



PROGETTO DI AMPLIAMENTO DELLA DISCARICA  
PER RIFIUTI NON PERICOLOSI "CA' DEI LADRI"  
MEDIANTE COMPLETAMENTO DEL III E IV SETTORE  
E REALIZZAZIONE DEL V SETTORE CON VARIANTE AL  
PSC ED AL POC DEL COMUNE DI GAGGIO MONTANO (BO)  
INTEGRAZIONI E MODIFICHE

*PROGETTO DEFINITIVO*

Redazione:

  
**TECNOAPPENNINO s.r.l.**  
Società di Ingegneria e Geologia  
tel: 051-916012 r.a. fax: 051-916450  
e-mail: tecnoappennino@tecnoappennino.191.it

Ing. Lamberto Zanini

Committente:

**CO.SE.A**

Responsabile del Progetto  
Dott. Gian Galeazzo Giunta

Responsabile dell'Impianto  
Dott. Christian Marin

Elaborato:

**D**

Oggetto:

**Calcoli preliminari delle strutture**

## INDICE DEGLI ELABORATI

RELAZIONE DI CALCOLO.....	2
ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE.....	2
DESCRIZIONE DEL CONTESTO EDILIZIO.....	2
DESCRIZIONE GENERALE DELLA STRUTTURA.....	2
NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO.....	7
DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO.....	7
ANALISI DEI CARICHI: .....	7
DESCRIZIONE DEI MATERIALI.....	8
ILLUSTRAZIONE DEI CRITERI DI PROGETTAZIONE E DI MODELLAZIONE .....	8
INDICAZIONE DELLE PRINCIPALI COMBINAZIONI DI CARICO .....	9
METODOLOGIA DI MODELLAZIONE ED ANALISI .....	14
INVILUPPO DELLE SOLLECITAZIONI MAGGIORMENTE SIGNIFICATIVE.....	14
VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI.....	18
VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO .....	27

## INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1: P1.1. ....	3
FIGURA 2: P1.2-1.3. ....	3
FIGURA 3: P2.1-2.2 .....	4
FIGURA 4: P3.....	4
FIGURA 5: G1 E G2.....	5
FIGURA 6: G3. ....	5
FIGURA 7: P1K. ....	6
FIGURA 8: P2K. ....	6
FIGURA 9: P3K. ....	7
FIGURA 10: P1.1. ....	9
FIGURA 11: P1.2-1.3 .....	10
FIGURA 12: P2.1-2.2 .....	10
FIGURA 13: P3. ....	11
FIGURA 14: G1 E G2.....	11
FIGURA 15: G3. ....	12
FIGURA 16: P1K. ....	12
FIGURA 17: P2K. ....	13
FIGURA 18: P3K. ....	13
FIGURA 19: P1.1 - SOLLECITAZIONI.....	14
FIGURA 20: P1.2-1.3 - SOLLECITAZIONI.....	14
FIGURA 21: P2.1-2.2 - SOLLECITAZIONI.....	15
FIGURA 22: P3- SOLLECITAZIONI. ....	15
FIGURA 23: G1 E G2- SOLLECITAZIONI.....	16
FIGURA 24: G3- SOLLECITAZIONI. ....	16
FIGURA 25: P1K- SOLLECITAZIONI. ....	17
FIGURA 26: P2K- SOLLECITAZIONI. ....	17
FIGURA 27: P3K- SOLLECITAZIONI. ....	18
FIGURA 28: COEFFICIENTE NM, PER I SINGOLI PALI .....	19

# RELAZIONE DI CALCOLO

## **Illustrazione sintetica degli elementi essenziali del progetto strutturale**

### **DESCRIZIONE DEL CONTESTO EDILIZIO**

Nella presente relazione sono illustrati gli interventi relativi alle opere da realizzare nell'ambito dell'ampliamento della discarica per rifiuti non pericolosi "Cà dei Ladri" mediante il completamento del III e IV settore e la realizzazione del V settore con variante al PSC ed al POC del comune di Gaggio Montano (BO); tale progetto vede la realizzazione di diverse opere di consolidamento denominate P1.1, P1.2-1.3, P2.1-2.2, P3, G1, G2, G3, P1k, P2K e P3K secondo i codici assunti nello studio geotecnico redatto a cura del Dott. Ing. Mauro De Gennaro.

Il comune di Gaggio Montano è classificato di terza categoria per ciò che riguarda il rischio sismico.

Nella presente relazione per l'esecuzione dei calcoli e il dimensionamento delle strutture, si è fatto riferimento alle "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" (D.M. 14/01/2008).

### **DESCRIZIONE GENERALE DELLA STRUTTURA**

Si riporta qui di seguito la descrizione degli interventi in progetto. Per essi è stata adottata una vita nominale di 50 anni ed una classe d'uso III. Per il progetto e la verifica è stato utilizzato un software denominato Pac della Aztec Informatica.

Le opere si trovano lungo due sezioni longitudinali di progetto denominate 4bis e K, individuate nella relazione geotecnica di progetto.

Per quanto riguarda la determinazione delle spinte di progetto, in relazione geotecnica è stata eseguita una verifica di stabilità globale del pendio, determinando, con diverse condizioni al contorno, le spinte sulle singole opere di sostegno.

Tale approccio è da considerarsi sicuramente cautelativo avendo individuato cunei di spinta complessi sulle singole opere che hanno funzione di presidi strutturali e non sono perciò definibili come paratie in senso stretto.

La verifica sulle singole opere considererà, cautelativamente, la mancanza del terreno a valle delle opere, per gli spessori individuati dalle verifiche di stabilità eseguite.

#### ***Intervento P.1.1***

È costituita da una paratia di pali di diametro 1000 mm e lunghezza di infissione 20 m, ad interasse di 150 cm; il cordolo di coronamento sarà a sezione rettangolare 150x100(H) cm. Si riporta qui di seguito lo schema di calcolo adottato:

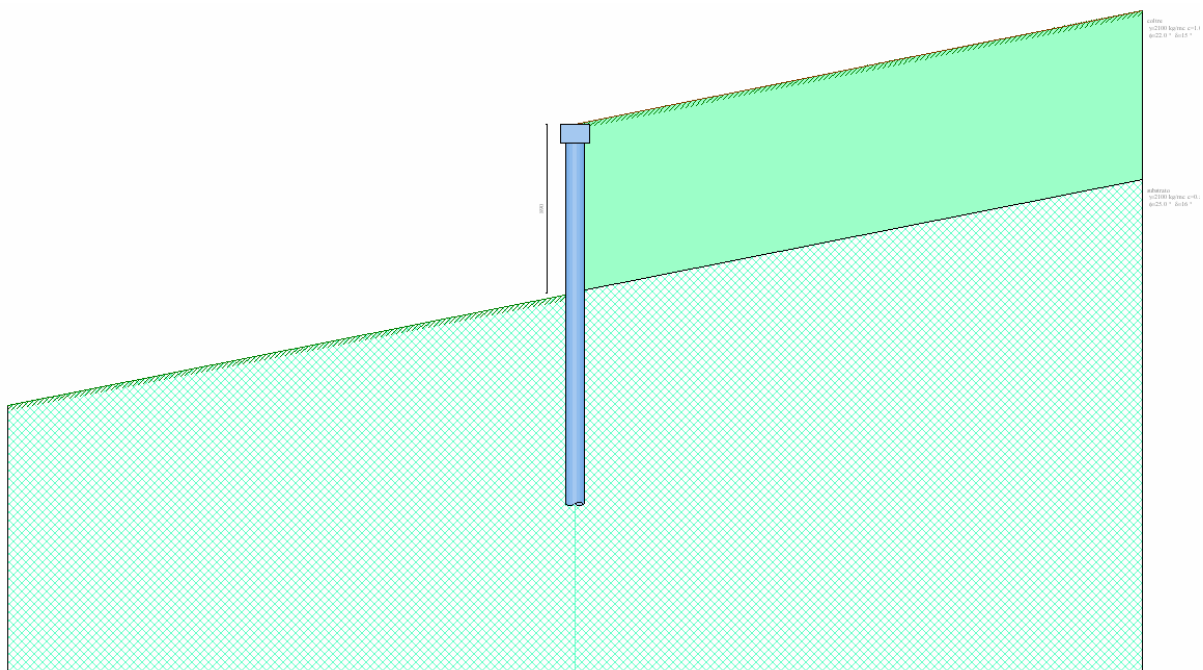


Figura 1: P1.1.

### ***Intervento P.1.2-1.3***

È costituita da una struttura tridimensionale a pozzo con pali di diametro 80 cm e lunghezza 20 m, con interasse di 150 cm, disposti su due file ad interasse di 6 metri. Cautelativamente non si sono considerati come resistenti le opere disposte tra le due file a lato maggiore di pali, costituite da quattro setti sul lato corto.

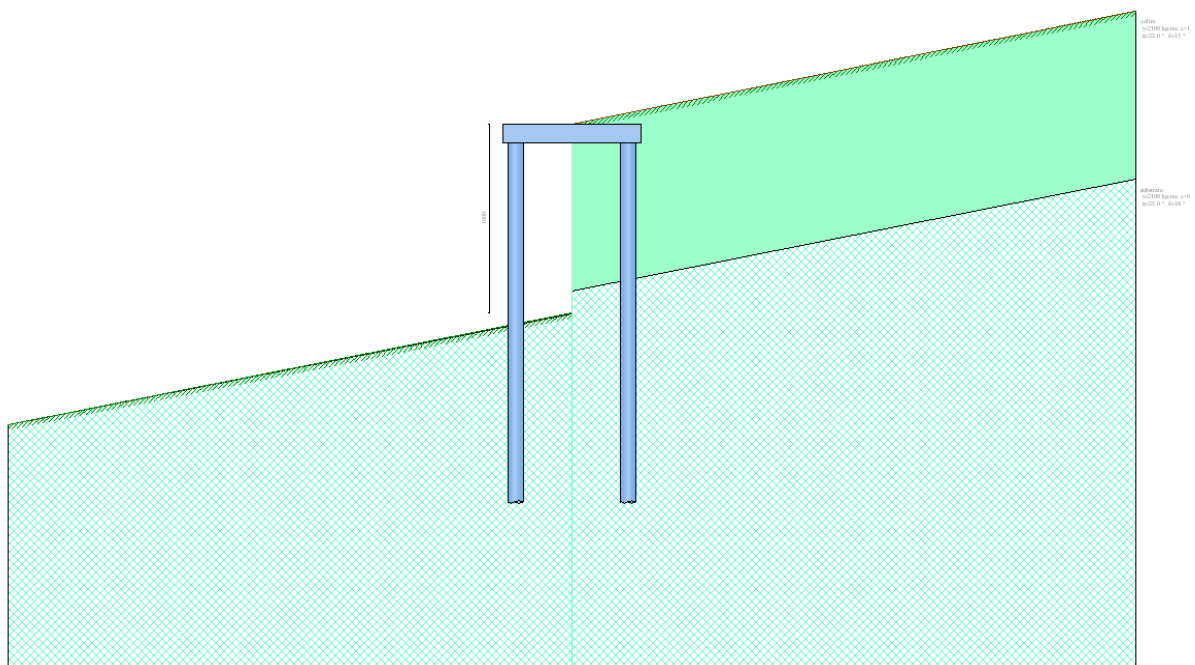


Figura 2: P1.2-1.3.

### ***Intervento P.2.1-2.2***

È costituita da analoga struttura tridimensionale a pozzo con pali di diametro 80 cm e lunghezza 20 m, con interasse di 150 cm, disposti su due file ad interasse di 6 metri. Il posizionamento di questa opera è riferito alla parte sommitale dell'area consolidata con tale presidio.

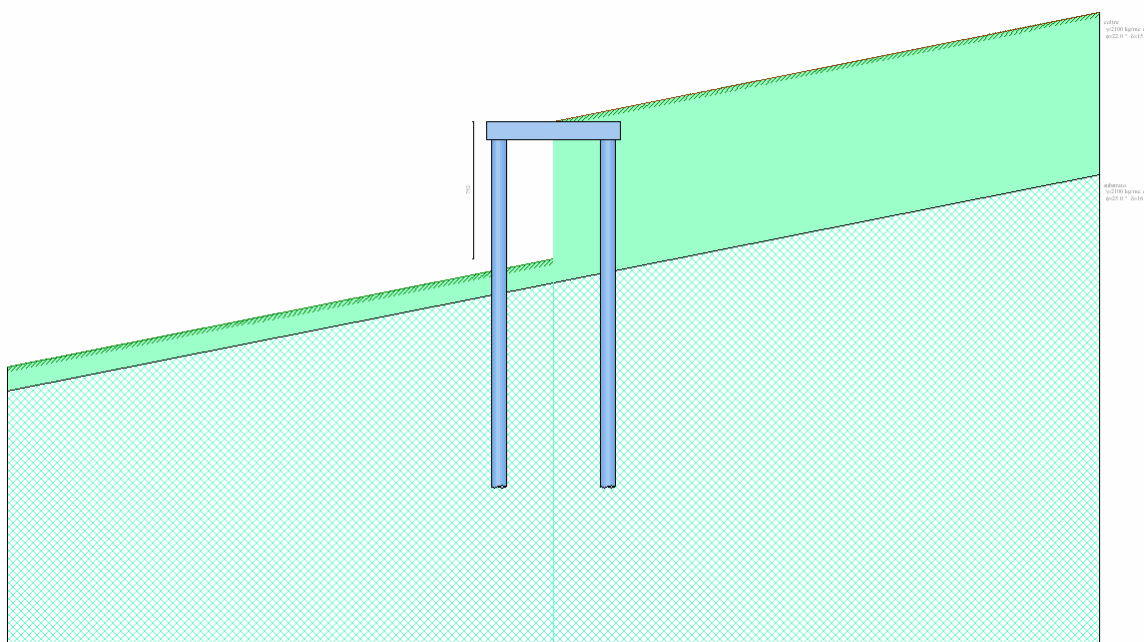


Figura 3: P2.1-2.2

### ***Intervento P.3***

È costituita da una paratia di pali di diametro 80 cm e lunghezza 20 m, con interasse di 150 cm; il cordolo di coronamento sarà a sezione rettangolare 150x100(H) cm

