

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:
CONSORZIO:



SOCI:



PROGETTAZIONE:
MANDATARIA:



MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE

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

VARIANTE 21

OPERE DI MITIGAZIONE MOVIMENTI FRANOSI TRA LA PK 4+695 E PK 5+090

VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio HIRPINIA AV Il Direttore Tecnico Ing. Vincenzo Moriello 08/03/2022	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	 Ing. P. Galvanin

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	SCALA:
IF28	01	V	ZZ	CL	VI0202	002	B	-

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione per consegna	P.Pazzaglia	07/12/2021	A.Cozzi	07/12/2021	P.Galvanin	07/12/2021	Ing. P.Galvanin
B	Emissione per consegna	P.Pazzaglia	08/03/2022	A.Cozzi	08/03/2022	P.Galvanin	08/03/2022	Ing. P.Galvanin
								08/03/2022

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 2 di 101

Indice

1	PREMESSA	5
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E NORMATIVA.....	6
2.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO PE – VIADOTTO VI02.....	6
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO PEV – VIADOTTO VI02	6
2.3	NORMATIVA E STRANDARD DI RIFERIMENTO	8
2.4	SOFTWARE	8
3	MATERIALI.....	9
3.1	ACCIAIO.....	9
3.1.1	ACCIAIO PER ARMATURA STRUTTURE IN C.A.	9
3.1.2	ACCIAIO ARMONICO PER TIRANTI.....	9
3.1.3	PROFILATI E PIASTRE METALLICHE.....	9
3.2	CALCESTRUZZO.....	9
3.2.1	CALCESTRUZZO MAGRO PER GETTI DI LIVELLAMENTO	9
3.2.2	CALCESTRUZZO PALI, DIAFRAMMI DI FONDAZIONE, CORDOLI E OPERE PROVVISORIALI	9
3.2.3	CALCESTRUZZO PER FONDAZIONI PILE E SPALLE	9
4	DESCRIZIONE DELLE OPERE.....	11
4.1	OPERE DI PRESIDIO SCAVI PILA P2.....	12
4.2	OPERE DI PRESIDIO SCAVI SPALLA A - POZZO P1	13
4.3	GABBIONATA A MONTE DELLA PILA P2 LUNGO L'UFITA	15
4.4	SEZIONI DI CALCOLO	15
5	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	18
5.1	ASPETTI GENERALI E PROBLEMATICHE DI INSTABILITA' DI VERSANTE.....	18
5.2	STRATIGRAFIA E PARAMETRI DI RIFERIMENTO.....	19
6	CRITERI DI ANALISI	20
6.1	OPERE DI SOSTEGNO	20
6.2	STABILITÀ DEL VERSANTE	20
7	CRITERI DI VERIFICA.....	21
7.1	VERIFICA NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)	21
7.2	VERIFICHE AGLI SLE	22
8	CARICHI E AZIONI.....	23

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE V102-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 3 di 101

8.1	AZIONE SISMICA	23
8.2	COMBINAZIONI DELLE AZIONI	25
9	ANALISI OPERE DI PRESIDIO SCAVI PILA P2.....	26
9.1	DATI DI INPUT DEL MODELLO E LIVELLI PIEZOMETRICI	27
9.2	ANALISI A RITROSO	31
9.3	DESCRIZIONE DELLE FASI DI CALCOLO	33
9.4	SINTESI DEI RISULTATI ALLO SLE - SPOSTAMENTI.....	41
9.5	SINTESI DEI RISULTATI PER GLI STATI LIMITE STRUTTURALI (STR)	42
9.5.1	SLU, A1+M1+R1/SLV – SOLLECITAZIONI PALI.....	42
9.5.2	SLE – SOLLECITAZIONI PALI	44
9.5.3	SLU, A1+M1+R1 – SOLLECITAZIONI CORDOLO SOMMITALE E PUNTELLI METALLICI.....	46
9.5.4	SLU – SOLLECITAZIONI TIRANTI	46
9.5.5	SLU – SPINTA AGENTE SUL PLINTO DI FONDAZIONE DELLA PILA P2.....	48
9.6	VERIFICHE ALLO SLU ED ALLO SLE DI TIPO STR	49
9.6.1	PALI	49
9.6.2	PUNTELLO METALLICO	55
9.6.3	MENSOLA DI APPOGGIO DEL PUNTELLO METALLICO	56
9.6.4	TIRANTI CON TREFOLI.....	57
9.6.5	CORDOLO 1 SOMMITALE PARATIA PALI DI MONTE.....	58
9.6.6	CORDOLO 2 IN CORRISPONDENZA DEI PUNTELLI	59
9.7	VERIFICA ALLO SLU DI TIPO GEO	62
9.8	ANALISI DI STABILITÀ DEL VERSANTE	63
10	ANALISI OPERE DI PRESIDIO SPALLA A – POZZO P1	65
10.1	DATI DI INPUT DEL MODELLO E LIVELLI PIEZOMETRICI	65
10.2	DETERMINAZIONE CINEMATISMI SECONDARI DELLA COLTRE INSTABILE A VALLE DELL’OPERA A LUNGO TERMINE.....	66
10.3	DIMENSIONAMENTO CONDIZIONE DI BREVE TERMINE.....	70
10.4	DIMENSIONAMENTO CONDIZIONE DI LUNGO TERMINE	74
10.5	SINTESI DEI RISULTATI ALLO SLE – SPOSTAMENTI.....	76
10.6	SINTESI DEI RISULTATI PER GLI STATI LIMITE STRUTTURALI (STR)	78
10.6.1	SLU, A1+M1+R1/SLV – SOLLECITAZIONI PALI.....	78
10.6.2	SLE – SOLLECITAZIONI PALI	79
10.7	VERIFICHE ALLO SLU ED ALLO SLE DI TIPO STR	79
10.7.1	PALI.....	79
10.7.2	CORDOLO SOMMITALE.....	82
11	VERIFICA DI STABILITÀ GABBIONATA DI PROTEZIONE SPONDALE – PILA P2	84
11.1	DESCRIZIONE DEL CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO	84

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 10%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 20%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 10%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>V ZZ CL</td> <td>VVI0202 002</td> <td>B</td> <td>4 di 101</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	V ZZ CL	VVI0202 002	B	4 di 101
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	V ZZ CL	VVI0202 002	B	4 di 101													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2																		

11.2	DATI DI INPUT DEL MODELLO E LIVELLI PIEZOMETRICI	85
11.3	AZIONE SISMICA	86
11.4	CRITERI DI VERIFICA	87
11.5	RIEPILOGO RISULTATI DELLE VERIFICHE	87
11.6	TABULATI DI CALCOLO: CASO STATICO	88
11.7	TABULATI DI CALCOLO: CASO SISMICO	95
12	INCIDENZE DI ARMATURA	100
12.1	PARATIA DI PALI PILA 2	100
12.2	PARATIA DI PALI SPALLA A-PZ1	101

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 10%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 10%;">REV.</td> <td style="width: 10%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>V ZZ CL</td> <td>VVI0202 002</td> <td>B</td> <td>5 di 101</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	V ZZ CL	VVI0202 002	B	5 di 101
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	V ZZ CL	VVI0202 002	B	5 di 101													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2																		

1 PREMESSA

Nell'ambito del Progetto Esecutivo del Raddoppio Apice-Orsara, 1^ lotto funzionale Apice-Hirpinia, oggetto della presente relazione è il dimensionamento delle opere di sostegno degli scavi poste in corrispondenza della Spalla A e della Pila P2 parte della Variante n° 21, relativa alle "OPERE DI MITIGAZIONE MOVIMENTI FRANOSI TRA LA PK 4+695 E PK 5+090",

Tale variante si è resa necessaria dalle evidenze raccolte dalla strumentazione di monitoraggio installata tra le progressive indicate che ha mostrato, durante la stagione invernale 2020/2021, la presenza di movimenti profondi del versante posto in sinistra orografica del fiume Ufita: per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione generale IF2801VZZRGMD0000211A.

Nell'ambito del più ampio intervento di mitigazione dei possibili rischi legati alla attivazione di movimenti di versante, si è prevista l'introduzione di una paratia di pali tra la Spalla A e il pozzo P1 al fine di evitare detensionamenti del materiale instabile posto più a monte all'interno del piazzale antistante l'imbocco della galleria Grottaminarda in fase di scavo e a opere ultimate, nonché il rafforzamento delle opere di sostegno degli scavi della Pila P2, già previste nel PE, ma non sufficienti per contrastare le spinte della coltre instabile individuata mediante la strumentazione di monitoraggio installata lungo il versante. Le opere di mitigazione del rischio di instabilità del versante sono completate da una gabbionata posta a monte della pila P2, lungo l'alveo del fiume Ufita. Tale gabbionata sarà realizzata solo a seguito della conferma del modello geologico-geotecnico di riferimento, qualora fosse confermata una attività erosiva e instabilizzante dell'Ufita al piede del versante in frana.

La revisione B del presente documento, recepisce i risultati del confronto tecnico tra il Consorzio HIRPINIA e ITALFERR avvenuto in data 11/02/2022 e 14/02/2022, a seguito alla istruttoria tecnica effettuata da ITF sulla revisione A della proposta di variante: gli esiti di tale confronto sono sintetizzati nel documento condiviso, inerente le fasi di realizzazione delle opere e le ipotesi di calcolo da adottare per la loro progettazione (cfr. "Ipotesi di calcolo alla base dell'aggiornamento del PEV della variante °21 consegnato tra il 27/11/2022 e il 21/12/21" e richiamato nella relazione generale sopra menzionata.

Nel seguito, dopo un inquadramento generale delle problematiche, sono brevemente descritte le opere di sostegno sopra brevemente descritte, i criteri progettuali seguiti per elaborare le soluzioni progettuali, nonché gli esiti di tali elaborazioni. Si rimanda agli elaborati grafici di dettaglio per gli approfondimenti tecnici del caso

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 6 di 101

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E NORMATIVA

2.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO PE – VIADOTTO VI02

Vengono presi a riferimento tutti gli elaborati grafici progettuali di pertinenza indicati nella seguente relazione:
IF2701CZZCLVI0202004 - Addendum alla relazione di calcolo – Definizione degli elaborati di riferimento.

2.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO PEV – VIADOTTO VI02

VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Fondazioni Pile e Spalla A - Pianta fondazioni e sezioni	IF2801VZZP9VI0200001
VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Fondazioni Pile e Spalla A - Tracciamento e scavi - FASE A1: planimetrie e profili	IF2801VZZL9VI0202001
VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Fondazioni Pile e Spalla A - Tracciamento e scavi - FASE B1: planimetrie e profili	IF2801VZZL9VI0202002
VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Fondazioni Pile e Spalla A - Tracciamento e scavi - FASE B2: planimetrie e profili	IF2801VZZL9VI0202003
VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Fondazioni Spalla A - Opere provvisionali : Pianta e sezioni	IF2801VZZBAVI0202002
VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Fondazioni Pila P2 - Opere provvisionali: Pianta e sezioni	IF2801VZZBAVI0202003A.ZIP
VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Opere provvisionali fondazioni pila P2 - gabbionata di protezione	IF2801VZZPZVI0202001
VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Pozzi di fondazione Spalla A e Pila 1: carpenteria - pianta e sezioni	IF2801VZZBBVI0202001
VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Carpenteria spalla A tav. 1 di 2	IF2801VZZBZVI0204001
VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Carpenteria spalla A tav. 2 di 2	IF2801VZZBZVI0204002
VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Carpenteria pila P1	IF2801VZZBZVI0205001

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 7 di 101

VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Relazione di calcolo fondazioni Spalla A e Pila 1	IF2801VZZCLVI0203001
VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Relazione di calcolo fondazioni pila P2	IF2801VZZCLVI020300A
VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Opere di Sostegno e Stabilizzazione - Fase A	IF2801VZZP8VI0202001
VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Opere di Sostegno e Stabilizzazione - Fase B	IF2801VZZP8VI0202002
VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Opere di Sostegno e Stabilizzazione - Fase C	IF2801VZZP8VI0202003
VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Pozzi Strutturali: Planimetria e sezione longitudinale - Fase A	IF2801VZZP9VI0202001
VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Pozzi Strutturali: Tracciamento e scavi - Fase A	IF2801VZZP9VI0202002
VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Pozzi Strutturali: Sezione trasversali - Fase A	IF2801VZZW9VI0202001
VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Pozzi Strutturali: Tracciamento e scavi - Fase B	IF2801VZZP9VI0202003
VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Pozzi Strutturali: Sezione trasversali - Fase B	IF2801VZZW9VI0202002
VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Pozzi Strutturali: Sezione trasversali - Fase C	IF2801VZZW9VI0202003
VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Pozzi Strutturali: Carpenteria - Pianta e Sezioni	IF2801VZZBAVI0202001
VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Pozzi Strutturali: Dettagli costruttivi	IF2801VZZBZVI0202001
VARIANTE 21 - Opere di mitigazione movimenti franosi tra la PK 4+695 e PK 5+09 - VI02 Versante Grottaminarda - Relazione di calcolo Pozzi Strutturali di Stabilizzazione	IF2801VZZCLVI0202001A

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 10%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 20%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 10%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>V ZZ CL</td> <td>VVI0202 002</td> <td>B</td> <td>8 di 101</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	V ZZ CL	VVI0202 002	B	8 di 101
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	V ZZ CL	VVI0202 002	B	8 di 101													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2																		

2.3 **NORMATIVA E STRANDARD DI RIFERIMENTO**

- 1) Decreto Ministeriale del 14/01/2008: “Approvazione delle Nuove Norma 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”;
- 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, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;
- 8) Caltrans. Guidelines on Foundation Loading and Deformation Due to Liquefaction Induced Lateral Spreading. California Department of Transportation, Sacramento, California, 2012;
- 9) JRA (2002) – Specifications for Highway Bridges, JapanRoad Association. Part V: Seismic Design.

2.4 **SOFTWARE**

- 1) Rocscience RS2 (2D Geotechnical Finite Element Analysis), versione 2021 11.012. Rocscience Inc. con sede a Toronto in Ontario (Canada (<https://www.rocscience.com>)).
- 2) GeoStru, RC-SEC, Calcolo di sezioni in Cemento Armato;

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 9 di 101

3 MATERIALI

Il progetto strutturale delle fondazioni prevede l'uso dei materiali con le caratteristiche meccaniche minime riportate nei paragrafi seguenti.

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: $1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

3.1.2 Acciaio armonico per tiranti

- trefoli stabilizzati da 0.6" $(A=1.39 \text{ cm}^2)$
- Tensione caratteristica di rottura $f_{pk} = 1860 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale $f_{p0.1k} = 1670 \text{ N/mm}^2$

3.1.3 Profilati e piastre metalliche

- - Acciaio tipo: EN 10025-S275 JR
- - Tensione di rottura a trazione: $f_{tk} \geq 430 \text{ MPa}$
- - Tensione di snervamento: $f_{yk} \geq 275 \text{ MPa}$

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: $C_{f,min} \geq 60 \text{ mm}$

3.2.3 Calcestruzzo per fondazioni pile e spalle

- Classe di resistenza: C28/35

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	<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;">V ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">VVI0202 002</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">10 di 101</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	V ZZ CL	VVI0202 002	B	10 di 101
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	V ZZ CL	VVI0202 002	B	10 di 101													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2																		

- classe di consistenza: S4
- classe di esposizione: XC2
- dimensione massima dell'inerte: $D_{max} = 25 \text{ mm}$
- copriferro minimo: $C_{f,min} \geq 40 \text{ mm}$

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 10%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 20%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 10%;">REV.</td> <td style="width: 30%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>V ZZ CL</td> <td>VVI0202 002</td> <td>B</td> <td>11 di 101</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	V ZZ CL	VVI0202 002	B	11 di 101
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	V ZZ CL	VVI0202 002	B	11 di 101													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2																		

4 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Il Viadotto Ufita Melito - VI02, a doppio binario, si estende dal km 4+827,30 al km 5+032,30 della Tratta Apice-Orsara - I° Lotto Funzionale Apice-Hirpinia per uno sviluppo complessivo di 205 m in corrispondenza del Torrente Ufita. L'impalcato risulta costituito da n°5 campate isostatiche di cui le due di riva in c.a.p. e tre centrali in acciaio-calcestruzzo di luce 45-65-45 m.

Il progetto esecutivo approvato prevede - al di sotto della Spalla A e della Pila P1 che insistono sul versante in sinistra orografica Ufita, oggetto del presente PEV - una fondazione su pali in analogia a quanto previsto dal progetto definitivo, in quanto il pendio era considerato stabile sulla base delle evidenze raccolte. La pila P2 è invece fondata su un pozzo profondo realizzato con paratie di diaframmi.

Allo stato attuale delle conoscenze, i movimenti registrati dagli inclinometri lungo il versante in sinistra Ufita sembrano per la maggior parte correlabili a variazioni delle condizioni idrauliche; al contrario, nelle stagioni asciutte la progressione dei movimenti sembra molto meno marcata.

Come accennato in premessa, la presente relazione riguarda gli interventi visualizzati nella successiva Figura 4-1 ed in particolare:

- le opere di sostegno degli scavi della pila P2 che, rispetto al PE, sono rinforzate mediante tirantatura, tenendo in conto le possibili spinte esercitate dalla coltre instabile. Tali opere, nel presente PEV sono considerate come definitive e - a lungo termine - consentono di trasferire le spinte di frana al pozzo di fondazione, evitando che movimenti e spinte possano interessare il fusto della pila, come meglio descritto al successivo § 4.1;
- la palificata a valle del piazzale RI53, inserita allo scopo di presidiare gli scavi necessari per la pista di cantiere e la pila P1 e – in fase definitiva – per proteggere i fabbricati da eventuali movimenti residui di versante a valle della batteria di pozzi.
- la gabbionata di protezione spondale posta a monte della pila 2, lungo l'alveo dell'Ufita, allo scopo di mitigare l'effetto erosivo del fiume al piede del versante, che potrebbe essere una concausa della instabilità del versante stesso.

Gli interventi sopra descritti sono parte di un più ampio sistema di opere di mitigazione dei movimenti di versante, illustrato nella stessa Figura 4-1; per quanto riguarda la disamina del complesso degli interventi, si rimanda alla citata relazione generale, nonché alla relazione tecnica e di calcolo relativa alla batteria di pozzi di presidio delle opere di linea (cfr. doc. IF2801VZZCLVI0202001).

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.			ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.			COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2			IF28	01	V ZZ CL	VVI0202 002	B	12 di 101

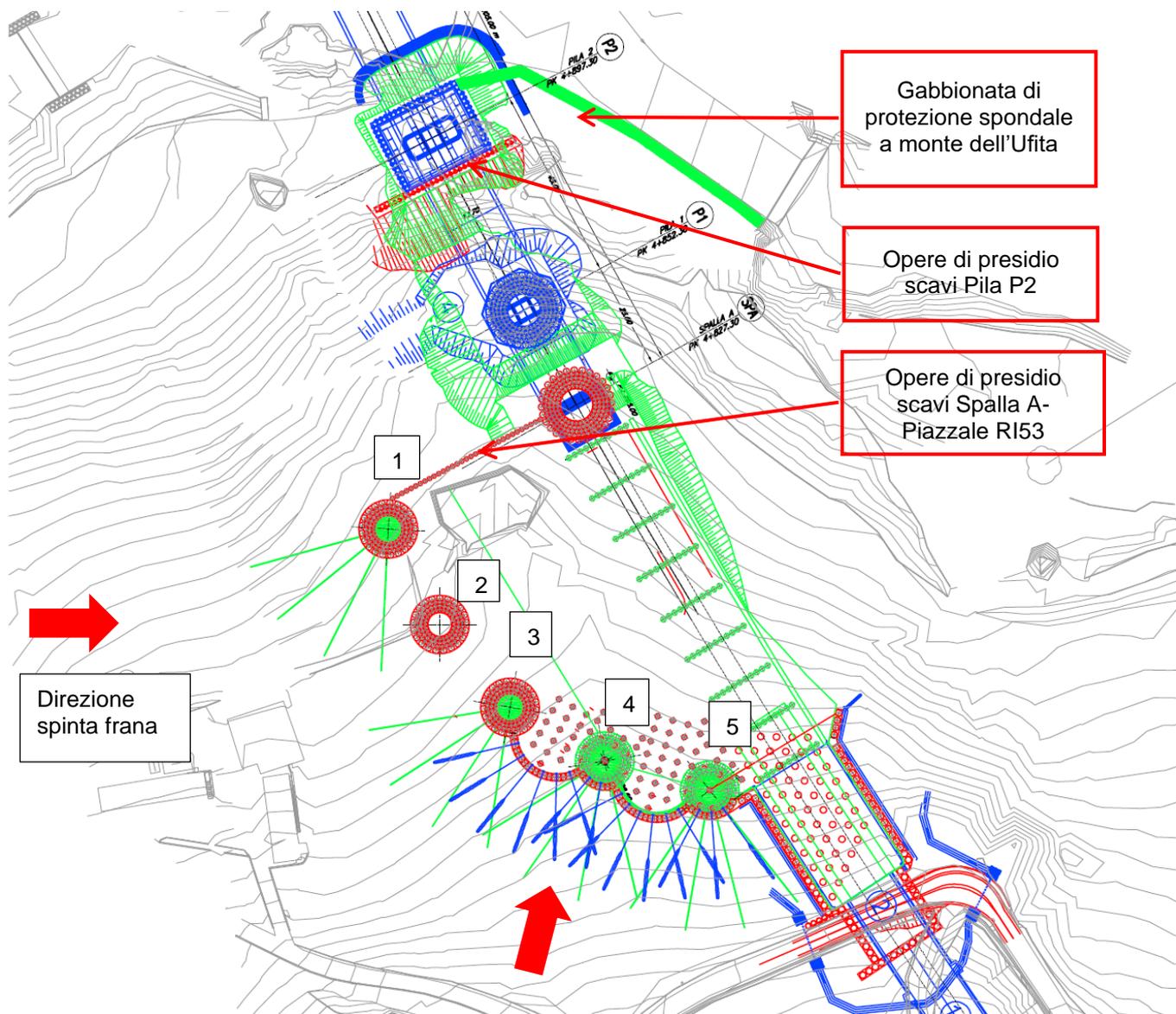


Figura 4-1: Opere di presidio degli scavi Spalla A – Pozzo 1 e Pila 2

4.1 OPERE DI PRESIDIO SCAVI PILA P2

Le opere previste per il sostegno degli scavi della pila di scavalco P2 sono costituite da paratie di pali trivellati aventi diametro 1200 mm, interasse 1.4 m e lunghezza 20 m per l'opera a monte e 16 m per quella a valle. In sommità sono collegati da un cordolo in c.a. di dimensioni 1.4x1.2 m. Tra un palo e l'altro è prevista la realizzazione di colonne di jet-grouting. La paratia di pali di monte è contrastata da un ordine di tiranti a 6 trefoli inclinati di 30° rispetto all'orizzontale; in corrispondenza del cordolo sommitale gettato alla testa dei pali di valle è invece previsto il posizionamento di 4 puntelli metallici ($\phi 406.4$ mm s=16mm) disposti in pianta a 45°.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 13 di 101

Come accennato in precedenza, le opere hanno il duplice scopo di sostenere gli scavi per la realizzazione del plinto della pila P2 e trasferire la spinta di frana residua a lungo termine direttamente al plinto di fondazione. Le azioni determinate con le analisi di stabilità descritte nel seguito sono state poi utilizzate per la verifica della fondazione profonda a pozzo della Pila P2 (cfr. doc. IF2801VZZCLVI0203002)

Come meglio evidenziato nella sezione longitudinale di Figura 4.4, si è ipotizzato che la potenziale superficie di scivolamento si chiuda in corrispondenza del fondo alveo Ufita, essendo poco probabile che i movimenti possano estendersi più in profondità raggiungendo la sponda opposta.

La fondazione profonda della Pila 2 si trova quindi tutta intestata nel substrato stabile di base. La coltre instabile - dopo la realizzazione degli interventi a monte - potrebbe presentare movimenti secondari nella porzione compresa tra l'allineamento Spalla A - Pozzo 1 e la Pila 2: tali movimenti potrebbero generare sovraspinte sul plinto di fondazione e sul fusto della pila, come evidente dalla stessa Figura 4.4. L'obiettivo dell'intervento di rinforzo delle opere di sostegno degli scavi, già previste in PE, è quello di sostenere come in PE lo scavo in fase di costruzione del plinto della pila P2 e creare una "cintura di pali" a carattere definitivo in grado di proteggere il fusto della pila a lungo termine trasferendo le azioni residue della coltre instabile direttamente al plinto di fondazione e da questo al pozzo di diaframmi, come concettualmente schematizzato nella Figura 4.4.

L'opera di sostegno con l'ausilio dei tiranti in prima fase è utilizzata per sostenere tutte le spinte della coltre instabile a monte fino al raggiungimento del fondo scavo necessario per eseguire il plinto di fondazione della pila P2; a lungo termine, dopo la realizzazione del plinto e della pila e il possibile detensionamento dei tiranti, le paratie di pali lavorano a sbalzo, incastrate al piede dal plinto di fondazione. Le spinte di frana sono quindi trasferite dai pali per taglio/flessione direttamente al plinto, proteggendo quindi il fusto pila da movimenti e sovraspinte che ne potrebbero alterare il regime delle sollecitazioni interne. Il pozzo di fondazione della pila è di conseguenza verificato nuovamente per consentire il contrasto delle spinte aggiuntive della coltre in fase statica e sismica, spinte che non erano considerate nel PE approvato, non essendoci evidenze di movimenti di versante.

4.2 OPERE DI PRESIDIO SCAVI SPALLA A - POZZO P1

Le opere di presidio inserite tra la spalla A e il Pozzo P1 sono realizzate con una paratia di pali di diametro 1200 mm posti ad interasse 1.4 m di lunghezza 25 m, cioè tale da immorsarsi oltre la superficie di potenziale scorrimento. I pali sono sormontati da un cordolo in c.a. di dimensioni 1.4 m x 1.0 m. La paratia è eseguita come prima opera lungo il versante e per un periodo di tempo durante la costruzione delle pile e delle spalle del viadotto (massimo 2 anni) non sarà schermata a monte dai pozzi strutturali di presidio della linea ferroviaria.

Nella successiva figura è individuata la posizione della paratia di pali, mentre nella successiva Figura 4.3 è riportata la traccia della sezione di verifica utilizzata per le analisi.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatara</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 14 di 101

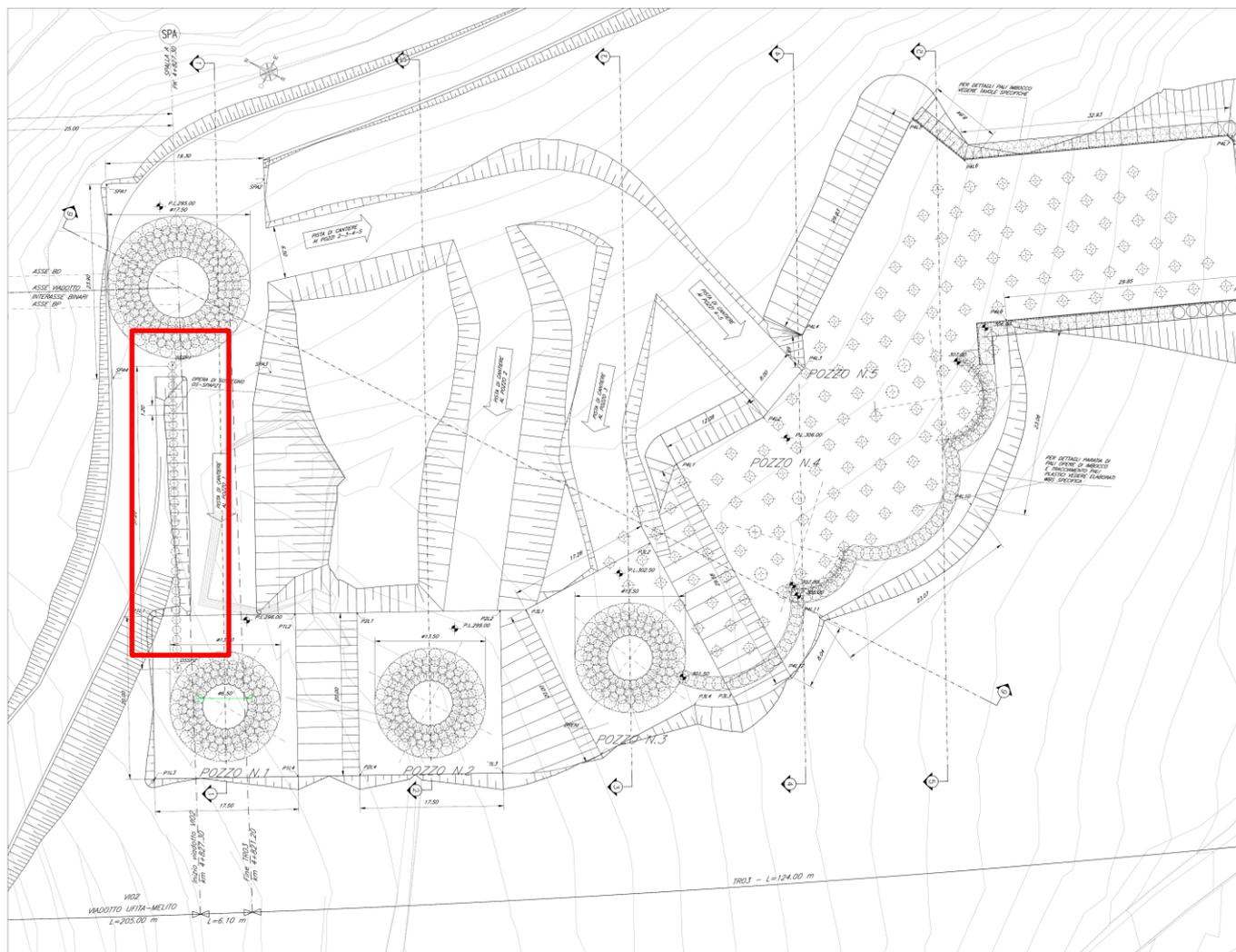


Figura 4-2: Opere di presidio degli scavi Spalla A – Pozzo 1

Come riportato nel documento di condivisione delle ipotesi di calcolo, nella fase identificata come transitoria - prima dell'esecuzione dei pozzi schermanti 1-2-3 - al fine di limitare per quanto possibile il detensionamento del versante indotto dagli scavi della Pila P1, con conseguente possibile instabilizzazione dello stesso, rispetto alla revisione A, l'opera è stata rivista utilizzando pali di diametro 1200 mm al posto di pali 1000 mm.

In fase provvisoria, considerato che gli scavi della Pila P1 saranno eseguiti in un arco temporale sicuramente inferiore a due anni, essa è dimensionata:

- per spinte statiche dovute al detensionamento indotto dagli scavi di valle (quindi inferiori a quelle di mobilitazione dell'intero versante) e per i movimenti possibili del versante in tale arco temporale, stimati

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 10%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 20%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 10%;">REV.</td> <td style="width: 30%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">V ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">VVI0202 002</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">15 di 101</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	V ZZ CL	VVI0202 002	B	15 di 101
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	V ZZ CL	VVI0202 002	B	15 di 101													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2																		

sulla base di una proiezione di quanto osservato fino ad oggi tramite la strumentazione di monitoraggio installata, come meglio descritto nei paragrafi successivi;

- in assenza di spinte sismiche, trattandosi di opera provvisoria con VN< 2 anni.

Per la fase di lungo termine, dopo l'ultimazione dei pozzi strutturali, la paratia è dimensionata per sopportare la spinta del piazzale a monte in presenza di possibili movimenti/instabilità secondarie di versante che potrebbero innescarsi a valle dell'opera stessa.

Le fasi esecutive per la realizzazione delle fondazioni del viadotto prevedono quindi:

- la realizzazione della paratia di pali OS-SPAPZ1 come prima opera del viadotto, insieme al pozzo di fondazione della spalla A,;
- la contemporanea realizzazione delle opere di presidio della pila P2;
- a seguire saranno realizzate le fondazioni della Pila P2 e della Pila P1.

4.3 GABBIONATA A MONTE DELLA PILA P2 LUNGO L'UFITA

A monte della pila P2 è prevista la realizzazione di opere di presidio al piede del corpo di frana lungo il corso dell'Ufita tramite gabbionate metalliche di altezza complessiva pari a 4 m, per prevenire fenomeni locali di erosione e instabilità al piede del versante stesso: la necessità di tali opere dovrà essere confermata dai dati di monitoraggio e dal modello geologico di riferimento definitivo.

4.4 SEZIONI DI CALCOLO

Per il dimensionamento delle opere in oggetto sono state utilizzate differenti sezioni di calcolo. Si riportano di seguito l'ubicazione delle sezioni oggetto di analisi e gli schemi riepilogativi delle opere oggetto di studio.

