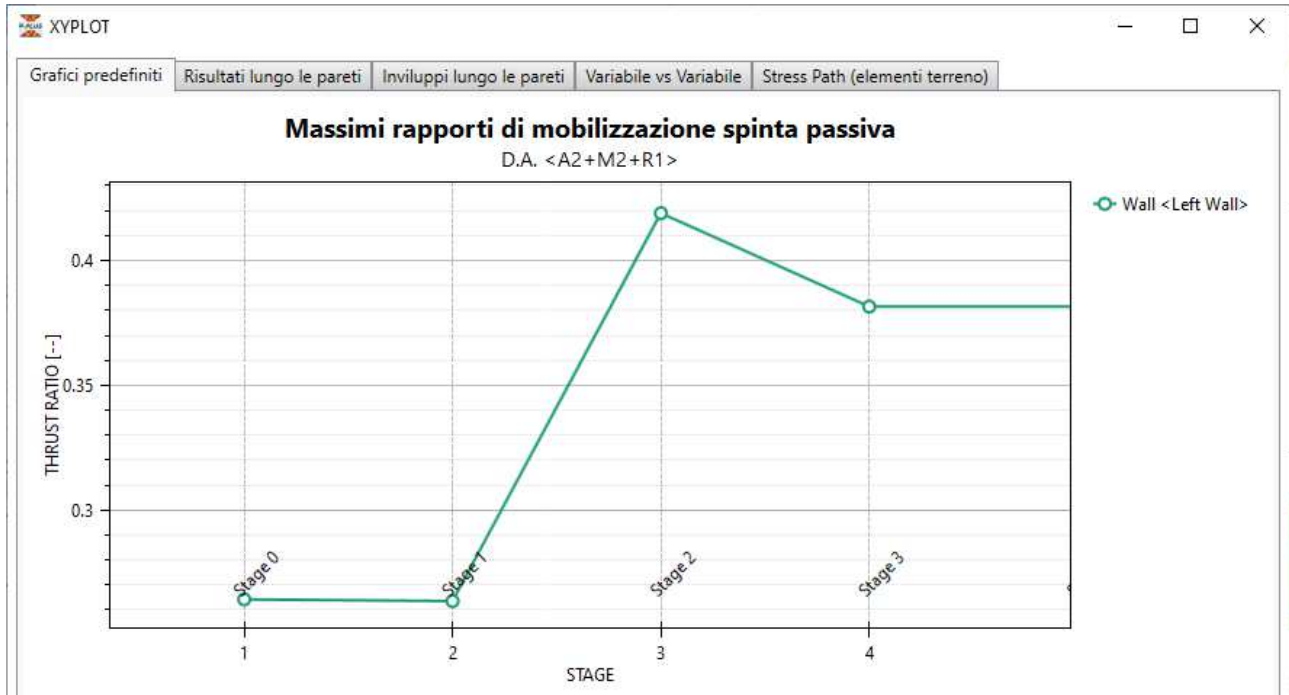
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.prog. 01	REV. E	Pag.di Pag. 32 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------

6.1.4 RISULTATI E VERIFICHE SLU GEO (COMBINAZIONE A2+M2+R1)

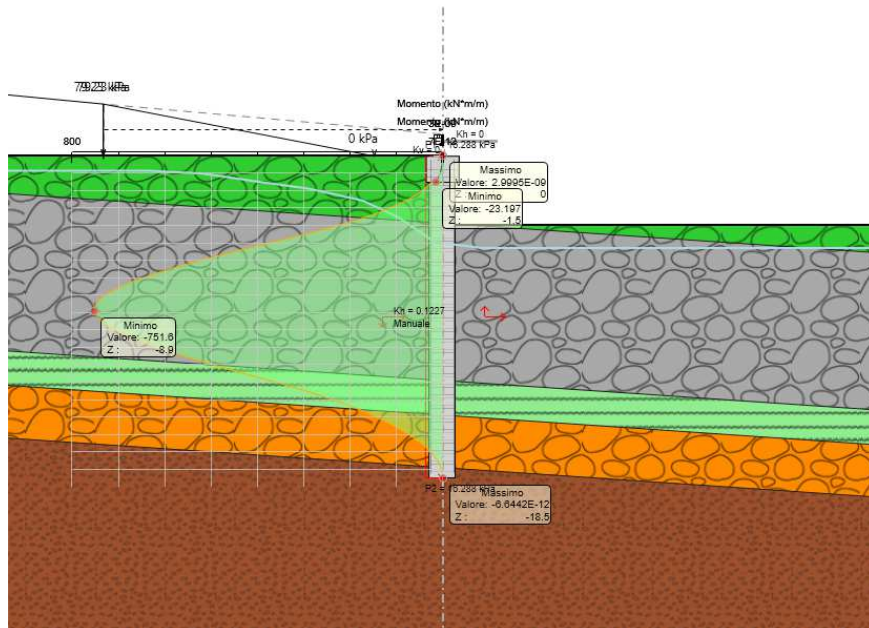
Il massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva è circa il 42 % sulla paratia



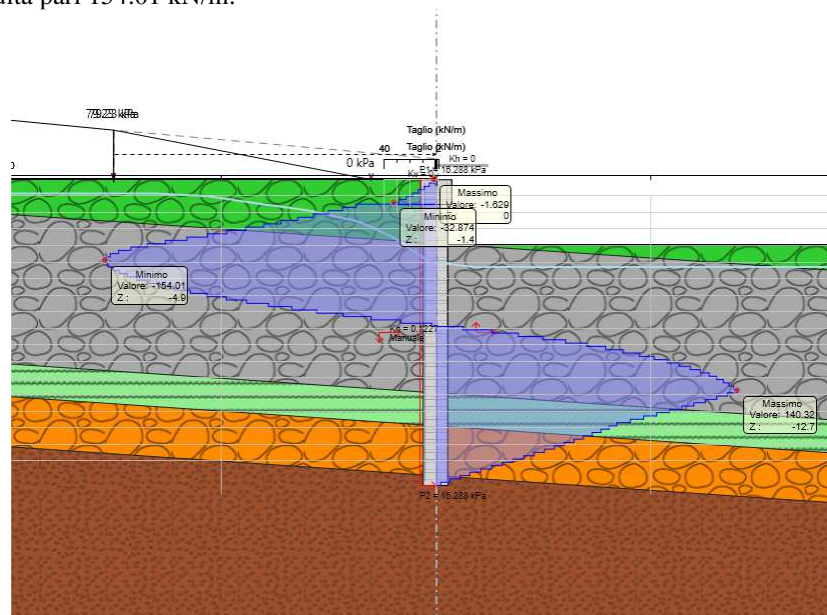
6.2 RISULTATI E VERIFICHE: FASE SISMICA

6.2.1 RISULTATI E VERIFICHE SISMA STR (COMBINAZIONE A1+M1+R1)

Dall'involuppo del momento flettente in combinazione SISMA+M1+R1 si osserva che il massimo valore si ha ad una quota di 8.9 m da testa paratia e risulta pari a 751.6 kNm/m.



Dall'involuppo del taglio in combinazione SISMA+M1+R1 si osserva che il massimo valore si ha ad una quota di 4.9 m da testa paratia e risulta pari a 154.01 kN/m:



Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali della paratia di pali a flessione condotte mediante l'ausilio di Paratie plus e a taglio, condotta seguendo quanto riportato nel paragrafo 5.2.2.

In particolare, si riportano i diagrammi dei tassi di sfruttamento nei pali e nel cordolo ottenuti come rapporto tra sollecitazione presente e resistenza disponibile in ogni sezione.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

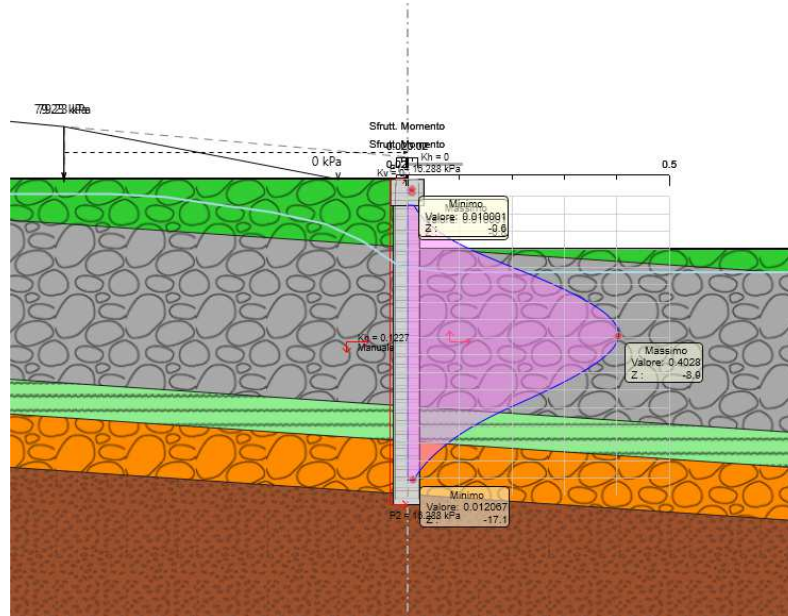
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

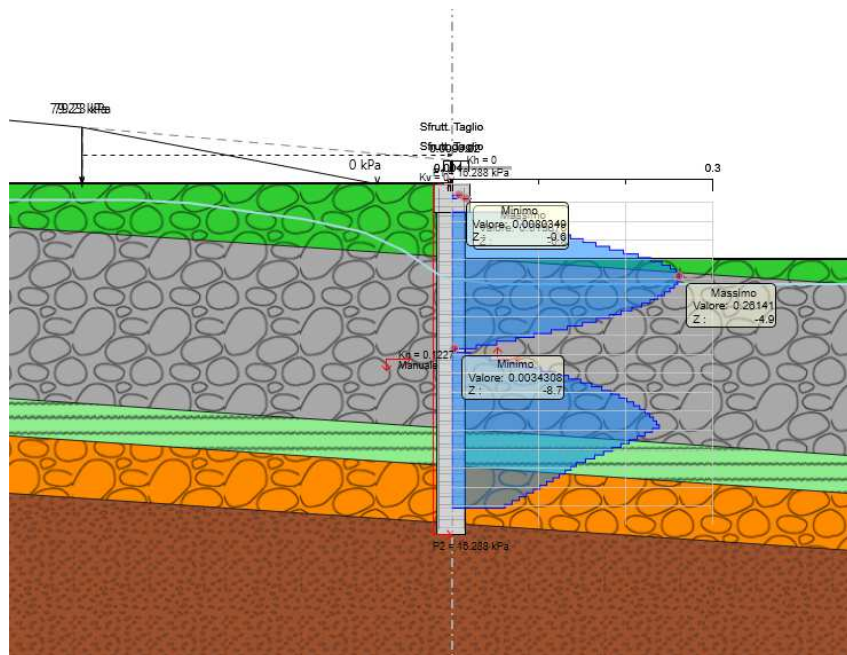
Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag.di Pag. 34 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------

