

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:  
CONSORZIO:



SOCI:



PROGETTAZIONE:  
MANDATARIA:



MANDANTI:



## PROGETTO ESECUTIVO

### ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA VIADOTTI

VI03 – VIADOTTO UFITA ROCCHETTA DA KM 9+637 A KM 10+052

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio HIRPINIA AV Il Direttore Tecnico Ing. Vincenzo Moriello 10/06/2020	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	 Ing. Paolo Galvanin

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    PROGR.    REV.    SCALA:

I
F
2
8
0
1
E
Z
Z
C
L
V
I
0
3
0
2
0
0
0
B
-

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione per consegna	G.Gianni	21/02/2020	L.Zanelotti	21/02/2020	M.Vernaleone	21/02/2020	P.Galvanin
B	Recepimento istruttoria	G.Gianni	10/06/2020	L.Zanelotti	10/06/2020	M.Vernaleone	10/06/2020	
								21/02/2020

File: IF2801EZZCLVI0302000B.docx

n. Elab.:

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI</b> <b>VERSANTI</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF28</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>VI0302 000</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>FOGLIO</b> <b>2 di 115</b>

## Indice

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E NORMATIVA.....</b>	<b>8</b>
2.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	8
2.2	NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO .....	8
2.3	SOFTWARE .....	9
2.4	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	9
<b>3</b>	<b>MATERIALI.....</b>	<b>10</b>
3.1	ACCIAIO.....	10
3.1.1	ACCIAIO PER ARMATURA STRUTTURE IN C.A. ....	10
3.2	CALCESTRUZZO.....	10
3.2.1	CALCESTRUZZO MAGRO PER GETTI DI LIVELLAMENTO .....	10
3.2.2	CALCESTRUZZO PALI, DIAFRAMMI DI FONDAZIONE, CORDOLI E OPERE PROVVISORIALI .....	10
<b>4</b>	<b>ASPETTI GEOMORFOLOGICI, CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E ASPETTI</b>	
	<b>IDRAULICI.....</b>	<b>11</b>
4.1	ASPETTI GEOMORFOLOGICI.....	11
4.1.1	INQUADRAMENTO DELLE PROBLEMATICHE ATTIVE .....	11
4.1.2	ASPETTI PROGETTUALI.....	11
4.2	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E MONITORAGGIO .....	11
4.3	ASPETTI IDROGEOLOGICI .....	12
<b>5</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE OPERE E SEZIONI DI ANALISI .....</b>	<b>13</b>
5.1	OPERE DI SOSTEGNO DEGLI SCAVI .....	13
5.2	SEZIONI DI ANALISI.....	15
<b>6</b>	<b>CARICHI E AZIONI .....</b>	<b>18</b>
6.1	CARICHI VARIABILI .....	18
6.2	AZIONI DELLE COLTRI INSTABILI.....	18
6.3	AZIONE SISMICA IN CONFIGURAZIONE PROVVISORIA DI SCAVO E DEFINITIVA .....	18
6.4	COMBINAZIONI DELLE AZIONI .....	19
<b>7</b>	<b>CRITERI DI VERIFICA.....</b>	<b>20</b>
7.1	VERIFICA NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) .....	20
7.2	VERIFICHE AGLI SLE .....	21
7.3	VERIFICHE STABILITÀ DEI PENDII ANTE-OPERAM E POST-OPERAM .....	21

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio  Soci  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria  Mandanti  	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0302 000</td> <td>B</td> <td>3 di 115</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	3 di 115
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	3 di 115													

7.4	VERIFICA DELLA STABILITÀ DELLE OPERE DI SOSTEGNO .....	21
<b>8</b>	<b>CRITERI DI MODELLAZIONE DEI VERSANTI E DELLE OPERE DI STABILIZZAZIONE</b>	<b>22</b>
8.1	MODELLAZIONE NUMERICA E CODICE DI CALCOLO.....	22
8.2	MODELLAZIONE DEL VERSANTE .....	23
8.3	MODELLAZIONE DELLE OPERE DI SOSTEGNO E DELLE FONDAZIONI.....	23
8.4	LEGGI DI COMPORTAMENTO DEI MATERIALI .....	24
8.4.1	TERRENO.....	24
8.4.2	STRUTTURE DI SOSTEGNO E OPERE DI FONDAZIONE.....	24
8.5	MODELLAZIONE DELLE CONDIZIONI IDRAULICHE.....	25
8.6	MODELLAZIONE DEI MOVIMENTI DI FRANA .....	27
8.7	MODELLAZIONE DELL’AZIONE SISMICA .....	28
8.8	VERIFICHE DI STABILITÀ DEI VERSANTI.....	29
<b>9</b>	<b>CONSIDERAZIONI SULLA STABILITÀ DEI VERSANTI ANTE-OPERAM .....</b>	<b>30</b>
9.1	DISAMINA DELLE PROBLEMATICHE IN ATTO .....	30
9.2	ANALISI DI STABILITÀ DEL VERSANTE OVEST .....	30
9.1	ANALISI DI STABILITÀ DEL VERSANTE EST .....	31
9.2	CONSIDERAZIONI CIRCA LE CONDIZIONI DI DRENAGGIO DEI VERSANTI E LA SCELTA DELLE OPERE DI STABILIZZAZIONE.....	33
<b>10</b>	<b>OPERE DI STABILIZZAZIONE E SOSTEGNO VERSANTE EST .....</b>	<b>34</b>
10.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO .....	34
10.2	DATI DI INPUT DEL MODELLO E LIVELLI PIEZOMETRICI .....	35
10.3	DESCRIZIONE DELLE FASI DI CALCOLO .....	36
10.4	SINTESI RISULTATI ALLO SLE – SPOSTAMENTI .....	40
10.5	SINTESI DEI RISULTATI PER GLI STATI LIMITE STRUTTURALI (STR) .....	41
10.6	VERIFICHE ALLO SLU DI TIPO STR .....	51
10.6.1	PALI TIPO 1 .....	51
10.6.2	PALI TIPO 2 .....	53
10.6.3	PALI TIPO 3 .....	55
10.6.4	PALI TIPO 4 .....	57
10.6.5	PALI STABILIZZAZIONE PIAZZOLE PILE/SPALLA A .....	59
10.7	VERIFICHE STRUTTURALI AGLI SLE.....	61
10.7.1	PALI TIPO 1 .....	61
10.7.2	PALI TIPO 2 .....	61
10.7.3	PALI TIPO 3 .....	61
10.7.4	PALI TIPO 4 .....	61
10.7.5	PALI STABILIZZAZIONE PIAZZOLE PILE/SPALLA A .....	61

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio  Soci  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>											
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria  Mandanti  							<table border="1"> <tr> <td data-bbox="735 309 847 353">COMMESSA IF28</td> <td data-bbox="863 309 943 353">LOTTO 01</td> <td data-bbox="959 309 1070 353">CODIFICA E ZZ CL</td> <td data-bbox="1086 309 1230 353">DOCUMENTO VI0302 000</td> <td data-bbox="1246 309 1326 353">REV. B</td> <td data-bbox="1342 309 1481 353">FOGLIO 4 di 115</td> </tr> </table>					
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 4 di 115							

<b>10.8</b>	<b>VERIFICA ALLO SLU DI TIPO GEO .....</b>	<b>62</b>
10.8.1	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE.....	62
10.8.2	VERIFICA DELLE SPINTE A VALLE DELLA PARATIA .....	62
10.8.3	PALI OS1 .....	62
10.8.4	PALI OS2 .....	63
10.8.5	PALI OS3 .....	64
10.8.6	PALI OS4 .....	65
10.8.7	PALI OS5 .....	66
10.8.8	PALI OS6 .....	67
10.8.9	PALI OS7 .....	68
<b>10.9</b>	<b>VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE PALI STABILIZZAZIONE PIAZZOLE SPALLA A E PILE P1 E P2</b>	<b>69</b>
10.9.1	CENNI TEORICI E CRITERI PER IL CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE.....	69
10.9.2	VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE .....	71
10.10	SINTESI RISULTATI ANALISI DI STABILITÀ POST-OPERAM .....	73
<b>11</b>	<b>OPERE DI STABILIZZAZIONE E SOSTEGNO VERSANTE OVEST .....</b>	<b>76</b>
11.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO .....	76
11.2	DATI DI INPUT DEL MODELLO E LIVELLI PIEZOMETRICI .....	77
11.3	DESCRIZIONE DELLE FASI DI CALCOLO .....	78
11.4	SINTESI RISULTATI ALLO SLE – SPOSTAMENTI .....	81
11.5	SINTESI DEI RISULTATI PER GLI STATI LIMITE STRUTTURALI (STR) .....	82
11.6	VERIFICHE ALLO SLU DI TIPO STR .....	92
11.6.1	PALI TIPO 5 .....	92
11.6.2	PALI TIPO 6 .....	94
11.6.3	PALI TIPO 7 .....	96
11.6.4	PALI TIPO 8 .....	98
11.6.5	PALI STABILIZZAZIONE PIAZZOLE PILE/SPALLA B .....	100
11.7	VERIFICHE STRUTTURALI AGLI SLE .....	102
11.7.1	PALI TIPO 5 .....	102
11.7.2	PALI TIPO 6 .....	102
11.7.3	PALI TIPO 7 .....	102
11.7.4	PALI TIPO 8 .....	102
11.7.1	PALI STABILIZZAZIONE PIAZZOLE PILE/SPALLA B .....	102
11.8	VERIFICA ALLO SLU DI TIPO GEO .....	103
11.8.1	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE.....	103
11.8.2	VERIFICA DELLE SPINTE A VALLE DELLA PARATIA .....	103
11.8.3	PALI OS8 .....	103
11.8.4	PALI OS9 .....	104
11.8.5	PALI OS10 .....	105
11.8.6	PALI OS11 .....	106



<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">VI0302 000</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">5 di 115</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	5 di 115
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	5 di 115													

11.8.7 PALI OS12 .....	107
11.8.8 PALI OS13 .....	108
11.8.9 PALI OS14 .....	109
11.9 VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE PALI STABILIZZAZIONE PIAZZOLE.....	110
11.10 SINTESI RISULTATI ANALISI DI STABILITÀ POST-OPERAM .....	111
<b>12 STIMA INCIDENZE DI ARMATURA OPERE DI SOSTEGNO .....</b>	<b>113</b>

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI</b> <b>VERSANTI</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF28</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>VI0302 000</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>FOGLIO</b> <b>6 di 115</b>

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione illustra e riassume i risultati del calcolo e del dimensionamento delle opere di stabilizzazione dei versanti del viadotto VI03, previste per la realizzazione di tutte le pile e le spalle, fatta eccezione per quelle di scavalco dell'alveo dell'Ufita, nell'ambito della progettazione esecutiva del raddoppio del 1° lotto funzionale Apice-Hirpinia della tratta Apice-Orsara (itinerario Napoli-Bari).

Il Viadotto Ufita Melito - VI03, a doppio binario, si estende dal km 9+637 a km 10+052 della Tratta Apice-Orsara - 1° Lotto Funzionale Apice-Hirpinia per uno sviluppo complessivo di 415 m in corrispondenza del Torrente Ufita. Esso si colloca in un delicato contesto geomorfologico per il quale è stata attivata una campagna di monitoraggio per valutare la stabilità dei pendii attraversati dal viadotto, campagna tuttora in corso: le considerazioni ed i dimensionamenti riportati nel presente elaborato potranno quindi essere affinate/riviste in sede di PED, in funzione dei risultati del suddetto monitoraggio e della migliore comprensione della natura e della storia geologica delle coltri instabili, con particolare riferimento al loro effettivo grado di mobilitazione pregresso e/o attuale e al potenziale impatto che detti movimenti potrebbero avere avuto o potrebbero avere sui parametri e sulle spinte in gioco sulle opere di sostegno oggetto della presente relazione, nonché sulle fondazioni del viadotto.

Stante la presenza di coltri potenzialmente instabili lungo i versanti in destra ed in sinistra dell'Ufita, per la realizzazione delle fondazioni del viadotto, si è reso necessario prevedere scavi confinati da paratie di pali di grande diametro, intestate nelle formazioni geologiche di base. Le ragioni delle scelte progettuali effettuate sono descritte nella relazione Tecnica Generale dei viadotti di cui al § 2.1.

Per quanto riguarda le opere di sostegno provvisorie necessarie per la realizzazione delle fondazioni delle pile in alveo P3 e P4, si rimanda alla relazione IF2801EZZCLVI0302001A.

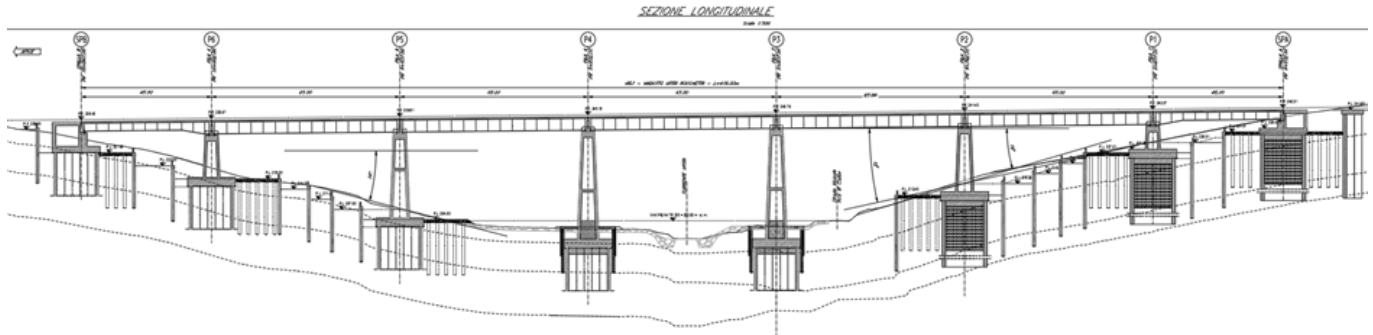
Il progetto definitivo prevedeva, per la sicurezza degli scavi di fondazione, al fine evitare il pericolo di innesco di movimenti franosi incompatibili con le lavorazioni, paratie provvisorie di diaframmi compenetrati, da eseguirsi anch'esse con idrofresa, caratterizzate da una configurazione geometrica e strutturale tali da conferirgli una notevole rigidità.

In sede di avvio della progettazione esecutiva, analogamente a quanto fatto per il viadotto VI02 si è posta particolare attenzione alle problematiche di esecuzione delle suddette opere ed in particolare alle problematiche di stabilità del versante in fase di esecuzione delle stesse, proprio per evitare il pericolo di innesco di movimenti franosi incompatibili con le lavorazioni. Analizzate le difficoltà operative, i rischi in fase esecutiva associati alla realizzazione delle opere, si è deciso di abbandonare l'impostazione del Progetto Definitivo, ipotizzando un diverso approccio progettuale per la fase di Progettazione Esecutiva basata sui seguenti elementi:

- La realizzazione delle opere di sostegno necessita in tutti i casi di scavi di sbancamento iniziali; si è quindi ipotizzato che la mitigazione del rischio per le pile del viadotto possa essere fatta riducendo significativamente o eliminando la coltre instabile che può generare le sovraspinte;
- la mitigazione del rischio durante la fase di cantiere passa attraverso la realizzazione di opere che seguono e assecondano la morfologia del versante, con un sistema di piste di cantiere e stradelli che si allineano anche esse per quanto possibile alle isoipse: ne consegue che per quanto possibile le opere di sostegno e di stabilizzazione dei versanti siano parallele alle curve di livello e che consentano di proteggere ogni successivo scavo di ribasso; la stabilizzazione del versante necessita di opere di presidio e stabilizzazione dello stesso anche a valle delle pile specie sul versante Est del viadotto dove sono presenti le coltri di maggior altezza che sovrastano la strada Vicinale Isca di Cozza.

I risultati della impostazione progettuale sopra definiti sono illustrati nel profilo visualizzato nell'immagine successiva.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti   						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 7 di 115



**Figura 1.1. Viadotto VI03 – Opere di stabilizzazione dei versanti**

Nel profilo sopra riportato si riconoscono i seguenti elementi caratterizzanti la soluzione:

- la presenza di 14 allineamenti di paratie di pali di diametro 1000 mm e interasse 1.20 m spinte a profondità tali da intercettare il cambio stratigrafico presente a circa 20-25 m dal piano campagna sul lato Est e 15 metri circa sul lato Ovest;
- detti allineamenti consentono di realizzare una gradonatura del profilo del terreno con asportazione di circa 5 metri di materiale. Sul versante Ovest significa che le masse spingenti potenzialmente instabili sono di fatto rimosse, mentre sul versante Est esse risultano dimezzate;
- le gradonature sono raccordate con il versante utilizzando le opere di sostegno OS realizzate in fase di scavo configurate per riprofilare il versante e consentire allo stesso tempo il raccordo dei vari piani di lavoro con i gradoni della riprofilatura. Le pendenze di raccordo/riprofilatura tra gradonatura e pendio esistente sono variabili tra il 12 ed il 20%, sempre inferiori all'angolo naturale di declivio;
- gli interventi di stabilizzazione del versante lato Est sono disposti anche a valle delle pile per prevenire eventuali scivolamenti delle masse residuali da monte verso valle; in particolare sono previsti pali disposti a quinconce intorno alle pile e alle spalle nelle piazzole di lavoro, sormontati da uno staro di calcestruzzo magro armato con rete che serviranno per realizzare le opere e che successivamente dovranno sopportare il peso del rinterro finale. Il consolidamento del terreno a valle delle pile così realizzato è tale da garantire un piano di imposta stabile per i successivi rinterri e appare altrettanto necessario per garantire la sicurezza delle lavorazioni da effettuare intorno alle pile sia per la realizzazione delle fondazioni profonde, sia per l'elevazione del fusto. Infatti la realizzazione delle pile richiede in tutti i casi un piano di lavoro stabile per supportare i carichi pesanti di cantiere ed i frequenti passaggi di mezzi pesanti.
- i muri "verdi" tipo crib-wall utilizzati per mascherare le palificate e "ricucire" morfologicamente lo stesso;

Da ultimo, in accordo con quanto previsto nel Progetto Definitivo, considerato il quadro geomorfologico in cui si inserisce il Viadotto in oggetto e le incertezze sui movimenti di versante, gli interventi di stabilizzazione del versante sono integrati con opere di drenaggio diffuse, costituite da aste di trincee drenanti distribuite nelle aree intergenti con le pile del viadotto.

Su tutta l'area oggetto di intervento è previsto in corso d'opera un monitoraggio geotecnico, strutturale e topografico del versante e delle opere in fase di realizzazione, finalizzato al controllo dei movimenti delle coltri instabili e della loro interazione con le lavorazioni, i cui risultati dovranno essere valutati prima della redazione del progetto esecutivo di dettaglio.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio  Soci  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria  Mandanti  							<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0302 000</td> <td>B</td> <td>8 di 115</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	8 di 115													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>																		

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E NORMATIVA

### 2.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- 1) VIADOTTI, Elaborati generali; Relazione Tecnico Descrittiva delle opere civili dei Viadotti VI01, VI02, VI03, VI04 – IF2801EZZRGVI0000001A.
- 2) VIADOTTI, Elaborati generali; Relazione sui criteri di calcolo delle fondazioni – IF2801EZZRBVI0003001.
- 3) VIADOTTO VI03 - Relazione di calcolo opere provvisionali pile – IF2801EZZCLVI0302001.
- 4) VIADOTTI, Viadotto Ufita Rocchetta da Km 9+637 a Km 10+052; Opere di stabilizzazione versante e opere provvisionali: Fase 1 - Planimetria e sezione long. (tav. 1 di 2) – IF2801EZZLVVI0302000.
- 5) VIADOTTI, Viadotto Ufita Rocchetta da Km 9+637 a Km 10+052; Opere di stabilizzazione versante e opere provvisionali: Fase 1 - Planimetria e sezione long. (tav. 2 di 2) – IF2801EZZLVVI0302001.
- 6) VIADOTTI, Viadotto Ufita Rocchetta da Km 9+637 a Km 10+052; Opere di stabilizzazione versante e opere provvisionali: Fase 2 - Planimetria e sezione long. (tav. 1 di 2) – IF2801EZZLVVI0302002.
- 7) VIADOTTI, Viadotto Ufita Rocchetta da Km 9+637 a Km 10+052; Opere di stabilizzazione versante e opere provvisionali: Fase 2 - Planimetria e sezione long. (tav. 2 di 2) – IF2801EZZLVVI0302003.
- 8) VIADOTTI, Viadotto Ufita Rocchetta da Km 9+637 a Km 10+052; Opere di stabilizzazione versante e opere provvisionali: Fase 3 - Planimetria e sezione long. (tav. 1 di 2) – IF2801EZZLVVI0302004.
- 9) VIADOTTI, Viadotto Ufita Rocchetta da Km 9+637 a Km 10+052; Opere di stabilizzazione versante e opere provvisionali: Fase 3 - Planimetria e sezione long. (tav. 2 di 2) – IF2801EZZLVVI0302005.
- 10) VIADOTTI, Viadotto Ufita Rocchetta da Km 9+637 a Km 10+052; Opere di stabilizzazione versante: Paratie di pali OS1, OS2 e OS3 - Sviluppata e sezioni – IF2801EZZB9VI0302000.
- 11) VIADOTTI, Viadotto Ufita Rocchetta da Km 9+637 a Km 10+052; Opere di stabilizzazione versante: Paratie di pali OS3, OS4 e OS5 - Sviluppata e sezioni – IF2801EZZB9VI0302001.
- 12) VIADOTTI, Viadotto Ufita Rocchetta da Km 9+637 a Km 10+052; Opere di stabilizzazione versante: Paratie di pali OS6, OS7 e OS8 - Sviluppata e sezioni – IF2801EZZB9VI0302002.
- 13) VIADOTTI, Viadotto Ufita Rocchetta da Km 9+637 a Km 10+052; Opere di stabilizzazione versante: Paratie di pali OS9, OS10 e OS11 - Sviluppata e sezioni – IF2801EZZB9VI0302003.
- 14) VIADOTTI, Viadotto Ufita Rocchetta da Km 9+637 a Km 10+052; Opere di stabilizzazione versante: Paratie di pali OS12 e OS13 - Sviluppata e sezioni – IF2801EZZB9VI0302004.
- 15) VIADOTTI, Viadotto Ufita Rocchetta da Km 9+637 a Km 10+052; Opere di drenaggio versante Est - Planimetria e sezioni tipo – IF2801EZZP8VI030C000
- 16) VIADOTTI, Viadotto Ufita Rocchetta da Km 9+637 a Km 10+052; Opere di drenaggio versante Ovest - Planimetria e sezioni tipo – IF2801EZZP8VI030C001

### 2.2 NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO

- 1) Decreto Ministeriale del 14/01/2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04/02/2008, Supplemento Ordinario n.30.
- 2) Circolare 01/02/2009, n.617 - Istruzione per l'applicazione delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14/01/2008.
- 3) DM 06/05/2008 - “Integrazione al DM 14/01/2008 di approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0302 000</td> <td>B</td> <td>9 di 115</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	9 di 115
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	9 di 115													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>																		

- 4) RFI DTC SI MA IFS 001 A - "Manuale di progettazione delle opere civili".
- 5) RFI DTC SI SP IFS 001 A - "Capitolato generale tecnico d'appalto delle opere civili".
- 6) UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 - Progettazione Geotecnica - Parte 1: Regole generali.
- 7) UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni.

### 2.3 SOFTWARE

- 1) Flac 2D versione 8.0 – Itasca Consulting Group, Inc.

### 2.4 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- 1) BRINCH HANSEN J. [1961] "The ultimate resistance of rigid piles against transversal forces" The Danish Geotechnical Institute, Bulletin n°12, Copenhagen.
- 2) KUBO K. (1965) "Experimental study of the behaviour of laterally loaded piles" Proc. Sixth international conference on soil mechanics and foundation engineering, Montreal, vol.2.
- 3) POULOS H.G., DAVIS E.H. (1974) "Elastic solutions for soil and rock mechanics" John Wiley & Sons, Inc.
- 4) STROUD M.A. (1988) "The Standard Penetration Test-Its application and interpretation" Penetration Testing in UK, Proc. of the Geotech. Conf. organized by ICE, Birmingham.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">VI0302 000</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">10 di 115</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	10 di 115
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	10 di 115													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>																		

## 3 MATERIALI

Il progetto strutturale prevede l'uso dei materiali con le caratteristiche meccaniche minime riportate di seguito.

### 3.1 ACCIAIO

#### 3.1.1 Acciaio per armatura strutture in c.a.

Barre ad aderenza migliorata, saldabile, tipo B450C dotato delle seguenti caratteristiche meccaniche:

- tensione caratteristica di rottura:  $f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
- tensione caratteristica di snervamento:  $f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
- allungamento caratteristico:  $\geq 7.5\%$
- rapporto tensione di rottura/ tensione di snervamento:  $1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

### 3.2 CALCESTRUZZO

#### 3.2.1 Calcestruzzo magro per getti di livellamento

- classe di resistenza: C12/15
- classe di esposizione: X0

#### 3.2.2 Calcestruzzo pali, diaframmi di fondazione, cordoli e opere provvisionali

- classe di resistenza: C25/30
- classe di consistenza: S4
- classe di esposizione: XC2
- dimensione massima dell'inerte:  $D_{max} = 32 \text{ mm}$
- copriferro minimo:  $C_{f,min} \geq 60 \text{ mm}$

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0302 000</td> <td>B</td> <td>11 di 115</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	11 di 115
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	11 di 115													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>																		

## 4 ASPETTI GEOMORFOLOGICI, CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E ASPETTI IDRAULICI

### 4.1 ASPETTI GEOMORFOLOGICI

#### 4.1.1 Inquadramento delle problematiche attive

Come accennato in premessa, il contesto geomorfologico in cui si inserisce il Viadotto Ufita Rocchetta - VI03 è caratterizzato dalla presenza sul versante ovest di una frana attiva per colamento con spessori dell'ordine di 5÷7 m, e sul versante est, pur non essendo stato rilevato a livello morfologico un movimento franoso attivo, di una coltre di oltre 10 m di spessore con caratteristiche meccaniche paragonabili al versante ovest.

Le indagini disponibili, approfondite in sede di Progettazione Esecutiva, evidenziano spessori significativi di terreno di basse caratteristiche meccaniche; inoltre immediatamente a sud del tracciato, a circa 50-60 m di distanza dalle opere in progetto, è presente un corpo di frana attiva.

Superato il corso d'acqua, per circa 50 m è presente un'area di terrazzo alluvionale sub-pianeggiante, dopodiché il versante inizia a salire fino in corrispondenza dell'imbocco della galleria Rocchetta.

L'intera porzione di versante fino alla spalla B, circa è caratterizzato da una frana attiva per colamento lento, ben evidenziata da marcate ondulazioni della superficie topografica, contropendenze e dal disallineamento degli alberi di ulivi presenti soprattutto nella porzione mediana e basale del versante.

Nell'area è presente la Formazione della Baronia; prevale il membro BNA2 costituito da argille siltose-marnose di colore grigiastro. Sul versante est è presente anche il membro BNA1B costituito da argille marnose e sabbie siltose alternate ad arenarie calcaree.

Le indagini condotte in sede di PE hanno confermato la successione stratigrafica prevista in sede di PD, tuttavia i rilievi strumentali eseguiti fino ad oggi non consentono ancora una chiara lettura dei possibili fenomeni evolutivi in atto; le considerazioni successive potranno quindi essere riviste e meglio dettagliate in sede di sviluppo del PED, in funzione dei dati acquisiti nel corso della campagna di monitoraggio del pendio in corso, potendo disporre di tempi di osservazioni più lunghi.

#### 4.1.2 Aspetti progettuali

Nell'attuale fase di PE, quindi, si è scelto di mantenere invariate – a favore di sicurezza – le ipotesi di Progetto Definitivo per quanto riguarda lo spessore delle coltri instabili e le velocità di movimento presunte.

In particolare, per i due versanti si assume che i primi 5 m (versante Ovest) / 10 m (versante Est) di terreno siano potenzialmente in frana, con velocità di movimento presunte di 1-2 cm/anno.

Pur confermando il contesto geomorfologico generale, le soluzioni adottate per il sostegno degli scavi necessari per la realizzazione delle pile e delle spalle, differiscono da quelle del Progetto Definitivo per le ragioni illustrate nella relazione tecnica generale di cui al § 2.1, a cui si rimanda per ulteriori dettagli.

### 4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E MONITORAGGIO

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dalle Opere d'Arte oggetto del presente documento si rimanda agli elaborati specialistici.

Su tutta l'area oggetto di intervento è previsto – in analogia a quanto già preventivato in sede di Progetto Definitivo - un monitoraggio geotecnico, strutturale e topografico del versante e delle opere in fase di realizzazione, finalizzato al controllo dei movimenti delle coltri instabili e della loro interazione con le lavorazioni.

Si rimanda agli elaborati del Progetto Esecutivo di dettaglio per maggiori approfondimenti.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <b>HirpiniaAV</b> Soci <b>salini impregilo</b> <b>ASTALDI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <b>ROKSOIL</b> Mandanti <b>NETENGINEERING</b> <b>Alpina</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>	COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0302 000</b>	REV. <b>B</b>	FOGLIO <b>12 di 115</b>

### 4.3 ASPETTI IDROGEOLOGICI

Per gli aspetti idrogeologici relativi alle Opere d’Arte oggetto del presente documento si rimanda agli elaborati specialistici.

In accordo con quanto previsto nel Progetto Definitivo, considerato il quadro geomorfologico sopra descritto, in cui si inserisce il viadotto in oggetto e le incertezze sui movimenti di versante, gli interventi di stabilizzazione sono completati con opere di drenaggio diffuse, costituite da aste di trincee drenanti distribuite nelle aree interagenti con le pile del viadotto; tali interventi, data l’incertezza sulla loro efficacia e durabilità nel tempo, hanno la funzione di migliorare le condizioni di stabilità attuali senza stabilizzare in via definitiva i movimenti di versante.

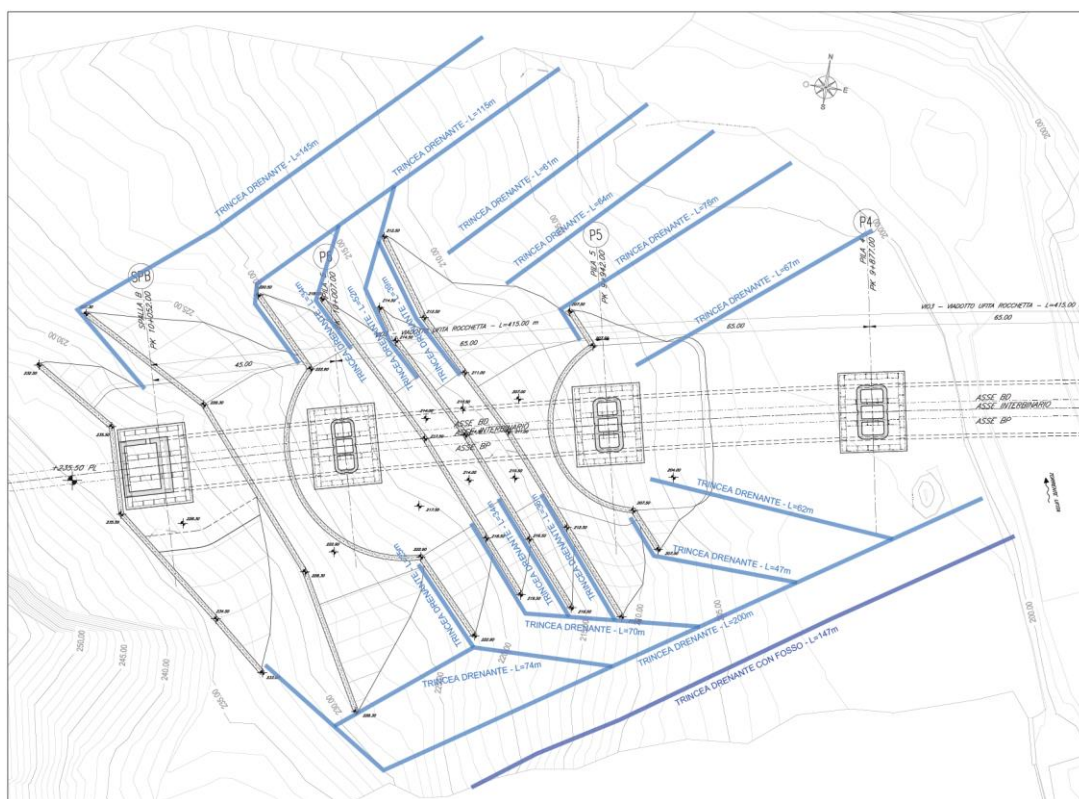


Figura 4.1. Opere di drenaggio del versante Ovest



<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0302 000</td> <td>B</td> <td>13 di 115</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	13 di 115
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	13 di 115													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>																		

## 5 DESCRIZIONE DELLE OPERE E SEZIONI DI ANALISI

### 5.1 OPERE DI SOSTEGNO DEGLI SCAVI

Le opere previste a presidio e stabilizzazione del versante dei due versanti Est e Ovest attraversati dal viadotto sono caratterizzate dalla presenza di N° 14 allineamenti di paratie di pali (da OS1 a OS14 procedendo da Est verso Ovest) di diametro 1000 mm e interasse 1.20 m spinte a profondità tali da intercettare il cambio stratigrafico presente a circa 20-25 m dal piano campagna sul lato Est e 15 metri circa sul lato Ovest; dove possibile le opere di sostegno sono configurate ad arco per meglio distribuire e diffondere le eventuali spinte instabilizzanti di monte.

Detti allineamenti consentono di realizzare una gradonatura del profilo del terreno con asportazione di circa 5 metri di materiale. Sul versante Ovest significa che le masse spingenti potenzialmente instabili sono di fatto quasi integralmente rimosse, mentre sul versante Est esse risultano dimezzate.

Le gradonature sono raccordate con il versante utilizzando le opere di sostegno OS realizzate in fase di scavo, configurate per riprofilare il versante e consentire allo stesso tempo il raccordo dei vari piani di lavoro con i gradoni della riprofilatura. Le pendenze di raccordo/riprofilatura tra gradonatura e pendio esistente sono variabili tra il 12 ed il 20%, sempre inferiori all'angolo di declivio naturale.

Gli interventi di stabilizzazione del versante lato Est sono disposti anche a valle della pila 2, per prevenire eventuali scivolamenti delle masse residuali da monte verso valle.

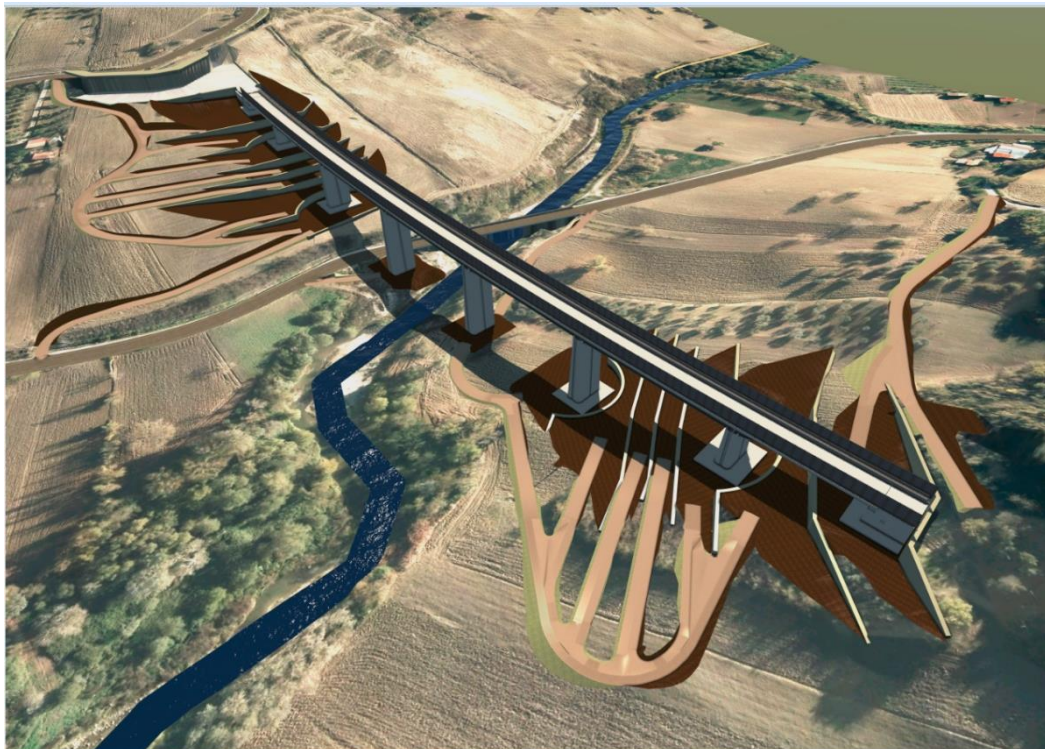


Figura 5-1. Viadotto VI03: Inserimento del modello BIM tridimensionale nel modello digitale del terreno e studio delle modalità di accesso alle aree di lavoro per la realizzazione delle opere di fondazione delle pile e delle spalle.



<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>		IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	14 di 115

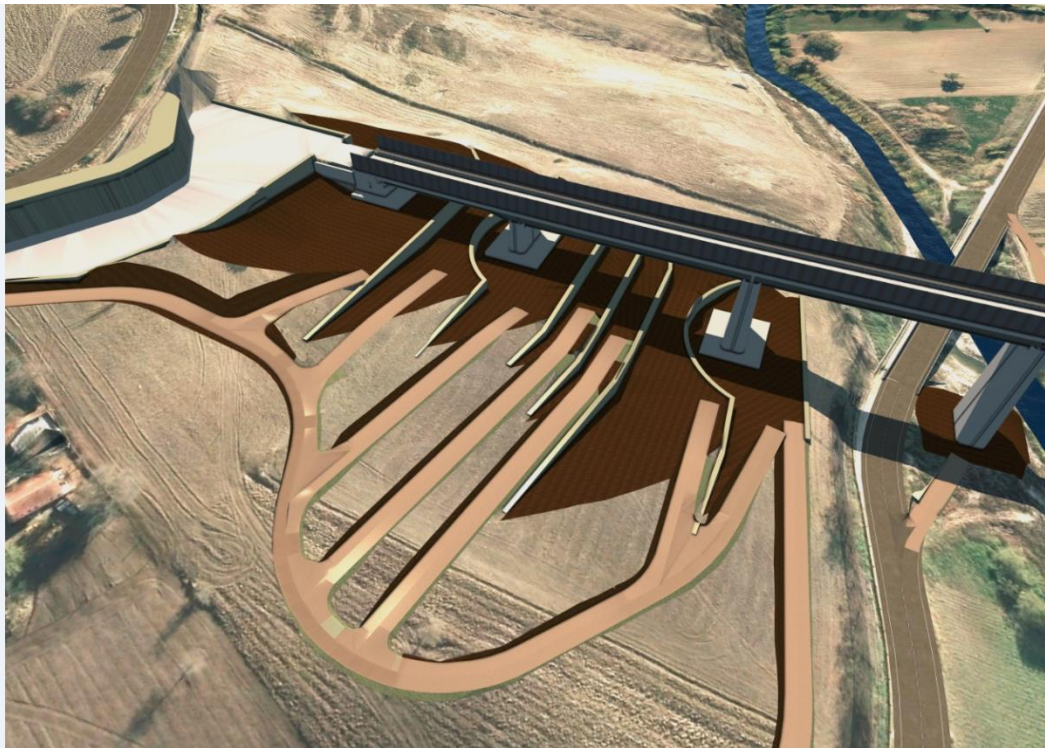


Figura 5-2. Viadotto VI03: Gradonatura e opere di stabilizzazione versante Est – lato Galleria Melito



Figura 5-3. Viadotto VI03: Gradonatura e opere di stabilizzazione versante Ovest – lato Galleria Rocchetta

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">VI0302 000</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">15 di 115</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	15 di 115
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	15 di 115													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>																		

Tutti i piani di lavoro intorno alle pile dei versanti Est ed Ovest sono trattati inserendo un trattamento eseguito con pali isolati disposti a quinconce su una maglia 2.5x2.5 m, allo scopo di consolidare il terreno garantendo una adeguata capacità portante dello stesso nei confronti dei carichi successivi sia in fase di cantiere che in fase definitiva (ritombamenti). Alla testa dei pali è applicato uno strato di distribuzione dei carichi realizzato con misto cementato e rete elettrosaldata.

La sistemazione definitiva dei due versanti è realizzata con muri “verdi” tipo crib-wall utilizzati per mascherare le palificate e “ricucire” morfologicamente lo stesso.

Le opere di che trattasi hanno carattere definitivo, quindi sono progettate per una vita nominale pari a quella del viadotto VI02 (70 anni).

Per la visualizzazione e descrizione delle fasi esecutive si rimanda agli elaborati indicati al precedente § 2.1, nonché alla già citata relazione tecnica generale dei viadotti.

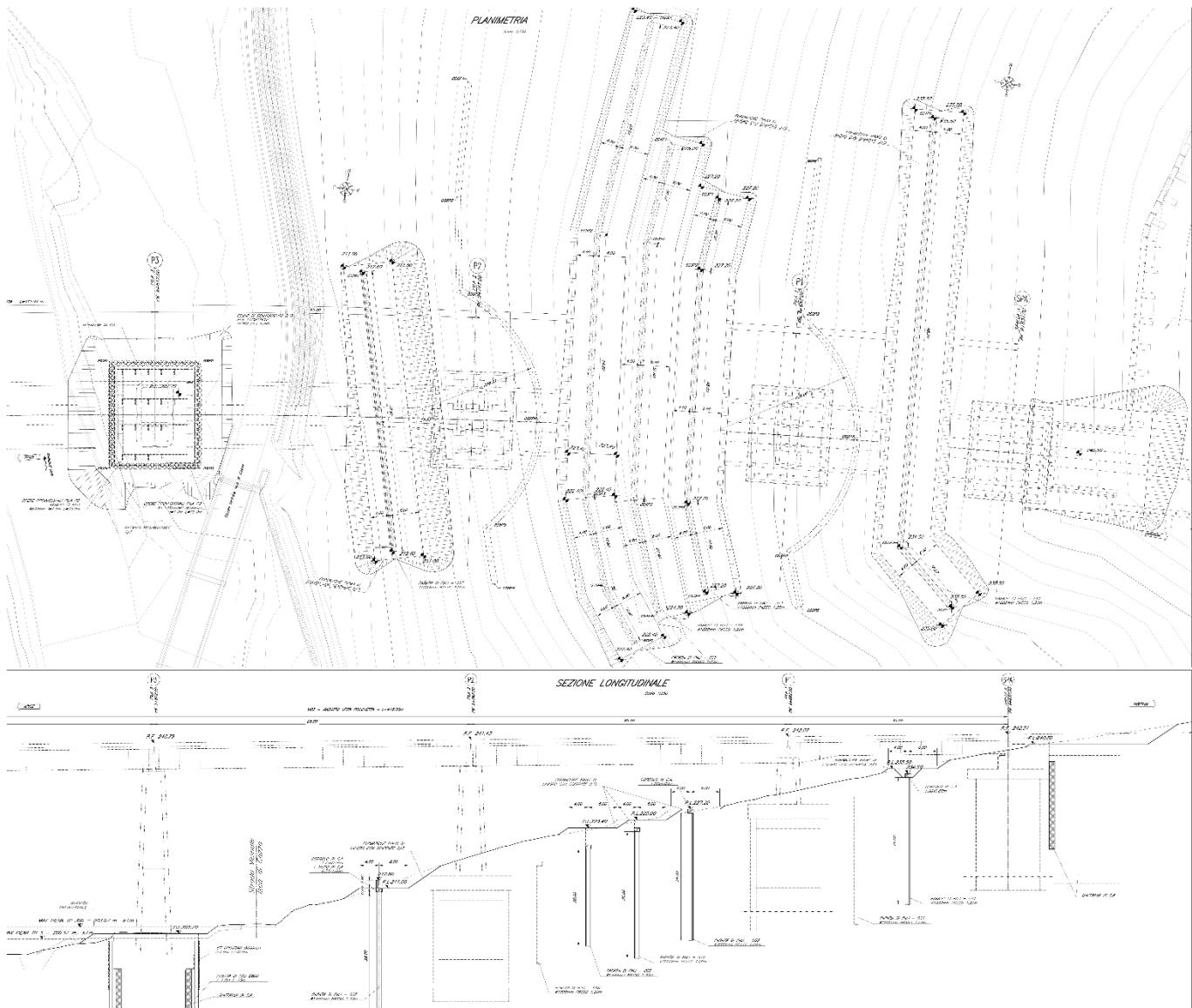
## 5.2 SEZIONI DI ANALISI

Si sono individuate 2 sezioni di calcolo significative per il dimensionamento delle opere in oggetto, che sono poste in asse al tracciato e consentono di analizzare i due versanti Est e Ovest nella loro interezza, tenendo conto di tutte le fasi esecutive necessarie per la realizzazione delle opere. In questo modo, come approfondimento di quanto fatto in sede di Progetto Definitivo è possibile tenere conto della mutua interazione di tutte le opere di sostegno e scavo sull'interno versante, senza limitarsi a porzioni specifiche indipendenti una dall'altra. Le sezioni sono utilizzate anche per svolgere delle analisi di stabilità ante-operam e post-operam, come descritto nel seguito.

In particolare, la sezione sul Versante Est è delimitata a monte dalla presenza delle diaframmate che sostengono il piazzale RI57; le opere a presidio del piazzale sono costituite lato monte e lato valle del piazzale stesso da una paratia di diaframmi collegati in sommità da un cordolo e progettati per resistere interamente alle spinte delle masse instabili, considerando un possibile scivolamento a valle del terreno.

Esse, quindi, rappresentano un elemento stabile all'interno della sezione di verifica del Versante Est e sono oggetto di specifica e separata relazione di calcolo.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <b>HirpiniaAV</b> Soci <b>salini impregilo</b> <b>ASTALDI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <b>ROKSOIL</b> Mandanti <b>NETENGINEERING</b> <b>Alpina</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>	COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0302 000</b>	REV. <b>B</b>	FOGLIO <b>16 di 115</b>



**Figura 5.4. Geometra di riferimento – Opere di stabilizzazione Versante Est**

La sezione sul versante Ovest è delimitata a monte dalla Opere di sostegno per lo scavo della spalla B e dal piazzale della galleria Grottaminarda. Tali opere sono inserite nel modello di calcolo e dimensionate per la fase di scavo. In fase definitiva tutte le spinte sono affidate alla spalla B del viadotto.



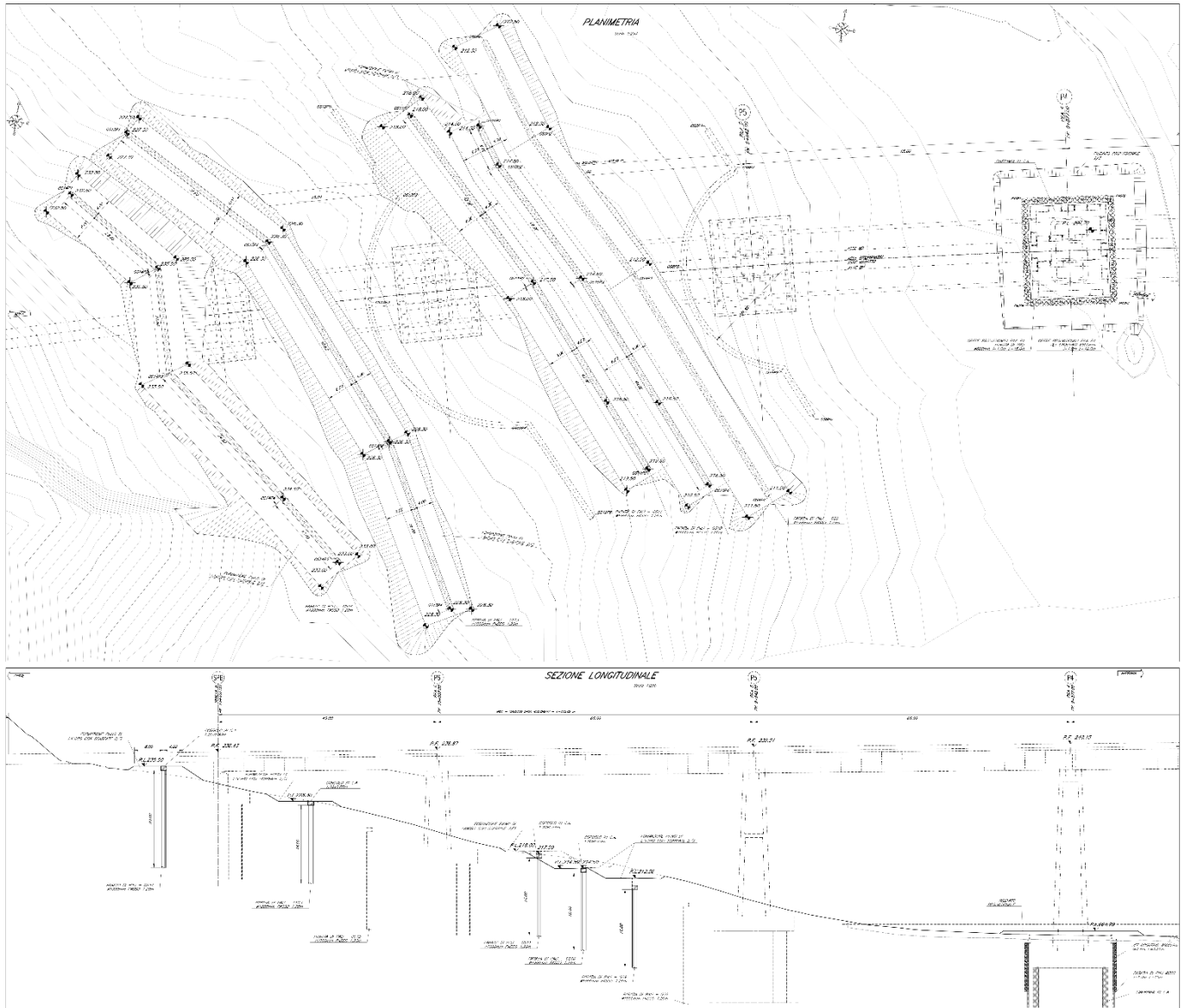
**APPALTATORE:**  
 Consorzio **HirpiniaAV** Soci **salini impregilo** **ASTALDI**

**PROGETTAZIONE:**  
 Mandataria **ROKSOIL** Mandanti **NETENGINEERING** **Alpina**

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI**

**ITINERARIO NAPOLI – BARI**  
**RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA**  
**I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA**

COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 17 di 115
------------------	-------------	---------------------	-------------------------	-----------	---------------------



**Figura 5.5. Geometra di riferimento – Opere di stabilizzazione Versante Ovest**

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0302 000</td> <td>B</td> <td>18 di 115</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	18 di 115
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	18 di 115													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>																		

## 6 CARICHI E AZIONI

### 6.1 CARICHI VARIABILI

Sul piano campagna per una larghezza pari a 5.0 m è stato considerato il carico accidentale  $Q_k = 20$  kPa rappresentativo dei mezzi di cantiere che possono circolare nei pressi delle opere provvisorie durante i lavori.