APPALTATORE: Consorzio <u>Soci</u> HIRPINIA AV S.P.A. WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 16 di 101

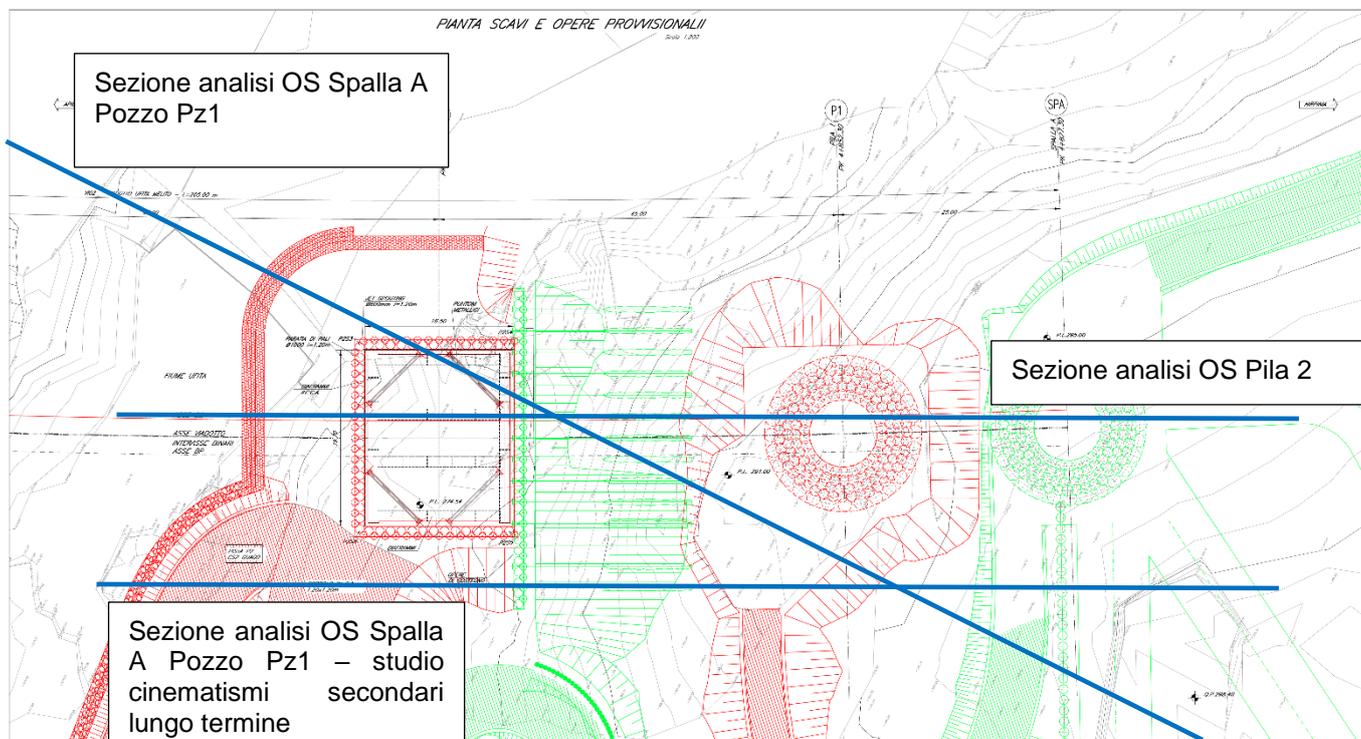


Figura 4.3. Ubicazione delle sezioni oggetto di analisi per le opere di presidio della Spalla A e della Pila P2 (verde opere di fase A, rosso opere di Fase B)

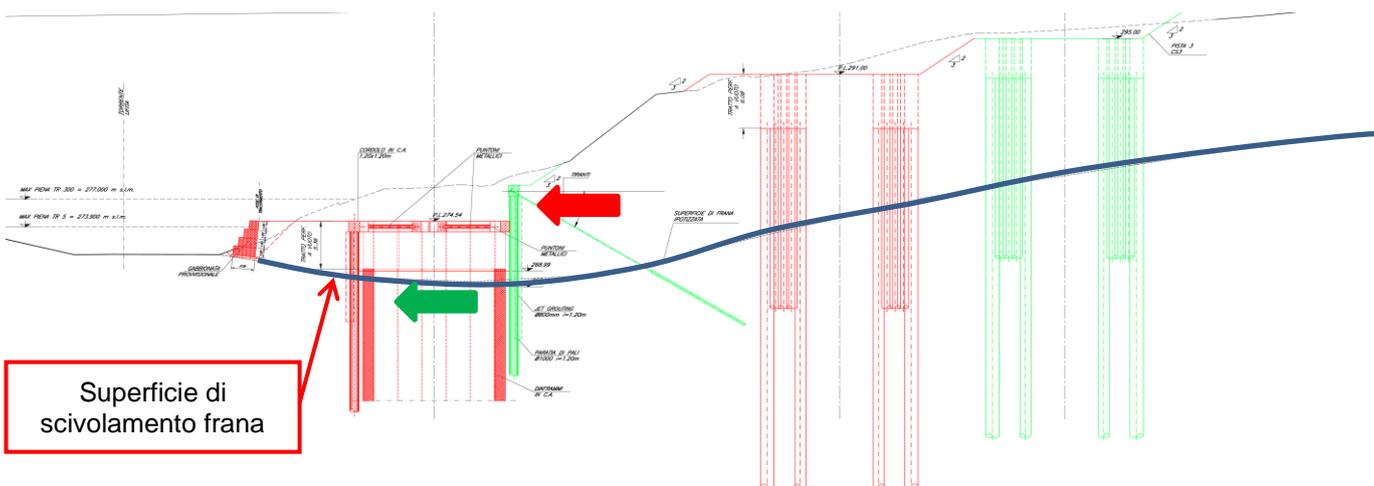


Figura 4.4. Sezione longitudinale in asse viadotto e visualizzazione delle opere di sostegno scavi della Pila P2 – (verde opere di fase A, rosso opere di Fase B)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE V102-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 17 di 101

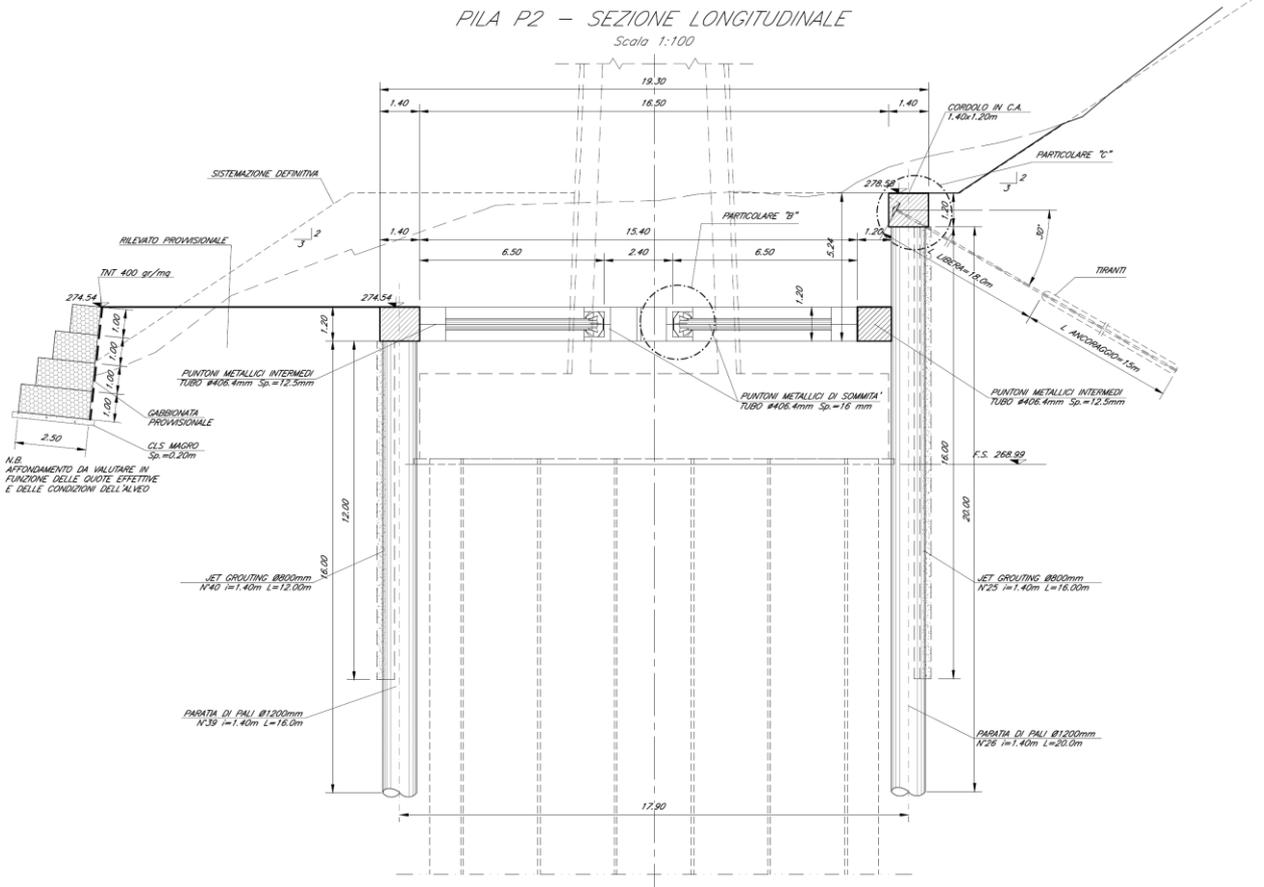


Figura 4.5. Sezione longitudinale interventi opere di sostegno pila P2

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 18 di 101

5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

5.1 ASPETTI GENERALI E PROBLEMATICHE DI INSTABILITA' DI VERSANTE

Al termine della galleria Grottaminarda, alla pk 4+695, il tracciato si sviluppa all'aperto per un breve tratto (fino alla pk 5+090) attraversando nuovamente il F. Ufita, che scorre incassato in una valle stretta dai fianchi alti, soprattutto nel versante settentrionale in destra idraulica. Le due zone di imbocco affacciate sulla valle del F. Ufita (galleria Grottaminarda lato Napoli e galleria Melito lato Bari), sono ubicate a mezza costa lungo versanti costituiti da terreni appartenenti al Flysch Rosso (FYR).

La parte alta del fronte di imbocco della galleria naturale Grottaminarda è impostata nei depositi di una frana complessa considerata stabilizzata in sede di PE che si estende a valle fino al F. Ufita, mentre la parte bassa interessa i terreni del caotico del Flysch Rosso, contraddistinti in questo settore dalla litofacies di tipo "c".

Non esistono evidenze nette che consentano di delimitare in maniera precisa il passaggio tra depositi di frana e formazioni sottostanti. Indicativamente il limite del corpo di frana è posto al contatto tra limi argillosi debolmente sabbiosi di colore avana chiaro-marrone-grigio con diffuse concrezioni calcaree, posti a tetto (corpo di frana), e sottostanti argille limose di colore rossastro rappresentanti il Flysch Rosso (sondaggi AU6, AU7 e C10). Sulla base delle caratteristiche geomorfologiche lo spessore del corpo di frana è stato stimato tra 10 e 20 m.

All'interno della frana sono visibili in affioramento dei megablocchi di dimensione fino a decametrica, costituiti da brecce calcaree cementate derivanti dallo smembramento, all'interno del corpo di frana di corpi sedimentari riferibili all'unità FYR 2 del Flysch Rosso.

Le Unità geotecniche individuate sul versante in sinistra idrografica oggetto di variante da pk 4+695 a pk 4+960 sono le seguenti:

- FYR: corpo di frana;
- FYRc: depositi caotici;

Circa le dinamiche evolutive - ben distinte - dei due versanti osservate mediante il monitoraggio piezometrico e inclinometrico ed in particolare del corpo di frana presente in sinistra orografica si rimanda agli elaborati specialistici parte della presente variante.

Nello specifico, le letture strumentali hanno mostrato gradienti di spostamento differenziale locale associabili ad una mobilitazione profonda delle coltri argillose, con localizzazione della superficie di massima deformazione fra le profondità di 20-21 m nel caso della verticale VI 02-1 (posta in corrispondenza della pila 1 del viadotto VI02) e fra 18-19 m nel caso della verticale VI 02.2 (ubicata all'altezza della Spalla A del Vi02). Una ulteriore deformazione locale, a carattere secondario, ha interessato i primi 3 metri di coltre, su entrambe le verticali monitorate.

I movimenti osservati sono da mettere in relazione alle condizioni di saturazione del versante e in subordine anche ad una possibile azione erosiva del Torrente Ufita al piede del versante.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 19 di 101

La direzione del campo di spostamento è stata definita a partire dai dati di azimuth dell'inclinometro VI02-1 ed è pari a circa 30° in direzione nord-est.

5.2 STRATIGRAFIA E PARAMETRI DI RIFERIMENTO

La stratigrafia e i parametri geotecnici adottati nelle elaborazioni sono riportati nelle tabelle seguenti. In particolare, si è fatto riferimento alla successione stratigrafica riportata negli elaborati specialistici di progetto.

Unità		FYR – corpo di frana	Fascia di scorrimento	FYRc < 20m	FYRc > 20m	FYRc > 20m
Proprietà	u.m.					
Profondità da p.c.	m	Fino a 18-19 m	Spessore 1 m	Fino a 22-23 m	Fino a 35 m	Oltre i 35 m
γ	kN/m ³	20	20	21	21	21
c'	kPa	17	-	17	25	25
Φ'	°	20	-	23	21	21
c'_{res}	kPa	-	0	-	-	-
Φ'_{res}	°	-	14	-	-	-
E'	MPa	40÷100 (*)	70	100÷240 (*)	240÷600 (**)	600(**)
(*) indica aumento lineare con la profondità						
(**) indica aumento lineare con la profondità fino a 35m, successivamente si assume un valore costante pari a 600 MPa.						

Tabella 1: Parametri geotecnici adottati nella modellazione numerica.

Sulla base delle indicazioni contenute nelle relazioni geologica e geotecnica di riferimento, la superficie di frana è stata caratterizzata mediante back analysis del pendio. In particolare, le analisi sono state eseguita secondo il criterio di Morgenstern-Price, impostando la superficie di scivolamento al passaggio sul terreno sottostante (FYRavc con $\gamma=20\text{kN/m}^3$, $c'=23\text{kPa}$ e $\Phi'=23^\circ$). In queste condizioni si è ricavata la condizione di equilibrio limite con FS=1 imponendo al terreno in frana: $\gamma=20\text{kN/m}^3$, $c'=0\text{kPa}$ e $\Phi'=14^\circ$.

La falda con minima soggiacenza sul versante è collocata a circa -7.0 m dal piano campagna. In relazione alla posizione relativa delle pile del viadotto e dei pozzi di protezione, la falda è assunta variabile lungo il pendio; in particolare per i pozzi di protezione è considerata alla profondità di circa 6.0÷7.0 metri da p.c.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 20 di 101

6 CRITERI DI ANALISI

6.1 OPERE DI SOSTEGNO

Al fine di rappresentare il comportamento dell'opera di sostegno durante le varie fasi di lavoro ed a lungo termine si è utilizzato un metodo di calcolo capace di simulare l'interazione terreno-struttura. L'analisi è stata sviluppata con il software RS2 v11.012, software agli elementi finiti prodotto dalla Rocscience Inc. con sede a Toronto in Ontario (Canada).

Il codice di calcolo permette di studiare problemi riguardanti scavi in sotterraneo, opere di sostegno, versanti e fronti di scavo. I modelli di resistenza dei geomateriali coprono sia il campo elastico sia il campo plastico e permettono lo studio del comportamento tenso-deformativo, anche in presenza di falda, del terreno e delle opere geotecniche di sostegno. La simulazione dell'interazione terreno struttura è possibile tramite la definizione di elementi di interfaccia a cui si possono assegnare i competenti parametri meccanici. L'opera di sostegno può poi essere rappresentata con elementi monodimensionali beam o con elementi piani (quindi bidimensionali).

Il software si compone della suite di modellazione, del solver, nel quale è possibile controllare la convergenza della soluzione durante i vari stage di calcolo previsti (e l'ulteriore suddivisione in load step dei singoli stage), e dell'ambiente di interpretazione dei risultati numerici. È possibile visualizzare i risultati del calcolo in termini di pressioni totali ed efficaci, di spostamenti nelle loro componenti vettoriali ma anche con riferimento alle sole deformazioni in campo plastico, la definizione di eventuali zone di plasticizzazione, oltre che del meccanismo di rottura (per sforzi deviatorici o per raggiungimento della resistenza a trazione). Il controllo della qualità dei risultati è condotto tramite la valutazione della forza e dell'energia interna non bilanciata nel modello a ogni stage di calcolo. Si considera raggiunta la convergenza numerica quando tale quantità sia inferiore ad un valore limite impostato.

L'affidabilità del codice di calcolo è garantita dall'esistenza di ampia documentazione di supporto e di esperienze pregresse. RS2 è stato utilizzato in questa relazione per effettuare analisi in condizioni di deformazione piana. Le analisi bidimensionali eseguite hanno consentito di simulare lo scavo progressivo e la conseguente realizzazione delle opere. Si è inoltre valutato l'effetto degli interventi in progetto sulla stabilità del versante.

6.2 STABILITÀ DEL VERSANTE

La valutazione della stabilità del versante attraverso il calcolo del fattore di sicurezza è stata eseguita utilizzando lo Shear Strength Reduction (SSR) method implementato nel software RS2. Il sistema è inizialmente considerato nelle proprie condizioni geometriche e idrologiche ed i terreni sono caratterizzati mediante i parametri geotecnici caratteristici, ovvero corrispondenti alle rilevazioni in sito (prove di campo e di laboratorio). Il metodo si basa sulla ripetizione della medesima verifica di stabilità, nelle stesse condizioni generali, ma introducendo nei calcoli valori sistematicamente e proporzionalmente ridotti dei soli parametri di resistenza al taglio ϕ e c . In altre parole, si ripetono

APPALTATORE: <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatara</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 21 di 101

più volte i calcoli di stabilità utilizzando parametri geotecnici decrescenti. In questo modo si raggiungono le condizioni di collasso del sistema geotecnico proprio a causa delle scarse caratteristiche di resistenza a taglio introdotte artificialmente. Una volta raggiunto il collasso generalizzato, il fattore di sicurezza del sistema viene espresso come rapporto tra i valori della parametrizzazione geotecnica caratteristica e quelli dei parametri ridotti al limite del collasso. Opportuni approfondimenti delle analisi permettono di stimare con sufficiente precisione i valori dei parametri di resistenza nella condizione ultima più prossima al collasso geotecnico. Per definizione, il fattore di sicurezza viene definito come valore di SRF per il quale vengono divisi i parametri di resistenza a taglio al verificarsi della prima condizione di instabilità. I valori di coesione e attrito interno fattorizzati e introdotti nei calcoli (c_f e ϕ_f) si determinano a partire dai valori caratteristici (c_k e ϕ_k) come segue:

$$c_f = c_k / \text{SRF} \qquad \tan \phi_f = (\tan \phi_k) / \text{SRF}$$

Quando l'analisi geotecnica FEM determina il collasso del sistema, il valore di SRF corrispondente viene assunto come fattore di sicurezza F_s . È opinione comune che il metodo SFR costituisca l'impostazione migliore per tutte le verifiche geotecniche svolte utilizzando i metodi FEM, in quanto fornisce automaticamente una valutazione del grado di sicurezza in termini di caratteristiche effettive dei terreni in sito.

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:

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 22 di 101

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

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

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/γ_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 γ_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 relative alle paratie 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).

L'analisi RS2 per la combinazione A1+M1 prevede per il terreno l'utilizzo dei parametri caratteristici (M1) e le azioni variabili amplificate mediante il coefficiente parziale γ_Q / γ_{G1} (con $\gamma_{G1} = 1.3$); i risultati dell'analisi RS2 in termini di azioni interne sui vari elementi strutturali sono poi amplificati per il fattore moltiplicativo $\gamma_{G1} = 1.3$.

Invece per quanto riguarda la combinazione A2+M2 prevede per il terreno l'utilizzo dei parametri fattorizzati (M2) e le azioni variabili sono amplificate mediante il coefficiente parziale γ_Q / γ_{G1} (con $\gamma_{G1} = 1.0$); i risultati dell'analisi RS2 in termini di azioni interne sui vari elementi strutturali sono poi amplificati per il fattore moltiplicativo $\gamma_{G1} = 1.0$.

7.2 VERIFICHE AGLI SLE

Con riferimento alle diverse combinazioni SLE previste dalle NTC2008, si sono effettuate le seguenti verifiche:

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 23 di 101

- verifiche di deformabilità per controllare che gli spostamenti siano compatibili con la funzionalità e sicurezza dell'opera;
- verifiche di fessurazione degli elementi strutturali per assicurare la funzionalità e la durata (par. 4.1.2.2.4 NTC2008);
- verifiche delle tensioni (par. 4.1.2.2.5 DM 14/01/2008).

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.

Riguardo la fessurazione, le verifiche sono svolte nelle combinazioni frequente e quasi permanente considerando le condizioni ambientali molto aggressive e l'armatura poco sensibile; pertanto deve risultare:

- in condizione frequente: $w \leq w_1 = 0.2\text{mm}$;
- in condizione quasi permanente: $w \leq w_1 = 0.2\text{mm}$.

Le verifiche delle tensioni di esercizio sono svolte per la combinazione caratteristica (rara) e quasi permanente verificando che:

- per la combinazione caratteristica (rara): $\sigma_c < 0.55 \cdot f_{ck} - \sigma_s < 0.75 \cdot f_{yk}$
- per la combinazione quasi permanente: $\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck} - \sigma_s < 0.75 \cdot f_{yk}$.

8 CARICHI E AZIONI

8.1 AZIONE SISMICA

I parametri di riferimento per l'azione sismica sono riassunti nella tabella seguente:

	Accelerazione di riferimento a_g/g	Categoria sottosuolo	Categoria topografica	Vita nominale	Classe d'uso	Accelerazione massima attesa al sito a_{max}/g
Pile sul versante e spalle	0.381	C	T2 (h/H=0.25)	75	III	0.471

Tabella 2: Parametri sismici.

L'analisi in condizioni sismiche è eseguita mediante il metodo pseudostatico ovvero l'azione sismica viene rappresentata da una azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale alle masse coinvolte e simulata da una accelerazione orizzontale e verticale aggiuntiva a quella di gravità.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 24 di 101

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è definita mediante una accelerazione equivalente costante nel tempo e nello spazio. Le componenti orizzontali a_h e verticali a_v possono essere legate all'accelerazione di picco a_{max} attesa nel volume di terreno significativo per l'opera mediante la relazione:

$$a_h = k_h \times g$$

$$a_v = k_v \times g$$

dove g è l'accelerazione di gravità, k_h e k_v sono i coefficienti sismici in direzione orizzontale e verticale.

Le NTC08 dispongono al par. 7.11.6.3.1 che il calcolo per le paratie di tali coefficienti sia eseguito mediante le seguenti espressioni:

$$a_h = k_h \times g = \alpha \times \beta \times a_{max}$$

$$a_v = 0$$

dove α è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera e β è un coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti senza caduta di resistenza. L'accelerazione di picco a_{max} che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica e topografica è riportata in Tabella 2.

Il valore del coefficiente α può essere ricavato a partire dall'altezza complessiva H della paratia e della categoria di suolo. Il valore di β può invece essere determinato in funzione del massimo spostamento che l'opera può tollerare senza riduzione di resistenza; si assume:

$$u_s = 0.005 \times H \text{ (H altezza complessiva della paratia).}$$

Per le analisi di stabilità dei pendii le NTC08 al par. 7.11.3.5.2 indicano che i coefficienti sismici possono essere determinati come segue:

$$k_h = \beta_s \times a_{max} / g$$

$$k_v = \pm 0.5 k_h$$

La Tabella 7.11.I delle NTC08 (Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito) indica un valore di β_s pari a 0.28 per la categoria di sottosuolo C e per la condizione $0.2 < a_g(g) \leq 0.4$.

Ricordando che per le paratie si può porre il coefficiente sismico in direzione verticale pari a 0, nella Tabella 3 sono riportati i coefficienti sismici assunti nelle analisi.

	a_g/g	k_h	k_v
Paratie H = 25 m	$\alpha = 0.62 \quad \beta = 0.38$	0.111	0.0
Paratie H = 20 m	$\alpha = 0.73 \quad \beta = 0.38$	0.131	0.0
Paratie H = 16 m	$\alpha = 0.82 \quad \beta = 0.41$	0.158	0.0
Pendio	$\beta_s = 0.28$	0.132	0.066

Tabella 3: Coefficienti sismici

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	<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>V ZZ CL</td> <td>VVI0202 002</td> <td>B</td> <td>25 di 101</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	V ZZ CL	VVI0202 002	B	25 di 101
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	V ZZ CL	VVI0202 002	B	25 di 101													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2																		

8.2 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

- *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 irreversibili (SLE):

$$G + Q_k$$

- *Combinazione frequente* impiegata per gli stati limite di esercizio reversibili (SLE):

$$G + \Psi_{11} Q_k [1] \rightarrow \text{Si assume } \Psi_{11} = 1$$

- *Combinazione quasi permanente* impiegata per gli effetti di lungo termine (SLE):

$$G + \Psi_{21} Q_k [1] \rightarrow \text{Si assume } \Psi_{21} = 1$$

- *Combinazione sismica* impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E (SLV):

$$E + G + \Psi_{2i} Q_{ki}$$

APPALTATORE: <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatara</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 26 di 101

9 ANALISI OPERE DI PRESIDIO SCAVI PILA P2

La Figura 9.1 riporta il modello di calcolo implementato in RS2 per la sezione posta in asse al viadotto, mentre il particolare del modello con gli interventi previsti è mostrato nella Figura 9.2. Nella figura si possono notare la paratia di pali di monte e quella di valle con i puntelli metallici e l'ordine di tiranti. Gli strati di diverso colore sono stati utilizzati nella modellazione per assegnare un modulo elastico variabile con la profondità. La stratigrafia adottata ed i parametri saranno descritti nel dettaglio nel paragrafo seguente.

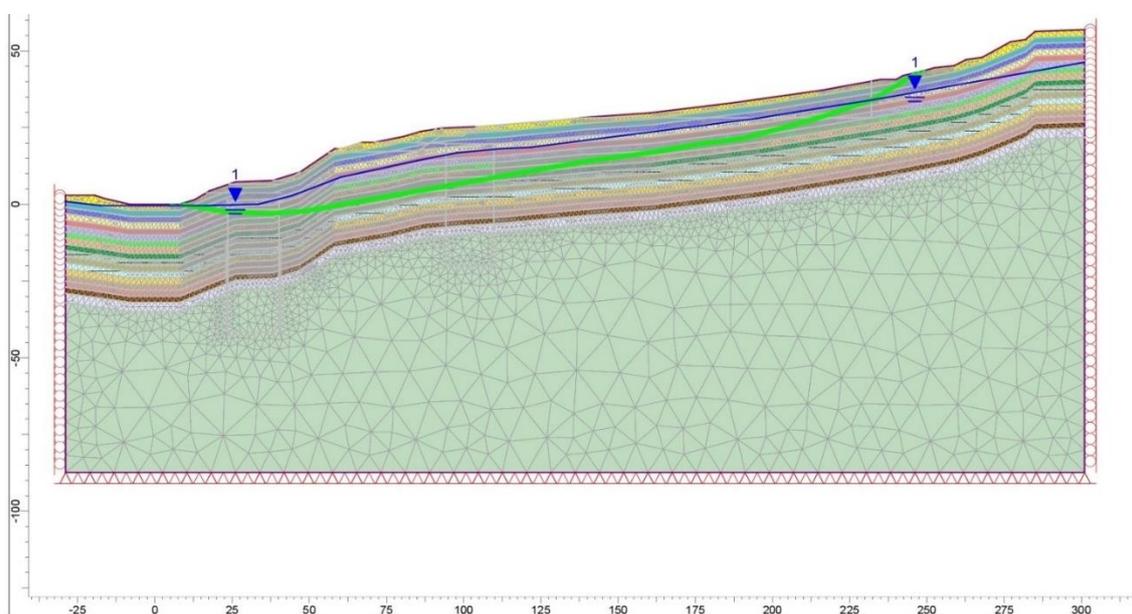


Figura 9.1. Modello di calcolo implementato nel software RS2.

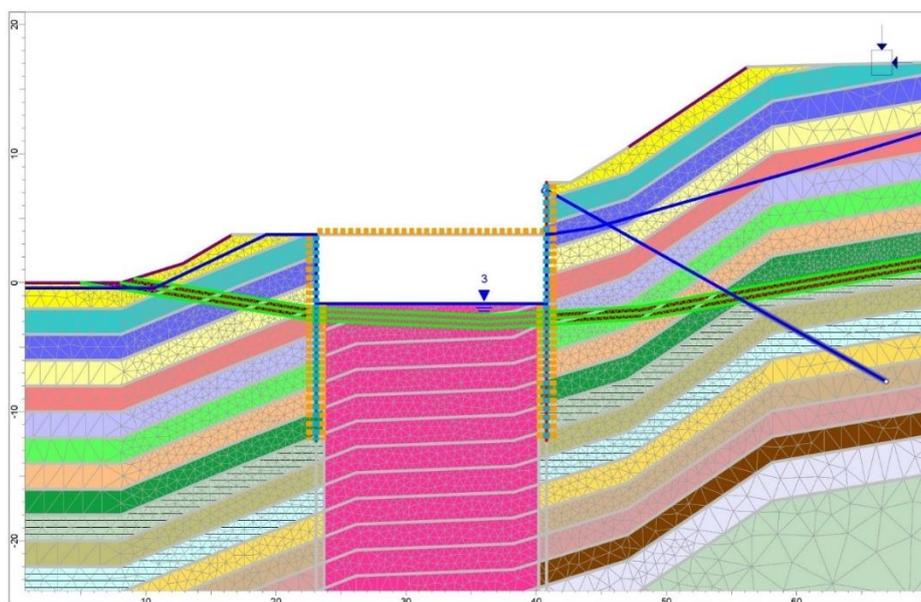


Figura 9.2. Particolare della zona del modello RS2 in cui sono presenti gli interventi.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 27 di 101

9.1 DATI DI INPUT DEL MODELLO E LIVELLI PIEZOMETRICI

La stratigrafia e i parametri geotecnici utilizzati nelle elaborazioni sono riportati nella tabella di § 5.2; in particolare, si è fatto riferimento alla successione stratigrafica riportata negli elaborati specialistici di progetto.

Nelle analisi RS2 si è assunto come modulo elastico delle varie unità il modulo operativo $E_{op,1}$ da caratterizzazione geotecnica che risulta pari ad un quinto del modulo a piccole deformazioni E_0 . In accordo con la Tabella 1, si è assunta una variabilità lineare con la profondità di tale modulo elastico (vedasi Figura 9.3). Alle unità è stato attribuito un modello costitutivo di tipo elasto-plastico perfetto con criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

Dalle misurazioni inclinometriche disponibili è stato possibile individuare la superficie di scorrimento del corpo di frana come si può osservare nella Figura 9.3. In assenza di dati più precisi, per le parti in cui non è presente strumentazione, si è ipotizzato che la superficie di scivolamento passi al contatto tra i materiali del corpo di frana e gli strati del flysch "indisturbati" sottostanti e che la stessa fuoriesca alla quota dell'alveo. Tale superficie di scorrimento è stata rappresentata nel modello tramite una fascia di spessore pari ad 1 m avente le caratteristiche indicate nella Tabella 1. Questi ultimi parametri sono stati ricavati da una serie di analisi a ritroso eseguite sul versante ed illustrate nei documenti specialistici relativi al modello geologico-geotecnico di riferimento. Tuttavia, anche in questa relazione sarà eseguita l'analisi a ritroso in modo verificare la presenza o meno di condizioni prossime a quelle di equilibrio limite ($F_s = 1$) per il versante nello stato di fatto.

Nella Figura 9.3 è inoltre possibile notare il livello di falda utilizzata nella fase di equilibrio iniziale (quindi in assenza delle opere in progetto).

Nelle analisi si è assunto un coefficiente di spinta a riposo K_0 pari a:

$$K_0 = (1 - \sin \phi') \cdot (1 + \sin \beta)$$

dove β rappresenta la pendenza del versante.

Assumendo una pendenza del versante pari a 12° ed un angolo di resistenza al taglio pari a 20° si è ottenuto un valore K_0 di pari a 0.8.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A			ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.								
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2			COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 28 di 101

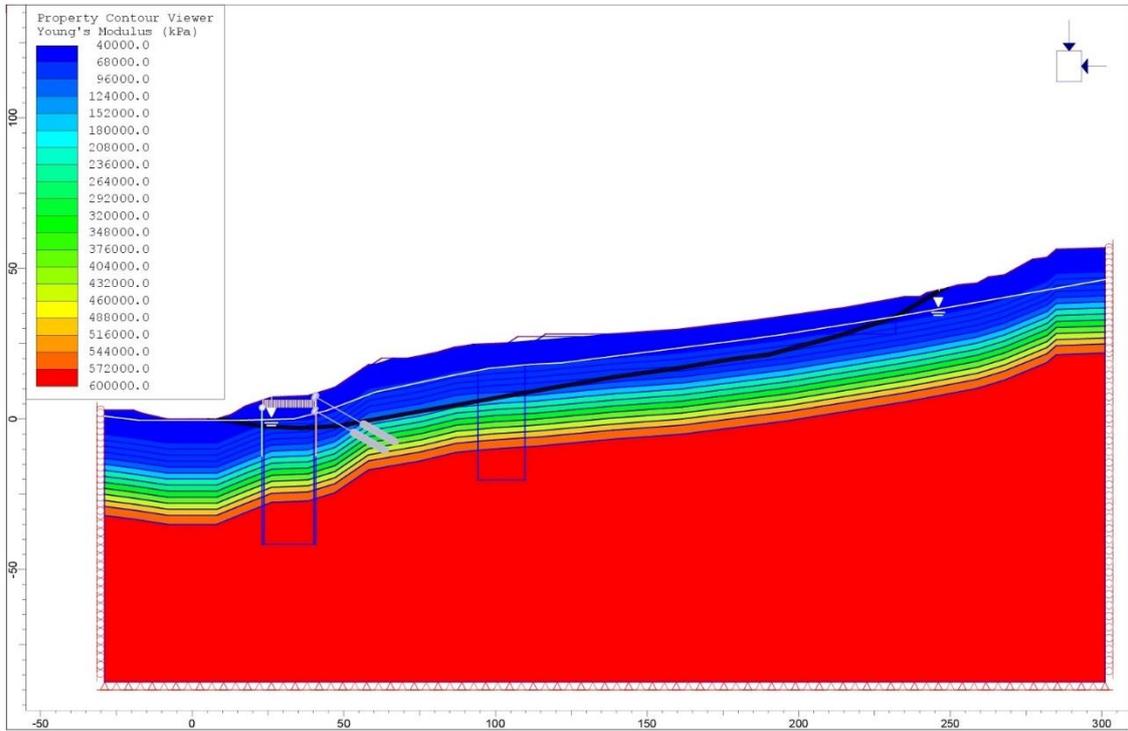


Figura 9.3. Variazione lineare con la profondità del modulo di deformabilità nel modello RS2.

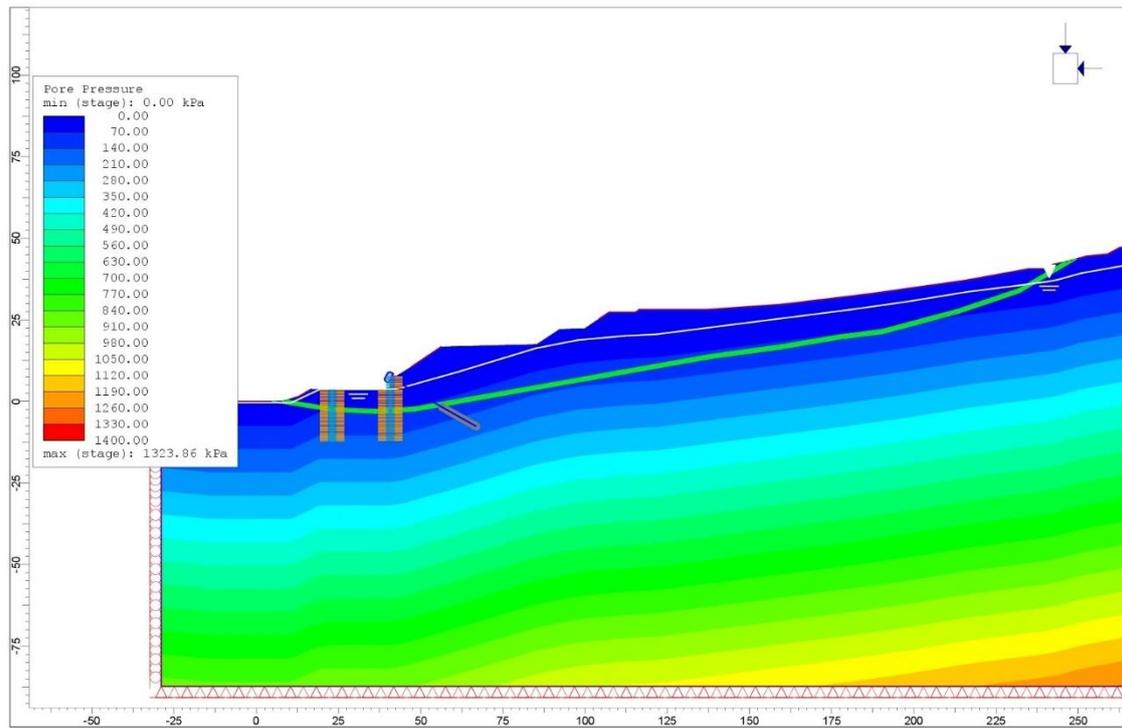


Figura 9.4. Livello di falda e distribuzione delle pressioni interstiziali nel modello dopo la realizzazione degli interventi previsti.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 29 di 101

La palificata di monte di lunghezza 20 m e quella di valle di lunghezza 16 m sono state modellate con elementi “structural interface” costituiti da elementi liner (o beam) e da un’interfaccia con il terreno da entrambi i lati dell’elemento.

Alla palificata è stato assegnato un modello costitutivo di tipo elastico lineare. Le proprietà delle interfacce e della palificata sono indicate nella Tabella 4. Gli effettivi valori di rigidezza assiale EA e flessionale EI assegnati nel modello RS2 sono stati scalati per l’interasse longitudinale. I valori delle sollecitazioni relativi al singolo palo sono poi stati ottenuti moltiplicando i valori calcolati da RS2 (valutati al metro) per l’interasse longitudinale tra i pali.

Elemento	Descrizione	Valore
Liner	Diametro	1.2 m
	Interasse	1.4 m
	Modulo elastico (C25/30)	31447 MPa
	Rapporto di poisson	0.2
	Altezza complessiva	16-20 m
Interfaccia	Rigidezza normale	1 GPa/m
	Rigidezza di taglio	0.1 GPa/m
	Coesione	0 kPa
	Angolo di attrito	1/2 Φ
	Resistenza a trazione	0 kPa

Tabella 4: Proprietà assunte in RS2 per gli elementi strutturali.

La rigidezza fornita dall’ordine di puntelli metallici di contrasto, costituiti da elementi tubolari φ406.4 di spessore pari a 16 mm, lunghezza pari a 8.2 m, interasse 6.6 m e inclinazione di 45°, risulta pari a:

$$k = \frac{E_s \cdot A_s}{L \cdot i} \cdot \sin \alpha = \frac{210000000 \cdot 0.01962}{8.20 \cdot 6.60} \cdot \sin 45^\circ = 53832.62 \frac{kN}{m}$$

Tale valore è stato scalato in modo da definire i valori di rigidezza assiale EA e flessionale EI equivalenti degli elementi liner inseriti nel modello RS2 aventi lunghezza pari all’intero scavo (vedasi Figura 9.5 per il dettaglio della geometria del modello). Essendo il modello 2D (sezione passante per l’asse del viadotto) gli elementi liner, rappresentanti i puntoni, hanno nel modello di calcolo una lunghezza maggiore di quella reale. I parametri di input da attribuire a tali elementi sono i seguenti:

$$A_{RS2} = \frac{k \cdot L_{RS2}}{E_s} = \frac{53832.62 \cdot 17.7}{210000000} = 0.00454m^2$$

dove:

L_{RS2} è la lunghezza effettiva degli elementi liner nel modello RS2;

A_{RS2} è l’area da attribuire agli elementi liner per avere la rigidezza k definita in precedenza.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 10%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 10%;">REV.</td> <td style="width: 10%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>V ZZ CL</td> <td>VVI0202 002</td> <td>B</td> <td>30 di 101</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	V ZZ CL	VVI0202 002	B	30 di 101
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	V ZZ CL	VVI0202 002	B	30 di 101													
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2																		

È stato infine attribuito un momento di inerzia molto basso in modo da assicurarsi che il puntello lavori solo in compressione e non sia soggetto a flessione o torsione.

Modellando in modo esplicito i puntelli (quindi non con delle molle) si è potuto rappresentare il comportamento della struttura in modo più realistico.

Alle zone corrispondenti alle fondazioni profonde della pila P2 e della spalla SPA (profondità fino a 40 m) è stata attribuita una legge costitutiva di tipo elastico-plastico ideale: ad esse si è attribuita una coesione c pari a 7.5 MPa. In merito al modulo di deformabilità, si è deciso cautelativamente di assumere un valore pari a quello del flysch indisturbato posto al di sotto del corpo di frana ($FYRc > 20m$) e quindi pari a 600 MPa. È bene tuttavia precisare che l'obiettivo principale di tale parametrizzazione è quello di rappresentare l'effetto, seppur in modo semplificato, della presenza delle strutture di fondazione della pila e della spalla, più rigide e resistenti rispetto al pendio e alle opere di sostegno.

Il plinto della pila P2 è stato modellato con elementi piani ai quali è stata attribuita una legge costitutiva elasto-plastica ideale con modulo elastico pari a quello del calcestruzzo C28/35 e coesione pari ad $R_{ck}/2$.