Tasso di sfruttamento a momento nei pali in comb. SISMA-M1-R1 ($T.S.F._{max} = 0.40 < 1$ – VERIFICA SODDISFATTA)



Tasso di sfruttamento a taglio in comb. SISMA-M1-R1 ($T.S.F._{max} = 0.26 < 1$ – VERIFICA SODDISFATTA)



2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

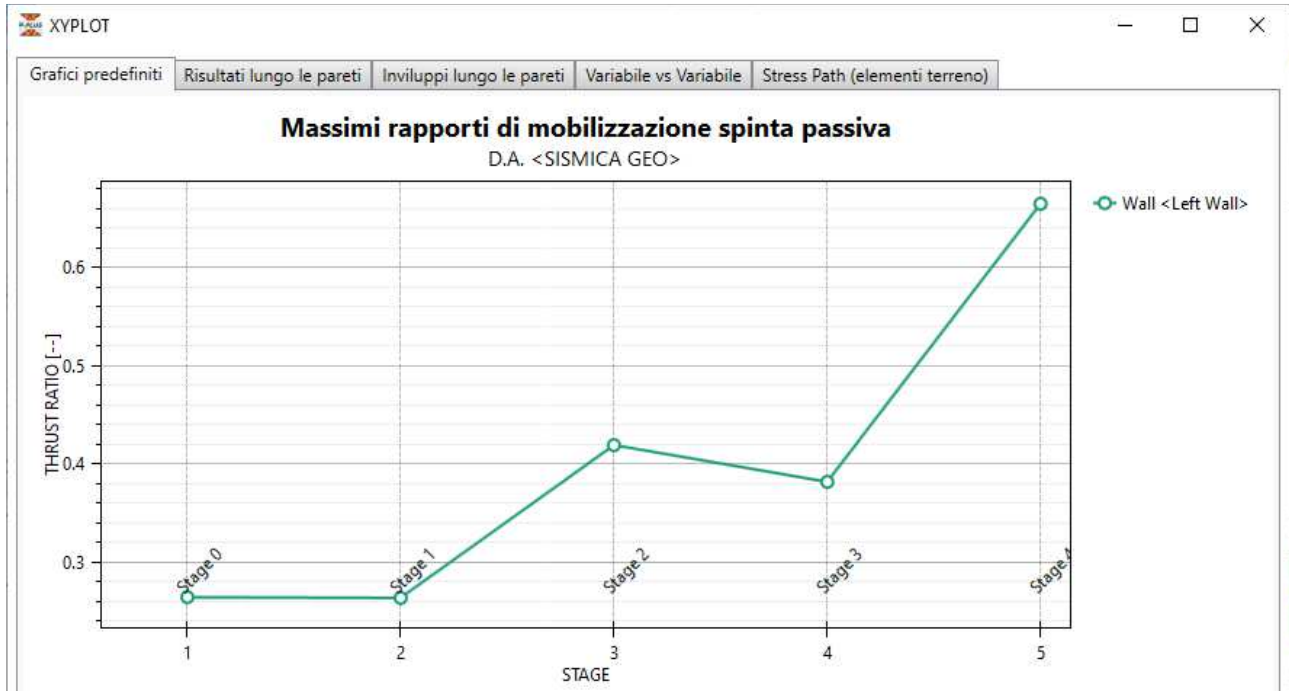
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 35 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	--------------------------

6.2.2 RISULTATI E VERIFICHE SISMA GEO (COMBINAZIONE A2+M2+R1)

Il massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva è circa il 67% sulla paratia



7. VERIFICA CORDOLO DI CORONAMENTO

Per la valutazione delle sollecitazioni di verifica del cordolo di coronamento in c.a. in direzione longitudinale si ipotizza uno schema di calcolo secondo il quale il taglio massimo agente sui pali (SLU: V= 155 kN/m – SLE: V=93 kN/m) venga assorbito interamente dal cordolo che funziona come trave continua con una luce pari all'interasse dei pali (L=2.0 m).

In questa ipotesi risulta:

$$q = V_{\text{palo}} / \text{interasse pali}$$

$$M = ql^2/12 \quad (\text{massimo momento flettente di verifica})$$

$$V = 0.5 \cdot q \cdot l \quad (\text{massimo taglio di verifica})$$

$$B = 150 \text{ cm}$$

$$H = 180 \text{ cm}$$

Il quantitativo di armatura longitudinale è stato verificato nei rispetti dei requisiti minimi e massimi da normativa UNI EN 1536:2003 e NTC08.

In particolare:

$$A_{s, \text{tesa}} = 16\phi 20 = 0.005024 \text{ m}^2$$

$$A_{s, \text{min}} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d = 0.00465 \text{ m}^2 \quad [4.1.6.1.1 \text{ NTC2008}]$$

$$A_{s, \text{min}} = 0.0013 \cdot b_t \cdot d = 0.00338 \text{ m}^2 \quad [4.1.6.1.1 \text{ NTC2008}]$$

Con

$$b = 1.5 \text{ m}; d = 1.734 \text{ m}$$

Il quantitativo di armatura trasversale è stato verificato nei rispetti dei requisiti minimi da normativa NTC08.

$$A_{sw} = 4 \text{ bracci} \frac{\phi 16}{20} + 2.5 \text{ spille} \frac{\phi 12}{40} = (4020 + 706) = 4726 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$A_{sw, \text{min}} = 1.5 b = 2250 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche eseguite:

COMBINAZIONE	ARMATURA DI CALCOLO		Sollecitazioni di calcolo e fattori di sicurezza				
	Af long	Af tras	q (kN/m)	M (kNm)	V (kN/m)	C.F. Flessione	C.S. Taglio
SLU	(6+6) ϕ 20	St. ϕ 12/40	155	62	155	28.7	15.83
	Af long	Af tras	q (kN/m)	M (kNm)	σ_c (MPa)	σ_f (MPa)	w (mm)
SLE	(6+6) ϕ 20	St. ϕ 12/40	93	38	0.11	8.45	0.00

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 37 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

8. STABILITÀ GLOBALE DELLA SCARPATA IN CORRISPONDENZA DELLA PARATIA

La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità viene condotta mediante il codice di calcolo Paratia Plus 22.0, in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. Il coefficiente di sicurezza a rottura lungo la superficie di scorrimento viene definito come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie:

$$FS = \frac{\int_S \tau_{\text{disp}}}{\int_S \tau_{\text{mob}}} \quad \text{coefficiente di sicurezza}$$

La verifica è condotta fornendo parzialmente la superficie di rottura tramite l'imposizione di alcuni vincoli e lasciando al programma la ricerca della superficie più critica nel rispetto dei vincoli forniti: si considerano inclusi, all'interno delle possibili superfici di scorrimento, i 2/3 della lunghezza attiva L_a dei tiranti ed i 2/3 della lunghezza di infissione L_i della paratia. Le possibili superfici di scorrimento vengono ricercate per generazione casuale di superfici con inclinazione inclusa fra 0° e 45° dalla verticale all'interno del volume a tergo della paratia, e con inclinazione fra 0° e 45° dall'orizzontale per il volume di terreno a valle della paratia (cfr. figura seguente). Stanti queste ipotesi, il contributo stabilizzante dato dai tiranti è cautelativamente trascurato inoltre, si trascura a favore di sicurezza la resistenza al taglio della paratia e dei tiranti. Pertanto, gli elementi strutturali non sono modellati nelle analisi a stabilità globale.

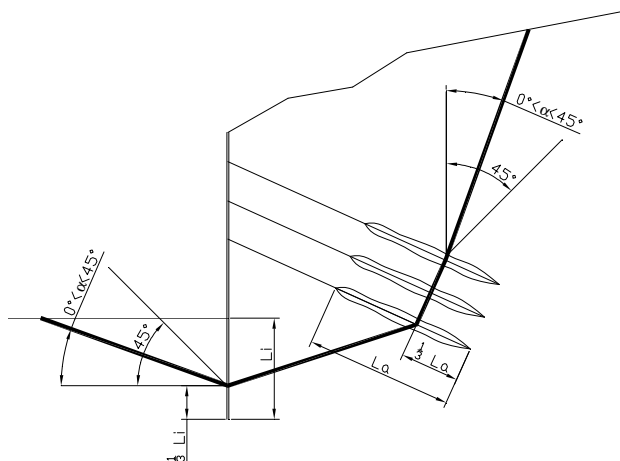


Figura 2– Schema di analisi per le verifiche a stabilità globale delle paratie

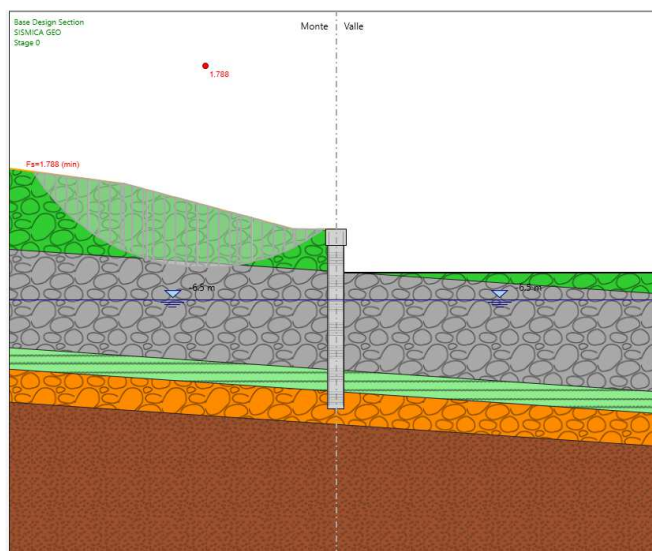
Le verifiche a stabilità globale sono condotte considerando, per ciascuna sezione di calcolo, la fase finale ovvero il raggiungimento della massima profondità di scavo. Le analisi considerate sono:

- agli stati limite ultimi (STATICA:A2+M2+R2, SISMICA:SISMA+M2+R2), condotte applicando ai valori caratteristici delle azioni A_k ed ai valori caratteristici dei parametri geotecnici M_k i coefficienti parziali riportati nel Tab. 6.2.I, 6.2.II del NTC08 e verificando che risulti un fattore di sicurezza minimo a stabilità globale $FS = 1.1$ (NTC08 - §6.8.2) Cautelativamente, nella verifica a stato limite ultimo sismico sono utilizzati i parametri di resistenza efficaci anche per i terreni coesivi.