### 6.2 AZIONI DELLE COLTRI INSTABILI

Come accennato al precedente § 4.1.2, le coltri instabili oggetto di intervento sono soggette a movimenti stimati dell'ordine di 1.5-2 cm/anno. Poiché la durata degli scavi è prevista in un tempo di 2 anni si assume un movimento complessivo che grava sulle opere di sostegno pari a 3 cm.

Come sarà mostrato nelle analisi successive, una volta realizzati tutti gli interventi si osserva un incremento dei fattori di sicurezza del pendio, per cui si assume che gli interventi a lungo termine (asportazione totale/riduzione delle coltri instabili mediante gradonatura, opere di sostegno, pozzi e trincee drenanti) non possano più essere oggetto di spostamenti a causa del colamento delle masse instabili; questo non può invece essere valido per la porzione di terreno a valle che, in assenza di ulteriori sostegni, si ipotizza che continui secondo il fenomeno di colamento atteso anche in condizioni di lungo termine. Eventuali, imprevisi, movimenti profondi di versante dell'ordine dei 5/10 m dal nuovo profilo del versante ottenuto per riprofilatura, sono assegnati come spinta statica ai pozzi strutturali di sostegno delle pile del viadotto, in accordo con le ipotesi di progetto e come meglio descritto nelle relazioni di calcolo delle fondazioni a pozzo e nella relazione relativa ai criteri generali di calcolo delle fondazioni di cui al § 2.1

Gli spostamenti delle masse instabili e gli effetti di interazione con le opere di sostegno sono illustrati nel successivo capitolo, relativo alla modellazione numerica degli interventi stessi.

### 6.3 AZIONE SISMICA IN CONFIGURAZIONE PROVVISORIA DI SCAVO E DEFINITIVA

Nelle fasi di scavo transitorie, la cui durata è inferiore a 2 anni (vedasi paragrafo 2.4.1 delle NTC2008) le verifiche sismiche sono omesse.

Nelle fasi definitive è prevista l'applicazione dell'accelerazione pseudostatica all'intero versante, utilizzando l'approccio indicato dalle NTC 2008.

L'effetto dell'azione sismica di progetto sull'opera nel suo complesso che include il volume significativo di terreno, la struttura di sostegno, gli elementi strutturali e non strutturali nonché gli impianti, deve rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti, i cui requisiti di sicurezza sono indicati nel § 7.1 della norma vigente.

Per Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) si intende che l'opera a seguito del terremoto subisce rotture e crolli delle componenti non strutturali e impiantistiche e significativi danni di componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali (creazione di cerniere plastiche secondo il criterio della gerarchia delle resistenze), mantenendo ancora un margine di sicurezza (resistenza e rigidità) nei confronti delle azioni verticali.

La vita nominale ( $V_N$ ) dell'opera è stata assunta pari a 75 anni, la classe d'uso assunta è la III, il periodo di riferimento ( $V_R$ ) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso, vale quindi:

$$V_R = V_N C_u = 112.5 \text{ anni.}$$

Il valore di probabilità di superamento del periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente, è  $P_{VR}(SLV) = 10\%$ .

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio  Soci  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>											
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria  Mandanti  							<table border="1"> <tr> <td data-bbox="724 293 852 376">           COMMESSA IF28         </td> <td data-bbox="852 293 963 376">           LOTTO 01         </td> <td data-bbox="963 293 1091 376">           CODIFICA E ZZ CL         </td> <td data-bbox="1091 293 1251 376">           DOCUMENTO VI0302 000         </td> <td data-bbox="1251 293 1347 376">           REV. B         </td> <td data-bbox="1347 293 1482 376">           FOGLIO 19 di 115         </td> </tr> </table>					
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 19 di 115							

Il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$  espresso in anni vale:

$$T_R(\text{SLV}) = - \frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})} = 1068 \text{ anni}$$

Allo stato limite ultimo SLV in funzione della Latitudine e Longitudine del sito in esame si ha un valore dell'accelerazione pari ad  $a_g = 0.380 \text{ g}$ .

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è necessario determinare la categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche dell'area in esame. Sulla base dei depositi presenti in sito, si assume una categoria di sottosuolo di tipo C, "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250 \text{ kPa}$  nei terreni a grana fina").

Dal punto di vista geomorfologico le aree oggetto degli interventi possono essere classificabili come "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ". Di conseguenza la categoria topografica da prendere in considerazione è la T1.

Con riferimento alla categoria di sottosuolo e alle condizioni topografiche, si riporta di seguito il calcolo dell'accelerazione massima attesa al suolo:

$$a_{g,\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 1.179 \cdot 1.0 \cdot 0.380 = 0.448 \text{ g.}$$

dove S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ ).

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico (Mononobe-Okabe). In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. Nella valutazione della spinta dei terreni in condizioni sismiche si assume, in via conservativa, che la massa del terreno a monte sia partecipante. L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali date dal prodotto delle masse in gioco per le accelerazioni sismiche massime attese al suolo.

## 6.4 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

In accordo alle NTC2008 si sono considerate le combinazioni delle azioni nel seguito descritte in cui si indica con:

$G$  = azioni permanenti dovute al peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno; forze indotte dal terreno; forze dovute alla pressione dell'acqua.

$Q_k$  = azione variabile corrispondente al sovraccarico di 20 kPa.

- *Combinazione fondamentale* impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q_k$$

- *Combinazione caratteristica (rara)* impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE):

$$G + Q_k$$

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0302 000</td> <td>B</td> <td>20 di 115</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	20 di 115
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	20 di 115													

## 7 CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE) sono state effettuate nel rispetto dei criteri delle NTC2008.

In generale, le analisi degli stati limite di esercizio (SLE) sono utilizzate per ottenere informazioni circa gli spostamenti attesi sotto i carichi di esercizio e per verificarne l'ammissibilità nei confronti della funzionalità dell'opera.

Le analisi agli stati limite ultimi (SLU) sono impiegate per le verifiche di resistenza degli elementi strutturali e per le verifiche geotecniche.

### 7.1 VERIFICA NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, ovvero:

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

$$E_d = \gamma_E E \left( F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right)$$

con  $\gamma_E = \gamma_F$ , e dove  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

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

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto  $\gamma_F F_k$ , dei parametri di progetto  $X_k/\gamma_M$  e della geometria di progetto  $a_d$ .

L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come  $E_d = \gamma_E E_k$ . Nella formulazione delle resistenze  $R_d$ , compare esplicitamente un coefficiente  $\gamma_R$  che opera direttamente sulla resistenza del sistema.

La verifica della suddetta condizione 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 degli approcci previsti dalla normativa.

Le verifiche sono state sviluppate adottando per gli stati limite ultimi (SLU) di tipo strutturale (STR) e geotecnico (GEO):

- approccio 1, combinazione 1: A1+M1+R1 (STR);
- approccio 1, combinazione 2: A2+M2+R1 (GEO).



<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0302 000</td> <td>B</td> <td>21 di 115</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	21 di 115
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	21 di 115													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>																		

Le verifiche di stabilità del complesso opera di sostegno-terreno sono state condotte con:

- approccio 1, combinazione 2: A2+M2+R2 (GEO-stab).

I coefficienti parziali per le azioni (A), per i parametri geotecnici del terreno (M) e per le resistenze (R) sono in accordo alla Tab. 6.2.I, 6.2.II., 6.5.I e 6.8.I (stabilità) di cui alle NTC2008.

## 7.2 VERIFICHE AGLI SLE

Per ciascun stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'effetto delle azioni e  $C_d$  è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni. In condizioni di esercizio gli spostamenti dell'opera di sostegno dovranno essere compatibili con la funzionalità.

## 7.3 VERIFICHE STABILITÀ DEI PENDII ANTE-OPERAM E POST-OPERAM

Le verifiche di sicurezza dei pendii, secondo quanto riportato nelle NTC08 al § 6.3.4 e § 6.3.5, devono essere effettuate con metodi che tengano conto della forma e posizione della superficie di scorrimento, dell'assetto strutturale, dei parametri geotecnici e del regime delle pressioni interstiziali.

Nel caso di pendii in frana le verifiche di sicurezza devono essere eseguite lungo le superfici di scorrimento che meglio approssimano quella/e riconosciuta/e con le indagini.

Negli altri casi, la verifica di sicurezza deve essere eseguita lungo superfici di scorrimento cinematicamente possibili, in numero sufficiente per ricercare la superficie critica alla quale corrisponde il grado di sicurezza più basso.

Quando sussistano condizioni tali da non consentire una agevole valutazione delle pressioni interstiziali, le verifiche di sicurezza devono essere eseguite assumendo le condizioni più sfavorevoli che ragionevolmente si possono prevedere. Per tale motivo sono state eseguite analisi di sensibilità dei parametri geotecnici e delle condizioni idrauliche lungo il pendio, come descritto nel successivo capitolo 9.

Il livello di sicurezza è espresso,  $\gamma$ , come rapporto tra resistenza al taglio disponibile, presa con il suo valore caratteristico, e sforzo di taglio mobilitato lungo la superficie di scorrimento effettiva o potenziale.

Il grado di sicurezza ritenuto accettabile dal progettista deve essere giustificato sulla base del livello di conoscenze raggiunto, dell'affidabilità dei dati disponibili e del modello di calcolo adottato in relazione alla complessità geologica e geotecnica, nonché sulla base delle conseguenze di un'eventuale frana/movimento del terreno.

Nel caso specifico, i coefficienti di sicurezza sono stati valutati mediante la procedura descritta al § 8.8.

## 7.4 VERIFICA DELLA STABILITÀ DELLE OPERE DI SOSTEGNO

La valutazione della stabilità delle opere di sostegno è basata sull'esame dei valori di spinta passiva mobilitata al piede dalle paratie in condizioni SLU e dei massimi spostamenti attesi in condizioni SLE.

La verifica SLU è condotta, in accordo alla normativa (par. 6.5.3.1.2 doc. rif.4), secondo l'Approccio 1 - Combinazione 2, ovvero A2+M2+R1; si verifica che il rapporto tra la risultante della spinta passiva e della spinta effettiva nel tratto infisso non sia maggiore o uguale a 1 affinché non sia violato il criterio di resistenza.

In condizioni di esercizio SLE, i valori degli spostamenti dell'opera di sostegno e del terreno circostante devono essere compatibili con la funzionalità della struttura da realizzare e con la sicurezza e funzionalità dei manufatti adiacenti.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti   						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 22 di 115

## 8 CRITERI DI MODELLAZIONE DEI VERSANTI E DELLE OPERE DI STABILIZZAZIONE

### 8.1 MODELLAZIONE NUMERICA E CODICE DI CALCOLO

Al fine di rappresentare il comportamento delle opere di sostegno lungo il versante, tenendo conto delle interazioni reciproche tra opera e terreno e tra le varie opere ed il terreno, nonché dei movimenti del versante sono state sviluppate delle analisi con il codice di calcolo Flac 2D (Versione 8.0) (Fast Lagrangian Analysis of Continua), sviluppato da Itasca Consulting Group di Minneapolis USA. Tale codice permette di analizzare problemi di meccanica del continuo, determinando gli stati tensionali e deformativi, in campo bidimensionale o assialsimmetrico, in equilibrio con le azioni esterne applicate e compatibilmente con le leggi costitutive adottate per i materiali, ricorrendo al metodo delle differenze finite, sia in campo statico che dinamico. Le analisi, inoltre, possono essere condotte in condizioni di flusso idraulico, in modalità accoppiata o con pressioni neutre preventivamente fissate.

Il codice di calcolo FLAC usa uno schema di soluzione “esplicito condizionatamente stabile”, la cui sequenza di calcolo iterativo, illustrata schematicamente nella figura seguente, comprende i seguenti passi:

- per ogni nodo della griglia si valuta la massa  $m$ , la risultante delle forze esterne  $F_e$  (gravità, carichi esterni...), la risultante delle forze interne  $F_i$ , calcolata per integrazione degli sforzi nelle zone collegate al nodo stesso, così che è possibile determinare la forza squilibrata agente sul nodo  $F_u$  (unbalanced force  $F_u = F_e - F_i$ );
- per ogni grid-point si scrive l'equazione di Newton  $F_u = m \cdot a$ , tramite la quale è possibile determinare l'accelerazione del nodo in esame; integrando due volte l'accelerazione si ottiene la velocità e lo spostamento incrementale di ogni nodo;
- dal campo di spostamenti incrementali, è possibile risalire al campo di deformazioni incrementali e quindi, attraverso il legame costitutivo dei materiali, al campo di variazioni degli sforzi nel reticolo;
- la variazione degli sforzi comporta la modifica, per ogni nodo della griglia, della risultante delle forze interne e conseguentemente la necessità di rideterminare la  $F_u$ , dando inizio ad un nuovo passo di calcolo. Il processo iterativo ha termine qualora si ottenga una forza squilibrata che abbia un valore minore di una tolleranza prestabilita.

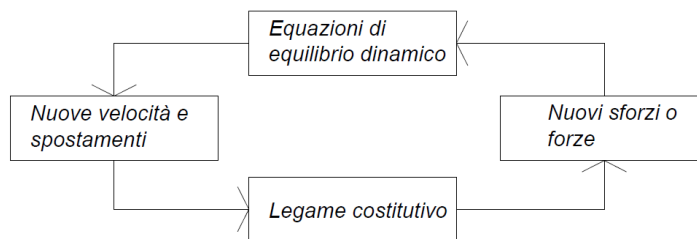


Figura 8.1. Fasi tipiche di computazione numerica di un modello Flac

Nell'ambito delle analisi condotte il versante in esame, sono state adottate leggi costitutive di tipo elastico lineare per le strutture e leggi elasto-plastiche per il terreno naturale. Più nel dettaglio per la modellazione del terreno si è utilizzato un legame costitutivo tipo Hardening Soil (terreno incrudente), descritto nel seguito.

Il modello di calcolo, come accennato, è in grado di simulare l'interazione tra scheletro solido e acqua in condizioni drenate o non drenate. Differenti condizioni di flusso possono essere applicate ai nodi della mesh di calcolo per simulare moti di filtrazione con superficie piezometrica fissa o variabile nel tempo

Nel paragrafo § 8.5 sono riportati alcuni dettagli relativamente alle diverse condizioni idrauliche utilizzate all'interno delle sezioni di calcolo analizzate.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span> 	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span> 	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 23 di 115

## 8.2 MODELLAZIONE DEL VERSANTE

In totale sono stati realizzati due modelli di calcolo, uno per il versante est, uno per il versante ovest, adottando in entrambi i casi i medesimi criteri sotto descritti.

La modellazione dei versanti è partita attraverso l'importazione dei file .dxf all'interno del software di calcolo Flac 8.0; questa operazione consente di riprodurre il più fedelmente possibile la geometria esistente, evitando così riprofilature che possano compromettere i risultati delle analisi, specie per quanto riguarda le analisi di stabilità ante-operam, ove le effettive pendenze del piano campagna possono condurre alla determinazione di fattori di sicurezza non veritieri.

I due versanti sono stati modellati mediante elementi griglia, cercando di mantenere l'ordine degli elementi – rigorosamente poligoni composti da 4 lati – tale per cui siano rispettati gli andamenti stratigrafici evidenziati dalla campagna di indagini e dalla caratterizzazione geotecnici, nonché la profondità degli scavi e la posizione degli elementi destabilizzanti da introdurre nelle successive fasi di calcolo; questi ultimi elementi possono essere introdotti qualora nel modello sia prevista la realizzazione di un bordo interno, appositamente realizzato in corrispondenza della loro posizione prevista da progetto.

La dimensione del modello di calcolo realizzato per le analisi numeriche dell'intero versante Est è circa pari a 460 x 180 m; il modello del versante ovest presenta dimensioni circa pari a 340 x 140 m; entrambi i modelli sono sufficientemente estesi in larghezza e profondità per evitare disturbi sulla griglia interna dettate dalle condizioni di vincolo al contorno. Le analisi sono state eseguite prevedendo ai bordi laterali dei modelli il posizionamento di carrelli in direzione orizzontale, così da impedire gli spostamenti in tale direzione, e cerniere alla base ad impedire spostamenti in entrambe le direzioni x e y.

## 8.3 MODELLAZIONE DELLE OPERE DI SOSTEGNO E DELLE FONDAZIONI

Per la modellazione dei pali impiegati per la stabilizzazione del versante si sono adoperati elementi strutturali "beam", rappresentati da tre gradi di libertà (traslazione in x, traslazione in y e rotazione – vedi Figura 8.2) su ciascun nodo da cui essi sono composti. I nodi di tali elementi sono "collegati" al terreno circostante, sia a monte che a valle dell'opera di sostegno, attraverso un'interfaccia che consente di simulare l'interazione frizionale esistente tra muro e terreno stesso. Nella figura seguente viene rappresentato un elemento di trave "beam" con i nodi ai propri estremi; anche per tali elementi è valido lo schema di soluzione "esplicito condizionatamente stabile" ampiamente descritto al paragrafo § 8.1, a partire dalla valutazione degli spostamenti dei nodi nelle due direzioni principali.

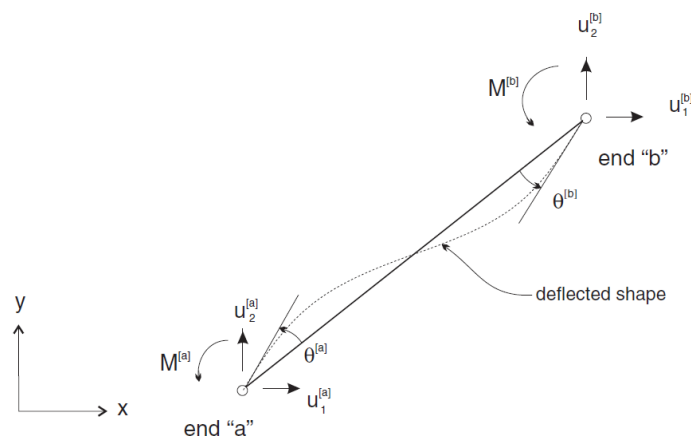


Figura 8.2. Elementi "Beam" FLAC 8.0

Tutte le restanti opere, tra cui le fondazioni profonde e i muri cellulari tipo "crib-wall" sono modellate mediante elementi griglia che sono rispettivamente "attaccati" al terreno circostante o "legati" agli elementi beam mediante interfaccia attrittiva.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span> 	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span> 							<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0302 000</td> <td>B</td> <td>24 di 115</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	24 di 115													

## 8.4 LEGGI DI COMPORTAMENTO DEI MATERIALI

### 8.4.1 Terreno

Per il terreno è stato utilizzato un modello costitutivo elasto-plastico incrudente tipo “Hardening Soil”, tramite il quale è possibile descrivere con maggiore dettaglio il comportamento del terreno lontano dalle condizioni di rottura. È un modello elastoplastico incrudente in cui l’incrudimento è funzione sia delle deformazioni distorsionali plastiche, sia delle deformazioni volumetriche plastiche. Il modello è quindi in grado di simulare, tra l’altro, la riduzione irreversibile di volume di un terreno sottoposto a compressione lungo percorsi di carico proporzionali (es. carico isotropo, edometrico) a partire da una condizione di normal-consolidazione.

In tale modello, come in quello di Mohr Coulomb, la legge di resistenza è di tipo attritivo, caratterizzata dalla coesione  $c'$  e dall’angolo di attrito  $\phi'$ . L’angolo di dilatanza  $\Psi$  è posto uguale  $0^\circ$ .

La rigidezza del terreno è descritta in maniera più accurata attraverso l’utilizzo di 2 differenti valori del modulo di rigidezza: il modulo secante ( $E_{50,ref}$ ) al 50% della resistenza del materiale, calcolato alla pressione  $p_{ref}$  (pari a 100 kPa) e il corrispondente modulo di scarico-ricarico  $E_{ur,ref}$ .

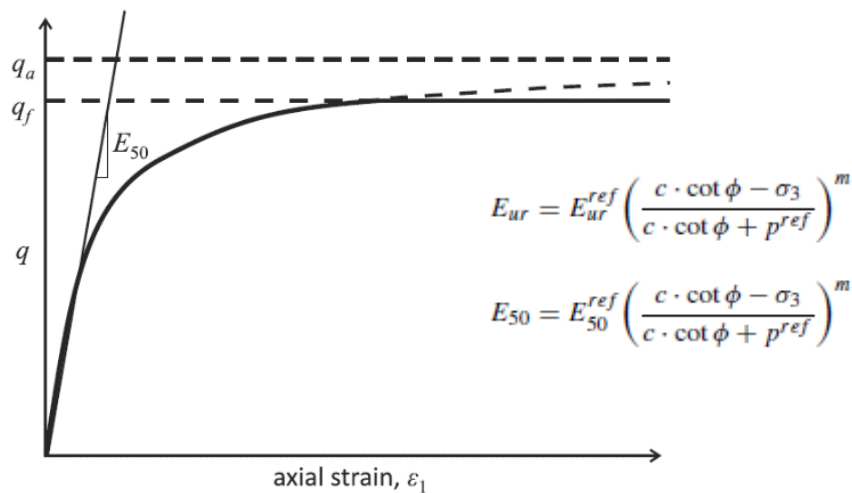


Figura 8.3. Modello costitutivo Hardening Soil

### 8.4.2 Strutture di sostegno e opere di fondazione

Per le strutture di sostegno, modellate mediante elementi strutturali “beam” è valido il modello costitutivo elastico lineare, sia per la fase di compressione che per la fase di trazione dell’elemento.

Tutte le restanti opere, tra cui le fondazioni profonde e i muri cellulari di finitura, modellate mediante elementi griglia, sono considerate con comportamento elastico perfettamente plastico (modello costitutivo di Mohr-Coulomb), così da tener conto della non linearità del comportamento caratteristico del materiale.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span> <span style="margin-left: 50px;"></span> <span style="margin-left: 50px;"></span>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span> <span style="margin-left: 50px;"></span> <span style="margin-left: 50px;">Alpina</span>							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 25 di 115

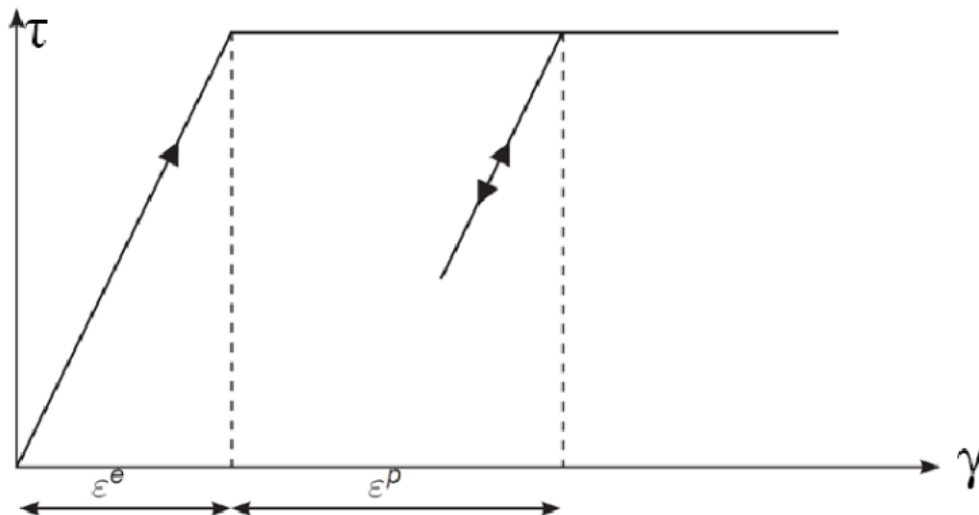


Figura 8.4. Modello costitutivo Mohr-Coulomb

### 8.5 MODELLAZIONE DELLE CONDIZIONI IDRAULICHE

La modellazione delle pressioni neutre e delle forze di filtrazione lungo il pendio è un elemento di particolare importanza per le analisi di stabilità, come evidente dalle considerazioni svolte sulla stabilità ante-operam dei versanti al variare del regime delle pressioni neutre (si veda in proposito il § 9).

Per condurre le analisi meglio descritte nei successivi capitoli, si sono utilizzati i seguenti approcci numerici:

- in condizioni stazionarie la falda è assunta come una superficie libera parralla al pendio ipotizzando che la permeabilità del materiale non sia tale da consentire l'innesco di moti di filtrazione.
- in condizioni di flusso e completa saturazione delle coltri instabili, le forze di filtrazione sono state tenute in conto introducendo nei modelli una forza di filtrazione pari a quella che si avrebbe in condizioni di pendio indefinito.

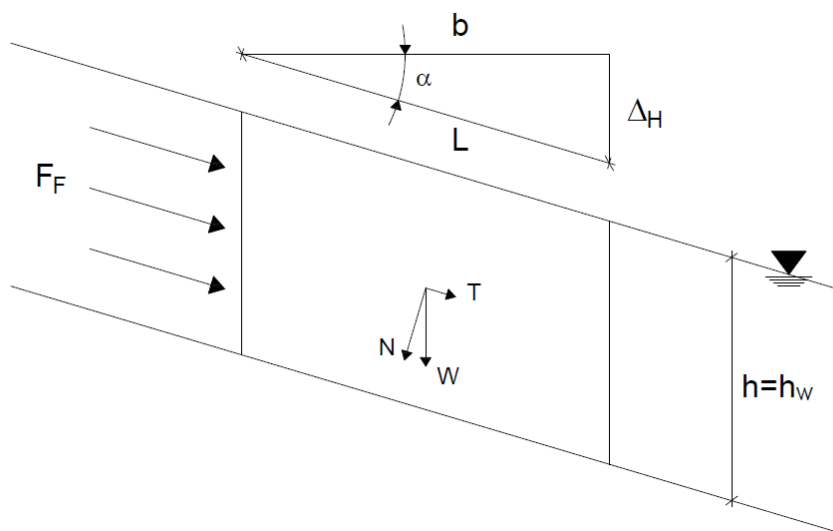


Figura 8.5. Schema modello di filtrazione di un pendio indefinito

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span> 		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span> 		<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>		COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0302 000</b>	REV. <b>B</b>	FOGLIO <b>26 di 115</b>

Applicando le note formulazioni per le condizioni di flusso in un pendio indefinito, facendo riferimento alla Figura 8.5, si ottiene:

$$F_F = \gamma_w \cdot i \cdot h_w \cdot b$$

$$i = \frac{\Delta H}{L} = \frac{L \cdot \sin \alpha}{L} = \sin \alpha$$

$$\rightarrow F_F = \gamma_w \cdot \sin \alpha \cdot h_w \cdot b = p_i \cdot h_w \cdot b$$

dove  $F_F$  rappresenta la forza di filtrazione e  $p_i$  la pressione idrodinamica da applicare al modello di calcolo per tenere conto delle forze di filtrazione generate dal flusso dell'acqua lungo il pendio.

Nei modelli numerici la quota di falda nelle condizioni geostatiche iniziali è assunta circa coincidente con il piano campagna originario, come mostrato nella seguente figura.

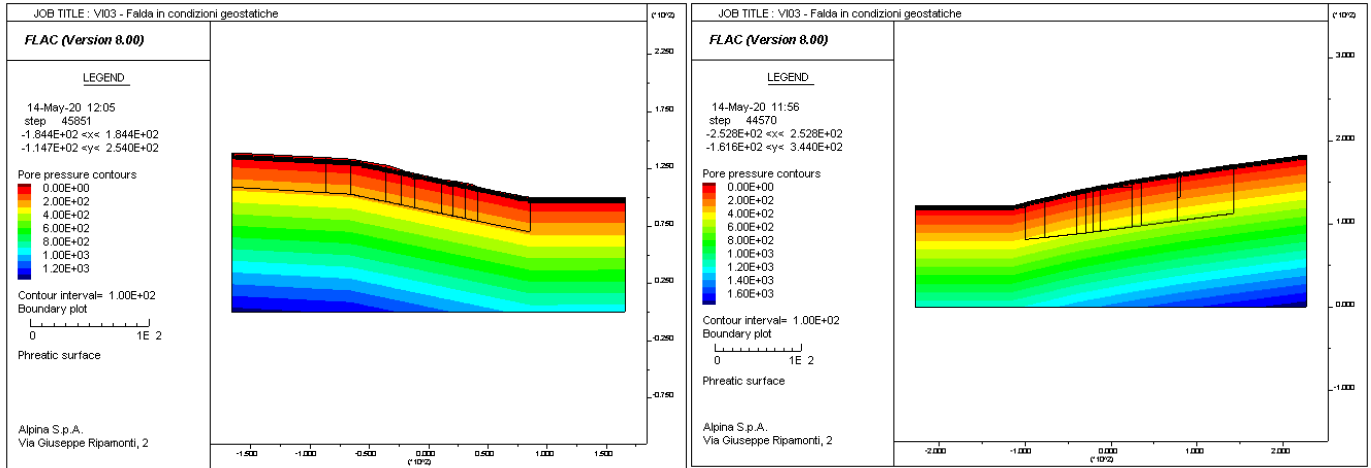


Figura 8.6. Condizioni idrauliche iniziali Versante Est e Versante Ovest – falda a piano campagna

Al procedere degli scavi la falda viene progressivamente abbassata a partire da monte; per favorire tale abbassamento della falda di versante sono inseriti appositi tubi drenanti nelle paratie di pali.

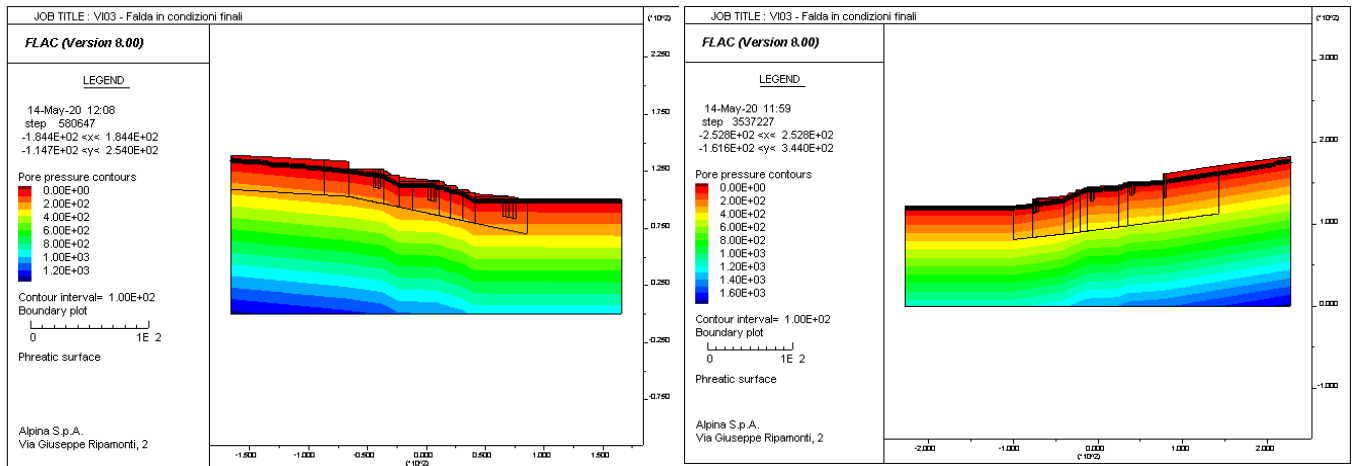


Figura 8.7. Condizioni idrauliche finali Versante Est e Versante Ovest

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0302 000</td> <td>B</td> <td>27 di 115</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	27 di 115
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	27 di 115													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>																		

Si noti che nelle porzioni a monte dei piazzali - delimitati dalle opere di sostegno - la falda di lungo termine potrebbe salire di livello rispetto a quanto rappresentato nei modelli, ma tale ipotesi è stata mantenuta per semplicità di analisi e stabilità numerica, non essendo le opere di sostegno dei piazzali e le porzioni di pendio a tergo degli stessi oggetto della presente trattazione e - dette condizioni - non avendo influenza sulle problematiche di stabilità nel seguito analizzate.

Nelle fasi a lungo termine la falda viene posizionata in corrispondenza delle nuove quote raggiunte dalla gradonatura al di sotto degli eventuali strati aridi di ritombamento che si presumono drenanti. Tale quota, in funzione della altezza degli scavi effettuati si colloca a profondità variabili tra 2 e 10 m circa dal p.c. originario in funzione della entità dello scavo realizzato per eseguire il terrazzamento del pendio.

A favore di sicurezza è trascurato il contributo benefico delle trincee drenanti, mentre per le paratie filtranti si assume che, per la loro configurazione a pettine, esse non costituiscano un vincolo impermeabile al deflusso delle acque da monte verso valle.

### 8.6 MODELLAZIONE DEI MOVIMENTI DI FRANA

Come accennato in precedenza si è assunto che le coltri instabili possano subire spostamenti di 1.5 cm all'anno per una durata di 2 anni, pari alla prevista durata degli scavi.

Per tenere conto del fatto che durante i lavori le opere saranno soggette a movimenti del versante, non ancora stabilizzati nel modello le azioni aggiuntive delle coltri sulle opere di sostegno sono state simulate attraverso l'introduzione di un campo di velocità impresso che interessa integralmente il supposto strato instabile ed in movimento. L'andamento del campo di velocità è assunto di forma parabolica, come ipotizzabile dato il carattere di "colamento" delle instabilità osservate.

Per implementare tale soluzione all'interno del codice FLAC, si è fatto uso del linguaggio di programmazione FISH, disponibile come parte integrante del software, che consente la stesura di comandi definiti dall'utente. Nel caso in esame si è ricavata l'equazione della parabola come mostrato in Figura 8.8 e la si è imposta ad ogni nodo della griglia in funzione della sua posizione relativa rispetto al piano campagna.

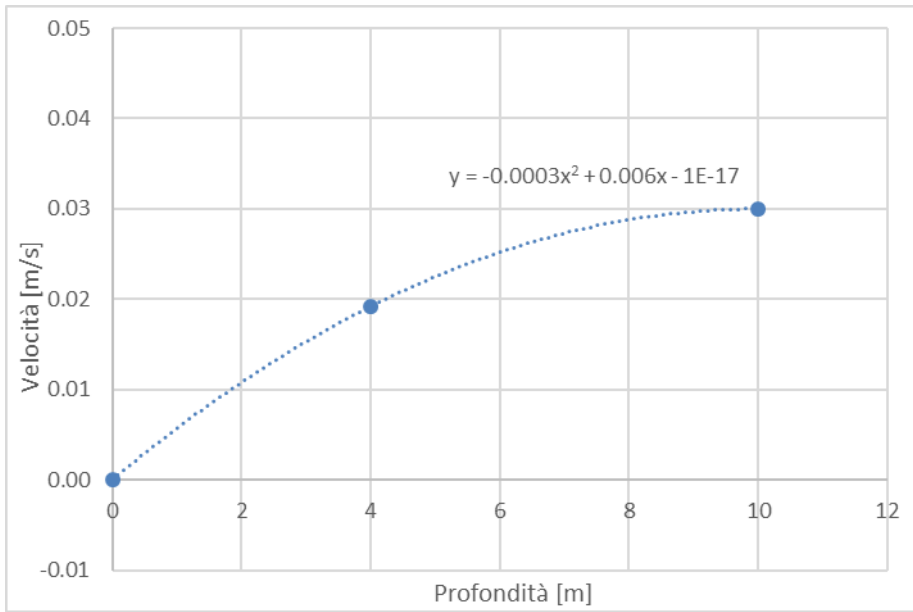


Figura 8.8. Equazione della parabola delle velocità della coltre franosa

L'immagine seguente mostra l'imposizione del profilo di spostamenti nelle coltri instabili adottando un andamento parabolico che trova il punto di nullo alla profondità 5 o 10 m in base alla potenza della coltre stessa.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio Soci 	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria Mandanti 													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">VI0302 000</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">28 di 115</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	28 di 115
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	28 di 115								

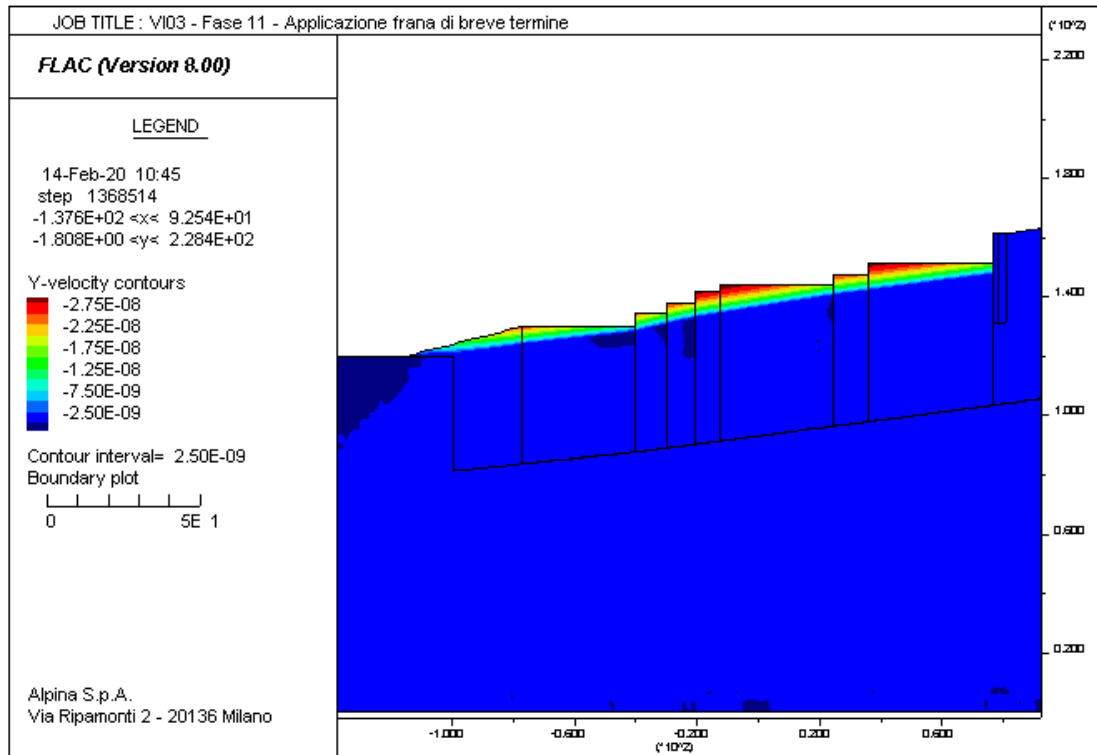


Figura 8.9. Andamento della velocità di frana decrescente con la profondità

## 8.7 MODELLAZIONE DELL’AZIONE SISMICA

L’azione sismica è applicata adottando un approccio di tipo pseudostatico, assumendo i valori delle azioni descritte al § 6.3. Per la valutazione di tale azione si è adottato il metodo pseudostatico, calcolando il coefficiente sismico orizzontale secondo le prescrizioni della normativa (NTC2008):

$$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot \left( \frac{a_{max}}{g} \right)$$

dove:

- $a_{max}$  è l’accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- $\alpha$  è il coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 14/01/2008);
- $\beta$  è il coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 14/01/2008).

Nel modello FLAC l’effetto del sisma è ottenuto applicando un incremento di spinta del terreno valutato secondo la teoria di Mononobe-Okabe, agente direttamente sulla paratia secondo una distribuzione uniforme sull’intera altezza dell’opera.

$$\Delta S_E = \left[ \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot (K_{AE} - K_a) \right] / H$$



<b>APPALTATORE:</b> Consorzio Soci 	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>						
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria Mandanti 							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA IF28</td> <td>LOTTO 01</td> <td>CODIFICA E ZZ CL</td> <td>DOCUMENTO VI0302 000</td> <td>REV. B</td> <td>FOGLIO 29 di 115</td> </tr> </table>	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 29 di 115
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 29 di 115		

dove  $\gamma$  rappresenta il peso dell'unità di volume della formazione con la quale l'opera interagisce,  $H$  rappresenta l'altezza totale dell'opera (comprensiva del tratto infisso),  $K_{AE}$  e  $K_a$  rappresentano i coefficienti di spinta attiva in condizioni sismiche e statiche rispettivamente.

La formulazione del metodo di Mononobe e Okabe, utilizzata nel calcolo è la seguente:

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi' - \psi - \beta)}{\cos \psi \cdot \cos^2 \beta \cdot \cos(\beta + \delta + \psi) \cdot \left[ 1 + \frac{\sin(\delta + \phi') \cdot \sin(\phi' - i - \psi)}{\cos(\beta + \delta + \psi) \cdot \cos(i - \beta)} \right]^2}$$

con  $\phi$ : angolo di attrito del terreno,  $\beta$ : inclinazione del paramento,  $\delta$ : angolo di attrito terra-muro,  $i$ : inclinazione del terreno a monte,  $\psi = \tan^{-1}(k_h / (1 \pm k_v))$ ,  $k_h$ : coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$ : coefficiente sismico verticale.

Per la valutazione della spinta passiva si assume  $\alpha$  variabile tra 0.60-0.80 e  $\beta$  variabile tra 0.37-0.42 in funzione della lunghezza della paratia in esame (§7.11.6.3.2 del DM 14/01/2008). Il coefficiente sismico verticale,  $k_v$ , si assume pari a 0 (§7.11.6.3 del DM 14/01/2008).

## 8.8 VERIFICHE DI STABILITÀ DEI VERSANTI

Le verifiche di stabilità dei versanti ante e post operam sono state condotte con gli stessi modelli alle differenze finite, in modo da verificare il raggiungimento dei requisiti richiesti dalla norma, richiamati al § 7.3.

All'inizio dell'analisi e al termine della modellazione agli elementi finiti che simula i progressivi scavi di ribasso, viene eseguita una modellazione tipo c-phi reduction, dove vengono progressivamente diminuiti i parametri di resistenza del terreno sino a giungere alla condizione di instabilità. L'analisi di stabilità è stata effettuata a partire da parametri geotecnici caratteristici, in accordo con quanto previsto dal DM 2008 per la verifica di stabilità globale dei versanti naturali (cfr. § 7.3). Il coefficiente di riduzione viene considerato come fattore di sicurezza e deve pertanto risultare maggiore di 1; le immagini seguenti mostrano un output tipico delle analisi, dal quale si ricava direttamente il fattore di sicurezza.

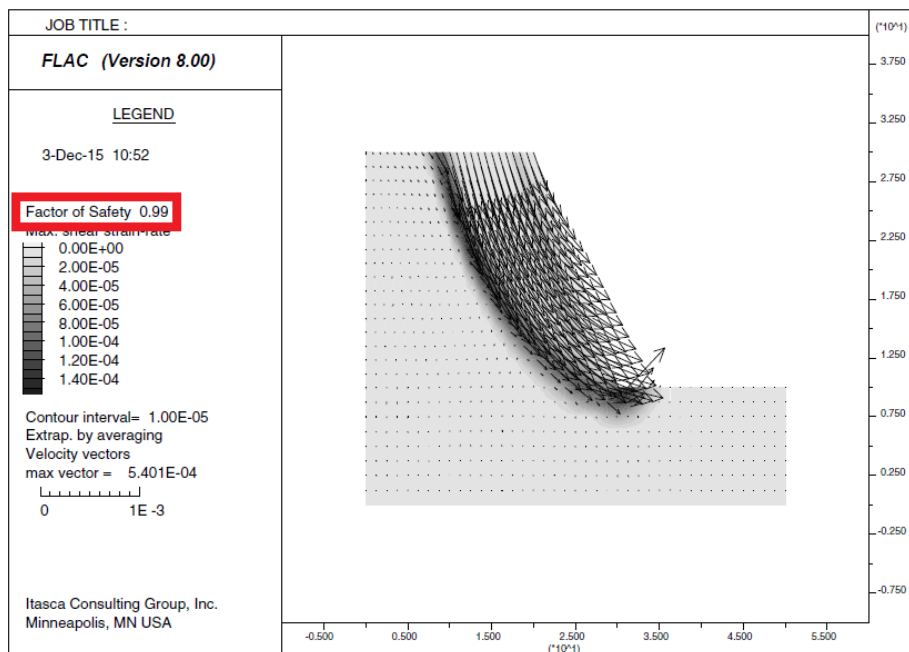


Figura 8.10. Output tipico analisi tipo c-phi reduction

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span> 	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>				
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span> 					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>					
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 30 di 115

## 9 CONSIDERAZIONI SULLA STABILITÀ DEI VERSANTI ANTE-OPERAM

### 9.1 DISAMINA DELLE PROBLEMATICHE IN ATTO

Come accennato al paragrafo § 4.1, il contesto geomorfologico in cui si inserisce il Viadotto Ufita Rocchetta - VI03 è caratterizzato dalla presenza sul versante Ovest di una frana attiva per colamento con spessori dell'ordine di 5÷7 m, e sul versante Est, pur non essendo stato rilevato a livello morfologico un movimento franoso attivo, di una coltre di oltre 10 m di spessore con caratteristiche meccaniche paragonabili al versante Ovest.

La natura dei movimenti osservati e la tipologia dei terreni presenti in sito porta a ritenere, sulla base dei dati ad oggi disponibili, che si tratti di movimenti assimilabili a colamenti, per i quali le condizioni di saturazione del versante e la presenza di eventuali moti di filtrazione lungo il pendio possono creare le condizioni di innesco dei movimenti osservati. Le letture degli inclinometri installati lungo il pendio potranno fornire in tempi più lunghi dati per supportare o meno le considerazioni effettuate di seguito.

Per indagare le condizioni di stabilità ante-operam dei versanti e determinare i fattori di sicurezza - in relazione ai parametri geotecnici ipotizzati per le coltri instabili e alle condizioni di saturazione - sono state effettuate alcune analisi di sensibilità iniziali al variare dei suddetti parametri e delle condizioni idrauliche.

Si è preso a riferimento il versante Ovest - nel quale si sono effettivamente osservati i movimenti di scivolamento superficiali - imponendo al modello di calcolo diverse ipotesi relative a parametri geotecnici e alla saturazione/fluxo dell'acqua mediante le procedure descritte al § 8.8. I risultati di queste analisi sono riportati nei paragrafi successivi.

### 9.2 ANALISI DI STABILITÀ DEL VERSANTE OVEST

Un primo set di analisi è stato effettuato al variare delle condizioni di saturazione del versante, in assenza di moti di filtrazione lungo il pendio. Imponendo il livello di saturazione, con relativo battente idraulico fino a 1.0-1.5 m dal piano campagna, si osserva che il pendio - pur essendo in condizioni quasi sature - mantiene un fattore di sicurezza di circa 1.40, come mostrato nella successiva figura. Nelle simulazioni effettuate la coesione efficace del materiale è assunta pari a circa 3 kPa, come da caratterizzazione geotecnica.

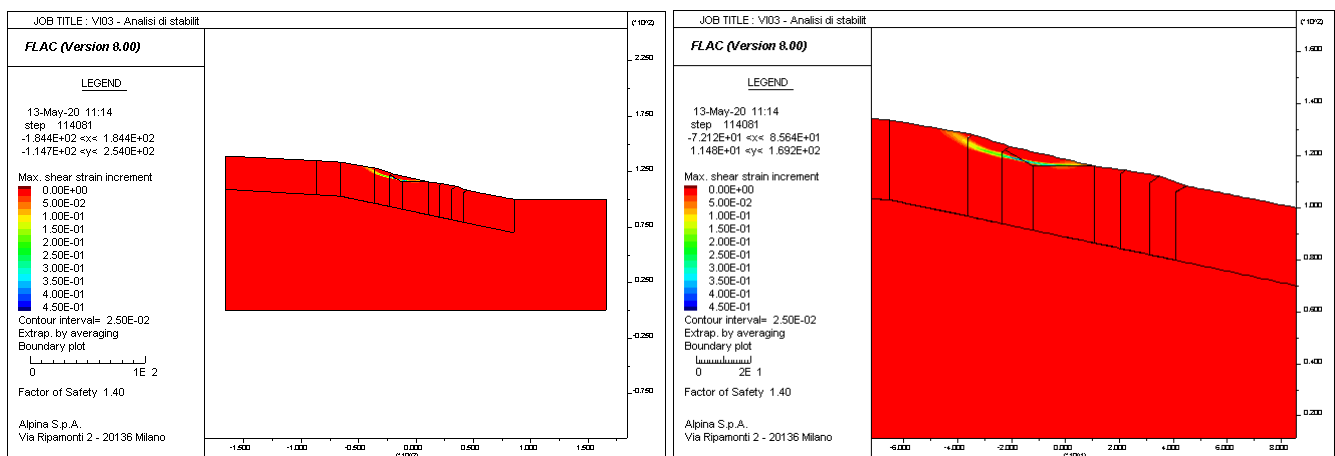


Figura 9.1. Analisi di stabilità del piedo ante-operam – condizioni di saturazione/assenza di moti di filtrazione – Versante Ovest

Tuttavia, pur a fronte del coefficiente di sicurezza restituito dal modello di calcolo - come anticipato in precedenza - le letture degli inclinometri posti lungo il versante in oggetto, hanno mostrato che le coltri superficiali presentano spostamenti dell'ordine di 1.5 cm/anno circa; tale fenomeno, potrebbe essere innescato dalla presenza di moti di

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span> 	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span> 	
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>	
COMMESSA <span style="margin-left: 50px;">LOTTO</span> <span style="margin-left: 50px;">CODIFICA</span> <span style="margin-left: 50px;">DOCUMENTO</span> <span style="margin-left: 50px;">REV.</span> <span style="margin-left: 50px;">FOGLIO</span> IF28 <span style="margin-left: 50px;">01</span> <span style="margin-left: 50px;">E ZZ CL</span> <span style="margin-left: 50px;">VI0302 000</span> <span style="margin-left: 50px;">B</span> <span style="margin-left: 50px;">31 di 115</span>	

filtrazione lungo il versante, con associata perdita della pur modesta coesione efficace/apparente, probabilmente dovuta alla parziale desaturazione della coltre stessa durante la stagione secca. I movimenti, pertanto, potrebbero essere innescati proprio da una perdita di coesione apparente della coltre superficiale, a seguito degli innalzamenti della falda lungo il versante, associata alla contestuale presenza di forze filtranti lungo il pendio dopo forti piogge con conseguente saturazione del versante stesso.

Come descritto al § 8.5, in un pendio in condizioni sature - caratterizzato da materiale permeabile – si instaura un moto di filtrazione che - nelle analisi di stabilità ante-operam - è stato modellando in forma semplificata aggiungendo ai nodi di griglia una pressione idrodinamica pari a:

$$p_i = \gamma_w \cdot i = \gamma_w \cdot \sin \alpha = \gamma_w \cdot 0.22 = 2.2 \frac{kN}{m^3}$$

assumendo una pendenza media del pendio pari a circa 13°.