È bene evidenziare che nelle analisi ci si è posti in una situazione più cautelativa rispetto a quella presente nella sezione in asse viadotto: infatti, nel modello il movimento di versante viene considerato essere diretto esattamente in asse al viadotto, mentre nella realtà la direzione evidenziata dagli inclinometri non è in asse viadotto, ma ruotata di circa 30° in direzione Nord-Est. Per tale ragione, nelle analisi non è stata considerata la struttura di fondazione della pila P1 in quanto, vista la sua posizione rispetto alla direzione del movimento di versante, il movimento secondario di versante potrebbe estendersi più a monte fino ad arrivare alle opere di presidio (allineamento Pozzo P1, Spalla A). Essendo in una condizione di equilibrio limite, tutte le analisi sono eseguite per la sola combinazione A1+M1 con i valori caratteristici (M1) dei parametri geotecnici ed applicando all'intero del modello l'azione sismica in modo pseudostatico, adottando i coefficienti sismici relativi ai pendii indicati nella Tabella 3.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2					
	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF28	01	V ZZ CL	VVI0202 002	B	31 di 101

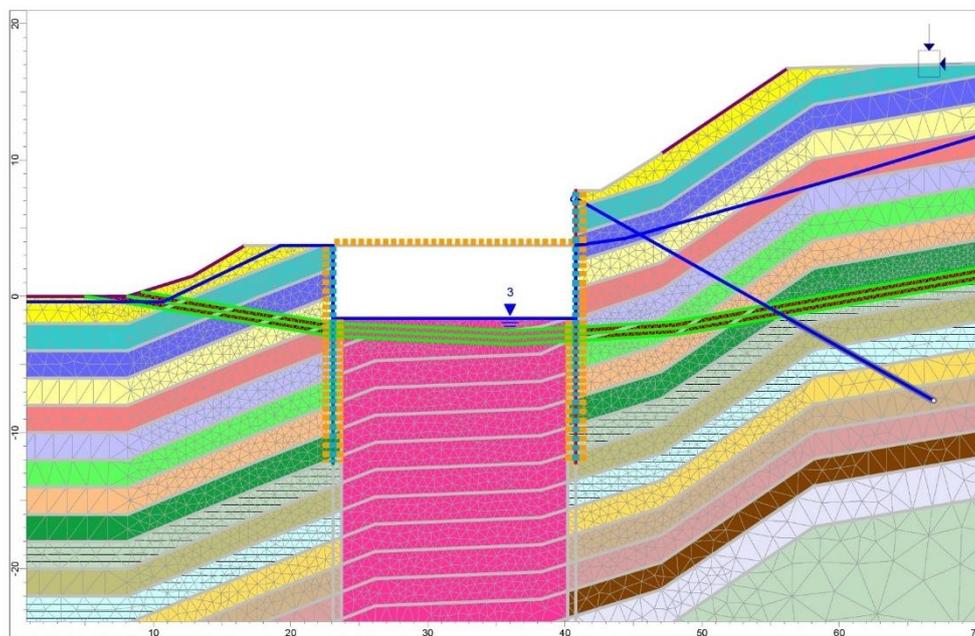


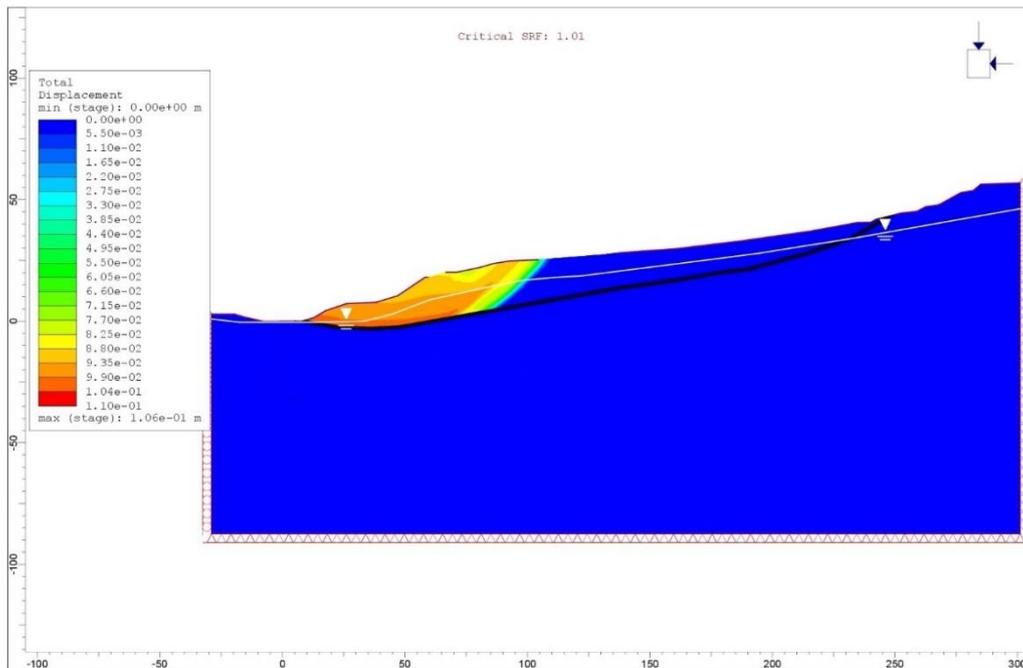
Figura 9.5. Particolare del modello numerico in corrispondenza delle opere a presidio degli scavi per la realizzazione della fondazione della pila P2.

9.2 ANALISI A RITROSO

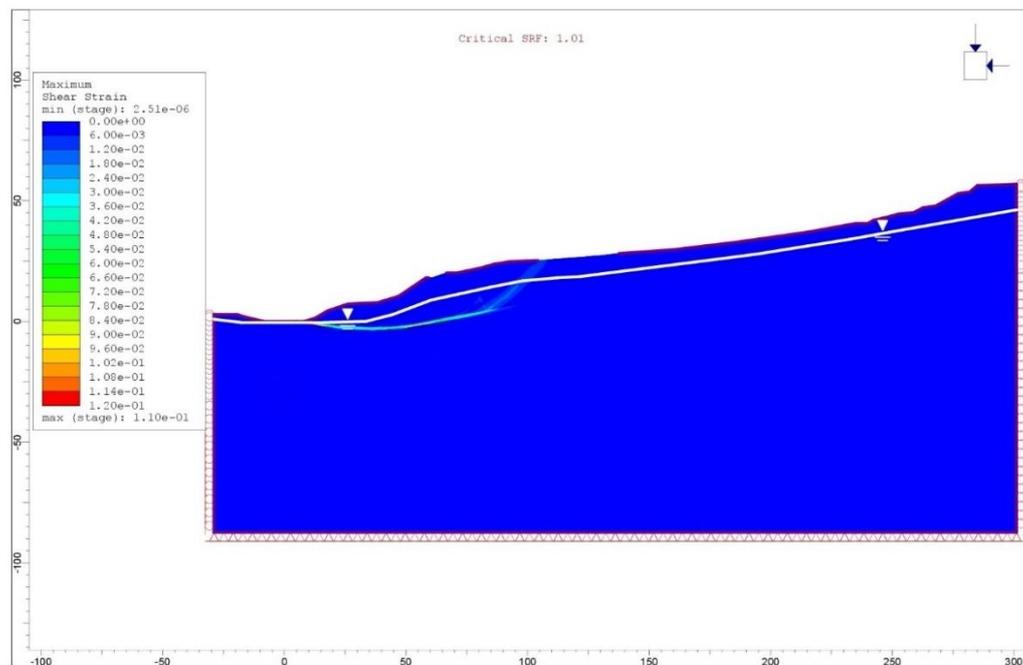
Il primo passo dell'analisi è stato quello di eseguire un'analisi di stabilità del versante nelle condizioni ante intervento in modo da determinare il fattore di sicurezza. Il paragrafo 6.3.4 delle NTC08 indica che le analisi nel caso dei pendii debbano essere eseguite con i valori caratteristici dei parametri (M1).

Utilizzando lo Shear Strength Reduction (SSR) method, per il calcolo del fattore di sicurezza della porzione di versante investigata, è stato determinato un fattore di sicurezza pari a 1.01. Come ci si attendeva, viste le analisi a ritroso eseguite e soprattutto i dati derivanti dal monitoraggio, il versante risulta in una condizione molto prossima a quella di equilibrio limite. Nella Figura 9.6 si può osservare che è stata individuata una superficie potenziale di rottura che interessa il primo tratto di valle della superficie di scorrimento imposta (la cui posizione è stata individuata dalle misure inclinometriche).

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE V102-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 32 di 101



(a)



(b)

Figura 9.6. Analisi a ritroso. Fattore di sicurezza pari a 1.01: (a) spostamenti totali e (b) massime deformazioni di taglio.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 33 di 101

9.3 DESCRIZIONE DELLE FASI DI CALCOLO

Nel presente paragrafo saranno descritte le fasi di calcolo implementate nel modello numerico per la sezione di calcolo considerata.

Le fasi di calcolo considerate sono le seguenti:

- fase 0 – fase geostatica iniziale
- fase 1 – esecuzione scavi e rilevati fino al piano di lavoro per opere relative alla pila P1 e alla spalla SPA
- fase 2 – scavo per esecuzione delle opere della pila P1
- fase 3 – realizzazione della paratia di monte costituita da pali $\Phi 1200/1.4$ m
- fase 4 – scavo fino al profilo di scavo della spalla P2
- fase 5 – realizzazione della fondazione della spalla SPA
- fase 6 – installazione del 1° ordine di tiranti ed innalzamento della falda fino al livello del piano di lavoro della pila P2
- fase 7 – scavo fino al piano di lavoro previsto per la pila P2
- fase 8 – realizzazione della paratia di pali di valle $\Phi 1200/1.4$ m
- fase 9 – realizzazione fondazione pila P2
- fase 10 – installazione puntelli metallici (quota -4.6m) e scavo fino a -9.6m da sommità paratia di monte
- fase 11 – realizzazione plinto pila P2 e riempimento fino al piano di lavoro precedente
- fase 12 – lungo termine: disattivazione dei tiranti
- fase 13 – applicazione pseudostatica del sisma ($k_h = 0.132$, $k_v = \pm 0.066$) con disposizione della falda al livello utilizzato nelle fasi 0-5.

Nelle figure che seguono è illustrato il modello per ciascuna delle fasi di calcolo prima elencate.

Si ritiene opportuno precisare che nelle analisi sono stati utilizzati i coefficienti sismici relativi ai pendii in quanto questi sono superiori o uguali a quelli calcolati per le paratie in oggetto (vedasi Tabella 3). La stabilità della paratia in questo caso è strettamente connessa a quella del versante, di conseguenza, si è ritenuto opportuno applicare i coefficienti sismici previsti per i pendii, in modo da tenere conto anche delle spinte generate dalla coltre instabile e non solo quelle dovute alla mobilitazione della spinta attiva statica/sismica a tergo delle paratie..

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.			ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.			RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2			COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 34 di 101

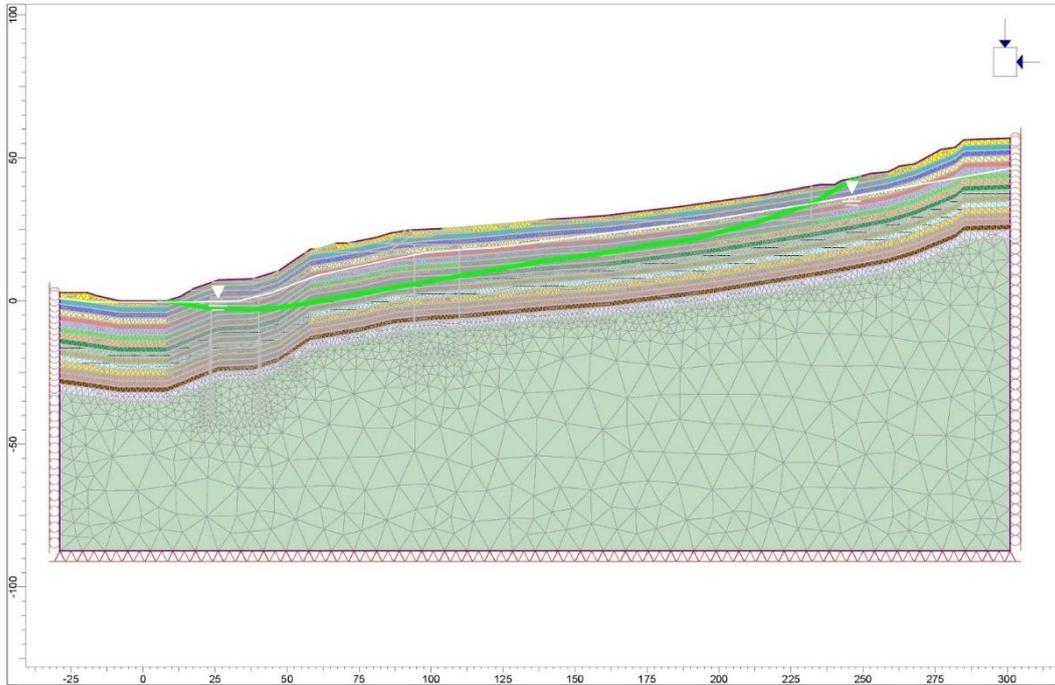


Figura 9.7. Fase 0 – particolare del modello numerico.

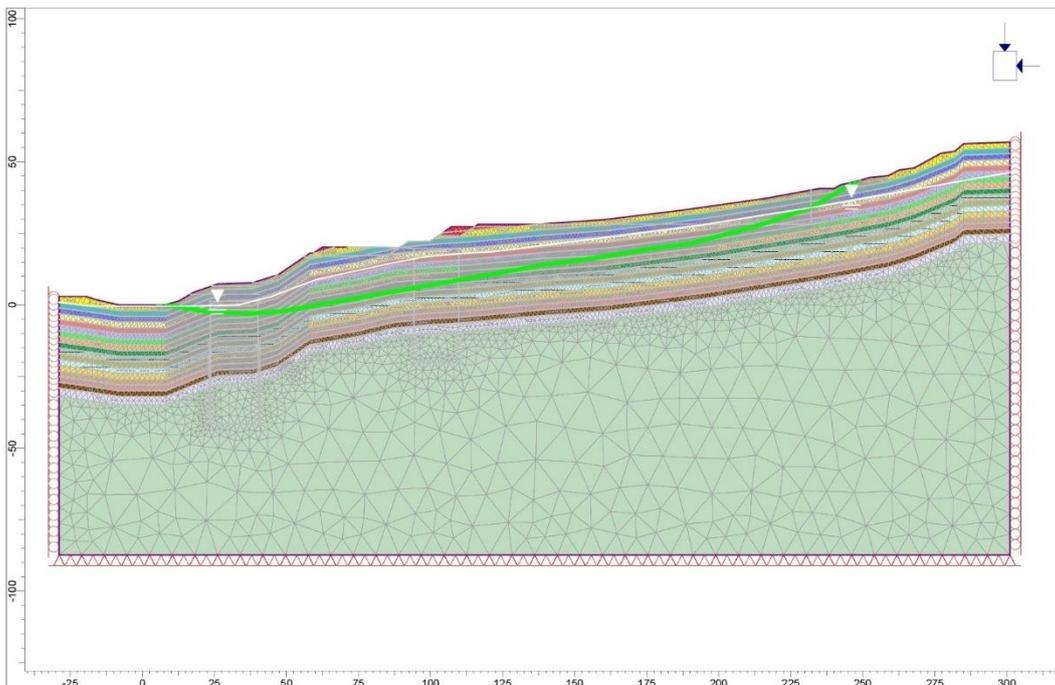


Figura 9.8. Fase 1 – particolare del modello numerico.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE V102-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2					
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 35 di 101	

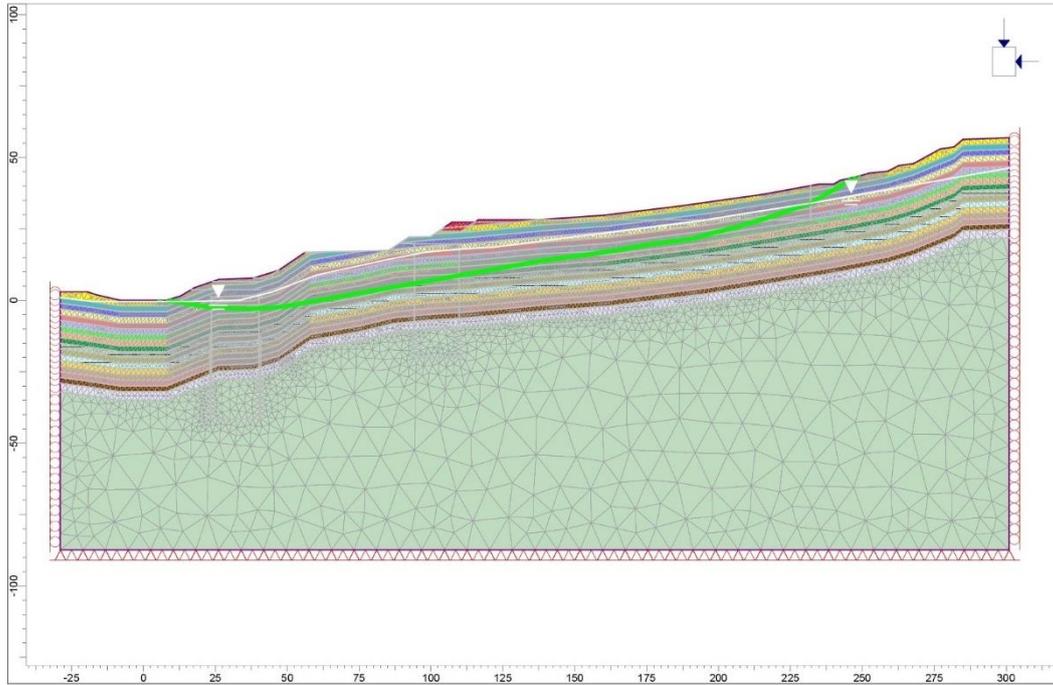


Figura 9.9. Fase 2 – particolare del modello numerico.

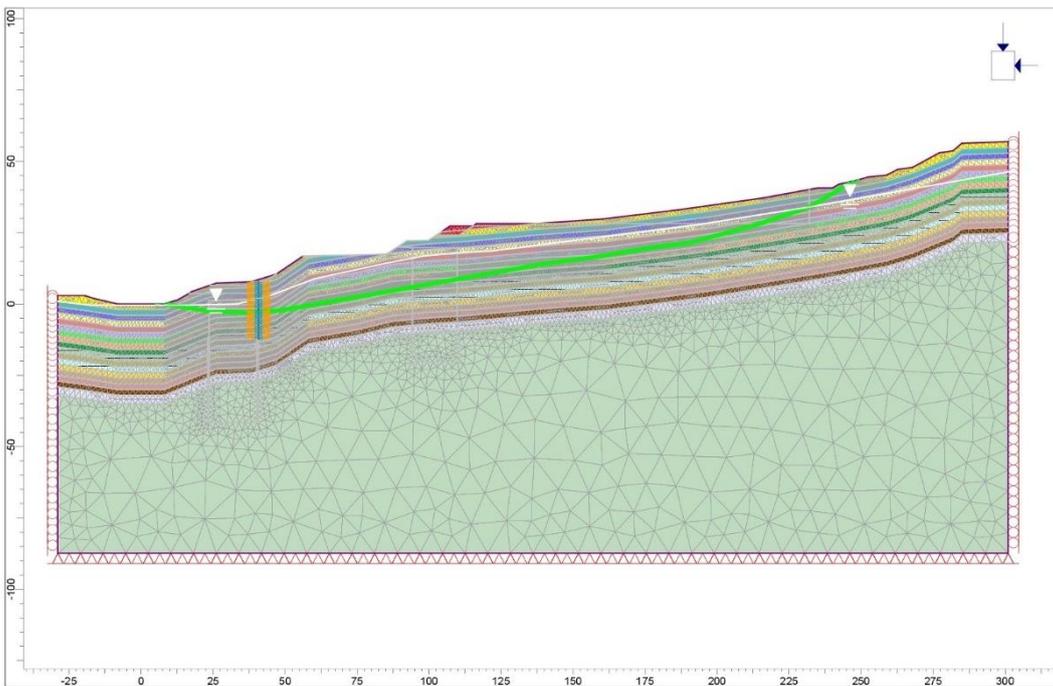


Figura 9.10. Fase 3 – particolare del modello numerico.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE V102-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VV10202 002	REV. B	FOGLIO 36 di 101

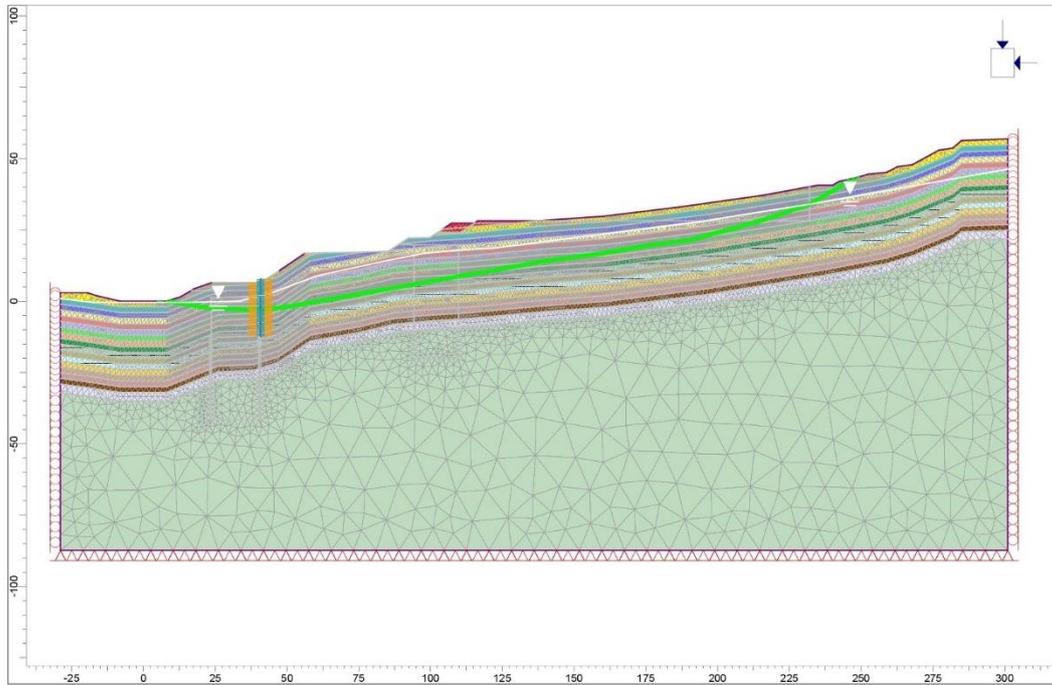


Figura 9.11. Fase 4 – particolare del modello numerico.

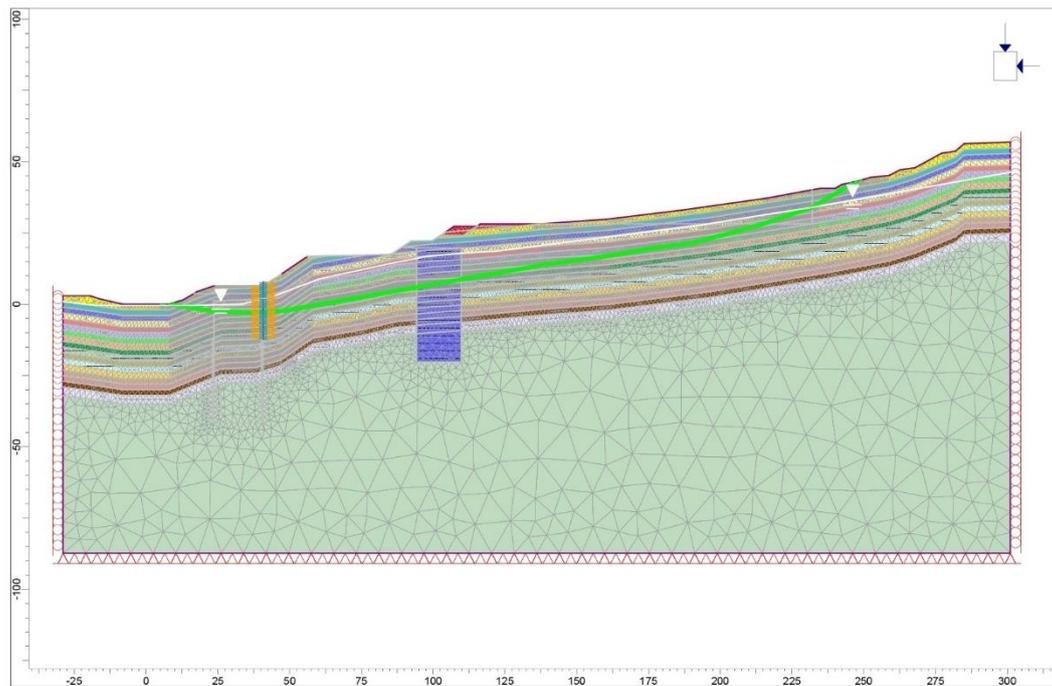


Figura 9.12. Fase 5 – particolare del modello numerico.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF28 01 V ZZ CL VVI0202 002 B 37 di 101					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2						

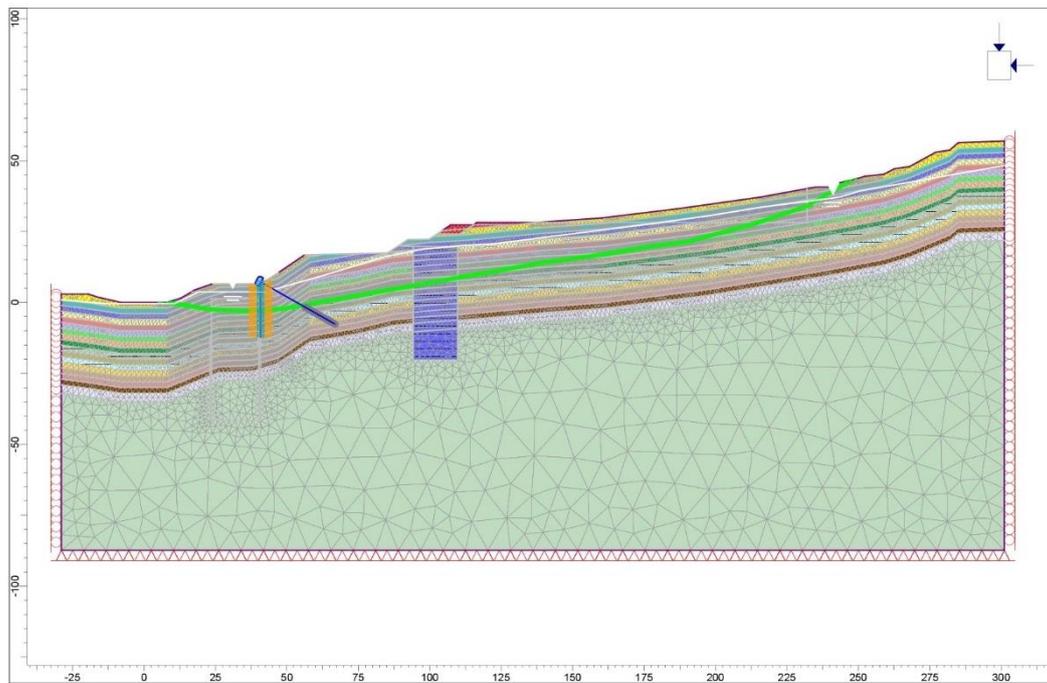


Figura 9.13. Fase 6 – particolare del modello numerico.

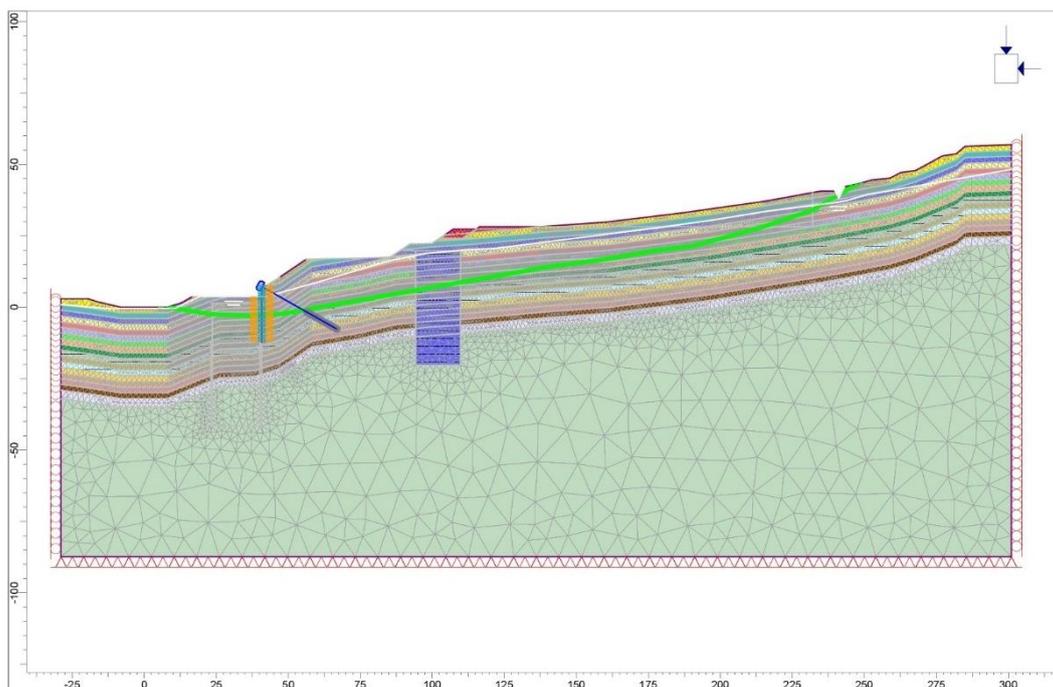


Figura 9.14. Fase 7 – particolare del modello numerico.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF28 01 V ZZ CL VVI0202 002 B 38 di 101					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2						

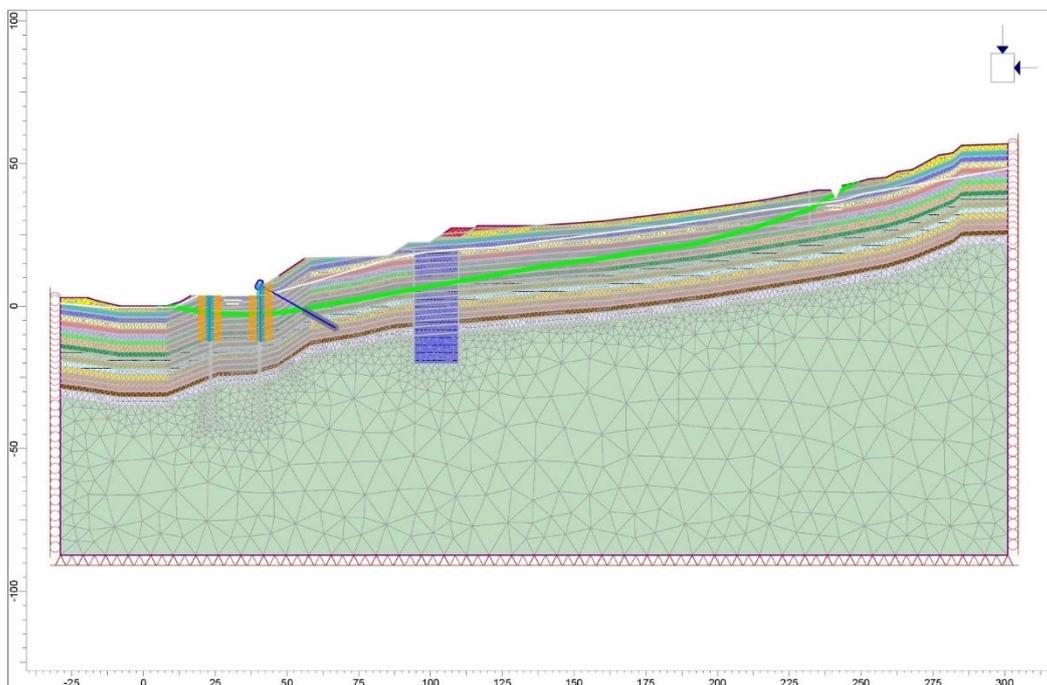


Figura 9.15. Fase 8 – particolare del modello numerico.

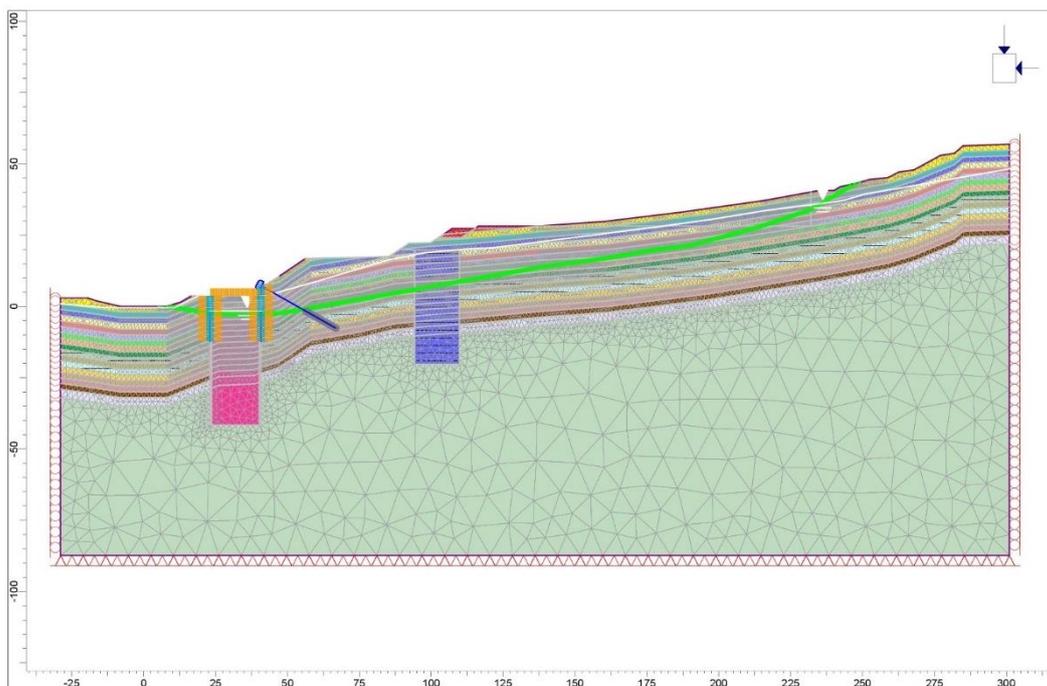


Figura 9.16. Fase 9 – particolare del modello numerico.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF28 01 V ZZ CL VVI0202 002 B 39 di 101					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE V102-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2						

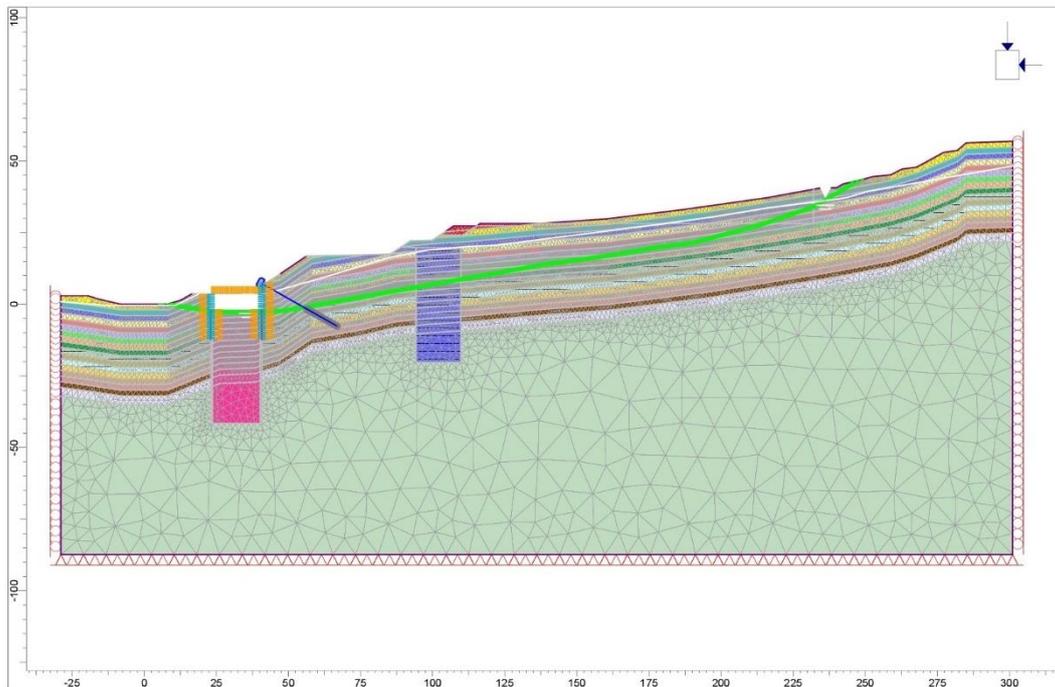


Figura 9.17. Fase 10 – particolare del modello numerico.