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 38 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

8.1 VERIFICHE IN FASE STATICA

Si riportano i risultati in fase statica. Essendo $FS=1.788$ la verifica è soddisfatta.



8.2 VERIFICHE IN FASE SISMICA

Per ciò che concerne le verifiche in condizioni sismiche, la normativa fornisce al punto 7.11.3.5 indicazioni circa le azioni aggiuntive da considerare nell'ambito delle verifiche di Stabilità di Pendii in occasione di eventi sismici; nella fattispecie, si specifica che l'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici, di riferimento per le analisi esposte nel seguito del documento, l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tali forze possono esprimersi come:

$F_h = k_h \times W$ (azione sismica orizzontale)

$F_v = k_v \times W$ (azione sismica verticale)

risultando:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad (7.11.3)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad (7.11.4)$$

con:

$\beta_s = 0.28$ coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, come da indicazioni Tab 7.11.1

Tabella 7.11.1 – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0,30	0,28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0.1$	0,20	0,20

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.progr.	REV.	Pag.di Pag.
L0703	213	E	16	OS0020	REL	01	E	39 di 65

$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 0.3155g$ (accelerazione massima attesa al sito)

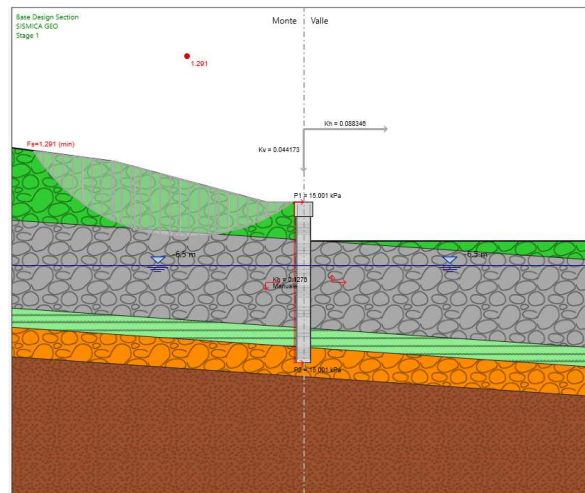
$S_S = 1.36$ coefficiente di amplificazione stratigrafica

$S_T = 1$ coefficiente di amplificazione topografica

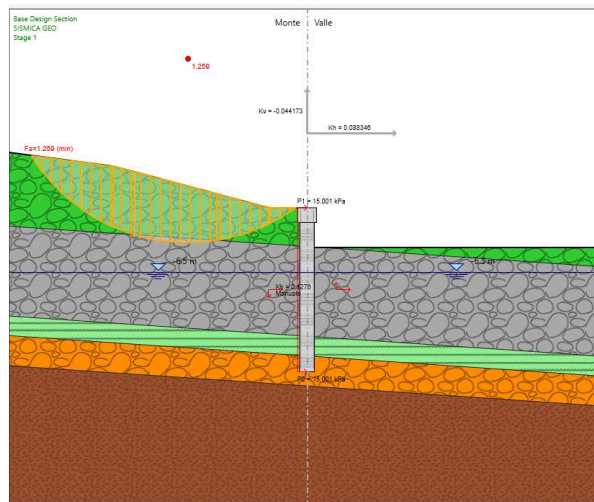
$k_h = 0.088$

$k_v = \pm 0.044$

Di seguito, per la sezione di calcolo analizzata, sono riportati i coefficienti di sicurezza calcolati con le analisi di stabilità nel caso in cui $k_v = + 0.044$. Essendo $FS = 1.291$ la verifica è soddisfatta.



Di seguito, per la sezione di calcolo analizzata, sono riportati i coefficienti di sicurezza calcolati con le analisi di stabilità nel caso in cui $k_v = - 0.044$. Essendo $FS = 1.259$ la verifica è soddisfatta.



2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 40 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	--------------------------

9. ALLEGATO A-TABULATI DI CALCOLO

PARATIE plus™

Report di Calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag.di Pag. 41 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------

9.1 TABULATI DI CALCOLO DELLA PARATIA

Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : POLYLINE

Punti

(-30;0)

(30;0)

(40;-30)

(-40;-30)

OCR : 1

Tipo : POLYLINE

Punti

(-30;-1.84)

(30;-5.91)

(40;-30)

(-40;-30)

OCR : 1

Tipo : POLYLINE

Punti

(-30;-10.84)

(30;-14.91)

(40;-30)

(-40;-30)

OCR : 1

Tipo : POLYLINE

Punti

(-30;-12.81)

(30;-16.91)

(30;-30)

(-30;-30)

OCR : 1

Tipo : POLYLINE

Punti

(-30;-15.84)

(30;-19.91)

(30;-30)

(-30;-30)

OCR : 1

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 43 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	--------------------------

Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : -1.5 m

Quota di fondo : -18.5 m

Muro di sinistra

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 18 m

Materiale : B450C

Quota iniziale : -0.2 m

Barre 1

Numero di barre : 30

Diametro : 0.026 m

Distanza dal bordo : 0.085 m

Staffe 1

Numero di staffe : 2

Copertura : 0.06 m

Diametro : 0.012 m

Lunghezza : 16.7 m

Quota iniziale : -1.5 m

Passo : 0.2 m

Sezione : fi1500/2000

Area equivalente : 0.883572933822129 m

Inerzia equivalente : 0.1243 m⁴/m

Materiale calcestruzzo : C32/40

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 2 m

Diametro : 1.5 m

Efficacia : 1

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -1.5 m

Muro di sinistra

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 1.5 m

Materiale : B450C

Quota iniziale : 0 m

Barre di sinistra 1



QUADRILATERO
Marche Umbria S.p.A.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 44 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

Numero di barre : 5

Diametro : 0.016 m

Distanza dal bordo : 0.06 m

Barre di destra 1

Numero di barre : 5

Diametro : 0.016 m

Distanza dal bordo : 0.06 m

Staffe 1

Numero di staffe : 2.5

Copertura : 0.04 m

Diametro : 0.012 m

Lunghezza : 1.5 m

Quota iniziale : 0 m

Passo : 0.4 m

Sezione : cordolo

Area equivalente : 1.9 m

Inerzia equivalente : 0.5716 m⁴/m

Materiale calcestruzzo : C32/40

Tipo sezione : Solid

Spessore : 1.9 m

Efficacia : 1

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 45 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

Fasi di Calcolo

Stage 0

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 (Irregolare)

(0;0)

(15.46;0)

(30;-1.88)

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -30 m

X finale : -19.47 m

Pressione iniziale : 106.02 kPa

Pressione finale : 79.23 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -19.47 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 79.23 kPa

Pressione finale : 33.44 kPa

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag.di Pag. 46 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------

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 (Irregolare)

(0;0)

(14.56;0)

(30;-1.88)

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -30 m

X finale : -19.47 m

Pressione iniziale : 106.02 kPa

Pressione finale : 79.23 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -19.47 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 79.23 kPa

Pressione finale : 33.44 kPa

Elementi strutturali

Paratia : fi1500/2000

X : 0 m

Quota in alto : -1.5 m

Quota di fondo : -18.5 m

Sezione : fi1500/2000

Paratia : cordolo

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -1.5 m

Sezione : cordolo

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 47 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

Stage 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -4.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-4.5 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -30 m

X finale : -19.47 m

Pressione iniziale : 106.02 kPa

Pressione finale : 79.23 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -19.47 m

X finale : -3.9 m

Pressione iniziale : 79.23 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Elementi strutturali

Paratia : fi1500/2000

X : 0 m

Quota in alto : -1.5 m

Quota di fondo : -18.5 m

Sezione : fi1500/2000

Paratia : cordolo

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -1.5 m

Sezione : cordolo

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 48 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

Stage 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -4 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-4 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -30 m

X finale : -19.47 m

Pressione iniziale : 106.02 kPa

Pressione finale : 79.23 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -19.47 m

X finale : -3.9 m

Pressione iniziale : 79.23 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Elementi strutturali

Paratia : fi1500/2000

X : 0 m

Quota in alto : -1.5 m

Quota di fondo : -18.5 m

Sezione : fi1500/2000

Paratia : cordolo

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -1.5 m

Sezione : cordolo

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 49 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

Stage 4

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -4 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-4 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -30 m

X finale : -19.47 m

Pressione iniziale : 106.02 kPa

Pressione finale : 79.23 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -19.47 m

X finale : -3.9 m

Pressione iniziale : 79.23 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Elementi strutturali

Paratia : fi1500/2000

X : 0 m

Quota in alto : -1.5 m

Quota di fondo : -18.5 m

Sezione : fi1500/2000

Paratia : cordolo

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -1.5 m

Sezione : cordolo

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 50 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

Descrizione Coefficienti Design Assumption

Coefficienti A

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load _unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_loa d_favour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load _unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_loa d_favour)	Carico Sismico (F_seis m_load)	Pressio ni Acqua Lato Monte terDR)	Pressio ni Acqua Lato Valle erRes)	Carichi Permane nti Destabili zzanti (F_UPL_ Gdstab)	Carichi Perman enti Destabilizzanti (F_UPL_ Gdstab)	Carichi Variabili Destabili zzanti (F_UPL_ QDStab)	Carichi Permane nti Destabili zzanti (F_HYD_ Gdstab)	Carichi Perman enti Destabilizzanti (F_HYD_ Gdstab)	Carichi Variabili Destabili zzanti (F_HYD_ QDStab)
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 (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
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
SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

Coefficienti M

Nome	Parziale su $\tan(\phi')$ (F_Fr)	Parziale su c' (F_eff_coh)	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
SISMICA STR	1	1	1	1	1
SISMICA GEO	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
SISMICA STR	1	1.2	1.1	1
SISMICA GEO	1	1.2	1.1	1