Imponendo tale pressione idrodinamica per i primi 5 m circa di coltre di materiale e annullando la coesione efficace, il fattore di sicurezza alla stabilità globale decresce fino 0.90, come mostrato nella successiva figura: ciò dimostra la possibilità di innesco di un fenomeno di colamento che viene ad instaurarsi a seguito dell'innalzamento dei livelli idrici e dei possibili conseguenti moti di filtrazione lungo il versante.

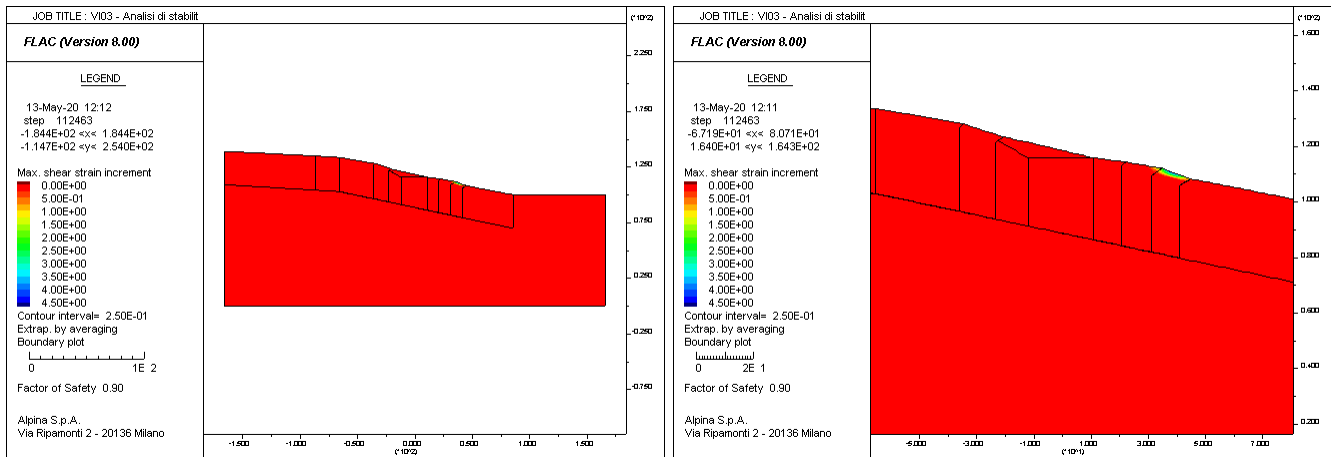


Figura 9.2. Analisi di stabilità del piedo ante-operam (presenza di moti di filtrazione) – Versante Ovest

È possibile dunque ipotizzare che il versante, come appurato dalla campagna indagini, nelle condizioni più severe possa evidenziare fenomeni di instabilità, ancorché superficiali; tali movimenti sarebbero conseguenza dell'innalzamento del livello idrico associato a perdita di coesione apparente e moti di filtrazione.

## 9.1 ANALISI DI STABILITÀ DEL VERSANTE EST

Considerazioni simili possono essere ripetute per il versante Est. Un primo set di analisi è stato effettuato al variare delle condizioni di saturazione del versante, in assenza di moti di filtrazione lungo il pendio. Imponendo il livello di saturazione, con relativo battente idraulico fino a 1.0-1.5 m dal piano campagna, si osserva che il pendio - pur essendo in condizioni quasi sature - mantiene un fattore di sicurezza di circa 1.10, come mostrato nella successiva figura, pur in presenza di una concentrazione di deformazioni lungo una superficie posta a 10-12 m di profondità dalla superficie.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span> 	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span> 													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0302 000</td> <td>B</td> <td>32 di 115</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	32 di 115
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	32 di 115								

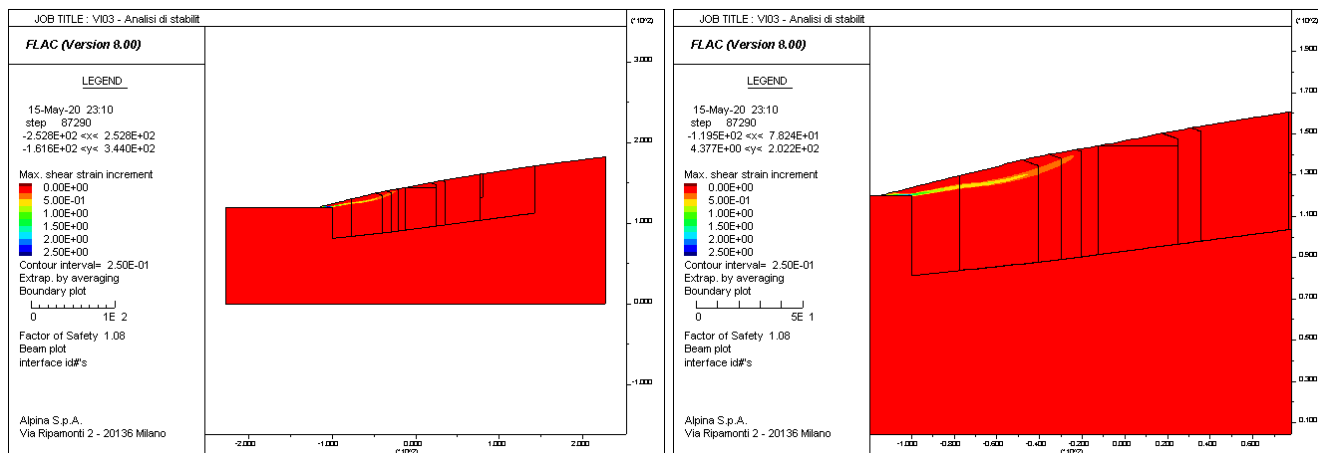


Figura 9.3. Analisi di stabilità del piedo ante-operam – condizioni di saturazione/assenza di moti di filtrazione – Versante Est

Tuttavia, come anticipato in precedenza per il versante Ovest, la presenza di moti di filtrazione lungo il versante, con associata perdita della coesione efficace/apparente, probabilmente dovuta alla parziale desaturazione della coltre stessa durante la stagione secca, potrebbero innescare movimenti della coltre superficiale.

Pertanto, similamente a quanto fatto per il versante Ovest, l'applicazione di una pressione idrodinamica che simula l'instaurarsi di un moto di filtrazione e la conseguente perdita di coesione data da tale fenomeno, conduce il fattore di sicurezza alla stabilità globale del versante Est a decrescere fino a circa 0.80, come mostrato nella successiva figura.

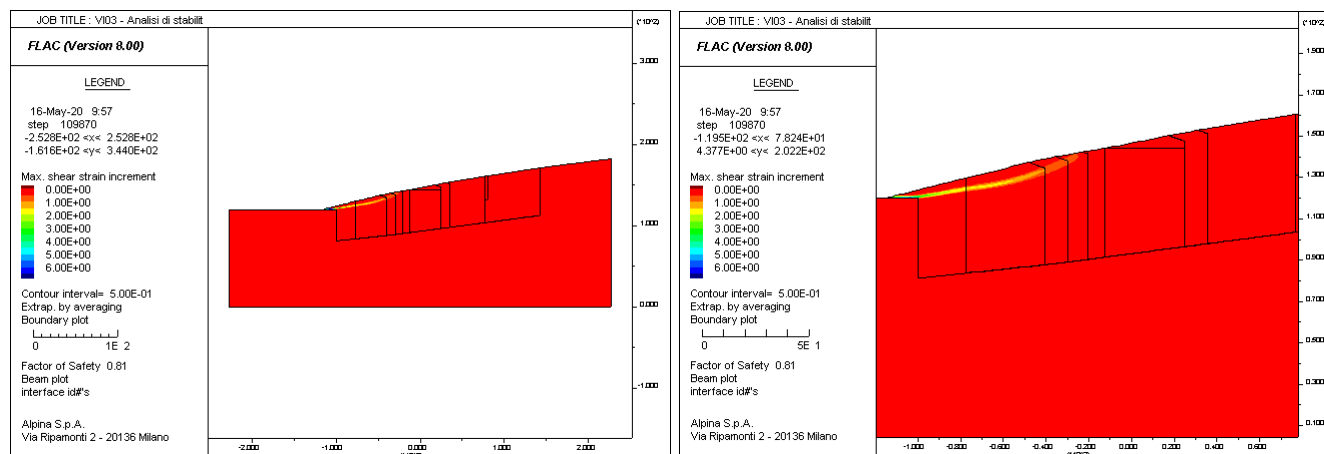


Figura 9.4. Analisi di stabilità del piedo ante-operam (presenza di moti di filtrazione) – Versante Est

È possibile dunque ipotizzare che come per il versante Ovest, il versante Est nelle condizioni più severe possa evidenziare fenomeni di instabilità, con profondità dell'ordine dei 10-12m; tali movimenti potrebbero essere anch'essi conseguenza dell'innalzamento del livello idrico associato a perdita di coesione apparente e moti di filtrazione. Come detto in precedenza la campagna di monitoraggio in corso potrà confermare o meno tale ricostruzione, mettendo a disposizione maggiori dati per poter effettuare delle back-analisi più accurate di stabilità dei pendii.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0302 000</td> <td>B</td> <td>33 di 115</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	33 di 115
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	33 di 115													

## 9.2 CONSIDERAZIONI CIRCA LE CONDIZIONI DI DRENAGGIO DEI VERSANTI E LA SCELTA DELLE OPERE DI STABILIZZAZIONE

Le analisi condotte mostrano che le condizioni di stabilità dei versanti, potrebbero essere influenzate dalle condizioni di drenaggio dei versanti stessi.

Da questo punto di vista, opere di sostegno e stabilizzazione degli scavi rigide, ma impermeabili - quali le diaframmate previste nel progetto originario – potrebbero peggiorare le condizioni di stabilità a monte dovute ad un innalzamento permanente dei livelli di falda.

Viceversa, opere di stabilizzazione permeabili quali pali isolati, paratie filtranti ecc., possono assicurare nel tempo il drenaggio del versante e quindi impedire la nascita di sovrappressioni neutre instabilizzanti.

Le analisi di stabilità ante-operam, ponendo in luce l'importanza del drenaggio sulla stabilità del versante, hanno orientato le scelte progettuali verso l'applicazione di paratie di pali filtranti, più flessibili, ma in grado di garantire condizioni drenate delle coltri nel tempo.

Le trincee drenanti descritte nel precedente § 5.1 completano le opere di stabilizzazione dei versanti, in coerenza con l'orientamento progettuale adottato.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI</b> <b>VERSANTI</b>	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 34 di 115

## 10 OPERE DI STABILIZZAZIONE E SOSTEGNO VERSANTE EST

### 10.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

La figura seguente riporta il modello di calcolo Flac 2D utilizzato per le verifiche di stabilità del Versante Est.

Come accennato in precedenza, la dimensione del modello di calcolo realizzato per le analisi numeriche dell'intero versante Est è di dimensioni circa pari a 460 x 180 m, per evitare disturbi dettati dalle condizioni al contorno. L'analisi, eseguita in condizioni di deformazioni piane, prevede ai bordi laterali del modello il posizionamento di carrelli in direzione orizzontale, così da impedire gli spostamenti in tale direzione, e cerniere alla base ad impedire spostamenti in entrambe le direzioni x e y.

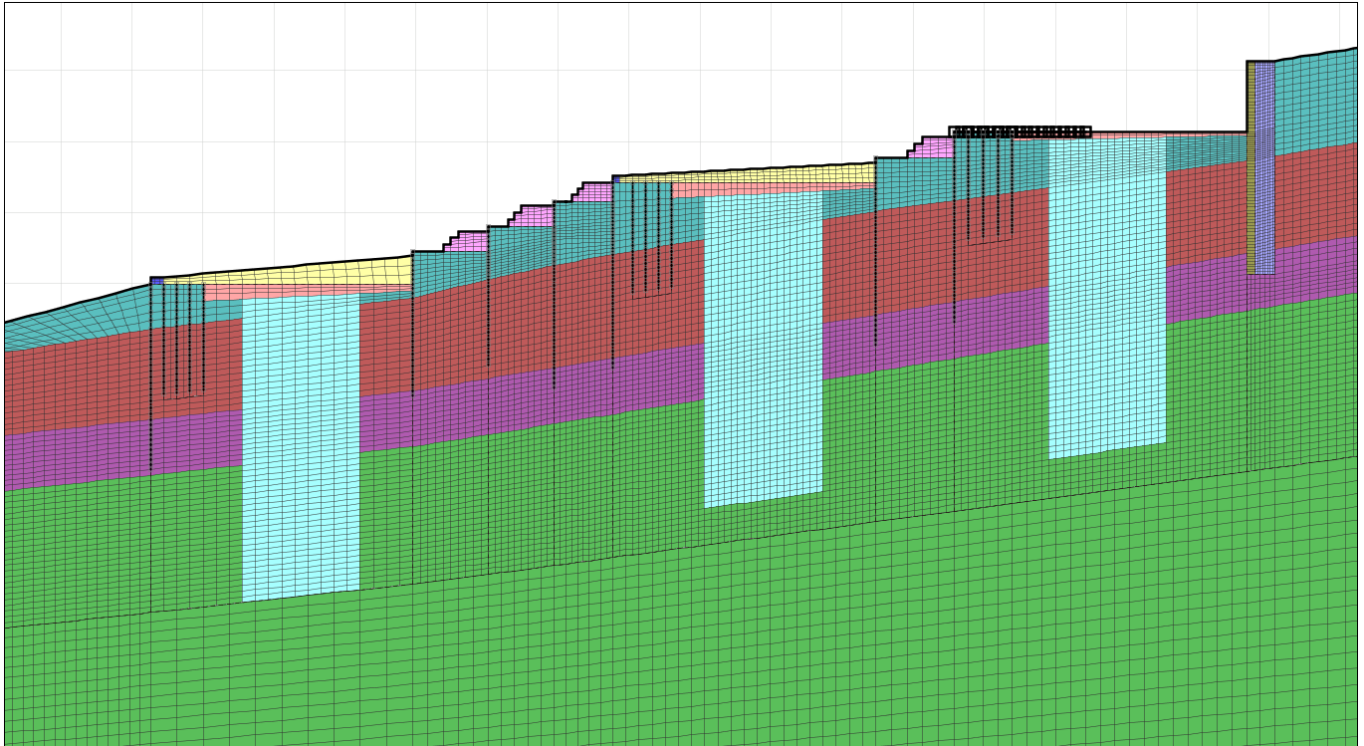


Figura 10.1. Modello di calcolo implementato nel software Flac 2D per il Versante Est

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 35 di 115

## 10.2 DATI DI INPUT DEL MODELLO E LIVELLI PIEZOMETRICI

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dalle Opere d'Arte oggetto del presente documento si rimanda agli elaborati specialistici.

Per le analisi in esame i terreni sono stati considerati con comportamento drenato in tutte le fasi di calcolo.

Stratigrafia		Falda
Spessore strato [m]	Unità di riferimento	
10.0	Coltre franosa	Piano campagna nella condizione geostatica iniziale, progressivo abbassamento della stessa al procedere degli scavi di sbancamento per la realizzazione delle gradonature del versante come indicato al § 8.5.
15.0	BNA1B	
8.0	BNA2_Sup	
> 30 m	BNA2_Inf	

Tabella 1: Stratigrafia di riferimento

Unità	$\gamma$	$c'$	$\phi'$	$C_u$	$E_{vc}$	$E_{UR}$
	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
Coltre franosa	20	3	20	30	20000	20000
BNA1B	20	10	22	60	40000	80000
BNA2_Sup	21	20	24	450	135000	270000
BNA2_Inf	21	20	24	2500	150000	300000

Tabella 2: Parametri geotecnici di riferimento

L'interazione tra l'opera di sostegno e il terreno circostante è tenuta in considerazione mediante interfaccia attritiva avente un angolo di attrito terreno/calcestruzzo ( $\delta$ ) pari a  $2/3 \phi'$ .

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI</b> <b>VERSANTI</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF28</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>VI0302 000</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>FOGLIO</b> <b>36 di 115</b>

### 10.3 DESCRIZIONE DELLE FASI DI CALCOLO

Di seguito sono indicate le fasi di calcolo ipotizzate, cercando di riprodurre il più fedelmente possibile le fasi di lavoro previste per la realizzazione delle opere di stabilizzazione del versante:

- Fase 1: Condizione Geostatica; falda a piano campagna
  - o Analisi di stabilità del pendio in condizioni geostatiche (ante-operam) secondo il metodo SSR (Shear Strength Reduction Method);
  - o Analisi di stabilità del pendio in condizioni geostatiche (ante-operam) secondo il metodo SSR (Shear Strength Reduction Method) e contestuale presenza di forze filtranti;
- Fase 2: Realizzazione paratie di sostegno a monte del piazzale Melito Napoli realizzate con diaframmi a T;
- Fase 3: Realizzazione paratie di pali N° 1, 3, 4, 5, 7 (pali  $\Phi 1000$ / passo 1200 mm) – I pali sono numerati in numero crescente da monte verso valle;
- Fase 4: Scavo a valle del muro di sostegno in diaframmi; abbassamento della quota di falda a mezzo dreni
- Fase 5: Scavo a valle della paratia di pali N°1;
- Fase 6: Scavo a valle della paratia di pali N°3;
- Fase 7: Scavo a valle della paratia di pali N°4;
- Fase 8: Scavo a valle della paratia di pali N°5;
- Fase 9: Realizzazione paratie di pali N° 2 e 6 (pali  $\Phi 1000$ / passo 1200 mm);
- Fase 10: Scavo a valle delle paratie di pali N° 2 e 6;
  - o Analisi di stabilità del pendio al termine delle fasi di scavo secondo il metodo SSR (Shear Strength Reduction Method);
- Fase 11: Attivazione movimento della coltre franosa con velocità di 1.5 cm/anno. A favore di sicurezza, nell'analisi numerica si è considerato che l'evoluzione del fenomeno franoso a seguito delle modifiche alle condizioni al contorno del versante eseguite nei primi mesi di lavoro, sia pari all'entità degli spostamenti attesi in 2 anni, entro i quali le opere di presidio e le opere di fondazione sono realizzate assolvendo completamente alle loro funzioni di sostegno;
- Fase 12: Consolidamento del terreno nelle piazzole di lavoro antistanti la spalla e le pile con maglia di pali  $\Phi 1000/2.5 \times 2.5$  m;
- Fase 13: Realizzazione pozzi di fondazione delle pile;
- Fase 14: Approfondimento del piano di lavoro per la realizzazione delle fondazioni delle pile;
- Fase 15: Ritombamento;
- Fase 16: Finiture mediante riporto di materiale e posa in opera di crib-wall per la ricomposizione morfologica del versante;
  - o Analisi di stabilità del pendio in condizioni finali secondo il metodo SSR (Shear Strength Reduction Method);



<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0302 000</td> <td>B</td> <td>37 di 115</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	37 di 115
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	37 di 115													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>																		

- Fase 17: Attivazione movimento della coltre franosa del pendio a valle della paratia 7 non sostenuto da opere di sostegno (movimento di valle di lungo termine);
- Fase 18: Applicazione delle azioni sismiche (lungo termine).
  - o Analisi di stabilità del pendio in condizioni sismiche (post-operam) secondo il metodo SSR (Shear Strength Reduction Method) in condizioni drenate;
  - o Analisi di stabilità del pendio in condizioni sismiche (post-operam) secondo il metodo SSR (Shear Strength Reduction Method) in condizioni non drenate;

Le fasi di calcolo sono di seguito raffigurate.

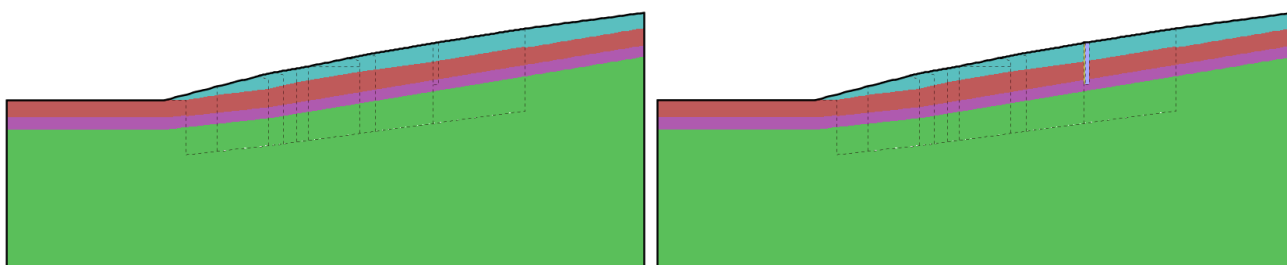


Figura 10.2. Fasi di calcolo 1 e 2 - Versante Est

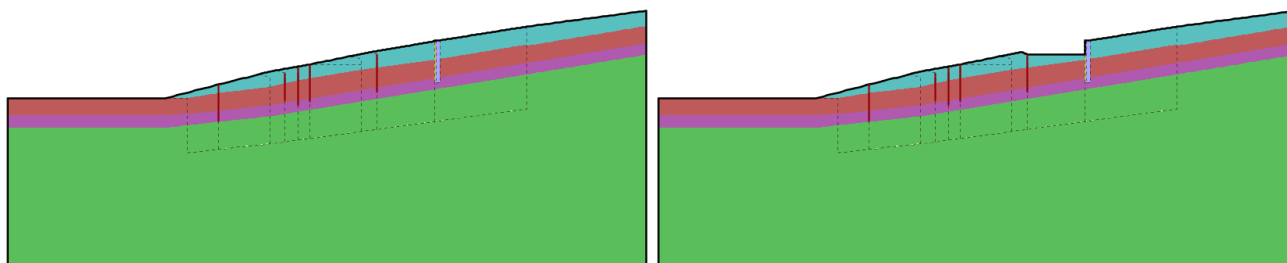


Figura 10.3. Fasi di calcolo 3 e 4 - Versante Est

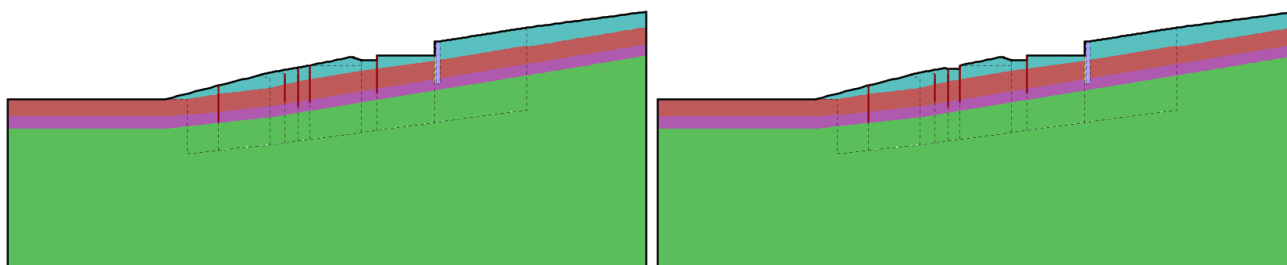




Figura 10.4. Fasi di calcolo 5 e 6 - Versante Est

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0302 000</td> <td>B</td> <td>38 di 115</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	38 di 115
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	38 di 115													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>																		

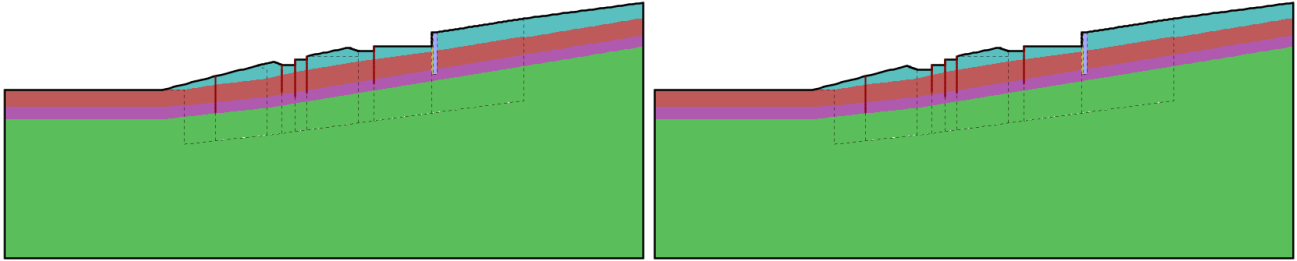


Figura 10.5. Fasi di calcolo 7 e 8 - Versante Est

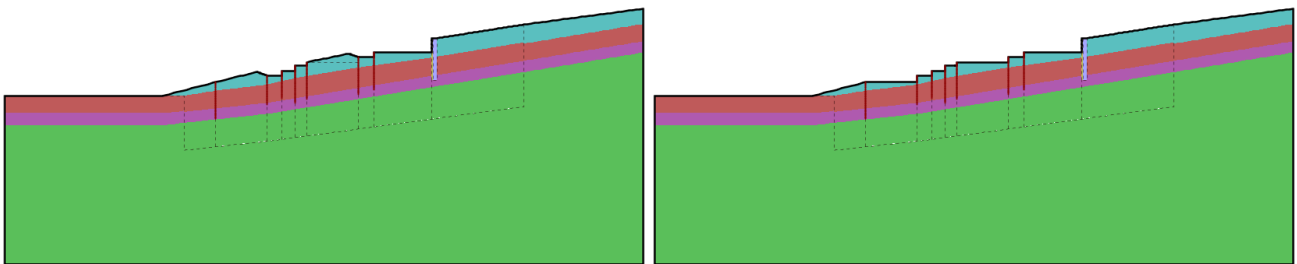


Figura 10.6. Fasi di calcolo 9 e 10 - Versante Est

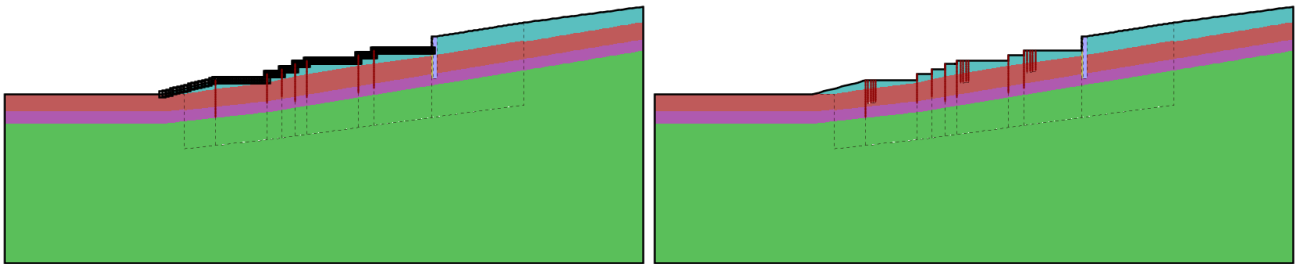


Figura 10.7. Fasi di calcolo 11 e 12 - Versante Est

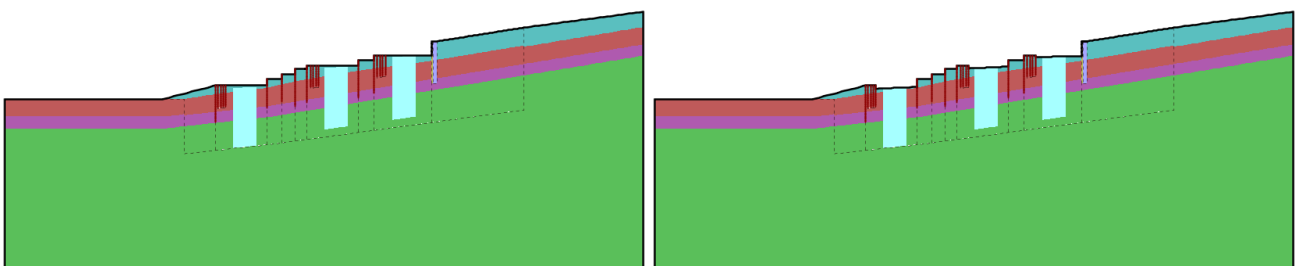


Figura 10.8. Fasi di calcolo 13 e 14 - Versante Est

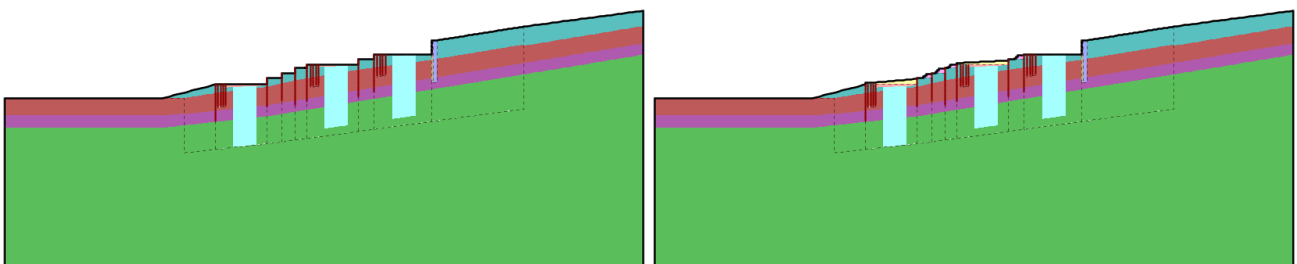


Figura 10.9. Fasi di calcolo 15 e 16 - Versante Est

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0302 000</td> <td>B</td> <td>39 di 115</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	39 di 115
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	39 di 115													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>																		

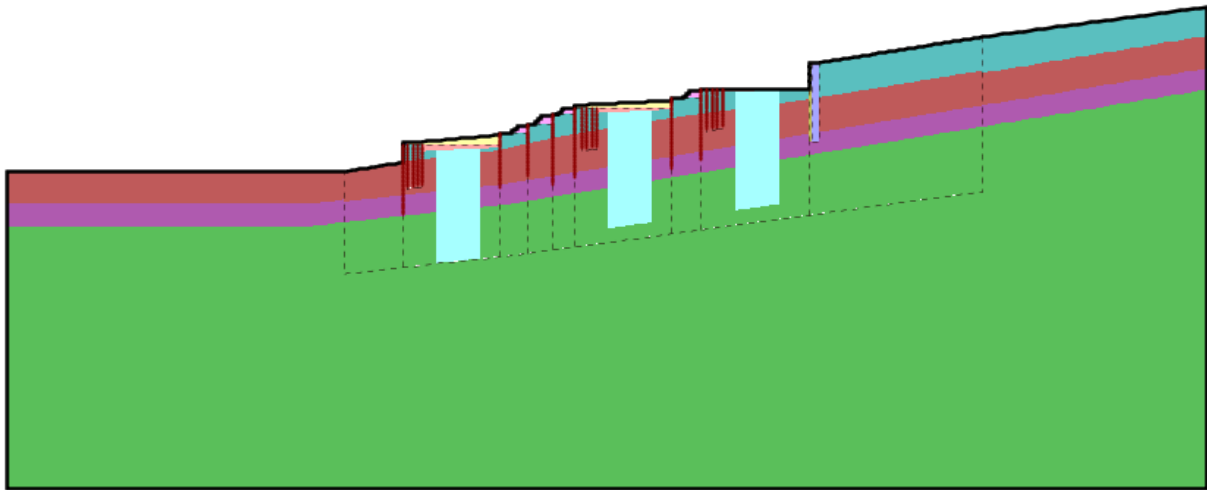


Figura 10.10. Fase di calcolo 17 - Versante Est

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.</b>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b>							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI</b> <b>VERSANTI</b>		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 40 di 115

### 10.4 SINTESI RISULTATI ALLO SLE – SPOSTAMENTI

Nella figura seguente vengono riportati i risultati delle elaborazioni in termini di deformata del modello (Combinazione SLE rara) per la fase di calcolo finale N° 17.

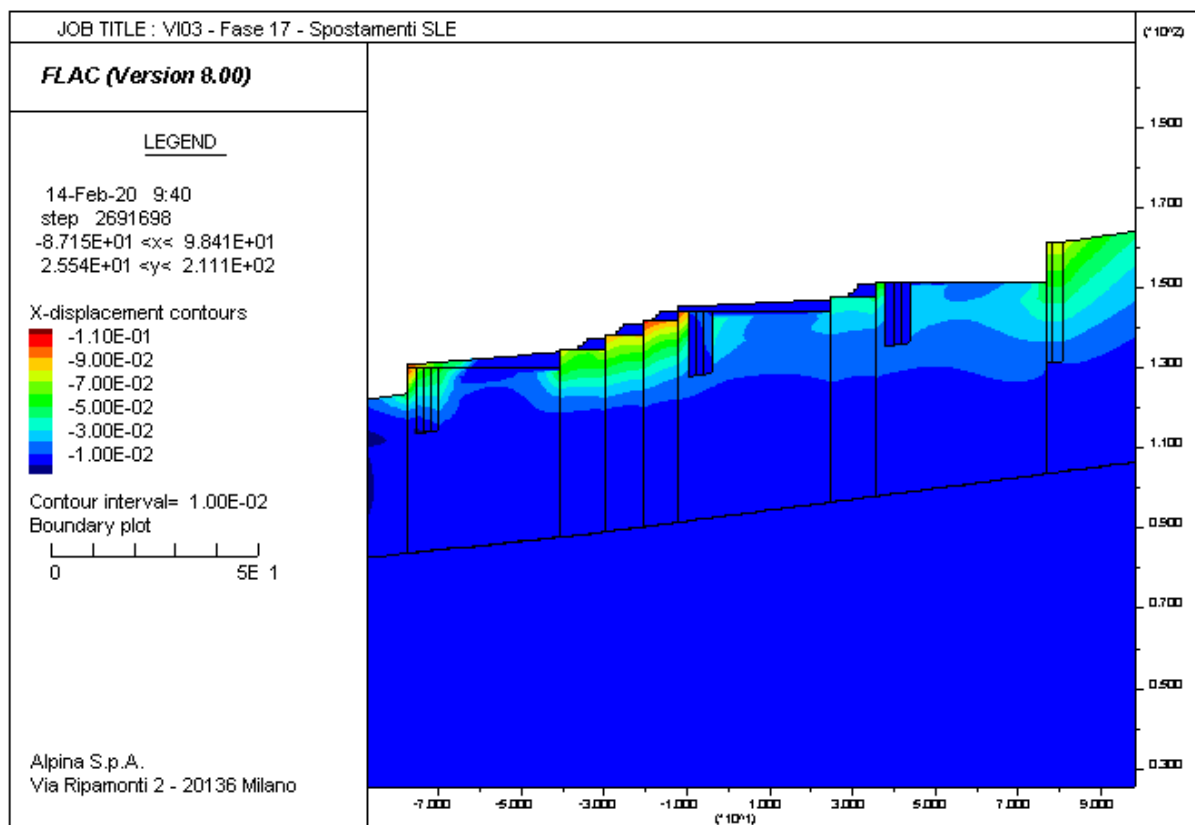


Figura 10.11. Versante Est – Fase 17 – Spostamenti nella configurazione finale

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.</b>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b>							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI</b> <b>VERSANTI</b>		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 41 di 115

### 10.5 SINTESI DEI RISULTATI PER GLI STATI LIMITE STRUTTURALI (STR)

Nelle Figure seguenti si riportano le sollecitazioni di calcolo agli stati limite strutturali per ogni paratia, che risultano al termine di ogni fase di calcolo sotto forma di:

- Azione flettente (SLU in approccio 1 – Combinazione 1);
- Azione tagliante (SLU in approccio 1 – Combinazione 1);

#### Pali OS1

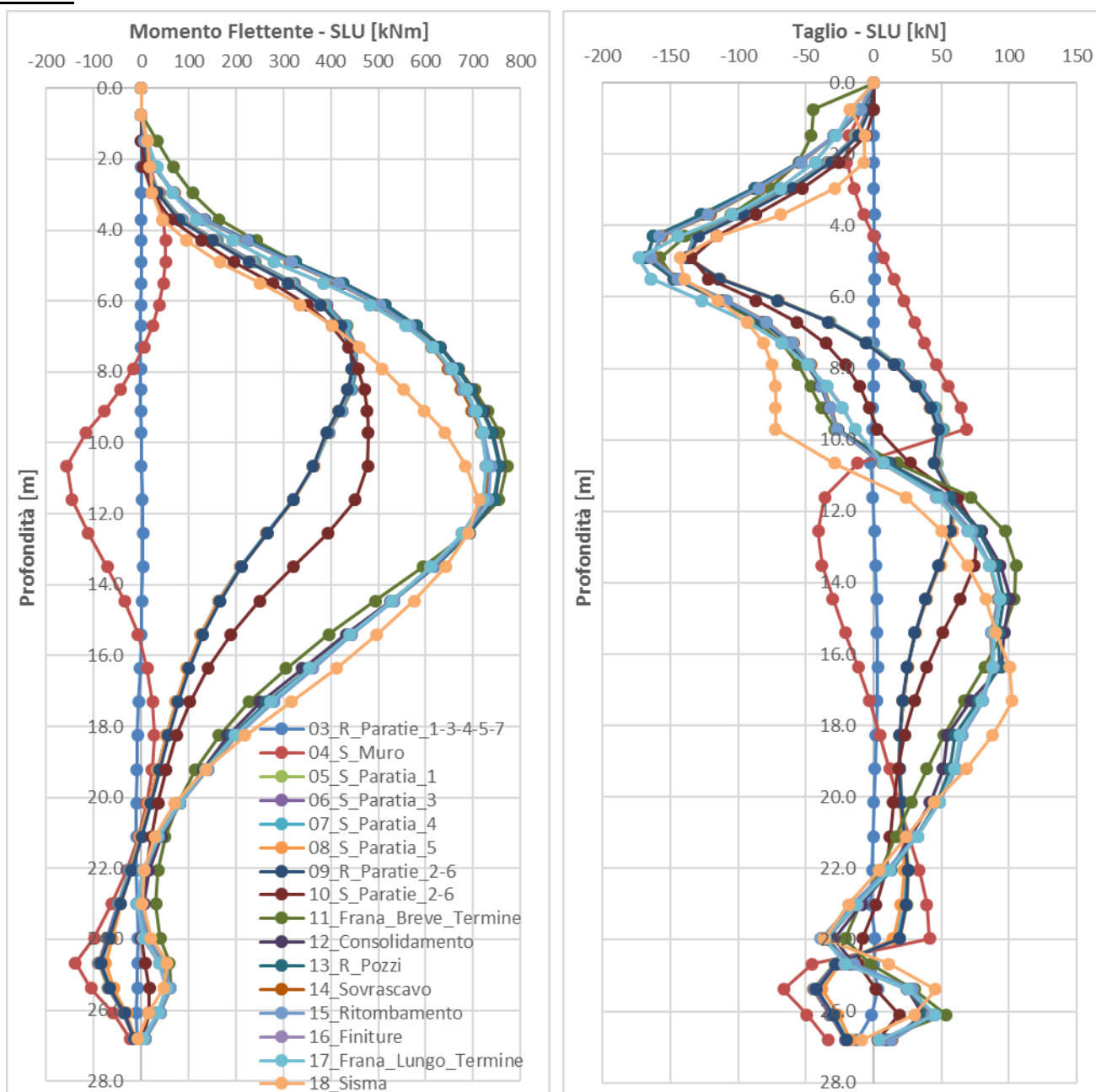


Figura 10.12. Involuppo SLU A1+M1+R1 – Azione flettente e tagliante Pali OS1 – Versante Est

APPALTATORE: Consorzio <b>HirpiniaAV</b>		Soci salini impregilo		<b>ASTALDI</b>	
PROGETTAZIONE: Mandataria <b>SOJL</b>		Mandanti <b>NETENGINEERING</b>		<b>Alpina</b>	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI					

<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b>					
<b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 42 di 115

**Pali OS2**

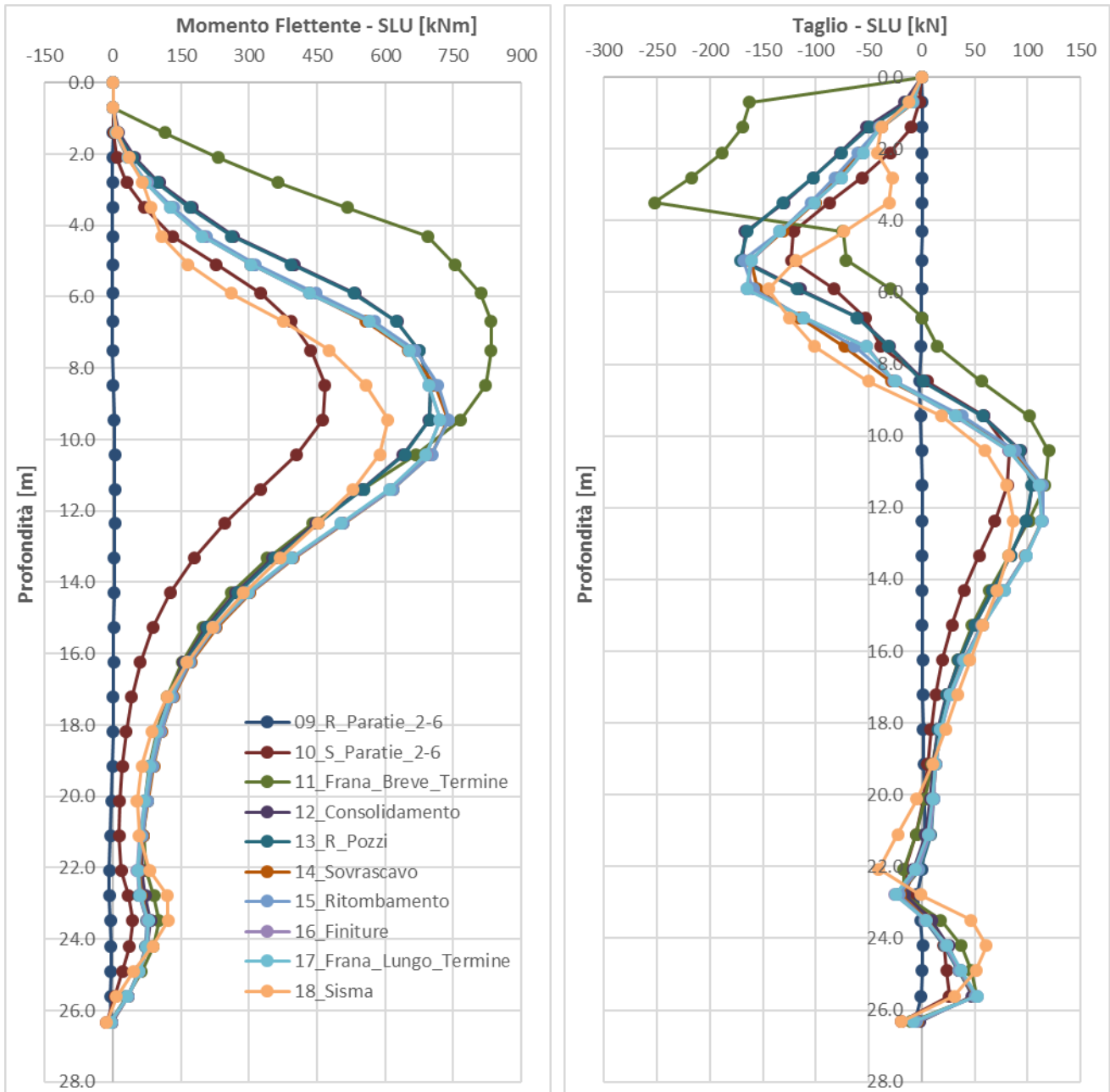


Figura 10.13. Involuppo SLU A1+M1+R1 – Azione flettente e tagliante Pali OS2 – Versante Est

APPALTATORE: Consorzio <b>HirpiniaAV</b>		Soci salini impregilo <b>ASTALDI</b>	
PROGETTAZIONE: Mandataria <b>SOJL</b>		Mandanti <b>NET ENGINEERING</b> <b>Alpina</b>	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI			

<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b>					
<b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 43 di 115

**Pali OS3**

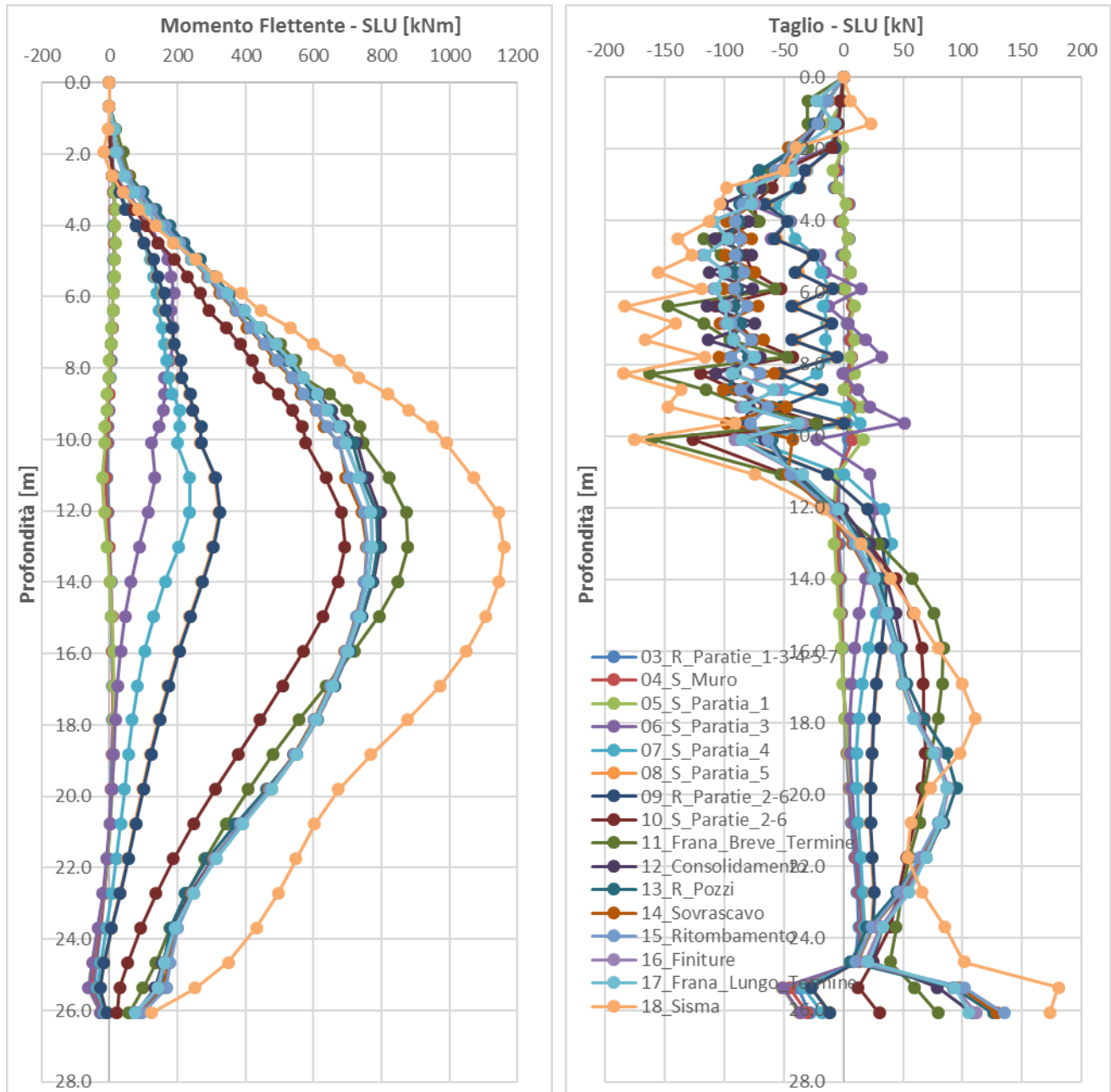


Figura 10.14. Involuppo SLU A1+M1+R1 – Azione flettente e tagliante Pali OS3 – Versante Est



APPALTATORE: Consorzio <b>HirpiniaAV</b>		Soci salini impregilo <b>ASTALDI</b>	
PROGETTAZIONE: Mandatara <b>SOJL</b>		Mandanti <b>NETENGINEERING</b> <b>Alpina</b>	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI			

<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b>					
<b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 44 di 115

**Pali OS4**

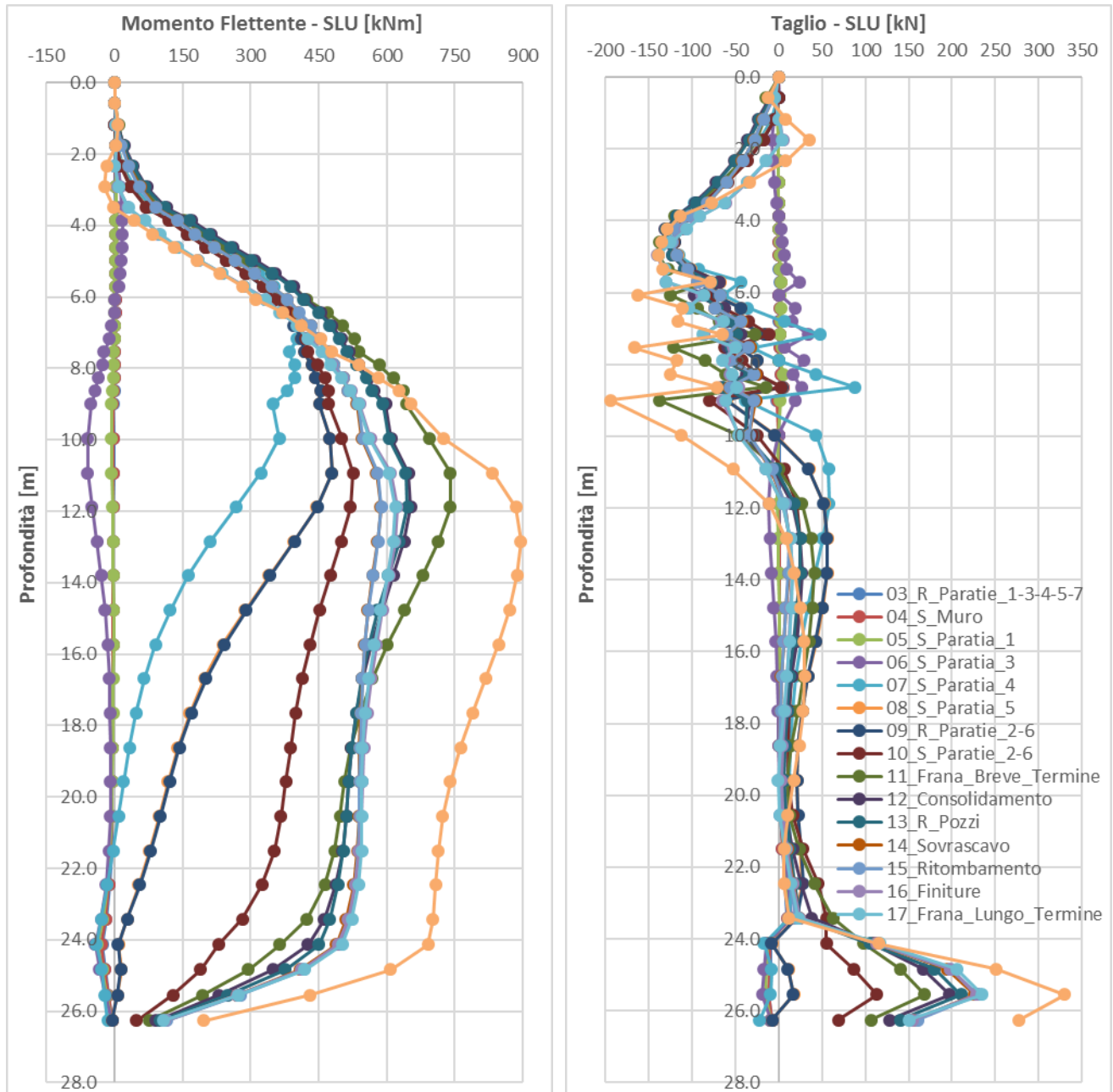


Figura 10.15. Involuppo SLU A1+M1+R1 – Azione flettente e tagliante Pali OS4 – Versante Est