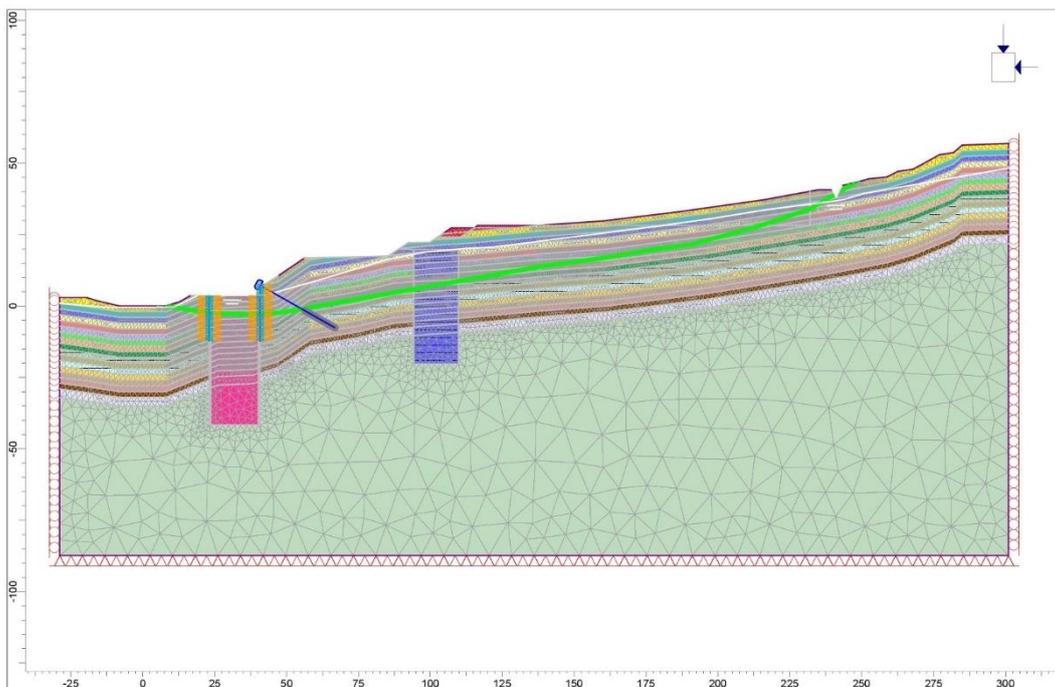


Figura 9.18. Fase 11 – particolare del modello numerico.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF28 01 V ZZ CL VVI0202 002 B 40 di 101					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2						

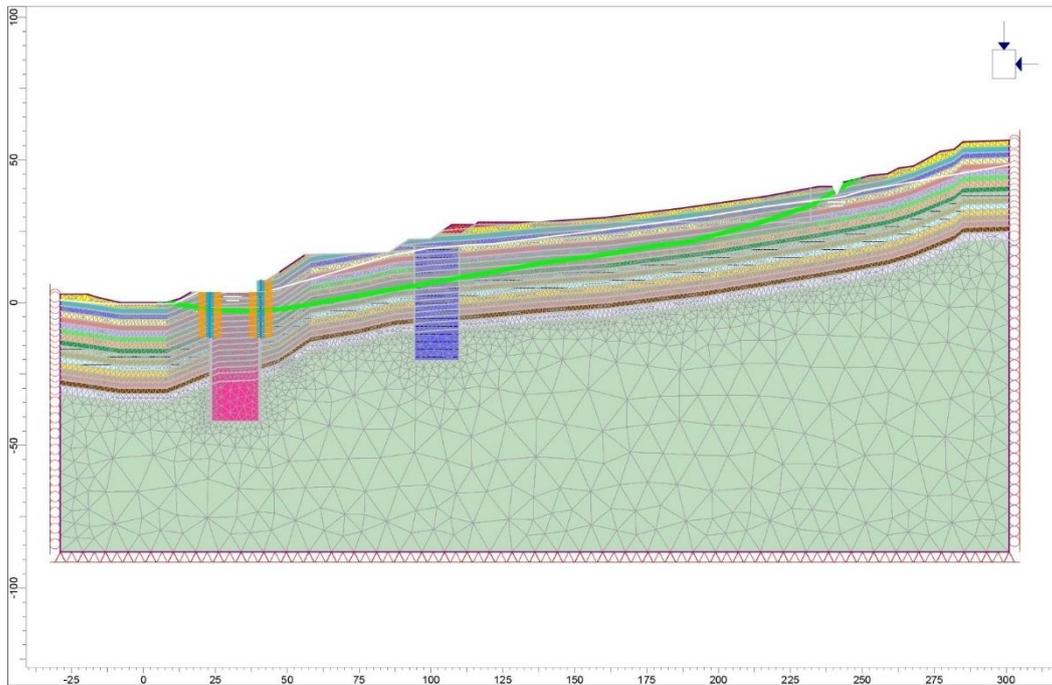


Figura 9.19. Fase 12 – particolare del modello numerico.

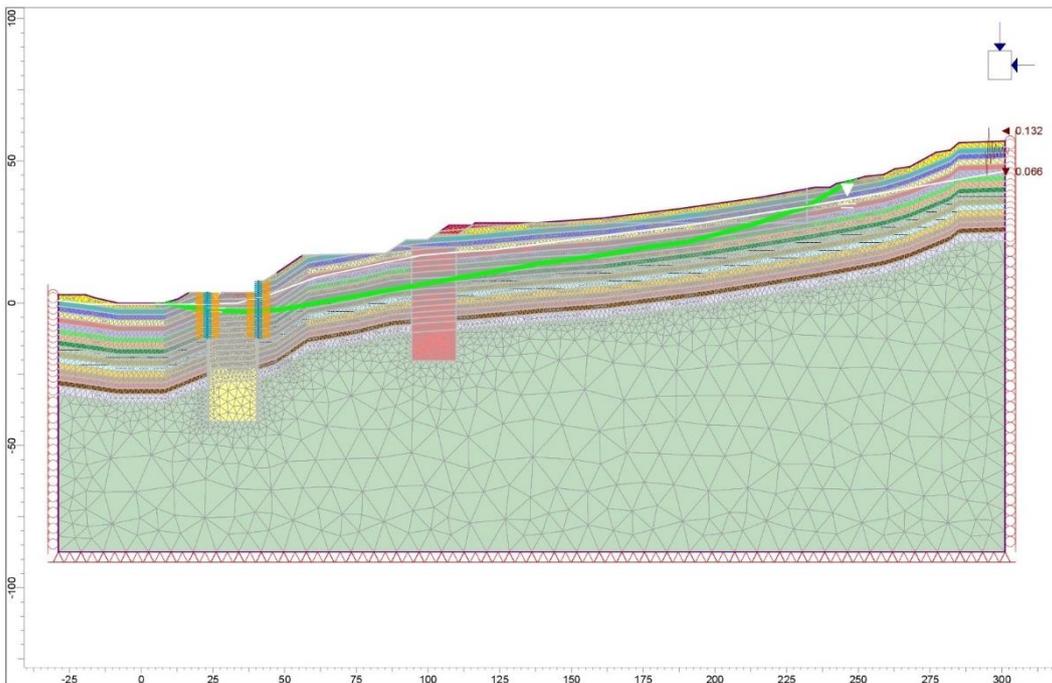


Figura 9.20. Fase 13 – particolare del modello numerico.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE V102-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VV10202 002	REV. B	FOGLIO 41 di 101

9.4 SINTESI DEI RISULTATI ALLO SLE - SPOSTAMENTI

Di seguito si riportano le mappe degli spostamenti per gli SLE relativi alla fase di scavo e di lungo termine: fase 10 e fase 12. Gli spostamenti si ritengono compatibili con la funzionalità dell'opera. Nelle immagini mostrate gli spostamenti sono stati azzerati al momento dell'installazione della paratia di pali di monte.

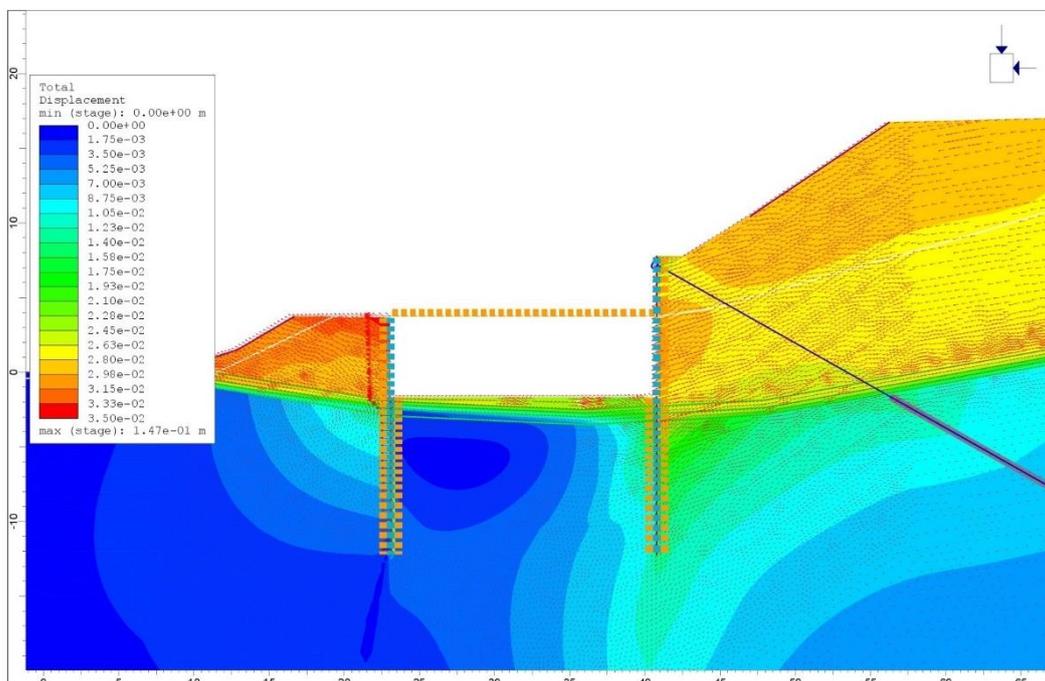


Figura 9.21. Fase 10: SLE rara – Deformazioni.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 43 di 101

SLU	Fondo scavo – Fase 10	-10.8	-228.1	1226.6	-47.3	470.7	-325.9
SLU	Lungo termine – Fase 12	-10.0	-462.8	591.9	-36.3	350.4	-185.6
SLV	Sisma – Fase 13	-7.7	-402.4	498.5	-32.7	195.1	-99.0

Tabella 6: SLU – SLV: Sollecitazioni agenti sul singolo palo della paratia di valle

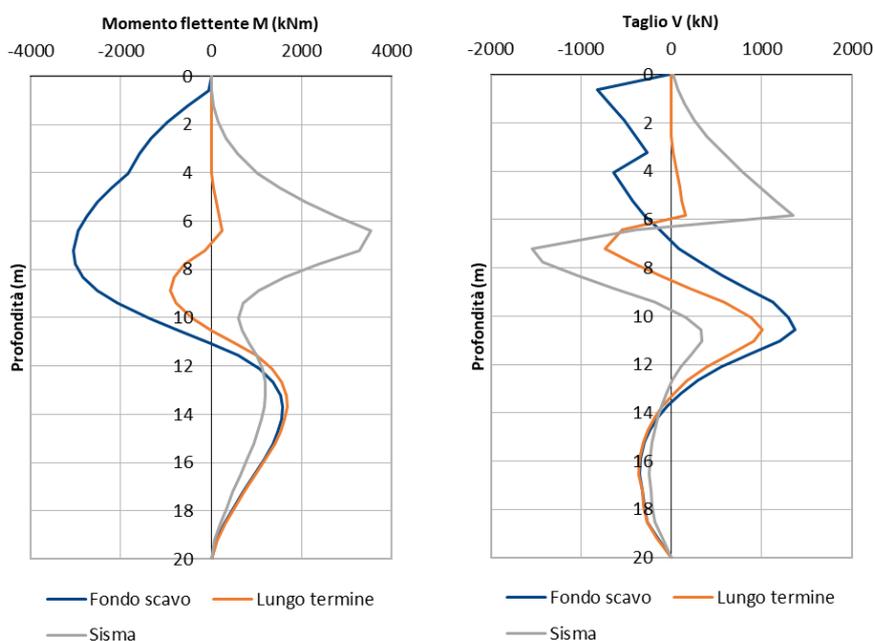


Figura 9.23. SLU – SLV: Azione flettente e tagliante sul singolo palo della paratia di monte.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE V102-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 44 di 101

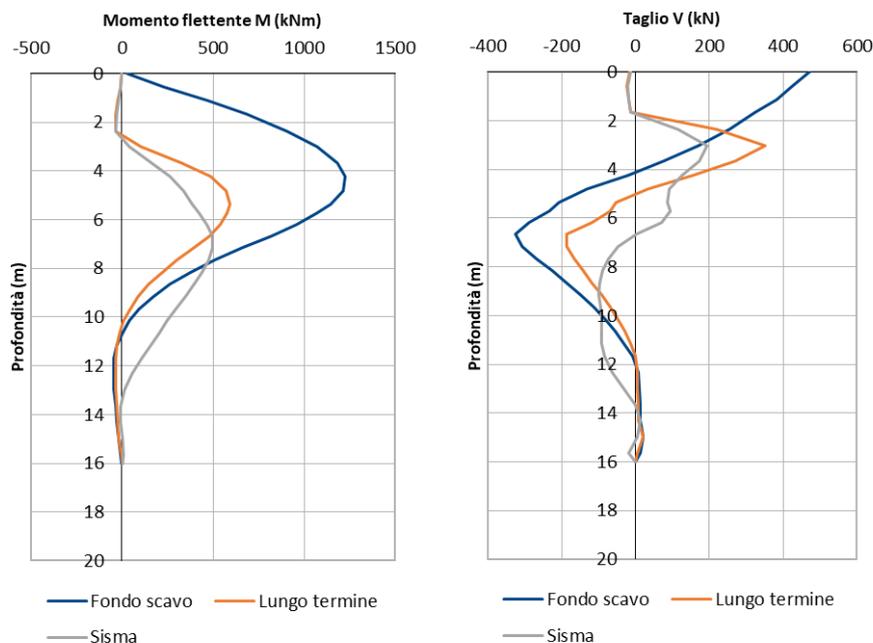


Figura 9.24. SLU – SLV: Azione flettente e tagliante sul singolo palo della paratia di valle.

9.5.2 SLE – Sollecitazioni pali

Nelle tabelle che seguono si riassumono i valori massimi delle azioni assiali e flettenti sul singolo palo della paratia di monte e di quella di valle mentre nelle figure solo illustrati i relativi andamenti.

		Paratia pali - $\phi=1200\text{mm}$ - $i=1.4\text{m}$					
		Nmax	Nmin	Mmax	Mmin	Vmax	Vmin
SLE	Fondo scavo – Fase 10	-29.7	-882.1	1218.6	-2343.2	1049.4	-633.8
SLE	Lungo termine – Fase 12	-11.1	-791.9	1292.3	-691.1	774.2	-567.5

Tabella 7: SLE: Sollecitazioni agenti sul singolo palo della paratia di monte.

		Paratia pali - $\phi=1200\text{mm}$ - $i=1.4\text{m}$					
		Nmax	Nmin	Mmax	Mmin	Vmax	Vmin
SLE	Fondo scavo – Fase 10	-8.3	-175.4	943.5	-36.4	362.1	-250.7
SLE	Lungo termine – Fase 12	-7.7	-356.0	455.3	-27.9	269.6	-142.8

Tabella 8: SLE: Sollecitazioni agenti sul singolo palo della paratia di valle

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 45 di 101
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2						

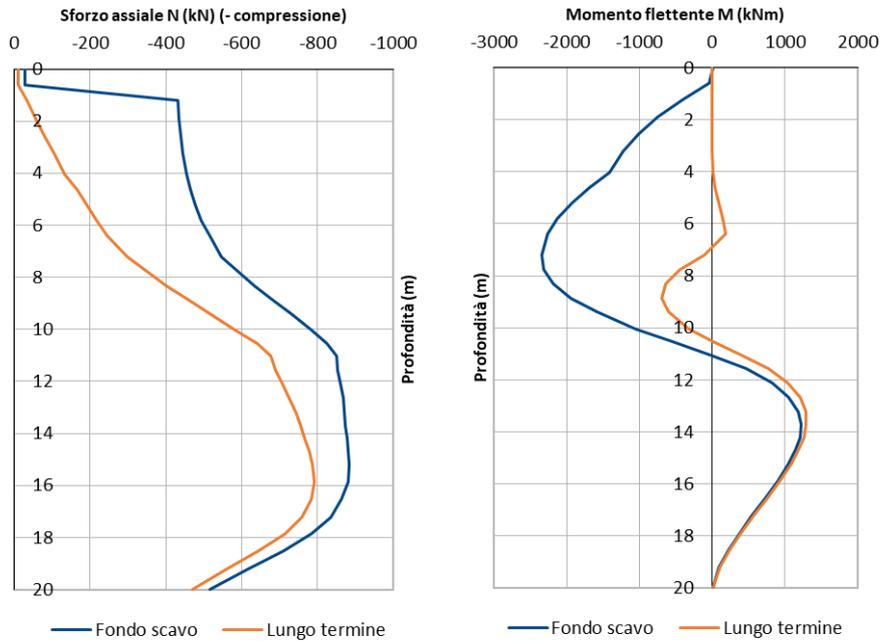


Figura 9.25. SLE: Azione flettente e tagliante sul singolo palo della paratia di monte.

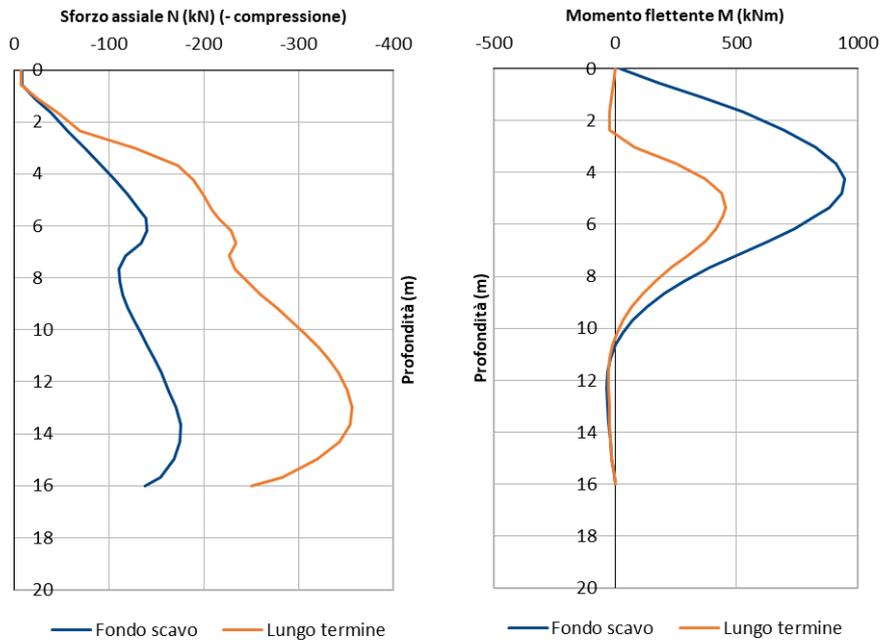


Figura 9.26. SLE: Azione flettente e tagliante sul singolo palo della paratia di valle.

APPALTATORE: <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 46 di 101

9.5.3 SLU, A1+M1+R1 – Sollecitazioni cordolo sommitale e puntelli metallici

Si specifica che nella pila P2 sono presenti due tipologie di cordoli:

- Cordolo 1: è quello di sommità della palificata di monte da cui partono i tiranti, posizionato alla quota 278.58 m s.l.m..
- Cordolo 2: è quello in corrispondenza dei puntelli, posizionato alla quota 274.54 m s.l.m. Nella figura che segue è illustrato il modello nella fase 10 con indicato lo sforzo assiale agente nei puntelli espresso per metro di estensione longitudinale (ortogonale al modello).

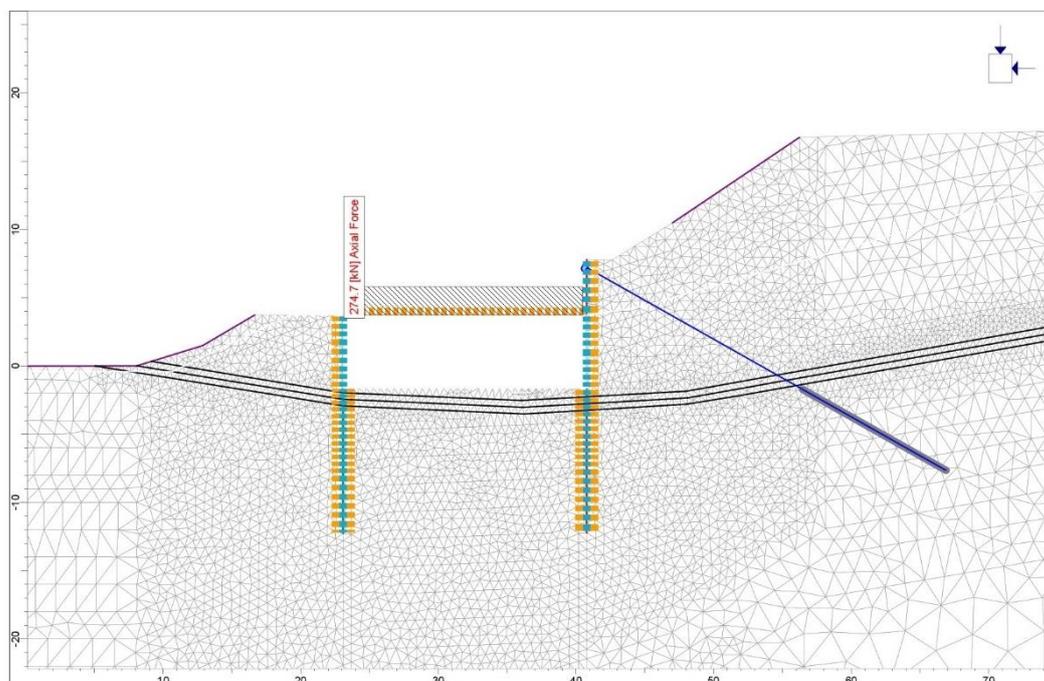


Figura 9.27. Sforzo assiale nei puntelli metallici al termine della fase 10 di scavo.

9.5.4 SLU – Sollecitazioni tiranti

I tiranti sono installati nella fase di calcolo 6 e rimossi nella fase di lungo termine 12. Nelle figure che seguono sono illustrate le sollecitazioni durante la fase 10 relativa alla situazione di scavi aperti e dopo la fase 11.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 47 di 101
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE V102-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2						

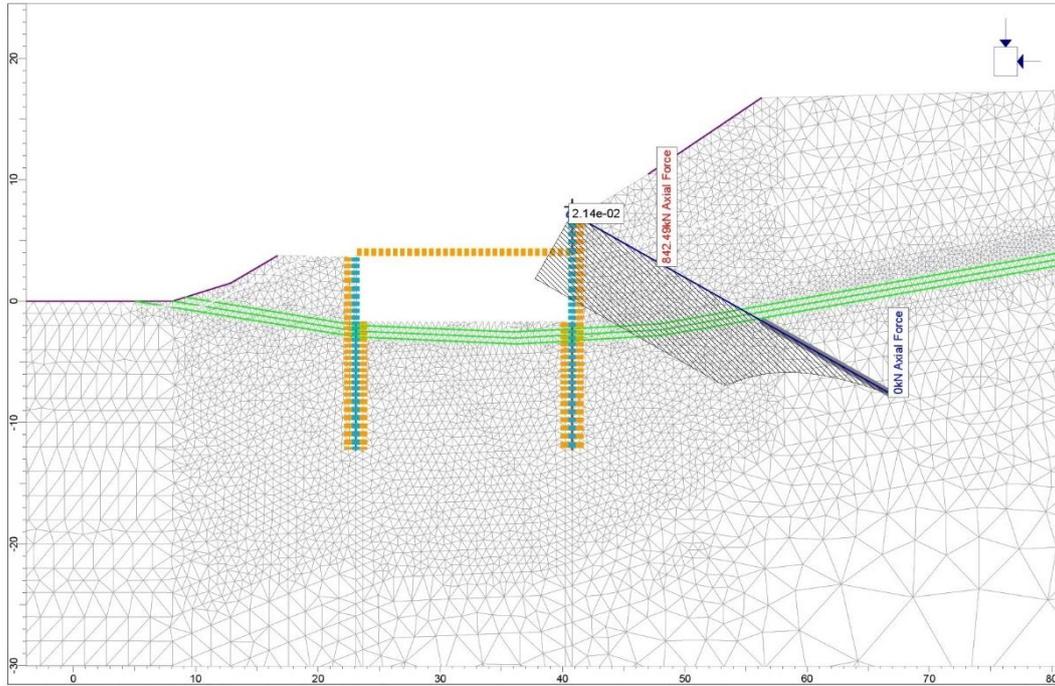


Figura 9.28. SLU: Sforzo assiale nei tiranti al termine della fase 10.

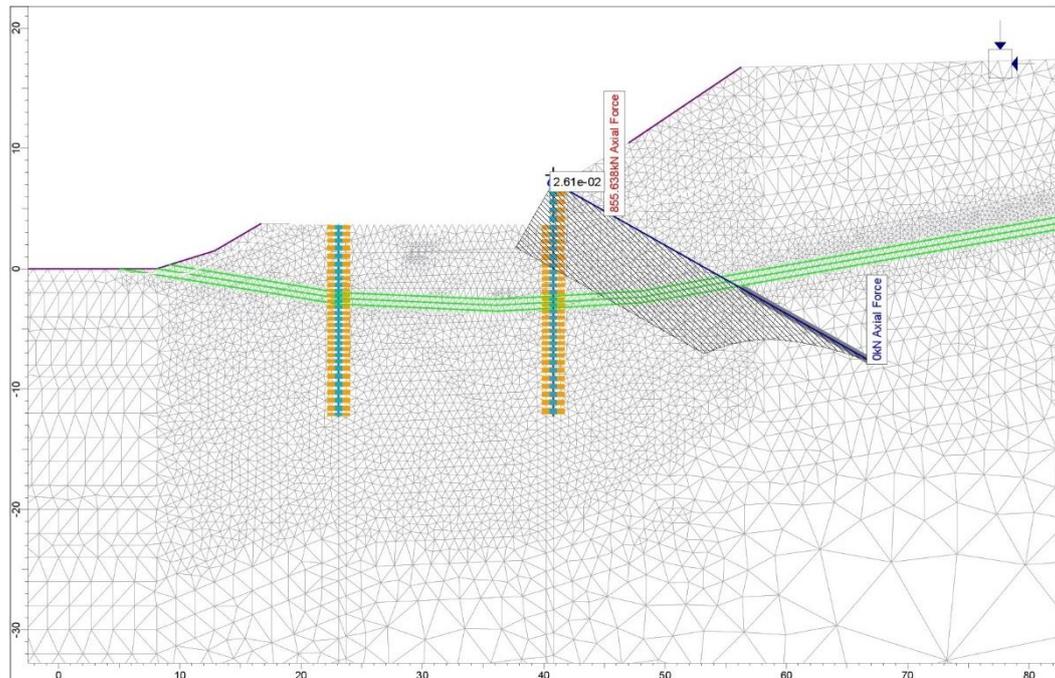


Figura 9.29. SLU: Sforzo assiale nei tiranti al termine della fase 11.

APPALTATORE: <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatara</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE V102-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VV10202 002	REV. B	FOGLIO 48 di 101

9.5.5 SLU – SPINTA AGENTE SUL PLINTO DI FONDAZIONE DELLA PILA P2

Nella Figura 9.30 è possibile notare il particolare del modello nella fase di calcolo 11 in seguito all'attivazione del plinto della pila P2 e del relativo riempimento. Inoltre, nell'immagine è possibile osservare la presenza delle fondazioni profonde al di sotto del plinto. In aggiunta si evidenzia come le fondazioni profonde non sono state considerate a diretto contatto con gli elementi costituenti le paratie ma è stato lasciato uno spazio di circa 0.6 m riempito dalle unità geologiche presenti. Il plinto di fondazione invece è a diretto contatto con le paratie di monte e di valle.

Dalle analisi eseguite si è potuto quindi valutare la spinta che il versante esercita sul plinto di fondazione: nella Tabella 9 sono riassunti i valori di spinta al metro di estensione longitudinale (perpendicolare al piano del modello).

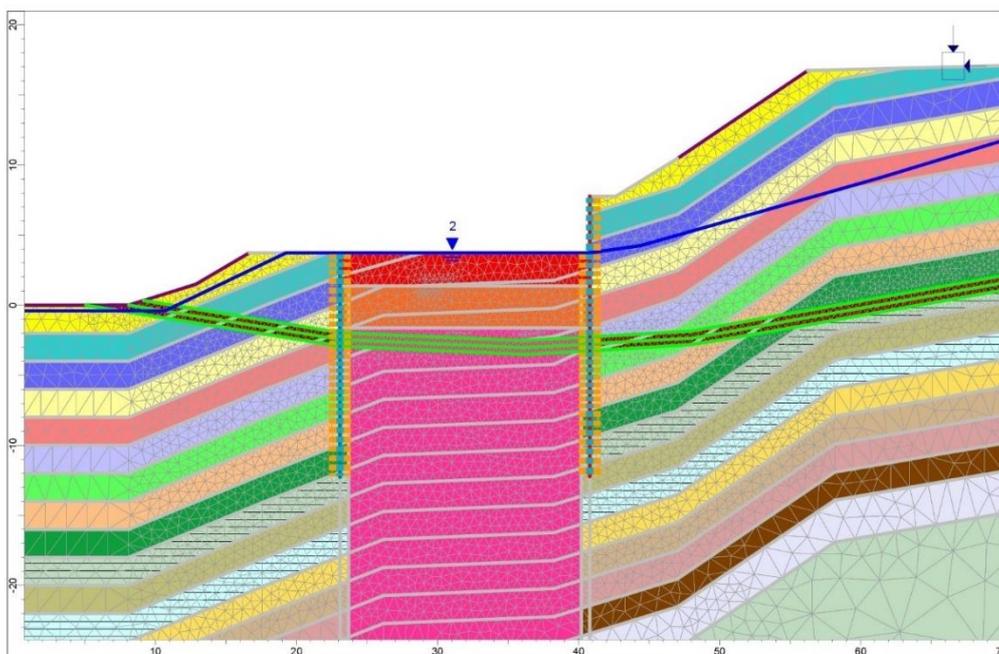


Figura 9.30. Particolare del modello a seguito della fase di calcolo 11 in cui viene attivato il plinto della pila P2.

	Spinta complessiva sul plinto pila P2 (kN/m)		
	SLE	SLU	SLV
Realizzazione plinto – Fase 11	208.4	270.9	-
Lungo termine - Fase 12	805.3	1046.9	-
Sisma – Fase 13	-	-	3000.4

Tabella 9. Spinta SLU-SLV-SLE agente sul plinto di fondazione.

I valori di spinta mostrati nella Tabella 9 sono stati calcolati integrando il profilo delle tensioni normali (ricavati dal modello numerico) distribuite sul plinto di fondazione: nella Figura 9.31 sono mostrati gli andamenti relativamente alle tre fasi di calcolo considerate. Gli andamenti relativi alle fasi 11 e 12 fanno riferimento alla condizione SLE mentre

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 49 di 101

i valori SLU (mostrati nella Tabella 9) sono stati ottenuti amplificando le spinte SLE con il fattore parziale sulle azioni permanenti pari a 1.3.

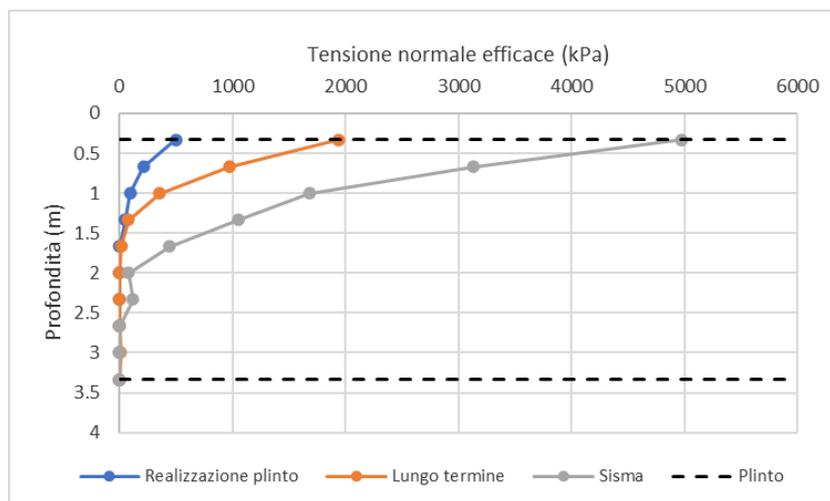


Figura 9.31. Andamento della spinta sul plinto della pila P2.

Poiché i movimenti di versante presentano inclinazione circa 30° rispetto all'asse viadotto, ai fini della verifica delle opere di fondazione della pila P2 tali azioni saranno scomposte nelle due direzioni perpendicolare e parallela ai lati della fondazione.

9.6 VERIFICHE ALLO SLU ED ALLO SLE DI TIPO STR

Di seguito si riportano le verifiche strutturali dei pali, dei cordoli, dei tiranti e del puntone metallico. In condizioni transitorie (fasi di scavo) la verifica a fessurazione può essere omessa, mentre nelle condizioni finali si considera una apertura limite delle fessure sugli elementi strutturali di lungo termine pari a 0.2 mm.

9.6.1 Pali

Verifica flessionale e tagliante pali di monte

Nelle tabelle e figure seguenti si riportano i risultati della verifica flessionale e tagliante a SLU e quelle relative alle verifiche in esercizio.