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

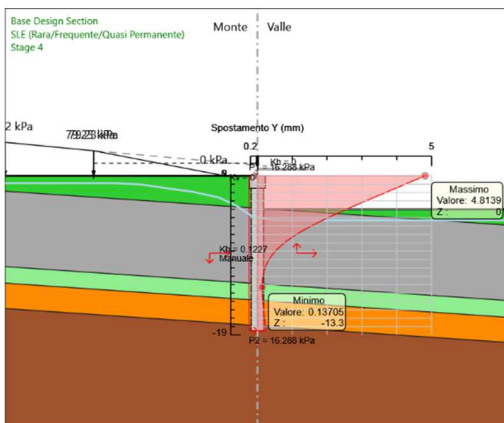
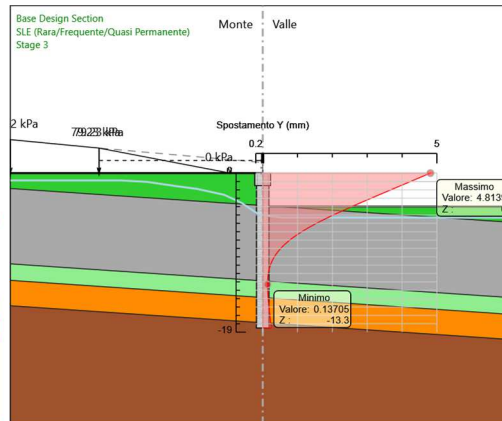
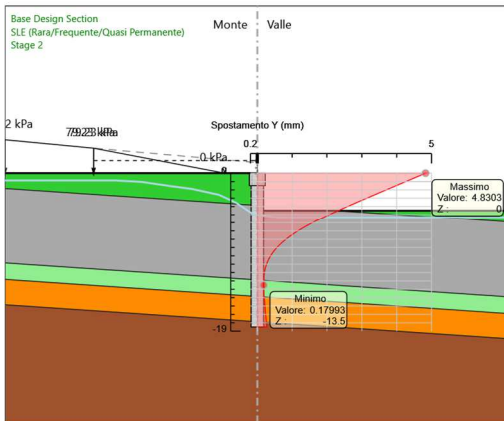
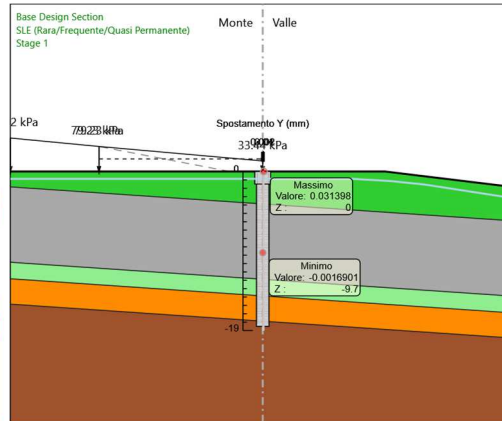
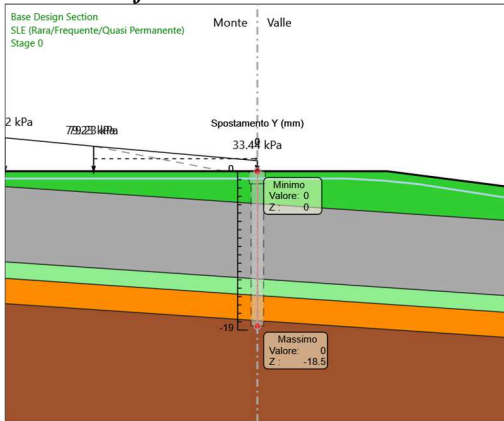
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag.di Pag. 51 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------

Risultati SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

Tabella Grafici dei Risultati



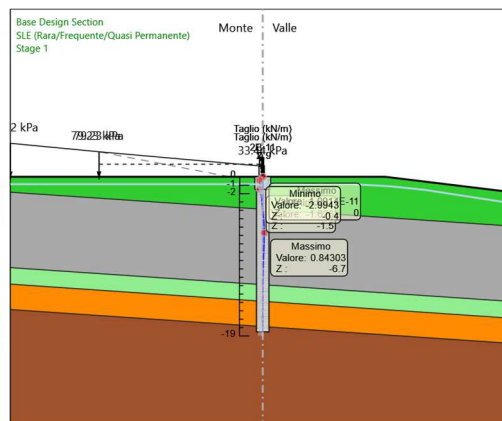
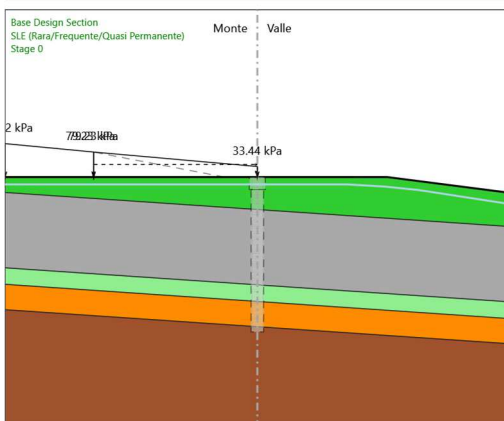
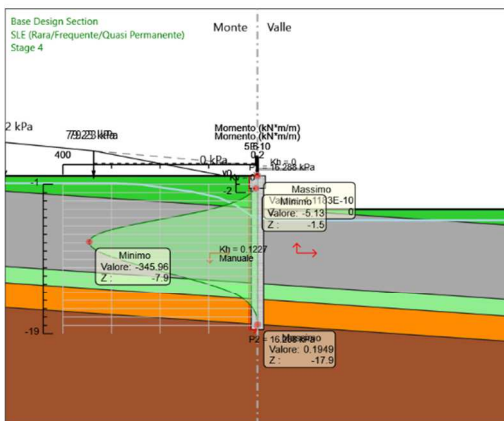
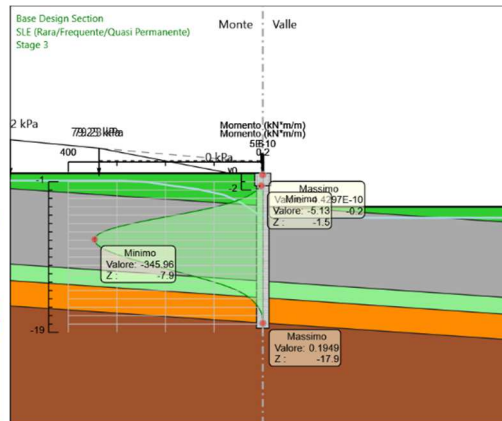
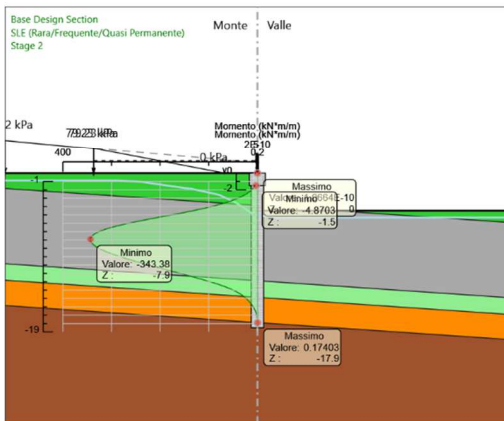
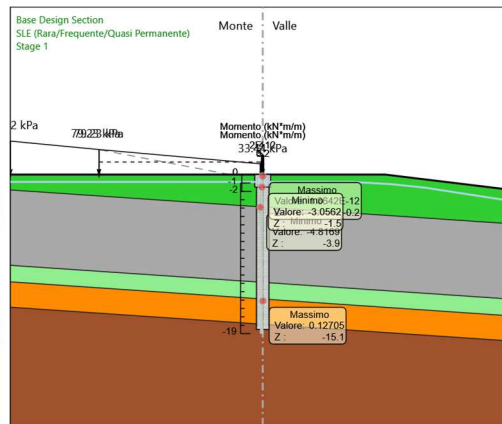
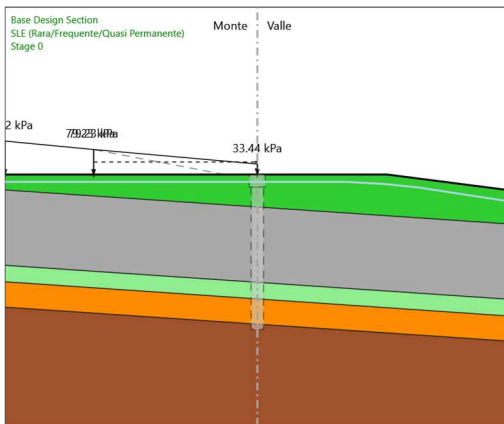
2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.prog. 01	REV. E	Pag.di Pag. 52 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------



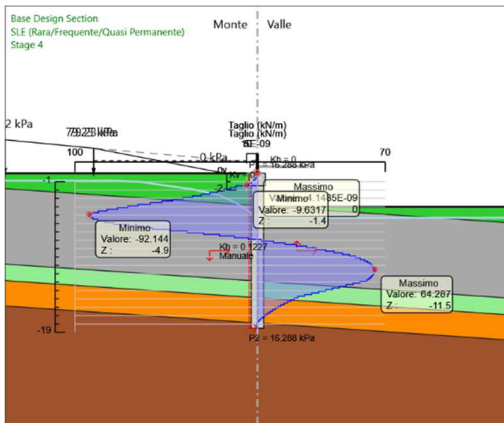
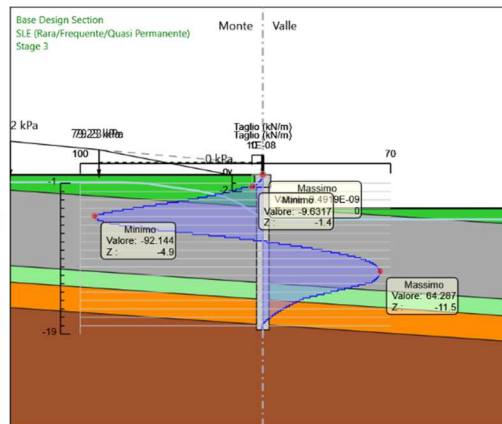
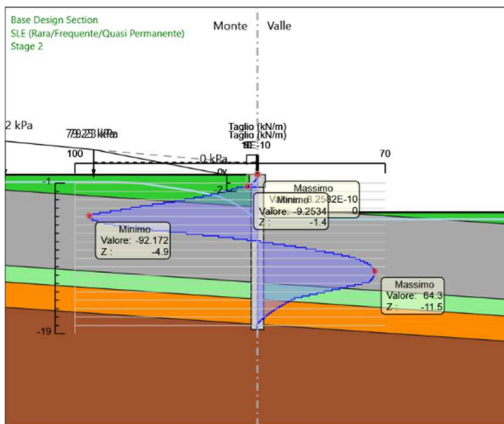
2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 53 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	--------------------------