APPALTATORE:  
 Consorzio Soci  
 HirpiniaAV salini impregio ASTALDI

PROGETTAZIONE:  
 Mandataria Mandanti  
 SOJIL NETENGINEERING Alpina

PROGETTO ESECUTIVO  
 RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI

**ITINERARIO NAPOLI – BARI**

**RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
 I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA**

COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 45 di 115
------------------	-------------	---------------------	-------------------------	-----------	---------------------

**Pali OS5**

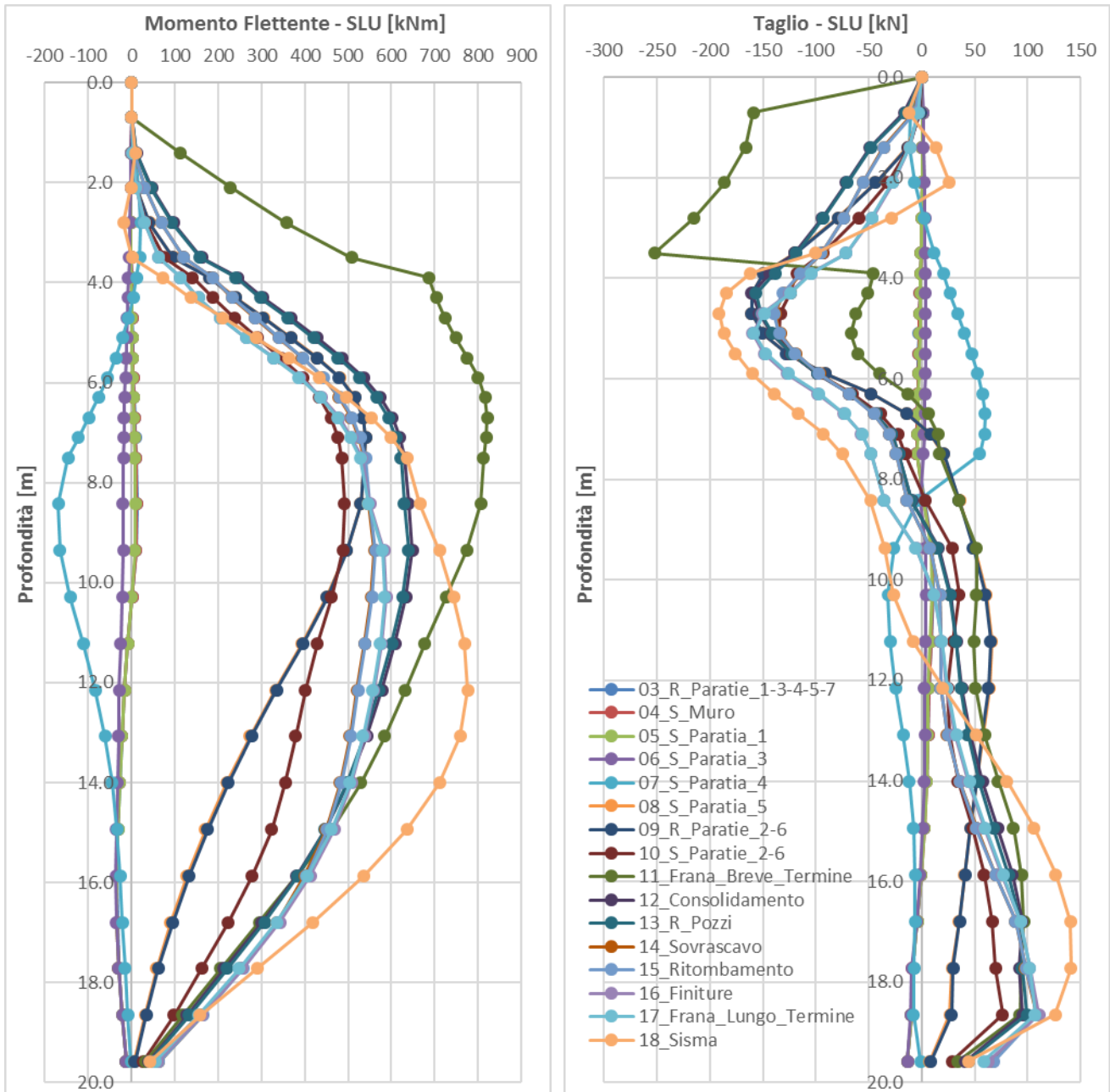


Figura 10.16. Involuppo SLU A1+M1+R1 – Azione flettente e tagliante Pali OS5 – Versante Est

APPALTATORE: Consorzio <b>HirpiniaAV</b>		Soci salini impregilo		<b>ASTALDI</b>	
PROGETTAZIONE: Mandatario <b>SOJL</b>		Mandanti <b>NET ENGINEERING</b>		<b>Alpina</b>	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI					

<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 46 di 115

**Pali OS6**

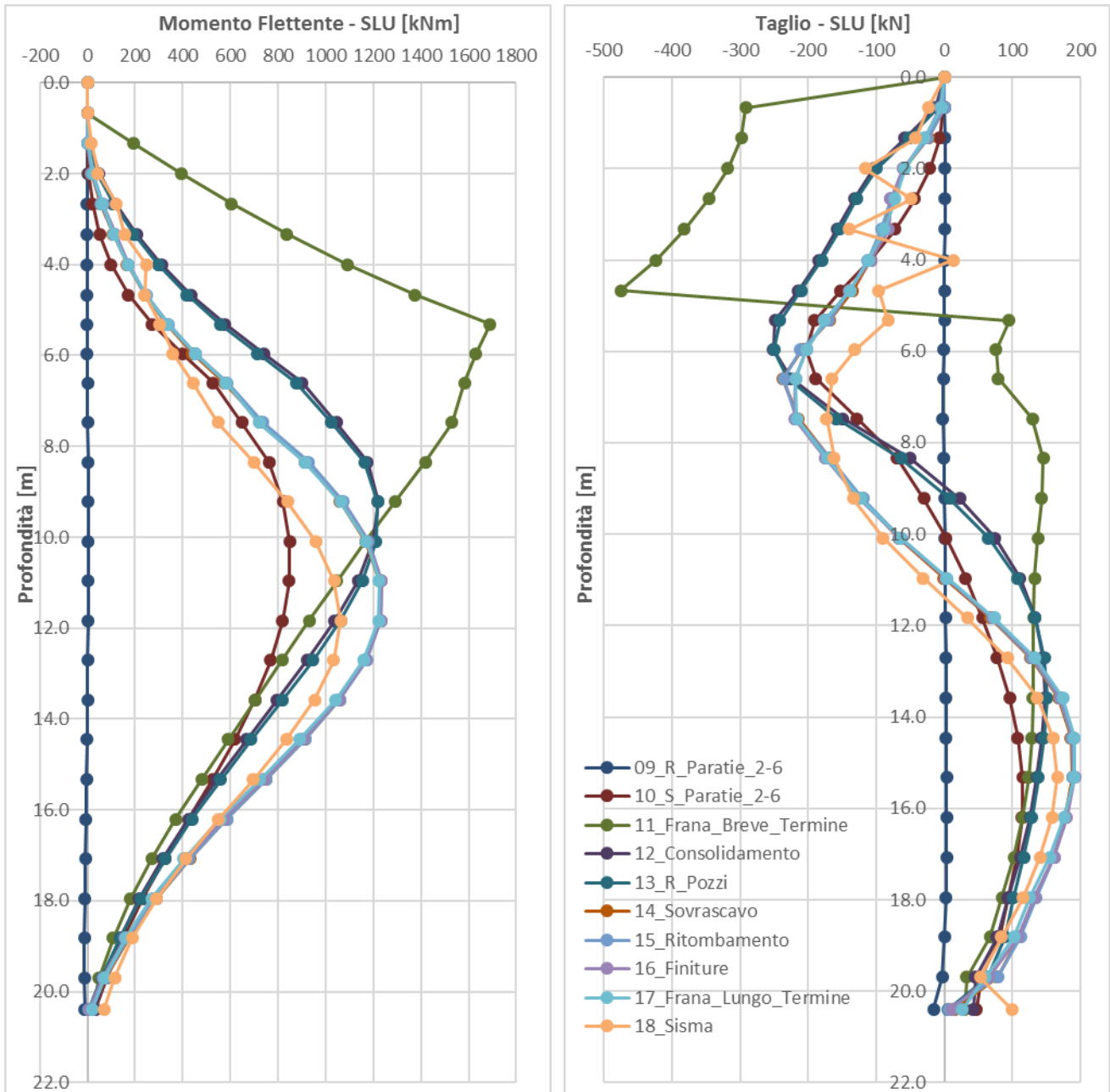


Figura 10.17. Involuppo SLU A1+M1+R1 – Azione flettente e tagliante Pali OS6 – Versante Est

APPALTATORE: Conorzio		Soci	
PROGETTAZIONE:			
Mandataria		Mandanti	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI			

<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b>					
<b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 47 di 115

**Pali OS7**

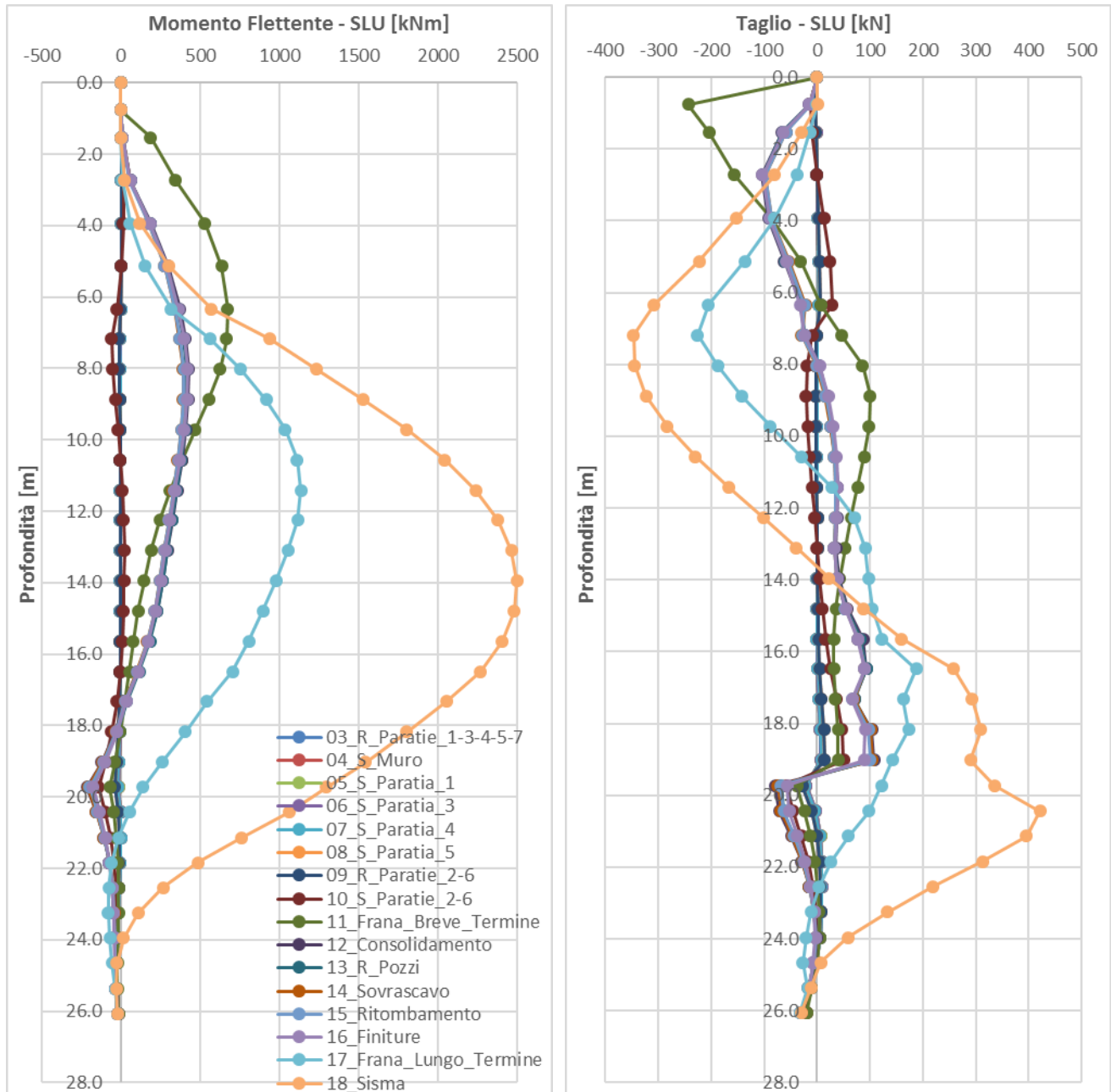


Figura 10.18. Involuppo SLU A1+M1+R1 – Azione flettente e tagliante Pali OS7 – Versante Est

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 48 di 115
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>							

**Pali stabilizzazione piazzola Pila 2**

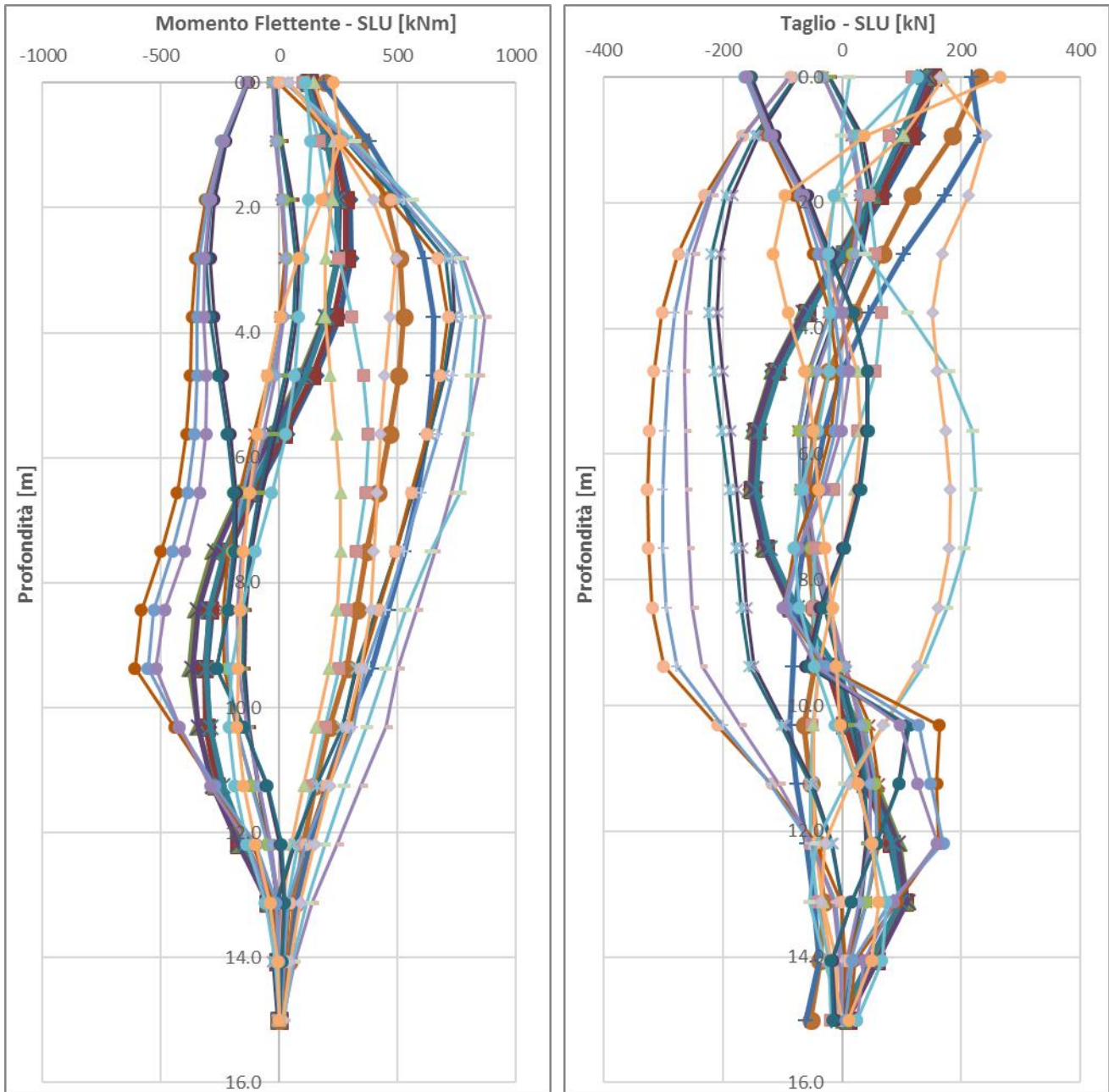








Figura 10.19. Involuppo SLU A1+M1+R1 – Azione flettente e tagliante Pali stabilizzazione piazzola Pila 2 – Versante Est



APPALTATORE: Conorzio		Soci	
			
PROGETTAZIONE:			
Mandatara		Mandanti	
			
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI			

<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b>					
<b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 49 di 115

**Pali stabilizzazione piazzola Pila 1**

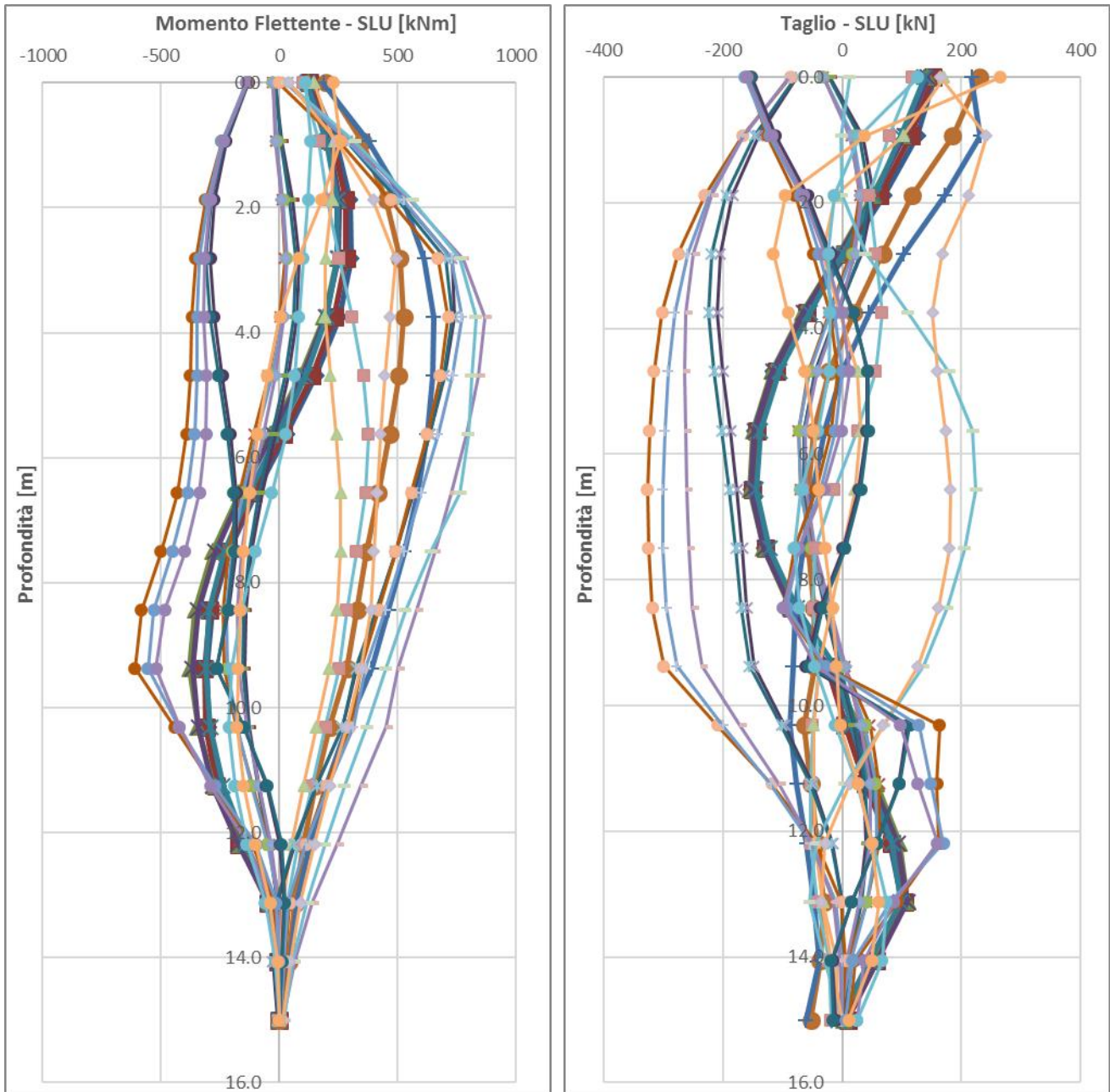


Figura 10.20. Involuppo SLU A1+M1+R1 – Azione flettente e tagliante Pali stabilizzazione piazzola Pila 1 – Versante Est

APPALTATORE:	
Conorzio HirpiniaAV	Soci salini impregilo ASTALDI
PROGETTAZIONE:	
Mandataria SOJL	Mandanti NET ENGINEERING Alpina
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI	

<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b>					
<b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 50 di 115

**Pali stabilizzazione piazzola Spalla A**

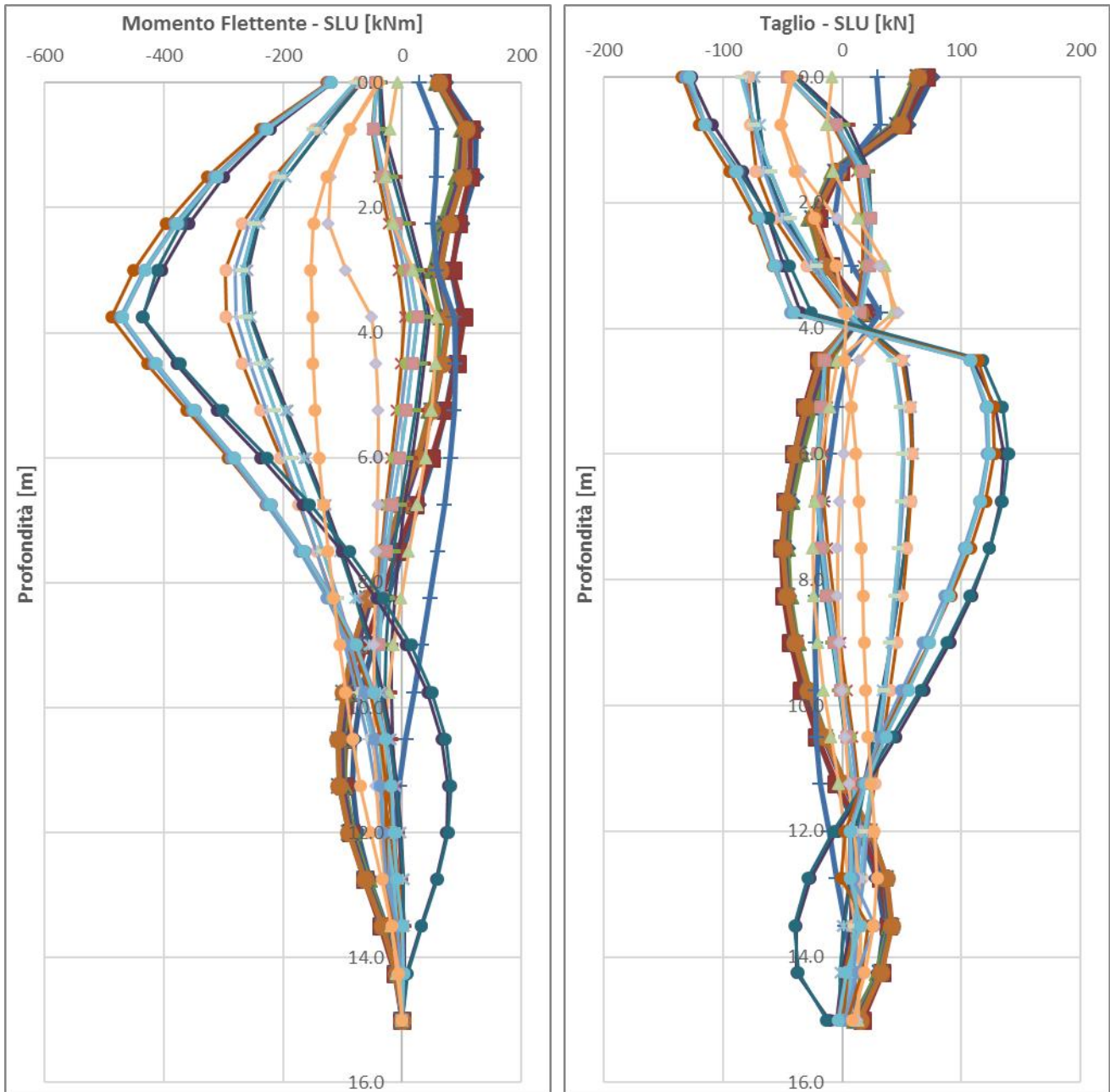


Figura 10.21. Involuppo SLU A1+M1+R1 – Azione flettente e tagliante Pali stabilizzazione piazzola Spalla A – Versante Est



APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 51 di 115

## 10.6 VERIFICHE ALLO SLU DI TIPO STR

Per le verifiche strutturali si sono suddivise le paratie di pali in 4 opere di stabilizzazione del versante tipologiche così suddivise:

- Paratia di pali Tipo 1: OS1, OS3 e OS4;
- Paratia di pali Tipo 2: OS2;
- Paratia di pali Tipo 3: OS6 e OS5;
- Paratia di pali Tipo 4: OS7.

Di seguito si riportano le verifiche strutturali dei pali, in accordo alle normative vigenti.

### 10.6.1 Pali Tipo 1

#### Verifica flessionale e tagliante

Nella seguente tabella si riassume l'armatura longitudinale e trasversale prevista.

<b>Paratia di Pali Tipo 1 <math>\Phi</math>1000/1200</b>						
	<b>Verifica flessione</b>			<b>Verifica tagliante</b>		
	<b>y [m]</b>	<b>M<sub>rd</sub> [kNm]</b>	<b>Armatura</b>	<b>y [m]</b>	<b>T<sub>rd</sub> [kN]</b>	<b>Armatura</b>
<b>Gabbia 1</b>	-0.80	715.7	9 $\phi$ 26	-0.8	-235.7	Minima
	-0.80	715.7	9 $\phi$ 26	-0.8	-235.7	Minima
	-0.80	715.7	9 $\phi$ 26	-0.8	-235.7	Minima
	5.20	715.7	9 $\phi$ 26	5.2	-235.7	Minima
<b>Gabbia 2</b>	3.40	1337.2	18 $\phi$ 26	3.4	-297.0	Minima
	6.40	1337.2	18 $\phi$ 26	6.4	-297.0	Minima
	6.40	1771.3	18 $\phi$ 26+9 $\phi$ 24	6.4	-334.3	Minima
	15.40	1771.3	18 $\phi$ 26+9 $\phi$ 24	15.4	-334.3	Minima
<b>Gabbia 3</b>	13.60	1771.3	18 $\phi$ 26+9 $\phi$ 24	13.6	-334.3	Minima
	18.10	1771.3	18 $\phi$ 26+9 $\phi$ 24	22.1	-334.3	Minima
	18.10	1337.2	18 $\phi$ 26	22.1	-337.8	Spirale f8/15
	25.60	1337.2	18 $\phi$ 26	25.6	-337.8	Spirale f8/15

Tabella 3: Armatura longitudinale e trasversale Pali Tipo 1

APPALTATORE:

Consorzio

Soci



PROGETTAZIONE:

Mandataria

Mandanti



## ITINERARIO NAPOLI – BARI

### RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI  
VERSANTI

COMMESSA  
IF28

LOTTO  
01

CODIFICA  
E ZZ CL

DOCUMENTO  
VI0302 000

REV.  
B

FOGLIO  
52 di 115

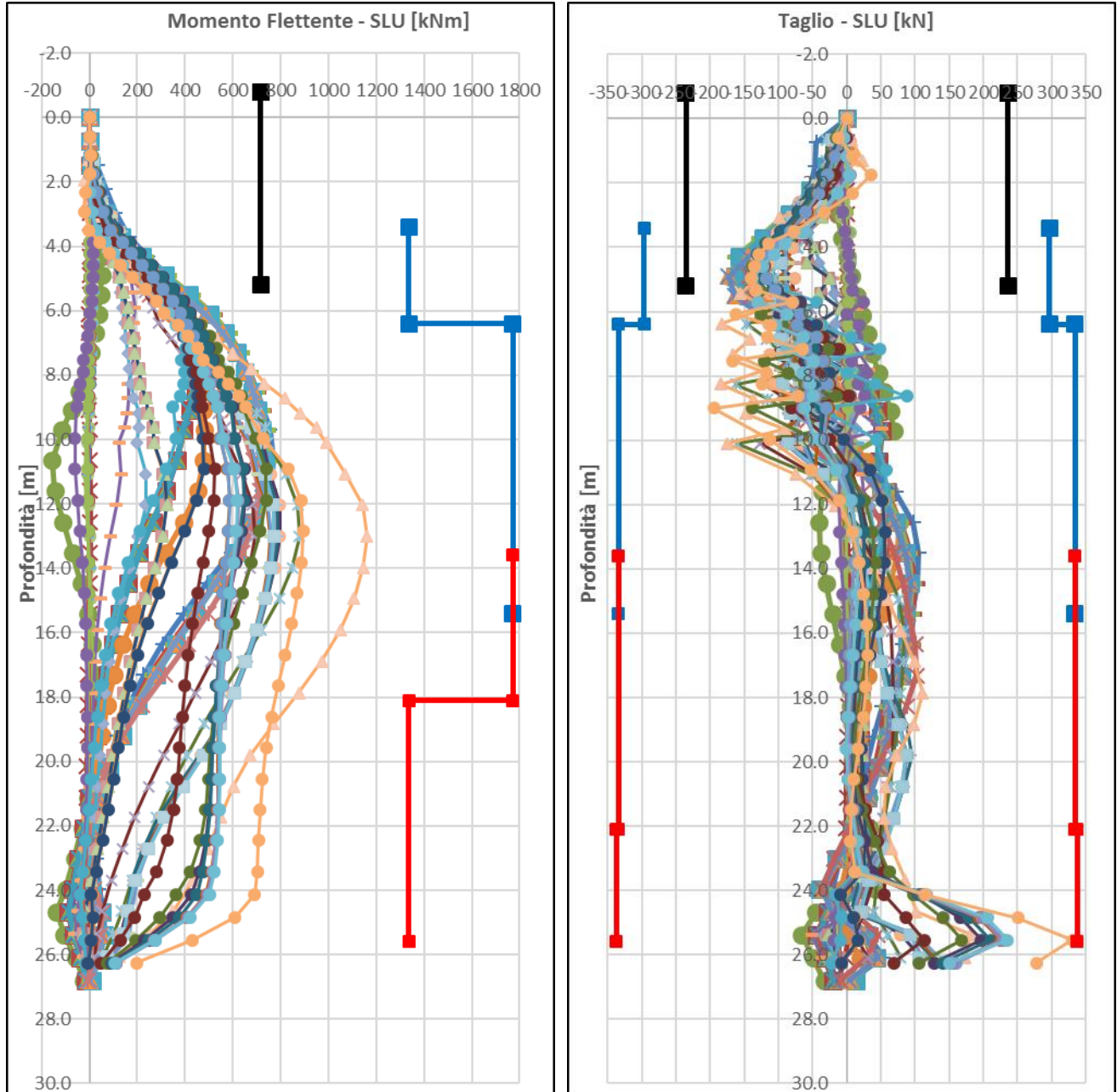


Figura 10.22. Verifica flessionale e tagliante Pali Tipo 1

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio  Soci  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria  Mandanti  	
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>	COMMESSA IF28    LOTTO 01    CODIFICA E ZZ CL    DOCUMENTO VI0302 000    REV. B    FOGLIO 53 di 115

## 10.6.2 Pali Tipo 2

### Verifica flessionale e tagliante

Nella seguente tabella si riassume l'armatura longitudinale e trasversale prevista.

Paratia di Pali Tipo 2 $\Phi 1000/1200$						
Verifica flessione				Verifica tagliante		
	y [m]	$M_{rd}$ [kNm]	Armatura	y [m]	$T_{rd}$ [kN]	Armatura
<b>Gabbia 1</b>	-0.70	1019.4	10 $\phi$ 30	-0.8	-268.6	Minima
	-0.80	1019.4	10 $\phi$ 30	-0.8	-268.6	Minima
	-0.80	1019.4	10 $\phi$ 30	-0.8	-268.6	Minima
	5.80	1019.4	10 $\phi$ 30	5.8	-268.6	Minima
<b>Gabbia 2</b>	3.70	1880.5	20 $\phi$ 30	3.7	-338.4	Minima
	3.70	1880.5	20 $\phi$ 30	3.7	-338.4	Minima
	3.70	1880.5	20 $\phi$ 30	3.7	-338.4	Minima
	15.70	1880.5	20 $\phi$ 30	15.7	-338.4	Minima
<b>Gabbia 3</b>	13.60	1019.4	10 $\phi$ 30	13.6	-268.6	Minima
	13.60	1019.4	10 $\phi$ 30	13.6	-268.6	Minima
	13.60	1019.4	10 $\phi$ 30	13.6	-268.6	Minima
	25.60	1019.4	10 $\phi$ 30	25.6	-268.6	Minima

Tabella 4: Armatura longitudinale e trasversale Pali Tipo 2

APPALTATORE:

Consorzio

Soci



PROGETTAZIONE:

Mandataria

Mandanti



PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI

ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA

COMMESSA  
IF28

LOTTO  
01

CODIFICA  
E ZZ CL

DOCUMENTO  
VI0302 000

REV.  
B

FOGLIO  
54 di 115

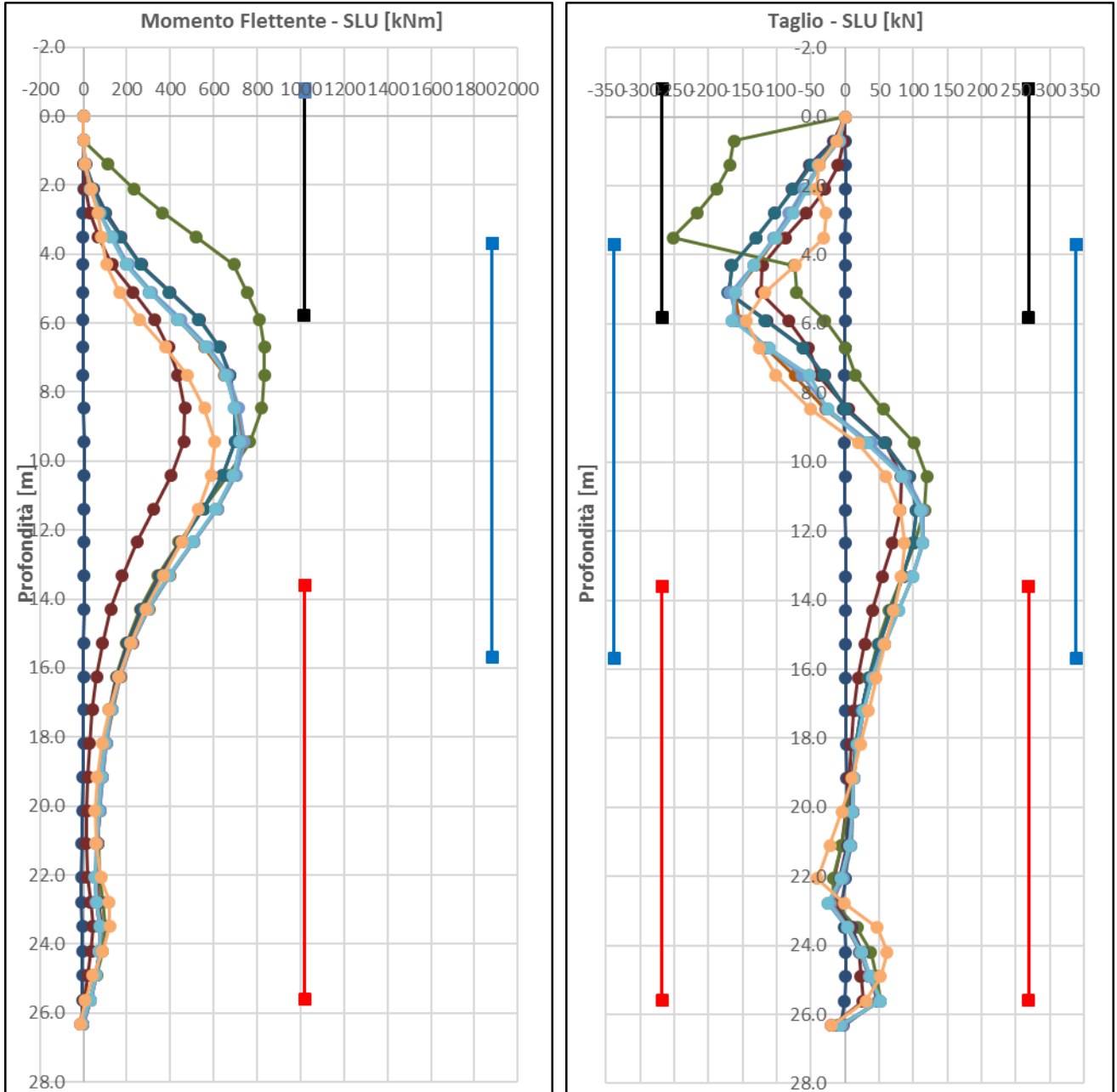


Figura 10.23. Verifica flessionale e tagliante Pali Tipo 2

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio  Soci  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria  Mandanti  	
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>	COMMESSA IF28    LOTTO 01    CODIFICA E ZZ CL    DOCUMENTO VI0302 000    REV. B    FOGLIO 55 di 115

### 10.6.3 Pali Tipo 3

#### Verifica flessionale e tagliante

Nella seguente tabella si riassume l'armatura longitudinale e trasversale prevista.

Paratia di Pali Tipo 3 $\Phi 1000/1200$						
Verifica flessione			Verifica tagliante			
	y [m]	$M_{rd}$ [kNm]	Armatura	y [m]	$T_{rd}$ [kN]	Armatura
<b>Gabbia 1</b>	-0.80	1880.5	20 $\phi$ 30	-0.8	-506.0	Spirale $\phi 8/10$
	5.70	1880.5	20 $\phi$ 30	5.7	-506.0	Spirale $\phi 8/10$
	5.70	2555.7	20 $\phi$ 30+10 $\phi$ 30	5.7	-387.4	Minima
	9.70	2555.7	20 $\phi$ 30+10 $\phi$ 30	9.7	-387.4	Minima
<b>Gabbia 2</b>	7.60	2555.7	20 $\phi$ 30+10 $\phi$ 30	7.6	-387.4	Minima
	15.10	2555.7	20 $\phi$ 30+10 $\phi$ 30	15.1	-387.4	Minima
	15.10	1880.5	20 $\phi$ 30	15.1	-338.4	Minima
	19.60	1880.5	20 $\phi$ 30	19.6	-338.4	Minima

Tabella 5: Armatura longitudinale e trasversale Pali Tipo 3

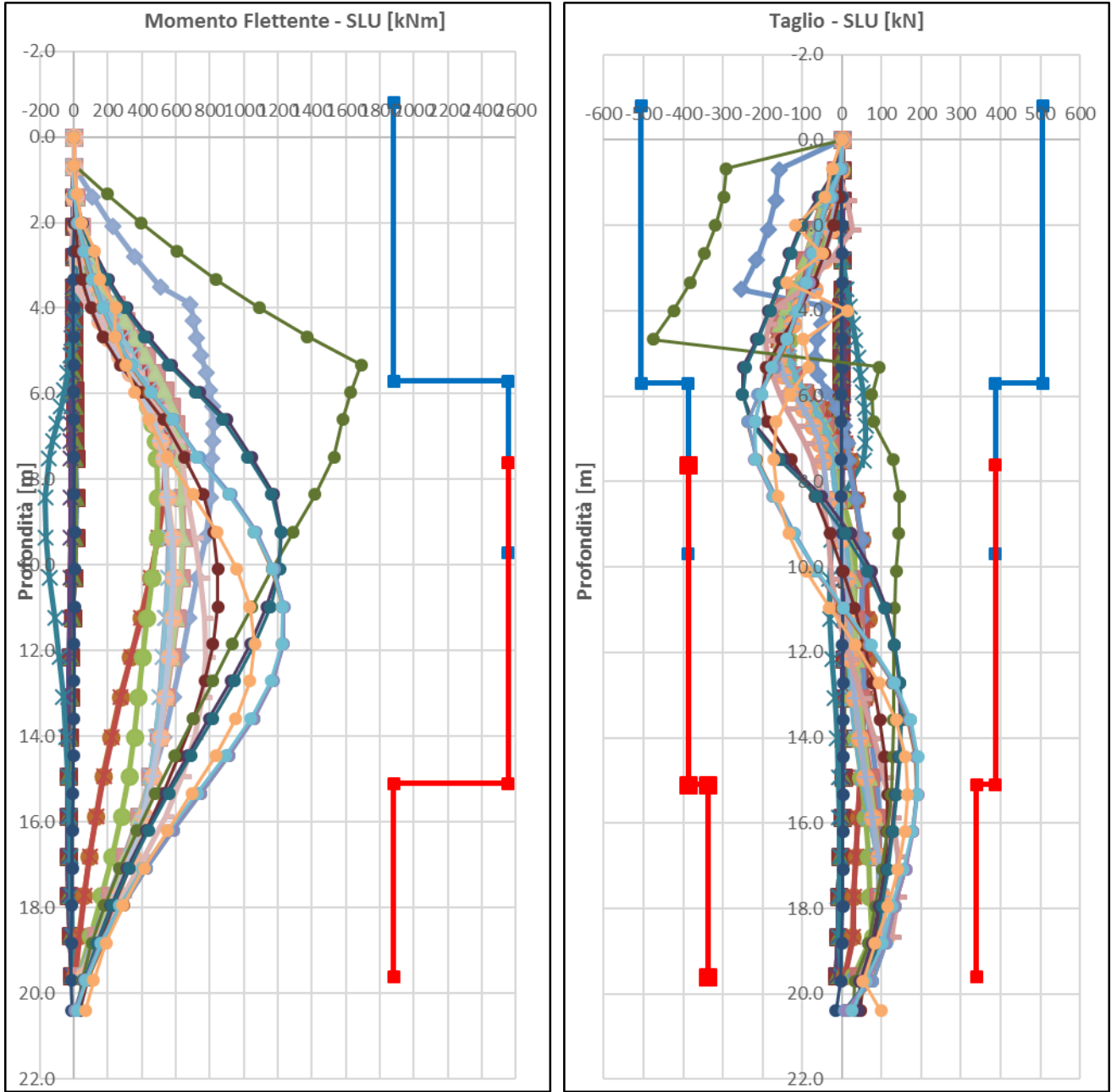


Figura 10.24. Verifica flessionale e tagliante Pali Tipo 3

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio  Soci  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria  Mandanti  	
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>	COMMESSA IF28    LOTTO 01    CODIFICA E ZZ CL    DOCUMENTO VI0302 000    REV. B    FOGLIO 57 di 115

#### 10.6.4 Pali Tipo 4

Nella seguente tabella si riassume l'armatura longitudinale e trasversale prevista.

Paratia di Pali Tipo 4 $\Phi 1000/1200$						
	Verifica flessione			Verifica tagliante		
	y [m]	$M_{rd}$ [kNm]	Armatura	y [m]	$T_{rd}$ [kN]	Armatura
<b>Gabbia 1</b>	-0.80	1019.4	10 $\phi$ 30	-0.8	-268.6	Minima
	-0.80	1019.4	10 $\phi$ 30	-0.8	-268.6	Minima
	-0.80	1019.4	10 $\phi$ 30	-0.8	-268.6	Minima
	5.80	1019.4	10 $\phi$ 30	3.7	-268.6	Minima
<b>Gabbia 2</b>	3.70	1880.5	20 $\phi$ 30	3.7	-338.4	Minima
	9.70	1880.5	20 $\phi$ 30	6.3	-338.4	Minima
	9.70	2555.7	20 $\phi$ 30+10 $\phi$ 30	6.3	-506	Spirale $\phi 8/10$
	15.70	2555.7	20 $\phi$ 30+10 $\phi$ 30	9.7	-506	Spirale $\phi 8/10$
<b>Gabbia 3</b>	13.60	2555.7	20 $\phi$ 30+10 $\phi$ 30	9.7	-387.4	Minima
	21.10	2555.7	20 $\phi$ 30+10 $\phi$ 30	13.6	-387.4	Minima
	21.10	1019.4	10 $\phi$ 30	13.6	-387.4	Minima
	25.60	1019.4	10 $\phi$ 30	19.7	-387.4	Minima
	-	-	-	19.7	-506	Minima
	-	-	-	22.5	-506	Spirale $\phi 8/10$

Tabella 6: Armatura longitudinale e trasversale Pali Tipo 4



APPALTATORE:

Consorzio

Soci



PROGETTAZIONE:

Mandataria

Mandanti



PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI

ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA

COMMESSA  
IF28

LOTTO  
01

CODIFICA  
E ZZ CL

DOCUMENTO  
VI0302 000

REV.  
B

FOGLIO  
58 di 115

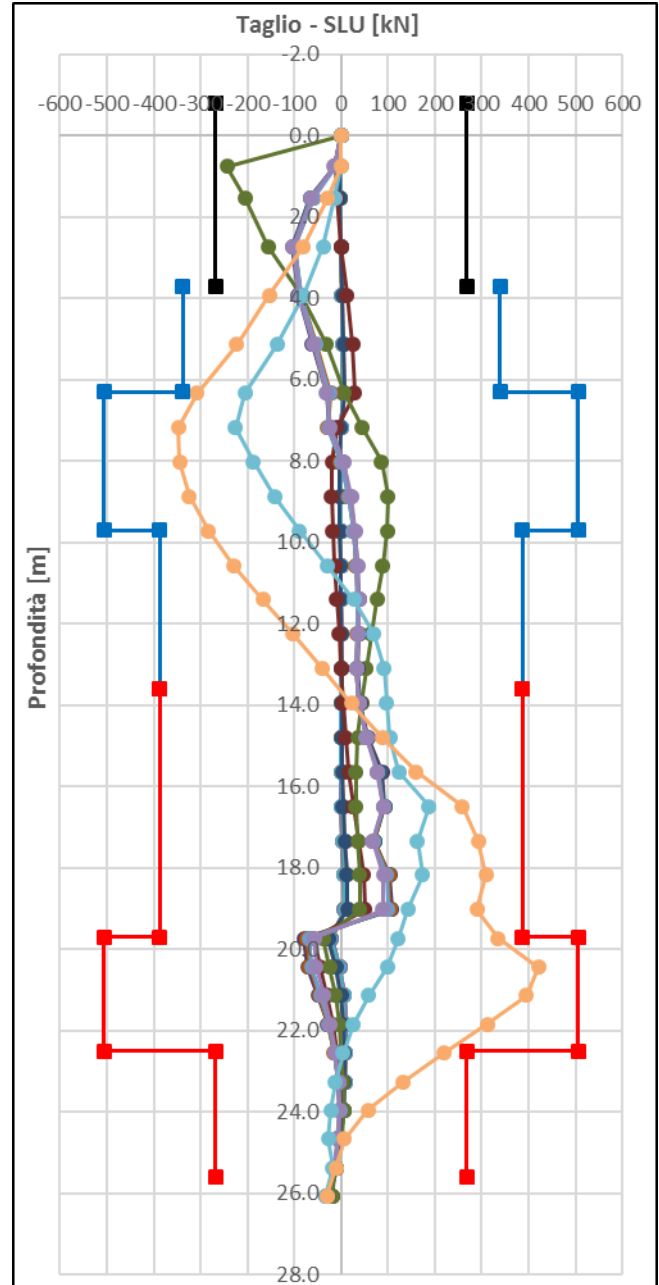
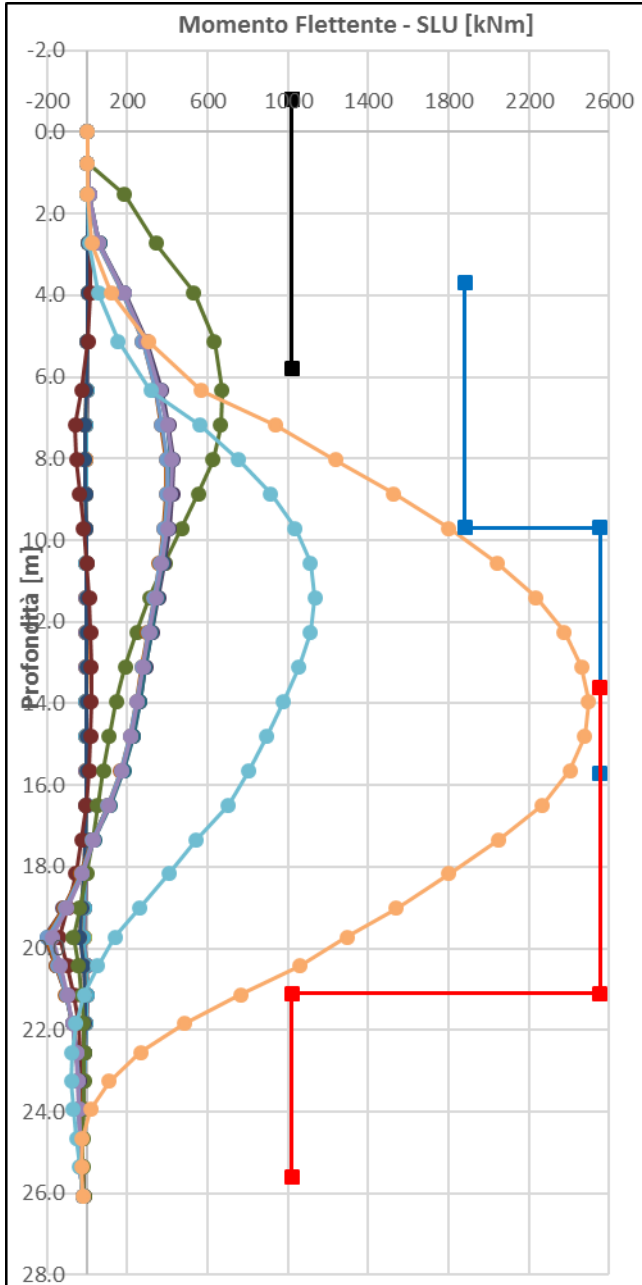


Figura 10.25. Verifica flessionale e tagliante Pali Tipo 4

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   	
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI</b> <b>VERSANTI</b>	COMMESSA <span style="margin-left: 50px;">LOTTO</span> <span style="margin-left: 50px;">CODIFICA</span> <span style="margin-left: 50px;">DOCUMENTO</span> <span style="margin-left: 50px;">REV.</span> <span style="margin-left: 50px;">FOGLIO</span> IF28 <span style="margin-left: 50px;">01</span> <span style="margin-left: 50px;">E ZZ CL</span> <span style="margin-left: 50px;">VI0302 000</span> <span style="margin-left: 50px;">B</span> <span style="margin-left: 50px;">59 di 115</span>

### 10.6.5 Pali stabilizzazione piazzole pile/spalla A

Nella seguente tabella si riassume l'armatura longitudinale e trasversale prevista.