APPALTATORE: Consorzio <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 50 di 101

geometria					sollecitazioni e risultati				
sezione trasversale					SLE		SLU		
D	c	d	passo	interferro	M_{Ek}	2343.2 [kNm]	M_{Ed}	3287.8 [kNm]	
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	N_{Ek}	-547.3 [kN]	N_{Ed}	-165.8 [kN]	
120	6.0	111.0	20.0	16.8	momento di cracking				
armatura longitudinale					M_{cr}	631.5 [kNm]	presso-flessione		
n_{barre}	ϕ	r_i	A_{sl}	C_i	quota asse neutro				
	[mm]	[cm]	[cm ²]	[cm]	y_n	45.54 [cm]	M_{Rd}	4085.4 [kNm]	
16	32	51.00	128.68	9.00	tensioni e fessure				
16	32	51.00	128.68	9.00	$\sigma_{c,min}$	-13.2 [MPa]	V_{Rdc}	297.0 [kN]	
armatura a taglio					$\sigma_{s,min}$	-158.8 [MPa]	predisporre armatura a taglio		
Tipo	ϕ	p	A_{sw}		$\sigma_{s,max}$	284.4 [MPa]	taglio		
	[mm]	[cm]	[cm ²]		V_{Rds} 1876.1 [kN]				
spirale	14	10	3.08		V_{Rdmax} 2494.4 [kN]				
					θ 25.0 [°]				
					sezione duttile				
					al 89.6 [cm]				

materiali				legenda	
calcestruzzo		acciaio			
R_{ck}	30 [MPa]	f_{yk}	450 [MPa]		d riferito all'asse barra c copriferro netto M >0, se tese fibre inferiori N >0, se di trazione V in valore assoluto
f_{ck}	24.9 [MPa]	γ_s	1.15		
γ_c	1.5	f_{yd}	391.3 [MPa]		
α_{cc}	0.85	E_s	200000 [MPa]		
f_{cd}	14.1 [MPa]	ϵ_{uk}	75 [%]		
ν	0.5	valori limite			
ϵ_{c2}	2.0 [%]	k_1	0,55 f_{ck} 13.7 [MPa]		
ϵ_{cu2}	3.5 [%]	k_3	0,75 f_{yk} 337.5 [MPa]		
α_e	15.0	k_4	0.425 $w_{k,lim}$ 0.2 [mm]		
k_t	0.4				

Figura 9.32. Verifica sezione più armata con sollecitazioni SLE di breve termine (Fase 10)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE V102-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 51 di 101

geometria					sollecitazioni e risultati				
sezione trasversale					SLE		SLU		
D	c	d	passo	interferro	M _{Ek}	1292.3 [kNm]	M _{Ed}	3539.3 [kNm]	
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	N _{Ek}	-755.0 [kN]	N _{Ed}	-165.8 [kN]	
120	6.0	111.0	20.0	16.8	momento di cracking		V _{Ed}	1538.9 [kN]	
armatura longitudinale					M _{cr}	666.2 [kNm]	presso-flessione		
n _{barre}	φ	r _i	A _{sl}	C _i	quota asse neutro		M _{Rd}	4085.4 [kNm]	
[mm]	[mm]	[cm]	[cm ²]	[cm]	y _n	49.46 [cm]	FS	1.15	
16	32	51.00	128.68	9.00	tensioni e fessure		taglio		
16	32	51.00	128.68	9.00	σ _{c,min}	-7.4 [MPa]	V _{Rdc}	297.0 [kN]	
					σ _{s,min}	-91.0 [MPa]	predisporre armatura a taglio		
					σ _{s,max}	138.4 [MPa]			
armatura a taglio					k ₂	0.5	V _{Rds}	1876.1 [kN]	
Tipo	φ	p	A _{sw}		ε _{sm-ε_{cm}}	0.43 [%]	V _{Rdmax}	2494.4 [kN]	
[mm]	[mm]	[cm]	[cm ²]		S _{r,max}	41.7 [cm]	θ	25.0 [°]	
spirale	14	10	3.08		W _k	0.18 [mm]	sezione duttile		
							ai	89.6 [cm]	

materiali				legenda	
calcestruzzo		acciaio			
R _{ck}	30 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]		d riferito all'asse barra c copriferro netto M >0, se tese fibre inferiori N >0, se di trazione V in valore assoluto
f _{ck}	24.9 [MPa]	γ _s	1.15		
γ _c	1.5	f _{yd}	391.3 [MPa]		
α _{cc}	0.85	E _s	200000 [MPa]		
f _{cd}	14.1 [MPa]	ε _{uk}	75 [%]		
v	0.5	valori limite			
ε _{c2}	2.0 [%]	0,55 f _{ck}	13.7 [MPa]		
ε _{cu2}	3.5 [%]	0,75 f _{yk}	337.5 [MPa]		
α _e	15.0	W _{k,lim}	0.2 [mm]		
k _t	0.4				
k ₁	0.8				
k ₃	3.4				
k ₄	0.425				

Figura 9.33. Verifica sezione più armata con sollecitazioni SLE di lungo termine (fase 12).

	y [m]	M _{rd+} [kNm]	M _{rd-} [kNm]	Armatura	Interferro [cm]	Trd+ [kN]	Trd- [kN]	Armatura
Gabbia 1	0.1	2249.1	-2249.1	16φ32	16.8	1250.0	-1250.0	sp. φ14/15
	5.1	2249.1	-2249.1	16φ32	16.8	1250.0	-1250.0	sp. φ14/15
	2.3	4085.4	-4085.4	16+16φ32	16.8	1876.1	-1876.1	sp. φ14/10
	10.7	4085.4	-4085.4	16+16φ32	16.8	1876.1	-1876.1	sp. φ14/10
Gabbia 2	9.2	4085.4	-4085.4	16+16φ32	16.8	1876.1	-1876.1	sp. φ14/10
	14.3	4085.4	-4085.4	16+16φ32	16.8	1876.1	-1876.1	sp. φ14/10
	11.5	2249.1	-2249.1	16φ32	16.8	1250.0	-1250.0	sp. φ14/15
	21.2	2249.1	-2249.1	16φ32	16.8	1250.0	-1250.0	sp. φ14/15

Tabella 10: P2. Momento e taglio resistente ed armatura longitudinale e trasversale dei pali della paratia di monte.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 52 di 101

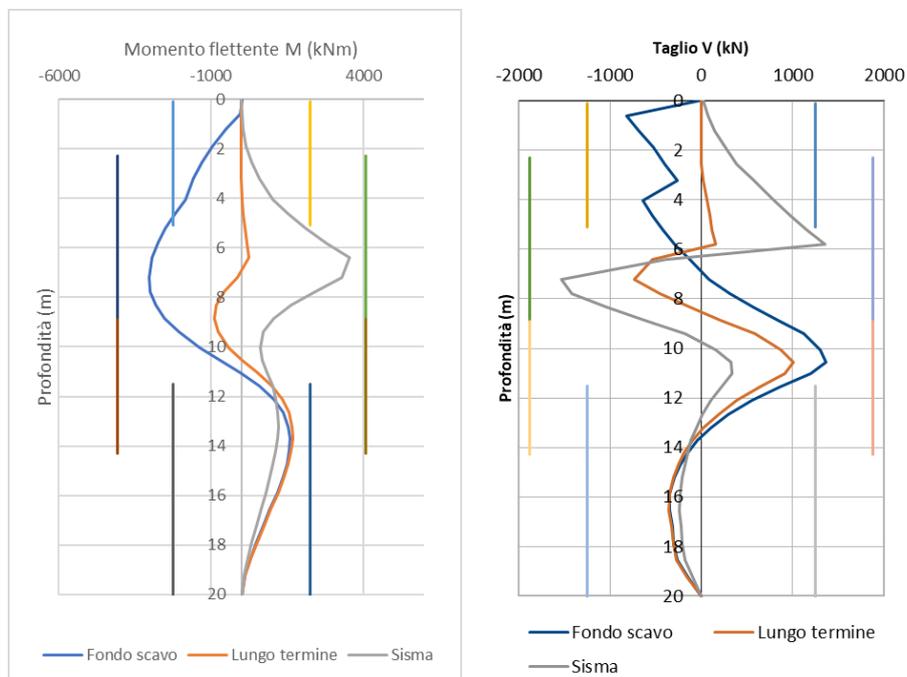


Figura 9.34. P2. Pali paratia di monte: Sollecitazioni e verifica flessionale e tagliante

Verifica flessionale e tagliante pali di valle

Nelle tabelle e figure seguenti si riportano i risultati della verifica flessionale e tagliante a SLU e quelle relative alle verifiche in esercizio.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE V102-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 53 di 101

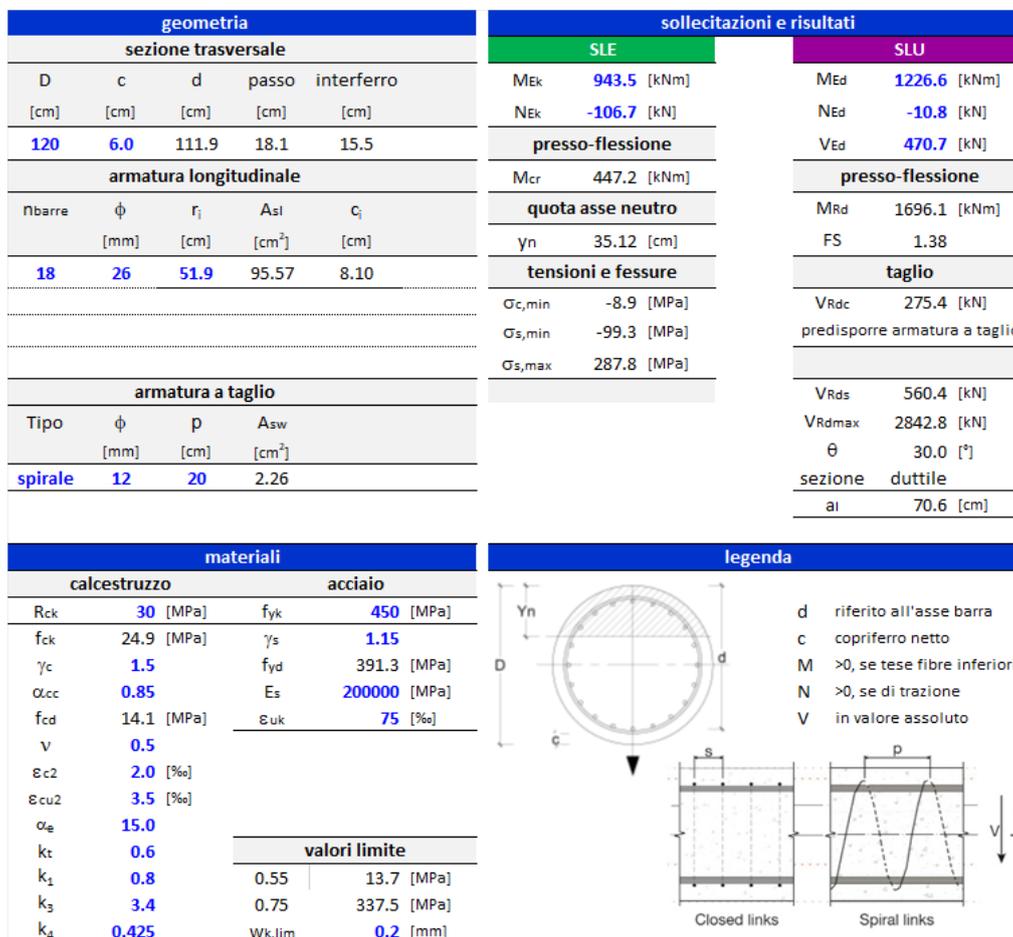


Figura 9.35. Verifica sezione più armata con sollecitazioni SLE di breve termine (Fase 10)

APPALTATORE: Consorzio <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE V102-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VV10202 002	REV. B	FOGLIO 54 di 101

geometria					sollecitazioni e risultati			
sezione trasversale					SLE	SLU		
D	c	d	passo	interferro	M _{Ek}	455.3 [kNm]	M _{Ed}	1226.6 [kNm]
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	N _{Ek}	-208.1 [kN]	N _{Ed}	-10.8 [kN]
120	6.0	111.9	18.1	15.5	presso-flessione		V _{Ed}	470.7 [kN]
armatura longitudinale					M _{cr}	463.2 [kNm]	presso-flessione	
n _{barre}	φ	r _i	A _{sl}	c _i	quota asse neutro		M _{Rd}	1696.1 [kNm]
[mm]	[mm]	[cm]	[cm ²]	[cm]	y _n	38.45 [cm]	FS	1.38
18	26	51.9	95.57	8.10	tensioni e fessure		taglio	
					σ _{c,min}	-4.3 [MPa]	V _{Rdc}	275.4 [kN]
					σ _{s,min}	-49.1 [MPa]	predisporre armatura a taglio	
					σ _{s,max}	120.6 [MPa]	V _{Rds}	560.4 [kN]
					k ₂	0.5	V _{Rdmax}	2842.8 [kN]
					ε _{sm-ε_{cm}}	- [%]	θ	30.0 [°]
					S _{r,max}	- [cm]	sezione duttile	
					W _k	- [mm]	a _i	70.6 [cm]
armatura a taglio								
Tipo	φ	p	A _{sw}					
[mm]	[mm]	[cm]	[cm ²]					
spirale	12	20	2.26					
materiali					legenda			
calcestruzzo			acciaio					
R _{ck}	30 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]					
f _{ck}	24.9 [MPa]	γ _s	1.15					
γ _c	1.5	f _{yd}	391.3 [MPa]					
α _{cc}	0.85	E _s	200000 [MPa]					
f _{cd}	14.1 [MPa]	ε _{uk}	75 [%]					
v	0.5							
ε _{c2}	2.0 [%]							
ε _{cu2}	3.5 [%]							
α _e	15.0							
valori limite								
k _t	0.6							
k ₁	0.8	0.55	13.7 [MPa]					
k ₃	3.4	0.75	337.5 [MPa]					

Figura 9.36. Verifica sezione più armata con sollecitazioni SLE di lungo termine (fase 12).

	y [m]	Mrd+ [kNm]	Mrd- [kNm]	Armatura	Interferro [cm]	Trd+ [kN]	Trd- [kN]	Armatura
Gabbia 1	0.1	1696.1	-1696.1	18φ26	15.4	617.6	-617.6	sp. φ8/10
	12.1	1696.1	-1696.1	18φ26	15.4	617.6	-617.6	sp. φ8/10
Gabbia 2	9.2	889.5	-889.5	9φ26	33.6	308.4	-308.4	sp. φ8/20
	17.2	889.5	-889.5	9φ26	33.6	308.4	-308.4	sp. φ8/20

Tabella 11: P2. Momento e taglio resistente ed armatura longitudinale e trasversale dei pali della paratia di valle.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE V102-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 55 di 101

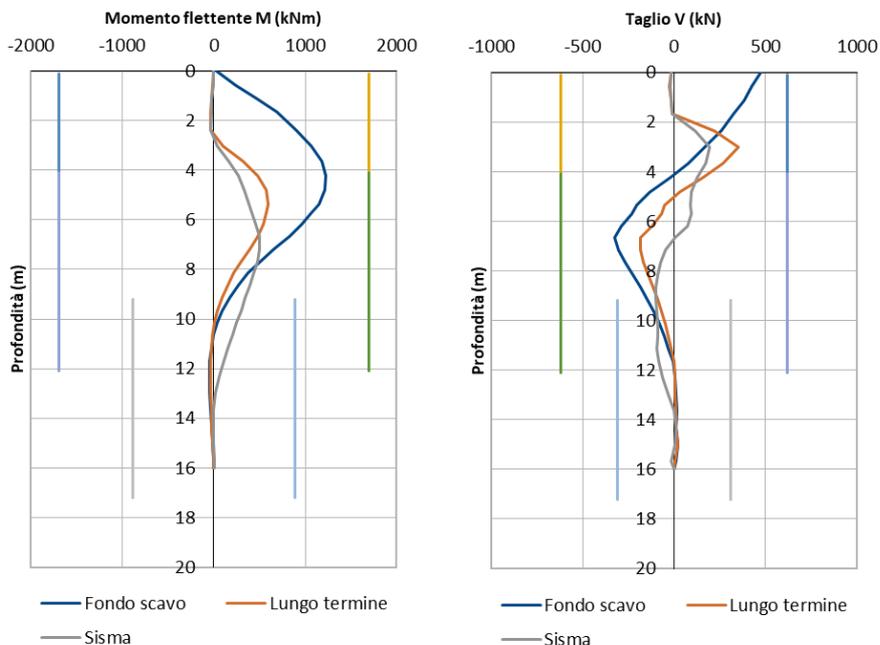


Figura 9.37. P2. Pali paratia di valle: Sollecitazioni e verifica flessionale e tagliante.

9.6.2 Puntello metallico

Si riporta nel seguito la verifica di stabilità a presso-flessione del puntello, condotta in accordo con quanto riportato al paragrafo 4.2.4.1.3 delle NTC2008. La verifica risulta soddisfatta.

Qualità acciaio:	UNI EN 10210 S 355 H	Diametro esterno	Spessore	Classe della sezione	Area sezione trasversale	Momento inerzia	Raggio giratore inerzia	Modulo resistente elastico	Modulo resistente plastico	massa per unità di lunghezza	Superf. per unità di lunghezza	Lunghezza per tonnellata
$f_{yk} =$	355 [Mpa]	D	T	1	A	I	i	Wel	Wpl	M	As	L/1t
$f_{tk} =$	510 [Mpa]	[mm]	[mm]		[cm ²]	[cm ⁴]	[cm]	[cm ³]	[cm ³]	[kg/m]	[m ² /m]	[m]
		406.4	16.0		196.24	37448.82	13.81	1842.95	2439.96	154.05	1.28	6.49
Geometria sezione		Verifiche secondo NTC2018 - §4.2										
D =	406.4 [mm]	Verifica a trazione (4.2.4.1.2.1)				$N_{pl,Rd} =$	6634.66	$N_{Ed} / N_{pl,Rd} =$				
t =	16.0 [mm]											
Lunghezza e vincoli asta		Verifica a compressione (4.2.4.1.2.2)				$N_{c,Rd} =$	6634.66	$N_{Ed} / N_{c,Rd} = 0.50$				
L =	8.20 [m]											
$\beta =$	1.00 [-]	Verifica a flessione retta (4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6)				$M_{c,Rd} =$	824.94	$M_{y,Ed} / M_{c,Rd} = 0.00$				
Sollecitazioni agenti		Verifica a taglio (4.2.4.1.2.4)				$V_{c,Rd} =$	2438.59	$V_{Ed} / V_{c,Rd} = 0.00$				
$N_{Ed} =$	-3333.20 [kN]											
$V_{Ed} =$	0.00 [kN]	Verifica a presso/tenso-flessione retta (4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.9)				Sez. Classe 1-2 $M_{N,Rd} =$	591.72	$M_{Ed} / M_{N,Rd} = 0.00$				
$M_{y,Ed} =$	0.00 [kNm]					Sez. Classe 3 $ \sigma_{x,Ed} =$		$f_{yd} =$				
$\psi =$	0.00	Verifica stabilità membrature compresse (4.2.4.1.3.1)				$N_{b,Rd} =$	5365.19	$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0.62$				
		Verifica stabilità membrature presso-inflesse (4.2.4.1.3.3)				$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{min} \cdot f_{yk} \cdot A} + \frac{M_{y,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_y \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}\right)} + \frac{M_{z,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_z \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right)} = 0.62$						

Figura 9.38. Verifica strutturali puntelli metallici.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE V102-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 56 di 101

9.6.3 Mensola di appoggio del puntello metallico

I 4 puntoni diagonali scaricano le azioni assiali su 4 mensole in calcestruzzo armato collegate alle travi di ripartizione dei pali (Cordolo 2). L'azione assiale di verifica della mensola è pari a 2360 kN. Le verifiche risultano soddisfatte inserendo 8+8φ24 nel tirante principale della mensola, e n° 20 spilli φ16 come armatura a taglio.

SQUAT CANTILEVER VERIFICATION BY STRUT AND TIE MODEL						
Norm: [1] UNI EN 1992-1-1:2005						
MATERIAL PROPERTIES						
Concrete						
Characteristic cube strength	R_{ck}	=	30	N/mm ²		
Characteristic cylinder strength	f_{ck}	=	25	N/mm ²		
Partial safety factor for concrete	γ_c	=	1.50			
Coefficient for long-term effects	α_{cc}	=	0.85			
Design value of compression resistance	f_{cd}	=	14.17	N/mm ²	$f_{cd} = f_{ck} \alpha_{cc} / \gamma_c$	
Steel						
Characteristic yield strength of reinforcement	f_{yk}	=	450	N/mm ²		
Partial safety factor for steel	γ_s	=	1.15	N/mm ²		
Design yield strength of reinforcement	f_{yd}	=	391	N/mm ²	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	
DEFINITION OF GEOMETRY						
Overall depth of a cantilever cross-section	hc	=	1300	mm		
Distance between force and column	ac	=	500	mm		CASE $ac < hc/2$ YES!!
Overall width of a column cross-section	b	=	1200	mm		
Overall depth of a column cross-section	h	=	1200	mm		
Concrete cover of a cantilever cross-section	d'	=	50	mm		
Width plate on acting force	bf	=	1000	mm		
Depth plate on acting force	hf	=	1000	mm		
Effective depth of a cantilever cross-section	d	=	1235	mm		
Internal arm	z	=	1050	mm		
Area of the primary tensile reinforcement	A_s	=	7234	mm ²		
Dimameter of stirrups	ϕ_{sw}	=	16	mm		
Number of arms	n_b	=	2			
Number of the stirrups	n	=	10			
Area of the secondary reinforcement	$A_{s,ink}$	=	4021	mm ²		
NODE DESIGN RESISTANCE						
	k_1	=	1.00			
	k_2	=	0.85			
	k_3	=	0.75			
	v'	=	1.06			
Resistance of node face 1	$\sigma_{1RD,max}$	=	15.0	N/mm ²		
Resistance of node face 2	$\sigma_{2RD,max}$	=	12.8	kN		
Resistance of node face 3	$\sigma_{3RD,max}$	=	11.3	kN		
ACTION FORCES ON NODES						
Acting force	F_{Ed}	=	3333	kN		
	x_1	=	185.18	mm		
	y_1	=	247.00	mm		
Principal Traction Force	F_t	=	1881.61	kN		
Compression Force	F_c	=	1881.61	kN		
Stresses on node 1	$\sigma_{1,Ed}$	=	3.17	N/mm ²		
Stresses on node 2	$\sigma_{2,Ed}$	=	3.33	N/mm ²		
Secondary Traction Force	F_{wd}	=	1002.792	kN		
CHECKS						
Chech nodes 1	$\sigma_{1,Ed}/\sigma_{1RD,max}$	=	0.21	< 1		CHECKED
	$A_{s,min}/A_s$	=	0.66	< 1	CHECKED	
	$A_s * k_1 / A_{s,ink}$	=	0.45	< 1	CHECKED	
	$A_{s,ink,min} / A_{s,ink}$	=	0.64	< 1	CHECKED	
Chech nodes 2	$\sigma_{2,Ed}/\sigma_{2RD,max}$	=	0.26	< 1	CHECKED	

Figura 9.39. P2. Verifica strutturale Mensola di appoggio del puntello metallico.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 57 di 101

9.6.4 Tiranti con trefoli

I tiranti sono stati verificati nei riguardi del dimensionamento della lunghezza libera, della lunghezza della fondazione e della verifica strutturale dell'armatura nella combinazione A1+M1+R3.

La lunghezza libera dei tiranti è stata fissata in modo da assicurare l'equilibrio della porzione di terreno instabile posizionando la fondazione al di fuori dalla possibile superficie di rottura rappresentata come un cuneo di spinta con inclinazione pari a $45-\phi/2$. In questo caso c'è poi da considerare in aggiunta la presenza della superficie di scorrimento presente lungo il versante.

Si prevede di armare i tiranti mediante trefoli da 0,6" di acciaio avente tensione caratteristica all'1% di deformazione sotto carico $f_{p(1)k} \leq 1670$ MPa e tensione caratteristica di rottura $f_{ptk} \leq 1860$ MPa (par. 11.3.3. Acciaio per Cemento Armato Precompresso. N.T.C.-08 - D.M. 14 gennaio 2008). I tiranti saranno disposti al livello della trave di coronamento della paratia di pali di monte, con inclinazione di 30° rispetto all'orizzontale, interasse 1.4 m ed applicando un pretiro di 800 kN.

Il tiro agente sul tirante sarà confrontato con la resistenza laterale offerta dall'interfaccia fondazione ancoraggio-terreno. La verifica allo sfilamento tra ancoraggio e fondazione viene effettuata con la combinazione A1+M1+R3 e il calcolo della resistenza unitaria viene eseguito con il metodo suggerito da Bustamante e Diox (1985).

La resistenza laterale allo sfilamento tiene conto della tensione di aderenza laterale limite, che per il litotipo presente nel caso in esame può essere considerata a favore di sicurezza pari a $\tau_{lim} = 250$ kPa. Tale resistenza viene a sua volta ridotta dal fattore di correlazione ξ_a come dettato dalle NTC 2008 al par. 6.6.2. Il fattore di correlazione è riportato nella Tabella 6.6.III, di seguito riproposta:

Tabella 6.6.III: Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica dalle prove geotecniche, in funzione del numero n di profili di indagine.

numero di profili di indagine	1	2	3	4	≥ 5
ξ_{a3}	1,80	1,75	1,70	1,65	1,60
ξ_{a4}	1,80	1,70	1,65	1,60	1,55

In definitiva si utilizza un valore $\xi_a = 1.6$ in quanto, nell'area in esame sono stati effettuati un numero di sondaggi geognostici maggiore di 5.

La normativa impone poi che deve essere rispettata la gerarchia delle resistenze, si deve quindi verificare che la resistenza limite di snervamento del tratto libero sia sempre maggiore della resistenza a sfilamento terreno-fondazione.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 58 di 101

f_{yk}	1670	(MPa)	Tensione di snervamento dell'acciaio							
$\gamma_{s,M0}$	1.15	(-)	Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio (NTC §4.1.2.1.1.3)							
A	0.000834	(m ²)	Area sezione nominale							
$H_{berlinese}$	20	(m)	Altezza totale della berlinese							
Φ	20	(°)	Angolo di attrito							
α	35	(°)	Cuneo di spinta attiva							

Ordine	GEOMETRIA				RESISTENZA CARATTERISTICA			LUNGHEZZE CARATTERISTICHE			
	Quota	Interasse	D _{perforazione}	α	$\tau_{ad,k}$	ξ_a	r_{ak}	L _{libera,min}	L _{libera}	L _{bulbo}	L _{tot}
	(m da t.p.)	(m)	(m)	(-)	(kPa)	(-)	(kN/ml)	(m)	(m)	(m)	(m)
1	0.60	1.40	0.16	1.1	250	1.6	86.4	11.1	15.5	14.5	30.0
2											
3											
4											
5											

Ordine	COMBINAZIONE STATICA			VERIFICA A SFILAMENTO				VERIFICA STRUTTURALE			
	T _{es,k}	T _{es,k}	γ_E	T _{d,tot}	γ_R	R _{ad}	Verifica	L _{bulbo,min}	T _{d,tot}	R _{yd}	Verifica
	(kN/ml)	(kN)	(-)	(kN)	(-)	(kN)		(m)	(kN)	(kN)	
1	611.2	855.6	1.3	1112	1.1	1138.8	OK	14.2	1112	1211	OK
2											
3											
4											
5											

Figura 9.40. P2. Verifica strutturale e a sfilamento dei tiranti.

Secondo quanto riportato sulle NTC 2008 al § 6.6.2, la verifica a sfilamento della fondazione di ancoraggio si esegue confrontando la massima azione di progetto T_d , considerando tutti i possibili stati limiti ultimi (SLU) e di esercizio (SLE), con la resistenza di progetto R_{ad} , determinata applicando alla resistenza caratteristica R_{ak} i fattori di sicurezza parziali γ_R riportati in Tab. 6.6.I.

9.6.5 Cordolo 1 sommitale paratia pali di monte

Il cordolo sommitale della paratia di monte presenta dimensioni 140 x 120 cm. La verifica è stata condotta considerando il cordolo nelle condizioni più gravose, in funzione dei massimi valori di tiro e di interasse orizzontale dei tiranti ricavati dalle analisi condotte. Le situazioni più gravose sono rappresentate dal caso con tiro massimo scaturito dalle analisi di calcolo, pari a 855.6 kN che applicando un fattore parziale di sicurezza pari a 1.3 consente di ottenere un tiro di calcolo a SLU pari a 1112.3 kN.

Il calcolo e le verifiche strutturali relative alla trave di ripartizione vengono presentate considerando uno schema statico appoggio - appoggio, soggetto a un carico per unità di lunghezza pari al tiro massimo sui tiranti diviso per il loro interasse (q).

Il momento più gravoso viene valutato con la relazione $M_{max} = qL^2/10$ mentre la massima sollecitazione di taglio risulta, in prossimità degli appoggi, pari al valore di $T_{max} = qL/2$ (dove L è l'interasse tra i tiranti).

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 59 di 101
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE V102-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2						

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

Armatura prevista lato terra	Armatura prevista lato scavo	Armatura trasversale
8φ20	8φ20	φ12/200mm a 4 bracci

Tabella 12 – Armatura longitudinale e trasversale cordolo sommitale della paratia di monte.

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
120	140	5.2	133.8	120.4
armatura longitudinale				
nbarre	φ	d	A _{sl}	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
8	20	6.8	25.13	
8	20	133.8	25.13	
armatura a taglio				
nbracci	φ	s	α	A _{sw}
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
4	12	20	90	4.52

sollecitazioni e risultati		
SLE	SLU	
M _{Ek} 119.8 [kNm]	M _{Ed} 155.7192 [kNm]	
N _{Ek} 0 [kN]	N _{Ed} 0 [kN]	
tensioni e fessure		
M _{dec} 0.0 [kNm]	V _{Ed} 556.14 [kN]	
M _{cr} 922.2 [kNm]	presso-flessione	
y _n -45.90 [cm]	M _{Rd} 1285.7 [kNm]	
σ _{c,min} -0.6 [MPa]	FS 8.26	
σ _{s,min} -6.0 [MPa]	taglio	
σ _{s,max} 37.8 [MPa]	V _{Rdc} 457.9 [kN]	
k ₂ 0.5	predisporre armatura a taglio	
ε _{sm-ε_{cm}} - [%]	V _{Rds} 1065.8 [kN]	
S _{r,max} - [cm]	V _{Rdmax} 5507.6 [kN]	
w _k - [mm]	θ 45.0 [°]	
	sezione duttile	
	al 60.2 [cm]	

materiali			
calcestruzzo		acciaio	
R _{ck}	30 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]
f _{ck}	24.9 [MPa]	γ _s	1.15
γ _c	1.5	f _{yd}	391.3 [MPa]
α _{cc}	0.85	E _s	200000 [MPa]
f _{cd}	14.1 [MPa]	ε _{uk}	75 [%]
ν	0.540		
ε _{c2}	2.0 [%]	valori limite	
ε _{cu2}	3.5 [%]	0,55 f _{ck}	13.7 [MPa]
α _e	15.0	0,75 f _{yk}	337.5 [MPa]
k _t	0.4	w _{k,lim}	0.2 [mm]
k ₁	0.8		
k ₃	3.4		
k ₄	0.425		

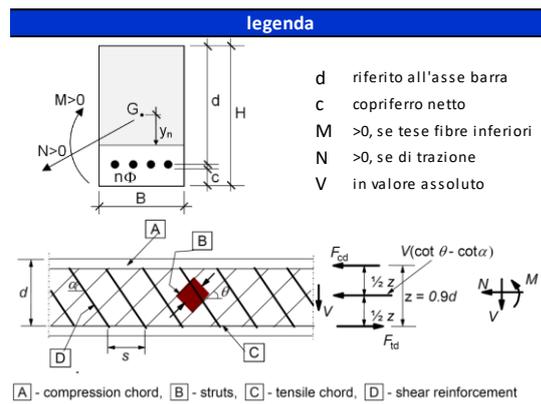


Figura 9.41. P2. Verifica flessionale e tagliante cordolo sommitale della paratia di monte.

9.6.6 Cordolo 2 in corrispondenza dei puntelli

Il cordolo in corrispondenza dei puntelli presenta dimensioni 120 x 120 cm. La verifica è stata condotta considerando il cordolo nelle condizioni più gravose, in questo caso sarà considerato lo sforzo di compressione agente in corrispondenza dei puntelli. Come illustrato nel paragrafo relativo alle sollecitazioni i puntelli sono soggetti ad uno

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 60 di 101

sforzo di compressione paria 274.7 kN/m che applicando un fattore parziale di sicurezza pari a 1.3 consente di ottenere il valore di calcolo a SLU pari a 357.11 kN/m.

Il calcolo e le verifiche strutturali relative alla trave di ripartizione vengono presentate considerando uno schema statico appoggio - appoggio, soggetto a un carico per unità di lunghezza pari allo sforzo massimo per metro agente nei puntelli (q).

Il momento più gravoso viene valutato con la relazione $M_{max} = qL^2/10$ mentre la massima sollecitazione di taglio risulta, in prossimità degli appoggi, pari al valore di $T_{max} = qL/2$ (dove L è l'interasse tra i puntelli pari a 6.6 m).

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

Armatura prevista lato terra	Armatura prevista lato scavo	Armatura trasversale	Tratto
6+6φ26	6+6φ26	φ10/100mm a 4 bracci	0 - ¼ L; ¾ L - L
		φ10/200mm a 4 bracci	L ¼ L - ¾ L

Tabella 13 – Armatura longitudinale e trasversale cordolo tipo 2.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 61 di 101
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2						

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
120	120	5.0	111.7	100.5
armatura longitudinale				
nbarre	φ	d	Asl	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
12	26	6.8	63.71	
6	26	109.7	31.86	
6.0	26	113.7	31.86	
armatura a taglio				
nbracci	φ	s	α	Asw
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
4	10	10	90	3.14

sollecitazioni e risultati		
SLE	SLU	
M _{Ek} 1692.2 [kNm]	M _{Ed} 2199.91 [kNm]	
N _{Ek} 0 [kN]	N _{Ed} 0 [kN]	
tensioni e fessure		
M _{dec} 0.0 [kNm]		
M _{cr} 787.4 [kNm]		
presto-flessione		
M _{Rd} 2646.8 [kNm]		
FS 1.20		
taglio		
σ _{c,min} -6.4 [MPa]	V _{Rdc} 521.7 [kN]	
σ _{s,min} -74.9 [MPa]	predisporre armatura a taglio	
σ _{s,max} 265.3 [MPa]		
	V _{Rds} 1765.0 [kN]	
	V _{Rdmax} 4320.6 [kN]	
	θ 35.0 [°]	
	sezione duttile	
	al 71.8 [cm]	

materiali			
calcestruzzo		acciaio	
R _{ck}	30 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]
f _{ck}	24.9 [MPa]	γ _s	1.15
γ _c	1.5	f _{yd}	391.3 [MPa]
α _{cc}	0.85	E _s	200000 [MPa]
f _{cd}	14.1 [MPa]	ε _{uk}	75 [‰]
v	0.540		
ε _{c2}	2.0 [‰]		
ε _{cu2}	3.5 [‰]		
α _e	15.0		
k _t	0.4	valori limite	
k ₁	0.8	0,55 f _{ck}	13.7 [MPa]
k ₃	3.4	0,75 f _{yk}	337.5 [MPa]
k ₄	0.425	w _{k,lim}	0.2 [mm]

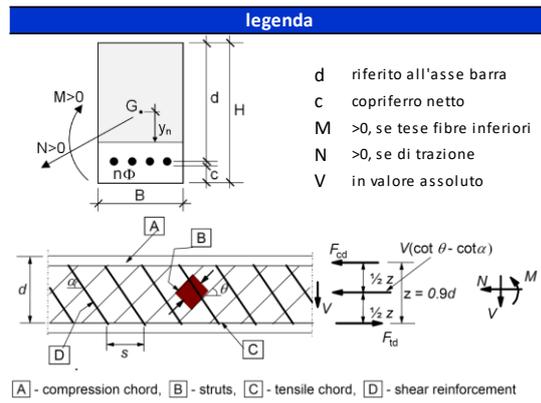


Figura 9.42. P2. Verifica flessionale e tagliante cordolo tipo 2 – tratto 0 - 1/4 L; 3/4 L - L.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 62 di 101
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE V102-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2						

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
120	120	5.0	111.7	100.5
armatura longitudinale				
nbarre	φ	d	Asl	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
12	26	6.8	63.71	
6	26	109.7	31.86	
6.0	26	113.7	31.86	
armatura a taglio				
nbracci	φ	s	α	Asw
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
4	10	20	90	3.14

sollecitazioni e risultati	
SLE	SLU
MEk 1692.2 [kNm]	MEd 2199.91 [kNm]
NEk 0 [kN]	NEd 0 [kN]
tensioni e fessure	
Mdec 0.0 [kNm]	
Mcr 787.4 [kNm]	
presso-flessione	
	MRd 2646.8 [kNm]
	FS 1.20
taglio	
yn -29.66 [cm]	
σc,min -6.4 [MPa]	VRdc 521.7 [kN]
σs,min -74.9 [MPa]	predisporre armatura a taglio
σs,max 265.3 [MPa]	
	VRds 882.5 [kN]
	VRdmax 4320.6 [kN]
	θ 35.0 [°]
	sezione duttile
	ai 71.8 [cm]

materiali			
calcestruzzo		acciaio	
Rck	30 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]
f _{ck}	24.9 [MPa]	γ _s	1.15
γ _c	1.5	f _{yd}	391.3 [MPa]
α _{cc}	0.85	E _s	200000 [MPa]
f _{cd}	14.1 [MPa]	ε _{uk}	75 [‰]
v	0.540		
ε _{c2}	2.0 [‰]		
ε _{cu2}	3.5 [‰]		
α _e	15.0		
kt	0.4	valori limite	
k ₁	0.8	0,55 f _{ck}	13.7 [MPa]
k ₃	3.4	0,75 f _{yk}	337.5 [MPa]
k ₄	0.425	W _{k,lim}	0.2 [mm]

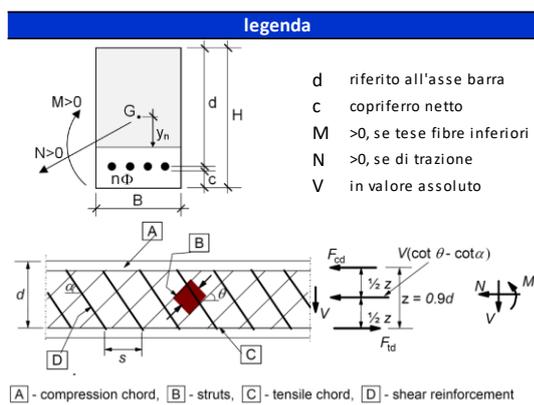


Figura 9.43. P2. Verifica flessionale e tagliante cordolo tipo 2 – tratto $L \frac{1}{4} L - \frac{3}{4} L$.

9.7 VERIFICA ALLO SLU DI TIPO GEO

Nel caso in esame, assumendo nelle analisi i parametri residui e ponendosi nelle condizioni di equilibrio limite, le verifiche con l'approccio 1 - combinazione 2 (quindi con parametri ridotti M2) non saranno eseguite. In aggiunta, così come previsto dalla Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 §C6.5.3.1.2, il collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera, inteso come uno stato limite in cui si raggiungano le condizioni di equilibrio limite del terreno interagente con l'opera e che sia cinematicamente possibile un atto di moto rigido intorno alla paratia, non può verificarsi in quanto sono presenti più livelli di vincolo. Infine, oltre alla presenza dei tiranti e dei puntelli metallici, prima dello scavo tra le due paratie oggetto di calcolo saranno realizzate le fondazioni profonde della pila P2.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE V102-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VV10202 002	REV. B	FOGLIO 63 di 101

9.8 ANALISI DI STABILITÀ DEL VERSANTE

In questo paragrafo si analizza la stabilità complessiva del versante a seguito della realizzazione delle opere in progetto (lungo termine) e l'applicazione dell'azione sismica con approccio pseudostatico. Il paragrafo 6.3.4 delle NTC08 indica che le analisi nel caso dei pendii debbano essere eseguite con i valori caratteristici dei parametri (M1). Utilizzando lo Shear Strength Reduction (SSR) method, per il calcolo del fattore di sicurezza della porzione di versante investigata, sono stati determinati i fattori di sicurezza rispettivamente nelle precedenti due condizioni.

Nella Figura 9.44 è mostrato il risultato del calcolo del fattore di sicurezza nella condizione statica di lungo termine mentre nella Figura 9.45 è illustrata la situazione dopo l'applicazione dell'azione sismica. Dai risultati si evince come la realizzazione delle opere in progetto consente di aumentare il fattore di sicurezza del versante rispetto allo stato di fatto privo di interventi.

In aggiunta si è ritenuto opportuno eseguire un ulteriore calcolo del fattore di sicurezza, in presenza di sisma, limitando l'applicazione dello SSR method alla sola porzione di versante posta a valle delle fondazioni profonde della spalla SPA. Nella Figura 9.46 si può vedere che in questa ultima analisi il fattore di sicurezza del versante aumenta fino a 1.09 rispetto alla precedente analisi in cui era pari a 1.02. Da questa ultima analisi si può notare la porzione di versante che si mobilita e che, come ci si attendeva, risulta essere quella immediatamente a valle delle fondazioni profonde della spalla SPA.