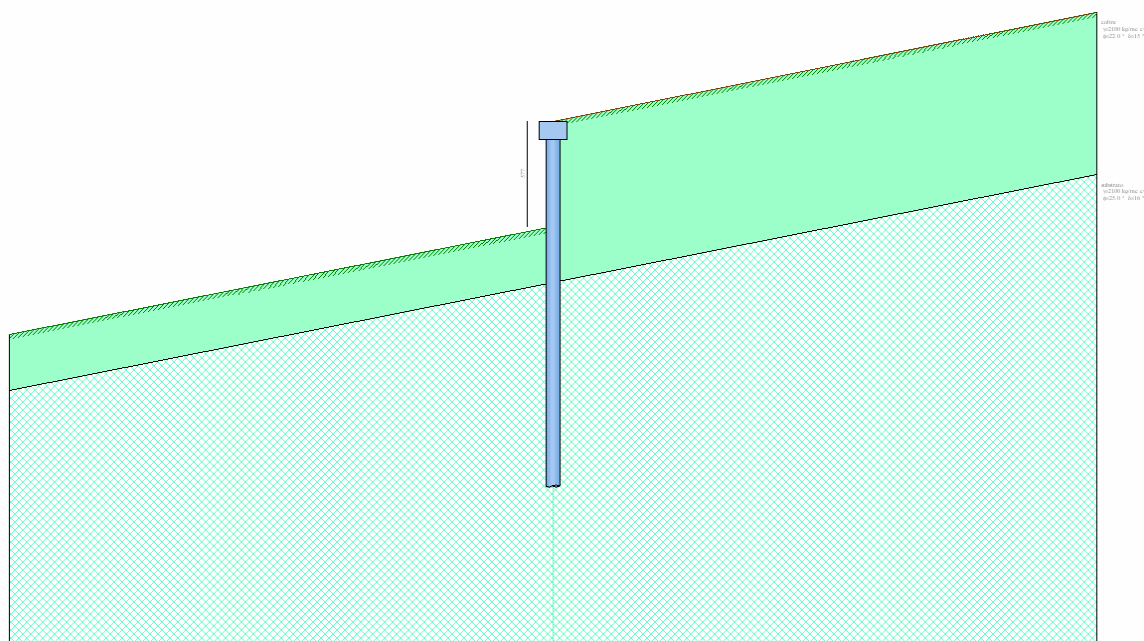


Figura 4: P3.

### ***Intervento G1 e G2***

Sono costituiti da gabbionate su pali di diametro 40 cm e lunghezza 10 m, con interasse di 160 cm sia longitudinalmente che trasversalmente poste a valle nella porzione di frana attiva.

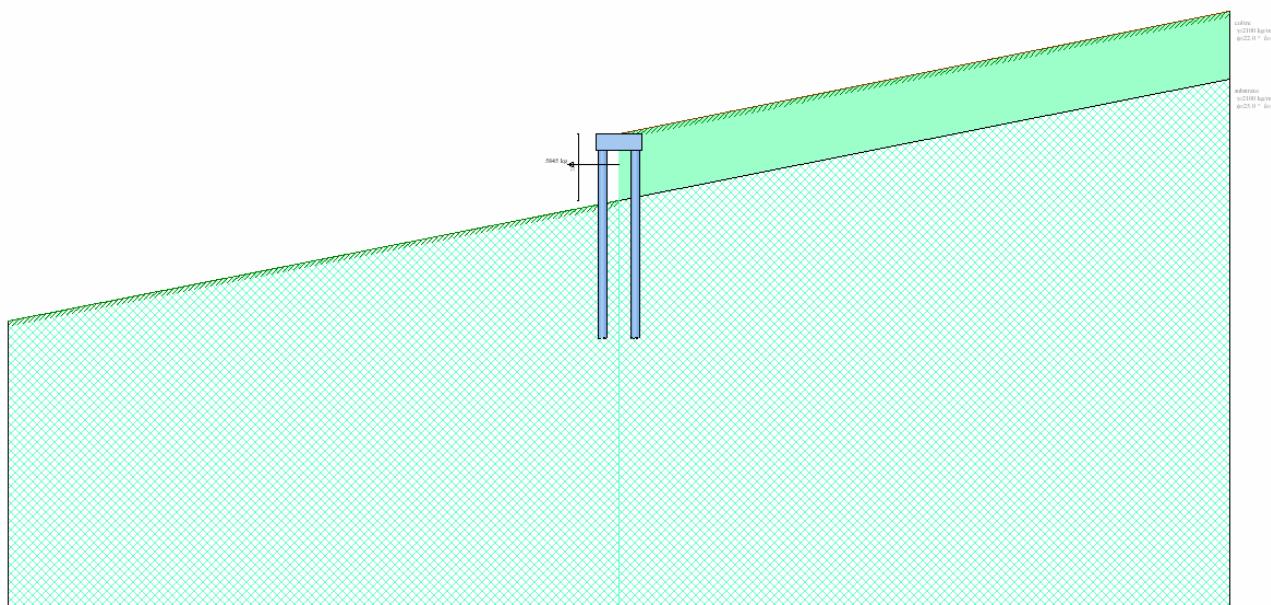


Figura 5: G1 e G2.

### ***Intervento G3***

E' costituito da una gabbionata su pali di diametro 40 cm e lunghezza 10 m, con interasse di 160 cm sia longitudinalmente che trasversalmente poste a monte nella porzione di frana attiva.

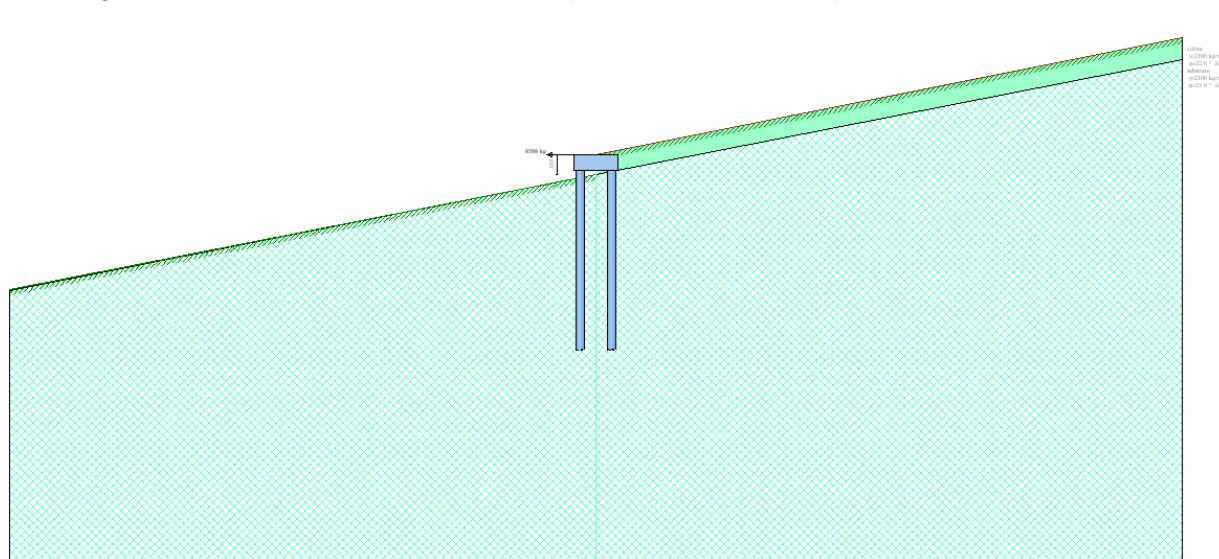


Figura 6: G3.



### ***Intervento P1K***

È costituita da una paratia di pali di diametro 80 cm e lunghezza 15 m, con interasse di 140 cm

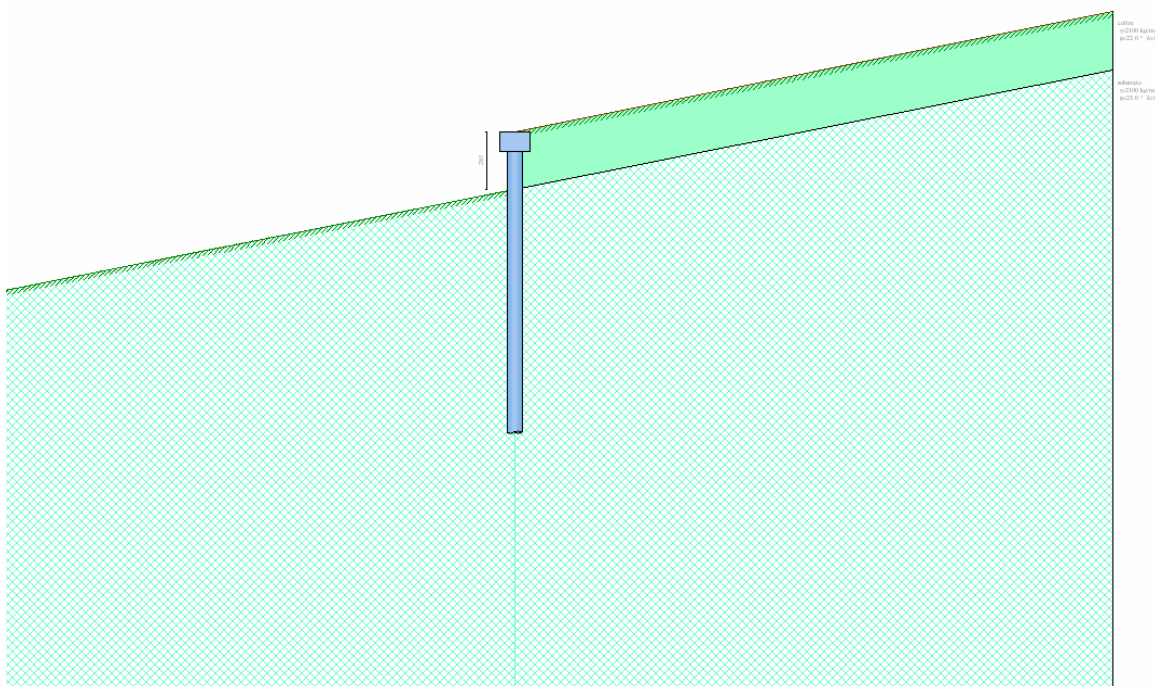


Figura 7: P1K.

### ***Intervento P2K***

È costituita da una paratia di pali di diametro 80 cm e lunghezza 15 m, con interasse di 140 cm

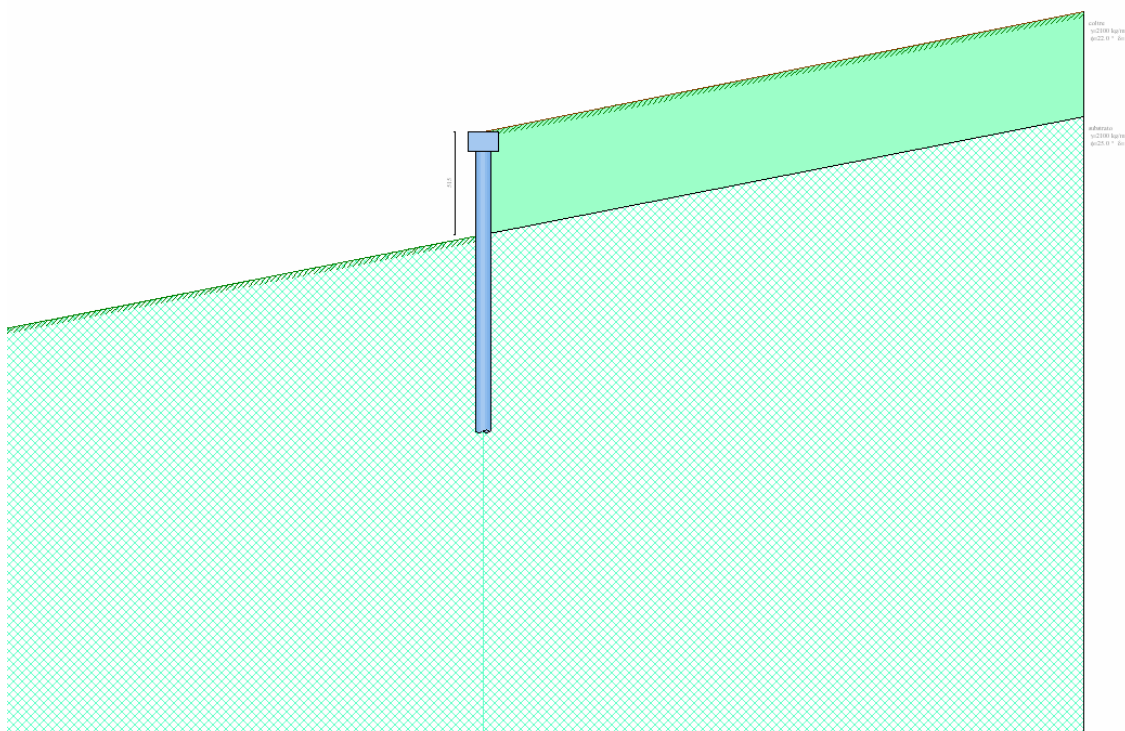


Figura 8: P2K.