2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

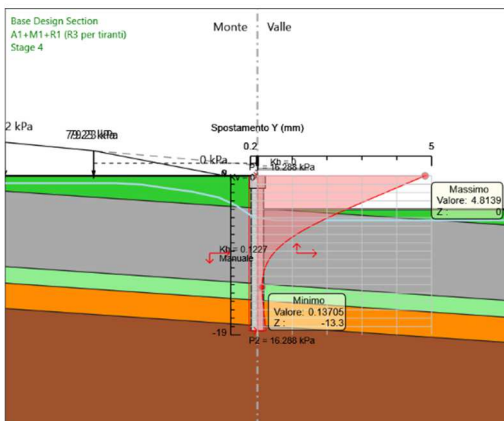
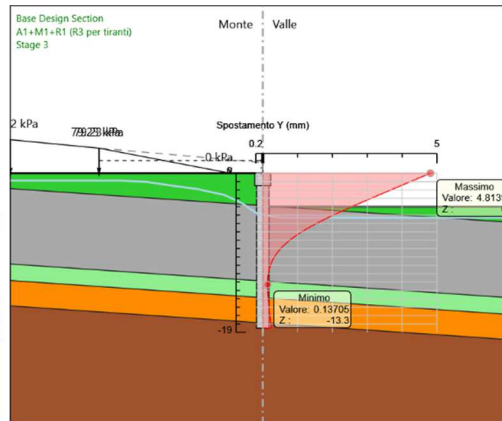
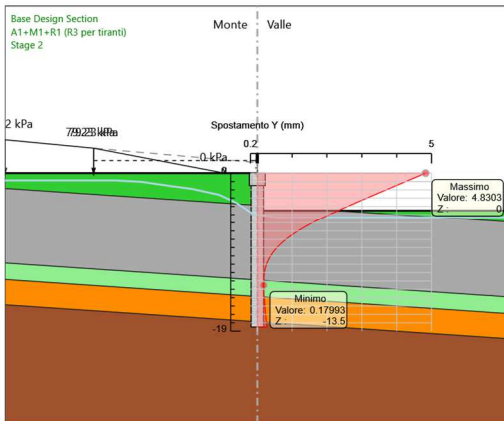
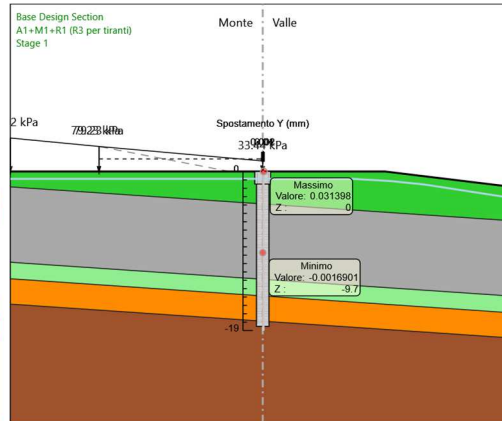
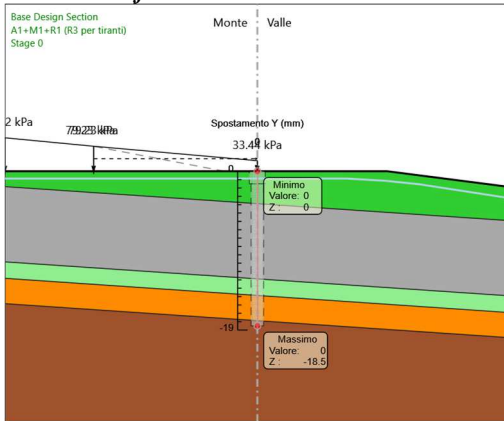
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag.di Pag. 54 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------

Risultati A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Tabella Grafici dei Risultati



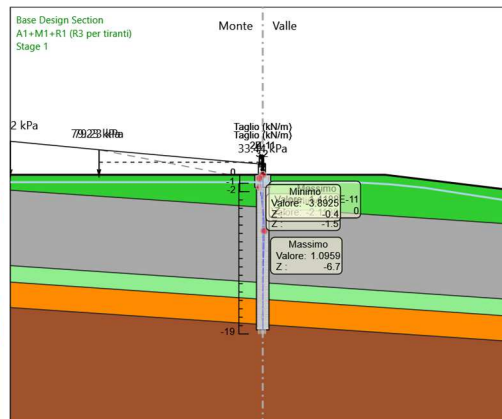
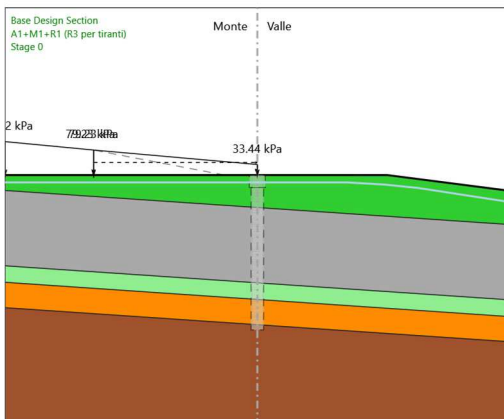
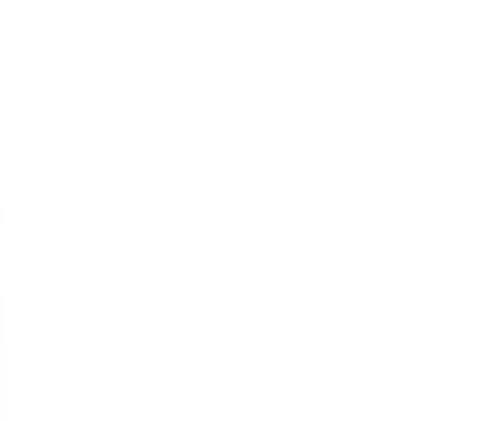
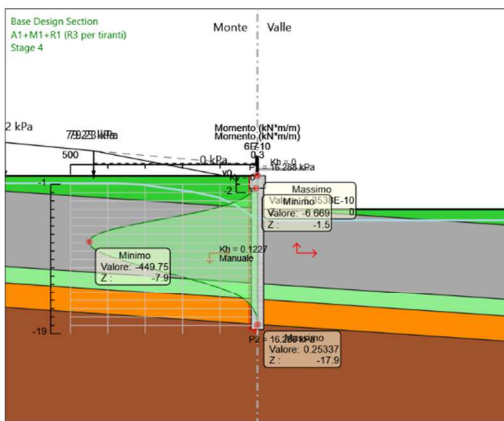
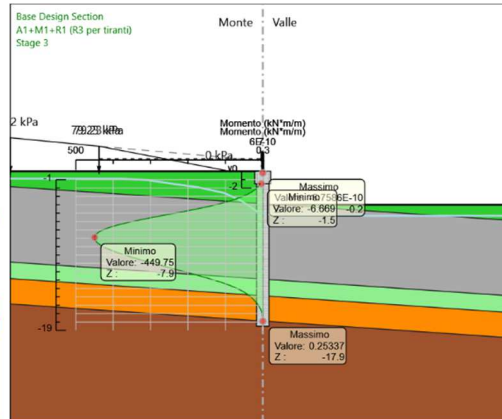
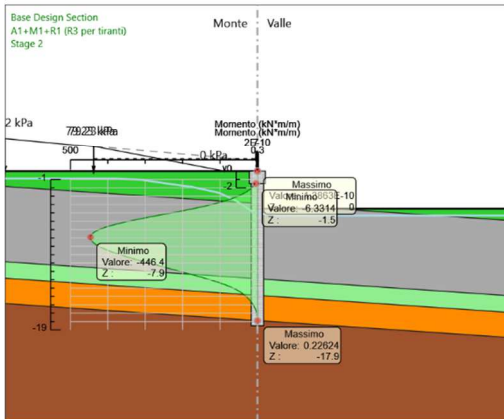
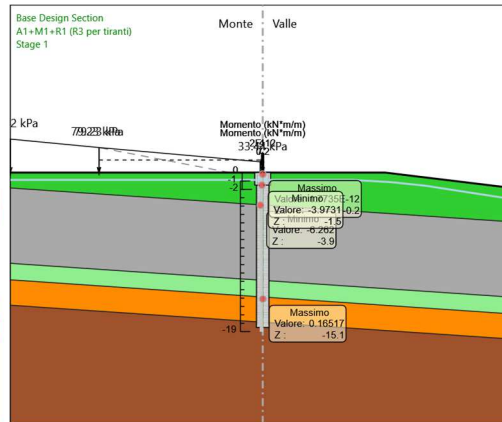
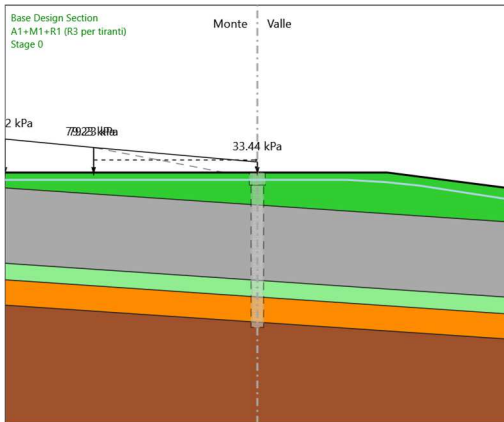
2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag.di Pag. 55 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------



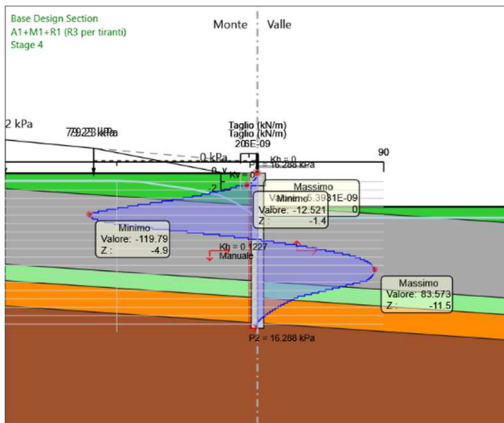
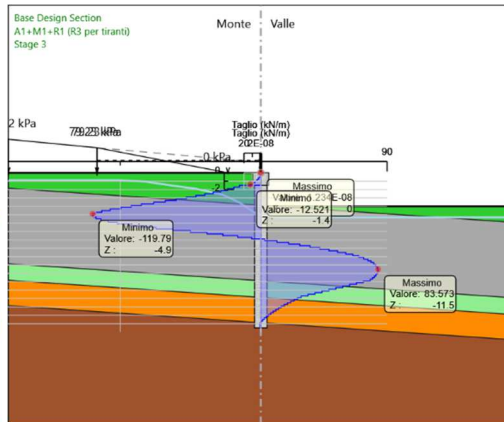
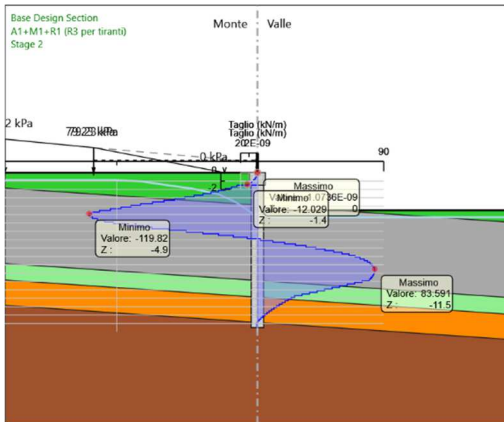
2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 56 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------



