



**AMBITO 4 PROGETTO DI INTERFACCIA PORTO CITTA'**  
**INTERVENTI PER LA FRUIBILITA' PROTETTA DELLA PASSEGGIATA  
SUL MARE IN CORRISPONDENZA DEL MOLO DI PONENTE**  
**PROGETTO DEFINITIVO**



PROGETTAZIONE:



Il Direttore Tecnico  
Dott. Ing. Stefano PALLAVICINI



Il Direttore Tecnico  
Dott. Ing. Antonino SUTERA

PROGER MANAGER E RESPONSABILE INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:	Dott. Ing. Carlo LISTORTI Dott. Ing. Roberto D'ORAZIO
RESPONSABILE DI PROGETTO:	Dott. Ing. Antonino SUTERA
SUPPORTO SPECIALISTICO OPERE MARITTIME:	Dott. Ing. Franco GRIMALDI
SUPPORTO SPECIALISTICO WATERFRONT:	Dott. Ing. Paolo VIOLA Dott. Arch. Giacomo GUARNERI Dott. Arch. Andrea ANGELI Dott. Arch. Francesca GANGEMI
SUPPORTO MODELLAZIONE MOTO ONDOSO:	Dott. Ing. Andrea PEDRONCINI Dott. Ing. Davide PERSI
RESPONSABILE STRUTTURE:	Dott. Ing. Stefano PALLAVICINI
GEOLOGIA:	Dott. Geol. Mario MASCARUCCI
GEOTECNICA:	Dott. Ing. Ylenia MASCARUCCI
SUPPORTO SPEC. GEOLOGIA E GEOTECNICA:	Dott. Ing. Paolo MARCELLINO
RESPONSABILE AMBIENTE:	Dott. Ing. Marco SANDRUCCI Dott. Ing. Vincenzo IACOPINO
SUPPORTO SPECIALISTICO RAPPORTI ENTI:	Dott. Ing. Diego NESPOLO
COORDINATORE PER LA SICUREZZA:	Dott. Ing. Giuseppe BERNARDO

**D.05**

**TABULATI DI CALCOLO - OPERE MARITTIME**

Questo elaborato è di proprietà della Proger S.p.A. pertanto non può essere riprodotto né integralmente, né in parte senza l'autorizzazione scritta della stessa. Da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui è stato fornito.

Nome File	Scala	Commessa	Codice Elaborato					
DNC113_PD_D.05.dwg		P18062	D	00	00	G	RL	06

REVISIONI	REV. n°	DATA	MOTIVAZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
	00	20/06/2019				

R.U.P.:

Geom. Domenico CIAVARELLA

VISTI/APPROVAZIONI:

PROGETTAZIONE:



*Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale – Porti di La Spezia e Marina di Carrara*

**AMBITO 4 PROGETTO INTERFACCIA PORTO CITTA'**

**Interventi per la fruibilità protetta della passeggiata sul mare in corrispondenza del Molo di Ponente**

PROGETTO DEFINITIVO

D.05 – TABULATI DI CALCOLO – OPERE MARITTIME

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>SCOGLIERA PERCORSO EVOCATIVO</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>SCOGLIERA MOLO FORANEO A SINGOLA BERMA</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>SCOGLIERA MOLO FORANEO A DOPPIA BERMA</b>	<b>24</b>

## **1 PREMESSA**

La presente relazione riporta i tabulati di calcolo e delle verifiche geotecniche relative alle opere marittime previste nel Progetto Definitivo degli *“Interventi per la fruibilità protetta della passeggiata sul mare in corrispondenza del Molo di Ponente”*.

### **Normative di riferimento**

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).

## 2 SCOGLIERA PERCORSO EVOCATIVO

### Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a **1.20**.

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adatterà la seguente simbologia:

- $l$  lunghezza della base della striscia
- $\alpha$  angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
- $B$  larghezza della striscia  $b=l \times \cos(\alpha)$
- $\phi$  angolo di attrito lungo la base della striscia
- $c$  coesione lungo la base della striscia
- $\gamma$  peso di volume del terreno
- $u$  pressione neutra
- W** peso della striscia
- N** sforzo normale alla base della striscia
- T** sforzo di taglio alla base della striscia
- E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub>** forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
- X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub>** forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
- E<sub>a</sub>, E<sub>b</sub>** forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
- ΔX** variazione delle forze tangenziali sulla striscia **ΔX = X<sub>d</sub> - X<sub>s</sub>**
- ΔE** variazione delle forze normali sulla striscia **ΔE = E<sub>d</sub> - E<sub>s</sub>**

### Metodo di Janbu (semplificato)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum [ c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \operatorname{tg}\phi_i ]}{\sum [ W_i \tan\alpha_i ]}$$

dove il termine **N<sub>i</sub>** è espresso da

$$N_i = [ W_i - c_i l_i \sin \alpha_i / \eta + u_i l_i \tan \phi \sin \alpha_i / F ] / m$$

dove il termine **m** è espresso da

$$m = \cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi) / F$$

In questa espressione **n** è il numero delle strisce considerate, **b<sub>i</sub>** e **α<sub>i</sub>** sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia **i**esima rispetto all'orizzontale, **W<sub>i</sub>** è il peso della striscia **i**esima, **c<sub>i</sub>** e **φ<sub>i</sub>** sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed **u<sub>i</sub>** è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Janbu semplificato** contiene al secondo membro il termine **m** che è funzione di **F**. Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per **F** da inserire nell'espressione di **m** ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

La semplificazione del metodo rispetto al procedimento completo consiste nel trascurare le forze tangenziali di interstriscia.