### *Intervento P3K*

È costituita da una paratia di pali di diametro 80 cm e lunghezza 15 m, con interasse di 140 cm

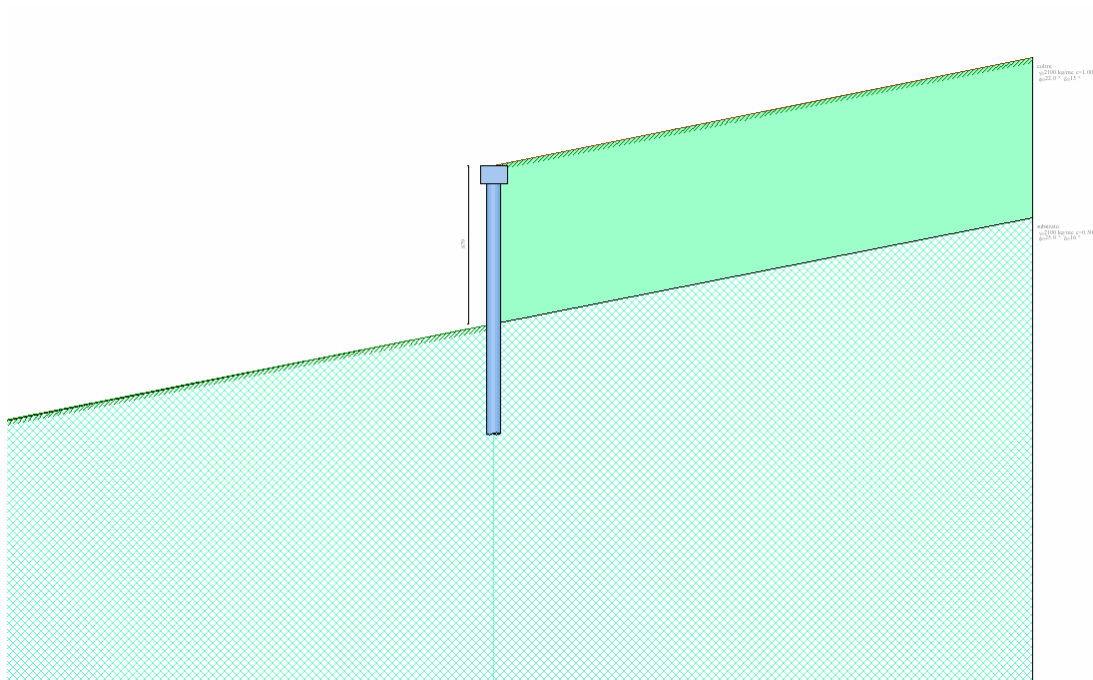


Figura 9: P3K.

## Normativa tecnica di riferimento

Per l'esecuzione dei calcoli si fa riferimento alla normativa

- “Nuove norme tecniche per le costruzioni”, D.M. 14 Gennaio 2008.
- Circolare 02 Febbraio 2009, n° 617/C.S.:LL.PP, “Circolare esplicativa delle norme tecniche per le costruzioni”.

## Definizione dei parametri di progetto

Zona sismica del sito: 3.

Le coordinate di riferimento sono:

latitude: 44.195567°

longitudine: 11.000497°.

Sorge ad una quota di 400 metri s.l.m.

La categoria del sottosuolo è C, mentre quella topografica è T2.

### ANALISI DEI CARICHI:

La pressione a tergo delle opere in progetto è stata ottenuta considerando le spinte calcolate dall'ing. Mauro De Gennaro in relazione geotecnica, in base alle verifiche di stabilità globale del pendio. Le spinte ottenute tengono conto della azione sismica di progetto e per la condizione di carico A2-M2 sono state successivamente fattorizzate per un coefficiente 1.25 al fine di simulare la riduzione dei parametri geotecnici, come da vigente normativa. Per ogni intervento sono stati prodotti due differenti modelli di calcolo: Caso A e Caso B, dei quali nella seguente relazione è riportato il più cautelativo ai fini del dimensionamento delle opere di presidio con pali in condizioni di progetto, come da condizioni di drenaggio a tergo delle opere.



## **Descrizione dei materiali**

### Conglomerato cementizio

Per elevazioni e fondazioni:

Classe C25/30:	$R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ ;
resistenza a compressione:	$f_{cd} = 14.11 \text{ N/mm}^2$ ;
Modulo di elasticità:	$E_c = 31447 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione:	XC2
Rapporto acqua cemento:	$a/c \text{ max} = 0.60$
Dosaggio minimo di cemento:	$300 \text{ kg/m}^3$ .
Classe di consistenza S4:	
abbassamento (slump)	$160 \div 210 \text{ mm}$ .

### Acciaio in barre ad aderenza migliorata per c.c.a.:

Tipo	B450C:
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$ ;
tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$ ;
resistenza caratteristica a compressione	$f_{c90k} = 24 \text{ N/mm}^2$ ;
modulo elastico	$E = 11600 \text{ N/mm}^2$ ;

## **Illustrazione dei criteri di progettazione e di modellazione**

Per la progettazione e verifica dell'intervento in oggetto, è stato utilizzato un software denominato Pac della Aztec Informatica. Il programma PAC è dedicato all'analisi ed al calcolo di paratie, palancolate e scavi sbadacchiati. Possono essere analizzate paratie di pali o micropali, disposti anche su più file, paratie a setti in c.a., paratie con sezione a T, e paratie metalliche a sezione generica. La paratia da analizzare può essere ancorata tramite una o più file di tiranti, attivi o passivi. Per il profilo del terreno, PAC consente la definizione per punti con possibilità di inserire sovraccarichi (concentrati e distribuiti) in qualsiasi punto o tratto del profilo. E' possibile stratificare il terreno di monte e di valle. La caratterizzazione del terreno avviene fornendo i valori dei parametri fisici e meccanici più comuni. La falda può essere messa in conto con quote differenti per la zona di monte e quella di valle. PAC permette di inserire, in un ambiente grafico integrato nel programma, carichi (forza X, forza Y, momento), vincoli (traslazione X e rotazione) e diagrammi di carico aggiuntivi (costanti o variabili linearmente).

Date le caratteristiche del terreno, i sovraccarichi e l'altezza fuori terra della paratia, PAC calcola la profondità di infissione necessaria per l'equilibrio alla traslazione ed alla rotazione (problema di Progetto) con i metodi classici (diagramma di spinta attiva, resistenza passiva, contropinta). E' possibile impostare il fattore di sicurezza per il calcolo della profondità di infissione secondo le metodologie suggerite dagli Eurocodici. PAC, inoltre, consente di analizzare la paratia con il metodo delle molle equivalenti. La paratia è discretizzata, mediante il metodo degli elementi finiti, in una serie di elementi tipo trave, mentre il terreno viene schematizzato con una serie di molle a comportamento elastoplastico reagenti solo a compressione (problema di Verifica). Questo tipo di

analisi presenta il vantaggio, rispetto ai metodi classici, di considerare la paratia con la sua effettiva rigidezza ed è in grado di fornire una soluzione in termini di spostamenti (i metodi classici non sono in grado di fornire informazioni sugli spostamenti).

Nel programma PAC è possibile selezionare il metodo con cui analizzare la paratia, nella opportuna finestra di opzioni di analisi. Nella fase di Verifica è possibile effettuare l'analisi per fasi di scavo. PAC esegue, inoltre, l'analisi di stabilità del pendio nei pressi dell'opera, così come prescrive la Normativa vigente, con il metodo di Fellenius o di Bishop. L'analisi della paratia può essere eseguita sia in condizioni statiche sia in condizioni sismiche.

## **Indicazione delle principali combinazioni di carico**

Le spinte derivanti dalla relazione di calcolo prodotta dall'ing. Mauro De Gennaro, sono state introdotte nei modelli di calcolo, utilizzati per il dimensionamento dei differenti interventi in progetto.

Si riportano qui di seguito i diagrammi equivalenti delle spinte agenti a tergo delle varie opere, considerate di forma triangolare. Alle condizioni SLU la fattorizzazione della combinazione 2 è stata applicata, a favore di sicurezza, anche alla azione sismica.

### ***Intervento P.1.1***

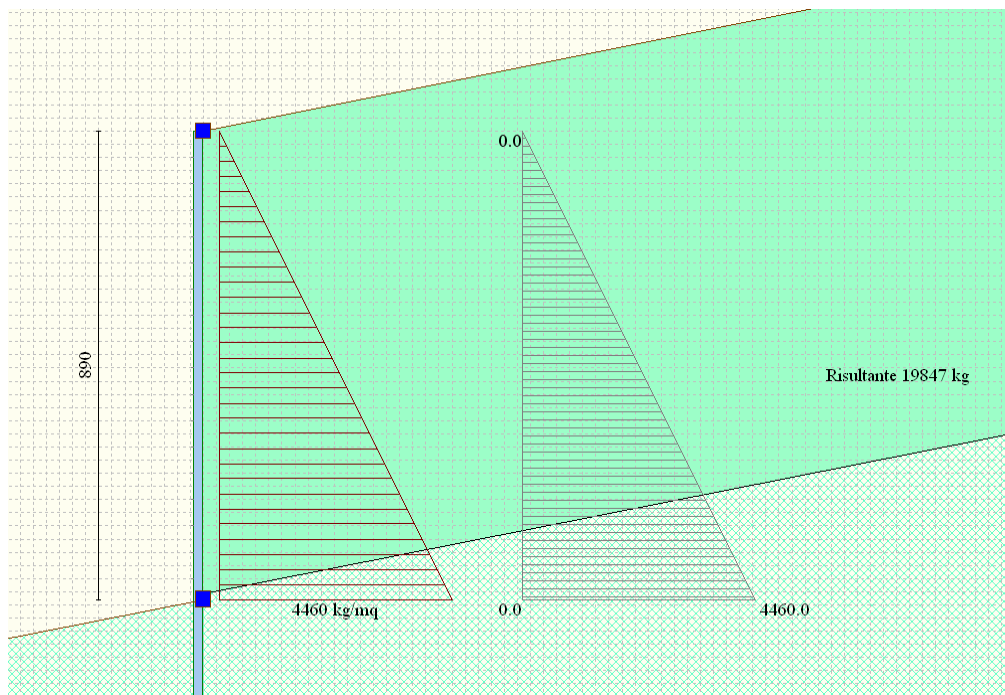


Figura 10: P1.1.

### ***Intervento P.1.2-3***

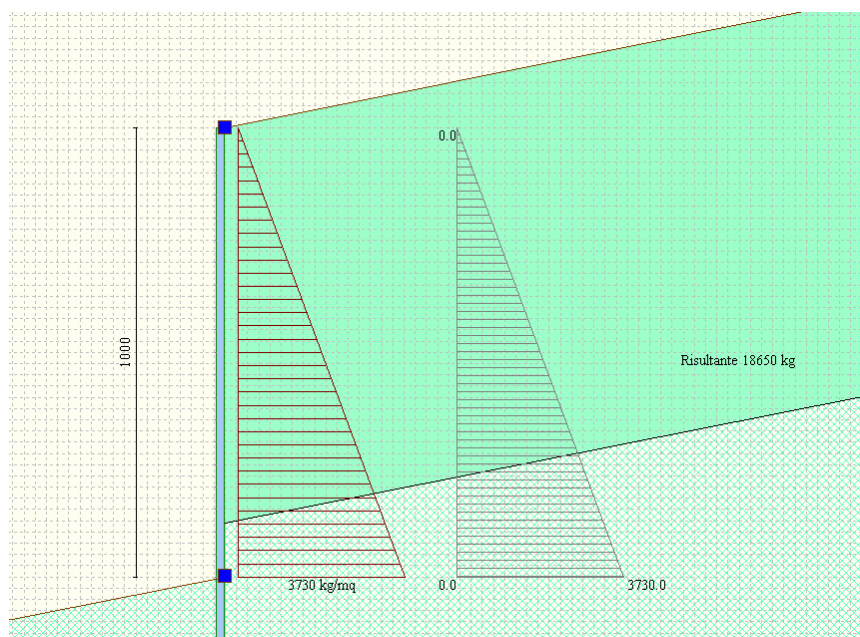


Figura 11: P1.2-1.3

### ***Intervento P.2.1-2***

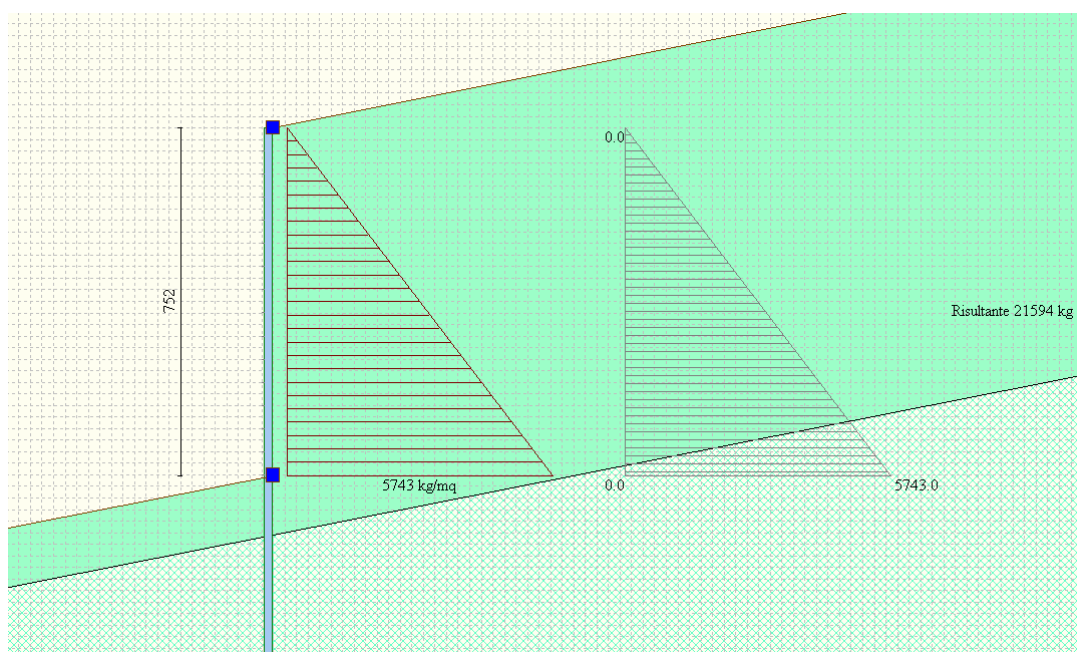


Figura 12: P2.1-2.2

### ***Intervento P.3***

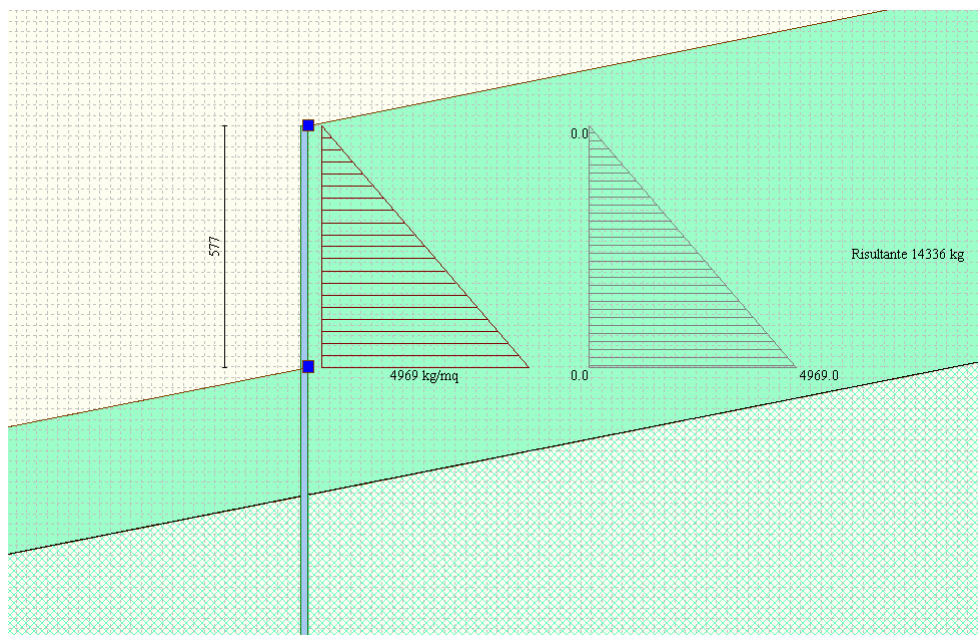


Figura 13: P3.