<b>Paratia di Pali di stabilizzazione piazzole Pile/Spalla A <math>\Phi</math>1000/2500</b>						
<b>Verifica flessione</b>				<b>Verifica tagliante</b>		
	<b>y [m]</b>	<b>M<sub>rd</sub> [kNm]</b>	<b>Armatura</b>	<b>y [m]</b>	<b>T<sub>rd</sub> [kN]</b>	<b>Armatura</b>
<b>Gabbia 1</b>	-0.80	2043.3	22 $\phi$ 30	-0.8	-349.4	Minima
	-0.80	2043.3	22 $\phi$ 30	-0.8	-349.4	Minima
	-0.80	2043.3	22 $\phi$ 30	-0.8	-349.4	Minima
	4.70	2043.3	22 $\phi$ 30	2.6	-349.4	Minima
<b>Gabbia 2</b>	2.60	2043.3	22 $\phi$ 30	2.6	-349.4	Minima
	2.60	2043.3	22 $\phi$ 30	2.6	-349.4	Minima
	2.60	2043.3	22 $\phi$ 30	2.6	-349.4	Minima
	14.60	2043.3	22 $\phi$ 30	14.6	-349.4	Minima

Tabella 7: Armatura longitudinale e trasversale Pali di stabilizzazione piazzole Pile/Spalla A

APPALTATORE:  
 Consorzio **HirpiniaAV** Soci **salini impregio** **ASTALDI**

PROGETTAZIONE:  
 Mandataria **SOJL** Mandanti **NET ENGINEERING** **Alpina**

**ITINERARIO NAPOLI – BARI**

**RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
 I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA**

PROGETTO ESECUTIVO  
 RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI  
 VERSANTI

COMMESSA **IF28** LOTTO **01** CODIFICA **E ZZ CL** DOCUMENTO **VI0302 000** REV. **B** FOGLIO **60 di 115**

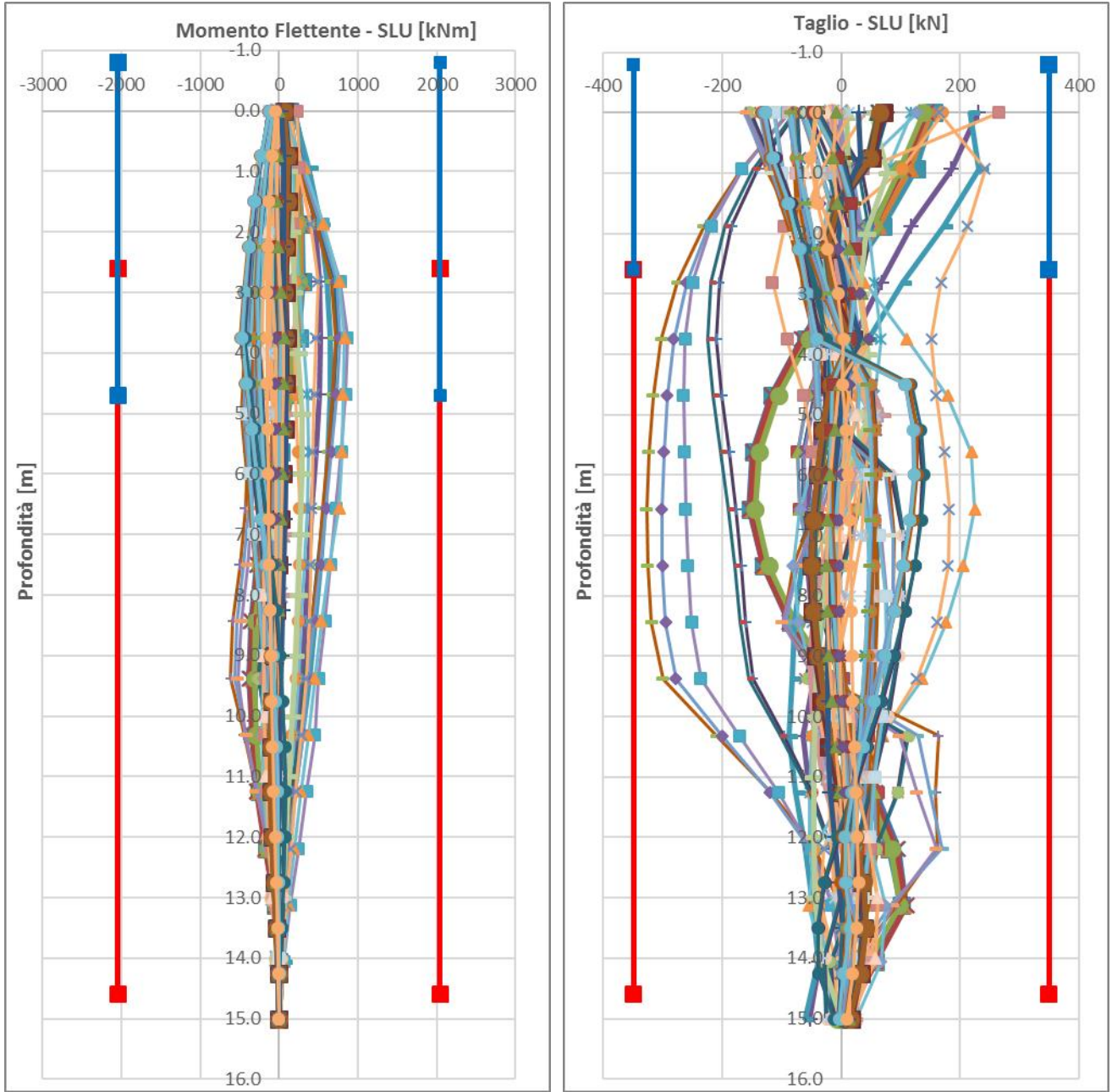


Figura 10.26. Verifica flessionale e tagliante Pali di stabilizzazione piazzole Pile/Spalla A

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 61 di 115

## 10.7 VERIFICHE STRUTTURALI AGLI SLE

Di seguito si riassumono per le sezioni di calcolo significative le verifiche allo stato limite di esercizio lato calcestruzzo, lato armatura e di fessurazione.

### 10.7.1 Pali Tipo 1

Profondità [m]	$M_{Ed,SLE}$ [kNm]	Armatura longitudinale	$\sigma_{c,min}$ [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$w_k$ [mm]
6.1	386.4	18 $\Phi$ 26	-5.3	154.4	0.20
13.0	612.7	18 $\Phi$ 26+9 $\Phi$ 24	-7.4	186.8	0.20
19.6	397.5	18 $\Phi$ 26	-5.5	158.8	0.20

Tabella 8: Pali Tipo 1. Verifiche agli stati limite di esercizio

### 10.7.2 Pali Tipo 2

Profondità [m]	$M_{Ed,SLE}$ [kNm]	Armatura longitudinale	$\sigma_{c,min}$ [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$w_k$ [mm]
4.3	200.8	10 $\Phi$ 30	-3.3	103.4	-
9.4	554.8	20 $\Phi$ 30	-6.2	157.2	0.18
15.3	168.4	10 $\Phi$ 30	-2.7	86.7	-

Tabella 9: Pali Tipo 2. Verifiche agli stati limite di esercizio

### 10.7.3 Pali Tipo 3

Profondità [m]	$M_{Ed,SLE}$ [kNm]	Armatura longitudinale	$\sigma_{c,min}$ [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$w_k$ [mm]
6.0	550.2	20 $\Phi$ 30	-6.2	156.0	0.17
11.0	940.3	20 $\Phi$ 30+10 $\Phi$ 30	-8.9	197.4	0.20
15.3	557.2	20 $\Phi$ 30	-6.3	157.9	0.18

Tabella 10: Pali Tipo 3. Verifiche agli stati limite di esercizio

### 10.7.4 Pali Tipo 4

Profondità [m]	$M_{Ed,SLE}$ [kNm]	Armatura longitudinale	$\sigma_{c,min}$ [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$w_k$ [mm]
5.1	212.8	10 $\Phi$ 30	-3.5	109.6	-
8.0	323.8	20 $\Phi$ 30	-3.6	91.8	0.10
9.7	306.6	20 $\Phi$ 30+10 $\Phi$ 30	-2.9	64.4	-

Tabella 11: Pali Tipo 4. Verifiche agli stati limite di esercizio

### 10.7.5 Pali stabilizzazione piazzole pile/spalla A

Profondità [m]	$M_{Ed,SLE}$ [kNm]	Armatura longitudinale	$\sigma_{c,min}$ [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$w_k$ [mm]
3.8	667.8	22 $\Phi$ 30	-7.1	172.2	0.18

Tabella 12: Pali stabilizzazione piazzole pile/spalla A. Verifiche agli stati limite di esercizio

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> HIRPINIA AV	<u>Soci</u> SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>				
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> ROCKSOIL S.P.A.	<u>Mandanti</u> NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 62 di 115

## 10.8 VERIFICA ALLO SLU DI TIPO GEO

### 10.8.1 Verifica di stabilità globale

### 10.8.2 Verifica delle spinte a valle della paratia

La verifica delle spinte a valle della paratia è condotta in accordo all'approccio 1, Combinazione 2 (A2+M2+R1). Nella seguente figura si mostrano la risultante delle spinte agenti sulla paratia relativi all'ultima fase di calcolo (Fase 17), in particolare deve risultare che la spinta mobilitata a valle (Spinta reale efficace), moltiplicata per il coefficiente  $\gamma_F = 1.0$ , sia inferiore alla resistenza del terreno (Massima spinta ammissibile) corrispondente alla spinta passiva divisa per il coefficiente di resistenza  $\gamma_R = 1.0$ .

### 10.8.3 Pali OS1

Nella seguente figura si riporta l'andamento a valle dell'opera di riferimento della spinta passiva effettivamente mobilitata e della resistenza passiva totale corrispondente all'ultima fase di calcolo (Fase 17).

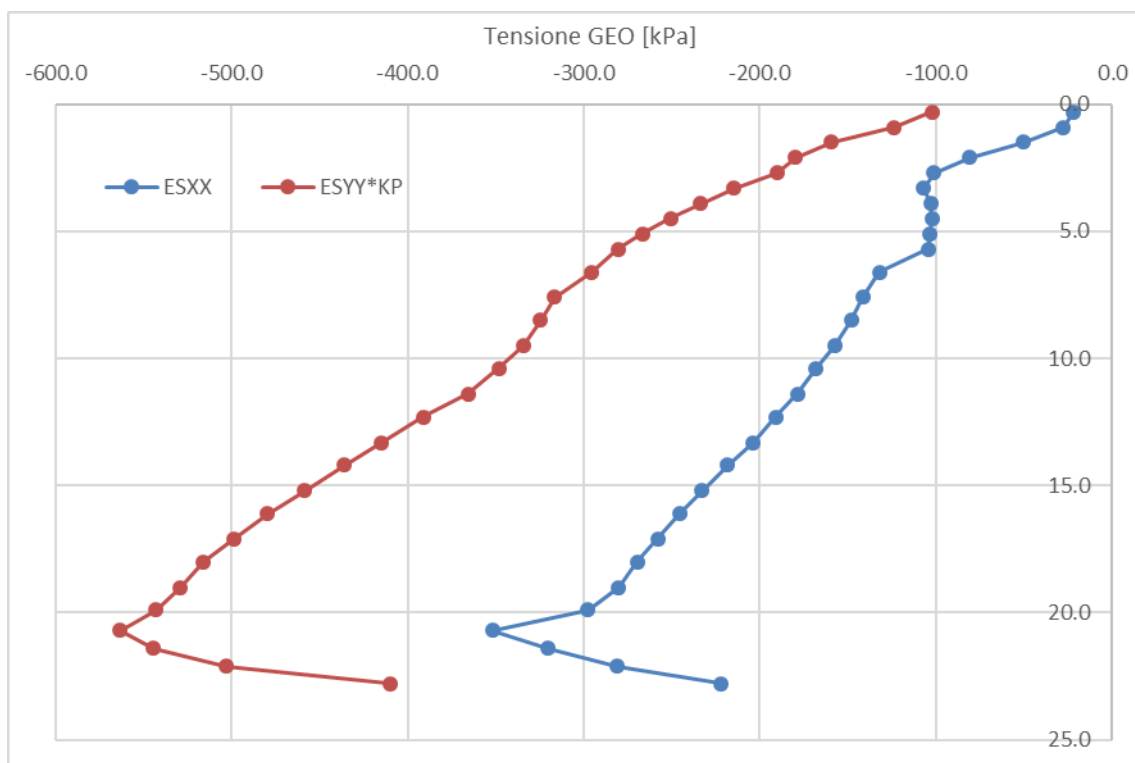


Figura 10.27. Verifica della spinta a valle della paratia (OS1) – GEO

Integrando le aree sottese alle curve si ottiene rispettivamente per le due curve la forza totale mobilitata e la forza resistiva massima del terreno a valle. Si ottiene quanto riportato di seguito:

Spinta reale efficace = 4190.5 kN/m

Massima spinta ammissibile = 8396.3 kN/m

La verifica risulta soddisfatta in quanto la percentuale di resistenza passiva mobilitata è pari al 50%.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0302 000</td> <td>B</td> <td>63 di 115</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	63 di 115
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	63 di 115													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>																		

### 10.8.4 Pali OS2

Nella seguente figura si riporta l'andamento a valle dell'opera di riferimento della spinta passiva effettivamente mobilitata e della resistenza passiva totale corrispondente all'ultima fase di calcolo (Fase 17).

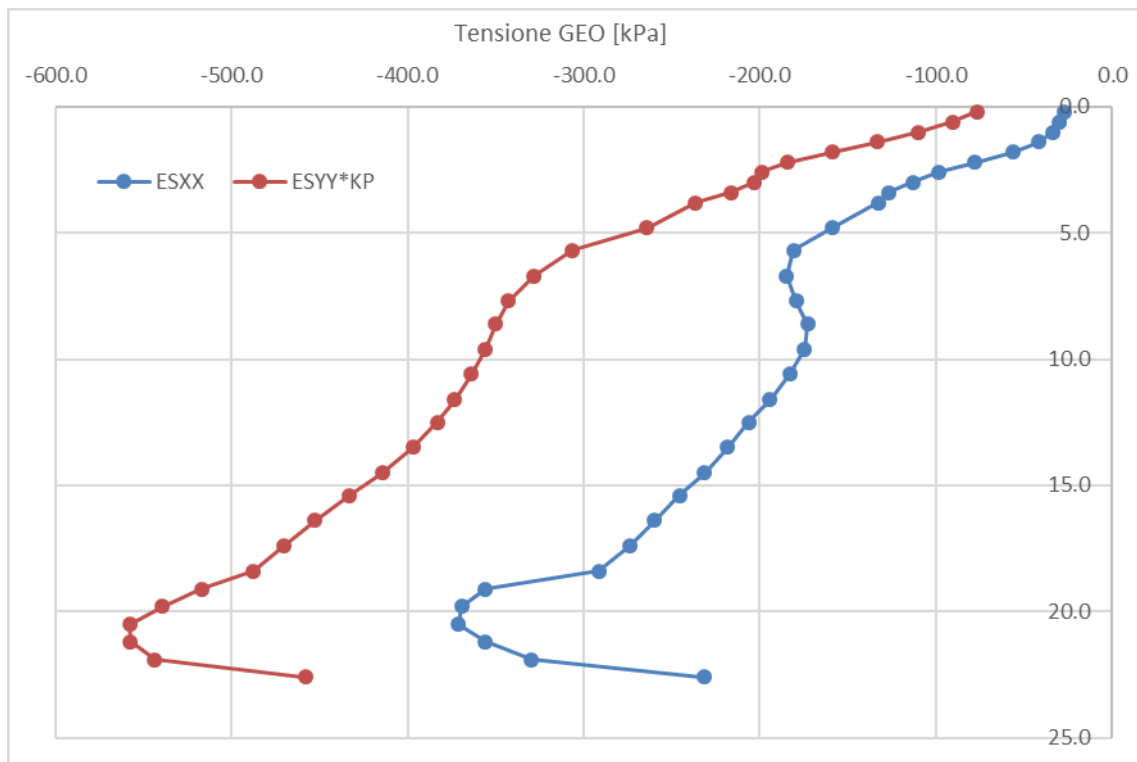


Figura 10.28. Verifica della spinta a valle della paratia (OS2) – GEO

Integrando le aree sottese alle curve si ottiene rispettivamente per le due curve la forza totale mobilitata e la forza resistiva massima del terreno a valle. Si ottiene quanto riportato di seguito:

Spinta reale efficace = 4692.7 kN/m

Massima spinta ammissibile = 8267.5 kN/m

La verifica risulta soddisfatta in quanto la percentuale di resistenza passiva mobilitata è pari al 57%.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <b>HirpiniaAV</b> Soci <b>salini impregilo</b> <b>ASTALDI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>				
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <b>SOJL</b> Mandanti <b>NET ENGINEERING</b> <b>Alpina</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>					
COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0302 000</b>	REV. <b>B</b>	FOGLIO <b>64 di 115</b>

### 10.8.5 Pali OS3

Nella seguente figura si riporta l'andamento a valle dell'opera di riferimento della spinta passiva effettivamente mobilitata e della resistenza passiva totale corrispondente all'ultima fase di calcolo (Fase 17).

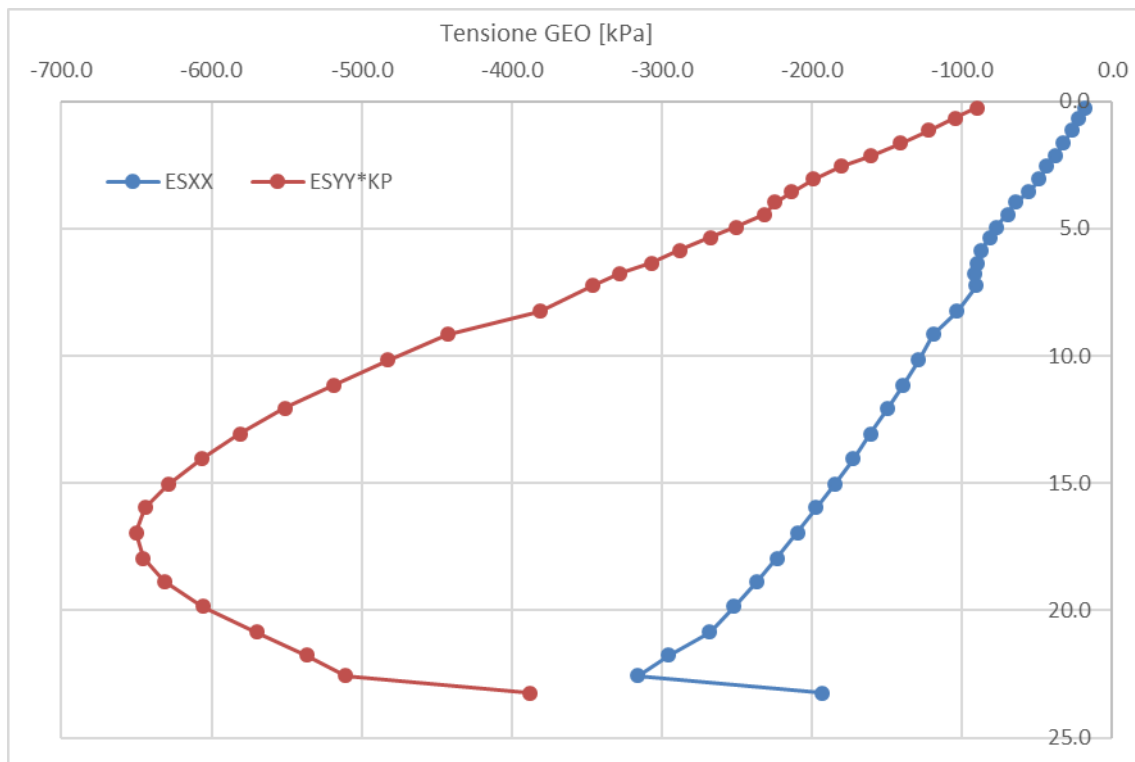


Figura 10.29. Verifica della spinta a valle della paratia (OS3) – GEO

Integrando le aree sottese alle curve si ottiene rispettivamente per le due curve la forza totale mobilitata e la forza resistiva massima del terreno a valle. Si ottiene quanto riportato di seguito:

Spinta reale efficace = 3479.8 kN/m

Massima spinta ammissibile = 10350.6 kN/m

La verifica risulta soddisfatta in quanto la percentuale di resistenza passiva mobilitata è pari al 34%.



<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <b>HirpiniaAV</b> Soci <b>salini impregilo</b> <b>ASTALDI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <b>SOJL</b> Mandanti <b>NETENGINEERING</b> <b>Alpina</b>	
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>	COMMESSA <b>IF28</b> LOTTO <b>01</b> CODIFICA <b>E ZZ CL</b> DOCUMENTO <b>VI0302 000</b> REV. <b>B</b> FOGLIO <b>65 di 115</b>

### 10.8.6 Pali OS4

Nella seguente figura si riporta l'andamento a valle dell'opera di riferimento della spinta passiva effettivamente mobilitata e della resistenza passiva totale corrispondente all'ultima fase di calcolo (Fase 17).

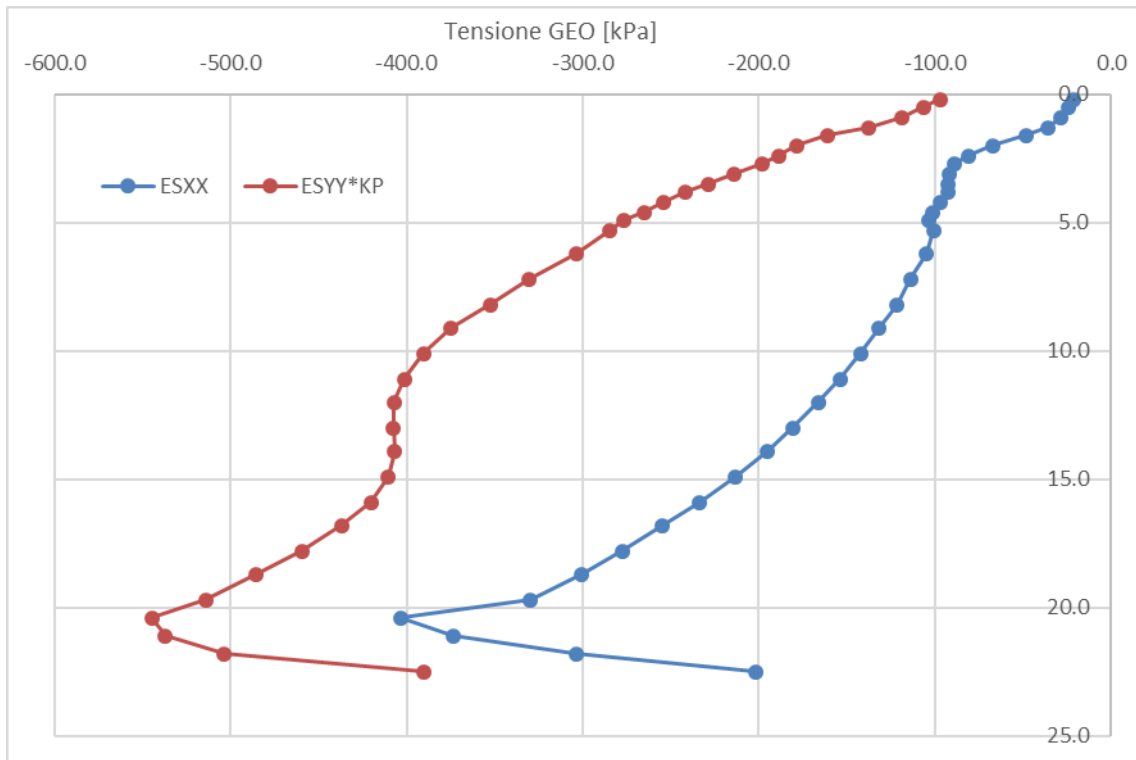


Figura 10.30. Verifica della spinta a valle della paratia (OS4) – GEO

Integrando le aree sottese alle curve si ottiene rispettivamente per le due curve la forza totale mobilitata e la forza resistiva massima del terreno a valle. Si ottiene quanto riportato di seguito:

Spinta reale efficace = 4008.0 kN/m

Massima spinta ammissibile = 8185.5 kN/m

La verifica risulta soddisfatta in quanto la percentuale di resistenza passiva mobilitata è pari al 49%.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <b>HirpiniaAV</b> Soci <b>salini impregilo</b> <b>ASTALDI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>				
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <b>SOJL</b> Mandanti <b>NET ENGINEERING</b> <b>Alpina</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>					
COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0302 000</b>	REV. <b>B</b>	FOGLIO <b>66 di 115</b>

### 10.8.7 Pali OS5

Nella seguente figura si riporta l'andamento a valle dell'opera di riferimento della spinta passiva effettivamente mobilitata e della resistenza passiva totale corrispondente all'ultima fase di calcolo (Fase 17).

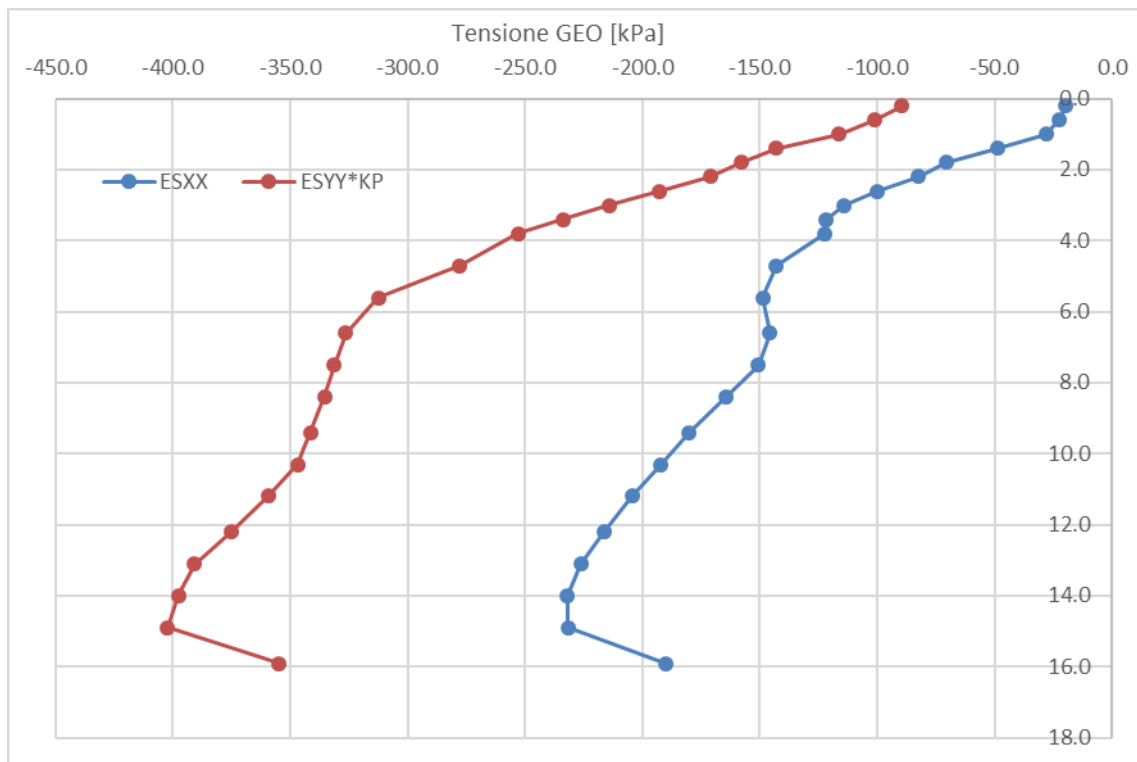


Figura 10.31. Verifica della spinta a valle della paratia (OS5) – GEO

Integrando le aree sottese alle curve si ottiene rispettivamente per le due curve la forza totale mobilitata e la forza resistiva massima del terreno a valle. Si ottiene quanto riportato di seguito:

Spinta reale efficace = 2491.6 kN/m

Massima spinta ammissibile = 4791.8 kN/m

La verifica risulta soddisfatta in quanto la percentuale di resistenza passiva mobilitata è pari al 52%.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <b>HirpiniaAV</b> Soci <b>salini impregilo</b> <b>ASTALDI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <b>SOJL</b> Mandanti <b>NET ENGINEERING</b> <b>Alpina</b>	
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>	
COMMESSA <b>IF28</b> LOTTO <b>01</b> CODIFICA <b>E ZZ CL</b> DOCUMENTO <b>VI0302 000</b> REV. <b>B</b> FOGLIO <b>67 di 115</b>	

### 10.8.8 Pali OS6

Nella seguente figura si riporta l'andamento a valle dell'opera di riferimento della spinta passiva effettivamente mobilata e della resistenza passiva totale corrispondente all'ultima fase di calcolo (Fase 17).

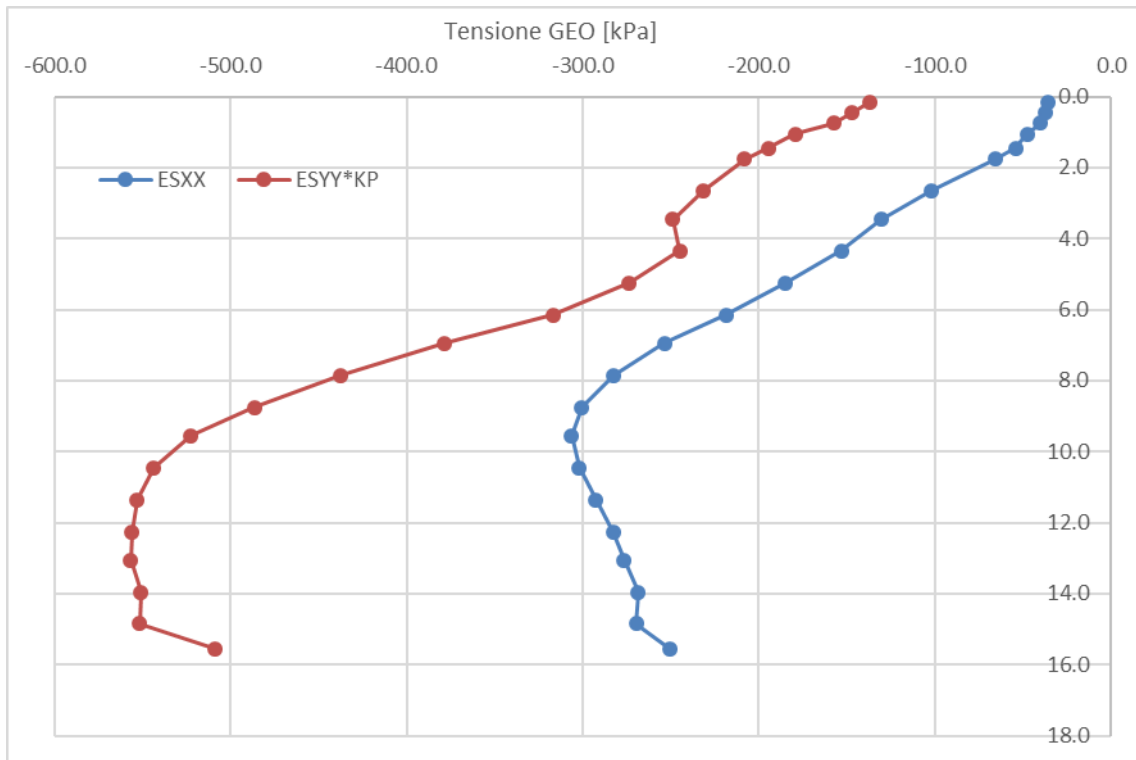


Figura 10.32. Verifica della spinta a valle della paratia (OS6) – GEO

Integrando le aree sottese alle curve si ottiene rispettivamente per le due curve la forza totale mobilata e la forza resistiva massima del terreno a valle. Si ottiene quanto riportato di seguito:

Spinta reale efficace = 3333.2 kN/m

Massima spinta ammissibile = 6132.7 kN/m

La verifica risulta soddisfatta in quanto la percentuale di resistenza passiva mobilata è pari al 54%.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0302 000</td> <td>B</td> <td>68 di 115</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	68 di 115
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	68 di 115													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>																		

### 10.8.9 Pali OS7

Nella seguente figura si riporta l'andamento a valle dell'opera di riferimento della spinta passiva effettivamente mobilitata e della resistenza passiva totale corrispondente all'ultima fase di calcolo (Fase 17).

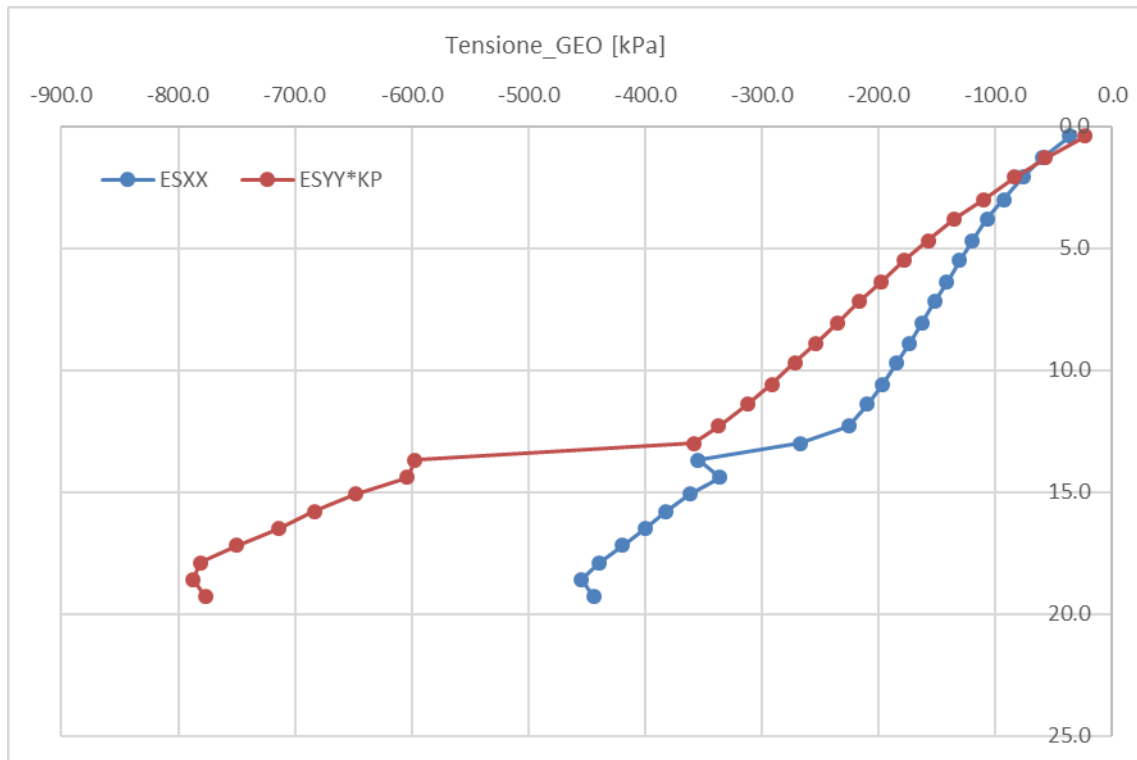


Figura 10.33. Verifica della spinta a valle della paratia (OS7) – GEO

Integrando le aree sottese alle curve si ottiene rispettivamente per le due curve la forza totale mobilitata e la forza resistiva massima del terreno a valle. Si ottiene quanto riportato di seguito:

Spinta reale efficace = 4273.0 kN/m

Massima spinta ammissibile = 6812.4 kN/m

La verifica risulta soddisfatta in quanto la percentuale di resistenza passiva mobilitata è pari al 63%.

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI</b> <b>VERSANTI</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF28</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>VI0302 000</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>FOGLIO</b> <b>69 di 115</b>

## 10.9 VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE PALI STABILIZZAZIONE PIAZZOLE SPALLA A E PILE P1 E P2

I seguenti paragrafi riportano la verifica geotecnica di capacità portante dei pali di consolidamento realizzati nelle piazzole dove sorgeranno la spalla A e le pile 1 e 2; gli effetti dei movimenti indotti dalle operazioni di scavo sui pali di che trattasi sono stati indagati nei precedenti § 10.6.5 e 10.7.5.

Per le ragioni anticipate in premessa, i pali sono utilizzati per stabilizzare il terreno introno alle pile sia per garantire un piano di appoggio stabile per i successivi rinterrati, sia per poter transitare e appostare mezzi di cantiere di grandi dimensioni durante le fasi di lavoro, i quali, altrimenti, si troverebbero a lavorare su coltri di terreno deformabili e potenzialmente instabili. Il sistema pali + cappa di calcestruzzo di ripartizione stesa sopra la testa dei pali stesse consente, dunque, di portare i carichi sia nella fase transitoria, sia nella fase definitiva in profondità evitando cedimenti e instabilità locali.

### 10.9.1 Cenni teorici e criteri per il calcolo della capacità portante

Per stimare la capacità portante di un palo di fondazione isolato si fa riferimento allo schema di Figura 10.34. Il palo è un corpo cilindrico che oppone resistenza alla penetrazione nel terreno mediante tensioni tangenziali di attrito e/o di aderenza sulla superficie laterale e tensioni di compressione alla base. Le tensioni tangenziali si sviluppano per uno scorrimento relativo tra la superficie laterale del palo e il terreno circostante, in parte dovuto alla traslazione rigida e in parte alla compressione assiale del palo. Le tensioni di compressione alla base si sviluppano per un cedimento della base stessa.

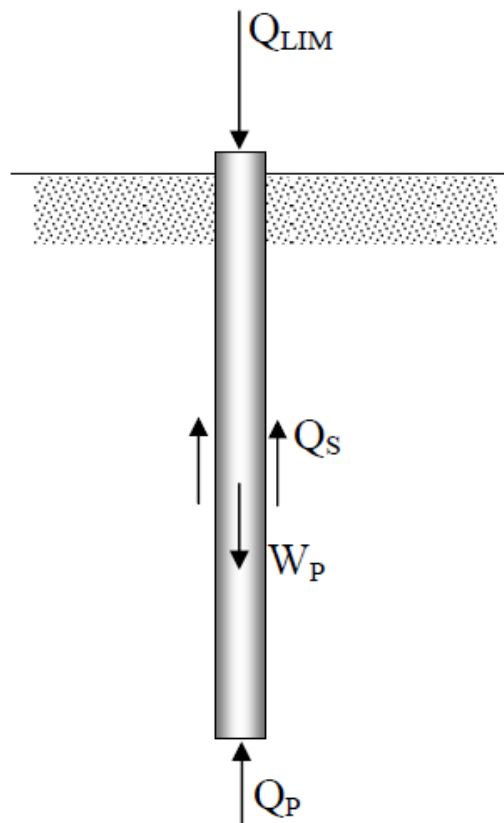


Figura 10.34. Schema di carico per la valutazione della capacità portante di un palo

Applicando un carico verticale progressivamente crescente alla sommità del palo, l'equilibrio è garantito inizialmente solo dalle tensioni tangenziali nella parte superiore del palo. Poi, al crescere dell'intensità della forza,

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio Soci 	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria Mandanti 						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 70 di 115

la deformazione del palo si propaga verso il basso e iniziano i cedimenti della base del palo e il conseguente sviluppo delle tensioni di compressione alla base stessa.

La stima della capacità portante di un palo isolato  $Q_{LIM}$  mediante formule statiche è ottenuta valutando i valori massimi mobilizzabili, in condizioni di equilibrio limite, della resistenza laterale  $Q_S$  e di quella di punta  $Q_P$ :

$$Q_{LIM} + W_P = Q_S + Q_P$$

essendo  $W_P$  il peso proprio del palo.

Nel seguito saranno presentati i cenni teorici per la stima dei singoli contributi nel calcolo della capacità portate in condizioni non drenate secondo le raccomandazioni AGI (1984).

### Stima $Q_P$

In genere il termine di capacità portante di punta  $Q_P$  di pali in terreno coesivo (come nel caso in esame) contribuisce in maniera modesta (10%-20%) alla capacità portante totale. Per la stima di  $Q_P$  si esegue un'analisi in condizioni non drenate, in termini di tensioni totali. L'equazione di riferimento è formalmente identica a quella della capacità portante di fondazioni superficiali su terreno coesivo in condizioni non drenate:

$$Q_P = A_P \cdot q_P = A_P \cdot (9 \cdot C_U + \sigma_{vo,P})$$

In cui  $A_P$  è l'area di base del palo e  $q_P$  la capacità portante unitaria.

### Stima $Q_S$

Per la stima di  $Q_S$  si applica il metodo  $\alpha$ , in cui si assume che le tensioni tangenziali limite siano una quota parte della resistenza al taglio non drenata originaria del terreno indisturbato:

$$\tau_S = \alpha \cdot C_U$$

In cui  $\alpha$  è un coefficiente empirico di aderenza che dipende dal tipo di terreno, dalla resistenza al taglio non drenata del terreno indisturbato, dal metodo di costruzione del palo, dal tempo, dalla profondità, dal cedimento del palo. L'Associazione Geotecnica Italiana suggerisce di assumere per  $\alpha$  i valori indicati nella seguente tabella.

Tipo di palo	Materiale	Valori di $C_U$ (kPa)	Valori di $\alpha$	Valori limite di $\alpha \cdot C_U$ (kPa)
Battuto	Calcestruzzo	$C_U \leq 25$	1,00	120
		$25 < C_U < 50$	0,85	
		$50 < C_U < 75$	0,65	
		$C_U \geq 75$	0,50	
	Acciaio	$C_U \leq 25$	1,00	100
		$25 < C_U < 50$	0,80	
		$50 < C_U < 75$	0,65	
		$C_U \geq 75$	0,50	
Trivellato	Calcestruzzo	$C_U \leq 25$	0,90	100
		$25 < C_U < 50$	0,80	
		$50 < C_U < 75$	0,60	
		$C_U \geq 75$	0,40	

Tabella 13: Stratigrafia di riferimento

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span> 	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span> 						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 71 di 115

### 10.9.2 Verifica di capacità portante

Per la verifica di capacità portante si esegue una valutazione dei carichi che agiscono sulle piazzole sia in condizioni di lungo termine, sia in condizioni transitorie (fasi di costruzione)

- A lungo termine la condizione peggiore è fornita dalla presenza di ritombamento in materiale arido o dai muri in terra verde, per un valore del carico permanente di circa  $P_k = 60 \text{ kPa}$  (circa 3 m di ritombamento massimo sulle piazzole antistanti le pile).
- In condizione transitoria la situazione peggiore è fornita dalla presenza di mezzi pesanti per la realizzazione dei pozzi di fondazione e/o delle pile/spalla. Si è considerata la presenza di autogrù con carichi sugli stabilizzatori come indicato in figura:



Figura 10.35. Esempio condizione di carico di un mezzo pesante di cantiere

Il carico di ogni stabilizzatore è ripartito su una superficie di  $6 \text{ m}^2$  ( $2 \times 3 \text{ m}$ ) tramite una piastra di ripartizione, che a sua volta trasferirà lo stesso carico alla testa della palificata mediante massetto in CLS armato di spessore pari a  $0.5 \text{ m}$ , pertanto, per una diffusione del carico in fondazione a  $45^\circ$ , la pressione che agisce alla quota testa pali è pari a:

$$q_k = \frac{Q_k}{A} = \frac{110 \text{ t}}{3 \cdot 4} = 90 \text{ kPa}$$

L'area di influenza di ogni palo è pari al prodotto degli interassi lungo le due direzioni principali, pertanto:

$$A_i = 2.5 \cdot 2.5 = 6.25 \text{ m}^2$$

Su ogni palo agisce un carico pari a  $Q_d = 560 \text{ kN}$ . Quest'ultimo, per definizione di carico eccezionale, non prevede l'impiego di fattori di sicurezza parziali di amplificazione. Al carico variabile si somma il peso del massetto in CLS, pari a:

$$P_d = \gamma_a \cdot \gamma_{\text{Massetto}} \cdot V = 1.3 \cdot 22 \cdot 0.5 \cdot 2.5 \cdot 2.5 = 90 \text{ kN}$$

L'azione di progetto totale agente su ogni singolo palo risulta pertanto pari a  $650 \text{ kN}$ .

Si assume a favore di sicurezza che tutto il carico sia trasferito ai pali; nella figura seguente è riportato l'andamento della resistenza alla capacità portante di ogni singolo palo in funzione della lunghezza dello stesso.



<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <b>HirpiniaAV</b> Soci <b>salini impregilo</b> <b>ASTALDI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>											
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <b>ROKSOJIL</b> Mandanti <b>NETENGINEERING</b> <b>Alpina</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA IF28</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO 01</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA E ZZ CL</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO VI0302 000</td> <td style="width: 16.6%;">REV. B</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO 72 di 115</td> </tr> </table>						COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 72 di 115
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 72 di 115							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>												

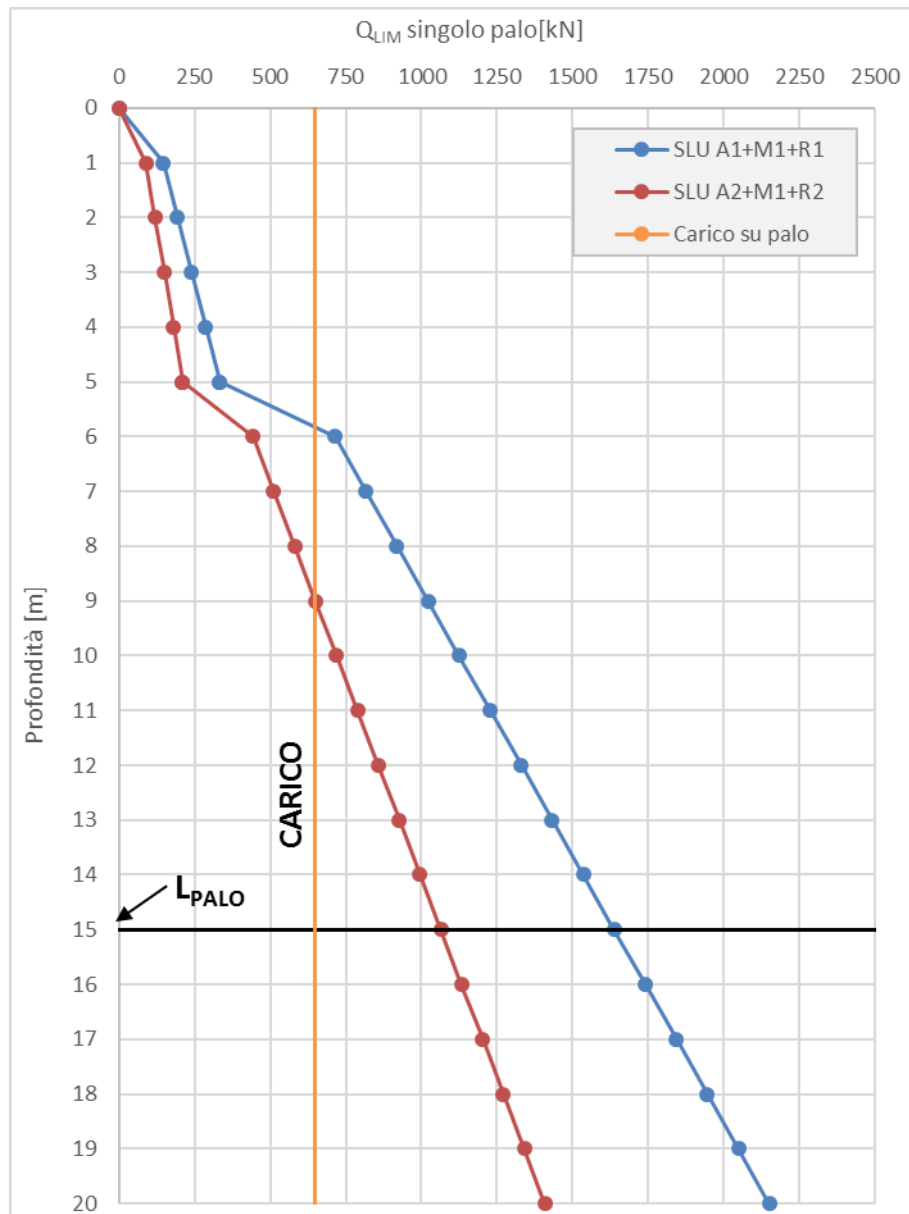


Figura 10.36. Verifica di capacità portante

La verifica – come mostrato in figura – risulta soddisfatta.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 73 di 115

## 10.10 SINTESI RISULTATI ANALISI DI STABILITÀ POST-OPERAM

Al fine di verificare l'efficacia delle opere di stabilizzazione del versante poste in essere da progetto esecutivo, si sono effettuate diverse analisi di stabilità del versante oggetto di studio, al termine delle seguenti fasi di calcolo:

- Analisi di stabilità in condizioni drenate al termine delle fasi di scavo;
- Analisi di stabilità in condizioni drenate in condizioni finali;
- Analisi di stabilità in condizioni sismiche in condizioni drenate;
- Analisi di stabilità in condizioni sismiche in condizioni non drenate;

Le analisi di stabilità sono state eseguite mediante i metodi ed i modelli descritti nei precedenti capitoli; le condizioni idrauliche sono indicate nella successiva figura.