## Dati

### Descrizione terreno

#### Simbologia adottata

*Nr.* Indice del terreno

*Descrizione* Descrizione terreno

<i>γ</i>	Peso di volume del terreno espresso in kN/mc
<i>γ<sub>w</sub></i>	Peso di volume saturo del terreno espresso in kN/mc
<i>φ</i>	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
<i>c</i>	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
<i>φ<sub>u</sub></i>	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
<i>c<sub>u</sub></i>	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	γ [kN/mc]	γ <sub>sat</sub> [kN/mc]	φ' [°]	c' [kPa]
1	Sabbia fine deb limosa-argillosa	21,18	21,64	32.00	0,0
2	Mantellata	18,19	21,13	40.00	0,0
3	Filtro	20,79	22,75	40.00	0,0
4	Sabbia medio fine deb lim-arg	19,60	20,46	24.80	0,0
5	Limo e argilla con sabbia fine	21,60	21,78	23.80	0,1
6	Terreno muro	1,96	1,96	0.00	0,0

### Profilo del piano campagna

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

*Nr.* Identificativo del punto

*X* Ascissa del punto del profilo espressa in m

*Y* Ordinata del punto del profilo espressa in m

<b>n°</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
	<i>[m]</i>	<i>[m]</i>
1	0,00	28,00
2	1,39	27,30
3	3,36	28,15
4	5,84	27,78
5	8,07	27,53
6	12,35	27,88
7	16,25	28,60
8	20,00	28,06
9	24,42	28,68
10	28,95	29,08
11	30,95	29,08
12	31,52	29,45
13	36,83	33,00
14	39,98	33,00
15	39,98	37,08
16	48,69	37,08

**Descrizione stratigrafia**

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° **1** costituito da terreno n° 1 (Sabbia fine deb limosa-argillosa)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

<b>n°</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
	<i>[m]</i>	<i>[m]</i>
1	0,00	3,50
2	0,00	0,00
3	48,69	0,00
4	48,69	3,50

Strato N° **2** costituito da terreno n° 2 (Mantellata)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

<b>n°</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
	<i>[m]</i>	<i>[m]</i>
1	39,98	33,00
2	36,83	33,00
3	31,52	29,45
4	30,95	29,08
5	34,75	29,08
6	37,48	30,90
7	38,40	30,90
8	39,98	32,50

Strato N° **3** costituito da terreno n° 3 (Filtro)

PROGETTAZIONE:



Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale – Porti di La Spezia e Marina di Carrara

**AMBITO 4 PROGETTO INTERFACCIA PORTO CITTA'**

**Interventi per la fruibilità protetta della passeggiata sul mare in corrispondenza del Molo di Ponente**

PROGETTO DEFINITIVO

D.05 – TABULATI DI CALCOLO – OPERE MARITTIME

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	39,98	32,50
2	38,40	30,90
3	37,48	30,90
4	34,75	29,08
5	30,95	29,08
6	28,95	29,08
7	29,45	28,58
8	34,90	28,58
9	37,64	30,40
10	38,61	30,40
11	41,93	31,63
12	48,69	32,50

Strato N° 4 costituito da terreno n° 4 (Sabbia medio fine deb lim-arg)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	48,69	5,00
2	48,69	32,50
3	41,93	31,63
4	38,61	30,40
5	37,64	30,40
6	34,90	28,58
7	29,45	28,58
8	28,95	29,08
9	24,42	28,68
10	20,00	28,06
11	16,25	28,60
12	12,35	27,88
13	8,07	27,53
14	5,84	27,78
15	3,36	28,15
16	1,39	27,30
17	0,00	28,00
18	0,00	5,00

Strato N° 5 costituito da terreno n° 5 (Limo e argilla con sabbia fine)

Coordinate dei vertici dello strato n° 5

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	48,69	3,50
2	48,69	5,00
3	0,00	5,00
4	0,00	3,50

PROGETTAZIONE:



Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale – Porti di La Spezia e Marina di Carrara

**AMBITO 4 PROGETTO INTERFACCIA PORTO CITTA'**

**Interventi per la fruibilità protetta della passeggiata sul mare in corrispondenza del Molo di Ponente**

PROGETTO DEFINITIVO

D.05 – TABULATI DI CALCOLO – OPERE MARITTIME

Strato N° 6 costituito da terreno n° 6 (Terreno muro)

Coordinate dei vertici dello strato n° 6

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	48,69	32,50
2	48,69	37,08
3	39,98	37,08
4	39,98	33,00
5	39,98	32,50

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0,00	30,00
2	48,69	30,00

Carichi sul profilo

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Tipo Tipo carico

$\Psi_2$  Coefficiente sismico carico variabile

Carichi concentrati

X Ascissa del punto di applicazione espressa in [m]

$V_x, V_y$  Intensità del carico in direzione X e Y espresse in [kN]

*Carichi concentrati*

n°	Descrizione	Tipo	$\Psi_2$	X	Y	$V_y$	$V_x$
				[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Spinta sismica dell'acqua	Variabile	1,00	31,52	29,45	0,00	0,29

Interventi inseriti

Numero interventi inseriti 1

*Muro di sostegno - Muro di sostegno*

Grado di sicurezza desiderato a monte

1,30

PROGETTAZIONE:



Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale – Porti di La Spezia e Marina di Carrara

**AMBITO 4 PROGETTO INTERFACCIA PORTO CITTA'**

**Interventi per la fruibilità protetta della passeggiata sul mare in corrispondenza del Molo di Ponente**

PROGETTO DEFINITIVO

D.05 – TABULATI DI CALCOLO – OPERE MARITTIME

Ascissa sul profilo (quota testa muro)	48,69	m
Altezza paramento	4,08	m
Spessore in testa	8,71	m
Inclinazione esterna	0,000	
Inclinazione interna	0,000	
Spessore alla base	8,71	m
Lunghezza mensola fondazione valle	0,00	m
Lunghezza mensola fondazione monte	0,00	m
Lunghezza fondazione totale	8,71	m
Spessore fondazione	0,50	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	24517	kPa
Percentuale di armatura zona tesa	0,30	%
Percentuale di armatura zona compressa	0,15	%
Altezza di scavo	3,00	m

Dati zona sismica

*Identificazione del sito*

Latitudine	44.038692
Longitudine	10.144189
Comune	Massa
Provincia	Massa-Carrara
Regione	Toscana