2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

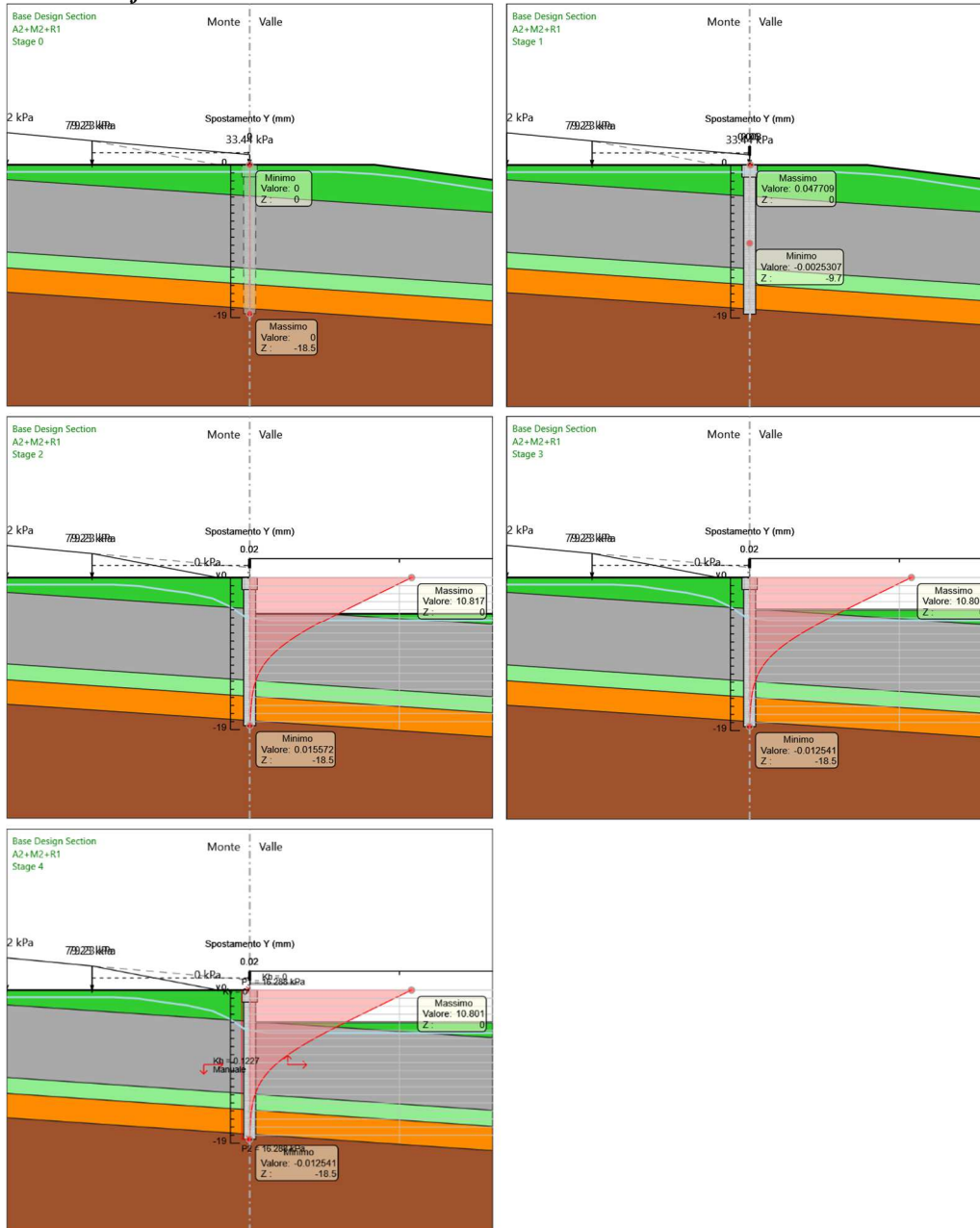
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag.di Pag. 57 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------

Risultati A2+M2+R1

Tabella Grafici dei Risultati



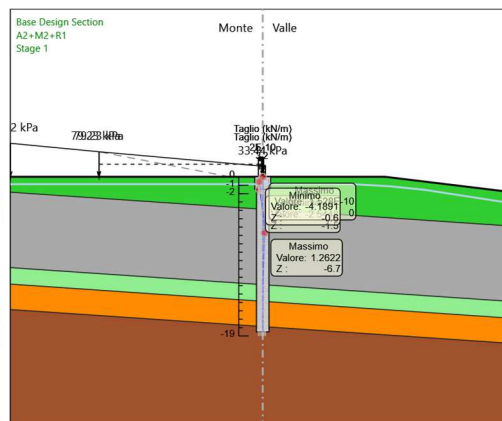
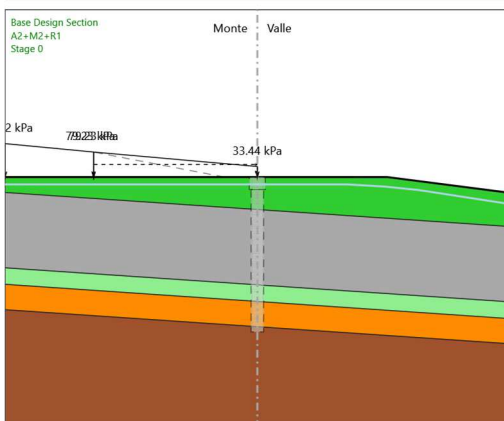
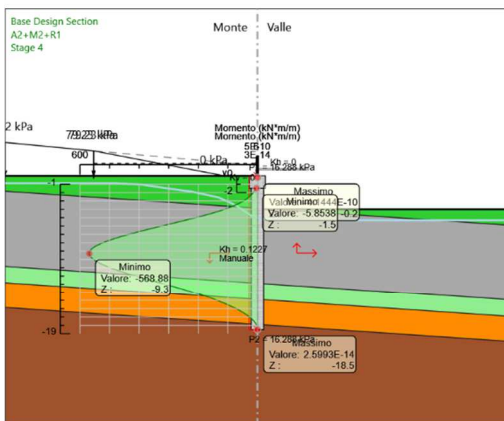
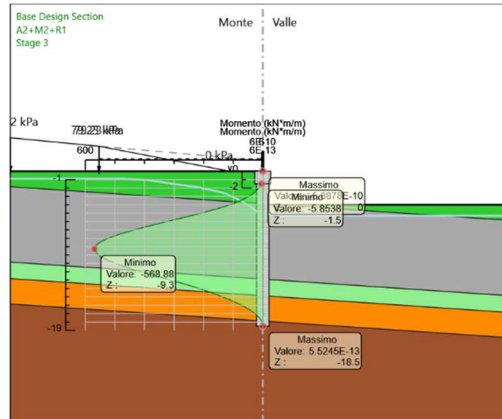
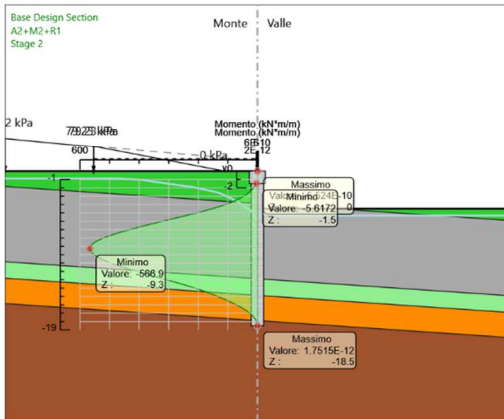
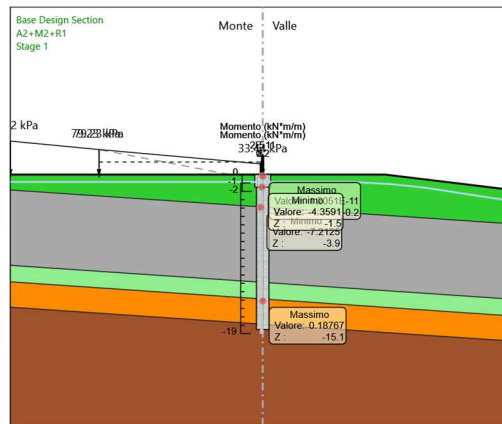
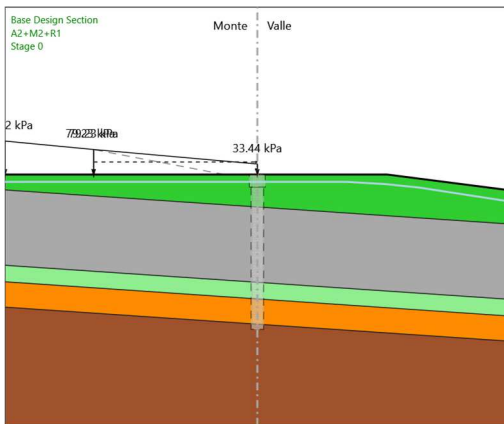
2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 58 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------