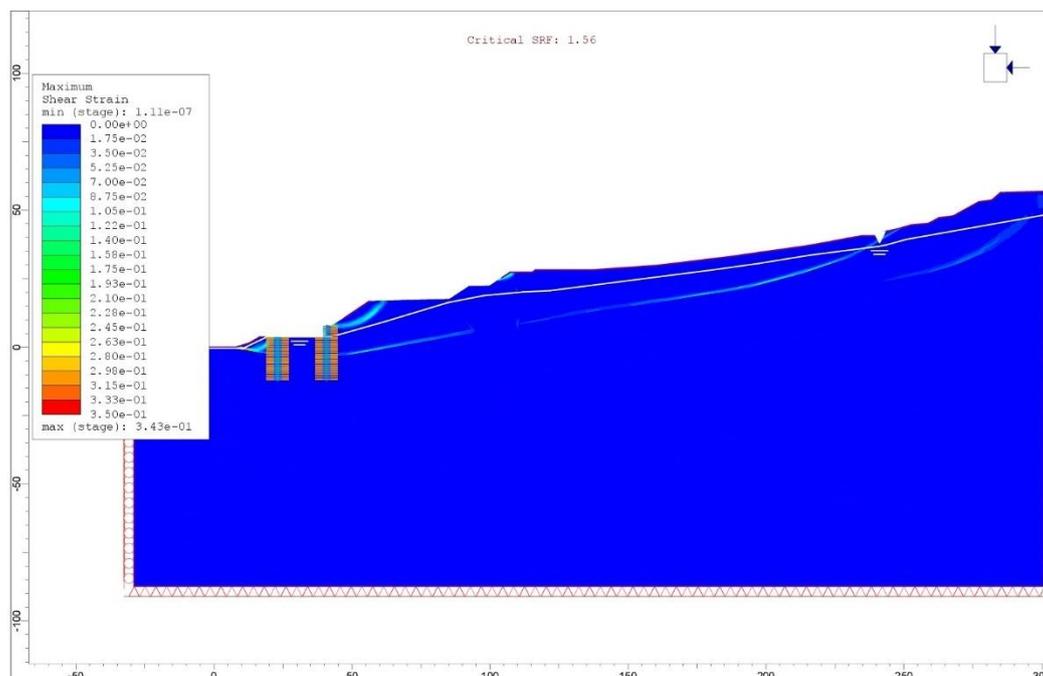


Figura 9.44. Fase 12: calcolo del fattore di sicurezza nella condizione statica di lungo termine.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.			ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.								
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE V102-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2			COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 64 di 101

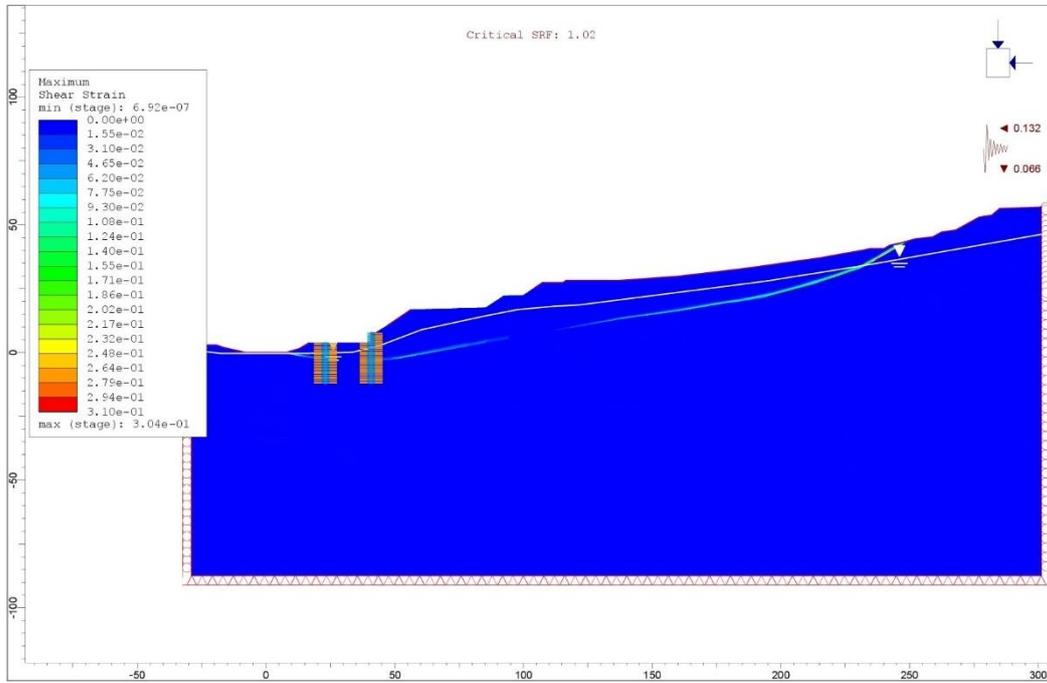


Figura 9.45. Fase 13: calcolo del fattore di sicurezza in presenza di sisma.

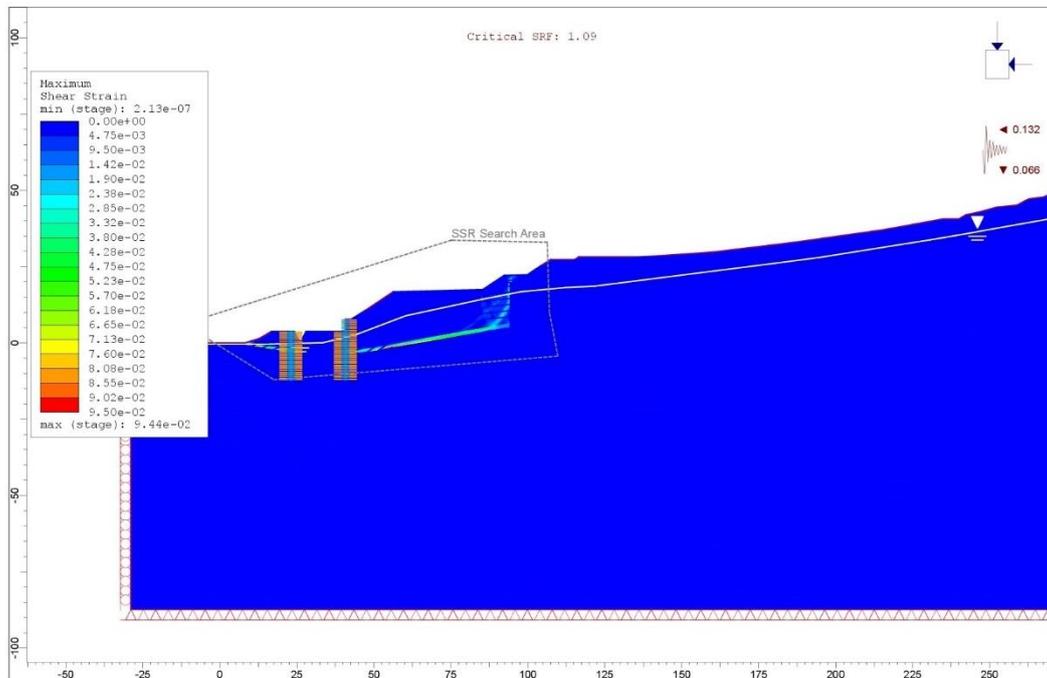


Figura 9.46. Fase 13: calcolo del fattore di sicurezza, limitato a valle delle fondazioni della spalla SPA, in presenza di sisma.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 65 di 101

10 ANALISI OPERE DI PRESIDIO SPALLA A – POZZO P1

10.1 DATI DI INPUT DEL MODELLO E LIVELLI PIEZOMETRICI

La stratigrafia e i parametri geotecnici utilizzati nelle elaborazioni sono riportati nella tabella di § 5.2; in particolare, si è fatto riferimento alla successione stratigrafica riportata negli elaborati specialistici di progetto.

I parametri assunti nell'analisi che sarà descritta in questo capitolo sono analoghi a quelli utilizzati nelle precedenti analisi relative alle opere di presidio degli scavi per la realizzazione della pila P2.

Anche in questo caso, nelle analisi RS2 si è assunto come modulo elastico delle varie unità il modulo operativo $E_{op,1}$ da caratterizzazione geotecnica che risulta pari ad un quinto del modulo a piccole deformazioni E_0 . In accordo con la Tabella 1, si è attribuita una variabilità lineare con la profondità di tale modulo elastico (vedasi **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). Alle unità è stato assegnato un modello costitutivo di tipo elasto-plastico perfetto con criterio di rottura di Mohr-Coulomb. Nelle analisi si è assunto un coefficiente di spinta a riposo K_0 pari a:

$$K_0 = (1 - \sin \phi') \cdot (1 + \sin \beta)$$

dove β rappresenta la pendenza del versante.

Assumendo una pendenza del versante pari a 12° ed un angolo di resistenza al taglio pari a 20° si è ottenuto un valore K_0 di 0.8. La palificata di lunghezza 25 m è stata modellata con elementi "structural interface" costituiti da elementi liner (o beam) e da un'interfaccia con il terreno da entrambi i lati dell'elemento.

Alla palificata è stato assegnato un modello costitutivo di tipo elastico lineare. Le proprietà delle interfacce e della palificata sono indicate nella Tabella 14. Gli effettivi valori di rigidezza assiale EA e flessionale EI assegnati nel modello RS2 sono stati scalati per l'interasse longitudinale. I valori delle sollecitazioni relativi al singolo palo sono poi stati ottenuti moltiplicando i valori calcolati da RS2 (valutati al metro) per l'interasse longitudinale tra i pali.

Nella Figura 10.1 è illustrato il particolare del modello numerico in prossimità dell'opera oggetto del presente capitolo.

Elemento	Descrizione	Valore
Liner	Diametro	1.2 m
	Interasse	1.4 m
	Modulo elastico (C25/30)	31447 MPa
	Rapporto di poisson	0.2
	Altezza complessiva	25 m
Interfaccia	Rigidezza normale	1 GPa/m
	Rigidezza di taglio	0.1 GPa/m
	Coesione	0 kPa
	Angolo di attrito	$1/2 \Phi$
	Resistenza a trazione	0 kPa

Tabella 14: Proprietà assunte in RS2 per gli elementi strutturali.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 66 di 101

Essendo in una condizione di equilibrio limite, tutte le analisi sono eseguite per la sola combinazione A1+M1 con i valori caratteristici (M1) dei parametri geotecnici ed applicando all'intero modello l'azione sismica in modo pseudostatico, adottando i coefficienti sismici relativi ai pendii indicati nella Tabella 3.

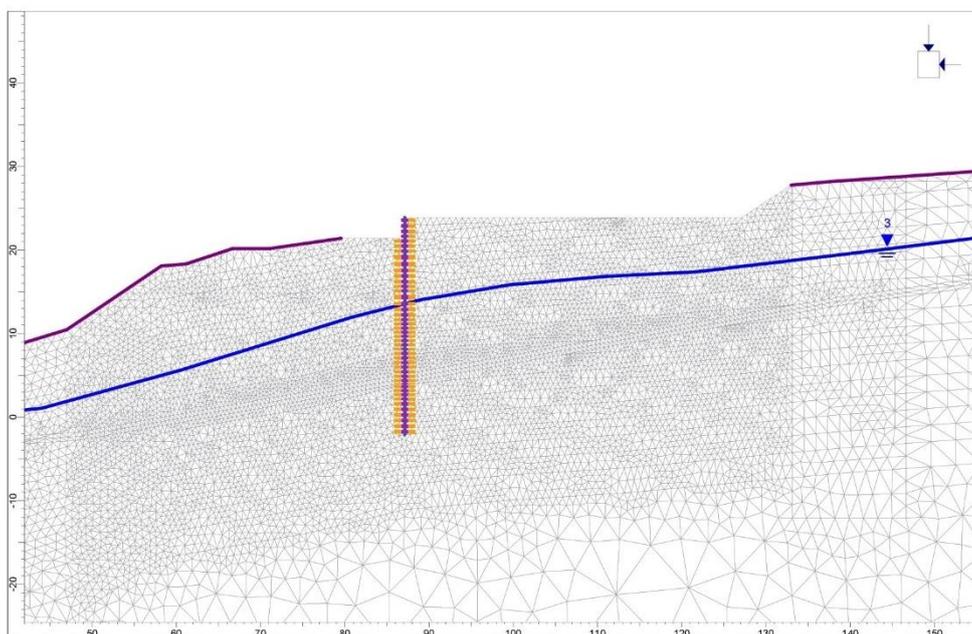


Figura 10.1. Particolare del modello numerico in corrispondenza dell'opera di presidio della spalla A-pozzo P1.

10.2 DETERMINAZIONE CINEMATISMI SECONDARI DELLA COLTRE INSTABILE A VALLE DELL'OPERA A LUNGO TERMINE

La batteria di pozzi realizzata a monte delle opere in oggetto è concepita per sbarrare/deviare i movimenti della coltre instabile che potrebbero interessare le opere di linea.

A valle del piazzale, ultimati gli interventi, potrebbero innescarsi movimenti/cinematismi secondari della coltre più superficiale, innescati, per esempio, da un evento sismico, di estensione più limitata rispetto a quelli che coinvolgono il pendio: questi ultimi si ipotizzano stabilizzati/deviati in presenza della suddetta batteria di pozzi. Si assume, inoltre, che la batteria di pozzi, posti a monte, consenta di abbassare il massimo livello di falda di circa 3 m in concomitanza con un evento sismico maggiore.

Nel presente paragrafo sono descritte le fasi di calcolo implementate nel modello numerico per la sezione di calcolo considerata al fine di determinare la profondità massima della superficie di scivolamento di un possibile meccanismo

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 67 di 101

secondario, che, instabilizzando una porzione di terreno a valle della paratia, potrebbe determinare la perdita di parte del contributo resistente del terreno: la paratia di pali, in tale ipotesi di carico più sfavorevole ed eccezionale, lavorerebbe, quindi, come “mensola” dalla quota del piazzale fino alla massima profondità della superficie di scivolamento individuata nell’analisi.

La sezione considerata ai fini delle analisi per determinare l’estensione dei possibili cinematismi secondari a valle della paratia è quella illustrata nella precedente **Figura 4.3**

Le fasi di calcolo considerate sono, quindi, le seguenti:

- *fase 0 – fase geostatica iniziale*
- *fase 1 – attivazione pozzo a monte del piazzale RI53*
- *fase 2 – sbancamento per esecuzione del piazzale RI53 fino alla quota 297 m s.l.m.*
- *fase 3 – realizzazione della paratia costituita da pali $\Phi 1200/1.4$ m e trave di coronamento 1.4×1.0 m*
- *fase 4 – scavo a valle della paratia per la realizzazione della pista di cantiere con sbancamento di 2.5 m*
- *fase 5 – applicazione sul piazzale RI53 di un carico di cantiere pari a 20 kPa*
- *fase 6 – ritombamento dello scavo eseguito a valle della paratia per la pista di cantiere*
- *fase 7 – riempimento, a monte della paratia, per la realizzazione del piazzale definitivo a quota 298.4 m s.l.m.: applicazione nel modello di un carico permanente di 30 kPa su tutto il piazzale (equivalente al riempimento di 1.4 m)*
- *fase 8 – applicazione pseudostatica del sisma ($k_h = 0.132$, $k_v = \pm 0.066$)*

Nelle figure che seguono è illustrato il modello in alcune delle principali fasi di calcolo prima elencate.

Si ritiene opportuno precisare che il carico di 30 kPa, applicato sul piazzale RI53, rappresenta il carico permanente dovuto al riempimento eseguito dalla quota della testa cordolo (297 m s.l.m) alla quota finale del piazzale (298.40 m s.l.m). Il carico da 20 kPa è invece un carico variabile che non è stato applicato nella fase di calcolo in condizioni sismiche.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.			ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.			COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2			IF28	01	V ZZ CL	VVI0202 002	B	68 di 101

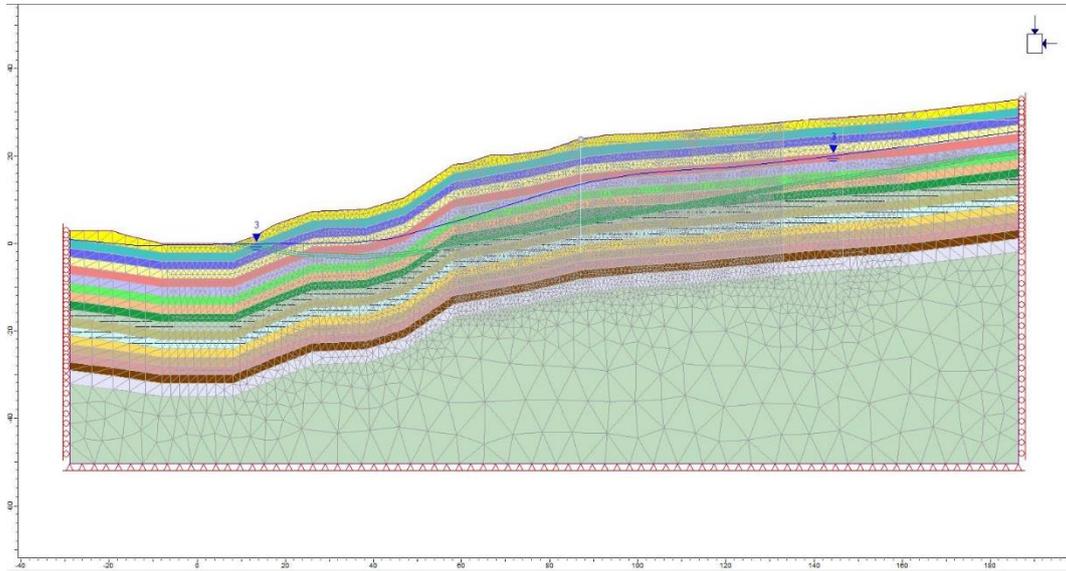


Figura 10.2. Fase 0 – particolare del modello numerico.

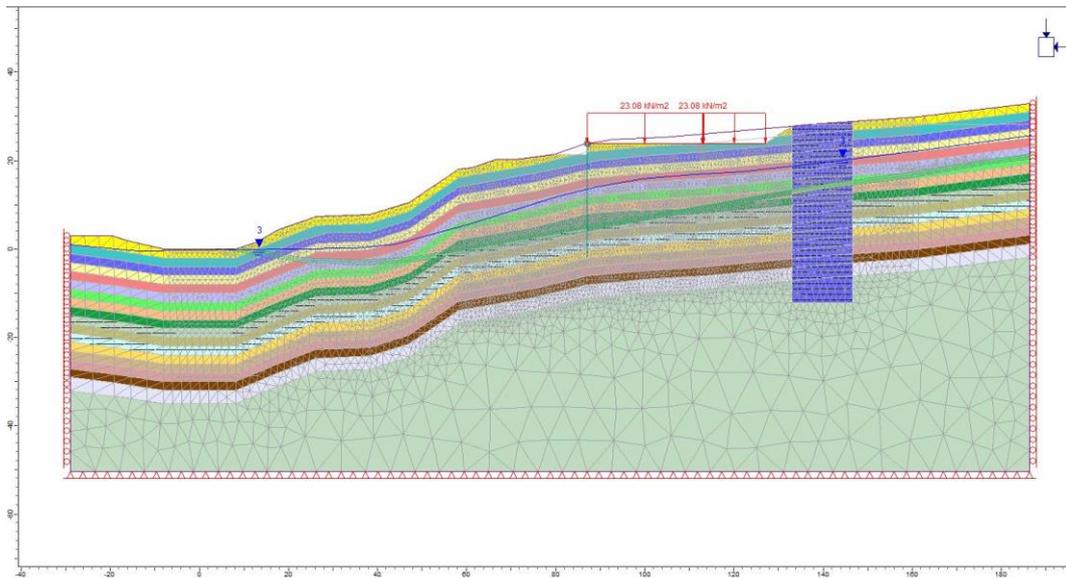


Figura 10.3. Fase 5 – particolare del modello numerico.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.			ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.								
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2			COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 69 di 101

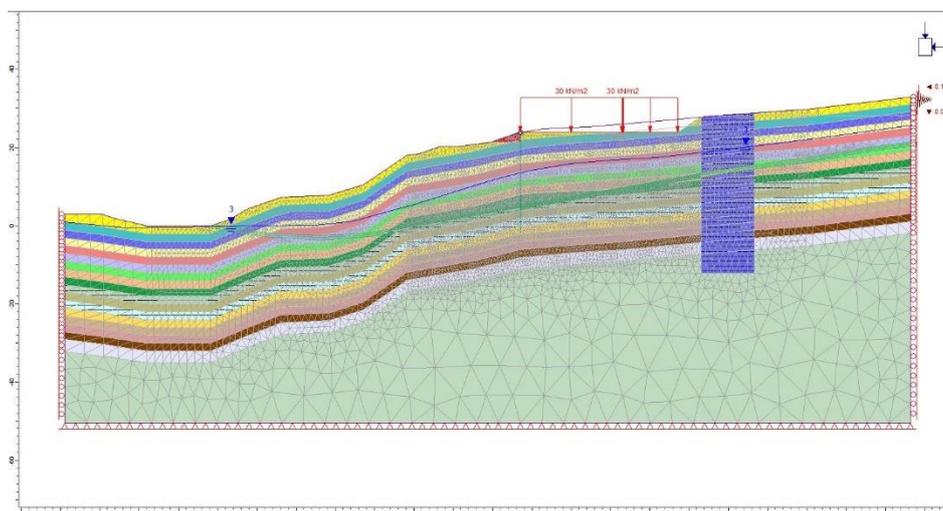


Figura 10.4. Fase 8 – particolare del modello numerico.

Le analisi sono state eseguite procedendo per fasi secondo quanto indicato nel dettaglio in precedenza. Nella Figura 10.5 sono mostrate le massime deformazioni di taglio calcolate al termine dell'ultima fase di calcolo prevista e quindi quella relativa all'applicazione dell'azione sismica. È interessante notare la formazione di una potenziale superficie di scorrimento a valle della paratia: tale superficie interseca la paratia a circa 9 m dalla sommità della stessa. Come si vedrà nei paragrafi successivi, tale profondità è stata quindi assunta per il dimensionamento SLV della paratia di pali a lungo termine su un modello nel quale i primi 9 m di terreno a valle della paratia stessa sono considerati non reagenti.

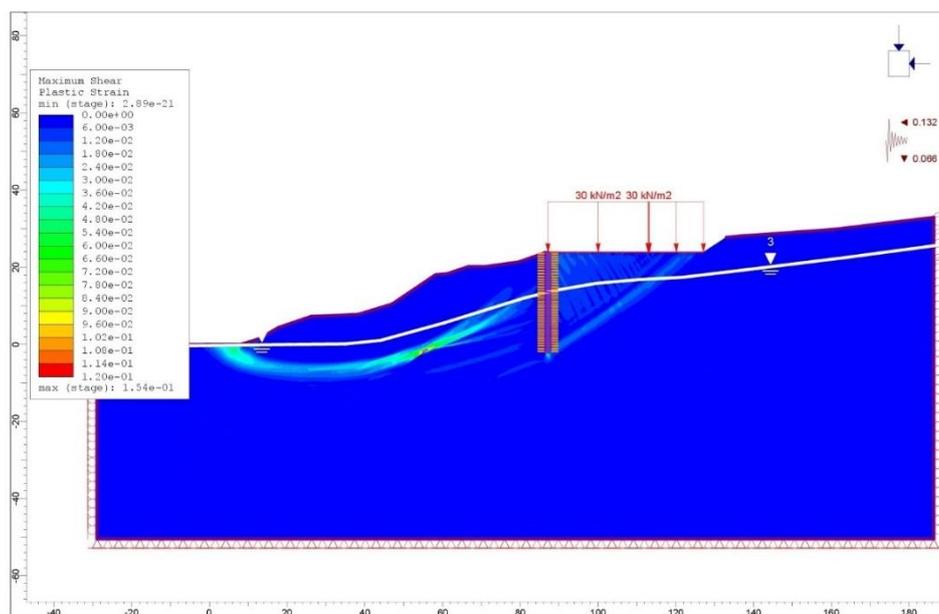


Figura 10.5. Fase 8: Deformazioni di taglio.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 70 di 101

10.3 DIMENSIONAMENTO CONDIZIONE DI BREVE TERMINE

In questo paragrafo è analizzata la condizione di breve termine in cui la paratia non è protetta a monte dalla batteria di pozzi nel periodo transitorio della durata massima di 2 anni in cui sono realizzate le pile e le spalle del viadotto. IN tale periodo la paratia è soggetta a:

- i carichi dovuti agli scavi a valle della stessa per la realizzazione delle fondazioni del viadotto;
- i possibili movimenti di versante (e quindi l'azione che la frana potrebbe determinare sulla paratia stessa) durante la fase di cantiere a scavi aperti.

Nella fase transitoria, della durata non superiore a 2 anni, in accordo con le NTC 2008 non si considerano agenti carichi sismici.

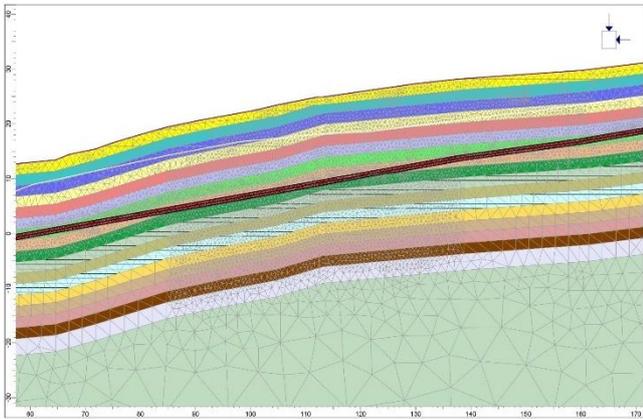
La stima dei possibili movimenti della coltre instabile è stata condotta facendo riferimento alle misurazioni inclinometriche disponibili. Il modello di calcolo tiene poi conto della esecuzione dello scavo a valle dalla paratia per la realizzazione della pila 1 in assenza del pozzo a monte del piazzale RI53 posto a quota 298.4 m s.l.m.

Le fasi di calcolo considerate per la condizione di breve termine sono le seguenti (Figura 10.6 e Figura 10.7):

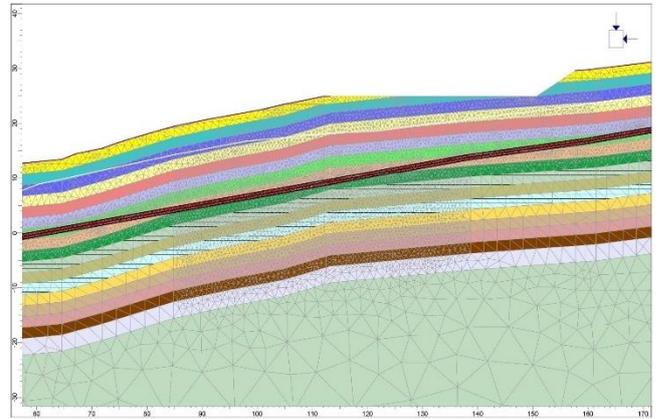
- *fase 0 – fase geostatica iniziale*
- *fase 1 – sbancamento per esecuzione del piazzale RI53 fino alla quota 297 m s.l.m.*
- *fase 2 – realizzazione della paratia costituita da pali $\Phi 1200/1.4$ m e trave di coronamento 1.4×1.0 m*
- *fase 3 – scavo a valle della paratia per la realizzazione della pista di cantiere con sbancamento di 2.5 m*
- *fase 4 – scavo a valle della paratia per la realizzazione della pila P1 fino a raggiungere la quota 284.72 m s.l.m.*
- *fase 5 – applicazione sul piazzale RI53 di un carico di cantiere pari a 20 kPa*
- *fase 6 – progressivo degrado dei parametri di resistenza della superficie di scorrimento a monte della paratia al fine di imporre alla paratia uno spostamento massimo pari a quello stimabile sulla base dei dati a disposizione nell'arco temporale di 2 anni..*

Nelle figure che seguono è riportata la configurazione del modello durante le varie fasi di calcolo precedentemente elencate.

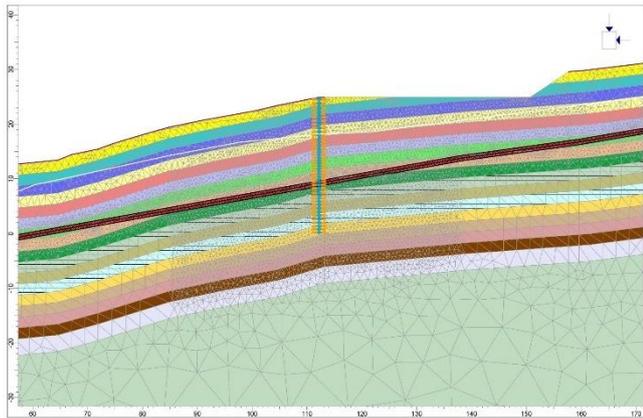
APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 71 di 101
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2						



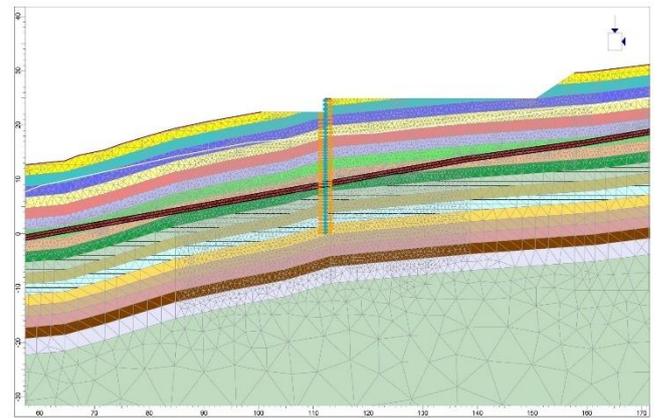
Fase 0



Fase 1



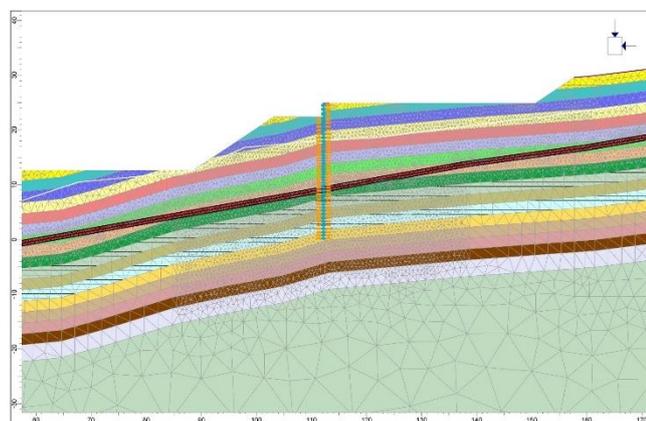
Fase 2



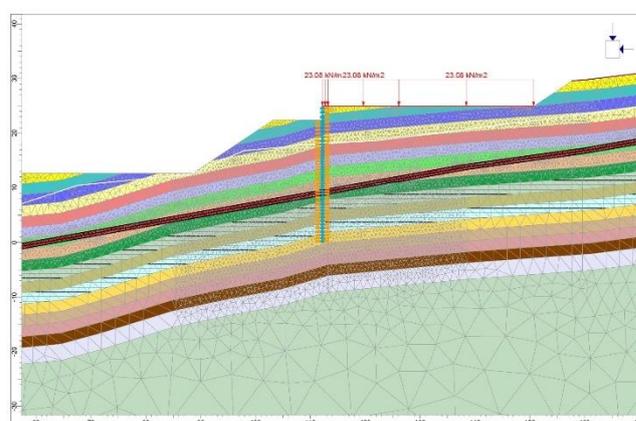
Fase 3

Figura 10.6. Modello numerico nelle fasi di calcolo 0-3.

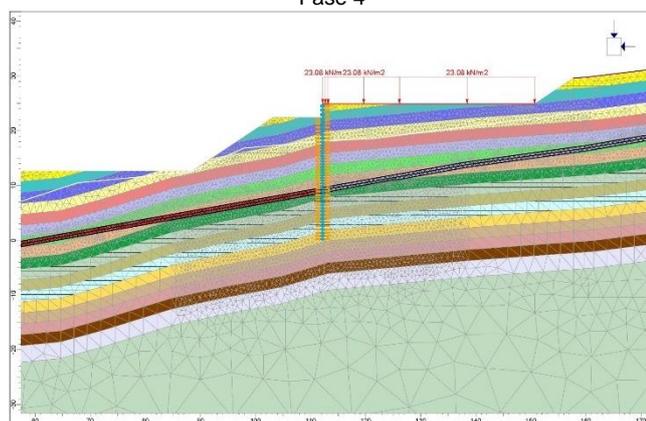
APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 72 di 101



Fase 4



Fase 5



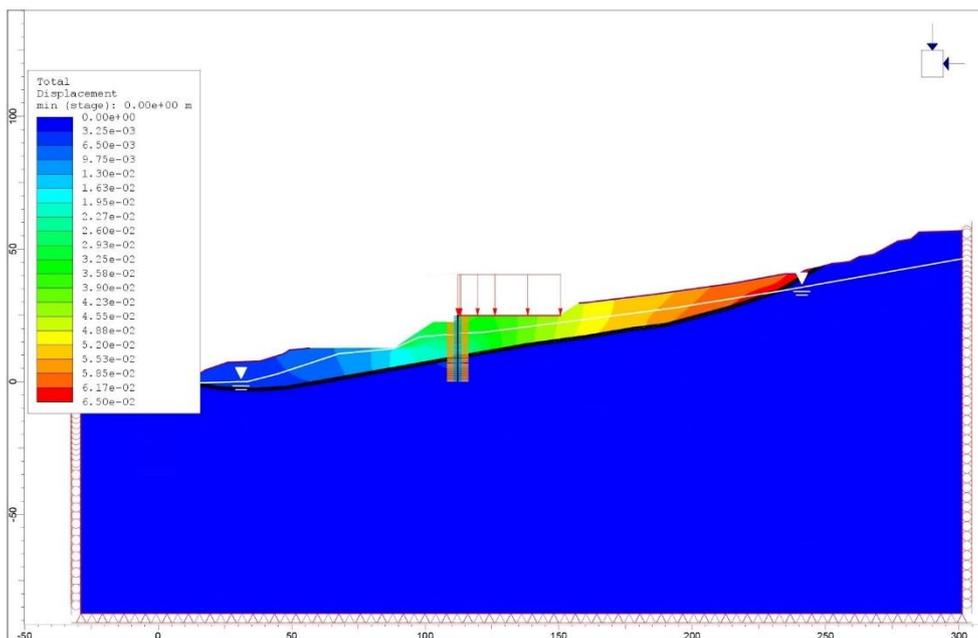
Fase 6

Figura 10.7. Modello numerico nelle fasi di calcolo 4-6.

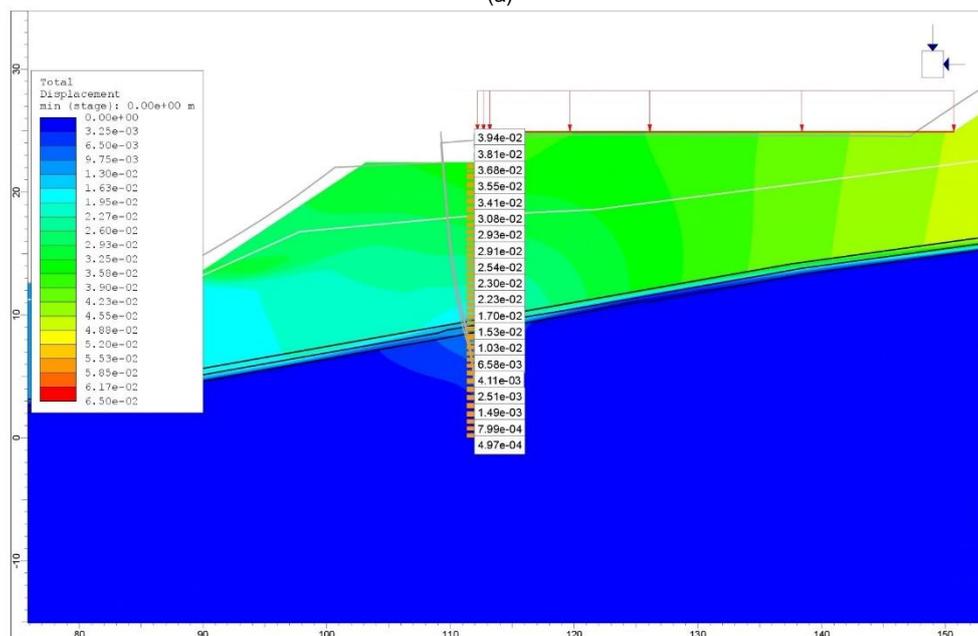
Entrando nel dettaglio della fase 6, i valori di spostamento calcolati in corrispondenza della paratia sono stati ricavati in seguito al degrado dei parametri di resistenza della fascia di scorrimento. Il degrado progressivo dei parametri è stato eseguito in 5 step fino ad ottenere i valori di spostamento rilevati in sito attraverso le misure inclinometriche disponibili. Durante il primo anno di letture, nella stagione invernale 20/21 sono stati misurati degli spostamenti massimi in superficie dell'ordine di 15 – 20 mm (è bene notare come i valori molto prossimi alla superficie sono influenzati dalla presenza di movimenti superficiali dei terreni di ricoprimento del versante). Nelle analisi numeriche si è quindi ipotizzato di degradare (quindi ridurre) i parametri di resistenza (l'angolo di resistenza al taglio) della fascia di scorrimento fino ad ottenere, in corrispondenza della paratia stessa, degli spostamenti all'incirca doppi (vale a dire circa 40 mm) rispetto a quelli inclinometrici in modo tale da considerare l'effetto di un possibile movimento di versante per un periodo temporale di 2 anni. Nella Figura 10.8 è possibile notare il dettaglio degli spostamenti, ottenuti dalle analisi numeriche in corrispondenza della paratia, originatisi a seguito del degrado dei parametri di resistenza della superficie di scorrimento: come si può osservare si sono ottenuti degli spostamenti massimi di circa 40 mm. Sempre nella stessa figura si può osservare come questo approccio consenta di simulare realisticamente la mobilitazione dell'intero corpo della frana. È bene precisare che, nel caso in esame, per poter visualizzare l'entità degli spostamenti

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.			ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.								
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE V102-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2			COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 73 di 101

legati al degrado dei parametri, gli spostamenti sono stati azzerati prima di iniziare la procedura di degrado in modo da poterli confrontare con le misurazioni inclinometriche.



(a)



(b)

Figura 10.8. Vista di insieme e particolare del modello raffigurante gli spostamenti totali (in m) calcolati in corrispondenza della paratia in seguito del degrado dei parametri di resistenza della fascia di scorrimento (con linea grigia è visualizzata la deformata).