Punti di interpolazione del reticolo 18711 - 18489 - 18488 - 18710

*Tipo di opera*

Tipo di costruzione	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso pericolose	III - Affollamenti significativi e industrie non
Vita di riferimento	75 anni
Accelerazione al suolo $a_g$	1.612 [m/s <sup>2</sup> ]
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F0	2.39
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante Tc*	0.30
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.46
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00

PROGETTAZIONE:



Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale – Porti di La Spezia e Marina di Carrara

**AMBITO 4 PROGETTO INTERFACCIA PORTO CITTA'**

**Interventi per la fruibilità protetta della passeggiata sul mare in corrispondenza del Molo di Ponente**

PROGETTO DEFINITIVO

D.05 – TABULATI DI CALCOLO – OPERE MARITTIME

Coefficiente riduzione pendio naturale ( $\beta_s$ )	0.24
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Pendio naturale	
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S) = 5.77$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 2.89$

Dati normativa

Normativa:

Norme Tecniche sulle Costruzioni 17/01/2018

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologi a	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologi a	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1.25	1.00
Coazione efficace	$\gamma_{c'}$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

Impostazioni delle superfici di rottura

*Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia [m]  $X_0 = 20,00$   $Y_0 = 20,00$

PROGETTAZIONE:



Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale – Porti di La Spezia e Marina di Carrara

**AMBITO 4 PROGETTO INTERFACCIA PORTO CITTA'**

**Interventi per la fruibilità protetta della passeggiata sul mare in corrispondenza del Molo di Ponente**

PROGETTO DEFINITIVO

D.05 – TABULATI DI CALCOLO – OPERE MARITTIME

Passo maglia	[m]	dX = 2,00	dY = 2,00
Numero passi		Nx = 20	Ny = 20
Raggio	[m]	R = 30,00	

Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni **statiche** che **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi concentrati

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

**Risultati analisi**

Numero di superfici analizzate	54
Coefficiente di sicurezza minimo	1.338
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
JANBU	54	1.338	1	2.948	18

Caratteristiche delle superfici analizzate

*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

PROGETTAZIONE:



Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale – Porti di La Spezia e Marina di Carrara

**AMBITO 4 PROGETTO INTERFACCIA PORTO CITTA'**

**Interventi per la fruibilità protetta della passeggiata sul mare in corrispondenza del Molo di Ponente**

PROGETTO DEFINITIVO

D.05 – TABULATI DI CALCOLO – OPERE MARITTIME

$C_y$  ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

$x_v$  ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

$x_m$  ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

$F_s$  coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

Metodo di JANBU (J)

N°	Forma	$C_x$ [m]	$C_y$ [m]	R [m]	$x_v$ [m]	$x_m$ [m]	V [mc]	$F_s$	Caso	Sisma
1	C	26,00	56,00	30,00	14,52	46,48	86,23	1.338 (J)	[PC]	H+V
2	C	24,00	56,00	30,00	13,16	44,48	74,40	1.342 (J)	[PC]	H+V
3	C	28,00	56,00	30,00	15,92	48,48	97,55	1.367 (J)	[PC]	H+V
4	C	28,00	58,00	30,00	22,80	46,11	41,98	1.370 (J)	[PC]	H+V
5	C	30,00	58,00	30,00	23,96	48,11	53,06	1.372 (J)	[PC]	H+V
6	C	24,00	54,00	30,00	9,64	46,43	142,49	1.468 (J)	[PC]	H+V
7	C	22,00	54,00	30,00	7,83	44,43	129,55	1.475 (J)	[PC]	H+V
8	C	26,00	54,00	30,00	11,38	48,43	155,17	1.482 (J)	[PC]	H+V
9	C	24,00	52,00	30,00	6,38	48,06	220,67	1.581 (J)	[PC]	H+V
10	C	20,00	54,00	30,00	5,27	42,43	116,83	1.603 (J)	[PC]	H+V
11	C	22,00	52,00	30,00	3,91	46,06	208,29	1.608 (J)	[PC]	H+V
12	C	20,00	52,00	30,00	2,37	44,06	196,20	1.680 (J)	[PC]	H+V
13	C	24,00	58,00	30,00	20,80	42,11	18,90	1.693 (J)	[PC]	H+V
14	C	22,00	56,00	30,00	11,69	42,48	62,08	1.708 (J)	[PC]	H+V
15	C	22,00	50,00	30,00	2,06	47,43	295,91	1.751 (J)	[PC]	H+V
16	C	26,00	58,00	30,00	21,74	44,11	30,59	1.815 (J)	[PC]	H+V
17	C	20,00	56,00	30,00	10,06	39,26	49,58	1.857 (J)	[PC]	H+V
18	C	20,00	58,00	30,00	15,14	27,50	2,92	2.948 (J)	[PC]	H+V

Analisi della superficie critica

*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

$X_s$  ascissa sinistra della striscia espressa in m

$Y_{ss}$  ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

$Y_{si}$  ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

$X_g$  ascissa del baricentro della striscia espressa in m

$Y_g$  ordinata del baricentro della striscia espressa in m

$\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

$c$  coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa

$L$  sviluppo della base della striscia espressa in m ( $L=b/\cos\alpha$ )

$u$  pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa

$W$  peso della striscia espresso in kN

$Q$  carico applicato sulla striscia espresso in kN

$N$  sforzo normale alla base della striscia espresso in kN

$T$  sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kN

$U$  pressione neutra alla base della striscia espressa in kN

$E_s, E_d$  forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN

$X_s, X_d$  forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN

ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - valori caratteristici e sisma verso l'alto**