### ***Intervento G1 e G2***

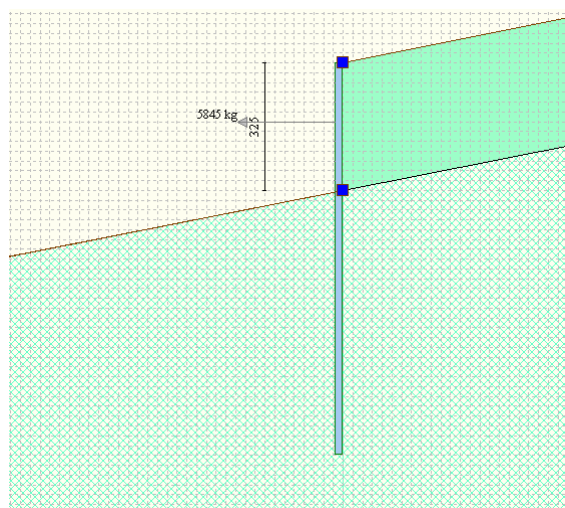


Figura 14: G1 e G2.

### ***Intervento G3***

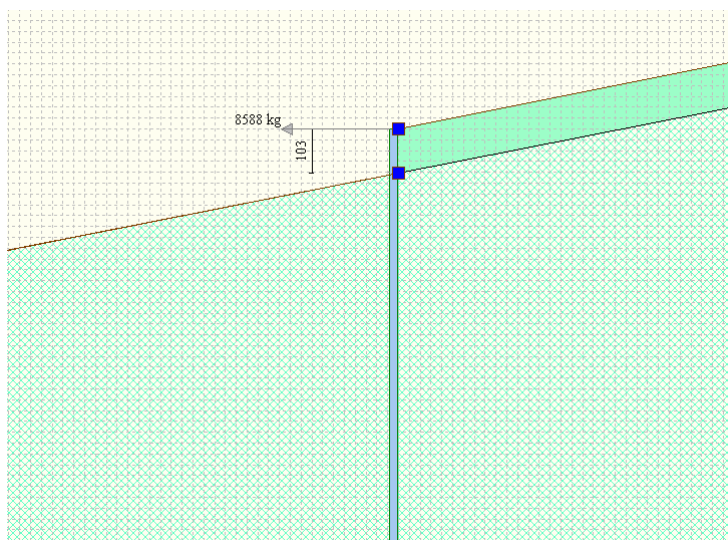


Figura 15: G3.

### ***Intervento P1K***

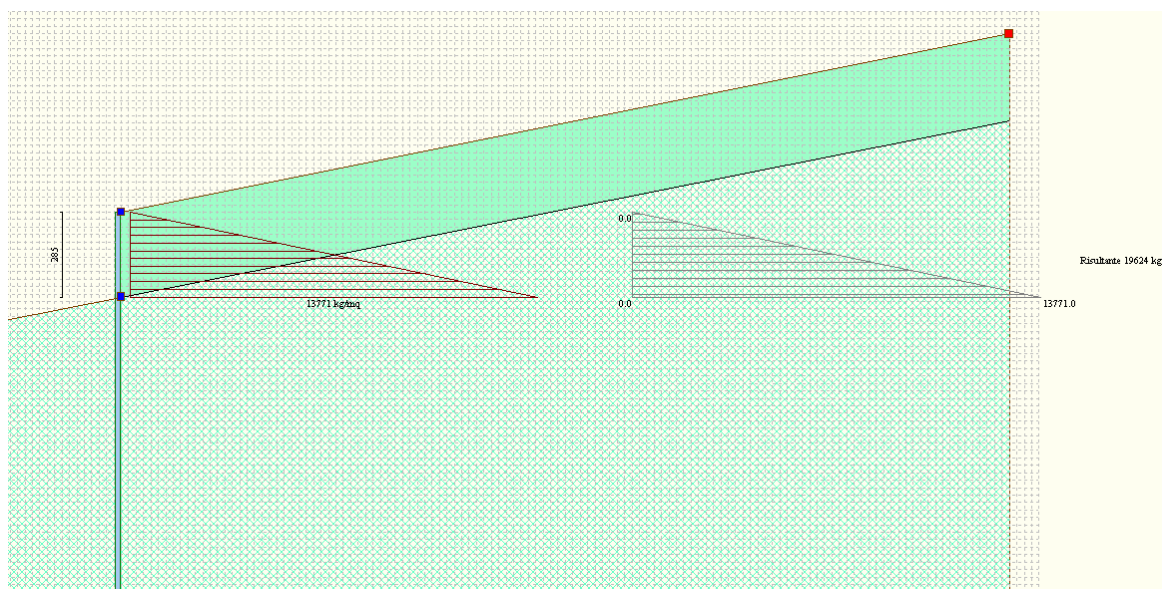


Figura 16: P1K.



### ***Intervento P2K***

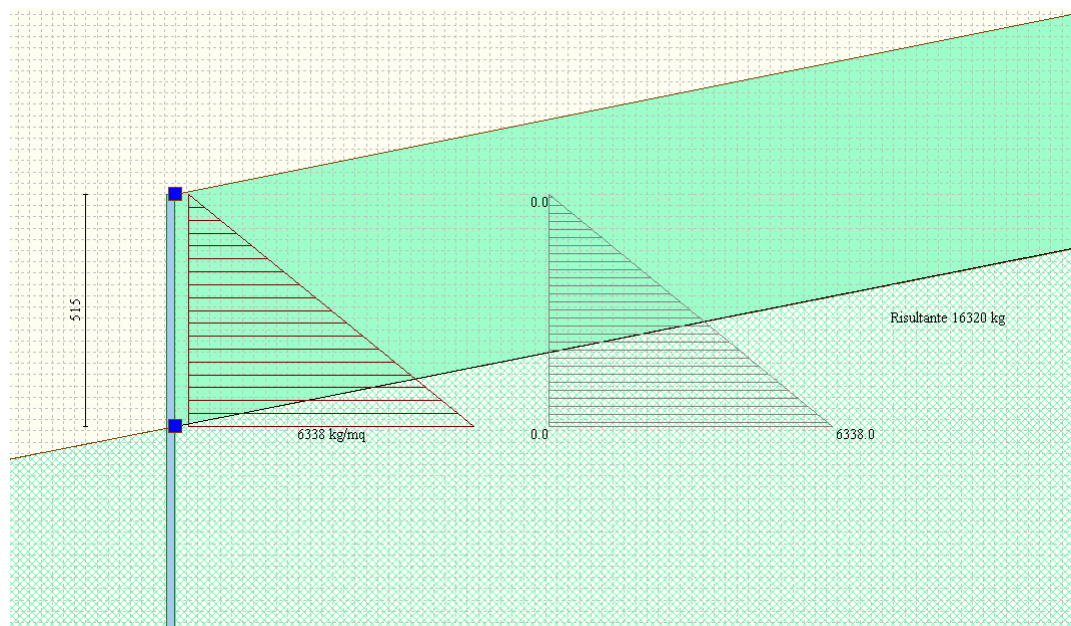


Figura 17: P2K.

### ***Intervento P3K***

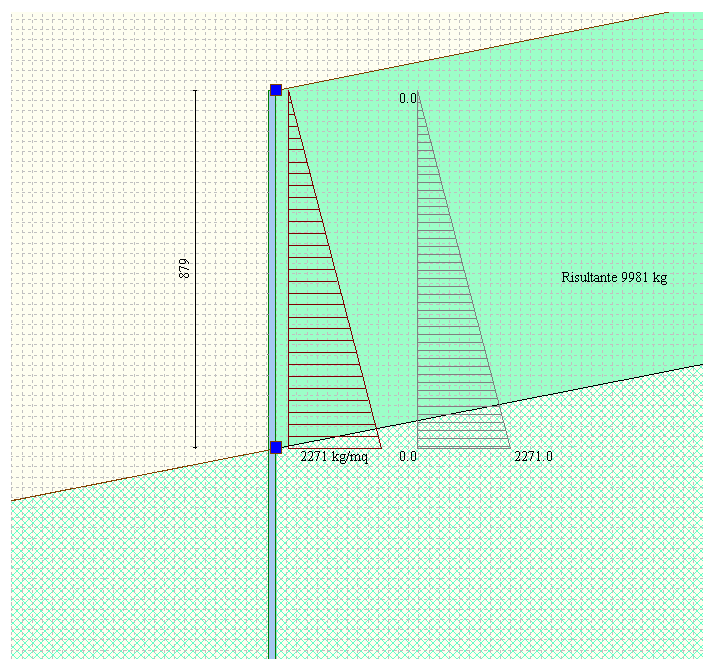


Figura 18: P3K.

**Metodologia di modellazione ed analisi**

**INVILUPPO DELLE SOLLECITAZIONI MAGGIORMENTE SIGNIFICATIVE**

***Intervento P.1.1***

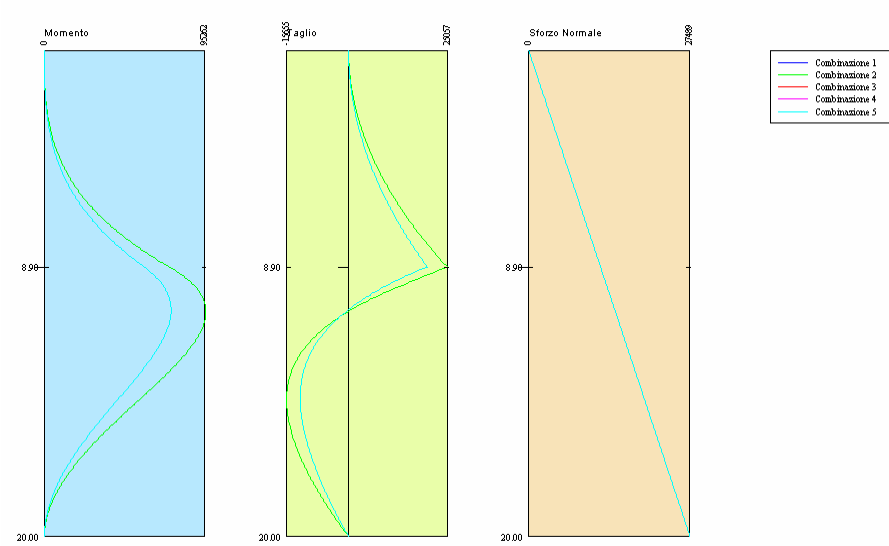


Figura 19: P1.1 - Sollecitazioni.

***Intervento P.1.2-3***

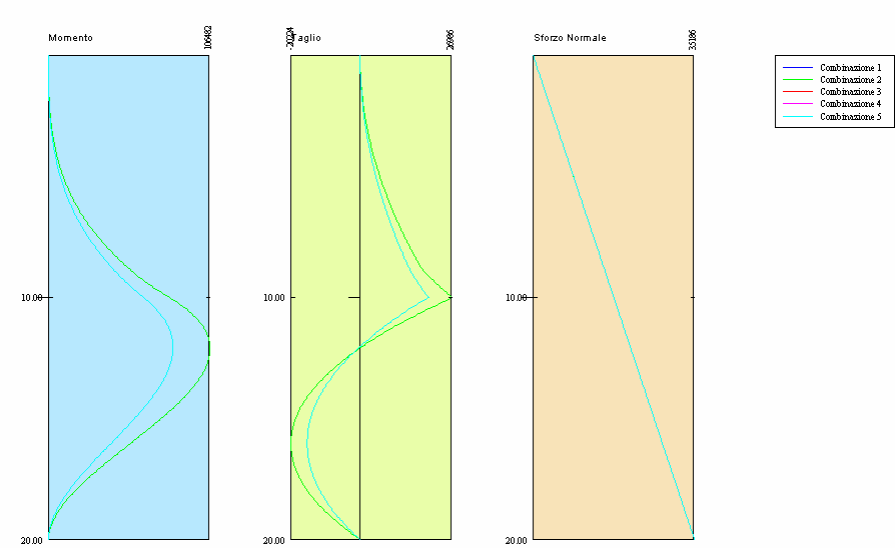


Figura 20: P1.2-1.3 - Sollecitazioni.