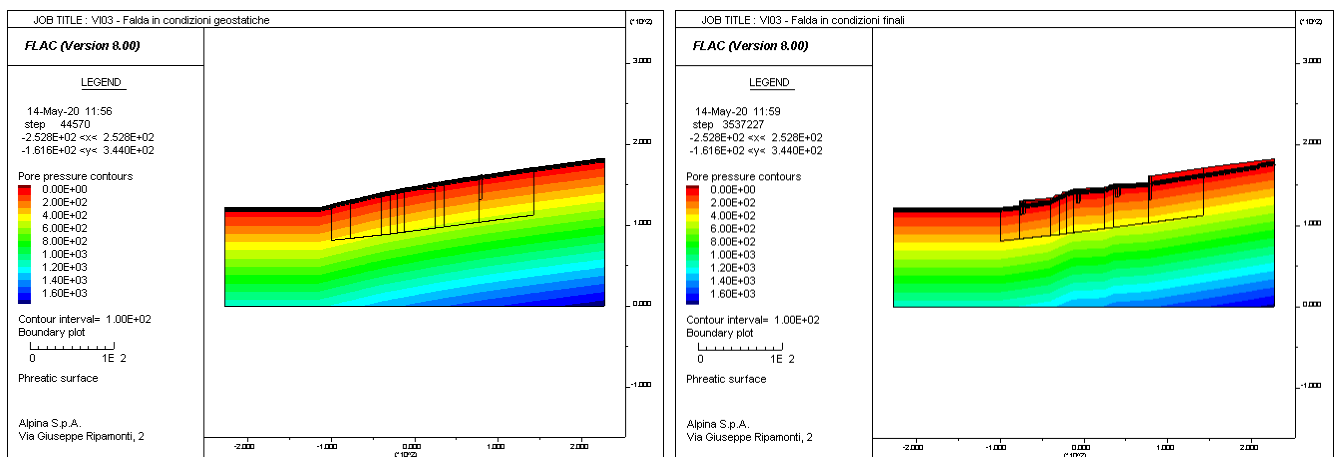


Figura 10.37. Livello falda idrica ante-operam, in condizioni geostatiche e post-operam, al termine delle fasi di scavo – Versante Est

Le analisi di stabilità mostrano che al termine della realizzazione delle opere di stabilizzazione del versante si hanno fattori di sicurezza alla stabilità globale, variabili da  $1.05 \div 1.48$ , – come mostrato nelle figure seguenti – a dimostrazione dell'efficacia degli interventi previsti da progetto esecutivo. Il valore 1.05 in realtà è riferito alla paratia di diaframmi a T posta a monte del versante che non è oggetto di analisi e che è stata modellata in modo speditivo senza tenere conto dell'insieme delle opere di presidio del piazzale le cui verifiche di stabilità globale sono riportate in altra sezione del progetto. Si osserva, inoltre, che i valori più bassi dei coefficienti di sicurezza si attingono nelle zone superficiali del pendio dove sono presenti appunto le coltri instabili. La sequenza di paratie a pettine è tale da bloccare il propagarsi della instabilità, la base delle palificate raggiunge profondità tali da immergersi negli strati che possono essere considerati stabili, sulla base delle informazioni ad oggi disponibili.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span> 		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span> 		<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>		COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0302 000</b>	REV. <b>B</b>	FOGLIO <b>74 di 115</b>

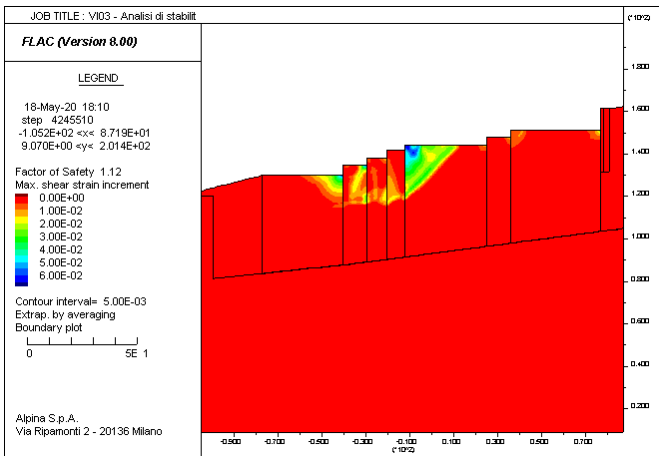
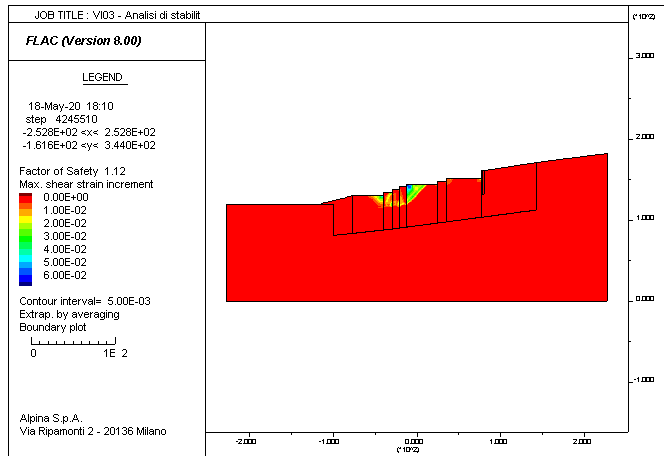


Figura 10.38. Analisi di stabilità in condizioni drenate al termine delle fasi di scavo (Fase 10 – FS = 1.12) – Versante Est

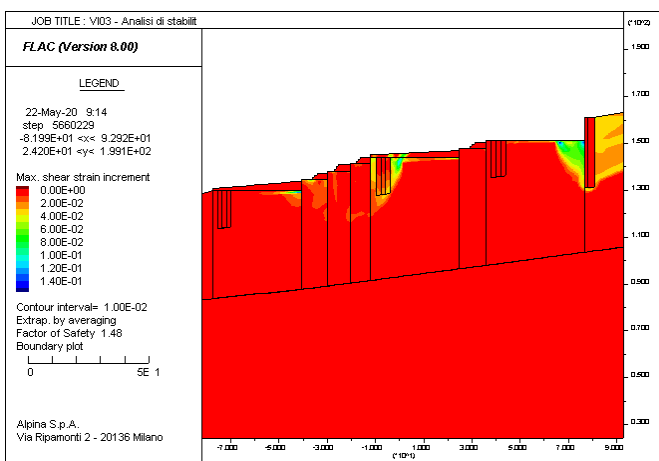
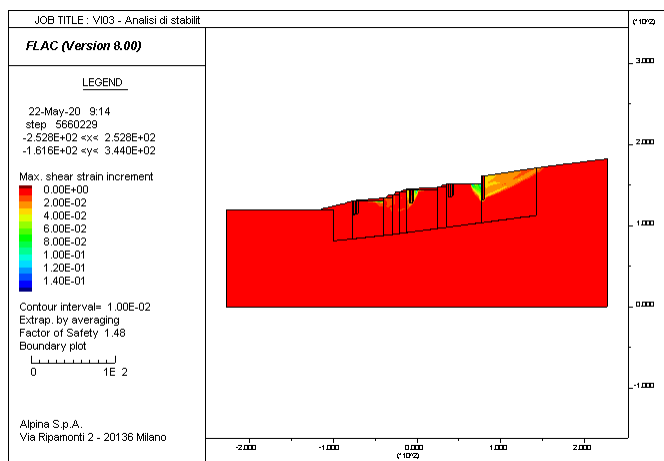


Figura 10.39. Analisi di stabilità in condizioni drenate in condizioni finali (Fase 16 – FS = 1.48) – Versante Est

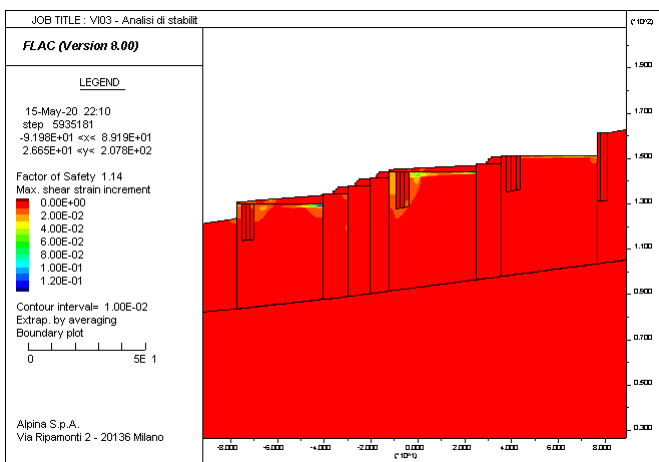
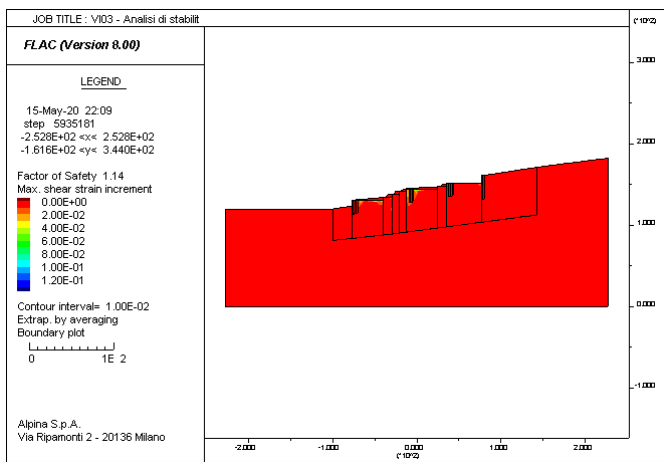
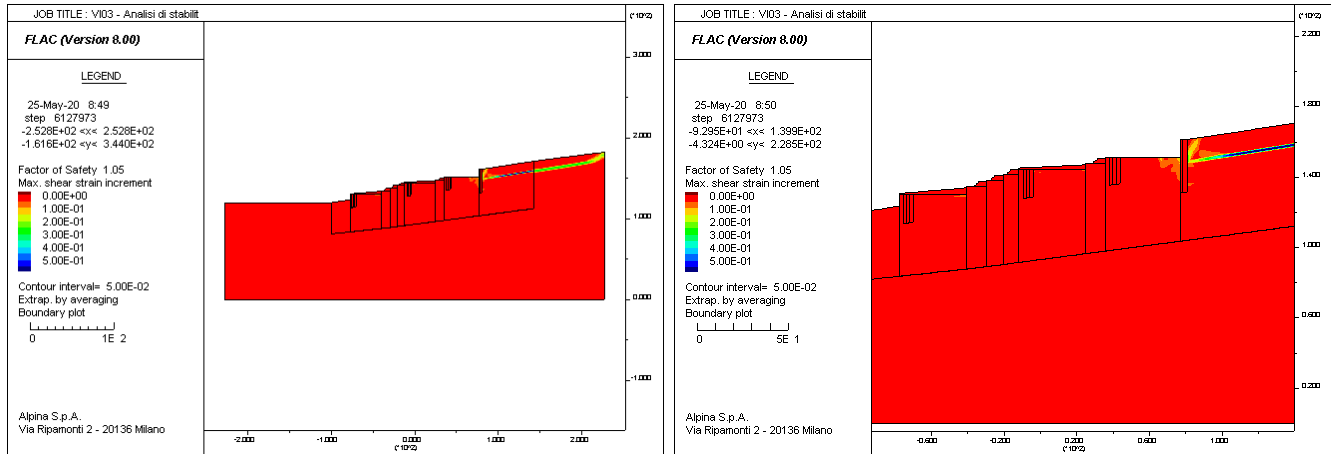


Figura 10.40. Analisi di stabilità in condizioni sismiche in condizioni drenate (Fase 18 – FS = 1.14) – Versante Est

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">VI0302 000</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">75 di 115</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	75 di 115
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	75 di 115								



**Figura 10.41. Analisi di stabilita in condizioni sismiche in condizioni non drenate (Fase 18 – FS = 1.05) – Versante Est**

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0302 000</td> <td>B</td> <td>76 di 115</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	76 di 115
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	76 di 115													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>																		

## 11 OPERE DI STABILIZZAZIONE E SOSTEGNO VERSANTE OVEST

### 11.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

La dimensione del modello di calcolo realizzato per le analisi numeriche dell'intero versante Ovest è pari a 340 x 140 m, grande abbastanza da evitare disturbi sul contorno del cavo date dalle condizioni al contorno. Anche in questo caso si prevede ai bordi laterali del modello il posizionamento di carrelli in direzione orizzontale, così da impedire gli spostamenti in tale direzione, e cerniere alla base ad impedire spostamenti in entrambe le direzioni x e y.

La figura seguente riporta il modello di calcolo Flac 2D utilizzato per le verifiche di stabilità del Versante Est.

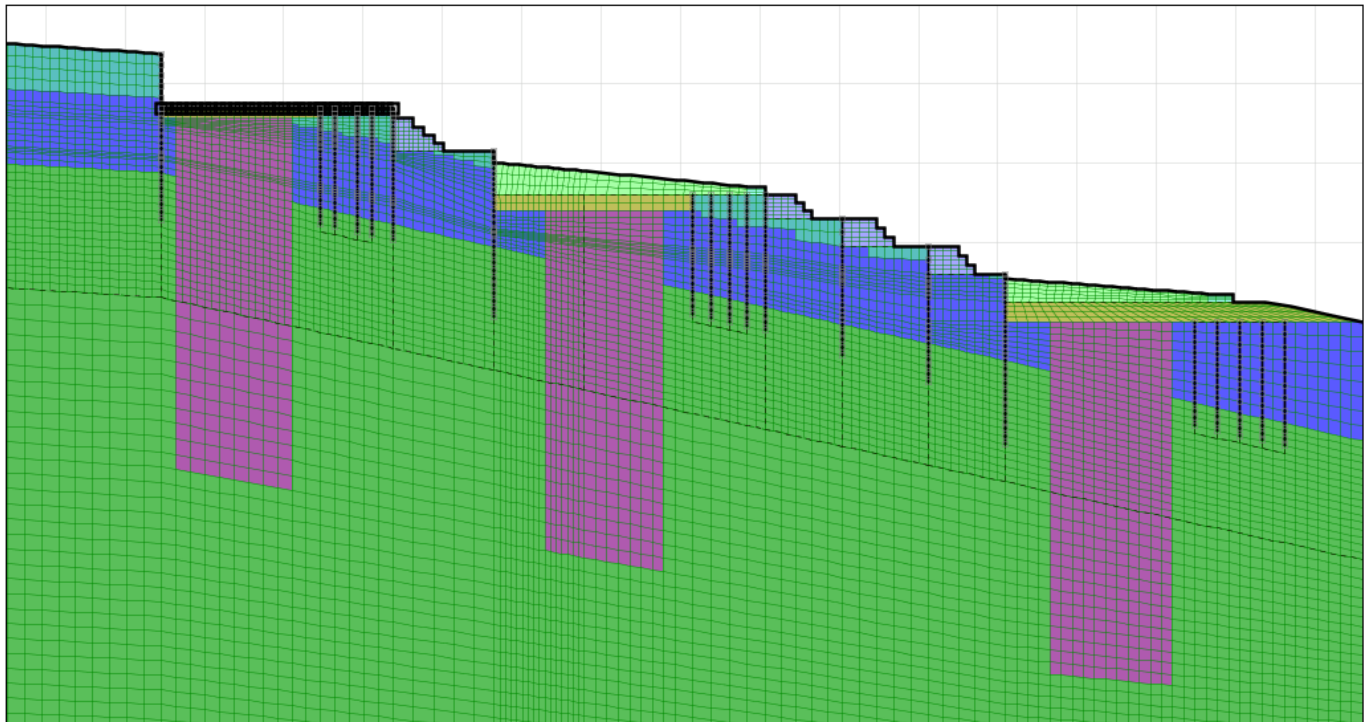


Figura 11.1. Modello di calcolo implementato nel software Flac 2D per il Versante Ovest

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI</b> <b>VERSANTI</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF28</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>VI0302 000</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>FOGLIO</b> <b>77 di 115</b>

## 11.2 DATI DI INPUT DEL MODELLO E LIVELLI PIEZOMETRICI

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dalle Opere d'Arte oggetto del presente documento si rimanda agli elaborati specialistici.

Per le analisi in esame i terreni sono stati considerati con comportamento drenato in tutte le fasi di calcolo.

Stratigrafia		Falda
Spessore strato [m]	Unità di riferimento	
5.0	Coltre franosa	Piano campagna
10.0	BNA2_Sup	
> 30 m	BNA2_Inf	

**Tabella 14: Stratigrafia di riferimento**

Unità	$\gamma$	$c'$	$\phi'$	$C_u$	$E_{vc}$	$E_{UR}$
	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
Coltre franosa	20	3	20	25	20000	20000
BNA2_Sup	21	20	24	400	135000	270000
BNA2_Inf	21	20	24	2500	150000	300000

**Tabella 15: Parametri geotecnici di riferimento**

L'interazione tra l'opera di sostegno e il terreno circostante è tenuta in considerazione mediante interfaccia attritiva avente un angolo di attrito terreno/calcestruzzo ( $\delta$ ) pari a  $2/3 \phi'$ .

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI</b> <b>VERSANTI</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF28</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>VI0302 000</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>FOGLIO</b> <b>78 di 115</b>



### 11.3 DESCRIZIONE DELLE FASI DI CALCOLO

Di seguito sono indicate le fasi di calcolo ipotizzate, cercando di riprodurre il più fedelmente possibile gli step di lavoro previsti per la realizzazione delle opere di stabilizzazione del versante:

- Fase 1: Condizione Geostatica;
  - o Analisi di stabilità del pendio in condizioni geostatiche (ante-operam) secondo il metodo SSR (Shear Strength Reduction Method);
  - o Analisi di stabilità del pendio in condizioni geostatiche (ante-operam) secondo il metodo SSR (Shear Strength Reduction Method) e contestuale presenza di forze filtranti;
- Fase 2: Realizzazione paratie di pali N° 9, 10, 11, 13, 14 (pali  $\Phi$ 1000/ interasse 1200m);
- Fase 3: Scavo a valle della paratia di pali N°14;
- Fase 4: Scavo a valle della paratia di pali N°13;
- Fase 5: Scavo a valle della paratia di pali N°11;
- Fase 6: Scavo a valle della paratia di pali N°10;
- Fase 7: Scavo a valle della paratia di pali N°9;
- Fase 8: Finitura paratie di pali N° 8 e 12 con "archi" di sostegno (pali  $\Phi$ 1000/interasse 1200mm);
- Fase 9: Scavo a valle delle paratie di pali N° 2 e 6;
  - o Analisi di stabilità del pendio al termine delle fasi di scavo secondo il metodo SSR (Shear Strength Reduction Method);
- Fase 10: Consolidamento del terreno nelle piazzole di lavoro antistanti la spalla e le pile con maglia di pali  $\Phi$ 1000/2.5x2.5 m e realizzazione pozzi di fondazione;
- Fase 11: Approfondimento del piano di lavoro per la realizzazione delle fondazioni delle pile;
- Fase 12: Ritombamento;
- Fase 13: Finiture mediante riporto di materiale e posa in opera di muri cellulari tipo crib-wall per la ricomposizione morfologica del versante;
  - o Analisi di stabilità del pendio in condizioni finali secondo il metodo SSR (Shear Strength Reduction Method);
- Fase 14: Applicazione delle azioni sismiche (lungo termine).
  - o Analisi di stabilità del pendio in condizioni sismiche (post-operam) secondo il metodo SSR (Shear Strength Reduction Method) in condizioni drenate;
  - o Analisi di stabilità del pendio in condizioni sismiche (post-operam) secondo il metodo SSR (Shear Strength Reduction Method) in condizioni non drenate;

Le fasi di calcolo sono di seguito raffigurate.



<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0302 000</td> <td>B</td> <td>79 di 115</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	79 di 115
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	79 di 115													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>																		

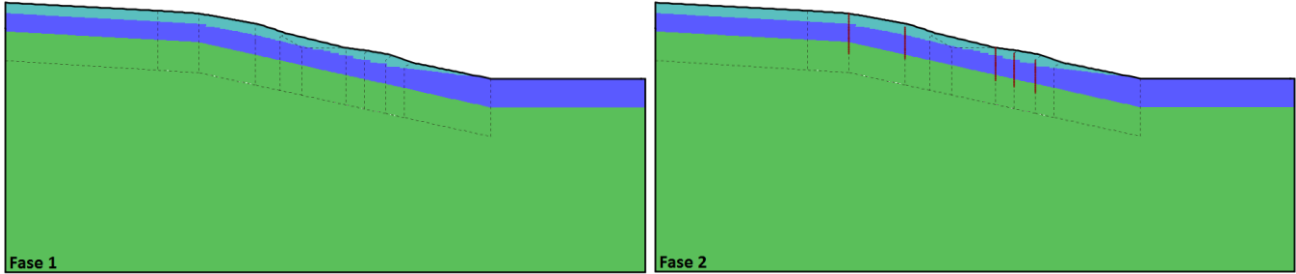


Figura 11.2. Fasi di calcolo 1 e 2 - Versante Ovest

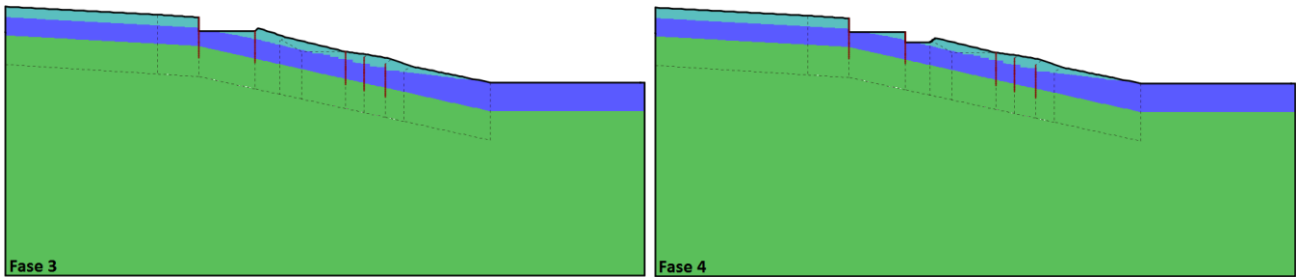


Figura 11.3. Fasi di calcolo 3 e 4 - Versante Ovest

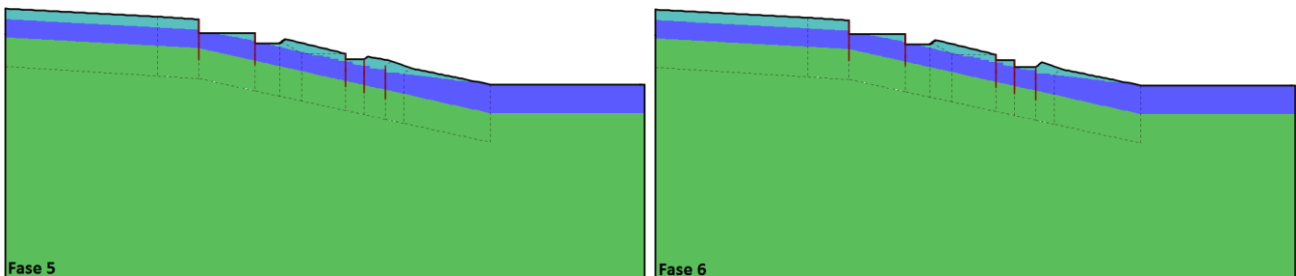


Figura 11.4. Fasi di calcolo 5 e 6 - Versante Ovest

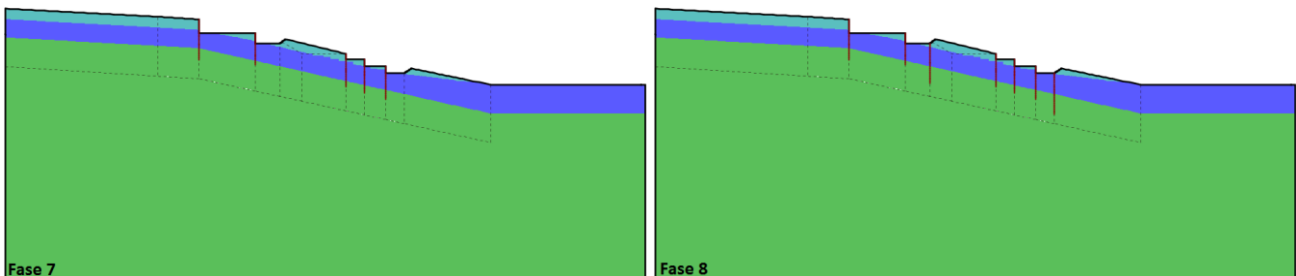


Figura 11.5. Fasi di calcolo 7 e 8 - Versante Ovest

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>VI0302 000</td> <td>B</td> <td>80 di 115</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	80 di 115
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	80 di 115													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>																		

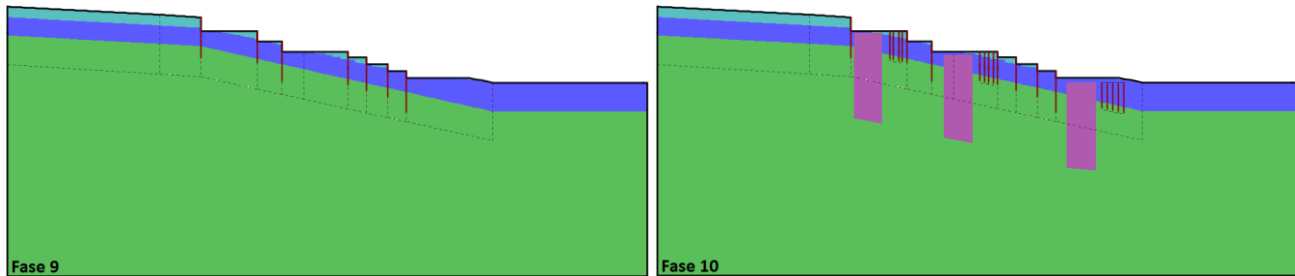


Figura 11.6. Fasi di calcolo 9 e 10 - Versante Ovest

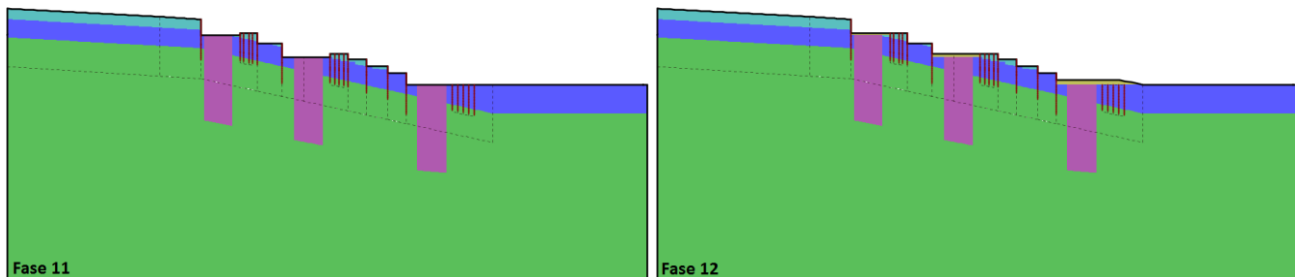


Figura 11.7. Fasi di calcolo 11 e 12 - Versante Ovest

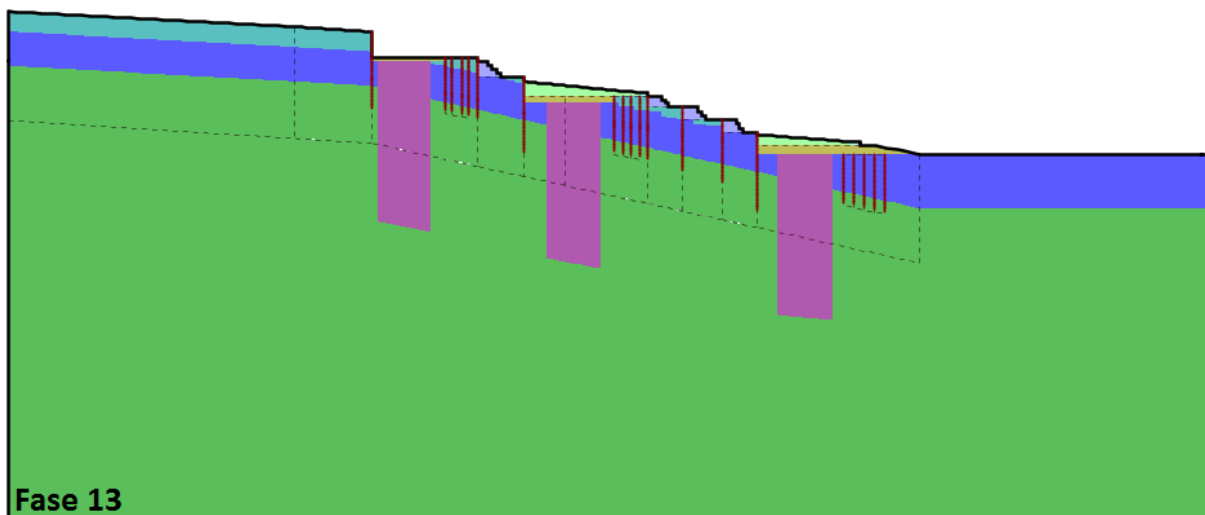


Figura 11.8. Fase di calcolo 13 - Versante Ovest

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.</b>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b>							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI</b> <b>VERSANTI</b>		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 81 di 115

### 11.4 SINTESI RISULTATI ALLO SLE – SPOSTAMENTI

Nella figura seguente vengono riportati i risultati delle elaborazioni in termini di deformata del modello (Combinazione SLE rara) per la fase di calcolo finale N° 13.

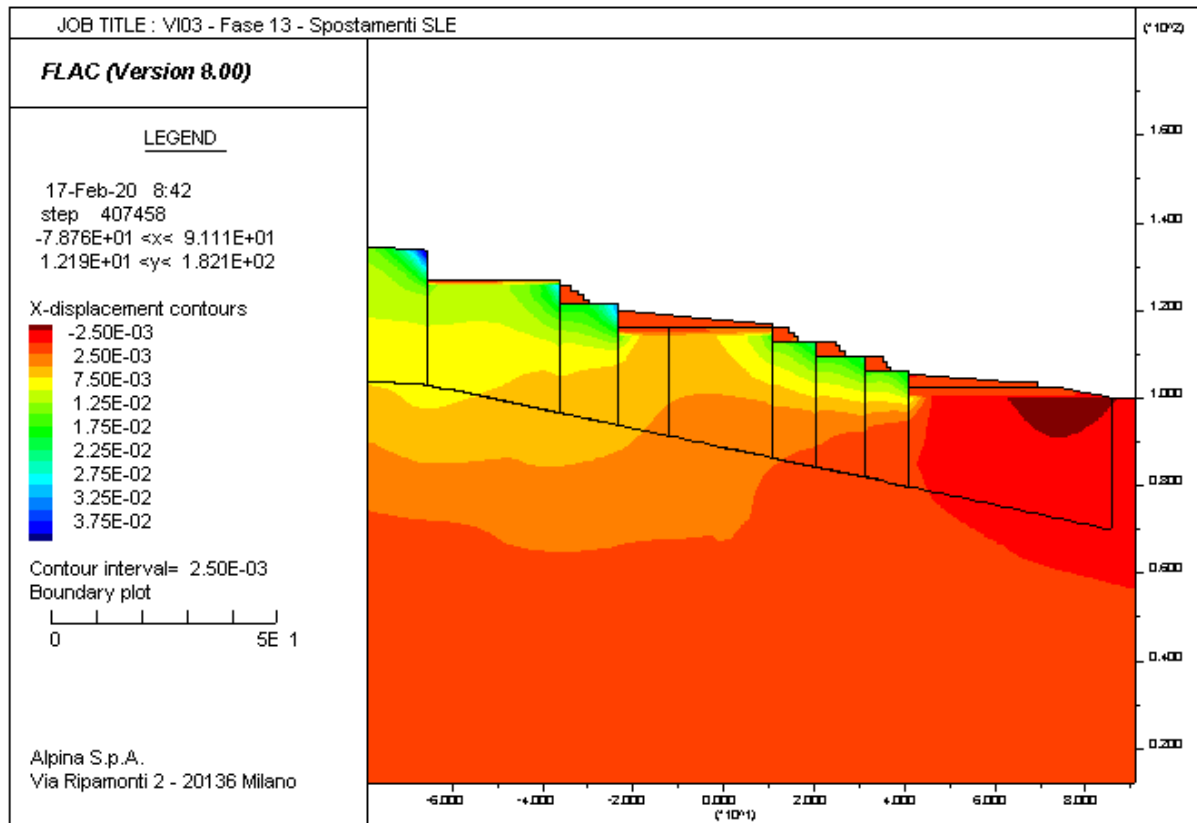


Figura 11.9. Versante Ovest – Fase 13 – Spostamenti nella configurazione finale

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.</b>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b>							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI</b> <b>VERSANTI</b>		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 82 di 115

## 11.5 SINTESI DEI RISULTATI PER GLI STATI LIMITE STRUTTURALI (STR)

Nelle Figure seguenti si riportano le sollecitazioni di calcolo agli stati limite strutturali per ogni paratia, che risultano al termine di ogni fase di calcolo sotto forma di:

- Azione flettente (SLU in approccio 1 – Combinazione 1);
- Azione tagliante (SLU in approccio 1 – Combinazione 1);

### Pali OS8

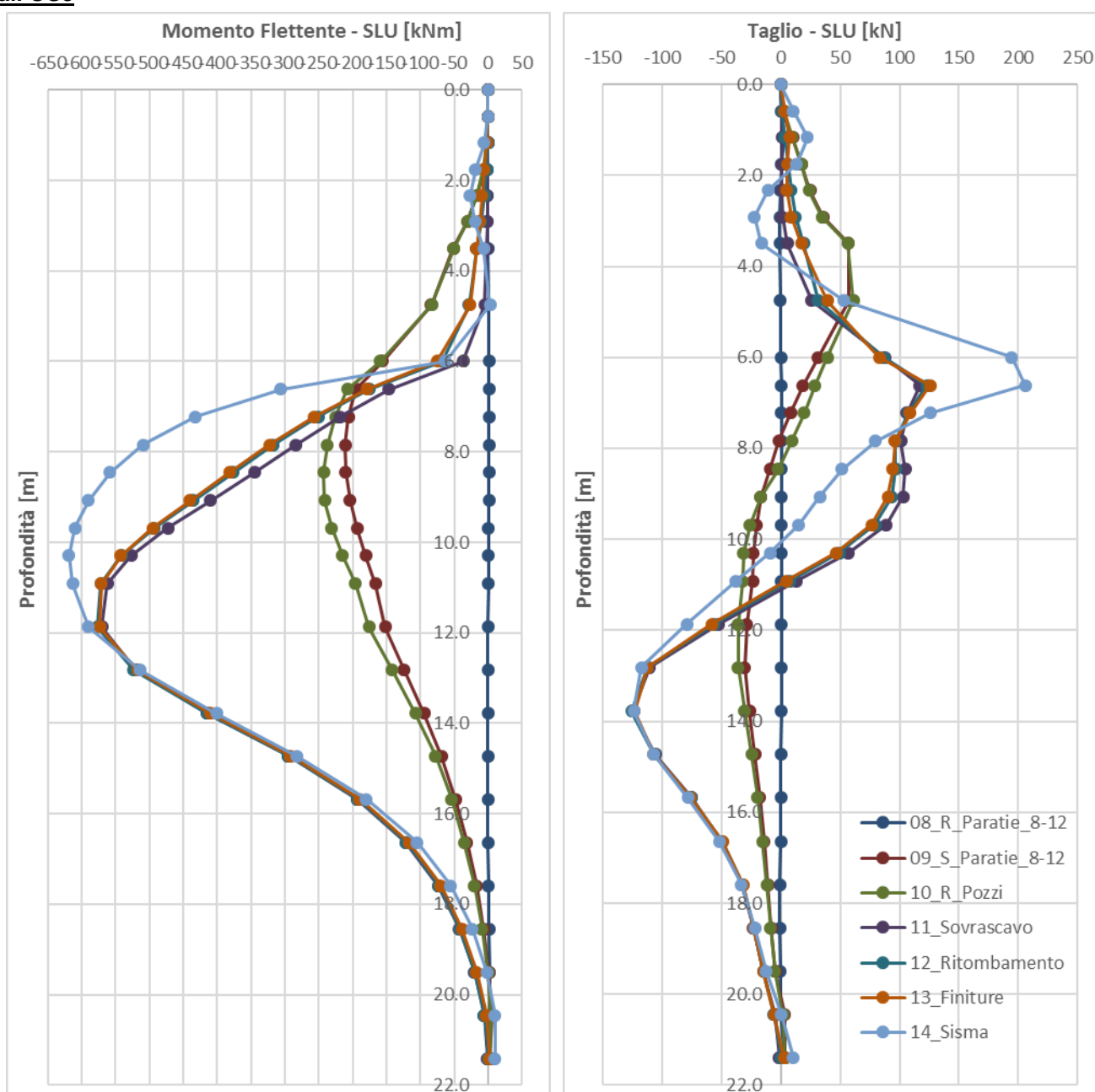








Figura 11.10. Involuppo SLU A1+M1+R1 – Azione flettente e tagliante Pali OS8 – Versante Ovest

APPALTATORE: Conorzio		Soci	
			
PROGETTAZIONE:			
Mandataria		Mandanti	
			
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI			

<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b>					
<b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 83 di 115

**Pali OS9**

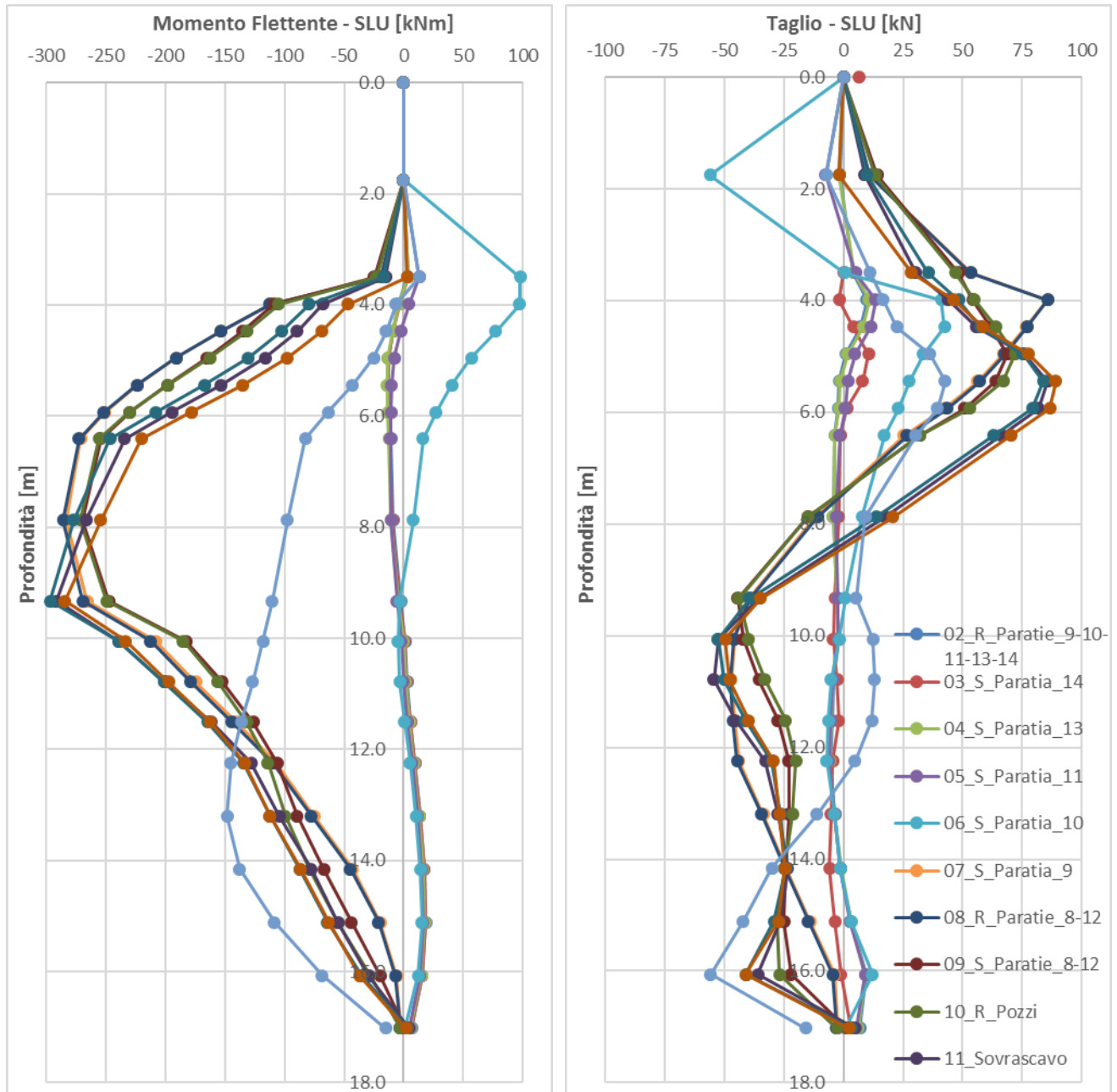


Figura 11.11. Involuppo SLU A1+M1+R1 – Azione flettente e tagliante Pali OS9 – Versante Ovest

APPALTATORE:	
Consorzio <b>HirpiniaAV</b>	Soci salini impregilo <b>ASTALDI</b>
PROGETTAZIONE:	
Mandataria <b>SOJL</b>	Mandanti <b>NET ENGINEERING</b> <b>Alpina</b>
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI	

<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b>					
<b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 84 di 115

**Pali OS10**

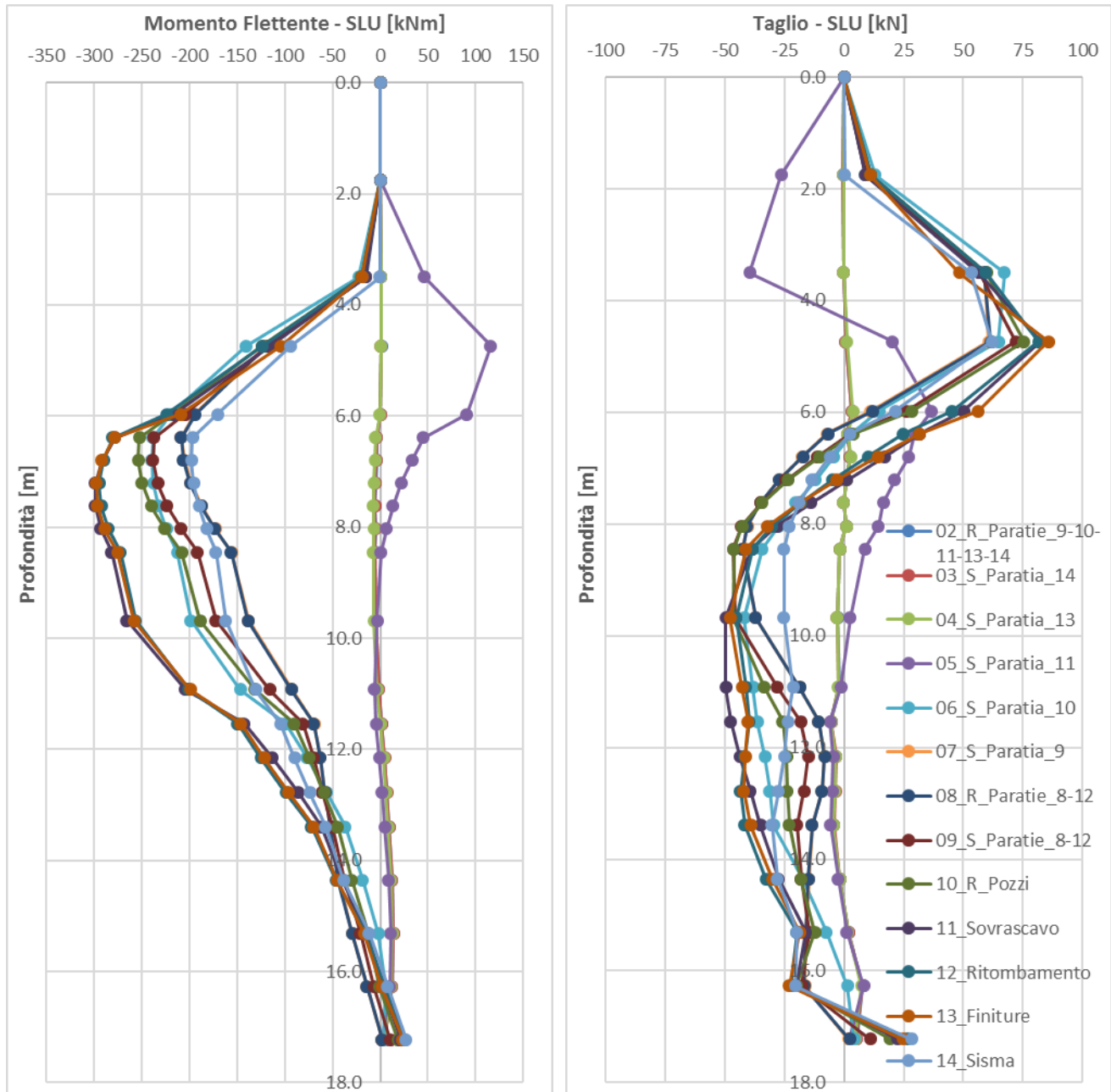


Figura 11.12. Involuppo SLU A1+M1+R1 – Azione flettente e tagliante Pali OS10 – Versante Ovest

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span> 		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span> 		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 85 di 115
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>							

**Pali OS11**

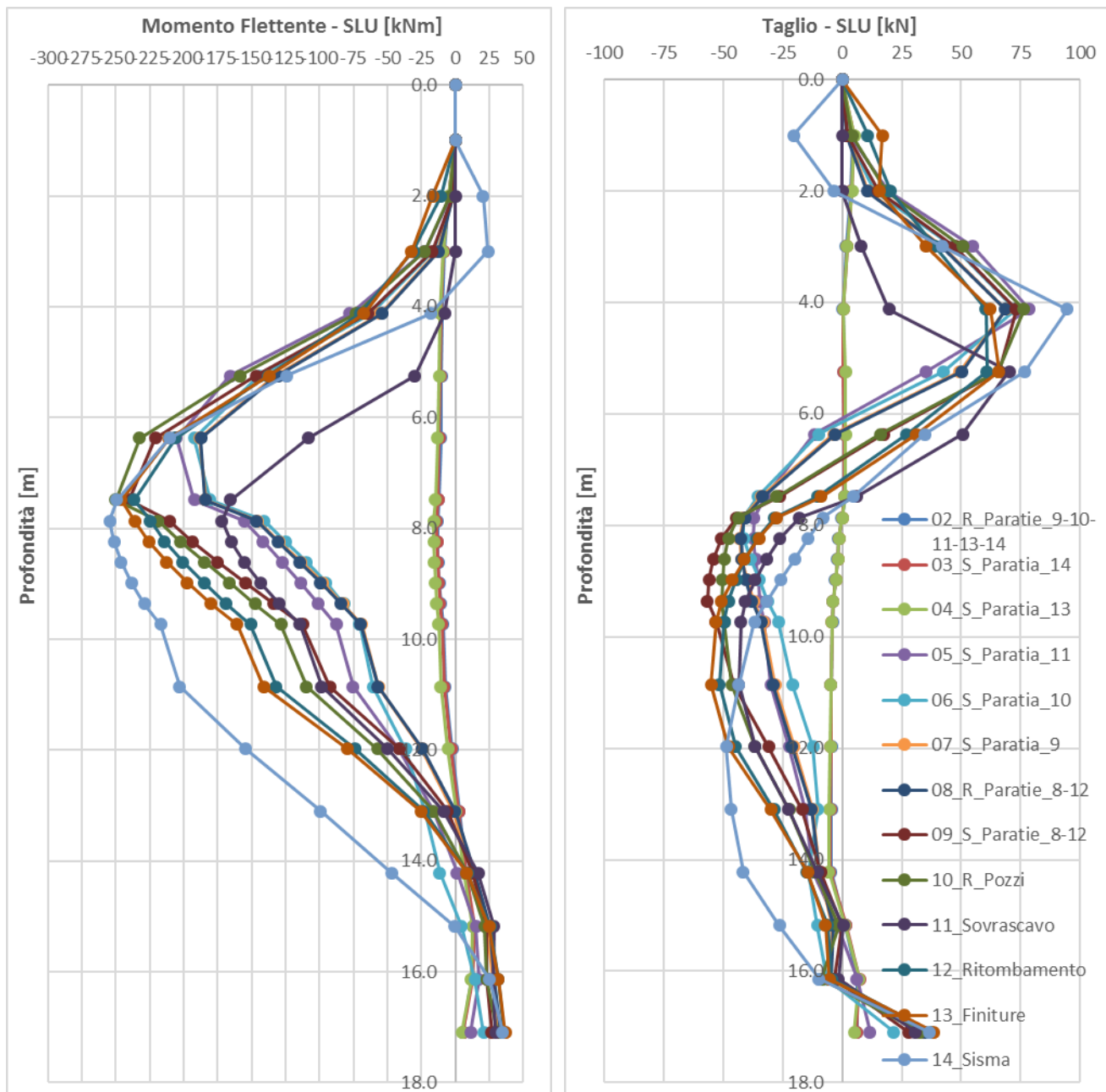


Figura 11.13. Involuppo SLU A1+M1+R1 – Azione flettente e tagliante Pali OS11 – Versante Ovest