Numero di strisce	25	
Coordinate del centro	$X[m]= 26,00$	$Y[m]= 56,00$
Raggio del cerchio	$R[m]= 30,00$	
Intersezione a valle con il profilo topografico	$X_v[m]= 14,52$	$Y_v[m]= 28,28$
Intersezione a monte con il profilo topografico	$X_m[m]= 46,48$	$Y_m[m]= 34,08$
Coefficiente di sicurezza	$F_s= 1.338$	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	$X_s$	$Y_{ss}$	$Y_{si}$	$X_d$	$Y_{ds}$	$Y_{di}$	$X_g$	$Y_g$	$L$	$\alpha$	$\phi$	$c$
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	[kPa]
1	14,52	28,28	28,28	15,39	28,44	27,94	15,10	28,22	0,93	-21,60	24,80	0
2	15,39	28,44	27,94	16,25	28,60	27,63	15,86	28,15	0,92	-19,84	24,80	0
3	16,25	28,60	27,63	17,50	28,42	27,23	16,90	27,96	1,31	-17,71	24,80	0
4	17,50	28,42	27,23	18,75	28,24	26,89	18,14	27,69	1,30	-15,22	24,80	0
5	18,75	28,24	26,89	20,00	28,06	26,61	19,38	27,45	1,28	-12,76	24,80	0
6	20,00	28,06	26,61	21,47	28,27	26,34	20,77	27,32	1,50	-10,11	24,80	0
7	21,47	28,27	26,34	22,95	28,47	26,16	22,23	27,31	1,49	-7,26	24,80	0
8	22,95	28,47	26,16	24,42	28,68	26,04	23,70	27,34	1,48	-4,43	24,80	0
9	24,42	28,68	26,04	25,93	28,81	26,00	25,18	27,38	1,51	-1,58	24,80	0
10	25,93	28,81	26,00	27,44	28,95	26,03	26,69	27,45	1,51	1,31	24,80	0
11	27,44	28,95	26,03	28,95	29,08	26,15	28,20	27,55	1,51	4,20	24,80	0
12	28,95	29,08	26,15	29,95	29,08	26,26	29,45	27,64	1,01	6,60	24,80	0
13	29,95	29,08	26,26	30,95	29,08	26,41	30,45	27,71	1,01	8,53	24,80	0
14	30,95	29,08	26,41	31,52	29,45	26,51	31,24	27,87	0,58	10,05	24,80	0
15	31,52	29,45	26,51	32,85	30,34	26,79	32,20	28,28	1,36	11,90	24,80	0
16	32,85	30,34	26,79	34,17	31,22	27,14	33,53	28,88	1,37	14,50	24,80	0
17	34,17	31,22	27,14	35,50	32,11	27,54	34,85	29,51	1,39	17,14	24,80	0

PROGETTAZIONE:



Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale – Porti di La Spezia e Marina di Carrara

**AMBITO 4 PROGETTO INTERFACCIA PORTO CITTA'**

Interventi per la fruibilità protetta della passeggiata sul mare in corrispondenza del Molo di Ponente

PROGETTO DEFINITIVO

D.05 – TABULATI DI CALCOLO – OPERE MARITTIME

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
18	35,50	32,11	27,54	36,83	33,00	28,02	36,18	30,17	1,41	19,81	24.80	0
19	36,83	33,00	28,02	38,41	33,00	28,68	37,60	30,67	1,71	22,79	24.80	0
20	38,41	33,00	28,68	39,98	33,00	29,46	39,17	31,03	1,75	26,10	24.80	0
21	39,98	34,08	29,46	41,28	34,08	30,18	40,61	31,94	1,49	29,20	24.80	0
22	41,28	34,08	30,18	42,58	34,08	31,00	41,91	32,33	1,53	32,09	24.80	0
23	42,58	34,08	31,00	43,88	34,08	31,91	43,19	32,75	1,59	35,07	25.42	0
24	43,88	34,08	31,91	45,18	34,08	32,93	44,46	33,22	1,65	38,17	23.04	0
25	45,18	34,08	32,93	46,48	34,08	34,08	45,62	33,70	1,73	41,40	0.00	0

**Forze applicate sulle strisce [JANBU]**

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>s</sub> [kN]	E <sub>d</sub> [kN]	X <sub>s</sub> [kN]	X <sub>d</sub> [kN]	ID
1	4,42	13,87	2,71	0,94	17,19	0,00	10,50	0,00	0,00	
2	12,99	12,52	7,76	2,68	19,93	10,50	23,98	0,00	0,00	
3	27,65	18,27	16,04	5,54	33,09	23,98	39,98	0,00	0,00	
4	32,50	20,47	18,28	6,31	37,36	39,98	55,86	0,00	0,00	
5	35,86	22,68	19,62	6,78	40,88	55,86	70,49	0,00	0,00	
6	50,90	26,54	27,10	9,36	51,74	70,49	94,33	0,00	0,00	
7	63,92	23,55	33,15	11,45	54,63	94,33	116,39	0,00	0,00	
8	74,70	20,57	37,86	13,08	56,54	116,39	135,29	0,00	0,00	
9	84,21	18,56	41,83	14,45	58,95	135,29	149,28	0,00	0,00	
10	88,44	16,59	43,17	14,91	58,99	149,28	158,21	0,00	0,00	
11	90,32	14,61	43,44	15,00	58,06	158,21	161,82	0,00	0,00	
12	59,72	9,02	28,83	9,96	37,48	161,82	160,64	0,00	0,00	
13	57,28	9,02	27,61	9,54	36,33	160,64	157,27	0,00	0,00	
14	33,42	4,11	16,06	5,55	20,09	157,27	157,17	0,00	0,00	
15	90,04	2,22	43,90	15,16	44,54	157,17	150,34	0,00	0,00	
16	103,68	0,00	57,99	20,03	40,83	150,34	139,00	0,00	0,00	
17	114,92	0,00	72,80	25,14	36,24	139,00	124,26	0,00	0,00	
18	123,90	0,00	86,46	29,86	30,67	124,26	105,50	0,00	0,00	
19	151,99	0,00	115,73	39,97	27,58	105,50	78,05	0,00	0,00	
20	131,06	0,00	107,55	37,15	15,98	78,05	49,50	0,00	0,00	
21	78,11	0,00	70,63	24,40	2,63	49,50	30,54	0,00	0,00	
22	54,10	0,00	50,97	17,61	0,00	30,54	15,26	0,00	0,00	
23	31,75	0,00	30,16	10,71	0,00	15,26	4,87	0,00	0,00	
24	8,38	0,00	8,28	2,63	0,00	4,87	1,34	0,00	0,00	
25	1,46	0,00	1,89	0,00	0,00	1,34	0,00	0,00	0,00	

### 3 SCOGLIERA MOLO FORANEO A SINGOLA BERMA

**Descrizione metodo di calcolo**

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a **1.20**.