***Intervento P.2.1-2***

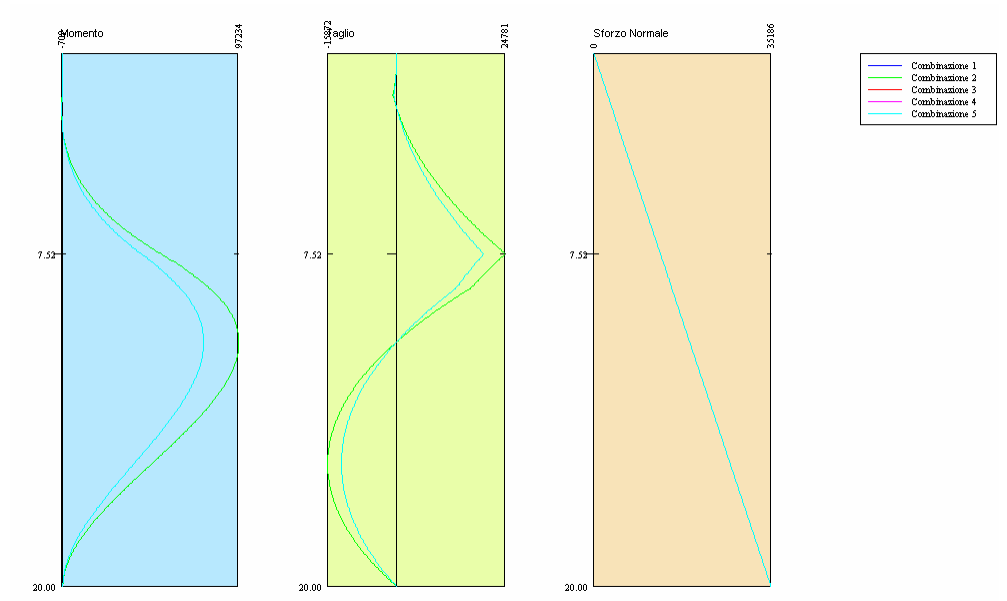


Figura 21: P2.1-2.2 - Sollecitazioni.

***Intervento P.3***

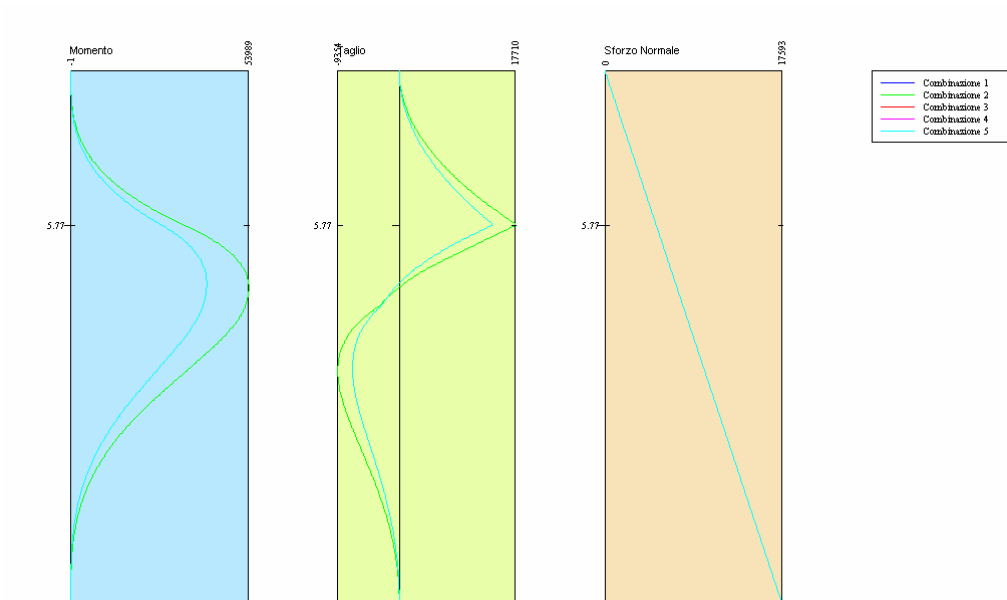


Figura 22: P3- Sollecitazioni.

### ***Intervento G1 e G2***

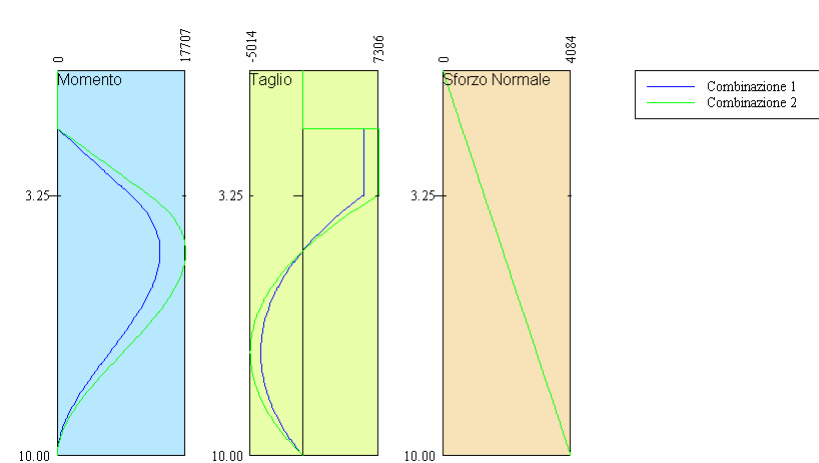


Figura 23: G1 e G2- Sollecitazioni.

### ***Intervento G3***

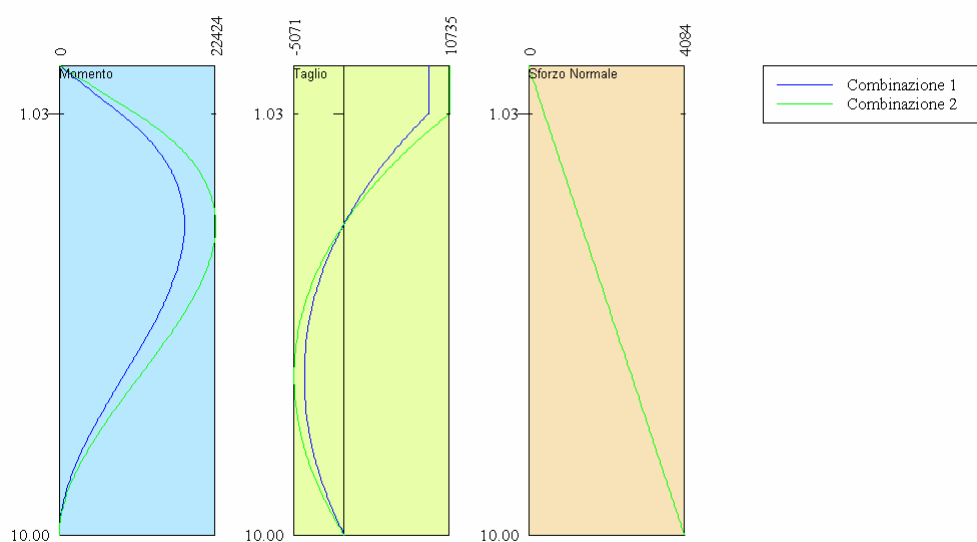


Figura 24: G3- Sollecitazioni.

***Intervento P1K***

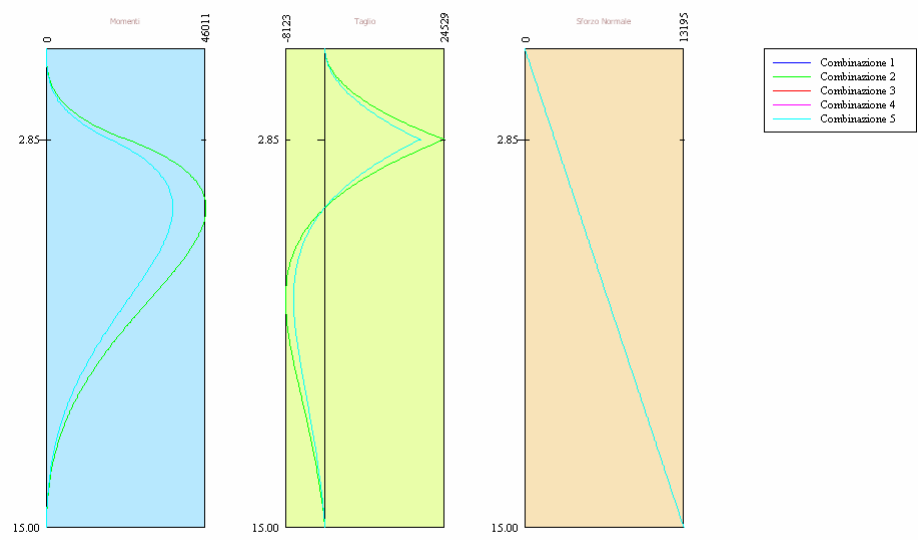


Figura 25: P1K- Sollecitazioni.

***Intervento P2K***

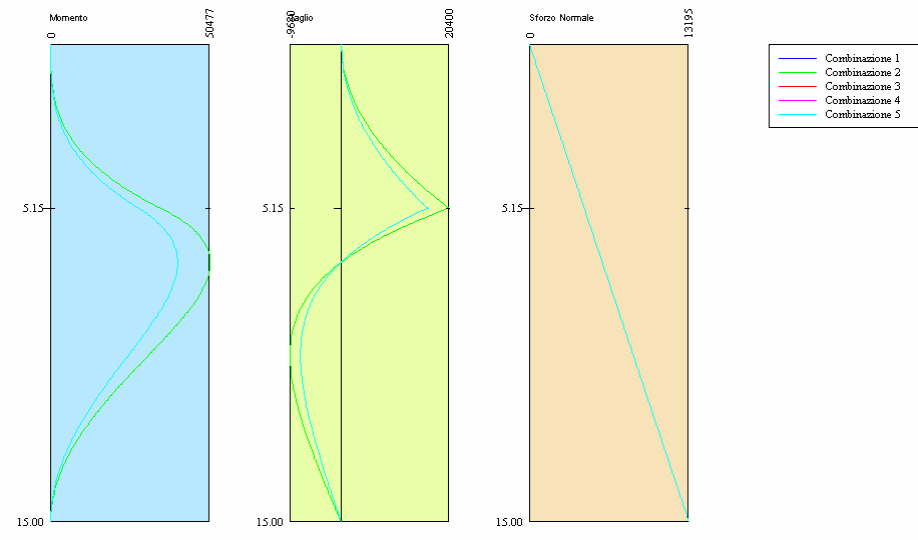


Figura 26: P2K- Sollecitazioni.



**Intervento P3K**

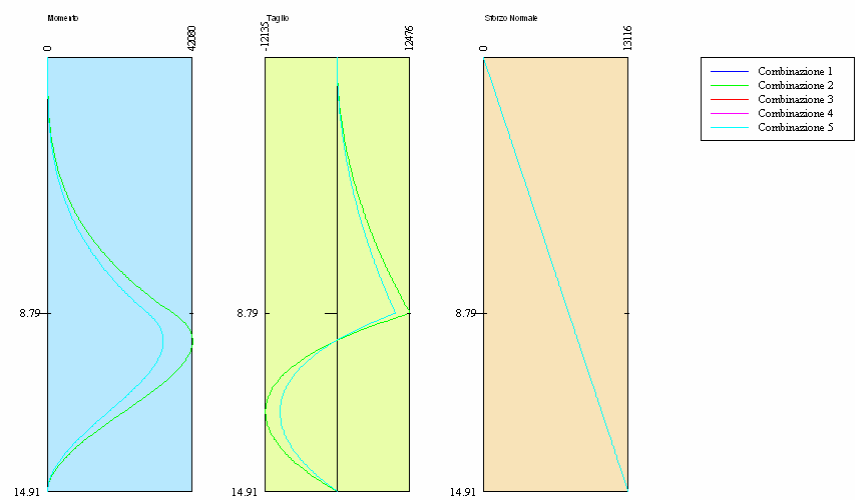
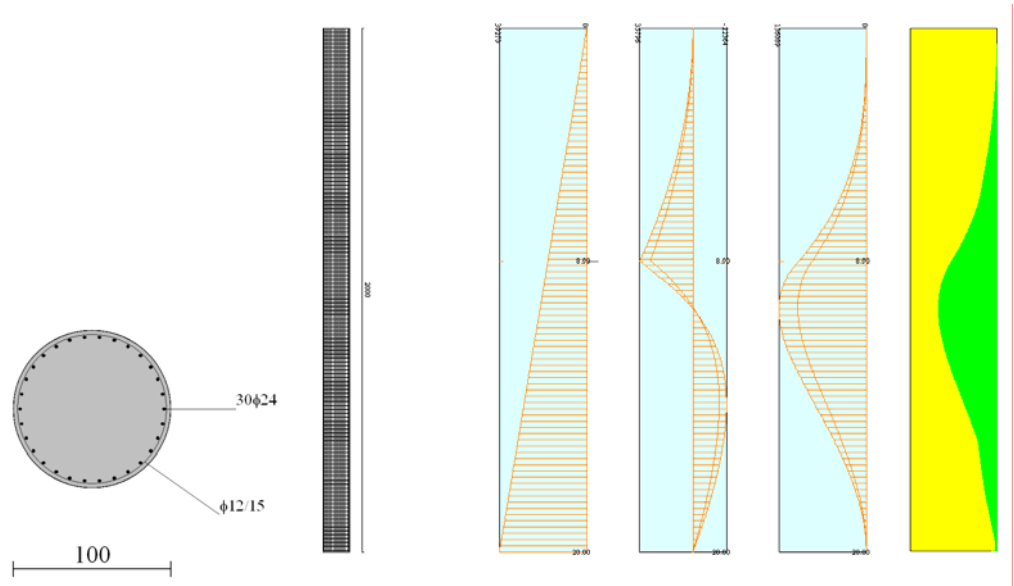


Figura 27: P3K- Sollecitazioni.

**VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI**

In allegato sono riportati analiticamente i risultati di tali verifiche. Di seguito sono indicati i grafici del tasso di sfruttamento delle singole membrature agli SLU:

**Intervento P1.1**



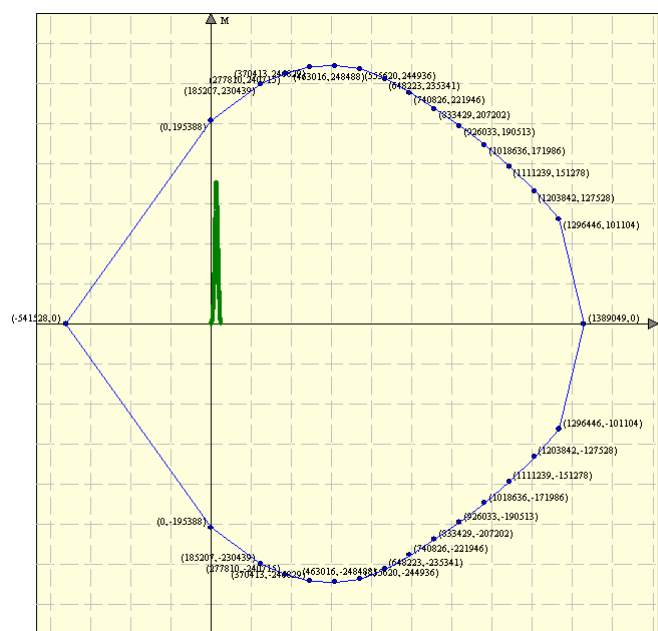
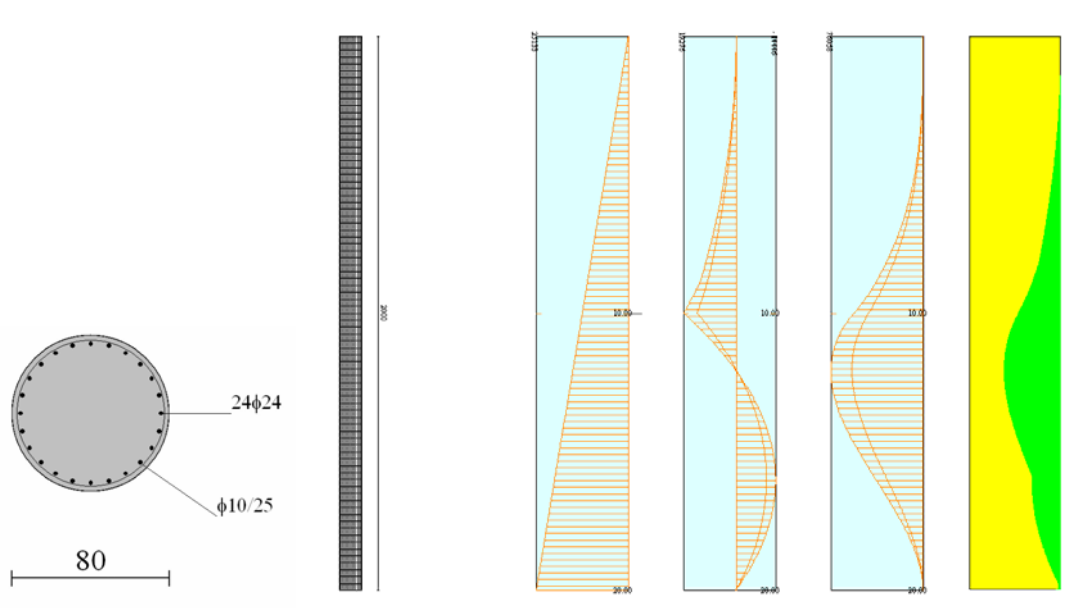
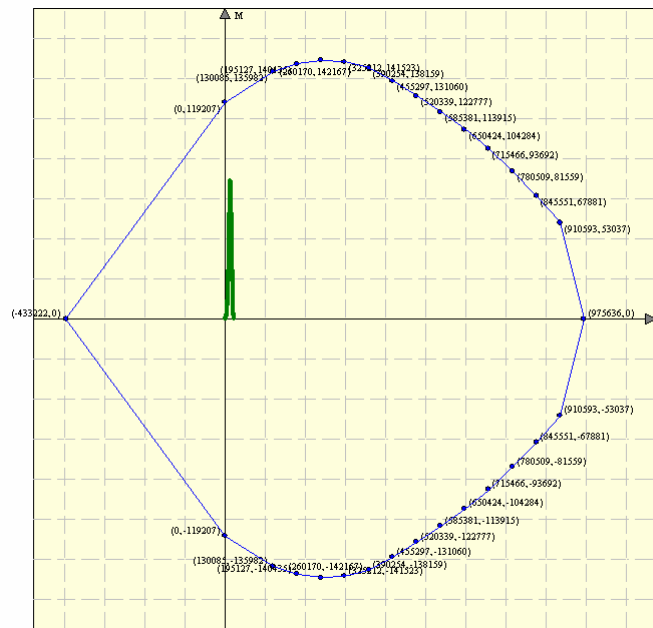


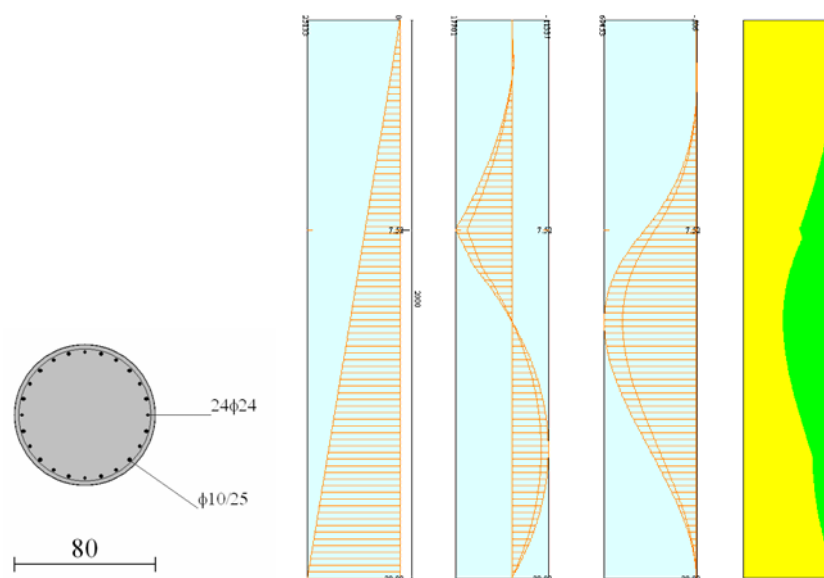
Figura 28: Coefficiente NM, per i singoli pali