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 74 di 101

Il degrado dei parametri della fascia di scorrimento, eseguito nelle analisi numeriche, deve essere visto come un metodo per simulare la mobilitazione del corpo di frana. Nella realtà però la mobilitazione della frana è legata a più fattori (anche tra loro interconnessi) e quindi dipendente non solo dal degrado dei parametri di resistenza ma ad esempio anche dall'innalzamento del livello di falda in caso di periodi con precipitazioni molto intense.

10.4 DIMENSIONAMENTO CONDIZIONE DI LUNGO TERMINE

Proseguendo l'analisi descritta nel paragrafo precedente, sono state sviluppate ulteriori fasi di calcolo in modo da poter valutare il comportamento dell'opera in oggetto nel lungo termine sia in condizioni statiche che sismiche, tenendo conto anche dei cinematismi secondari studiati nel paragrafo 10.2, che potrebbero svilupparsi dopo la realizzazione dei pozzi strutturali di monte, per effetto, per esempio di una evento sismico.

Le fasi di calcolo necessarie a rappresentare adeguatamente le condizioni di lungo termine, a partire dall'ultima fase di calcolo relativa alla condizione di breve termine del paragrafo precedente, sono di seguito riassunte:

A. Condizione SLE ed SLU di lungo termine (Figura 10.9):

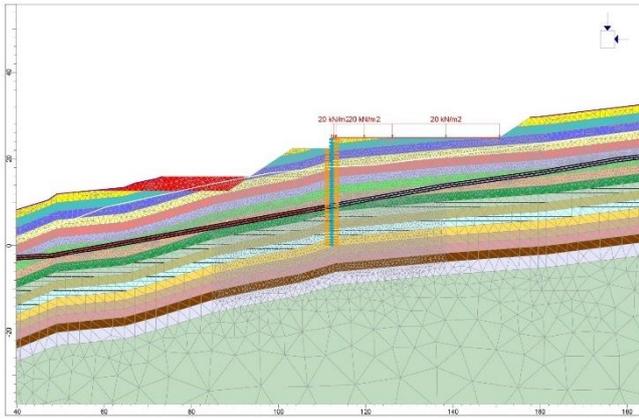
- fase 7A – ritombamento dello scavo eseguito a valle della paratia per la pila P1
- fase 8A – riempimento, a monte della paratia, per la realizzazione del piazzale definitivo a quota 298.4 m s.l.m.: applicazione nel modello di un carico permanente di 30 kPa su tutto il piazzale (equivalente al riempimento di 1.4 m) in aggiunta ad un carico accidentale di 20 kPa. Realizzazione del pozzo a monte del piazzale.

B. Condizione con sisma SLV (Figura 10.10):

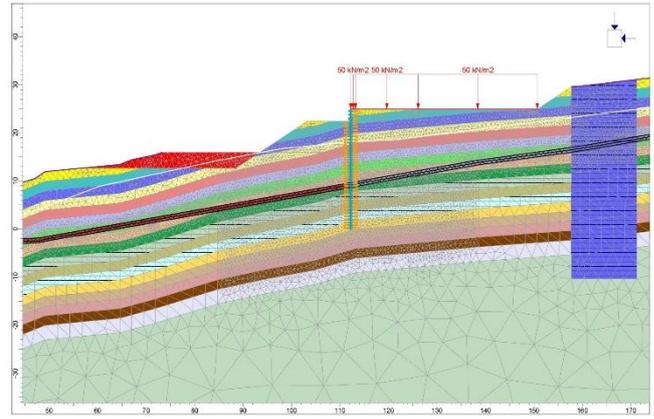
- fase 7-8 B – eliminazione del terreno a valle della paratia fino quota -9.0 m dalla sommità della paratia, per simulare a formazione di un cinematismo secondario sulla base delle analisi condotte al precedente § 10.2;
- fase 9B – riempimento, a monte della paratia, per la realizzazione del piazzale definitivo a quota 298.4 m s.l.m.: applicazione nel modello di un carico permanente di 30 kPa su tutto il piazzale (equivalente al riempimento di 1.4 m). Realizzazione del pozzo a monte del piazzale.
- fase 10B – applicazione dell'incremento dinamico di spinta secondo la formulazione di Mononobe-Okabe.

Come si può osservare nelle immagini seguenti, l'analisi in presenza di sisma risulta particolarmente gravosa ed eccezionale dato che si è considerata l'assenza del terreno a valle della paratia per un'altezza pari a 9 m dalla sommità della stessa in accordo a quanto descritto nel dettaglio nel paragrafo 10.2.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.			ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.								
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2			COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 75 di 101

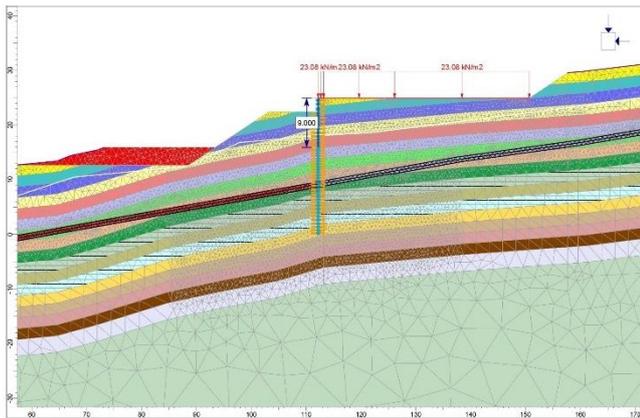


Fase 7A

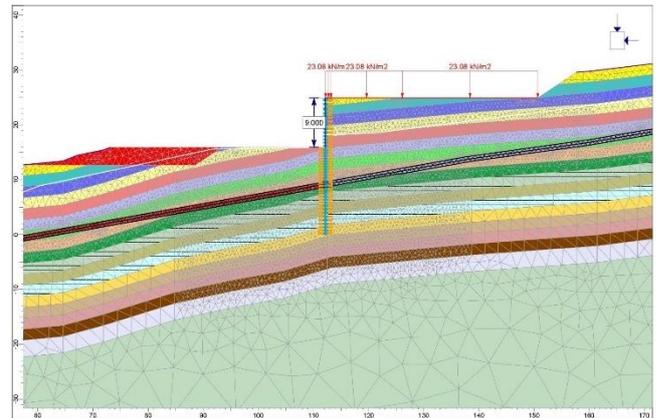


Fase 8A

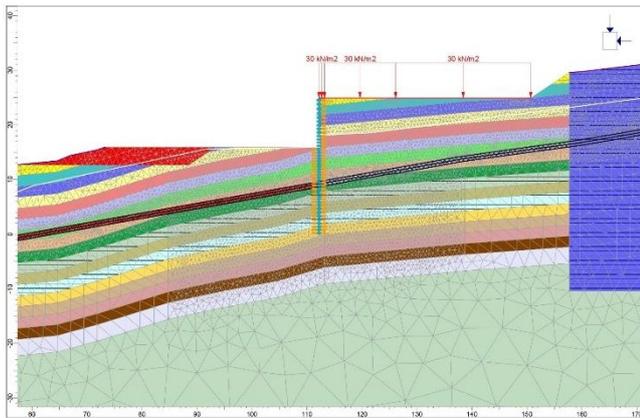
Figura 10.9. Modello numerico nelle fasi di calcolo 7A-8A.



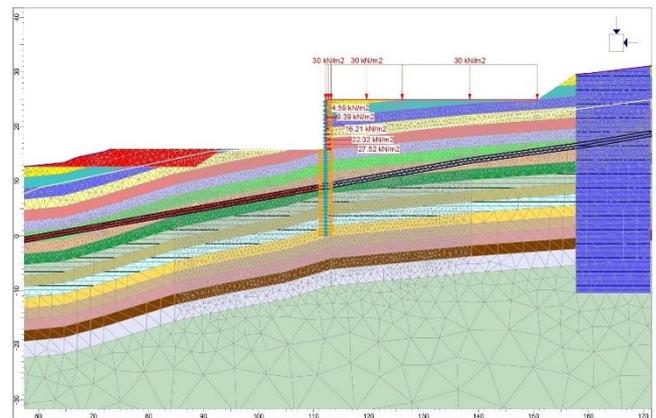
Fase 7B



Fase 8B



Fase 9B



Fase 10B

Figura 10.10. Modello numerico nelle fasi di calcolo 7B-10B.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 76 di 101

È bene precisare che per limitare alla zona della paratia l'effetto dell'azione sismica, tale contributo è stato tenuto in conto applicando direttamente alla paratia l'incremento dinamico, determinato con la formulazione di Mononobe-Okabe. Il calcolo dell'incremento di spinta attiva dovuto all'azione sismica è illustrato nella Tabella 15 mentre nella Figura 10.11 è mostrato il dettaglio dell'applicazione nel modello dell'incremento dinamico di spinta.

angolo di resistenza al taglio del terreno (ϕ^*_k)	20	[°]
angolo di attrito terreno/calcestruzzo (δ_k)	10	[°]
angolo di inclinazione della superficie di spinta (ψ)	90	[°]
inclinazione terreno a monte (i)	0	[°]
inclinazione della superficie di base	0	[°]
coefficiente sismico orizzontale (k_h)	0.132	[g]
coefficiente sismico verticale (k_v)	±	-0.066 [g]
coefficienti di spinta attiva (K_{AE}) (<i>Mononobe-Okabe, 1926</i>)		
$K_A =$	0.4467	statico
$K_{AE} =$	0.5557	con sisma

Tabella 15: Parametri caratteristici M1: Coefficienti di spinta attiva calcolati con la formulazione di Mononobe-Okabe.

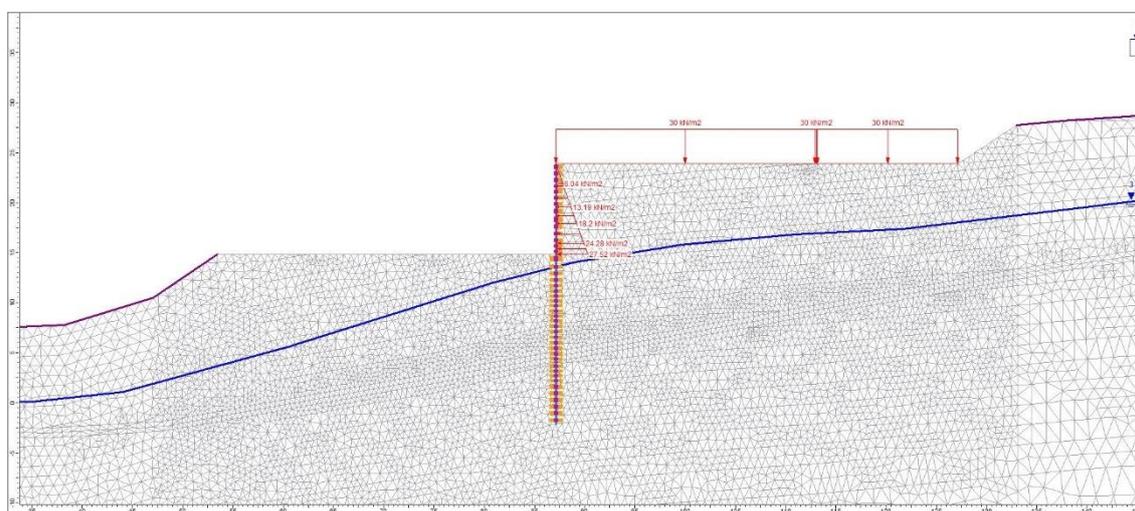


Figura 10.11. Fase 10B: Modello con realizzazione dello scavo di 9m.

10.5 SINTESI DEI RISULTATI ALLO SLE – SPOSTAMENTI

Di seguito si riportano le mappe degli spostamenti per gli SLE relativi alla fase di scavo (dopo il degrado dei parametri della fascia di scorrimento) e di lungo termine ottenute con il modello con la fascia di scorrimento: fase 6 e fase 8A. Gli spostamenti si ritengono compatibili con la funzionalità dell'opera. Nelle immagini seguenti gli spostamenti sono stati azzerati al momento dell'installazione della paratia.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.			ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA						
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.			COMMESSA IF28		LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 77 di 101
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE V102-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2									

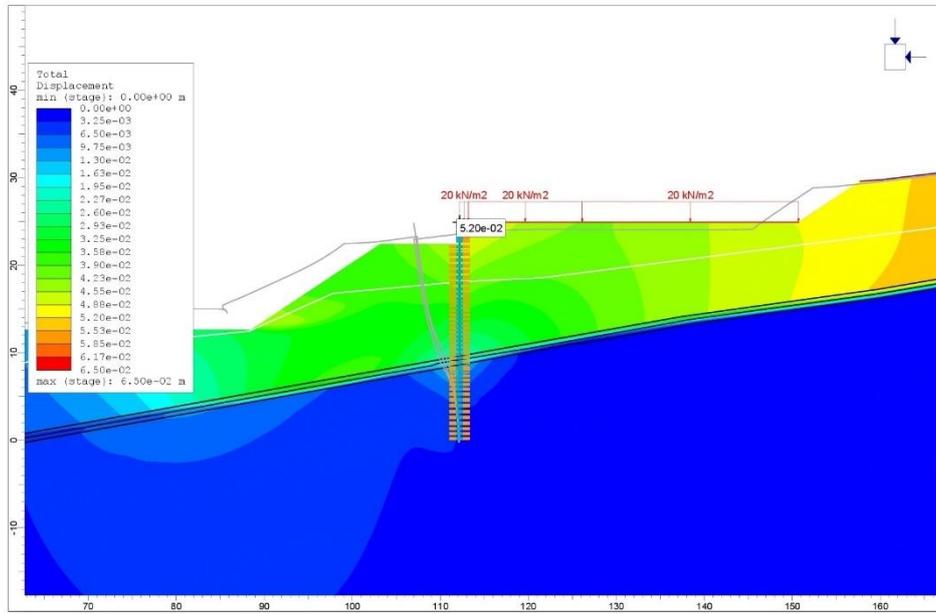


Figura 10.12. Fase 6: SLE rara – Deformazioni.

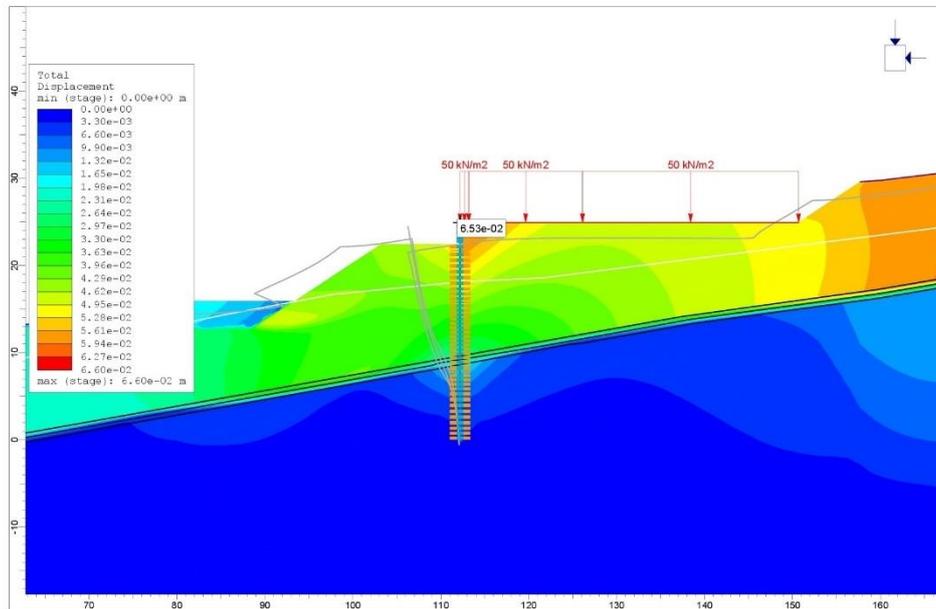


Figura 10.13. Fase 8A: SLE rara – Deformazioni.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE V102-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 78 di 101

10.6 SINTESI DEI RISULTATI PER GLI STATI LIMITE STRUTTURALI (STR)

10.6.1 SLU, A1+M1+R1/SLV – Sollecitazioni pali

Nella Tabella 16 si riassumono i valori massimi di azione tagliante e flettente sul singolo palo della paratia mentre nella Figura 10.14 sono riportati i risultati delle elaborazioni in termini di:

- Azione flettente (SLU in approccio 1 – Combinazione 1 + sismica SLV);
- Azione tagliante (SLU in approccio 1 – Combinazione 1 + sismica SLV).

Nella Tabella 16 e nella successiva figura sono mostrate le sollecitazioni SLU-SLV calcolate con il modello completo contenente la fascia di scorrimento e l'effetto in caso di sisma dovuto ai cinematismi secondari. È possibile osservare che il momento massimo si ottiene nella fase sismica mentre il taglio massimo si ricava nella fase in cui è stata simulata la mobilitazione della frana (quindi la fase 6) nel punto in cui la fascia di scorrimento interseca la paratia. Essa quindi esercita un contributo di stabilizzazione del versante nel casp in cui esso dovesse proseguire il suo movimento, individuato dalle evidenze delle letture inclinometriche disponibili.

		Paratia pali - $\phi=1200\text{mm}$ - $i=1.4\text{m}$					
		Nmax	Nmin	Mmax	Mmin	Vmax	Vmin
SLU	Fase 6 - fascia scorr	-18.4	-992.9	2375.5	-1543.5	1114.7	-555.6
SLU	Fase 8A - fascia scorr	-20.6	-987.0	2430.4	-1489.9	1113.3	-574.8
SLV	Sisma - fascia scorr.	-13.8	-677.4	4447.6	0.0	564.2	-874.3

Tabella 16: SLU – SLV: Sollecitazioni agenti sul singolo palo della paratia.

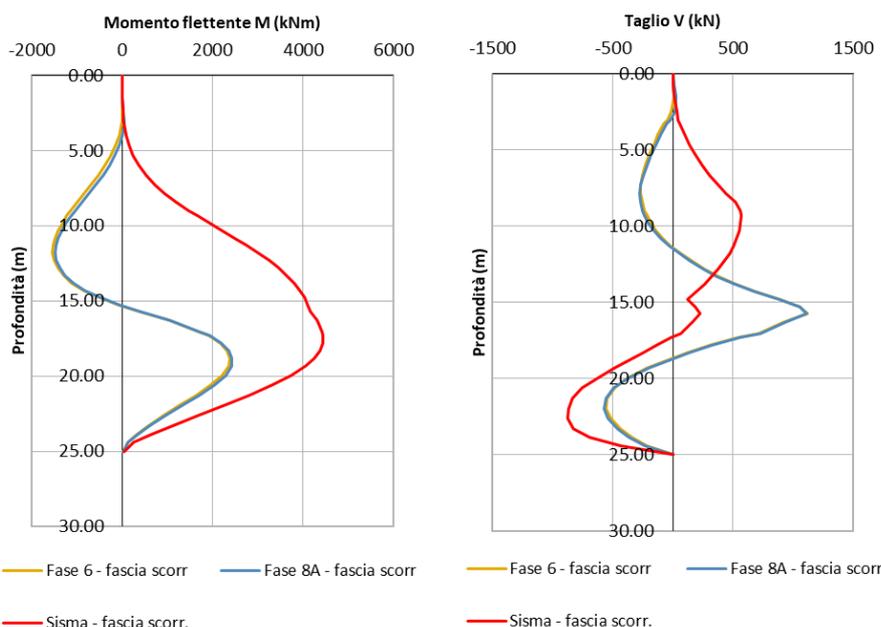


Figura 10.14. SLU – SLV: Azione flettente e tagliante sul singolo palo della paratia.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 79 di 101

10.6.2 SLE – Sollecitazioni pali

Nella Tabella 17 si riassumono i valori massimi di sforzo assiale e di momento flettente calcolati per il singolo palo mentre nella Figura 10.15 sono mostrati i rispettivi andamenti.

Tabella 17: SLE: Sollecitazioni agenti sul singolo palo della paratia.

		Paratia pali - $\varphi=1200\text{mm}$ - $i=1.4\text{m}$					
		Nmax	Nmin	Mmax	Mmin	Vmax	Vmin
SLE	Fase 6 - fascia scorr	-14.1	-763.8	1827.3	-1187.3	857.5	-427.4
SLE	Fase 8A - fascia scorr	-15.9	-759.3	1869.6	-1146.1	856.4	-442.2

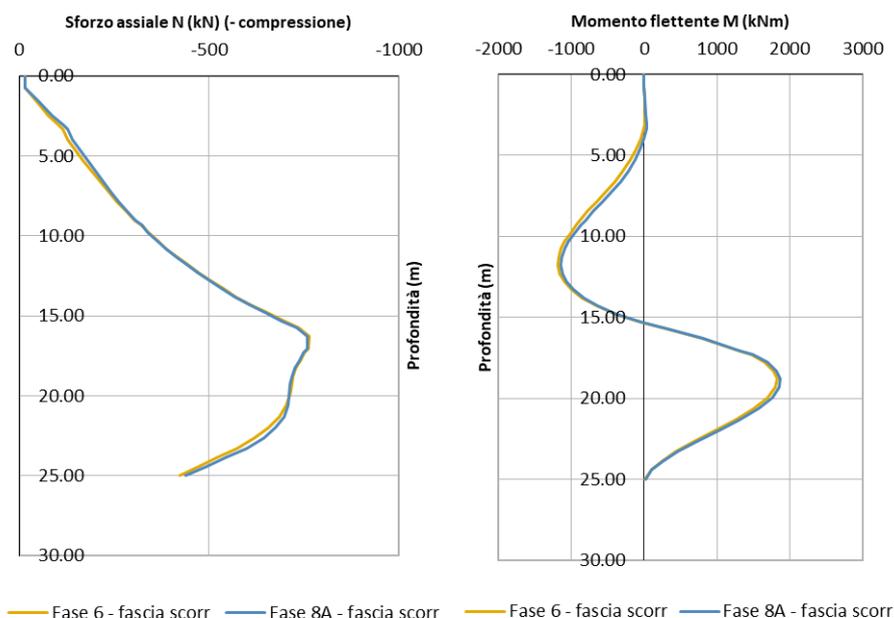


Figura 10.15. SLE: Azione assiale e flettente sul singolo palo della paratia.

10.7 VERIFICHE ALLO SLU ED ALLO SLE DI TIPO STR

Di seguito si riportano le verifiche strutturali dei pali e del cordolo di sommità. In condizioni transitorie (fasi di scavo) la verifica a fessurazione può essere omessa, mentre nelle condizioni finali si considera un'apertura limite delle fessure sugli elementi strutturali di lungo termine pari a 0.2 mm.

10.7.1 Pali

Verifica flessionale e tagliante pali

Nelle tabelle e figure seguenti si riportano i risultati della verifica flessionale e tagliante a SLU e quelle relative alle verifiche in esercizio.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 80 di 101

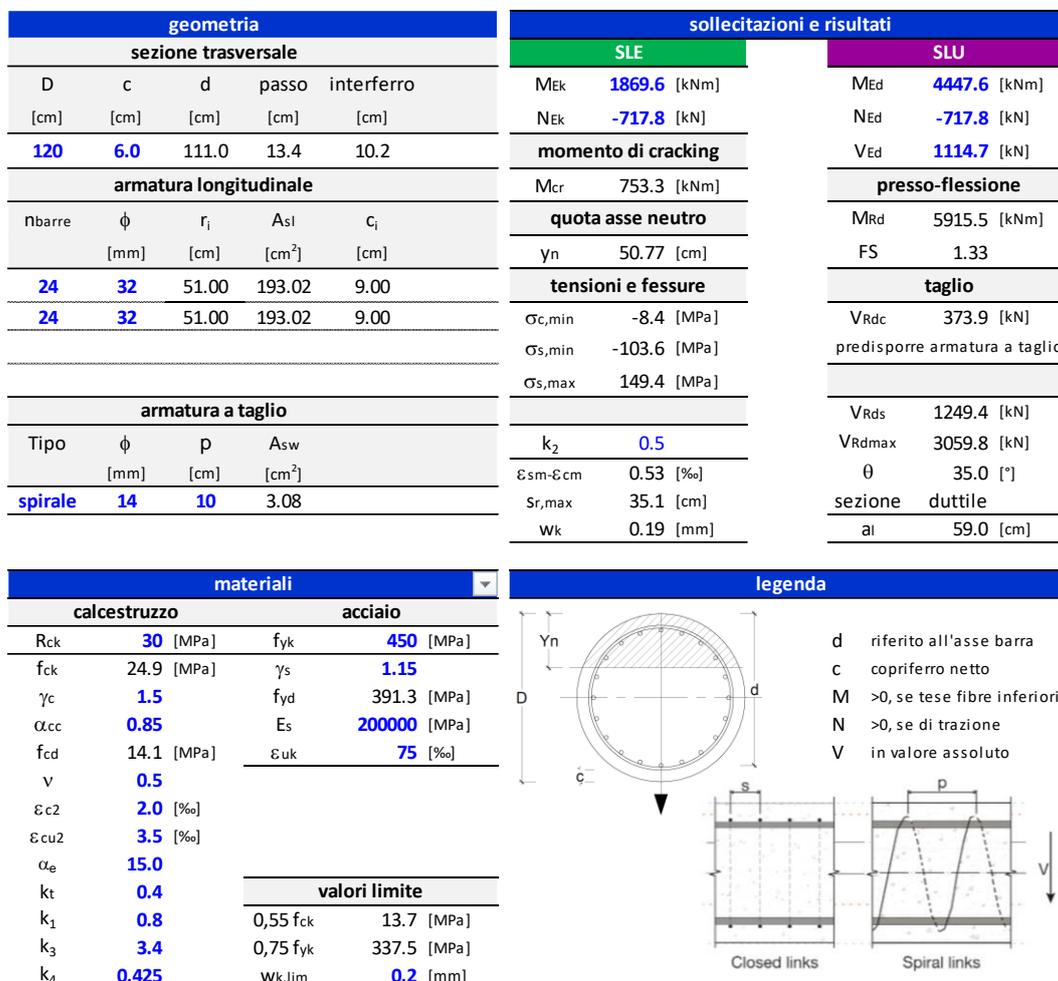


Figura 10.16. Verifica sezione più armata con sollecitazioni SLE di lungo termine (fase 8A).

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE V102-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 81 di 101

geometria					sollecitazioni e risultati						
sezione trasversale					SLE		SLU				
D	c	d	passo	interferro	MEk	940.0 [kNm]	MEd	1856.0 [kNm]			
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	NEk	-322.0 [kN]	NEd	0.0 [kN]			
120	6.0	111.0	13.4	10.2	momento di cracking		VEd	211.0 [kN]			
armatura longitudinale					Mcr	548.2 [kNm]	presso-flessione				
nbarre	φ	r _i	A _{sl}	C _i	quota asse neutro		M _{Rd}	3141.4 [kNm]			
	[mm]	[cm]	[cm ²]	[cm]	γ _n	44.04 [cm]	FS	1.69			
24	32	51.00	193.02	9.00	tensioni e fessure		taglio				
armatura a taglio					σ _{c,min}	-6.2 [MPa]	V _{Rdc}	273.9 [kN]			
Tipo	φ	p	A _{sw}		σ _{s,min}	-74.4 [MPa]	<i>non serve armatura a taglio</i>				
	[mm]	[cm]	[cm ²]		σ _{s,max}	142.2 [MPa]	V _{Rds}	623.9 [kN]			
spirale	14	20	3.08		k ₂	0.5	V _{Rdmax}	3059.8 [kN]			
					ε _{sm-ε_{cm}}	0.41 [%]	θ	35.0 [°]			
					S _{r,max}	45.0 [cm]	sezione duttile				
					W _k	0.19 [mm]	ai	78.7 [cm]			
materiali					legenda						
calcestruzzo			acciaio			R _{ck}	30 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]	d	riferito all'asse barra
f _{ck}	24.9 [MPa]	γ _s	1.15	c		copriferro netto					
γ _c	1.5	f _{yd}	391.3 [MPa]	M		>0, se tese fibre inferiori					
α _{cc}	0.85	E _s	200000 [MPa]	N		>0, se di trazione					
f _{cd}	14.1 [MPa]	ε _{uk}	75 [%]	V		in valore assoluto					
v	0.5	valori limite									
ε _{c2}	2.0 [%]	0,55 f _{ck}	13.7 [MPa]								
ε _{cu2}	3.5 [%]	0,75 f _{yk}	337.5 [MPa]								
α _e	15.0	W _{k,lim}	0.2 [mm]								
k _t	0.4										
k ₁	0.8										
k ₃	3.4										
k ₄	0.425										

Figura 10.17. Verifica sezione meno armata con sollecitazioni SLE di lungo termine (fase 8A).

	y [m]	M _{rd+} [kNm]	M _{rd-} [kNm]	Armatura	Interferro [cm]	Trd+ [kN]	Trd- [kN]	Armatura
Gabbia 1	0.1	3141.4	-3141.4	24φ32	10.2	623.9	-623.9	sp. φ14/20
	9.6	3141.4	-3141.4	24φ32	10.2	623.9	-623.9	sp. φ14/20
Gabbia 2	6.8	5915.5	-5915.5	24+24φ32	10.2	1249.4	-1249.4	sp. φ14/10
	14.7	5915.5	-5915.5	24+24φ32	10.2	1249.4	-1249.4	sp. φ14/10
	12.9	5915.5	-5915.5	24+24φ32	10.2	1249.4	-1249.4	sp. φ14/10
	18.8	5915.5	-5915.5	24+24φ32	10.2	1249.4	-1249.4	sp. φ14/10
Gabbia 3	16.0	5915.5	-5915.5	24+24φ32	10.2	1249.4	-1249.4	sp. φ14/10
	26.2	5915.5	-5915.5	24+24φ32	10.2	1249.4	-1249.4	sp. φ14/10

Tabella 18: Momento e taglio resistente ed armatura longitudinale e trasversale dei pali della paratia.

APPALTATORE: <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatara</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 82 di 101

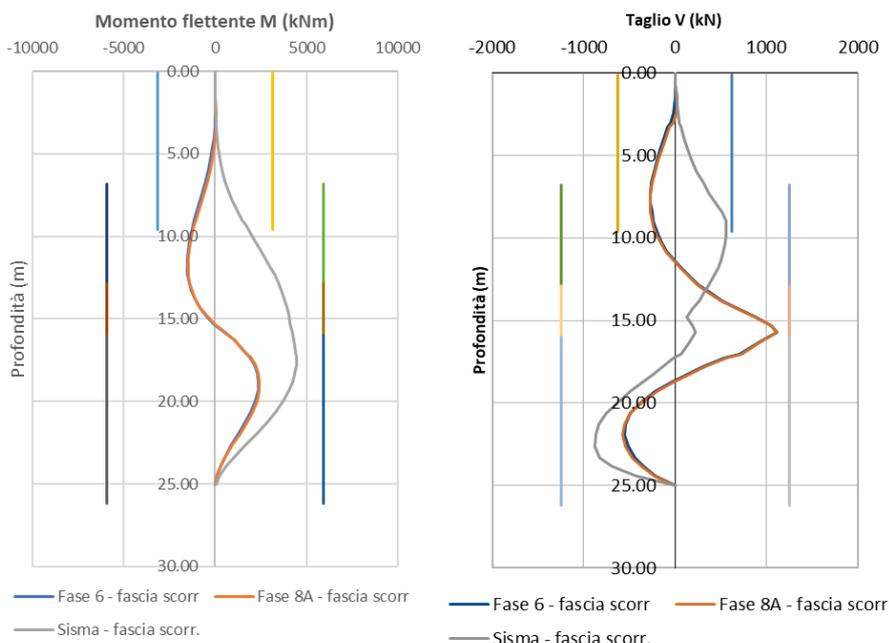


Figura 10.18. Sollecitazioni e verifica flessionale e tagliante del singolo palo.

10.7.2 Cordolo sommitale

Il cordolo sommitale della paratia di dimensioni 140 x 100 cm viene armato facendo riferimento all'armatura minima prevista al paragrafo 4.1.6.1.1 delle NTC 2008.

L'area dell'armatura longitudinale in zona tesa non deve essere inferiore a:

$$A_{s,min} = 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d$$

e comunque non minore di 0.0013 $b_t d$.

dove:

b_t = rappresenta la larghezza media della zona tesa;

d = è l'altezza utile della sezione;

f_{ctm} = è il valore medio della resistenza a trazione assiale definita nel § 11.2.10.2;

f_{yk} = è il valore caratteristico della resistenza a trazione dell'armatura ordinaria.

Al di fuori delle zone di sovrapposizione, l'area di armatura tesa o compressa non deve superare individualmente $A_{s,max} = 0,04 A_c$, essendo A_c l'area della sezione trasversale di calcestruzzo.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 83 di 101

Tipo CLS	C25/30	(min C20/25)	D.M.(7.4.2.1)	R _{ck} =	30	N/mm ²
Tipo Acciaio	B450C	(B450C)	D.M.(7.4.2.2)			

fck=	24.9	fcd=	14.11	D.M.(4.1.2.1.1.1)	fctm=	2.56	D.M.(11.2.10.2)
fyk=	450	fyd=	391.30	D.M.(4.1.2.1.1.3)			

Diametro min. armatura long.	20	≥Φ14	D.M.(7.4.6.2.1)
Diametro staffe	12	≥Φ6	D.M.(7.4.6.2.1)
N° braccia staffe	4		

Armatura longitudinale

n°ferri_tesi	7	As=	21.99cm ²
n°ferri_comp.	7	A's=	21.99cm ²

Limitazioni Armatura longitudinale 4.1.6.1.1

Arm. min.	19.45cm ²	OK	Arm. max.	560.00cm ²	OK
------------------	----------------------	-----------	------------------	-----------------------	-----------

Limitazioni Armatura trasversale 4.1.6.1.1

1.5b	4st/m	21.5cm
3 st/m	3st/m	33.3cm
0.8d		75.2cm
Passo staffe max		21.5cm

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

Armatura prevista lato terra	Armatura prevista lato scavo	Armatura trasversale
7φ20	7φ20	φ12/200mm a 4 bracci

Tabella 19 – Armatura longitudinale e trasversale cordolo sommitale della paratia.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 84 di 101

11 VERIFICA DI STABILITÀ GABBIONATA DI PROTEZIONE SPONDALE – PILA P2

Nel seguito sono descritte le verifiche previste dalle NTC 2008 relativamente alla gabbionata a monte della Pila P2 mostrata nella Figura 10.19 in cui è riportata una vista in pianta con l'ubicazione dell'opera.

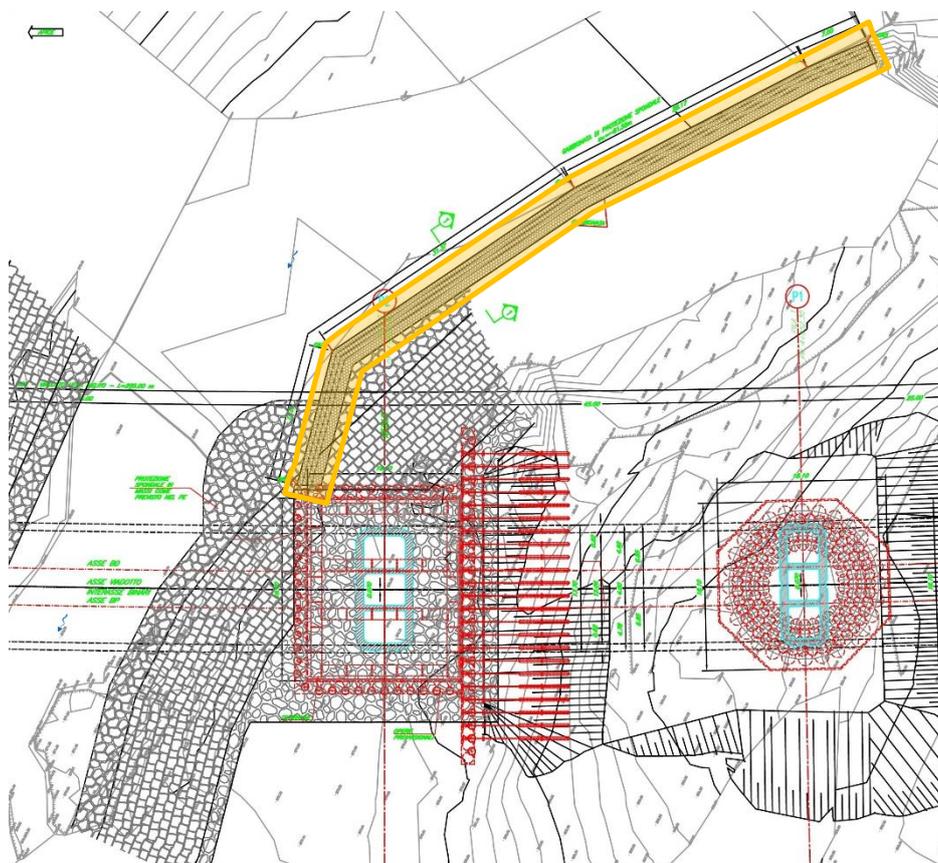


Figura 10.19. Vista in pianta con evidenziazione dell'opera in gabbioni.

11.1 DESCRIZIONE DEL CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO

Il codice di calcolo utilizzato nelle analisi descritte nel seguito è MacStARS W – Rel. 4.0. Il programma consente la verifica dell'opera come muro di sostegno eseguendo le seguenti tipologie di verifica:

- Verifica di stabilità globale;
- Verifica di scorrimento;
- Verifica di capacità portante;
- Verifica al ribaltamento.

APPALTATORE: <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatara</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 85 di 101

La *verifica di stabilità globale* fa riferimento ai metodi di stabilità all'equilibrio limite. La porzione di terreno soggetta a rottura viene divisa in conci e per ciascuno di questi si calcolano le forze alle quali sono assoggettati: forze esterne, peso, reazioni alla base e forze di contatto tra concio e concio. Nel codice di calcolo MacStARS W si utilizzano il metodo semplificato di Bishop.