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

cod. elab.: D.05

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adatterà la seguente simbologia:

- $l$  lunghezza della base della striscia
- $\alpha$  angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
- $b$  larghezza della striscia  $b=l \times \cos(\alpha)$
- $\phi$  angolo di attrito lungo la base della striscia
- $c$  coesione lungo la base della striscia
- $\gamma$  peso di volume del terreno
- $u$  pressione neutra
- W** peso della striscia
- N** sforzo normale alla base della striscia
- T** sforzo di taglio alla base della striscia
- E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub>** forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
- X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub>** forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
- E<sub>a</sub>, E<sub>b</sub>** forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
- ΔX** variazione delle forze tangenziali sulla striscia **ΔX = X<sub>d</sub>-X<sub>s</sub>**
- ΔE** variazione delle forze normali sulla striscia **ΔE = E<sub>d</sub>-E<sub>s</sub>**

#### Metodo di Janbu (semplificato)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum [ c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i ]}{\sum [ W_i \tan \alpha_i ]}$$

dove il termine **N<sub>i</sub>** è espresso da

$$N_i = [ W_i - c_i l_i \sin \alpha_i / \eta + u_i l_i \tan \phi \sin \alpha_i / F ] / m$$

dove il termine **m** è espresso da

$$m = \cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi) / F$$

In questa espressione **n** è il numero delle strisce considerate, **b<sub>i</sub>** e **α<sub>i</sub>** sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia **i**esima rispetto all'orizzontale, **W<sub>i</sub>** è il peso della striscia **i**esima, **c<sub>i</sub>** e **φ<sub>i</sub>** sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed **u<sub>i</sub>** è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Janbu semplificato** contiene al secondo membro il termine **m** che è

funzione di **F**. Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per **F** da inserire nell'espressione di **m** ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

La semplificazione del metodo rispetto al procedimento completo consiste nel trascurare le forze tangenziali di interstriscia.

**Dati**

Descrizione terreno

*Simbologia adottata*

*Nr.* Indice del terreno

*Descrizione* Descrizione terreno

$\gamma$  Peso di volume del terreno espresso in kN/mc

$\gamma_w$  Peso di volume saturo del terreno espresso in kN/mc

$\phi$  Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi

*c* Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa

$\phi_u$  Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi

$c_u$  Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]
1	Sabbia fine deb limosa-argillosa	21,18	21,64	32.00	0,0
2	Mantellata	18,19	21,13	40.00	0,0
3	Filtro	20,79	22,75	40.00	0,0
4	Scogliera esistente	17,65	19,61	40.00	0,0
5	Limo e argilla con sabbia fina	21,60	21,78	23.80	0,1
6	Sabbia medio fine deb lim-arg	19,60	20,46	24.80	0,0

Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

*Nr.* Identificativo del punto

*X*Ascissa del punto del profilo espressa in m

*Y*Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	25,27
2	8,00	25,52
3	14,00	25,79
4	19,00	26,00
5	24,50	26,27

n°	X	Y
	[m]	[m]
6	29,04	26,39
7	30,94	26,48
8	35,24	27,83
9	40,02	29,50
10	59,19	29,50
11	61,88	29,94
12	66,42	31,66

Descrizione stratigrafia

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° **1** costituito da terreno n° 1 (Sabbia fine deb limosa-argillosa)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0,00	3,50
2	0,00	0,00
3	66,42	0,00
4	66,42	3,50

Strato N° **2** costituito da terreno n° 2 (Mantellata)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	59,19	29,50
2	40,02	29,50
3	35,24	27,83
4	30,94	26,48
5	39,66	26,65
6	40,42	26,90
7	46,87	26,90

Strato N° **3** costituito da terreno n° 3 (Filtro)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	46,87	26,90
2	40,42	26,90
3	39,66	26,65
4	30,94	26,48
5	29,04	26,39
6	29,50	25,90

PROGETTAZIONE:



Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale – Porti di La Spezia e Marina di Carrara

**AMBITO 4 PROGETTO INTERFACCIA PORTO CITTA'**

**Interventi per la fruibilità protetta della passeggiata sul mare in corrispondenza del Molo di Ponente**

PROGETTO DEFINITIVO

D.05 – TABULATI DI CALCOLO – OPERE MARITTIME

n°	X	Y
	[m]	[m]
7	39,75	26,15
8	40,50	26,40
9	44,71	26,40

Strato N° 4 costituito da terreno n° 4 (Scogliera esistente)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	66,42	29,27
2	66,42	31,66
3	61,88	29,94
4	59,19	29,50
5	46,87	26,90
6	44,71	26,40
7	40,50	26,40
8	39,75	26,15
9	44,71	24,36
10	46,82	24,58
11	59,17	27,03
12	60,13	27,41
13	61,93	27,64

Strato N° 5 costituito da terreno n° 6 (Sabbia medio fine deb lim-arg)

Coordinate dei vertici dello strato n° 5

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	66,42	5,00
2	66,42	29,27
3	61,93	27,64
4	60,13	27,41
5	59,17	27,03
6	46,82	24,58
7	44,71	24,36
8	39,75	26,15
9	29,50	25,90
10	29,04	26,39
11	24,50	26,27
12	19,00	26,00
13	14,00	25,79
14	8,00	25,52
15	0,00	25,27
16	0,00	5,00

PROGETTAZIONE:



Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale – Porti di La Spezia e Marina di Carrara

**AMBITO 4 PROGETTO INTERFACCIA PORTO CITTA'**

**Interventi per la fruibilità protetta della passeggiata sul mare in corrispondenza del Molo di Ponente**

PROGETTO DEFINITIVO

D.05 – TABULATI DI CALCOLO – OPERE MARITTIME

Strato N° 6 costituito da terreno n° 5 (Limo e argilla con sabbia fina)