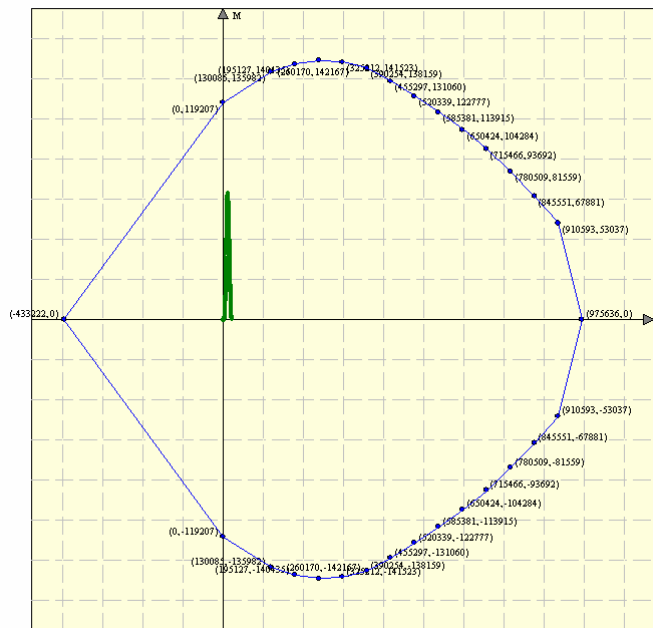
### Intervento P1.2-1.3



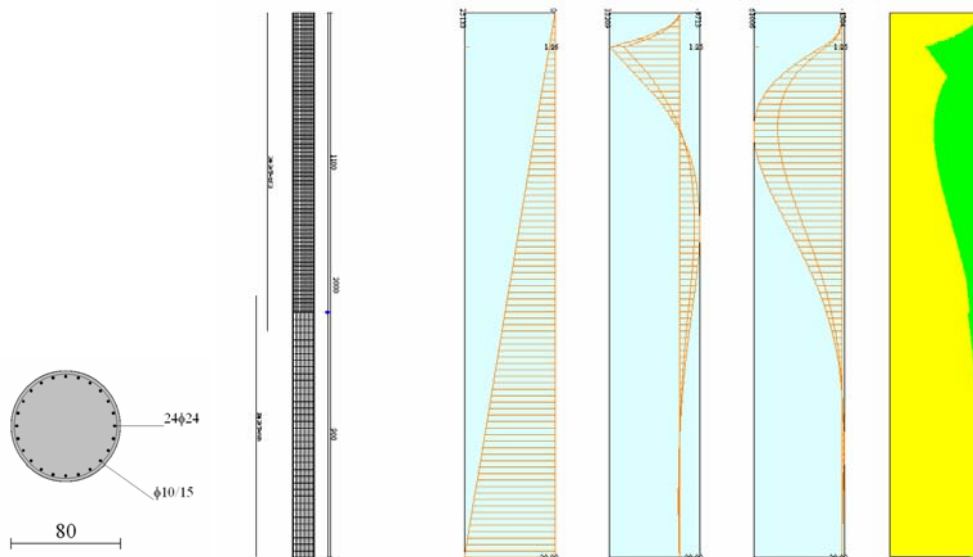


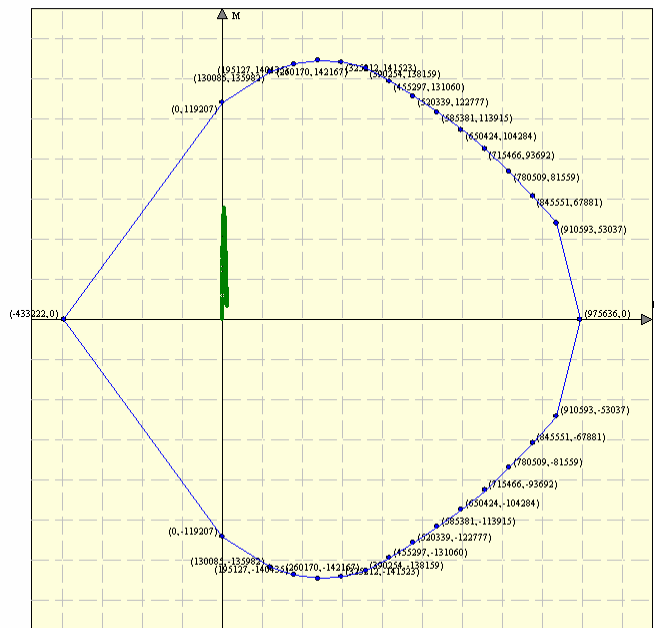
## Intervento P2.1-2.2



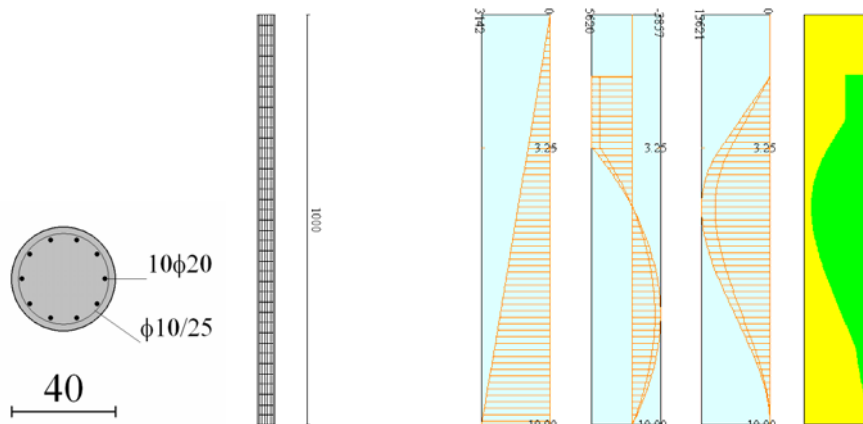


### Intervento P3

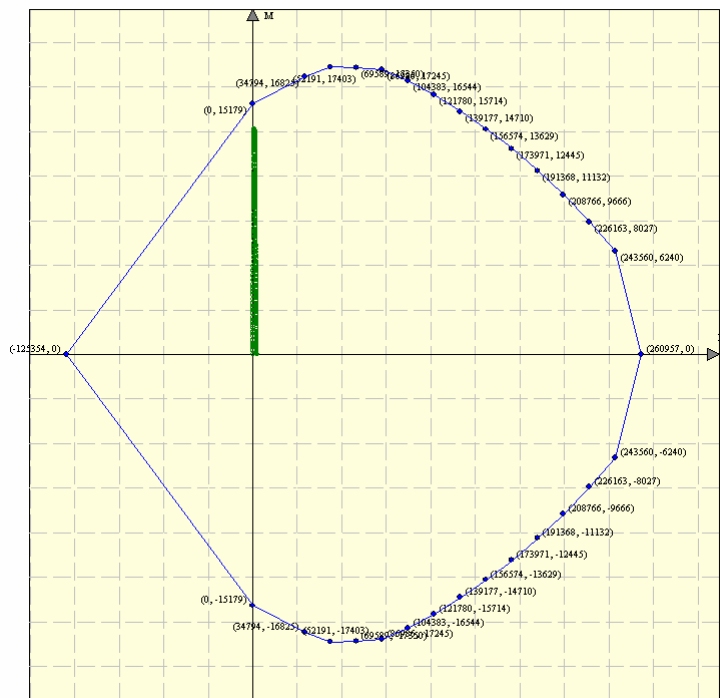




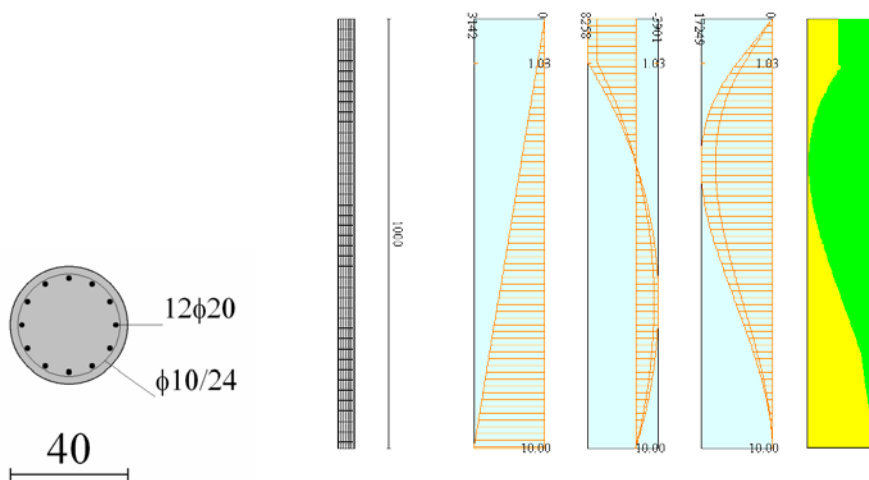
## Intervento G1 e G2

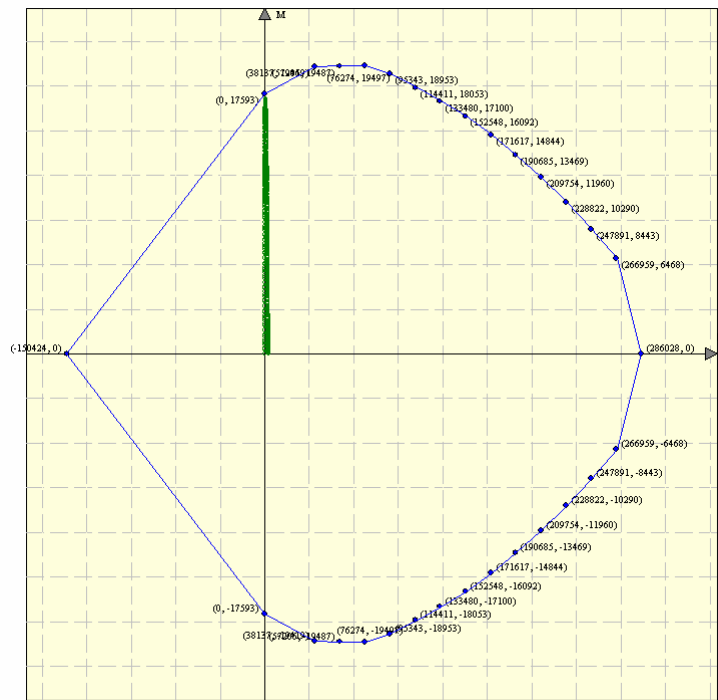


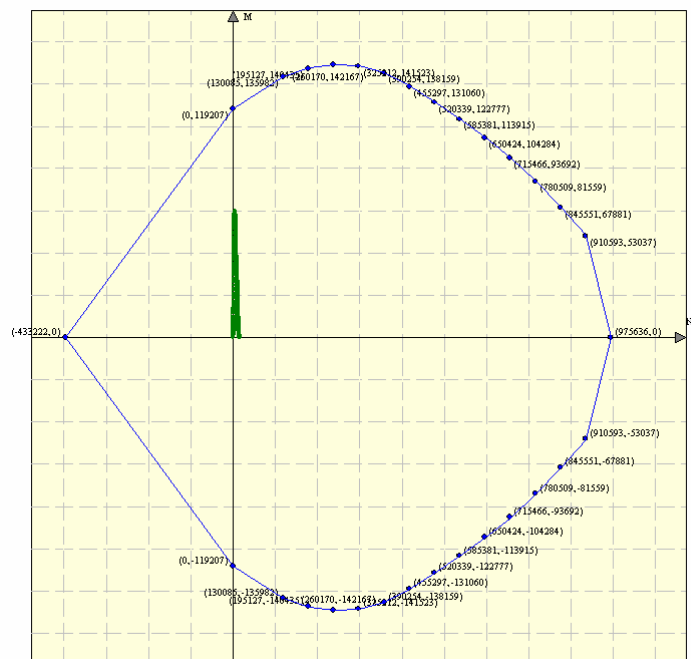




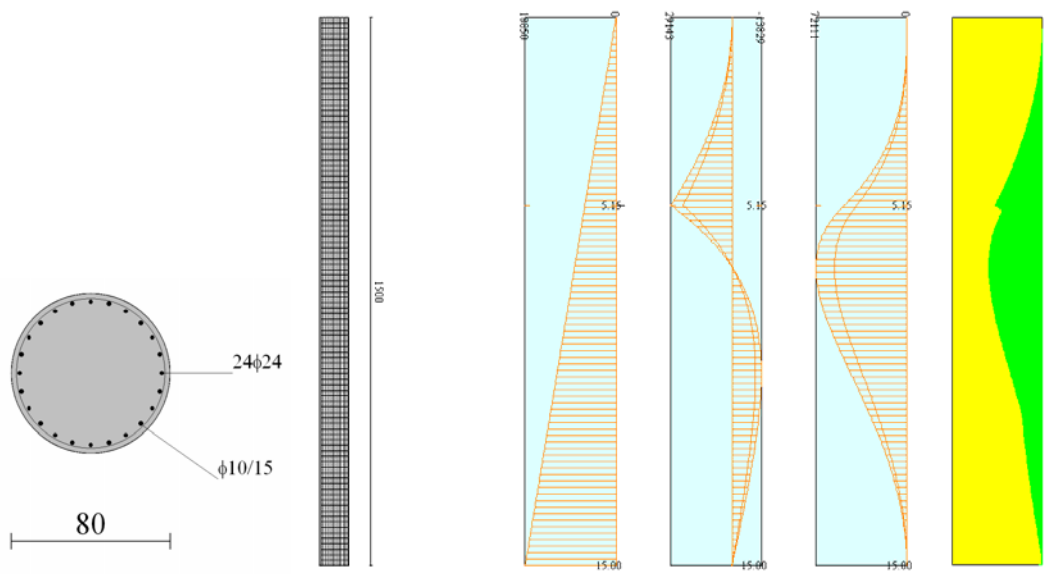
### Intervento G3



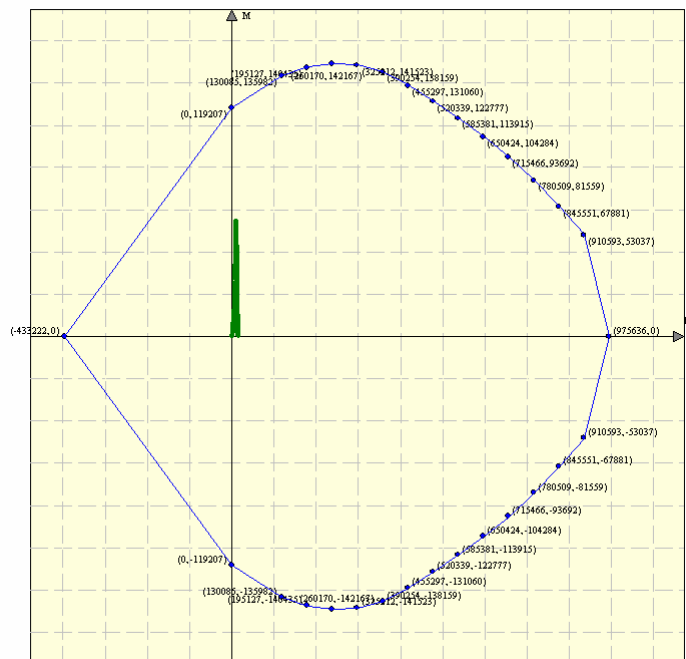




## Intervento P2K







Tutte le sezioni risultano soddisfatte, essendo il coefficiente NM sempre minore di 1.

#### VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Per le singole opere sono state eseguite anche le verifiche agli stati limite di esercizio che sono riportate negli elaborati di calcolo allegati.



**Intervento P1.1****Geometria paratia**

Altezza fuori terra	8.90	[m]
Profondità di infissione	11.10	[m]
Altezza totale della paratia	20.00	[m]
Lunghezza paratia	10.00	[m]
Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	1.50	[m]
Diametro dei pali	100.00	[cm]
Numero totale di pali	7	
Numero di pali per metro lineare	0.70	

**Descrizione terreni****Simbologia adottata**

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
Descrizione	Descrizione del terreno
$\gamma$	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
$\phi$	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
$\delta$	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

n°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c
1	substrato	2100.00	2200.00	25.00	16.00	0.500
2	coltre	2100.00	2100.00	22.00	15.00	1.000

**Descrizione stratigrafia****Simbologia adottata**

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp	spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw	costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
$\alpha$	inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)
Terreno	Terreno associato allo strato

n°	sp	$\alpha$	kw	Terreno
1	8.80	11.16	0.56	coltre
2	20.00	0.00	1.00	substrato

**Impostazioni di analisi****Analisi per Combinazioni di Carico.**

**Rottura del terreno:** Pressione passiva Spostamento limite (spostamento limite molle pari a 1.50)

**Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia):** Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta  $K_a$  e  $K_p$  che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

**Spinta**

Spinta massima	Pa =	249	[kg]	Y =	8.85	[m]
Resistenza passiva	Pp =	-40712	[kg]	Y =	10.57	[m]
Controspinta	Pc =	15655	[kg]	Y =	17.93	[m]

**Sollecitazioni**

M	Y <sub>M</sub>	T	Y <sub>T</sub>	N	Y <sub>N</sub>	
95262	10.75	25057	8.90	27489	20.00	MAX
0	0.00	-15655	14.35	0	0.00	MIN

**Verifiche strutturali paratia**

Ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo	Y =	10.70	[m]
Momento ultimo	Mu =	201269	[kgm]
Sforzo normale ultimo	Nu =	31075	[kg]
Fattore di sicurezza della sezione	FS =	1.48	

Tensione massima nel calcestruzzo	$\sigma_c =$	113.96[kg/cm <sup>2</sup> ]	Y =	10.70	[m]
Tensione massima nell'armatura	$\sigma_f =$	2869.53[kg/cm <sup>2</sup> ]	Y =	10.60	[m]
Tensione tangenziale massima nel calcestruzzo	$\tau_f =$	4.52[kg/cm <sup>2</sup> ]	Y =	8.90	[m]

**Intervento P1.2-3****Geometria paratia**

Altezza fuori terra	10.00	[m]
Profondità di infissione	10.00	[m]
Altezza totale della paratia	20.00	[m]
Lunghezza paratia	10.00	[m]

Numero di file di pali	2	
Interasse fra le file di pali	6.00	[m]
Interasse fra i pali della fila	1.50	[m]
Diametro dei pali	80.00	[cm]
Numero totale di pali	14	
Numero di pali per metro lineare	1.40	

**Descrizione terreni****Simbologia adottata**

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
Descrizione	Descrizione del terreno
$\gamma$	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
$\phi$	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
$\delta$	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

n°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c
1	substrato	2100.00	2200.00	25.00	16.00	0.500
2	coltre	2100.00	2100.00	22.00	15.00	1.000

### **Descrizione stratigrafia**

#### *Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp	spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw	costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
$\alpha$	inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)
Terreno	Terreno associato allo strato

n°	sp	$\alpha$	kw	Terreno
1	8.80	11.16	0.56	coltre
2	20.00	0.00	1.00	substrato

### **Impostazioni di analisi**

#### **Analisi per Combinazioni di Carico.**

Rottura del terreno: Pressione passiva Spostamento limite (spostamento limite molle pari a 1.50)

Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia): Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta  $K_a$  e  $K_p$  che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

### **Spinta**

Spinta massima	Pa =	3673	[kg]	Y =	9.44	[m]
Resistenza passiva	Pp =	-47210	[kg]	Y =	12.03	[m]
Controspinta	Pc =	20224	[kg]	Y =	18.68	[m]

### **Sollecitazioni**

M	$Y_M$	T	$Y_T$	N	$Y_N$	
106482	12.10	26986	10.00	35186	20.00	MAX
0	0.00	-20224	16.00	0	0.00	MIN

### **Verifiche strutturali paratia**

Ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo	Y =	12.10	[m]
Momento ultimo	Mu =	122361	[kgm]
Sforzo normale ultimo	Nu =	24462	[kg]
Fattore di sicurezza della sezione	FS =	1.61	

Tensione massima nel calcestruzzo	$\sigma_c =$	110.95[kg/cmq]	Y =	12.05	[m]
-----------------------------------	--------------	----------------	-----	-------	-----

Tensione massima nell'armatura	$\sigma_f = 2535.25[\text{kg/cm}^2]$	Y =	12.00	[m]
Tensione tangenziale massima nel calcestruzzo	$\tau_f = 3.57[\text{kg/cm}^2]$	Y =	10.00	[m]

## **Intervento P2.1-2**

### **Geometria paratia**

Altezza fuori terra	7.52	[m]
Profondità di infissione	12.48	[m]
Altezza totale della paratia	20.00	[m]
Lunghezza paratia	10.00	[m]

Numero di file di pali	2	
Interasse fra le file di pali	6.00	[m]
Interasse fra i pali della fila	1.50	[m]
Diametro dei pali	80.00	[cm]
Numero totale di pali	14	
Numero di pali per metro lineare	1.40	

### **Descrizione terreni**

#### *Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
Descrizione	Descrizione del terreno
$\gamma$	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
$\phi$	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
$\delta$	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

n°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c
1	substrato	2100.00	2200.00	25.00	16.00	0.500
2	coltre	2100.00	2100.00	22.00	15.00	1.000

### **Descrizione stratigrafia**

#### *Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp	spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw	costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
$\alpha$	inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)
Terreno	Terreno associato allo strato

n°	sp	$\alpha$	kw	Terreno
1	8.80	11.16	0.56	coltre
2	20.00	0.00	1.00	substrato

### **Impostazioni di analisi**

**Analisi per Combinazioni di Carico.**

Rottura del terreno: Pressione passiva Spostamento limite (spostamento limite molle pari a 1.50)

Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia): Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta  $K_a$  e  $K_p$  che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

**Spinta**

Spinta massima	$P_a =$	0	[kg]	$Y =$	0.00	[m]
Resistenza passiva	$P_p =$	-32656	[kg]	$Y =$	10.44	[m]
Controspinta	$P_c =$	12698	[kg]	$Y =$	18.47	[m]

**Sollecitazioni**

<b>M</b>	<b><math>Y_M</math></b>	<b>T</b>	<b><math>Y_T</math></b>	<b>N</b>	<b><math>Y_N</math></b>	
97234	10.80	24781	7.52	35186	20.00	MAX
-709	2.05	-15872	15.40	0	0.00	MIN

**Verifiche strutturali paratia**

Ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo	$Y =$	10.80	[m]
Momento ultimo	$M_u =$	122288	[kgm]
Sforzo normale ultimo	$N_u =$	23896	[kg]
Fattore di sicurezza della sezione	$FS =$	1.76	