La *verifica a scorrimento* accerta la stabilità dell'opera allo scorrimento lungo un piano orizzontale scelto dall'utente, con parametri di verifica (coesione e angolo di attrito sulla superficie di scorrimento) scelti pure dall'utente in funzione del tipo di contatto alla base.

La *verifica di capacità portante* accerta la sicurezza nei confronti della rottura del terreno di fondazione. In particolare la pressione ultima dei terreni di fondazione viene calcolata con un metodo genare, che riprende i classici metodi dell'equilibrio limite (Terzaghi, Hansen, Meyerof), e che consente di tenere in conto situazioni stratigrafiche o geometriche complesse.

La *verifica a ribaltamento* accerta la stabilità dell'opera al ribaltamento attorno ad un punto alla base del muro.

I fattori di sicurezza riportati da programma sono forniti in rapporto ai coefficienti parziali per le resistenze γ_R .

L'analisi in condizione sismiche è eseguita mediante il metodo pseudostatico, ovvero l'azione sismica viene rappresentata da un'azione statica equivalente.

11.2 DATI DI INPUT DEL MODELLO E LIVELLI PIEZOMETRICI

I parametri dei materiali assunti nelle analisi sono mostrati nella Tabella 20. Si ritiene utile evidenziare che per il versante sono stati assegnati i parametri del corpo di frana in accordo a quanto contenuto negli elaborati specialistici di progetto.

Unità		Versante	Rilevato	Riempimento gabbioni
Proprietà	u.m.			
γ	kN/m ³	20.0	20.0	17.5
c'	kPa	17.0	0.0	12.5
ϕ'	°	20.0	32.0	40.0

Tabella 20: Parametri geotecnici (vedasi Figura 10.20).

Nella Figura 10.20 si può osservare il modello implementato nel codice di calcolo in cui si può notare la stratigrafia e l'andamento della falda. A tergo dell'opera in gabbioni è stato applicato un carico variabile di 5 kPa.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 86 di 101

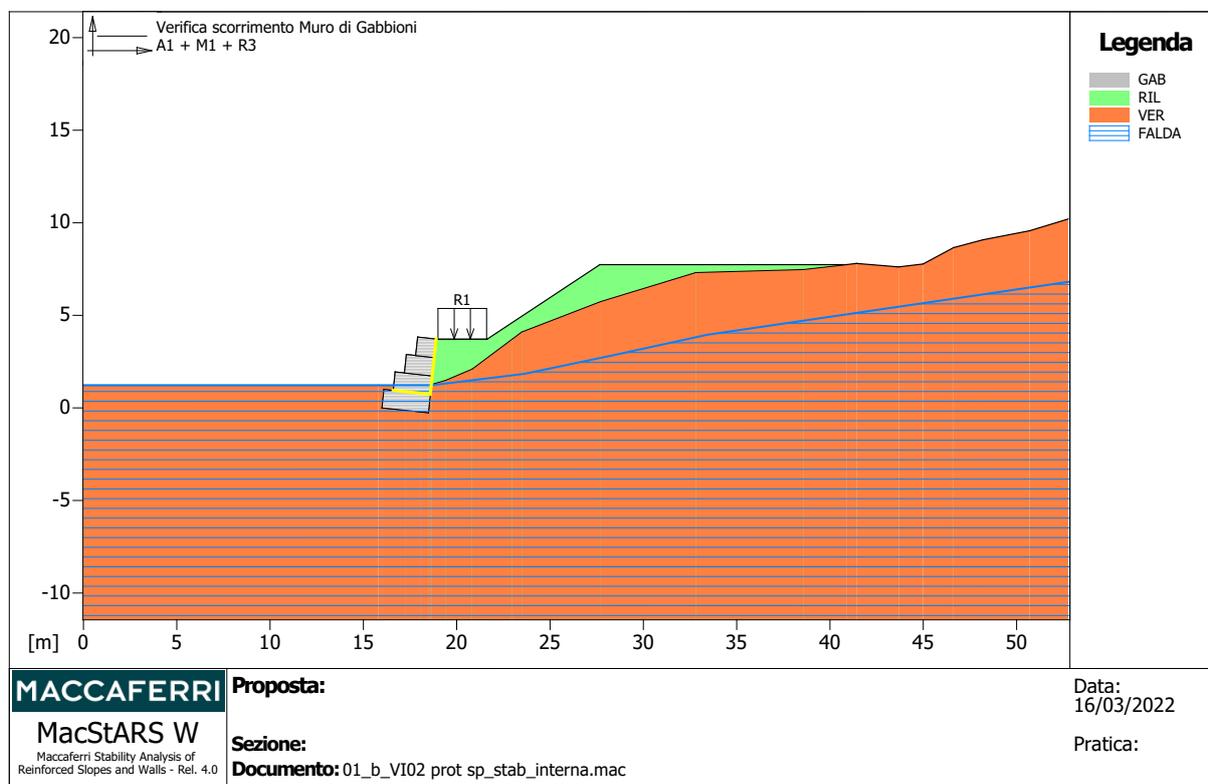


Figura 10.20. Modello di calcolo.

11.3 AZIONE SISMICA

I parametri di riferimento per l'azione sismica sono riassunti nella tabella seguente:

Vita nominale	Classe d'uso	Accelerazione di riferimento a_g/g	Categoria sottosuolo	Categoria topografica	Accelerazione massima attesa al sito a_{max}/g
75	III	0.381	C	T2 (h/H=0.25)	0.471

Tabella 21: Parametri sismici.

L'analisi in condizioni sismiche è eseguita mediante il metodo pseudostatico ovvero l'azione sismica viene rappresentata da una azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale alle masse coinvolte e simulata da una accelerazione orizzontale e verticale aggiuntiva a quella di gravità.

I coefficienti sismici per le verifiche locali del muro di sostegno sono stati determinati in accordo al paragrafo 7.11.6.2.1 del DM 14/01/2008 ed assumendo un coefficiente di deformabilità β_m pari a 0.31 si ottiene:

$$k_h = \beta_m \times a_{max} / g = 0.146$$

APPALTATORE: <u>Consortio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 87 di 101

$$k_v = \pm 0.5 \quad k_h = 0.073$$

Il calcolo dei coefficienti sismici per le verifiche di stabilità globale dell'opera è stato condotto in accordo al paragrafo 7.11.3.5.2 del DM 14/01/2008 ed assumendo un coefficiente β_s pari a 0.28 si ottiene:

$$k_h = \beta_s \times a_{max} / g = 0.132$$

$$k_v = \pm 0.5 \quad k_h = 0.066$$

11.4 CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche in accordo con le prescrizioni di norma sono riassunte nella tabella seguente:

Caso statico		
Verifica	Approccio	Condizione di verifica
Scorrimento	A1+M1+R3	$F_s \geq 1.10$
Capacità portante	A1+M1+R3	$F_s \geq 1.40$
Ribaltamento	EQU+M2+R1	$F_s \geq 1.00$
Stabilità globale	A2+M2+R2	$F_s \geq 1.10$
Caso sismico		
Verifica	Approccio	Condizione di verifica
Scorrimento SLV	$M1+R3+k_h \pm k_v$	$F_s \geq 1.10$
Capacità portante SLV	$M1+R3+k_h \pm k_v$	$F_s \geq 1.40$
Ribaltamento SLV	$EQU+M2+k_h \pm k_v$	$F_s \geq 1.00$
Stabilità globale SLV	$M2+R2+k_h \pm k_v$	$F_s \geq 1.10$

Tabella 22: Verifiche eseguite per l'opera in gabbioni.

11.5 RIEPILOGO RISULTATI DELLE VERIFICHE

Nella Tabella 23 si riportano per ciascuna verifica i fattori di sicurezza ottenuti: per maggiori dettagli si rimanda ai tabulati di calcolo presenti nei seguenti paragrafi 11.6 e 11.7.

È bene precisare che i fattori di sicurezza (mostrati nelle figure presenti nei tabulati di calcolo), ottenuti nelle diverse verifiche e calcolati dal codice MacStARS W (Maccaferri), sono divisi per i coefficienti parziali delle resistenze γ_R richiesti dalla normativa per ogni tipologia di verifica. La verifica è quindi soddisfatta se:

$$FS_{programma} = FS / \gamma_R \rightarrow \text{verifica superata se } FS_{programma} \geq 1$$

Per maggiori dettagli si rimanda ai tabulati di calcolo contenuti nei paragrafi 11.6 e 11.7 seguenti.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 88 di 101

Caso statico				
Verifica	Approccio	$F_{SMACSTARS} = F_s / \gamma_R$	F_s	γ_R
Scorrimento	A1+M1+R3	4.481	4.929	≥ 1.1
Capacità portante	A1+M1+R3	3.466	4.852	≥ 1.4
Ribaltamento	EQU+M2+R1	5.136	5.136	≥ 1.0
Stabilità globale	A2+M2+R2	1.408	1.549	≥ 1.1

Caso sismico				
Verifica	Approccio	$F_{SMACSTARS} = F_s / \gamma_R$	F_s	γ_R
Scorrimento	M1+R3+k _h ± k _v	3.335	3.669	≥ 1.1
Capacità portante	M1+R3+k _h ± k _v	4.296	6.014	≥ 1.4
Ribaltamento	EQU+M2+k _h ± k _v	4.056	4.056	≥ 1.0
Stabilità globale	M2+R2+k _h ± k _v	1.016	1.118	≥ 1.1

Tabella 23: Riepilogo verifiche eseguite per l'opera in gabbioni.

11.6 TABULATI DI CALCOLO: CASO STATICO

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Terreno : GAB

Descrizione : Gabbioni

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace

Coesione.....[kN/m²].....: 12.50

Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio

Angolo d'attrito.....[°].....: 40.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole

Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 17.50

Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 17.50

Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 89 di 101

Terreno : RIL

Descrizione : Rilevato

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
 Coesione.....[kN/m²].....: 0.00
 Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
 Angolo d'attrito.....[°].....: 32.00
 Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
 Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
 Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 19.00
 Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 20.00

 Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

Terreno : VER

Descrizione : Versante

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace
 Coesione.....[kN/m²].....: 17.00
 Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
 Angolo d'attrito.....[°].....: 20.00
 Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00
 Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
 Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 19.00
 Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 20.00

 Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

PROFILI STRATIGRAFICI
Strato: RIL

Descrizione:

Terreno : RIL

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
17.24	1.22	18.90	3.70	21.62	3.70	27.68	7.74
35.58	7.74	40.88	7.74				

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 90 di 101

Strato: VERS

Descrizione:

Terreno : VER

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	1.22	15.81	1.22	17.24	1.22	18.05	1.22
18.64	1.27	19.40	1.48	20.82	2.09	23.49	4.10
27.72	5.75	32.81	7.31	38.57	7.48	40.88	7.74
41.42	7.80	43.68	7.61	44.99	7.77	46.63	8.65
48.20	9.07	50.70	9.57	52.76	10.20		

PROFILI FALDE FREATICHE
Falda: FALDA

Descrizione: Falda

X	Y	Y	P	X	Y	Y	P
[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]
0.00	1.22			18.64	1.22		
23.63	1.84			28.40	2.84		
33.41	3.94			45.88	5.78		
53.64	6.93						

MURI IN GABBIONI
Muro : GW 1

Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 16.00 Ordinata.....= 0.00

Rotazione muro.....[°].....= 6.00

Materiale riempimento gabbioni.....: GAB

Terreno di riempimento a tergo.....: RIL

Terreno di copertura.....: RIL

Terreno di fondazione.....: VER

Strato	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Distanza [m]	Pu [kN/m ³]
1	2.50	1.00	0.00	93.20
2	2.00	1.00	0.50	93.20
3	1.50	1.00	1.00	93.20
4	1.00	1.00	1.50	93.20

Gabbioni senza diaframmi

Maglia 8x10

Diametro filo 3,0 [mm]

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 91 di 101

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00

Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

CARICHI

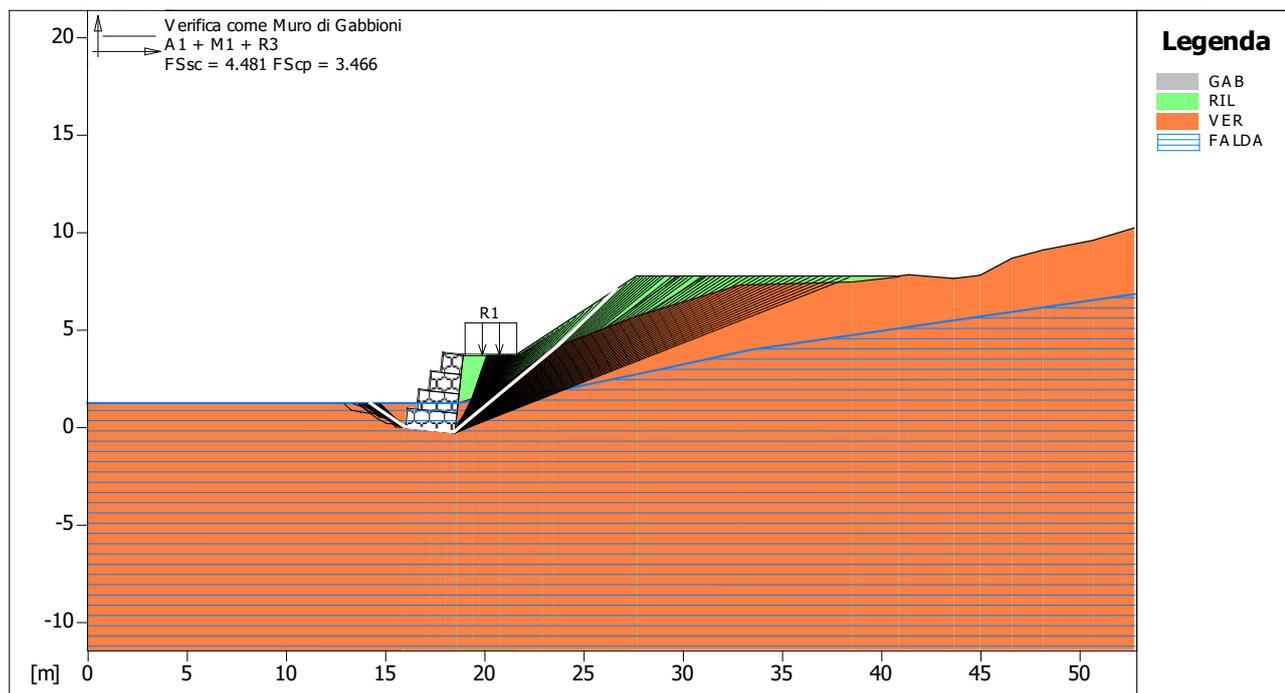
Pressione : R1 Descrizione : Carico variabile

Classe : Variabile - sfavorevole

Intensità.....[kN/m²]..= 5.00 Inclinazione.....[°]..= 0.00

Ascissa.....[m] : Da = 19.00 To = 21.60

VERIFICHE



MACCAFERRI MacStARS W <small>Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0</small>	Proposta:	Data: 16/03/2022
	Sezione: Documento: 01_VI02 prot sp_A1+M1+R3.mac	Pratica:

Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco : GW 1

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 131.63

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 92 di 101

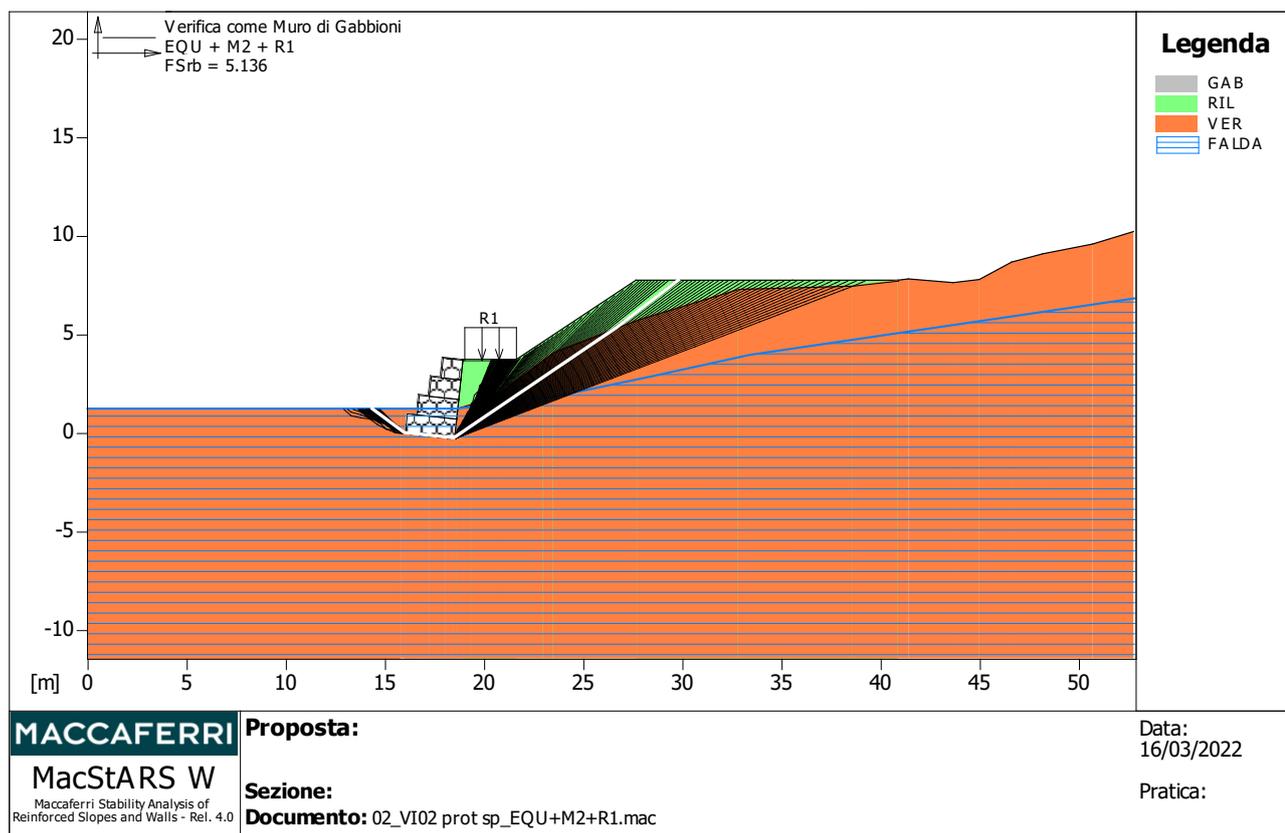
Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 26.70
 Classe scorrimento.....: Coeff. Parziale R - Scorrimento
 Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 4.481
 Pressione ultima calcolata con Brinch Hansen.

Pressione ultima.....[kN/m²].....: 281.99
 Pressione media agente.....[kN/m²].....: 58.12
 Classe pressione.....: Coeff. Parziale R - Capacità portante
 Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 3.466
 Fondazione equivalente.....[m].....: 2.53
 Eccentricità forza normale.....[m].....: 0.00
 Braccio momento.....[m].....: 1.28
 Forza normale.....[kN].....: 146.09
 Pressione estremo di valle.....[kN/m²].....: 57.80
 Pressione estremo di monte.....[kN/m²].....: 57.80

Fattore	Classe
1.50	Variabile - sfavorevole
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.30	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.10	Coeff. Parziale R - Scorrimento
1.40	Coeff. Parziale R - Capacità portante

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 93 di 101

VERIFICHE



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : EQU + M2 + R1

Stabilità verificata sul blocco : GW 1

Momento Stabilizzante.....[kN*m/m].....: 213.99

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m].....: 41.66

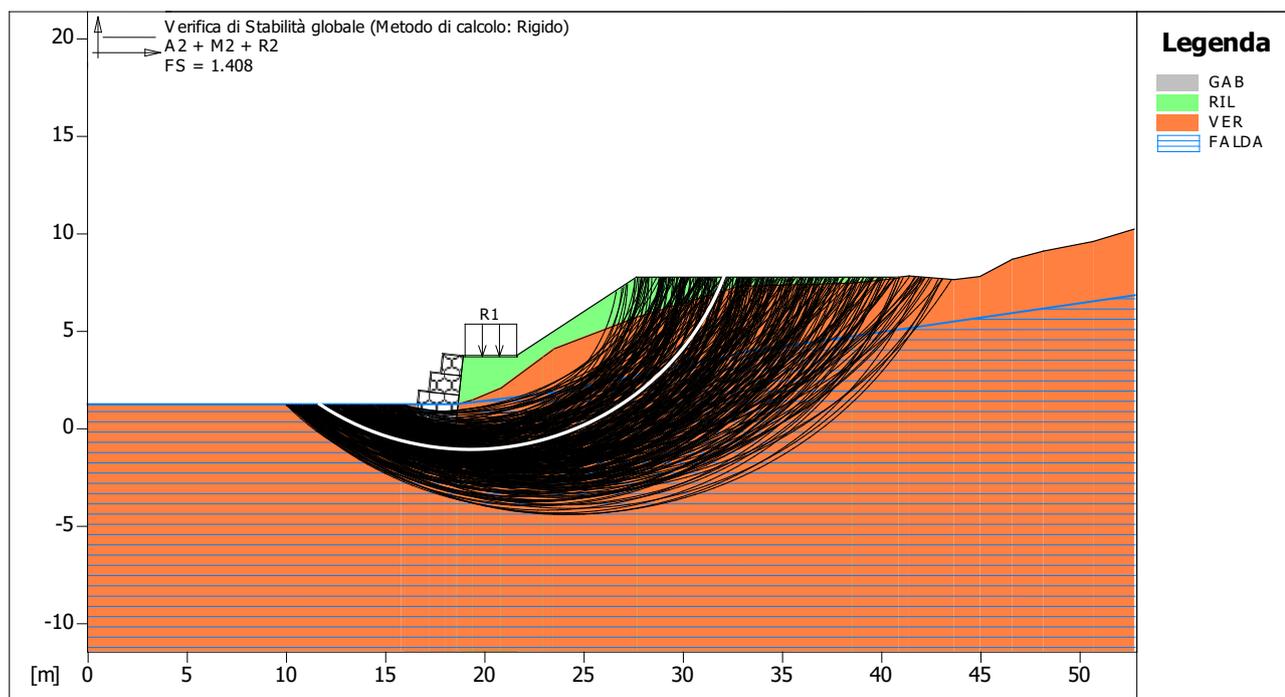
Classe momento.....: Coeff. Parziale R - Ribaltamento

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 5.136

Fattore	Classe
1.50	Variabile - sfavorevole
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.10	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Coeff. Parziale R - Ribaltamento

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 94 di 101

VERIFICHE



Legenda

- GAB
- RIL
- VER
- FALDA

MACCAFERRI	Proposta: MacStARS W <small>Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0</small>	Data: 16/03/2022 Pratica:
	Sezione: Documento: 03_VI02 prot sp_A2+M2+R2.mac	

Verifica di stabilità globale :

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.408

Intervallo di ricerca delle superfici

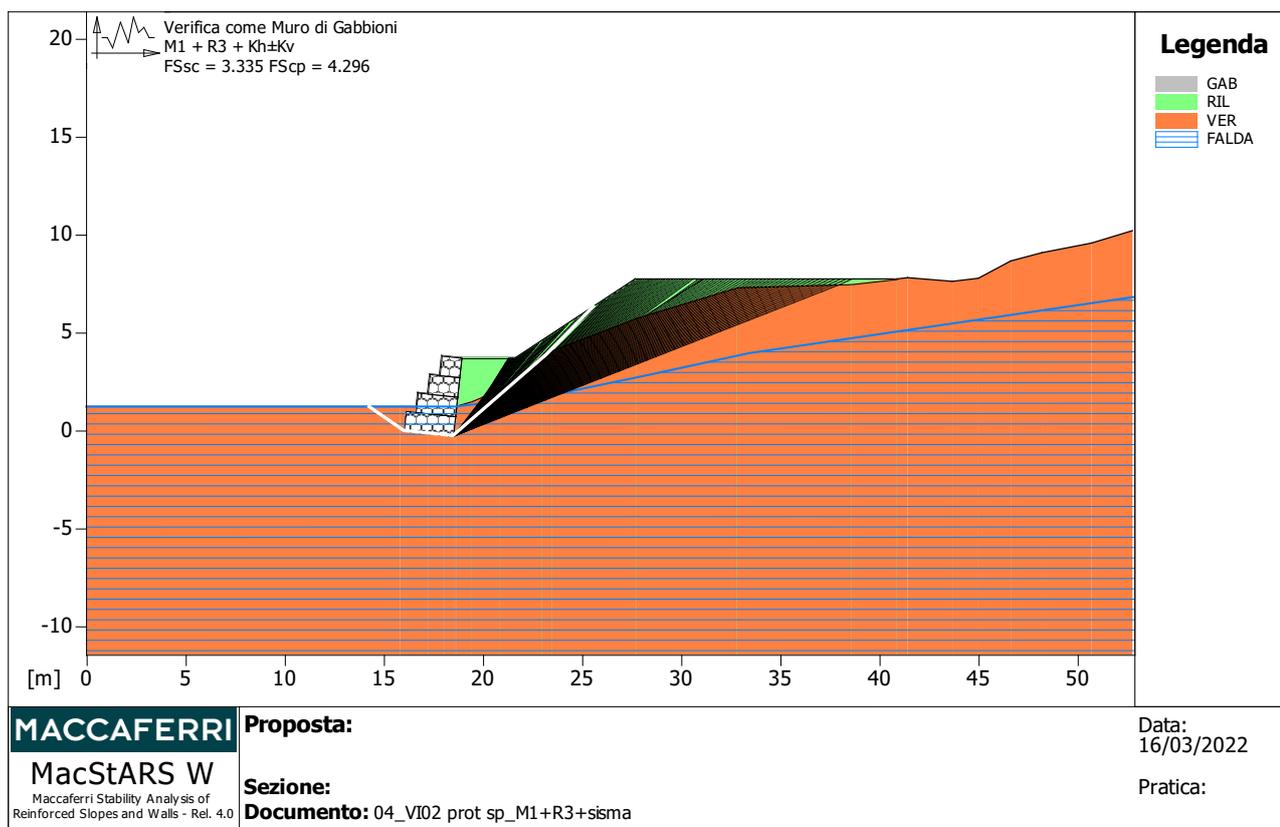
Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
10.00	16.00	18.49	45.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		50	
Numero totale superfici di prova.....:		1000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		0.50	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 95 di 101

Fattore	Classe
1.30	Variabile - sfavorevole
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. Parziale R - Stabilità

11.7 TABULATI DI CALCOLO: CASO SISMICO

VERIFICHE



Sisma :

Classe : Sisma

Accelerazione.....[m/s²].....: Orizzontale.....= 1.43 Verticale= 0.72

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 96 di 101

Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : GW 1

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 96.37

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 26.27

Classe scorrimento.....: Coeff. Parziale R - Scorrimento

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 3.335

Pressione ultima calcolata con Brinch Hansen.

Pressione ultima.....[kN/m²].....: 224.09

Pressione media agente.....[kN/m²].....: 37.26

Classe pressione.....: Coeff. Parziale R - Capacità portante

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 4.296

Fondazione equivalente.....[m].....: 2.53

Eccentricità forza normale.....[m].....: 0.00

Braccio momento.....[m].....: 0.77

Forza normale.....[kN].....: 93.66

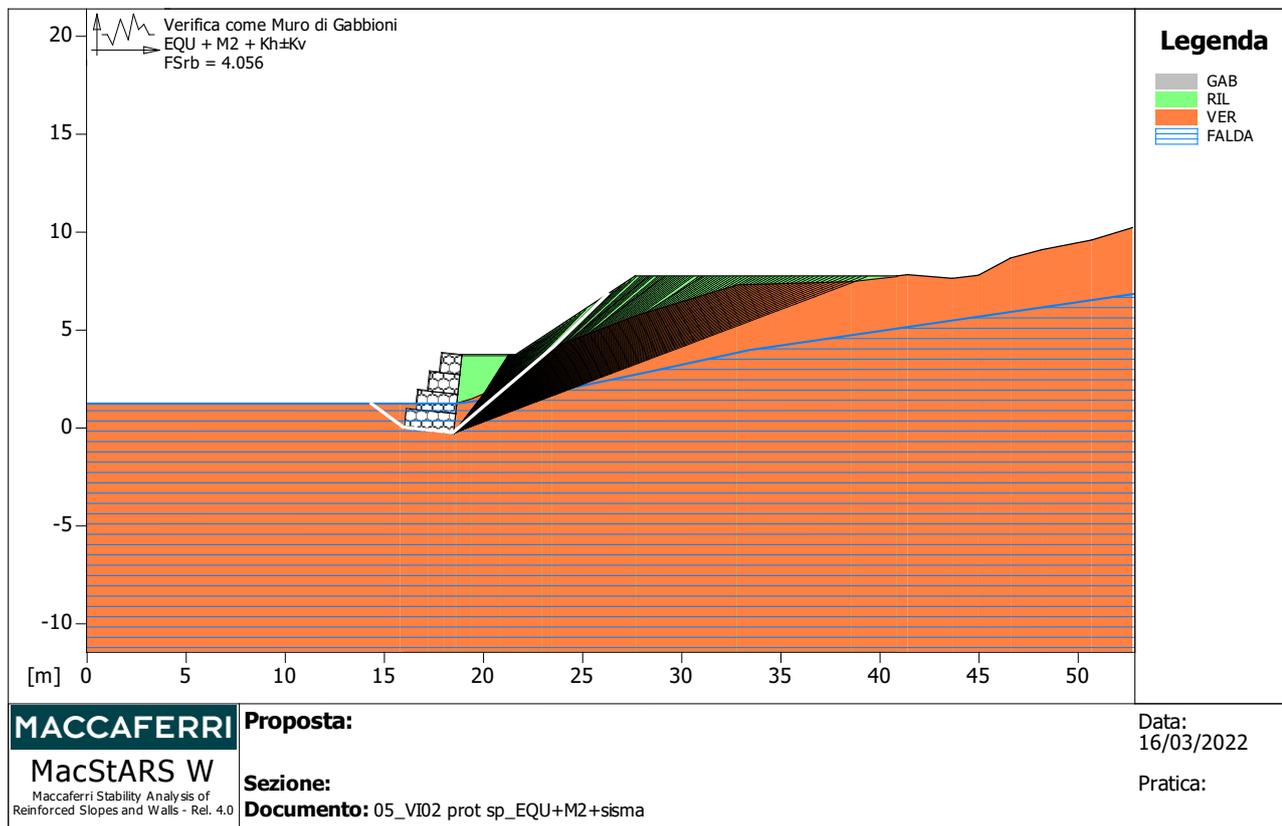
Pressione estremo di valle.....[kN/m²].....: 37.06

Pressione estremo di monte.....[kN/m²].....: 37.06

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.10	Coeff. Parziale R - Scorrimento
1.40	Coeff. Parziale R - Capacità portante

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 97 di 101

VERIFICHE



CARICHI

Sisma :

Classe : Sisma

Accelerazione.....[m/s²].....: Orizzontale.....= 1.43 Verticale= 0.72

Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : EQU + M2 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : GW 1

Momento Stabilizzante.....[kN*m/m].....: 146.28

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m].....: 36.07

Classe momento.....: Coeff. Parziale R - Ribaltamento

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 4.056

Fattore

Classe

1.00

Sisma

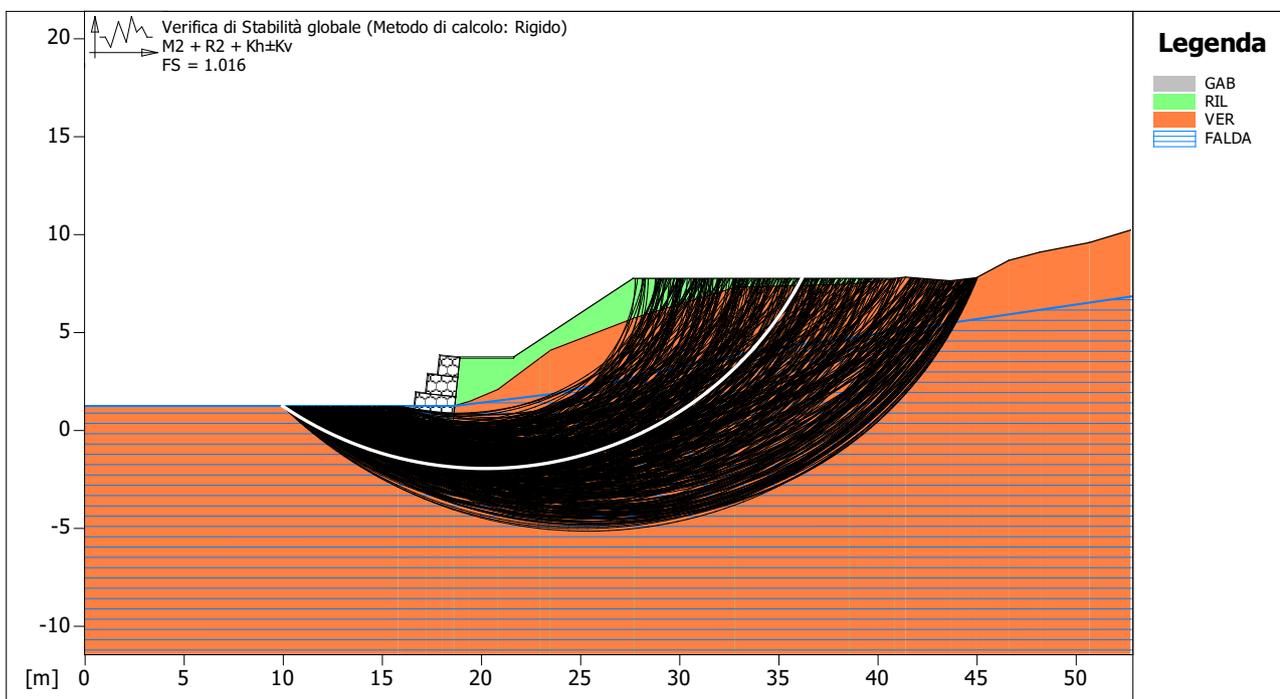
1.25

Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 98 di 101

- 1.25 Coeff. Parziale - Coesione efficace
- 1.40 Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
- 1.00 Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
- 1.00 Coeff. Parziale R - Ribaltamento

VERIFICHE



MACCAFERRI MacStARS W <small>Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0</small>	Proposta:	Data: 16/03/2022
	Sezione: Documento: 06_VI02 prot sp_M2+R2+sisma	Pratica:

CARICHI

Sisma :

Classe : Sisma

Accelerazione.....[m/s²].....: Orizzontale.....= 1.29 Verticale_= 0.65

Verifica di stabilità globale :

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S P A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 99 di 101

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.016

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
10.00	16.00	18.49	45.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		50	
Numero totale superfici di prova.....:		1000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		0.50	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.40	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. Parziale R - Stabilità

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 100 di 101

12 INCIDENZE DI ARMATURA

12.1 PARATIA DI PALI PILA 2

Paratia di monte

Tabella ferri						
ARMATURA PALO LUNGH. = 20 m						
POS.	N.	DIAM.	LUNG. (cm)	P.U.	LUNG. TOT. (cm)	PESO (kg)
1	16	32	1200	6.313	19200	1212
2	16	32	970	6.313	15520	980
2	16	32	1060	6.313	16960	1071
2	16	32	530	6.313	8480	535
7	1	14	24630	1.208	24629.52993	298
8	1	14	28868	1.208	28867.71321	349
5	12	24	360	3.551	4320	153
Kg						4598
AREA PALO (m ²)						1.13
LUNGH. PALO (m)						20.00
VOLUME (m ³)						22.61
INCIDENZA DI CALCOLO (kg/m ³)						203.4
Incremento percentuale % (*)						5
INCIDENZA DI PROGETTO (kg/m ³)						215.0

Incidenza media armature pali: 215 kg/m³

Paratia di valle

Tabella ferri						
ARMATURA PALO LUNGH. = 16 m						
POS.	N.	DIAM.	LUNG. (cm)	P.U.	LUNG. TOT. (cm)	PESO (kg)
1	18	26	1200	4.168	21600	900
2	18	26	660	4.168	11880	495
7	1	12	18486	0.888	18486.4709	164
8	1	12	7731	0.888	7730.706014	69
5	10	24	360	3.551	3600	128
Kg						1756
AREA PALO (m ²)						1.13
LUNGH. PALO (m)						16.00
VOLUME (m ³)						18.09
INCIDENZA DI CALCOLO (kg/m ³)						97.1
Incremento percentuale % (*)						5
INCIDENZA DI PROGETTO (kg/m ³)						105.0

Incidenza media armature pali: 105 kg/m³

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV WEBUILD S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE VI02-VERSANTE GROTTAMINARDA - Relazione di calcolo opere di sostegno scavi pila Spalla A- Pila P2	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA V ZZ CL	DOCUMENTO VVI0202 002	REV. B	FOGLIO 101 di 101

12.2 PARATIA DI PALI SPALLA A-PZ1

Tabella ferri						
ARMATURA PALO LUNGH. = 25 m						
POS.	N.	DIAM.	LUNG. (cm)	P.U.	LUNG. TOT. (cm)	PESO (kg)
1	24	32	1200	6.313	28800	1818
2	48	32	1200	6.313	57600	3636
3	48	32	560	6.313	26880	1697
7	1	14	18486	1.208	18486.4709	223
8	1	14	33567	1.208	33567.10838	406
9	1	14	12084	1.208	12084.15902	146
5	15	24	360	3.551	5400	192
Kg						8118
AREA PALO (m ²)						1.13
LUNGH. PALO (m)						25.00
VOLUME (m ³)						28.26
INCIDENZA DI CALCOLO (kg/m ³)						287.3
Incremento percentuale % (*)						5
INCIDENZA DI PROGETTO (kg/m ³)						300.0

Incidenza media armature pali: 300 kg/m3