Coordinate dei vertici dello strato n° 6

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	66,42	3,50
2	66,42	5,00
3	0,00	5,00
4	0,00	3,50

Descrizione falda

Livello di falda

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0,00	30,00
2	66,42	30,00

Carichi sul profilo

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Tipo Tipo carico

$\Psi_2$  Coefficiente sismico carico variabile

Carichi concentrati

X Ascissa del punto di applicazione espressa in [m]

$V_x, V_y$  Intensità del carico in direzione X e Y espresse in [kN]

*Carichi concentrati*

n°	Descrizione	Tipo	$\Psi_2$	X	Y	$V_y$	$V_x$
				[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Spinta sismica dell'acqua	Variabile	1,00	35,24	27,83	0,00	4,52

Dati zona sismica

Identificazione del sito

Latitudine

44.038692

cod. elab.: D.05

PROGETTAZIONE:



Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale – Porti di La Spezia e Marina di Carrara

**AMBITO 4 PROGETTO INTERFACCIA PORTO CITTA'**

**Interventi per la fruibilità protetta della passeggiata sul mare in corrispondenza del Molo di Ponente**

PROGETTO DEFINITIVO

D.05 – TABULATI DI CALCOLO – OPERE MARITTIME

Longitudine	10.144189
Comune	Massa
Provincia	Massa-Carrara
Regione	Toscana
Punti di interpolazione del reticolo <i>Tipo di opera</i>	18711 - 18489 - 18488 - 18710
Tipo di costruzione	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso pericolose	III - Affollamenti significativi e industrie non
Vita di riferimento	75 anni
Accelerazione al suolo $a_g$	1.612 [m/s <sup>2</sup> ]
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F0	2.39
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante Tc*	0.30
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.46
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione pendio naturale ( $\beta_s$ )	0.24
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Pendio naturale	
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S) = 5.77$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 2.89$

Dati normativa

Normativa:

Norme Tecniche sulle Costruzioni 17/01/2018

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologi a	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

PROGETTAZIONE:



Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale – Porti di La Spezia e Marina di Carrara

**AMBITO 4 PROGETTO INTERFACCIA PORTO CITTA'**

**Interventi per la fruibilità protetta della passeggiata sul mare in corrispondenza del Molo di Ponente**

PROGETTO DEFINITIVO

D.05 – TABULATI DI CALCOLO – OPERE MARITTIME

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologi a	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1.25	1.00
Coazione efficace	$\gamma_{c'}$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

Impostazioni delle superfici di rottura

*Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 20,00$	$Y_0 = 20,00$
Passo maglia	[m]	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi		$N_x = 20$	$N_y = 20$
Raggio	[m]	$R = 30,00$	

Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni **statiche** che **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi concentrati

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a 1,00 m

cod. elab.: D.05

- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

### Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	360
Coefficiente di sicurezza minimo	1.968
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
JANBU	360	1.968	1	7.348	120

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### *Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

#### Metodo di JANBU (J)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	28,00	54,00	30,00	17,41	45,31	57,73	1.968 (J)	[PC]	H+V
2	C	30,00	54,00	30,00	19,20	47,31	64,77	1.981 (J)	[PC]	H+V
3	C	26,00	54,00	30,00	15,61	43,31	50,52	2.060 (J)	[PC]	H+V
4	C	32,00	54,00	30,00	20,98	49,31	71,68	2.065 (J)	[PC]	H+V
5	C	28,00	52,00	30,00	13,45	47,84	120,21	2.078 (J)	[PC]	H+V
6	C	26,00	52,00	30,00	11,60	45,84	112,69	2.083 (J)	[PC]	H+V
7	C	30,00	52,00	30,00	15,31	49,84	127,62	2.111 (J)	[PC]	H+V

PROGETTAZIONE:



Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale – Porti di La Spezia e Marina di Carrara

**AMBITO 4 PROGETTO INTERFACCIA PORTO CITTA'**

**Interventi per la fruibilità protetta della passeggiata sul mare in corrispondenza del Molo di Ponente**

PROGETTO DEFINITIVO

D.05 – TABULATI DI CALCOLO – OPERE MARITTIME

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
8	C	24,00	52,00	30,00	9,75	43,84	104,95	2.147 (J)	[PC]	H+V
9	C	32,00	52,00	30,00	17,17	51,84	134,85	2.177 (J)	[PC]	H+V
10	C	34,00	54,00	30,00	22,76	51,31	78,40	2.193 (J)	[PC]	H+V
11	C	26,00	50,00	30,00	8,62	47,90	186,23	2.212 (J)	[PC]	H+V
12	C	28,00	50,00	30,00	10,50	49,90	194,08	2.221 (J)	[PC]	H+V
13	C	34,00	52,00	30,00	19,03	53,84	141,93	2.235 (J)	[PC]	H+V
14	C	24,00	50,00	30,00	6,72	45,90	178,30	2.236 (J)	[PC]	H+V
15	C	30,00	50,00	30,00	12,38	51,90	201,72	2.236 (J)	[PC]	H+V
16	C	32,00	50,00	30,00	14,27	53,90	209,16	2.240 (J)	[PC]	H+V
17	C	24,00	54,00	30,00	13,82	41,31	43,16	2.243 (J)	[PC]	H+V
18	C	36,00	52,00	30,00	20,87	55,84	148,81	2.253 (J)	[PC]	H+V

Analisi della superficie critica

*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)

φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa

L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa

W peso della striscia espresso in kN

Q carico applicato sulla striscia espresso in kN

N sforzo normale alla base della striscia espresso in kN

T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kN

U pressione neutra alla base della striscia espressa in kN

E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN

X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN

ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - valori caratteristici e sisma verso l'alto**