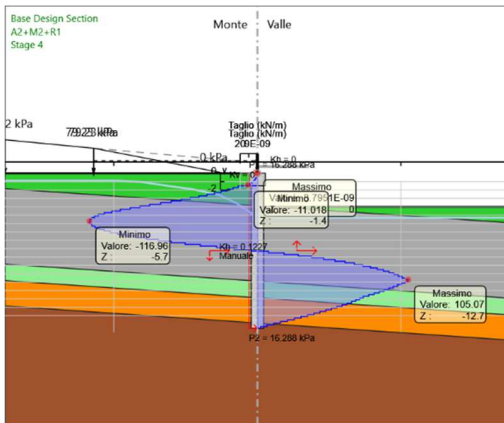
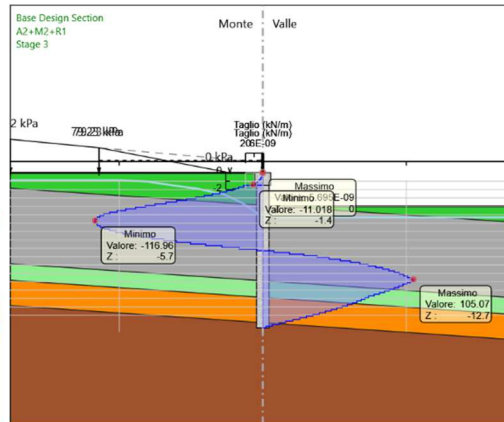
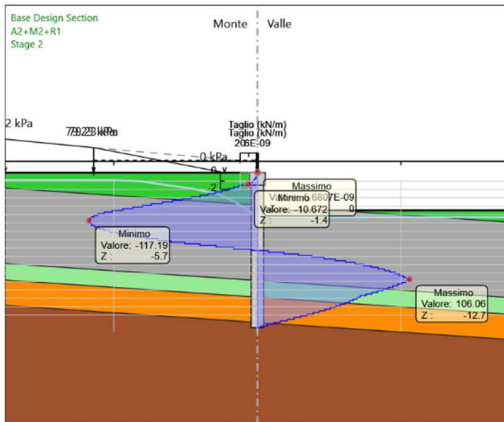
2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.prog. 01	REV. E	Pag. di Pag. 59 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------



2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

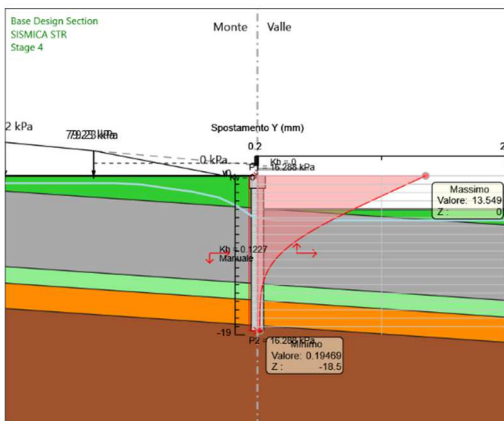
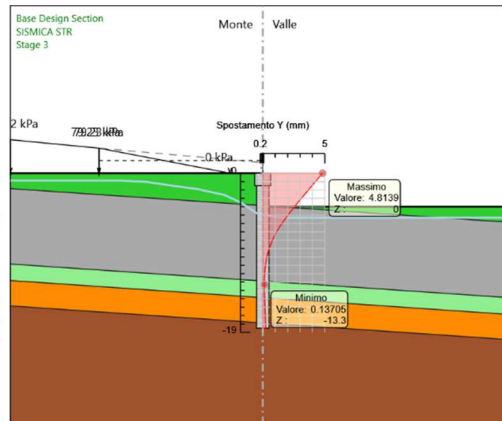
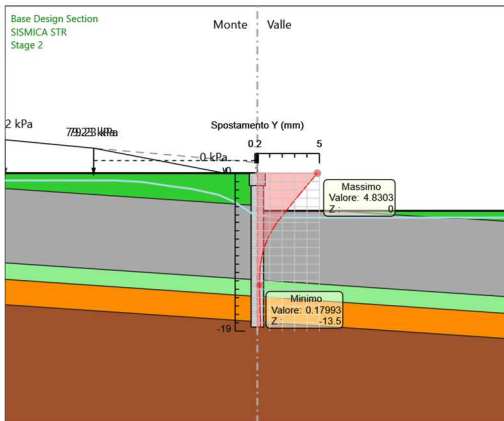
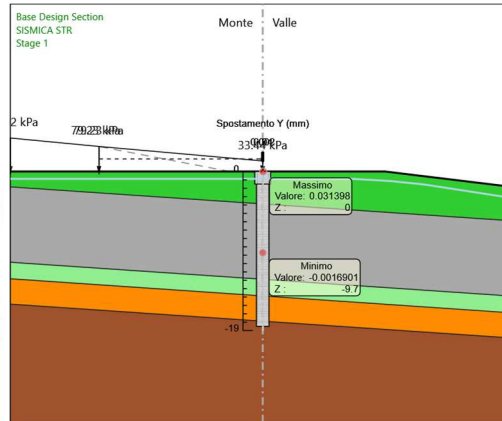
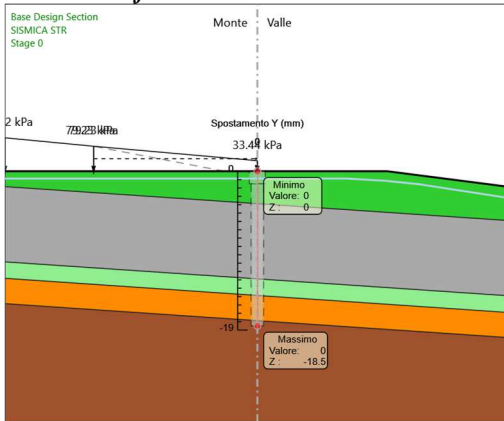
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag.di Pag. 60 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------

Risultati SISMICA STR Tabella Grafici dei Risultati



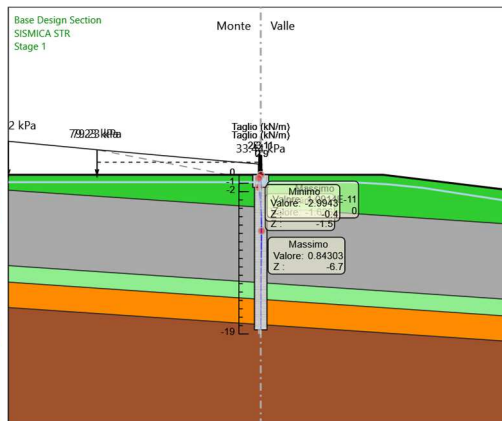
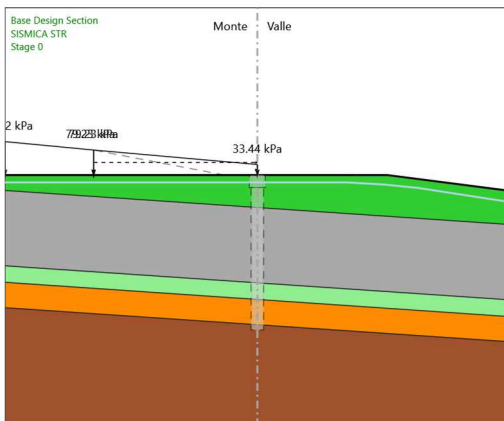
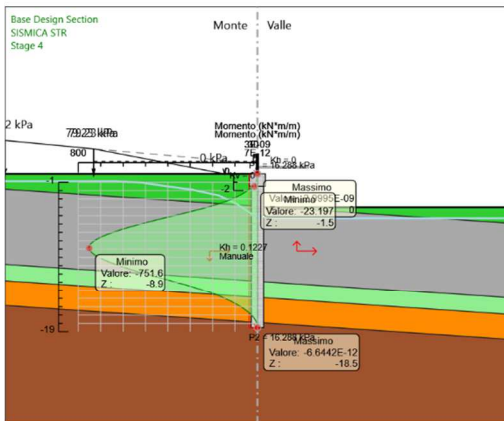
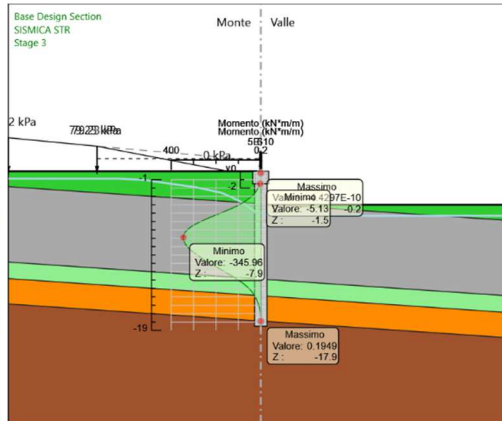
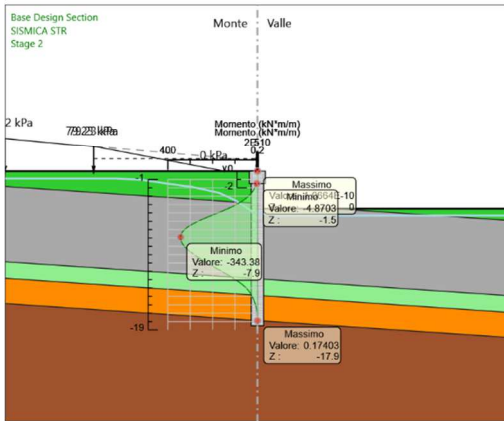
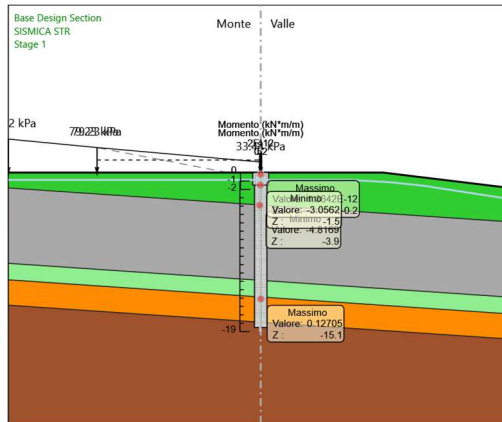
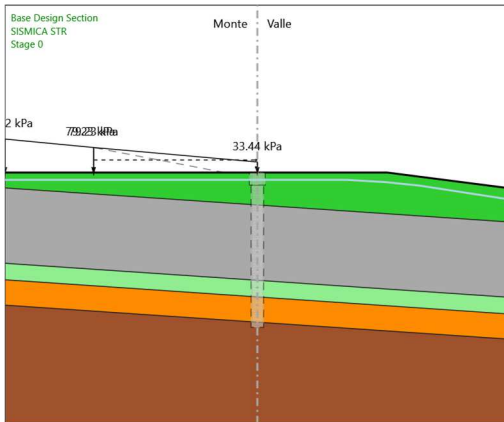
2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag. di Pag. 61 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------