Tensione massima nel calcestruzzo	$\sigma_c =$	105.23[kg/cm <sup>2</sup> ]	$Y =$	10.85	[m]
Tensione massima nell'armatura	$\sigma_f =$	2413.78[kg/cm <sup>2</sup> ]	$Y =$	10.75	[m]
Tensione tangenziale massima nel calcestruzzo	$\tau_f =$	3.53[kg/cm <sup>2</sup> ]	$Y =$	7.52	[m]

**Intervento P3****Geometria paratia**

Altezza fuori terra	5.77	[m]
Profondità di infissione	14.23	[m]
Altezza totale della paratia	20.00	[m]
Lunghezza paratia	10.00	[m]
Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	1.50	[m]
Diametro dei pali	80.00	[cm]
Numero totale di pali	7	
Numero di pali per metro lineare	0.70	

**Descrizione terreni*****Simbologia adottata***

$n^\circ$	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
Descrizione	Descrizione del terreno

$\gamma$	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
$\phi$	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
$\delta$	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

n°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c
1	substrato	2100.00	2200.00	25.00	16.00	0.500
2	coltre	2100.00	2100.00	22.00	15.00	1.000

### **Descrizione stratigrafia**

#### *Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp	spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw	costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
$\alpha$	inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)
Terreno	Terreno associato allo strato

n°	sp	$\alpha$	kw	Terreno
1	8.80	11.16	0.56	coltre
2	20.00	0.00	1.00	substrato

### **Impostazioni di analisi**

#### **Analisi per Combinazioni di Carico.**

Rottura del terreno: Pressione passiva Spostamento limite (spostamento limite molle pari a 1.50)

Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia): Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta  $K_a$  e  $K_p$  che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

### **Spinta**

Spinta massima	Pa =	0	[kg]	Y =	0.00	[m]
Resistenza passiva	Pp =	-21462	[kg]	Y =	7.50	[m]
Controspinta	Pc =	7127	[kg]	Y =	14.86	[m]

### **Sollecitazioni**

M	$Y_M$	T	$Y_T$	N	$Y_N$	
53989	8.10	17710	5.77	17593	20.00	MAX
-1	19.60	-9354	11.20	0	0.00	MIN

### **Verifiche strutturali paratia**

Ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo	Y =	11.05	[m]
Momento ultimo	Mu =	77593	[kgm]
Sforzo normale ultimo	Nu =	20619	[kg]

Fattore di sicurezza della sezione FS = 1.48

Tensione massima nel calcestruzzo	$\sigma_c = 111.25[\text{kg/cm}^2]$	Y = 7.96	[m]
Tensione massima nell'armatura	$\sigma_f = 2680.49[\text{kg/cm}^2]$	Y = 11.05	[m]
Tensione tangenziale massima nel calcestruzzo	$\tau_f = 5.03[\text{kg/cm}^2]$	Y = 5.77	[m]

## **Intervento G1 e G2**

### **Geometria paratia**

Altezza fuori terra	3.25	[m]
Profondità di infissione	6.75	[m]
Altezza totale della paratia	10.00	[m]
Lunghezza paratia	10.00	[m]

Numero di file di pali	2	
Interasse fra le file di pali	1.60	[m]
Interasse fra i pali della fila	1.60	[m]
Diametro dei pali	40.00	[cm]
Numero totale di pali	13	
Numero di pali per metro lineare	1.30	

### **Descrizione terreni**

#### *Simbologia adottata*

$n^\circ$	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
Descrizione	Descrizione del terreno
$\gamma$	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
$\phi$	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
$\delta$	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

$n^\circ$	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c
1	substrato	2100.00	2200.00	25.00	16.00	0.500
2	coltre	2100.00	2100.00	22.00	15.00	1.000

### **Descrizione stratigrafia**

#### *Simbologia adottata*

$n^\circ$	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp	spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw	costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
$\alpha$	inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)
Terreno	Terreno associato allo strato

$n^\circ$	sp	$\alpha$	kw	Terreno
1	3.25	11.16	0.56	coltre
2	20.00	0.00	1.00	substrato



**Impostazioni di analisi****Analisi per Combinazioni di Carico.**

Rottura del terreno: Pressione passiva Spostamento limite (spostamento limite molle pari a 1.50)

Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia): Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta  $K_a$  e  $K_p$  che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

**Spinta**

Spinta massima	$P_a =$	0	[kg]	$Y =$	0.00	[m]
Resistenza passiva	$P_p =$	-9856	[kg]	$Y =$	4.60	[m]
Controspinta	$P_c =$	4011	[kg]	$Y =$	9.11	[m]

**Sollecitazioni**

<b>M</b>	<b><math>Y_M</math></b>	<b>T</b>	<b><math>Y_T</math></b>	<b>N</b>	<b><math>Y_N</math></b>	
17707	4.70	7306	1.60	4084	10.00	MAX
0	1.50	-5014	7.30	0	0.00	MIN

**Verifiche strutturali paratia**

Ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo	$Y =$	4.70	[m]
Momento ultimo	$M_u =$	15257	[kgm]
Sforzo normale ultimo	$N_u =$	1654	[kg]
Fattore di sicurezza della sezione	$FS =$	1.12	

**Intervento G3****Geometria paratia**

Altezza fuori terra	1.03	[m]
Profondità di infissione	8.97	[m]
Altezza totale della paratia	10.00	[m]
Lunghezza paratia	10.00	[m]
Numero di file di pali	2	
Interasse fra le file di pali	1.60	[m]
Interasse fra i pali della fila	1.60	[m]
Diametro dei pali	40.00	[cm]
Numero totale di pali	13	
Numero di pali per metro lineare	1.30	

**Descrizione terreni***Simbologia adottata*

$n^\circ$	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
Descrizione	Descrizione del terreno
$\gamma$	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]

$\phi$	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
$\delta$	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cmq]

n°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c
1	substrato	2100.00	2200.00	25.00	16.00	0.500
2	coltre	2100.00	2100.00	22.00	15.00	1.000

### **Descrizione stratigrafia**

#### *Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp	spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw	costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
$\alpha$	inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)
Terreno	Terreno associato allo strato

n°	sp	$\alpha$	kw	Terreno
1	1.03	11.16	0.56	coltre
2	20.00	0.00	1.00	substrato

### **Impostazioni di analisi**

#### **Analisi per Combinazioni di Carico.**

Rottura del terreno: Pressione passiva Spostamento limite (spostamento limite molle pari a 1.50)

Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia): Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta  $K_a$  e  $K_p$  che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

### **Spinta**

Spinta massima	Pa =	0	[kg]	Y =	0.00	[m]
Resistenza passiva	Pp =	-12645	[kg]	Y =	2.85	[m]
Controspinta	Pc =	4057	[kg]	Y =	8.87	[m]

### **Sollecitazioni**

M	$Y_M$	T	$Y_T$	N	$Y_N$	
22424	3.39	10735	0.05	4084	10.00	MAX
0	0.00	-5071	6.59	0	0.00	MIN

### **Verifiche strutturali paratia**

Ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo	Y =	3.39	[m]
Momento ultimo	Mu =	17645	[kgm]
Sforzo normale ultimo	Nu =	1088	[kg]
Fattore di sicurezza della sezione	FS =	1.02	

**Intervento P1K****Geometria paratia**

Altezza fuori terra	2.85	[m]
Profondità di infissione	12.15	[m]
Altezza totale della paratia	15.00	[m]
Lunghezza paratia	10.00	[m]
Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	1.40	[m]
Diametro dei pali	80.00	[cm]
Numero totale di pali	7	
Numero di pali per metro lineare	0.70	

**Descrizione terreni*****Simbologia adottata***

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
Descrizione	Descrizione del terreno
$\gamma$	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
$\phi$	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
$\delta$	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

n°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c
1	substrato	2100.00	2200.00	25.00	16.00	0.500
2	coltre	2100.00	2100.00	22.00	15.00	1.000

**Descrizione stratigrafia*****Simbologia adottata***

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp	spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw	costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
$\alpha$	inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)
Terreno	Terreno associato allo strato

n°	sp	$\alpha$	kw	Terreno
1	2.85	11.16	0.56	coltre
2	25.00	0.00	1.00	substrato

**Impostazioni di analisi****Analisi per Combinazioni di Carico.**

**Rottura del terreno:** Pressione passiva Spostamento limite (spostamento limite molle pari a 1.50)

**Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia):** Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta  $K_a$  e  $K_p$  che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

**Spinta**

Spinta massima	Pa =	0	[kg]	Y =	0.00	[m]
Resistenza passiva	Pp =	-26064	[kg]	Y =	4.27	[m]
Controspinta	Pc =	6440	[kg]	Y =	11.50	[m]

**Sollecitazioni**

M	Y <sub>M</sub>	T	Y <sub>T</sub>	N	Y <sub>N</sub>	
46011	5.00	24529	2.85	13195	15.00	MAX
0	0.00	-8123	7.85	0	0.00	MIN

**Verifiche strutturali paratia**

Ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo	Y =	4.95	[m]
Momento ultimo	Mu =	120680	[kgm]
Sforzo normale ultimo	Nu =	11422	[kg]
Fattore di sicurezza della sezione	FS =	1.84	

Tensione massima nel calcestruzzo	$\sigma_c =$	98.15[kg/cmq]	Y =	5.00	[m]
Tensione massima nell'armatura	$\sigma_f =$	2328.10[kg/cmq]	Y =	4.95	[m]
Tensione tangenziale massima nel calcestruzzo	$\tau_f =$	6.99[kg/cmq]	Y =	2.85	[m]

**Intervento P2K****Geometria paratia**

Altezza fuori terra	5.15	[m]
Profondità di infissione	9.85	[m]
Altezza totale della paratia	15.00	[m]
Lunghezza paratia	10.00	[m]

Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	1.40	[m]
Diametro dei pali	80.00	[cm]
Numero totale di pali	7	
Numero di pali per metro lineare	0.70	

**Descrizione terreni****Simbologia adottata**

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
Descrizione	Descrizione del terreno
$\gamma$	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
$\phi$	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
$\delta$	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cmq]

n°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c
1	substrato	2100.00	2200.00	25.00	16.00	0.500
2	coltre	2100.00	2100.00	22.00	15.00	1.000

### Descrizione stratigrafia

#### *Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp	spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw	costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
$\alpha$	inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)
Terreno	Terreno associato allo strato

n°	sp	$\alpha$	kw	Terreno
1	5.15	11.16	0.56	coltre
2	25.00	0.00	1.00	substrato

### Impostazioni di analisi

#### **Analisi per Combinazioni di Carico.**

Rottura del terreno: Pressione passiva Spostamento limite (spostamento limite molle pari a 1.50)

Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia): Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta  $K_a$  e  $K_p$  che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

### Spinta

Spinta massima	$P_a =$	0	[kg]	$Y =$	0.00	[m]
Resistenza passiva	$P_p =$	-24022	[kg]	$Y =$	6.48	[m]
Controspinta	$P_c =$	7702	[kg]	$Y =$	12.94	[m]

### Sollecitazioni

M	$Y_M$	T	$Y_T$	N	$Y_N$	
50477	6.85	20400	5.15	13195	15.00	MAX
0	0.00	-9680	9.75	0	0.00	MIN

### Verifiche strutturali paratia

Ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo	$Y =$	6.85	[m]
Momento ultimo	$M_u =$	121070	[kgm]
Sforzo normale ultimo	$N_u =$	14452	[kg]
Fattore di sicurezza della sezione	$FS =$	1.68	

Tensione massima nel calcestruzzo	$\sigma_c =$	108.27[kg/cmq]	$Y =$	6.85	[m]
Tensione massima nell'armatura	$\sigma_f =$	2547.42[kg/cmq]	$Y =$	6.80	[m]
Tensione tangenziale massima nel calcestruzzo	$\tau_f =$	5.81[kg/cmq]	$Y =$	5.15	[m]

**Intervento P3K****Geometria paratia**

Altezza fuori terra	8.79	[m]
Profondità di infissione	6.21	[m]
Altezza totale della paratia	15.00	[m]
Lunghezza paratia	10.00	[m]
Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	1.40	[m]
Diametro dei pali	80.00	[cm]
Numero totale di pali	7	
Numero di pali per metro lineare	0.70	

**Descrizione terreni*****Simbologia adottata***

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
Descrizione	Descrizione del terreno
$\gamma$	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
$\phi$	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
$\delta$	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

n°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c
1	substrato	2100.00	2200.00	25.00	16.00	0.500
2	coltre	2100.00	2100.00	22.00	15.00	1.000

**Descrizione stratigrafia*****Simbologia adottata***

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp	spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw	costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
$\alpha$	inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)
Terreno	Terreno associato allo strato

n°	sp	$\alpha$	kw	Terreno
1	8.79	11.16	0.56	coltre
2	25.00	0.00	1.00	substrato

**Impostazioni di analisi****Analisi per Combinazioni di Carico.**

**Rottura del terreno:** Pressione passiva Spostamento limite (spostamento limite molle pari a 1.50)

**Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia):** Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta  $K_a$  e  $K_p$  che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

**Spinta**

Spinta massima	Pa =	0	[kg]	Y =	0.00	[m]
Resistenza passiva	Pp =	-19542	[kg]	Y =	9.87	[m]
Controspinta	Pc =	9561	[kg]	Y =	14.06	[m]

**Sollecitazioni**

M	Y <sub>M</sub>	T	Y <sub>T</sub>	N	Y <sub>N</sub>	
42141	9.74	12476	8.79	13195	15.00	MAX
0	15.00	-11975	12.20	0	0.00	MIN

**Verifiche strutturali paratia**

Ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo	Y =	9.74	[m]
Momento ultimo	Mu =	122417	[kgm]
Sforzo normale ultimo	Nu =	24893	[kg]
Fattore di sicurezza della sezione	FS =	2.03	

Tensione massima nel calcestruzzo	$\sigma_c =$	91.13[kg/cm <sup>2</sup> ]	Y =	9.74	[m]
Tensione massima nell'armatura	$\sigma_f =$	2084.40[kg/cm <sup>2</sup> ]	Y =	9.74	[m]
Tensione tangenziale massima nel calcestruzzo	$\tau_f =$	3.56[kg/cm <sup>2</sup> ]	Y =	8.79	[m]