Numero di strisce	28	
Coordinate del centro	X[m]= 28,00	Y[m]= 54,00
Raggio del cerchio	R[m]= 30,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 17,41	Y <sub>v</sub> [m]= 25,93
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 45,31	Y <sub>m</sub> [m]= 29,50
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 1.968	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	17,41	25,93	25,93	18,20	25,97	25,64	17,94	25,85	0,85	-19,87	24,80	0
2	18,20	25,97	25,64	19,00	26,00	25,38	18,64	25,74	0,84	-18,26	24,80	0
3	19,00	26,00	25,38	20,38	26,07	24,99	19,75	25,60	1,43	-16,09	24,80	0
4	20,38	26,07	24,99	21,75	26,13	24,66	21,10	25,46	1,41	-13,37	24,80	0
5	21,75	26,13	24,66	23,13	26,20	24,40	22,46	25,35	1,40	-10,69	24,80	0
6	23,13	26,20	24,40	24,50	26,27	24,20	23,83	25,27	1,39	-8,03	24,80	0
7	24,50	26,27	24,20	25,63	26,30	24,09	25,07	25,22	1,14	-5,61	24,80	0
8	25,63	26,30	24,09	26,77	26,33	24,03	26,21	25,19	1,14	-3,44	24,80	0
9	26,77	26,33	24,03	27,91	26,36	24,00	27,34	25,18	1,14	-1,27	24,80	0
10	27,91	26,36	24,00	29,04	26,39	24,02	28,47	25,19	1,14	0,90	24,80	0
11	29,04	26,39	24,02	29,99	26,44	24,07	29,51	25,23	0,95	2,90	24,80	0
12	29,99	26,44	24,07	30,94	26,48	24,14	30,46	25,28	0,95	4,71	24,80	0
13	30,94	26,48	24,14	32,02	26,82	24,27	31,49	25,43	1,08	6,66	24,80	0
14	32,02	26,82	24,27	33,09	27,16	24,43	32,56	25,67	1,09	8,73	24,80	0
15	33,09	27,16	24,43	34,16	27,49	24,64	33,63	25,93	1,09	10,81	24,80	0
16	34,16	27,49	24,64	35,24	27,83	24,89	34,71	26,21	1,10	12,91	24,80	0
17	35,24	27,83	24,89	36,34	28,22	25,18	35,80	26,53	1,14	15,06	24,80	0
18	36,34	28,22	25,18	37,45	28,60	25,53	36,90	26,88	1,16	17,26	24,80	0
19	37,45	28,60	25,53	38,55	28,99	25,92	38,00	27,26	1,17	19,48	24,80	0
20	38,55	28,99	25,92	39,66	29,37	26,36	39,11	27,66	1,19	21,74	32,55	0
21	39,66	29,37	26,36	39,75	29,41	26,40	39,70	27,88	0,10	22,96	40,00	0
22	39,75	29,41	26,40	40,02	29,50	26,51	39,88	27,95	0,29	23,34	40,00	0
23	40,02	29,50	26,51	40,42	29,50	26,69	40,22	28,05	0,44	24,04	40,00	0
24	40,42	29,50	26,69	40,50	29,50	26,73	40,46	28,10	0,09	24,54	40,00	0
25	40,50	29,50	26,73	41,70	29,50	27,31	41,08	28,25	1,34	25,90	40,00	0
26	41,70	29,50	27,31	42,91	29,50	27,97	42,27	28,56	1,37	28,49	40,00	0
27	42,91	29,50	27,97	44,11	29,50	28,69	43,45	28,90	1,41	31,14	40,00	0
28	44,11	29,50	28,69	45,31	29,50	29,50	44,51	29,23	1,45	33,86	40,00	0

**Forze applicate sulle strisce [JANBU]**

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>s</sub> [kN]	E <sub>d</sub> [kN]	X <sub>s</sub> [kN]	X <sub>d</sub> [kN]	ID
1	2,62	31,67	1,50	0,35	35,01	0,00	13,92	0,00	0,00	
2	7,67	31,41	4,30	1,01	36,94	13,92	28,68	0,00	0,00	
3	23,92	53,48	13,13	3,08	67,60	28,68	55,26	0,00	0,00	
4	36,00	52,57	19,27	4,52	71,77	55,26	81,22	0,00	0,00	

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>s</sub> [kN]	E <sub>d</sub> [kN]	X <sub>s</sub> [kN]	X <sub>d</sub> [kN]	ID
5	46,14	51,66	24,17	5,67	75,08	81,22	105,08	0,00	0,00	
6	54,42	50,75	27,95	6,56	77,60	105,08	125,66	0,00	0,00	
7	49,60	41,35	25,09	5,89	65,44	125,66	138,60	0,00	0,00	
8	52,38	41,02	26,18	6,15	66,24	138,60	148,33	0,00	0,00	
9	54,16	40,68	26,78	6,29	66,66	148,33	154,63	0,00	0,00	
10	54,94	40,35	26,92	6,32	66,69	154,63	157,37	0,00	0,00	
11	46,93	33,42	23,24	5,46	55,58	157,37	157,71	0,00	0,00	
12	46,88	33,00	23,25	5,46	55,10	157,71	155,57	0,00	0,00	
13	55,15	35,33	27,26	6,40	61,48	155,57	159,54	0,00	0,00	
14	59,60	31,77	29,40	6,90	60,24	159,54	159,29	0,00	0,00	
15	63,16	28,21	31,15	7,31	58,63	159,29	154,84	0,00	0,00	
16	65,83	24,66	32,50	7,63	56,64	154,84	146,30	0,00	0,00	
17	69,94	21,42	34,63	8,13	55,71	146,30	138,64	0,00	0,00	
18	71,69	17,24	35,65	8,37	52,70	138,64	122,31	0,00	0,00	
19	72,38	13,06	36,23	8,50	49,17	122,31	102,23	0,00	0,00	
20	71,83	8,87	35,06	11,37	45,05	102,23	82,08	0,00	0,00	
21	5,77	0,54	2,71	1,16	3,47	82,08	80,59	0,00	0,00	
22	17,22	1,45	8,08	3,45	10,22	80,59	76,01	0,00	0,00	
23	24,64	1,96	11,56	4,93	14,59	76,01	68,43	0,00	0,00	
24	4,74	0,39	2,22	0,95	2,84	68,43	66,92	0,00	0,00	
25	63,11	5,90	29,49	12,57	39,09	66,92	44,63	0,00	0,00	
26	47,32	5,90	22,17	9,45	31,70	44,63	24,51	0,00	0,00	
27	29,78	5,90	14,03	5,98	23,04	24,51	8,74	0,00	0,00	
28	10,27	5,90	4,88	2,08	12,84	8,74	0,00	0,00	0,00	

## 4 SCOGLIERA MOLO FORANEO A DOPPIA BERMA

### Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a **1.20**.