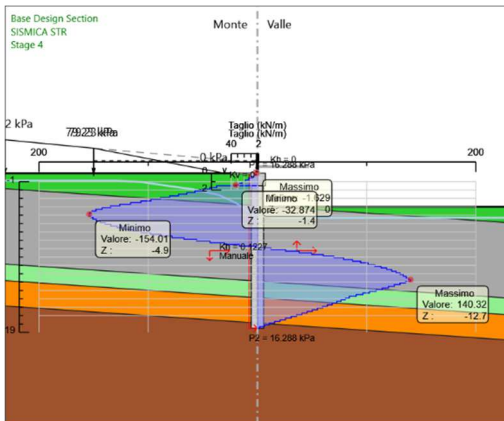
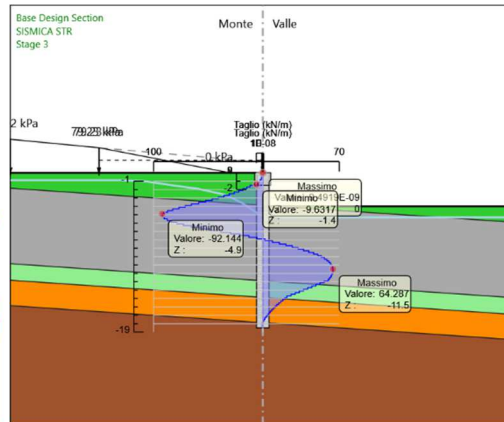
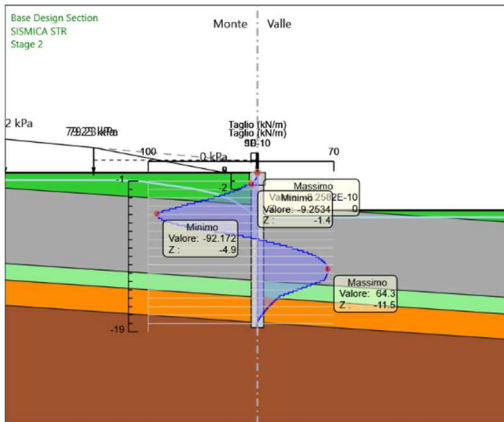
2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.prog. 01	REV. E	Pag. di Pag. 62 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	--------------------------



2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

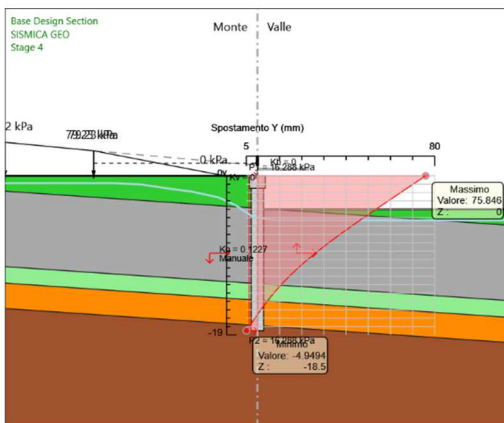
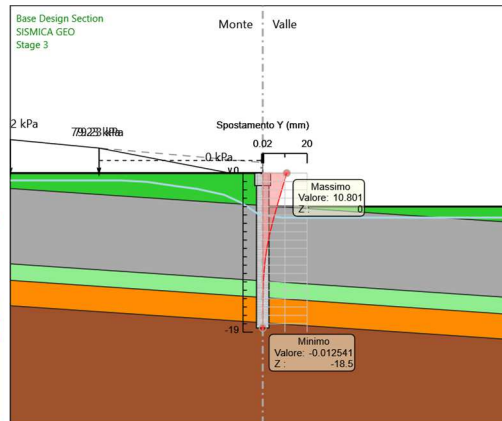
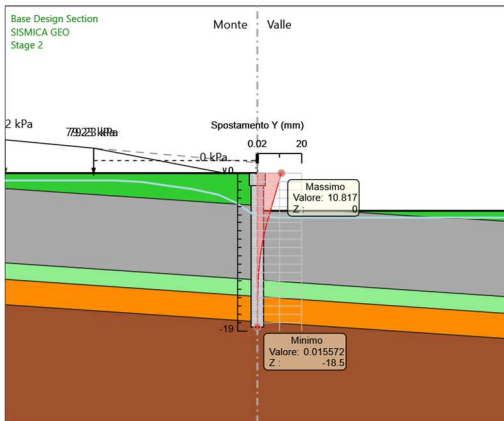
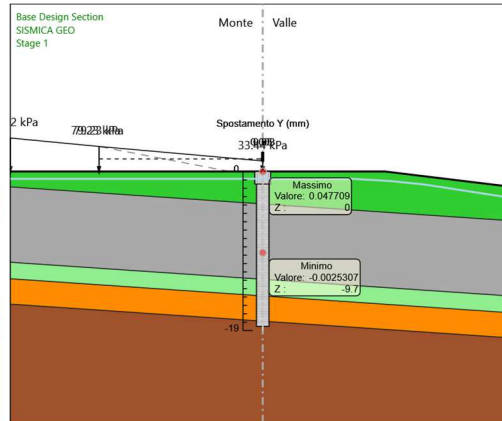
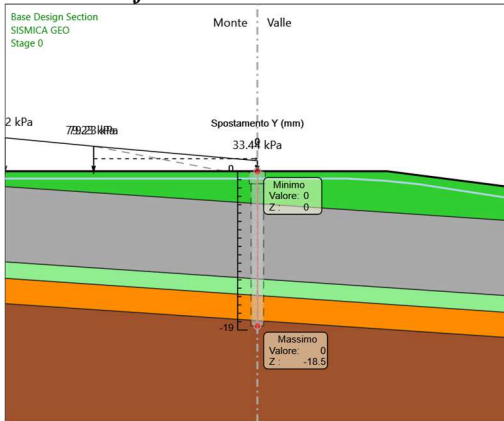
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 16	WBS OS0020	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. E	Pag.di Pag. 63 di 65
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------

Risultati SISMICA GEO Tabella Grafici dei Risultati



2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera
L0703

Tratto
213

Settore
E

CEE
16

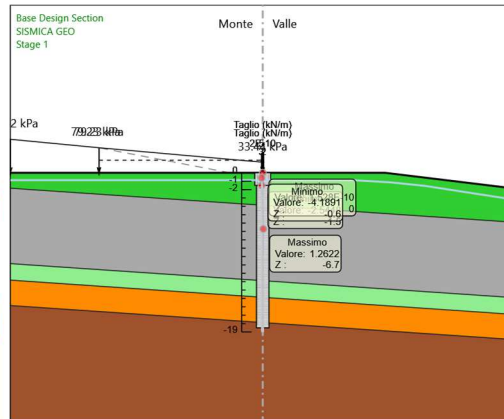
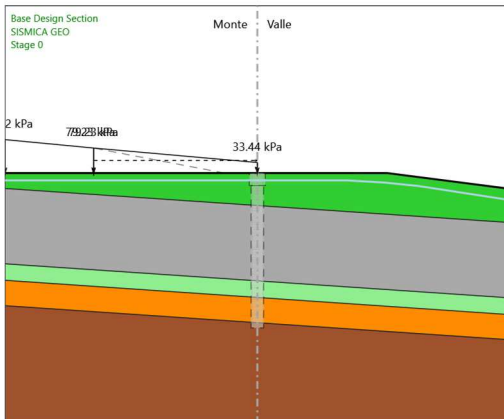
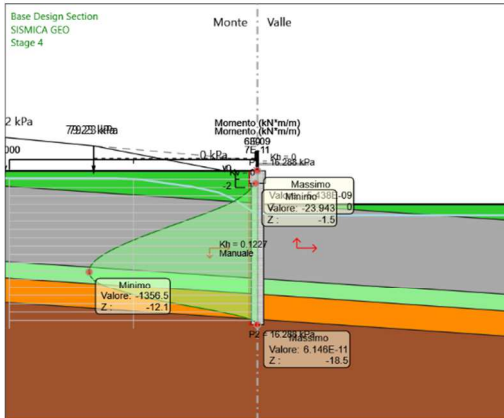
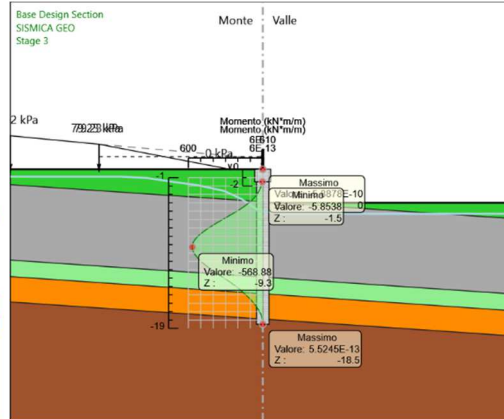
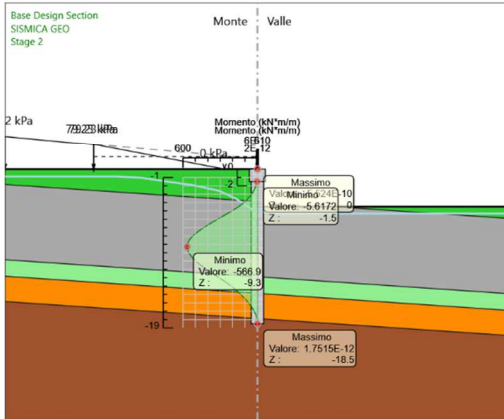
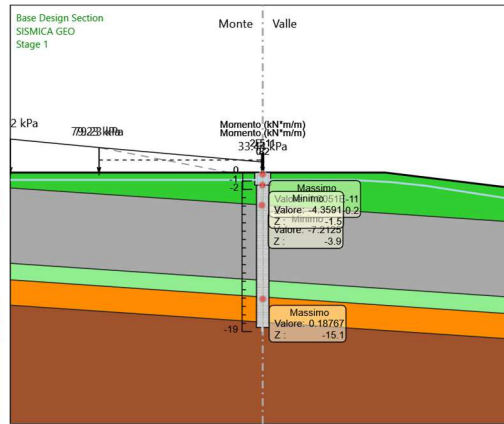
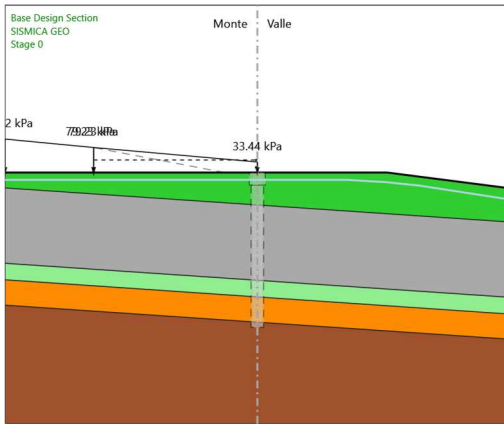
WBS
OS0020

Id.doc
REL

N.progr.
01

REV.
E

Pag. di Pag.
64 di 65



2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud

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

Paratia di pali 11+900 - 12+020: Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	16	OS0020	REL	01	E	65 di 65