**Pali OS12**

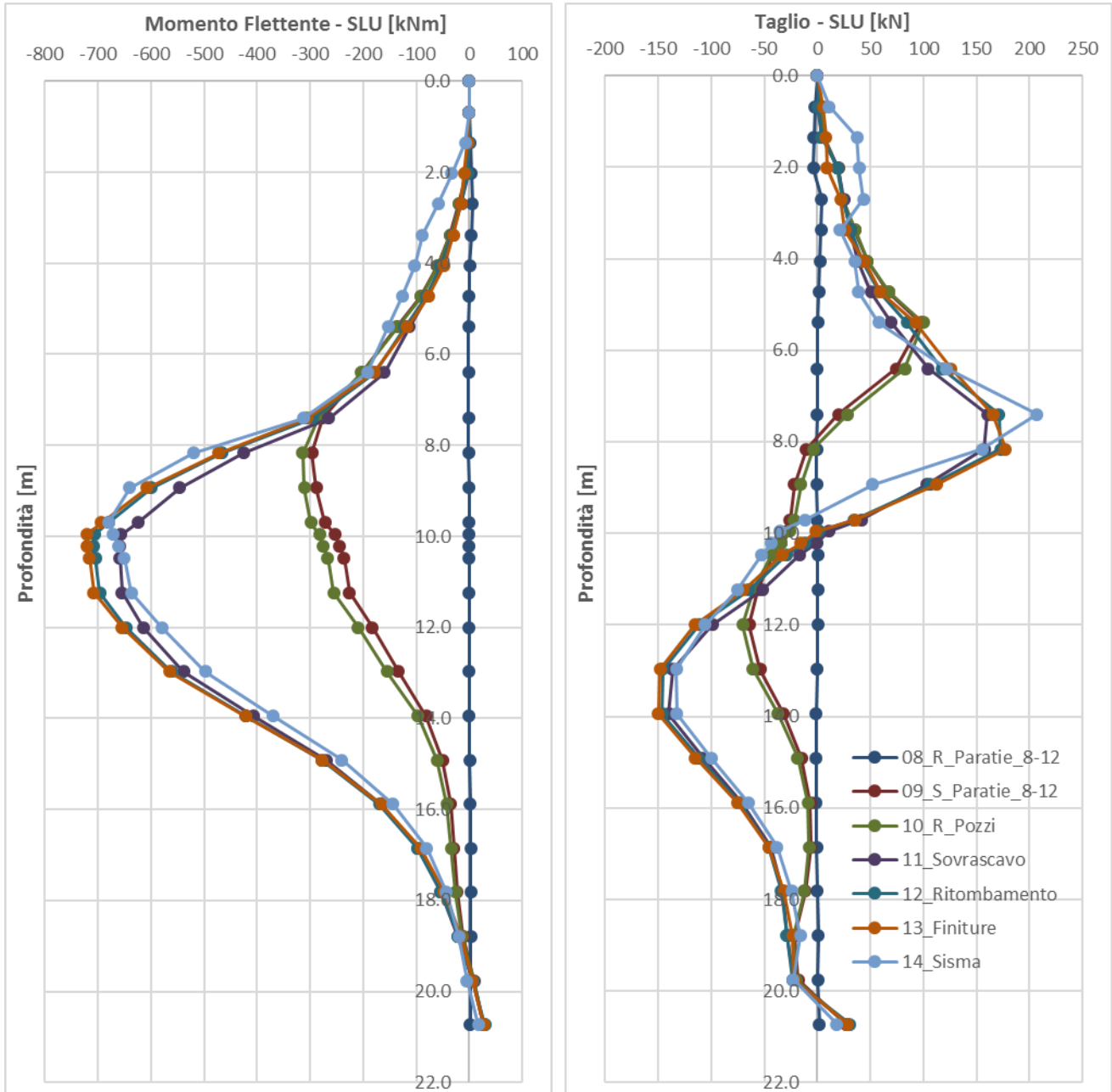








Figura 11.14. Involuppo SLU A1+M1+R1 – Azione flettente e tagliante Pali OS12 – Versante Ovest

APPALTATORE: Conorzio		Soci	
			
PROGETTAZIONE:			
Mandataria		Mandanti	
			
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI			

<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b>					
<b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 87 di 115

**Pali OS13**

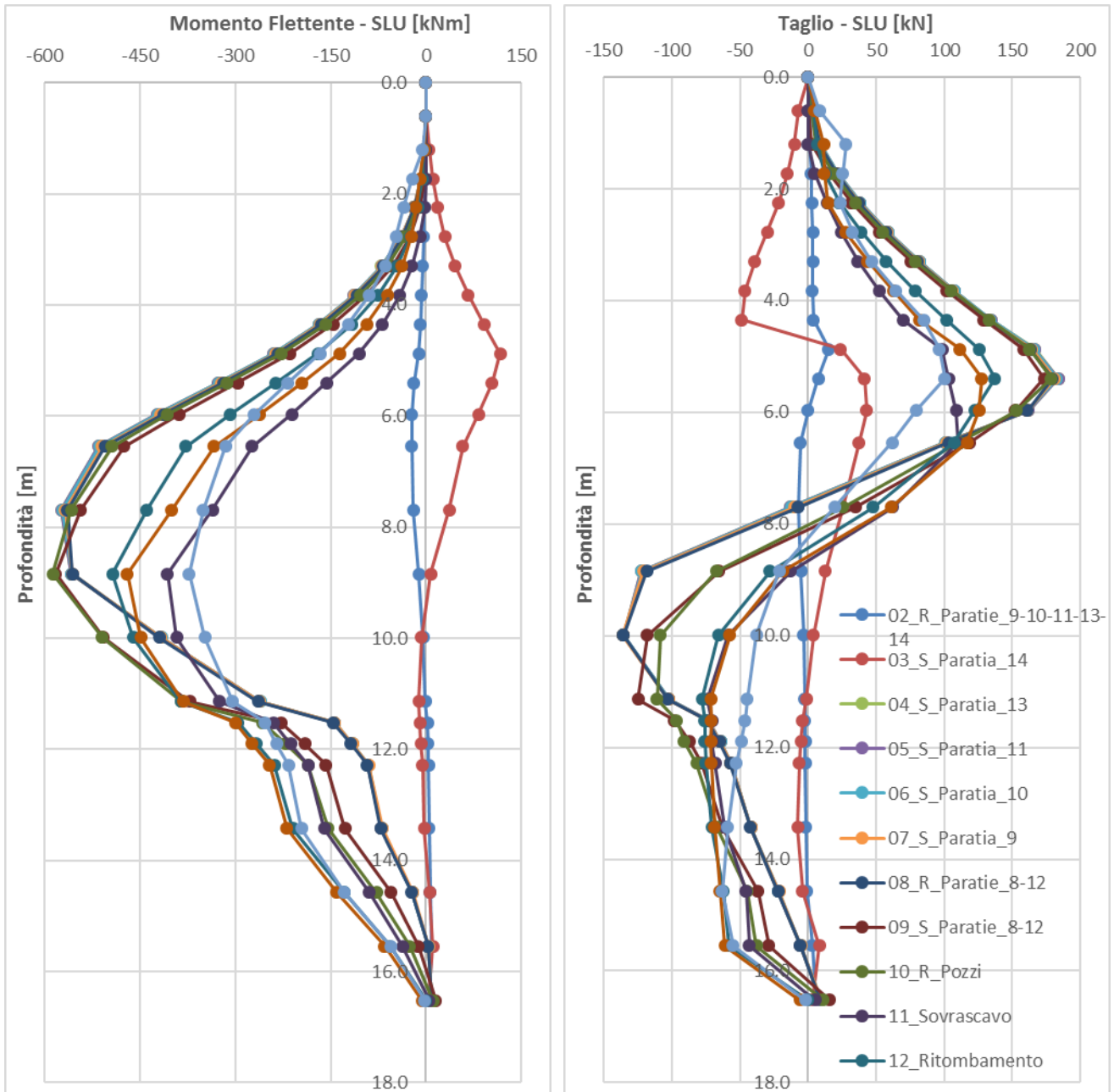


Figura 11.15. Involuppo SLU A1+M1+R1 – Azione flettente e tagliante Pali OS13 – Versante Ovest

**Pali OS14**

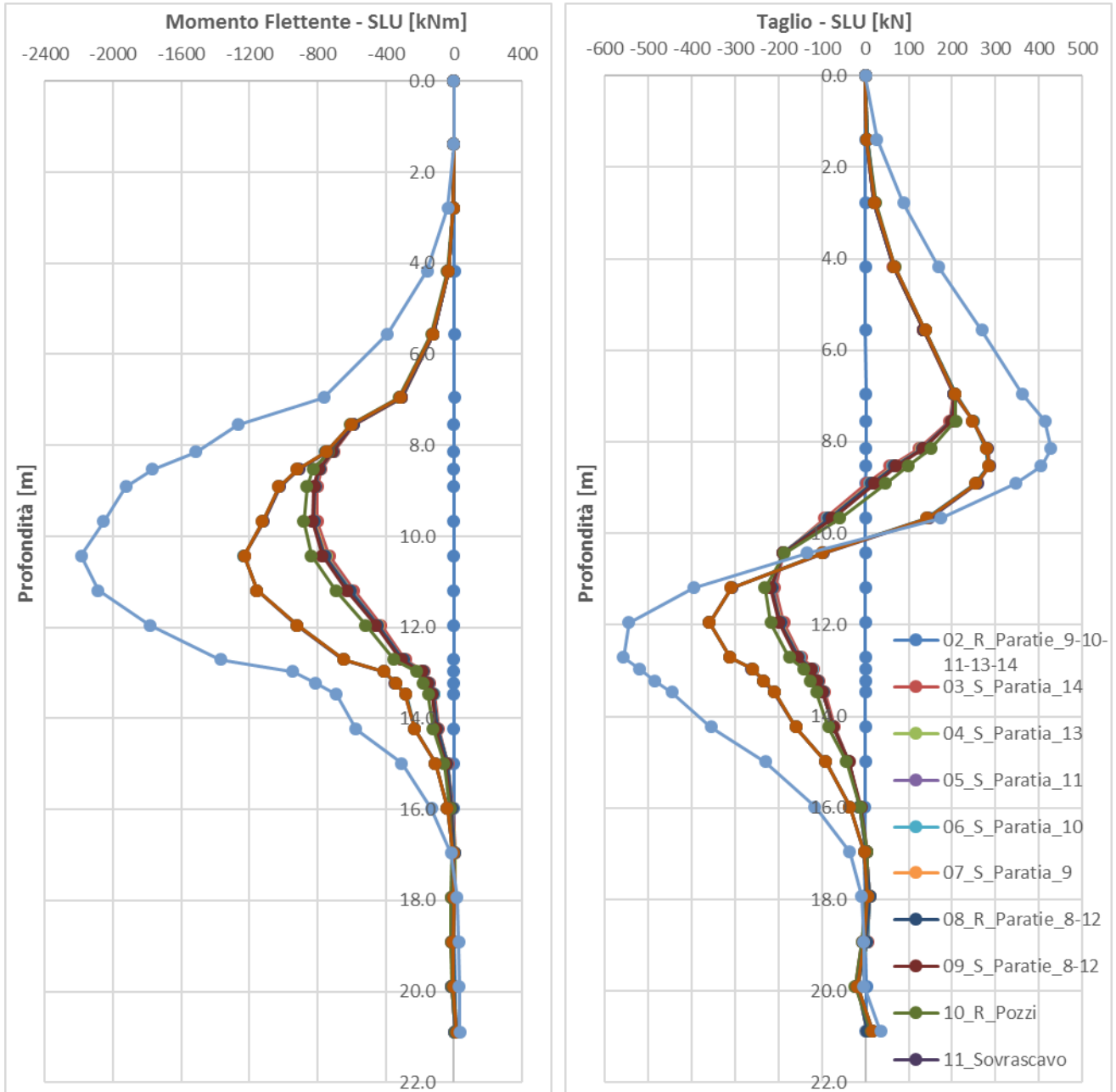


Figura 11.16. Involuppo SLU A1+M1+R1 – Azione flettente e tagliante Pali OS14 – Versante Ovest

APPALTATORE: Consorzio <b>HirpiniaAV</b>		Soci salini impregio <b>ASTALDI</b>	
PROGETTAZIONE: Mandataria <b>SOJL</b>		Mandanti <b>NET ENGINEERING</b> <b>Alpina</b>	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI			

<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b>					
<b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 89 di 115

**Pali stabilizzazione piazzola Pila 5**

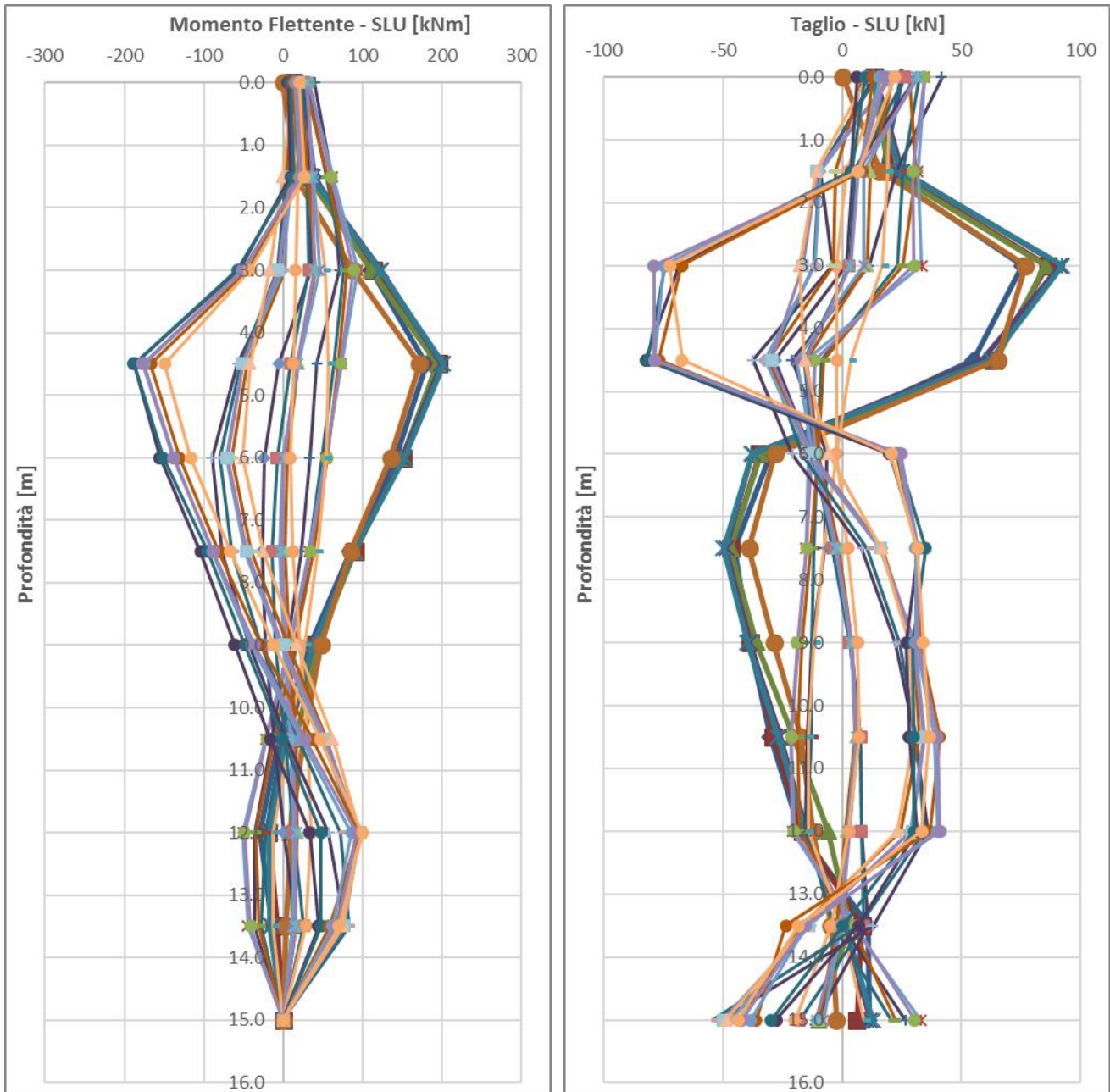


Figura 11.17. Involuppo SLU A1+M1+R1 – Azione flettente e tagliante Pali stabilizzazione piazzola Pila 5 – Versante Ovest

APPALTATORE:  
 Consorzio Soci  
 HirpiniaAV salini impregio ASTALDI

PROGETTAZIONE:  
 Mandataria Mandanti  
 SOJL NETENGINEERING Alpina

PROGETTO ESECUTIVO  
 RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI

ITINERARIO NAPOLI – BARI  
 RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
 I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA

COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 90 di 115
------------------	-------------	---------------------	-------------------------	-----------	---------------------

**Pali stabilizzazione piazzola Pila 6**

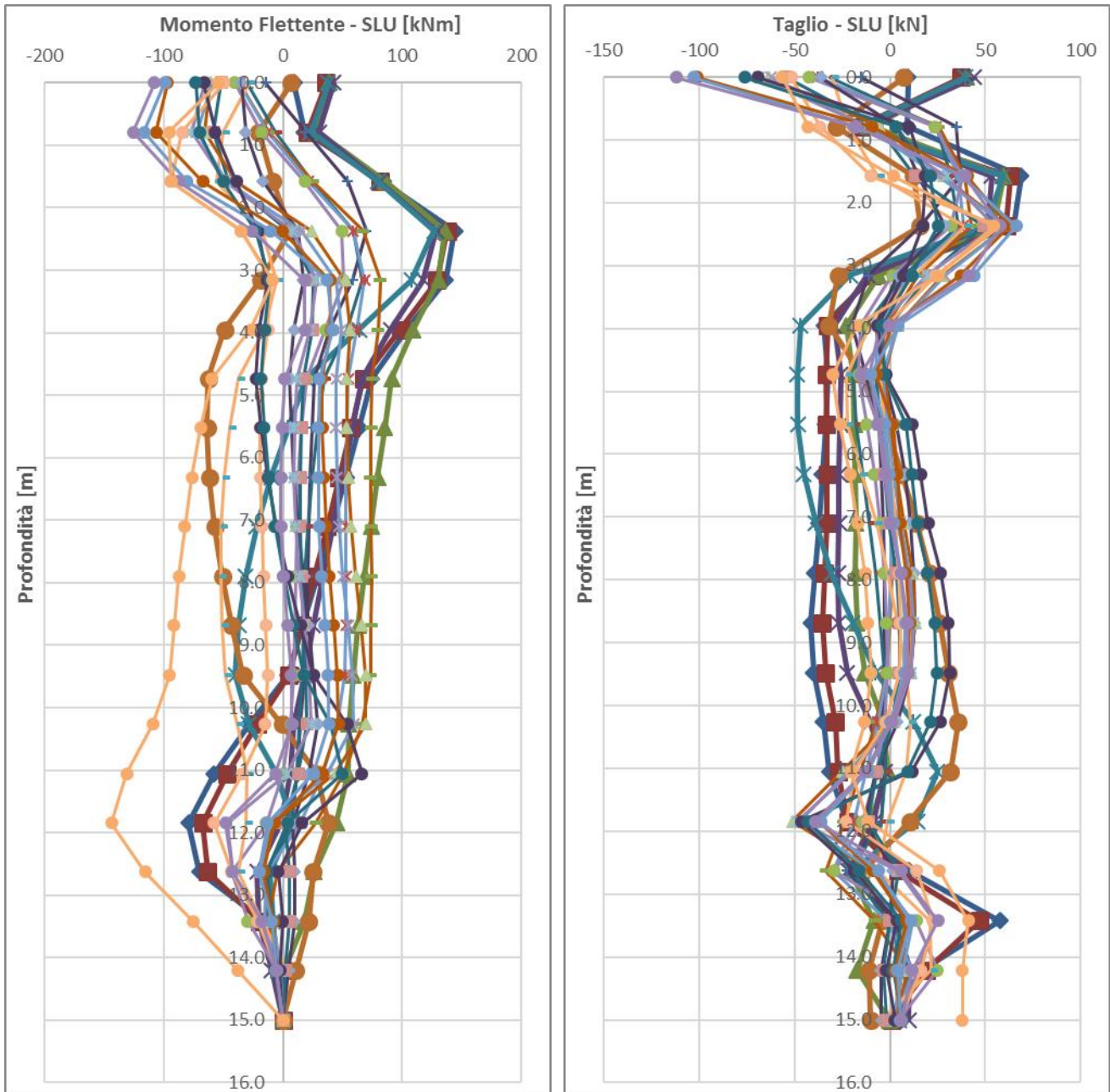


Figura 11.18. Involuppo SLU A1+M1+R1 – Azione flettente e tagliante Pali stabilizzazione piazzola Pila 6 – Versante Ovest



APPALTATORE: Consorzio <b>HirpiniaAV</b>		Soci salini impregilo <b>ASTALDI</b>	
PROGETTAZIONE: Mandataria <b>SOJL</b>		Mandanti <b>NETENGINEERING</b> <b>Alpina</b>	
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI			

<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b>					
<b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 91 di 115

**Pali stabilizzazione piazzola Spalla B**

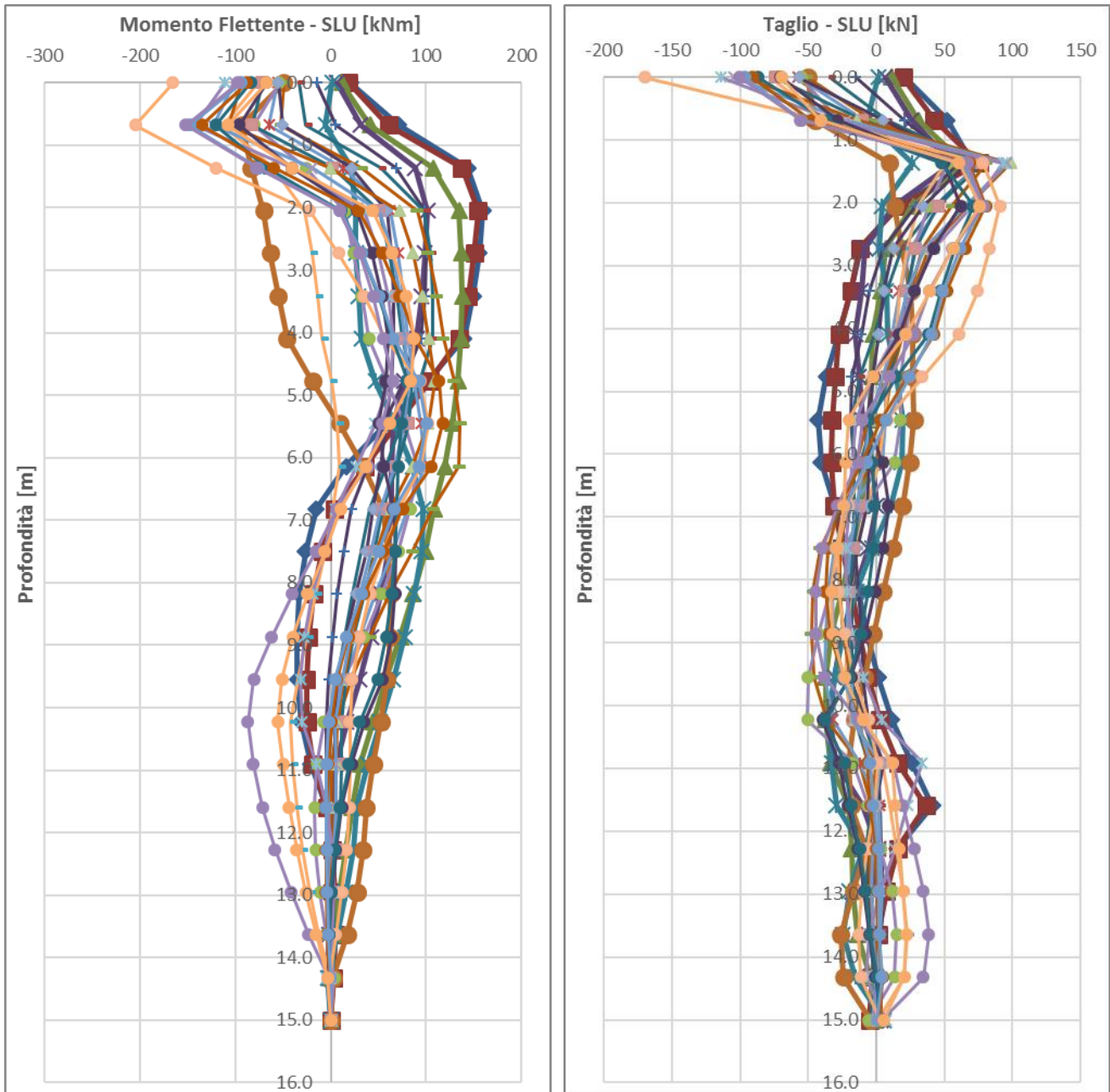


Figura 11.19. Involuppo SLU A1+M1+R1 – Azione flettente e tagliante Pali stabilizzazione piazzola Spalla B – Versante Ovest

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI</b> <b>VERSANTI</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF28</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>VI0302 000</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>FOGLIO</b> <b>92 di 115</b>

## 11.6 VERIFICHE ALLO SLU DI TIPO STR

Per le verifiche strutturali si sono suddivise le paratie di pali in 4 opere di stabilizzazione del versante tipologiche così suddivise:

- Paratia di pali Tipo 5: OS14;
- Paratia di pali Tipo 6: OS6;
- Paratia di pali Tipo 7: OS12 e OS8;
- Paratia di pali Tipo 8: OS9, OS10 e OS11.

Di seguito si riportano le verifiche strutturali dei pali, in accordo alle normative vigenti.

### 11.6.1 Pali Tipo 5

#### Verifica flessionale e tagliante

Nella seguente tabella si riassume l'armatura longitudinale e trasversale prevista.

<b>Paratia di Pali Tipo 5 <math>\Phi</math>1000/1200</b>						
	<b>Verifica flessione</b>			<b>Verifica tagliante</b>		
	<b>y [m]</b>	<b>M<sub>rd</sub> [kNm]</b>	<b>Armatura</b>	<b>y [m]</b>	<b>T<sub>rd</sub> [kN]</b>	<b>Armatura</b>
<b>Gabbia 1</b>	0.20	-1019.4	10 $\phi$ 30	0.2	-268.6	Minima
	6.70	-1019.4	10 $\phi$ 30	5.4	-268.6	Minima
	6.70	-2555.7	20 $\phi$ 30+10 $\phi$ 30	5.4	-584.0	Spirale $\phi$ 8/10
	12.20	-2555.7	20 $\phi$ 30+10 $\phi$ 30	10.1	-584.0	Spirale $\phi$ 8/10
<b>Gabbia 2</b>	10.10	-1880.5	20 $\phi$ 30	10.1	-584.0	Spirale $\phi$ 8/10
	13.60	-1880.5	20 $\phi$ 30	15.0	-584.0	Spirale $\phi$ 8/10
	13.60	-1019.4	10 $\phi$ 30	15.0	-268.6	Minima
	20.60	-1019.4	10 $\phi$ 30	20.6	-268.6	Minima

**Tabella 16: Armatura longitudinale e trasversale Pali Tipo 5**

APPALTATORE:  
 Consorzio **HirpiniaAV** Soci **salini impregilo** **ASTALDI**

PROGETTAZIONE:  
 Mandataria **SOJL** Mandanti **NETENGINEERING** **Alpina**

PROGETTO ESECUTIVO  
 RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI

**ITINERARIO NAPOLI – BARI**  
**RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA**  
**I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA**

COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 93 di 115
------------------	-------------	---------------------	-------------------------	-----------	---------------------

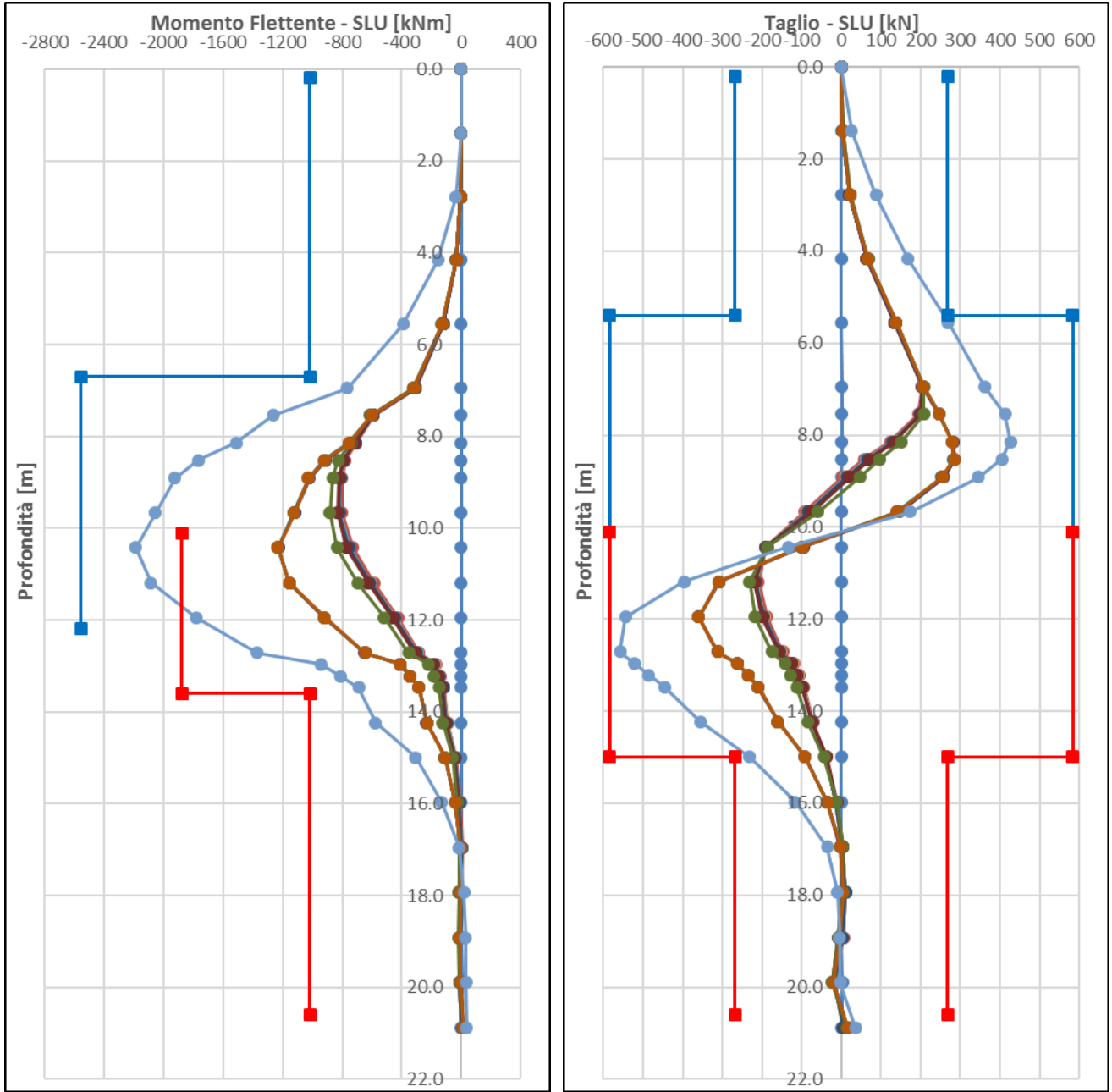


Figura 11.20. Verifica flessionale e tagliante Pali Tipo 5



<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   	
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>	COMMESSA <span style="margin-left: 50px;">LOTTO</span> <span style="margin-left: 50px;">CODIFICA</span> <span style="margin-left: 50px;">DOCUMENTO</span> <span style="margin-left: 50px;">REV.</span> <span style="margin-left: 50px;">FOGLIO</span> IF28 <span style="margin-left: 50px;">01</span> <span style="margin-left: 50px;">E ZZ CL</span> <span style="margin-left: 50px;">VI0302 000</span> <span style="margin-left: 50px;">B</span> <span style="margin-left: 50px;">94 di 115</span>

## 11.6.2 Pali Tipo 6

### Verifica flessionale e tagliante

Nella seguente tabella si riassume l'armatura longitudinale e trasversale prevista.

<b>Paratia di Pali Tipo 6 <math>\Phi 1000/1200</math></b>						
<b>Verifica flessione</b>				<b>Verifica tagliante</b>		
	<b>y [m]</b>	<b><math>M_{rd}</math> [kNm]</b>	<b>Armatura</b>	<b>y [m]</b>	<b><math>T_{rd}</math> [kN]</b>	<b>Armatura</b>
<b>Gabbia 1</b>	0.20	-788.2	10 $\phi$ 26	0.2	-244.2	Minima
	0.20	-788.2	10 $\phi$ 26	0.2	-244.2	Minima
	0.20	-788.2	10 $\phi$ 26	0.2	-244.2	Minima
	6.70	-788.2	10 $\phi$ 26	4.6	-244.2	Minima
<b>Gabbia 2</b>	4.60	-1467.7	20 $\phi$ 26	4.6	-307.6	Minima
	14.60	-1467.7	20 $\phi$ 26	14.6	-307.6	Minima
	14.60	-788.2	10 $\phi$ 26	14.6	-244.2	Minima
	16.60	-788.2	10 $\phi$ 26	16.6	-244.2	Minima

Tabella 17: Armatura longitudinale e trasversale Pali Tipo 6

APPALTATORE:

Consorzio

Soci



PROGETTAZIONE:

Mandataria

Mandanti



PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI

ITINERARIO NAPOLI – BARI

RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA

COMMESSA  
IF28

LOTTO  
01

CODIFICA  
E ZZ CL

DOCUMENTO  
VI0302 000

REV.  
B

FOGLIO  
95 di 115

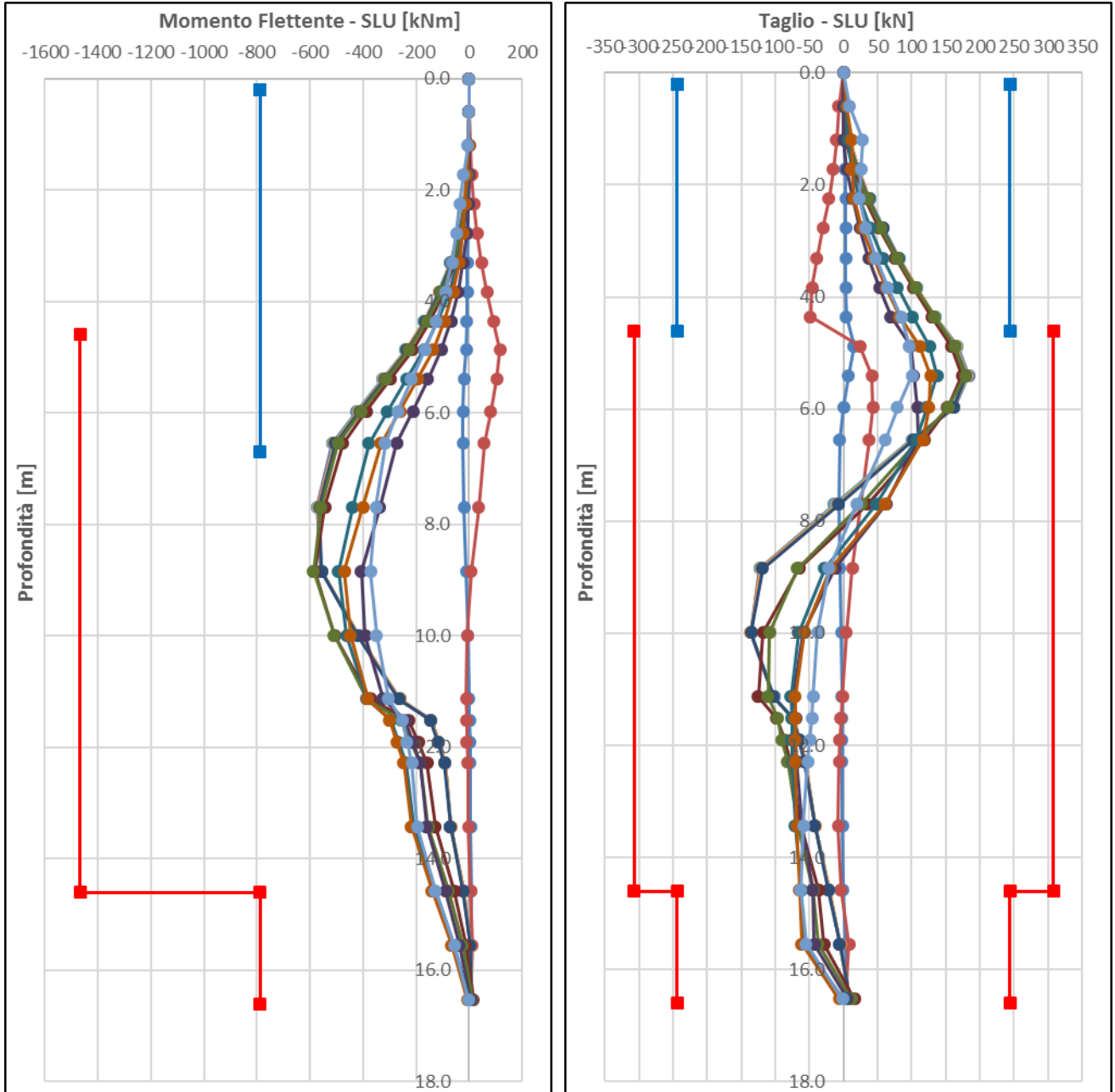


Figura 11.21. Verifica flessionale e tagliante Pali Tipo 6

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio  Soci  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria  Mandanti  	
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI</b> <b>VERSANTI</b>	COMMESSA IF28    LOTTO 01    CODIFICA E ZZ CL    DOCUMENTO VI0302 000    REV. B    FOGLIO 96 di 115

### 11.6.3 Pali Tipo 7

#### Verifica flessionale e tagliante

Nella seguente tabella si riassume l'armatura longitudinale e trasversale prevista.

Paratia di Pali Tipo 7 $\Phi 1000/1200$						
Verifica flessione				Verifica tagliante		
	y [m]	$M_{rd}$ [kNm]	Armatura	y [m]	$T_{rd}$ [kN]	Armatura
<b>Gabbia 1</b>	0.20	-927.1	9 $\phi$ 30	0.2	-259.3	Minima
	5.70	-927.1	9 $\phi$ 30	5.7	-259.3	Minima
	5.70	-1715.2	18 $\phi$ 30	5.7	-326.7	Minima
	12.20	-1715.2	18 $\phi$ 30	10.1	-326.7	Minima
<b>Gabbia 2</b>	10.10	-1715.2	18 $\phi$ 30	10.1	-326.7	Minima
	16.10	-1715.2	18 $\phi$ 30	16.1	-326.7	Minima
	16.10	-927.1	9 $\phi$ 30	16.1	-259.3	Minima
	20.60	-927.1	9 $\phi$ 30	20.6	-259.3	Minima

Tabella 18: Armatura longitudinale e trasversale Pali Tipo 7

APPALTATORE:  
 Consorzio **HirpiniaAV** Soci **salini impregilo** **ASTALDI**

PROGETTAZIONE:  
 Mandataria **ROKSOJIL** Mandanti **NETENGINEERING** **Alpina**

PROGETTO ESECUTIVO  
 RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI

**ITINERARIO NAPOLI – BARI**  
**RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA**  
**I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA**

COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 97 di 115
------------------	-------------	---------------------	-------------------------	-----------	---------------------

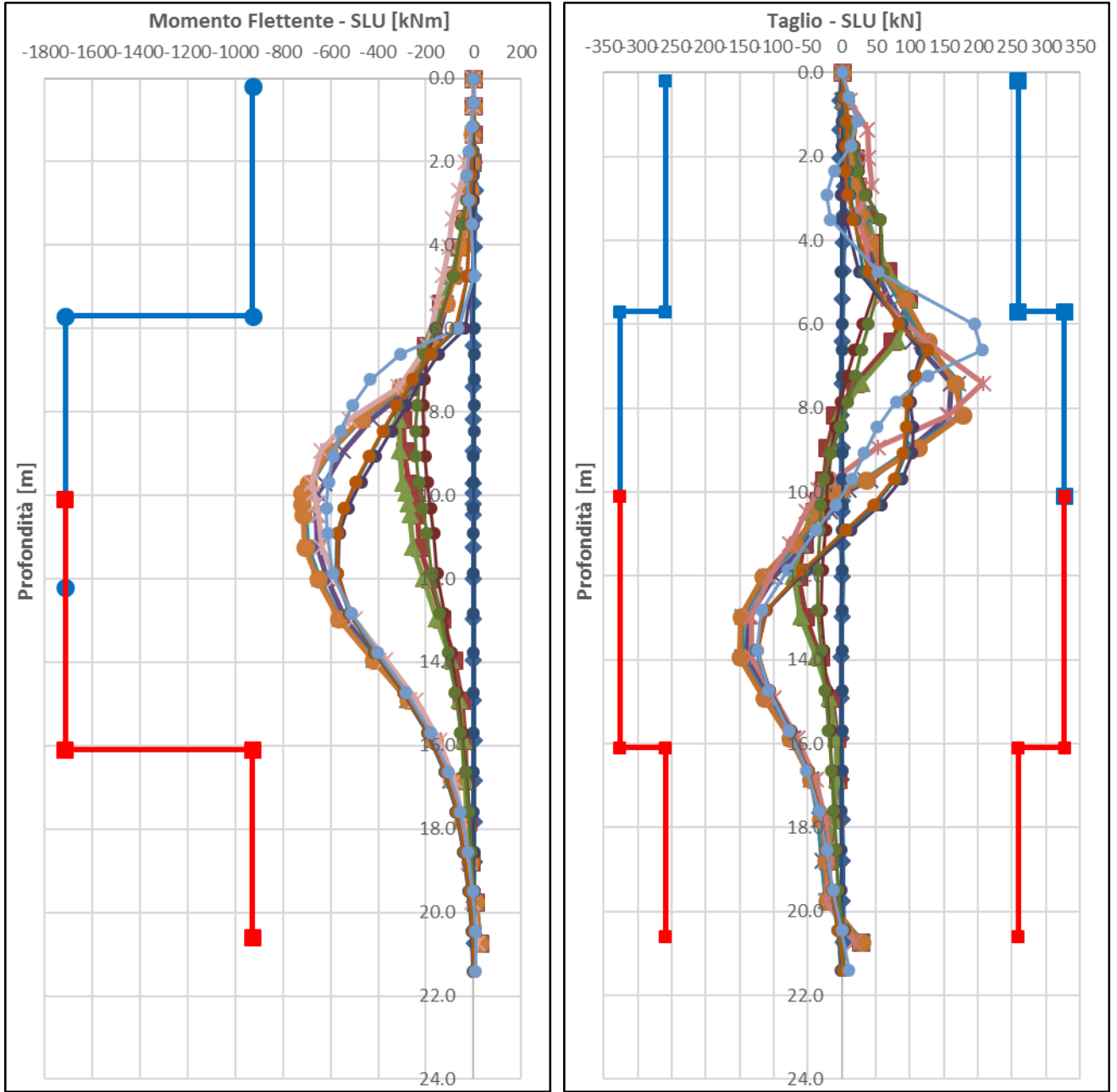


Figura 11.22. Verifica flessionale e tagliante Pali Tipo 7

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio  Soci  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria  Mandanti  	
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI</b> <b>VERSANTI</b>	COMMESSA    LOTTO    CODIFICA    DOCUMENTO    REV.    FOGLIO IF28            01            E ZZ CL        VI0302 000    B            98 di 115

#### 11.6.4 Pali Tipo 8

Nella seguente tabella si riassume l'armatura longitudinale e trasversale prevista.

Paratia di Pali Tipo 8 $\Phi 1000/1200$						
	Verifica flessione			Verifica tagliante		
	y [m]	$M_{rd}$ [kNm]	Armatura	y [m]	$T_{rd}$ [kN]	Armatura
<b>Gabbia 1</b>	0.30	-422.6	6 $\phi$ 24	0.3	-197.2	Minima
	2.80	-422.6	6 $\phi$ 24	2.8	-197.2	Minima
	2.80	-805.2	12 $\phi$ 24	2.8	-246.0	Minima
	12.30	-805.2	12 $\phi$ 24	10.6	-246.0	Minima
<b>Gabbia 2</b>	10.60	-422.6	6 $\phi$ 24	10.6	-197.2	Minima
	16.60	-422.6	6 $\phi$ 24	16.6	-197.2	Minima
	16.60	-422.6	6 $\phi$ 24	16.6	-197.2	Minima
	16.60	-422.6	6 $\phi$ 24	16.6	-197.2	Minima

Tabella 19: Armatura longitudinale e trasversale Pali Tipo 8

APPALTATORE:  
 Consorzio Soci  
 HirpiniaAV salini impregilo ASTALDI

PROGETTAZIONE:  
 Mandataria Mandanti  
 SOJL NET ENGINEERING Alpina

PROGETTO ESECUTIVO  
 RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI

**ITINERARIO NAPOLI – BARI**

**RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA**  
**I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA**

COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 99 di 115
------------------	-------------	---------------------	-------------------------	-----------	---------------------

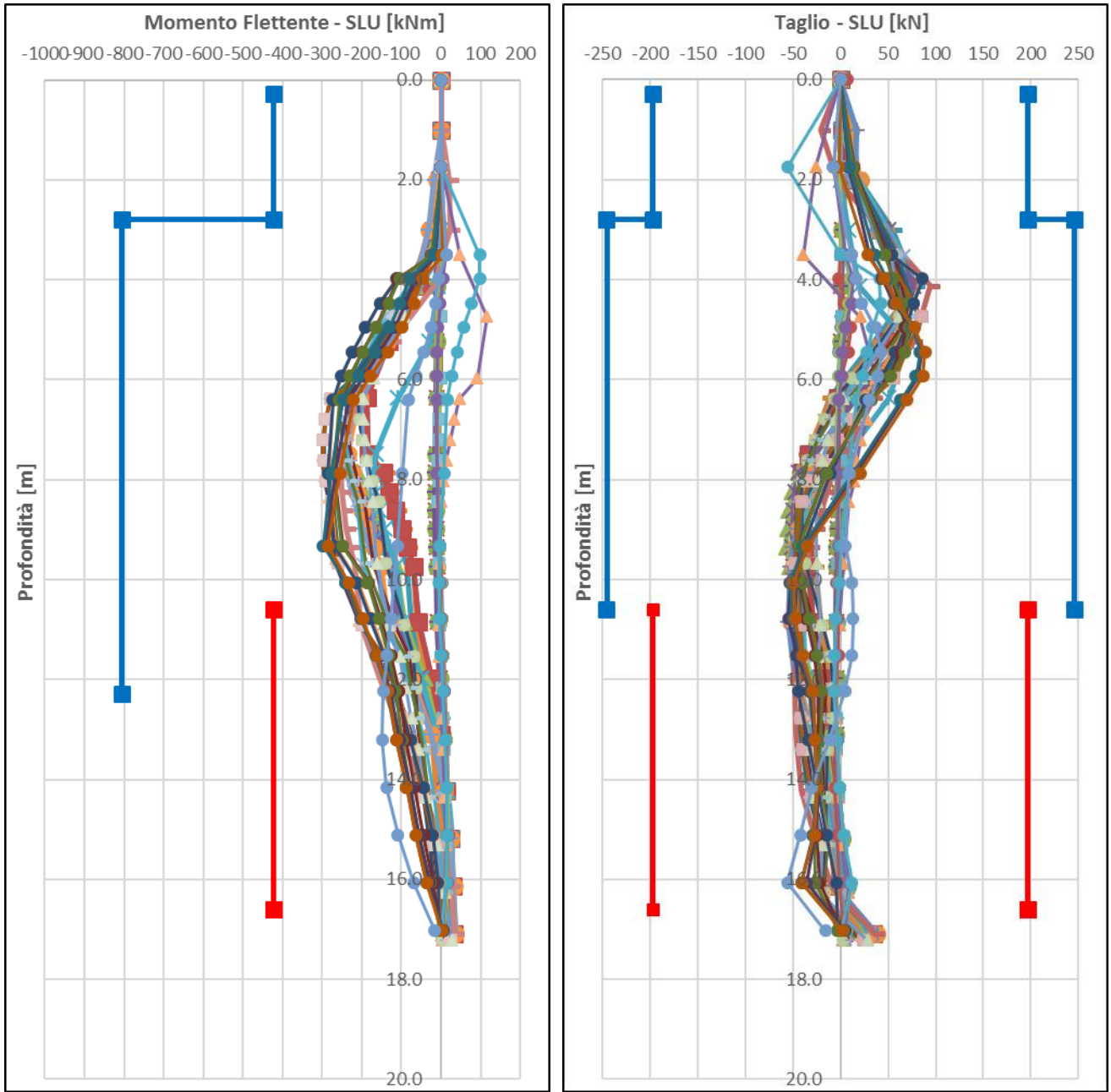


Figura 11.23. Verifica flessionale e tagliante Pali Tipo 8

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI</b> <b>VERSANTI</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF28</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>VI0302 000</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>FOGLIO</b> <b>100 di</b> <b>115</b>

### 11.6.5 Pali stabilizzazione piazzole pile/spalla B

Nella seguente tabella si riassume l'armatura longitudinale e trasversale prevista.

<b>Paratia di Pali di stabilizzazione piazzole Pile/Spalla B <math>\Phi</math>1000/2500</b>						
<b>Verifica flessione</b>				<b>Verifica tagliante</b>		
	<b>y [m]</b>	<b>M<sub>rd</sub> [kNm]</b>	<b>Armatura</b>	<b>y [m]</b>	<b>T<sub>rd</sub> [kN]</b>	<b>Armatura</b>
<b>Gabbia 1</b>	-0.80	669.3	22 $\phi$ 16	-0.8	-229.8	Minima
	-0.80	669.3	22 $\phi$ 16	-0.8	-229.8	Minima
	-0.80	669.3	22 $\phi$ 16	-0.8	-229.8	Minima
	4.70	669.3	22 $\phi$ 16	2.6	-229.8	Minima
<b>Gabbia 2</b>	2.60	669.3	22 $\phi$ 16	2.6	-229.8	Minima
	2.60	669.3	22 $\phi$ 16	2.6	-229.8	Minima
	2.60	669.3	22 $\phi$ 16	2.6	-229.8	Minima
	14.60	669.3	22 $\phi$ 16	14.6	-229.8	Minima

Tabella 20: Armatura longitudinale e trasversale Pali di stabilizzazione piazzole Pile/Spalla B

APPALTATORE:  
 Consorzio **HirpiniaAV** Soci **salini impregilo** **ASTALDI**

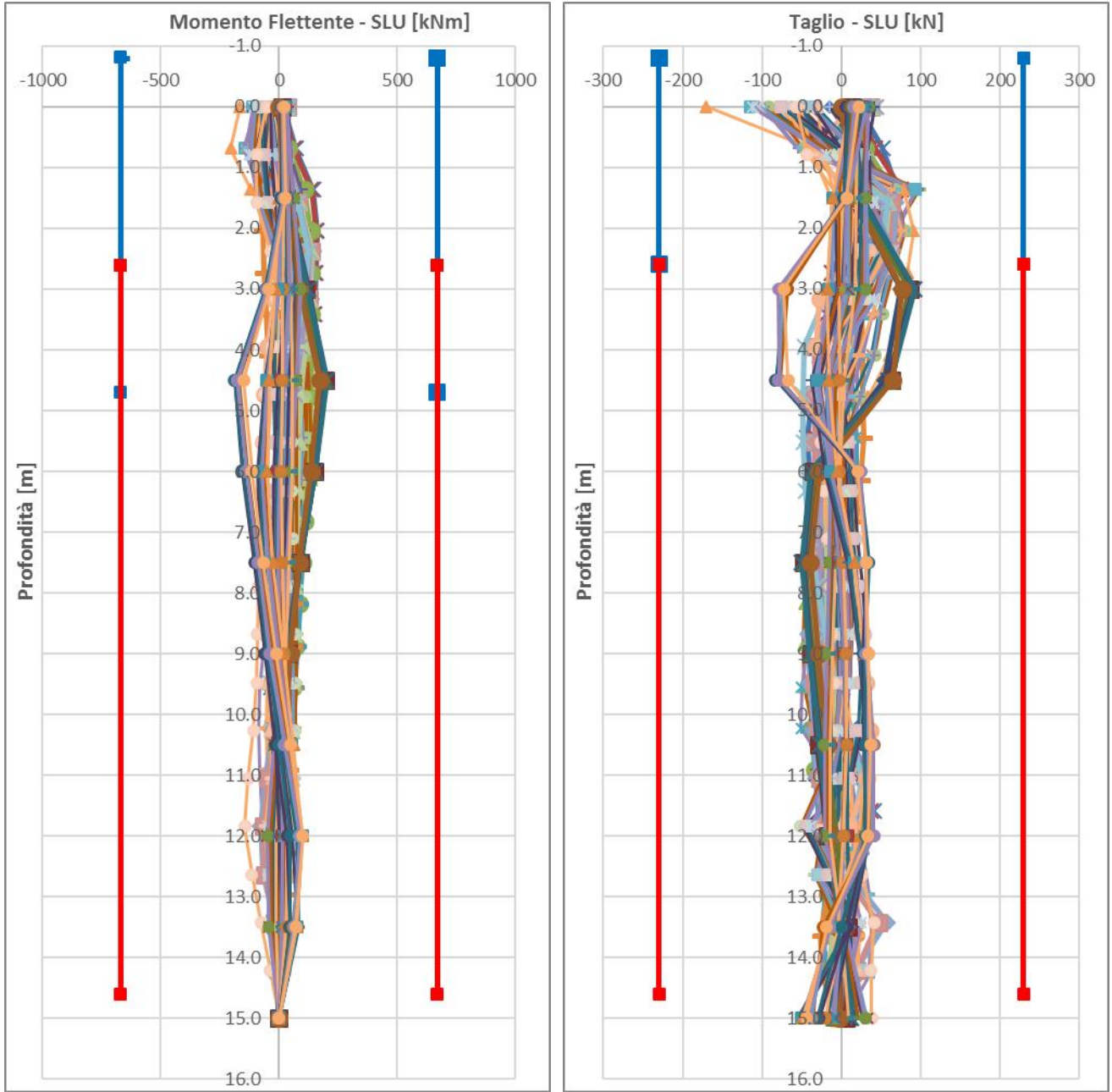
PROGETTAZIONE:  
 Mandataria **SOJL** Mandanti **NET ENGINEERING** **Alpina**

**ITINERARIO NAPOLI – BARI**

**RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
 I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA**

PROGETTO ESECUTIVO  
**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI  
 VERSANTI**

COMMESSA **IF28** LOTTO **01** CODIFICA **E ZZ CL** DOCUMENTO **VI0302 000** REV. **B** FOGLIO **101 di 115**



**Figura 11.24. Verifica flessionale e tagliante Pali di stabilizzazione piazzole Pile/Spalla B**



APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA AV	Soci SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>				
PROGETTAZIONE: Mandatara ROCKSOIL S.P.A.	Mandanti NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 102 di 115

## 11.7 VERIFICHE STRUTTURALI AGLI SLE

Di seguito si riassumono per le sezioni di calcolo significative le verifiche allo stato limite di esercizio lato calcestruzzo, lato armatura e di fessurazione.

### 11.7.1 Pali Tipo 5

Profondità [m]	$M_{Ed,SLE}$ [kNm]	Armatura longitudinale	$\sigma_{c,min}$ [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$w_k$ [mm]
6.9	244.3	10 $\Phi$ 30	-4.0	125.8	-
10.4	947.4	20 $\Phi$ 30+10 $\Phi$ 30	-9.0	198.9	0.20
14.2	177.7	10 $\Phi$ 30	-2.9	91.5	-

Tabella 21: Pali Tipo 5. Verifiche agli stati limite di esercizio

### 11.7.2 Pali Tipo 6

Profondità [m]	$M_{Ed,SLE}$ [kNm]	Armatura longitudinale	$\sigma_{c,min}$ [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$w_k$ [mm]
4.3	126.5	10 $\Phi$ 26	-2.4	84.5	-
8.8	451.7	20 $\Phi$ 26	-5.9	165.8	0.20
14.6	107.8	10 $\Phi$ 26	-2.0	72.0	-

Tabella 22: Pali Tipo 6. Verifiche agli stati limite di esercizio

### 11.7.3 Pali Tipo 7

Profondità [m]	$M_{Ed,SLE}$ [kNm]	Armatura longitudinale	$\sigma_{c,min}$ [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$w_k$ [mm]
6.0	122.5	9 $\Phi$ 30	-2.1	71.1	-
10.0	554.6	18 $\Phi$ 30	-6.6	171.1	0.20
15.7	145.8	9 $\Phi$ 30	-2.5	84.5	-

Tabella 23: Pali Tipo 7. Verifiche agli stati limite di esercizio

### 11.7.4 Pali Tipo 8

Profondità [m]	$M_{Ed,SLE}$ [kNm]	Armatura longitudinale	$\sigma_{c,min}$ [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$w_k$ [mm]
3.0	24.8	6 $\Phi$ 24	-0.7	29.0	-
9.3	228.5	12 $\Phi$ 24	-4.2	154.2	-
12.2	111.7	6 $\Phi$ 24	-3.0	130.9	-

Tabella 24: Pali Tipo 8. Verifiche agli stati limite di esercizio

### 11.7.1 Pali stabilizzazione piazzole pile/spalla B

Profondità [m]	$M_{Ed,SLE}$ [kNm]	Armatura longitudinale	$\sigma_{c,min}$ [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$w_k$ [mm]
4.5	158.0	22 $\Phi$ 16	-3.2	127.4	-

Tabella 25: Pali stabilizzazione piazzole pile/spalla B. Verifiche agli stati limite di esercizio

APPALTATORE: Consortio HIRPINIA AV	Soci SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>				
PROGETTAZIONE: Mandatario ROCKSOIL S.P.A.	Mandanti NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 103 di 115

## 11.8 VERIFICA ALLO SLU DI TIPO GEO

### 11.8.1 Verifica di stabilità globale

### 11.8.2 Verifica delle spinte a valle della paratia

La verifica delle spinte a valle della paratia è condotta in accordo all'approccio 1, Combinazione 2 (A2+M2+R1). Nella seguente figura si mostrano la risultante delle spinte agenti sulla paratia relativi all'ultima fase di calcolo (Fase 13), in particolare deve risultare che la spinta mobilitata a valle (Spinta reale efficace), moltiplicata per il coefficiente  $\gamma_F = 1.0$ , sia inferiore alla resistenza del terreno (Massima spinta ammissibile) corrispondente alla spinta passiva divisa per il coefficiente di resistenza  $\gamma_R = 1.0$ .

### 11.8.3 Pali OS8

Nella seguente figura si riporta l'andamento a valle dell'opera di riferimento della spinta passiva effettivamente mobilitata e della resistenza passiva totale corrispondente all'ultima fase di calcolo (Fase 13).

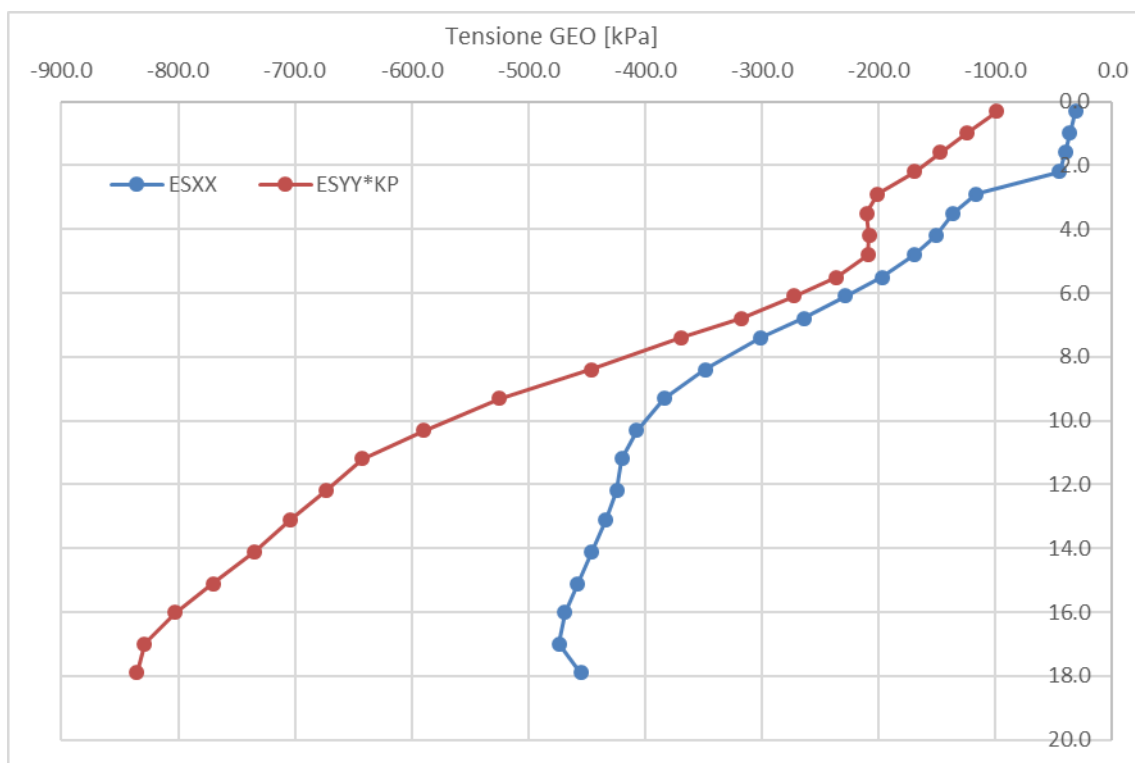


Figura 11.25. Verifica della spinta a valle della paratia (OS8) – GEO

Integrando le aree sottese alle curve si ottiene rispettivamente per le due curve la forza totale mobilitata e la forza resistiva massima del terreno a valle. Si ottiene quanto riportato di seguito:

Spinta reale efficace = 5428.1 kN/m

Massima spinta ammissibile = 8477.6 kN/m

La verifica risulta soddisfatta in quanto la percentuale di resistenza passiva mobilitata è pari al 64%.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span> 		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span> 							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 104 di 115

### 11.8.4 Pali OS9

Nella seguente figura si riporta l'andamento a valle dell'opera di riferimento della spinta passiva effettivamente mobilitata e della resistenza passiva totale corrispondente all'ultima fase di calcolo (Fase 13).

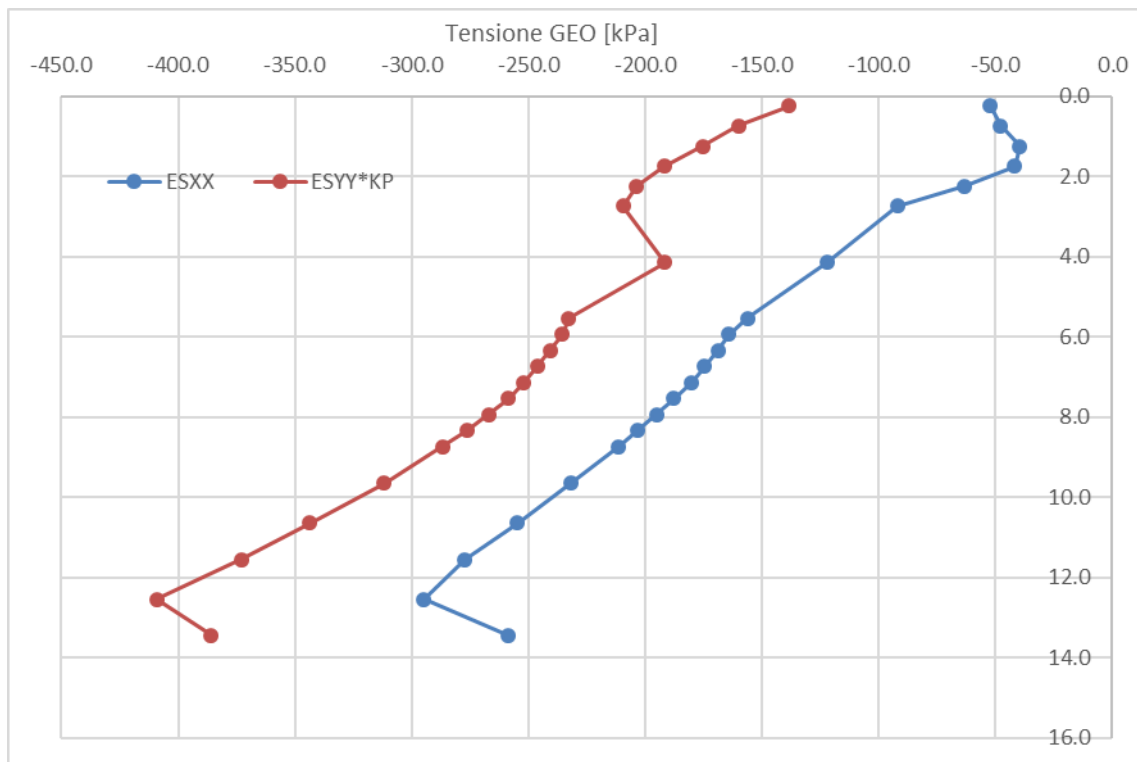


Figura 11.26. Verifica della spinta a valle della paratia (OS9) – GEO

Integrando le aree sottese alle curve si ottiene rispettivamente per le due curve la forza totale mobilitata e la forza resistiva massima del terreno a valle. Si ottiene quanto riportato di seguito:

Spinta reale efficace = 2277.1 kN/m

Massima spinta ammissibile = 3513.5 kN/m

La verifica risulta soddisfatta in quanto la percentuale di resistenza passiva mobilitata è pari al 65%.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span> 		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span> 							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 105 di 115

### 11.8.5 Pali OS10

Nella seguente figura si riporta l'andamento a valle dell'opera di riferimento della spinta passiva effettivamente mobilitata e della resistenza passiva totale corrispondente all'ultima fase di calcolo (Fase 13).

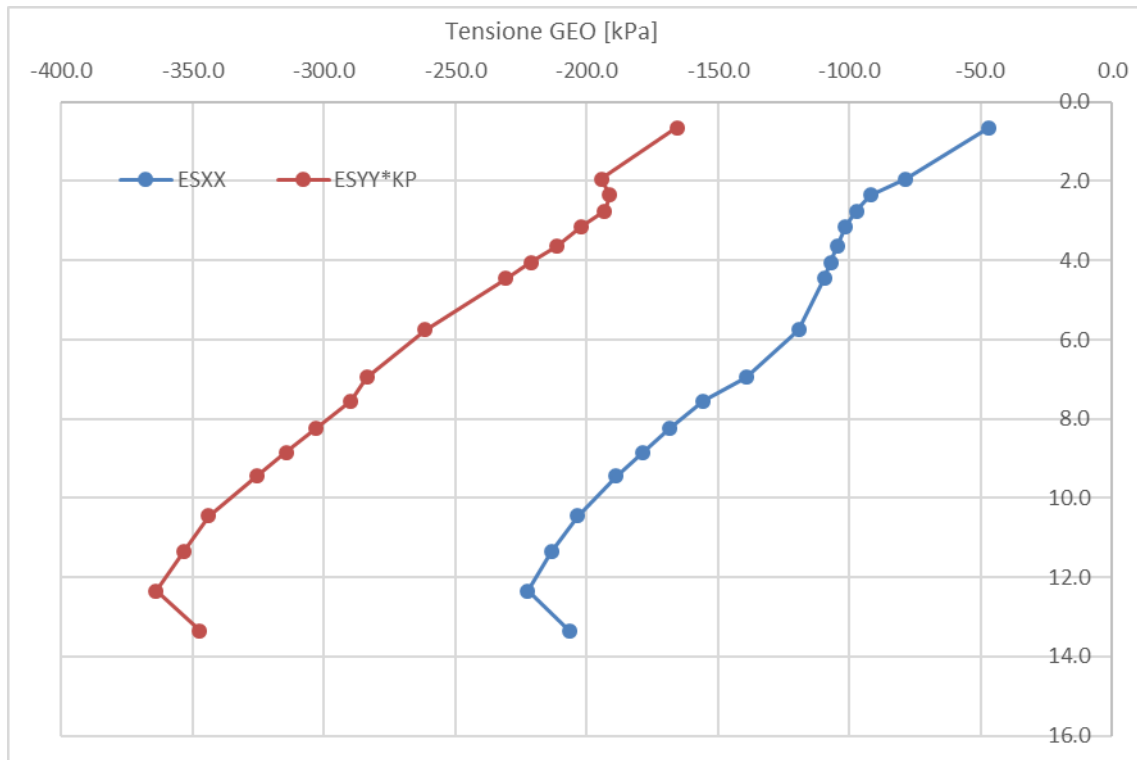


Figura 11.27. Verifica della spinta a valle della paratia (OS10) – GEO

Integrando le aree sottese alle curve si ottiene rispettivamente per le due curve la forza totale mobilitata e la forza resistiva massima del terreno a valle. Si ottiene quanto riportato di seguito:

Spinta reale efficace = 1867.4 kN/m

Massima spinta ammissibile = 3515.0 kN/m

La verifica risulta soddisfatta in quanto la percentuale di resistenza passiva mobilitata è pari al 53%.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI</b> <b>VERSANTI</b>		IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	106 di 115

### 11.8.6 Pali OS11

Nella seguente figura si riporta l'andamento a valle dell'opera di riferimento della spinta passiva effettivamente mobilata e della resistenza passiva totale corrispondente all'ultima fase di calcolo (Fase 13).

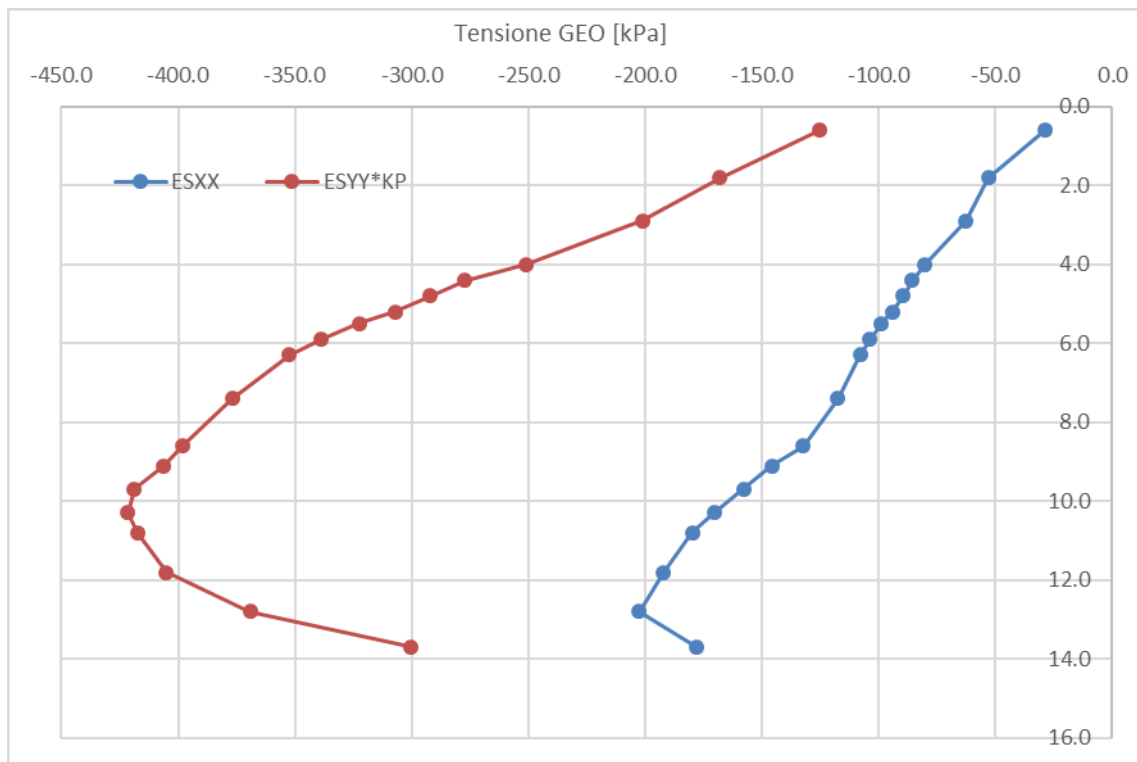


Figura 11.28. Verifica della spinta a valle della paratia (OS11) – GEO

Integrando le aree sottese alle curve si ottiene rispettivamente per le due curve la forza totale mobilata e la forza resistiva massima del terreno a valle. Si ottiene quanto riportato di seguito:

Spinta reale efficace = 1583.2 kN/m

Massima spinta ammissibile = 4209.2 kN/m

La verifica risulta soddisfatta in quanto la percentuale di resistenza passiva mobilata è pari al 38%.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO VI0302 000	REV. B	FOGLIO 107 di 115

### 11.8.7 Pali OS12

Nella seguente figura si riporta l'andamento a valle dell'opera di riferimento della spinta passiva effettivamente mobilitata e della resistenza passiva totale corrispondente all'ultima fase di calcolo (Fase 13).

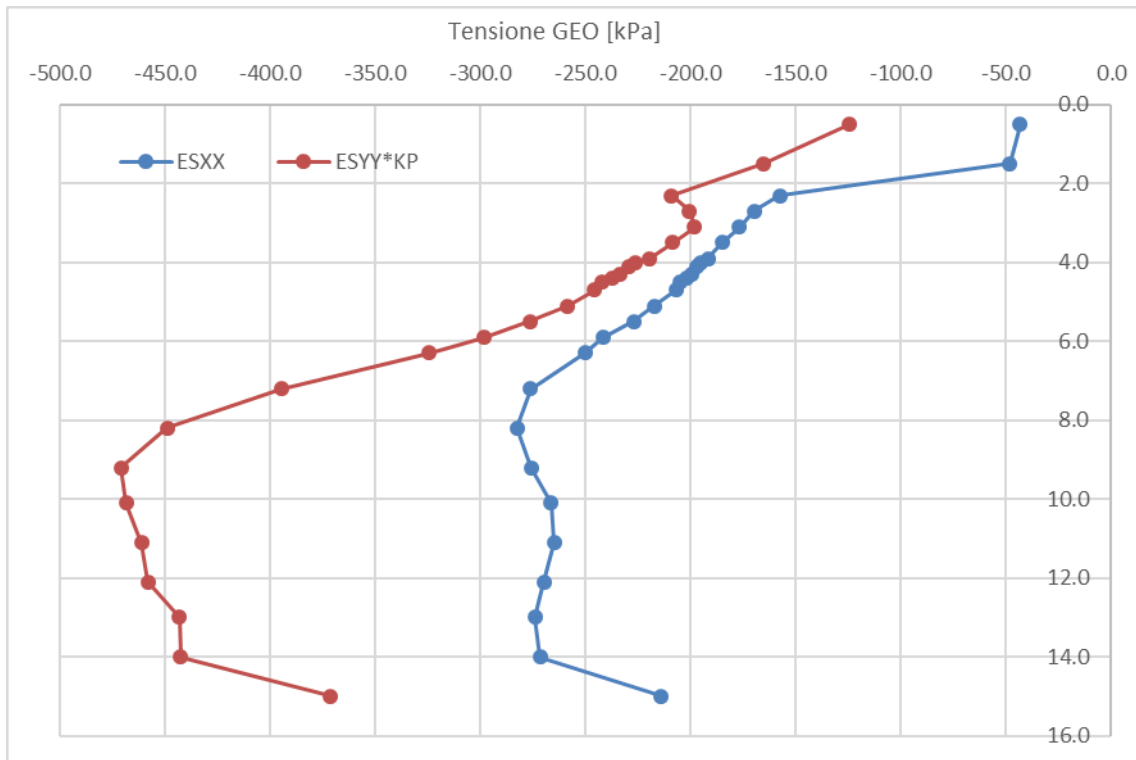


Figura 11.29. Verifica della spinta a valle della paratia (OS12) – GEO

Integrando le aree sottese alle curve si ottiene rispettivamente per le due curve la forza totale mobilitata e la forza resistiva massima del terreno a valle. Si ottiene quanto riportato di seguito:

Spinta reale efficace = 3271.2 kN/m

Massima spinta ammissibile = 5069.0 kN/m

La verifica risulta soddisfatta in quanto la percentuale di resistenza passiva mobilitata è pari al 65%.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <b>HirpiniaAV</b> Soci <b>salini impregilo</b> <b>ASTALDI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <b>SOJL</b> Mandanti <b>NET ENGINEERING</b> <b>Alpina</b>	
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>	COMMESSA <b>IF28</b> LOTTO <b>01</b> CODIFICA <b>E ZZ CL</b> DOCUMENTO <b>VI0302 000</b> REV. <b>B</b> FOGLIO <b>108 di 115</b>

### 11.8.8 Pali OS13

Nella seguente figura si riporta l'andamento a valle dell'opera di riferimento della spinta passiva effettivamente mobilitata e della resistenza passiva totale corrispondente all'ultima fase di calcolo (Fase 13).

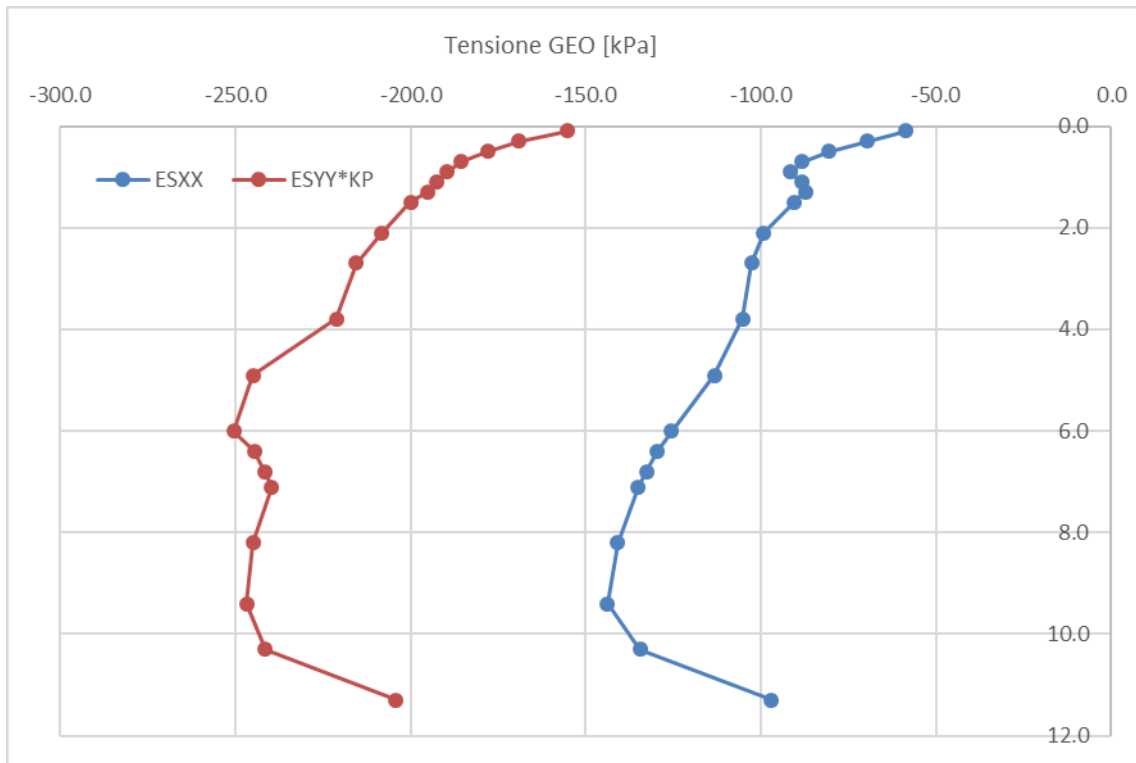


Figura 11.30. Verifica della spinta a valle della paratia (OS13) – GEO

Integrando le aree sottese alle curve si ottiene rispettivamente per le due curve la forza totale mobilitata e la forza resistiva massima del terreno a valle. Si ottiene quanto riportato di seguito:

Spinta reale efficace = 1307.1 kN/m

Massima spinta ammissibile = 2549.1 kN/m

La verifica risulta soddisfatta in quanto la percentuale di resistenza passiva mobilitata è pari al 51%.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span> 		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span> 		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>		IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	109 di 115

### 11.8.9 Pali OS14

Nella seguente figura si riporta l'andamento a valle dell'opera di riferimento della spinta passiva effettivamente mobilitata e della resistenza passiva totale corrispondente all'ultima fase di calcolo (Fase 13).

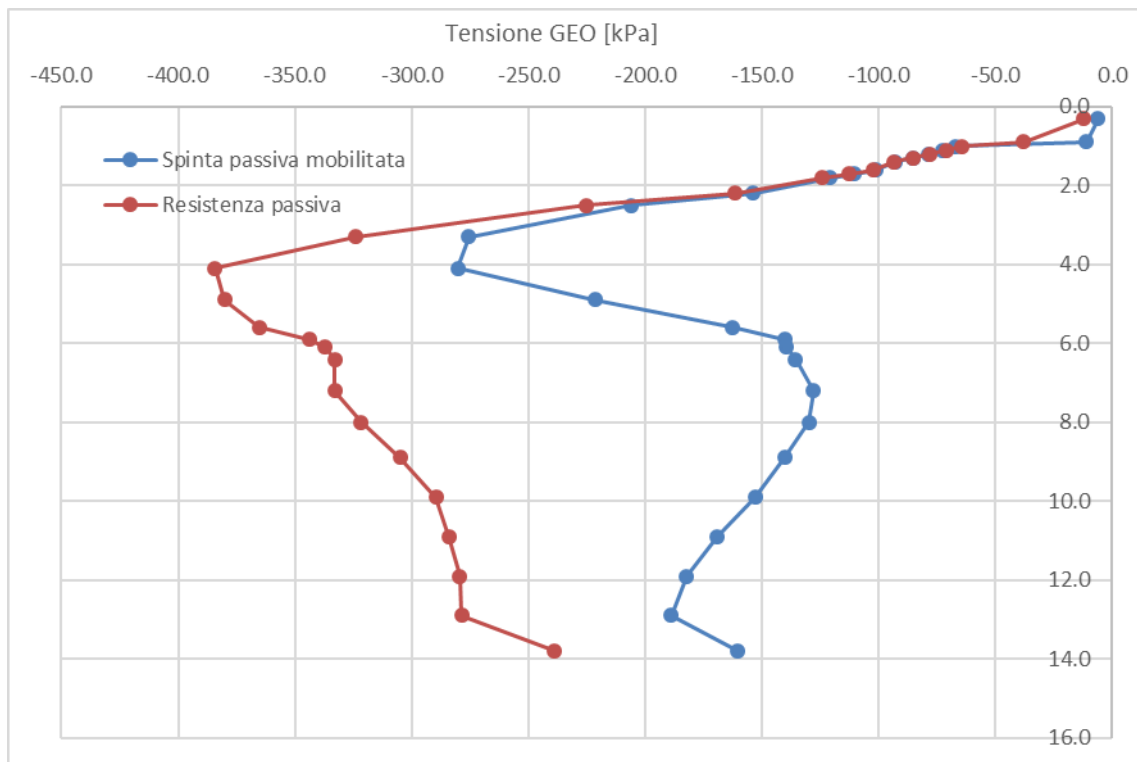


Figura 11.31. Verifica della spinta a valle della paratia (OS14) – GEO

Integrando le aree sottese alle curve si ottiene rispettivamente per le due curve la forza totale mobilitata e la forza resistiva massima del terreno a valle. Si ottiene quanto riportato di seguito:

Spinta reale efficace = 2212.2 kN/m

Massima spinta ammissibile = 3741.7 kN/m

La verifica risulta soddisfatta in quanto la percentuale di resistenza passiva mobilitata è pari al 59%.



<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.</b>	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">REV.</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">VI0302 000</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">110 di 115</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	110 di 115
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	VI0302 000	B	110 di 115													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>																		

### **11.9 VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE PALI STABILIZZAZIONE PIAZZOLE**

I pali di consolidamento delle piazzole del versante Ovest attraversano, rispetto al versante Est, formazioni aventi parametri geotecnici migliori nei confronti della resistenza al taglio non drenata, come è anche possibile dedurre effettuando un rapido confronto tra la Tabella 2 e la Tabella 15. Inoltre, rispetto al medesimo versante, la coltre superficiale ha una potenza inferiore, ciò che determina una resistenza alla capacità portante nei confronti dell'attrito laterale, più alta rispetto al versante opposto.

Pertanto, sulla base delle ragioni sopra esposte, la verifica di capacità portantesi ritenen certamente soddisfatta.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>	COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0302 000</b>	REV. <b>B</b>	FOGLIO <b>111 di 115</b>

## 11.10 SINTESI RISULTATI ANALISI DI STABILITÀ POST-OPERAM

Al fine di verificare l'efficacia delle opere di stabilizzazione del versante poste in essere dal progetto esecutivo, si sono effettuate le seguenti analisi di stabilità, al termine delle seguenti fasi di calcolo:

- analisi di stabilità in condizioni drenate al termine delle fasi di scavo;
- analisi di stabilità in condizioni drenate in condizioni finali;
- analisi di stabilità in condizioni drenate in presenza di sisma
- analisi di stabilità in condizioni non drenate in presenza di sisma;

Le analisi di stabilità sono state eseguite mediante i metodi ed i modelli descritti nei precedenti capitoli; le condizioni idrauliche sono indicate nella successiva figura.

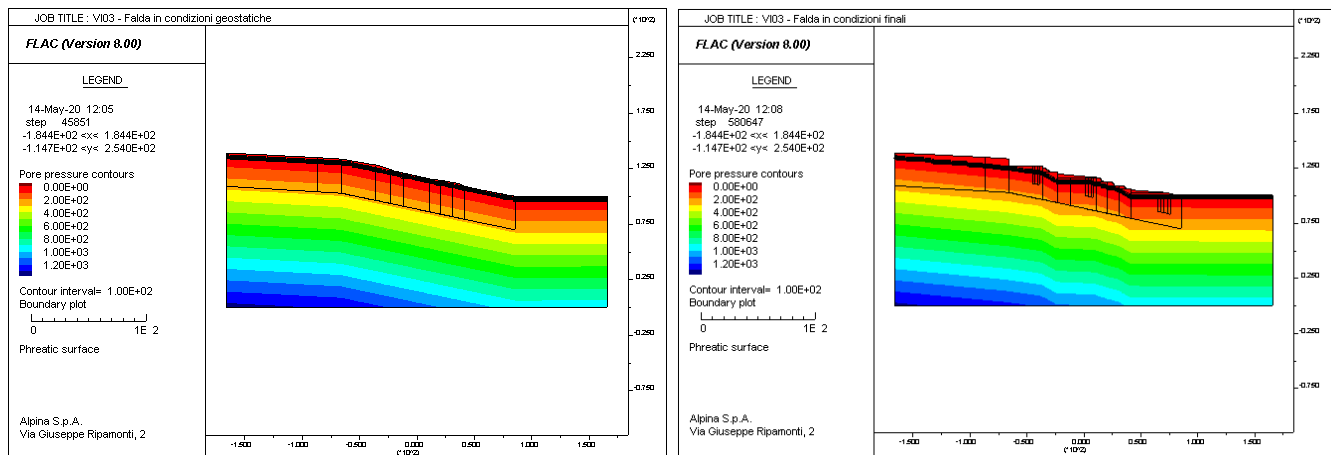


Figura 11.32. Livello falda idrica ante-operam, in condizioni geostatiche e post-operam, al termine delle fasi di scavo – Versante Ovest

Le analisi di stabilità mostrano che al termine della realizzazione delle opere di stabilizzazione del versante si hanno fattori di sicurezza alla stabilità globale, variabili da circa 1.40 ÷ 2.82, – come mostrato nelle figure seguenti – a dimostrazione dell'efficacia degli interventi previsti da progetto esecutivo.

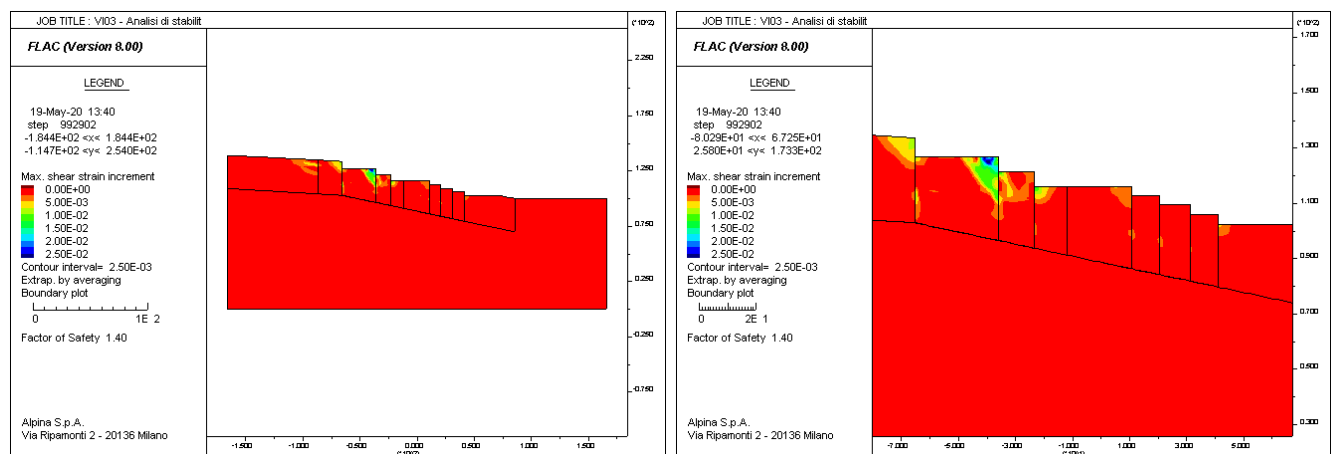


Figura 11.33. Analisi di stabilità in condizioni drenate al termine delle fasi di scavo (Fase 9 – FS = 1.40) – Versante Ovest

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio  Soci  		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria  Mandanti  		<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI</b>		COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0302 000</b>	REV. <b>B</b>	FOGLIO <b>112 di 115</b>

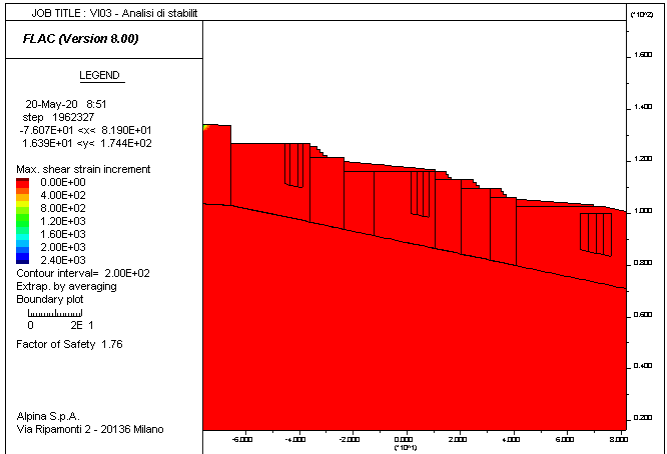
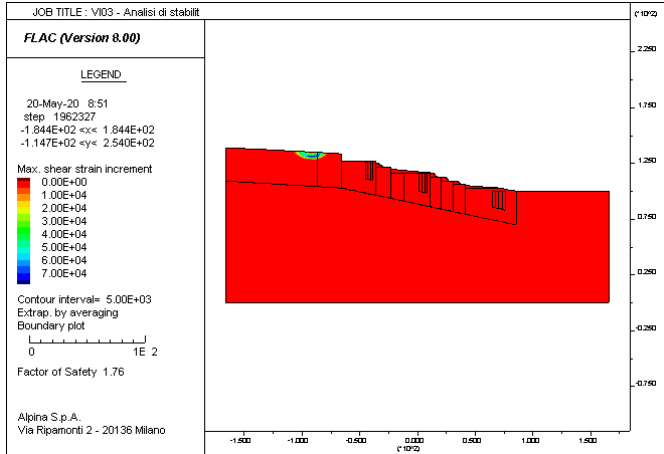


Figura 11.34. Analisi di stabilità in condizioni drenate in condizioni finali (Fase 13 – FS = 1.76) – Versante Ovest

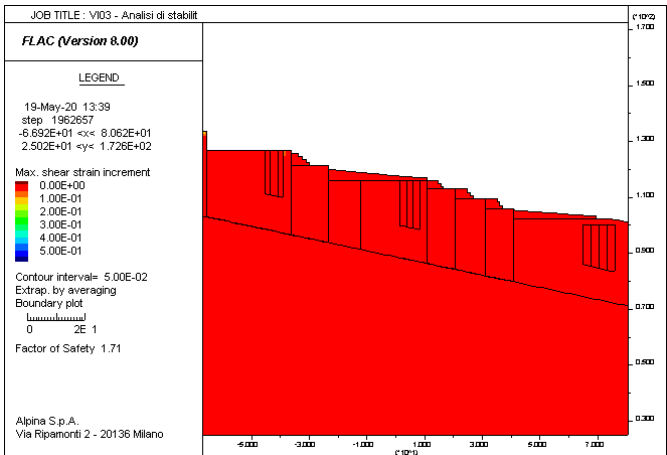
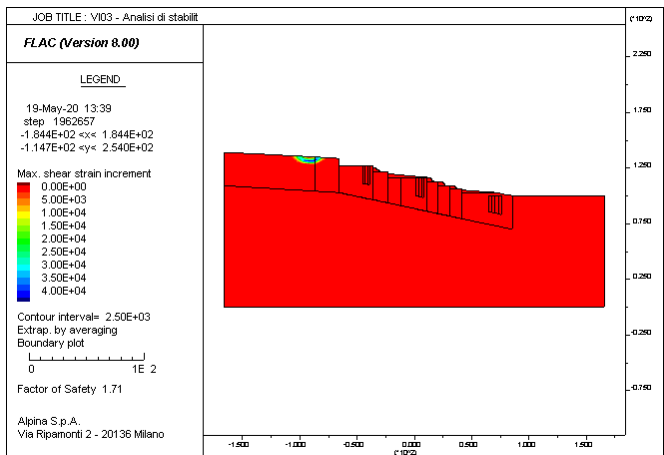


Figura 11.35. Analisi di stabilità in condizioni sismiche in condizioni drenate (Fase 14 – FS = 1.71) – Versante Ovest

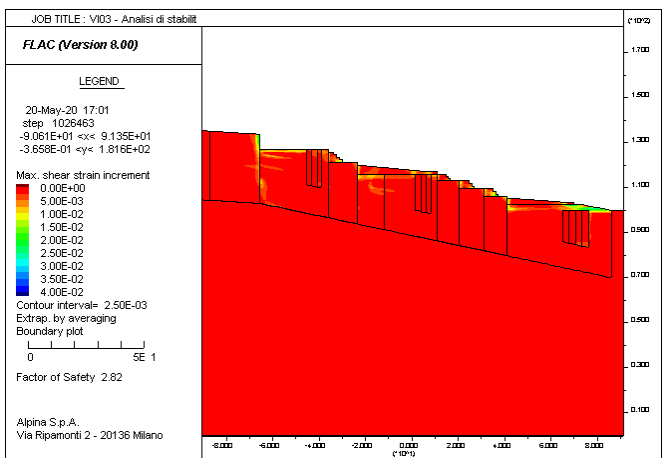
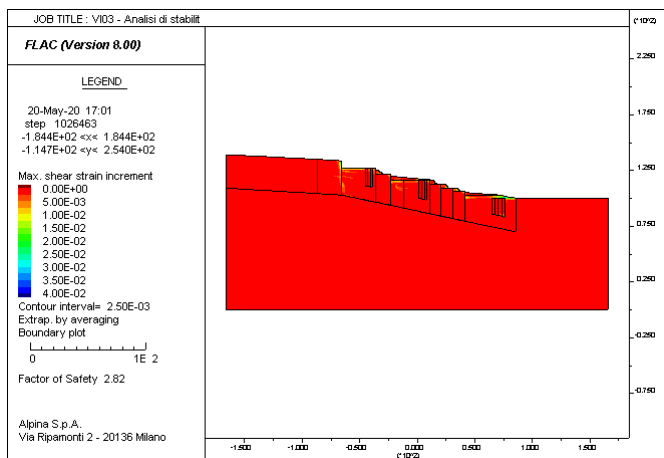


Figura 11.36. Analisi di stabilità in condizioni sismiche in condizioni non drenate (Fase 14 – FS = 2.82) – Versante Ovest

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <span style="margin-left: 100px;">Soci</span>   	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <span style="margin-left: 100px;">Mandanti</span>   	
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI</b> <b>VERSANTI</b>	COMMESSA <span style="margin-left: 50px;">LOTTO</span> <span style="margin-left: 50px;">CODIFICA</span> <span style="margin-left: 50px;">DOCUMENTO</span> <span style="margin-left: 50px;">REV.</span> <span style="margin-left: 50px;">FOGLIO</span> IF28 <span style="margin-left: 50px;">01</span> <span style="margin-left: 50px;">E ZZ CL</span> <span style="margin-left: 50px;">VI0302 000</span> <span style="margin-left: 50px;">B</span> <span style="margin-left: 50px;">113 di</span> <span style="margin-left: 400px;">115</span>

## 12 STIMA INCIDENZE DI ARMATURA OPERE DI SOSTEGNO

Nelle tabelle seguenti è riportata la stima delle incidenze per le opere di sostegno OS1-OS 14, raggruppate per tipologia di armature.

TABELLA FERRI OS1- OS3 - OS4					
ARMATURA PALI TIPO 1 - L=26,00 m (Quantità riferite ad un singolo palo)					
Numero	Diametro (mm)	Lunghezza (cm)	P.U.	Lunghezza Totale (cm)	Peso (kg)
9	26	600	4.168	5400	225
36	26	1200	4.168	43200	1800
9	24	900	3.551	8100	288
9	24	450	3.551	4050	144
109	8	277	0.395	30193	119
17	40	255	9.864	4335	428
<b>Peso Totale Armatura (kg)</b>					3004
<b>Volume CLS (m<sup>3</sup>)</b>					20.4
<b>Incidenza - comprese armature di confezionamento (kg/m<sup>3</sup>)</b>					150

TABELLA FERRI OS2					
ARMATURA PALI TIPO 2 - L=26,00 m (Quantità riferite ad un singolo palo)					
Numero	Diametro (mm)	Lunghezza (cm)	P.U.	Lunghezza Totale (cm)	Peso (kg)
10	30	1200	5.549	12000	666
20	30	1200	5.549	24000	1332
10	30	650	5.549	6500	361
100	8	277	0.395	27700	109
17	40	255	9.864	4335	428
<b>Peso Totale Armatura (kg)</b>					2895
<b>Volume CLS (m<sup>3</sup>)</b>					20.4
<b>Incidenza - comprese armature di confezionamento (kg/m<sup>3</sup>)</b>					140

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio  Soci  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria  Mandanti  	
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI</b> <b>VERSANTI</b>	COMMESSA IF28    LOTTO 01    CODIFICA E ZZ CL    DOCUMENTO VI0302 000    REV. B    FOGLIO 114 di 115

<b>TABELLA FERRI OS5-OS6</b>					
ARMATURA PALI TIPO 3 - L=20,00 m (Quantità riferite ad un singolo palo)					
Numero	Diametro (mm)	Lunghezza (cm)	P.U.	Lunghezza Totale (cm)	Peso (kg)
20	30	1200	5.549	24000	1332
20	30	1050	5.549	21000	1165
10	30	750	5.549	7500	416
10	30	400	5.549	4000	222
112	8	277	0.395	31024	122
13	40	255	9.864	3315	327
<b>Peso Totale Armatura (kg)</b>					3584
<b>Volume CLS (m³)</b>					15.7
<b>Incidenza - comprese armature di confezionamento (kg/m³)</b>					230

<b>TABELLA FERRI OS7</b>					
ARMATURA PALI TIPO 4 - L=26,00 m (Quantità riferite ad un singolo palo)					
Numero	Diametro (mm)	Lunghezza (cm)	P.U.	Lunghezza Totale (cm)	Peso (kg)
30	30	1200	5.549	36000	1998
20	30	750	5.549	15000	832
10	30	600	5.549	6000	333
10	30	650	5.549	6500	361
141	8	277	0.395	39057	154
17	40	255	9.864	4335	428
<b>Peso Totale Armatura (kg)</b>					4105
<b>Volume CLS (m³)</b>					20.4
<b>Incidenza - comprese armature di confezionamento (kg/m³)</b>					200

<b>TABELLA FERRI OS14</b>					
ARMATURA PALI TIPO 5 - L=20,00 m (Quantità riferite ad un singolo palo)					
Numero	Diametro (mm)	Lunghezza (cm)	P.U.	Lunghezza Totale (cm)	Peso (kg)
10	30	1200	5.549	12000	666
20	30	550	5.549	11000	610
10	30	1050	5.549	10500	583
10	30	350	5.549	3500	194
136	8	277	0.395	37672	149
13	40	255	9.864	3315	327
<b>Peso Totale Armatura (kg)</b>					2529
<b>Volume CLS (m³)</b>					15.7
<b>Incidenza - comprese armature di confezionamento (kg/m³)</b>					180

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio  Soci  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria  Mandanti  	
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI STABILIZZAZIONE DEI</b> <b>VERSANTI</b>	COMMESSA IF28    LOTTO 01    CODIFICA E ZZ CL    DOCUMENTO VI0302 000    REV. B    FOGLIO 115 di 115

<b>TABELLA FERRI OS13</b>					
ARMATURA PALI TIPO 6 - L=16,00 m (Quantità riferite ad un singolo palo)					
Numero	Diametro (mm)	Lunghezza (cm)	P.U.	Lunghezza Totale (cm)	Peso (kg)
10	26	1200	4.168	12000	500
10	26	850	4.168	8500	354
10	26	650	4.168	6500	271
62	8	277	0.395	17174	68
11	40	255	9.864	2805	277
<b>Peso Totale Armatura (kg)</b>					1470
<b>Volume CLS (m<sup>3</sup>)</b>					12.6
<b>Incidenza - comprese armature di confezionamento (kg/m<sup>3</sup>)</b>					120

<b>TABELLA FERRI OS12-OS8</b>					
ARMATURA PALI TIPO 7 - L=20,00 m (Quantità riferite ad un singolo palo)					
Numero	Diametro (mm)	Lunghezza (cm)	P.U.	Lunghezza Totale (cm)	Peso (kg)
9	30	1200	5.549	10800	599
9	30	650	5.549	5850	325
9	30	1050	5.549	9450	524
9	30	600	5.549	5400	300
78	8	277	0.395	21606	85
13	40	255	9.864	3315	327
<b>Peso Totale Armatura (kg)</b>					2160
<b>Volume CLS (m<sup>3</sup>)</b>					15.7
<b>Incidenza - comprese armature di confezionamento (kg/m<sup>3</sup>)</b>					140

<b>TABELLA FERRI OS9-OS10-OS11 – Pali piazzole</b>					
ARMATURA PALI TIPO 8 - L=16,00 m (Quantità riferite ad un singolo palo)					
Numero	Diametro (mm)	Lunghezza (cm)	P.U.	Lunghezza Totale (cm)	Peso (kg)
6	24	1200	3.551	7200	256
6	24	950	3.551	5700	202
6	24	600	3.551	3600	128
61	8	277	0.395	16897	67
11	40	255	9.864	2805	277
<b>Peso Totale Armatura (kg)</b>					929
<b>Volume CLS (m<sup>3</sup>)</b>					12.6
<b>Incidenza - comprese armature conf. (kg/m<sup>3</sup>)</b>					100