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

- l* lunghezza della base della striscia
- $\alpha$  angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
- b* larghezza della striscia  $b=l \times \cos(\alpha)$
- $\phi$  angolo di attrito lungo la base della striscia
- c* coesione lungo la base della striscia
- $\gamma$  peso di volume del terreno
- u* pressione neutra

- W** peso della striscia
- N** sforzo normale alla base della striscia
- T** sforzo di taglio alla base della striscia
- E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub>** forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
- X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub>** forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
- E<sub>a</sub>, E<sub>b</sub>** forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
- ΔX** variazione delle forze tangenziali sulla striscia **ΔX = X<sub>d</sub> - X<sub>s</sub>**
- ΔE** variazione delle forze normali sulla striscia **ΔE = E<sub>d</sub> - E<sub>s</sub>**

Metodo di Janbu (semplificato)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum [ c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i ]}{\sum [ W_i \tan \alpha_i ]}$$

dove il termine **N<sub>i</sub>** è espresso da

$$N_i = [ W_i - c_i l_i \sin \alpha_i / \eta + u_i l_i \tan \phi \sin \alpha_i / F ] / m$$

dove il termine **m** è espresso da

$$m = \cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi) / F$$

In questa espressione **n** è il numero delle strisce considerate, **b<sub>i</sub>** e **α<sub>i</sub>** sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia **i**esima rispetto all'orizzontale, **W<sub>i</sub>** è il peso della striscia **i**esima, **c<sub>i</sub>** e **φ<sub>i</sub>** sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed **u<sub>i</sub>** è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Janbu semplificato** contiene al secondo membro il termine **m** che è funzione di **F**. Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per **F** da inserire nell'espressione di **m** ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

La semplificazione del metodo rispetto al procedimento completo consiste nel trascurare le forze tangenziali di interstriscia.

**Dati**

Descrizione terreno

*Simbologia adottata*

*Nr.* Indice del terreno

PROGETTAZIONE:



Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale – Porti di La Spezia e Marina di Carrara

**AMBITO 4 PROGETTO INTERFACCIA PORTO CITTA'**

**Interventi per la fruibilità protetta della passeggiata sul mare in corrispondenza del Molo di Ponente**

PROGETTO DEFINITIVO

D.05 – TABULATI DI CALCOLO – OPERE MARITTIME

*Descrizione*      Descrizione terreno

$\gamma$       Peso di volume del terreno espresso in kN/mc

$\gamma_w$       Peso di volume saturo del terreno espresso in kN/mc

$\phi$       Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi

$c$       Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa

$\phi_u$       Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi

$c_u$       Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]
1	Sabbia fine deb limosa-argillosa	21,18	21,64	32.00	0,0
2	Mantellata	18,19	21,13	40.00	0,0
3	Filtro	20,79	22,75	40.00	0,0
4	Scogliera esistente	17,65	19,61	40.00	0,0
5	Sabbia medio fine deb lim-arg	19,60	20,46	24.80	0,0
6	Limo e argilla con sabbia fine	21,60	21,78	23.80	0,1

Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

*Nr.*      Identificativo del punto

*X* Ascissa del punto del profilo espressa in m

*Y* Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	22,00
2	10,00	22,08
3	20,00	22,26
4	30,00	22,46
5	40,00	22,82
6	47,74	22,98
7	48,25	23,49
8	50,30	23,54
9	53,75	25,80
10	55,47	27,00
11	61,47	27,00
12	69,00	29,50
13	88,22	29,50
14	91,92	30,58
15	96,46	31,84

Descrizione stratigrafia

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° **1** costituito da terreno n° 1 (Sabbia fine deb limosa-argillosa)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0,00	3,50
2	0,00	0,00
3	96,46	0,00
4	96,46	3,50

Strato N° **2** costituito da terreno n° 2 (Mantellata)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	88,22	29,50
2	69,00	29,50
3	61,47	27,00
4	55,47	27,00
5	53,75	25,80
6	50,30	23,54
7	54,67	23,66
8	56,25	24,70
9	61,93	24,70
10	69,47	27,20
11	79,02	27,20

Strato N° **3** costituito da terreno n° 3 (Filtro)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	88,22	29,50
2	79,02	27,20
3	69,47	27,20
4	61,93	24,70
5	56,25	24,70
6	54,67	23,66
7	50,30	23,54
8	48,25	23,49
9	47,74	22,98
10	55,47	23,20
11	61,47	23,37
12	68,99	23,66
13	72,22	23,72
14	79,02	26,18

PROGETTAZIONE:



Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale – Porti di La Spezia e Marina di Carrara

**AMBITO 4 PROGETTO INTERFACCIA PORTO CITTA'**

**Interventi per la fruibilità protetta della passeggiata sul mare in corrispondenza del Molo di Ponente**

PROGETTO DEFINITIVO

D.05 – TABULATI DI CALCOLO – OPERE MARITTIME

Strato N° 4 costituito da terreno n° 4 (Scogliera esistente)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	96,46	29,47
2	96,46	31,84
3	91,92	30,58
4	88,22	29,50
5	79,02	26,18
6	72,22	23,72
7	68,99	23,66
8	61,47	23,37
9	66,10	21,27
10	68,99	21,36
11	72,22	21,42
12	79,02	23,73
13	88,22	27,05
14	91,92	28,20

Strato N° 5 costituito da terreno n° 5 (Sabbia medio fine deb lim-arg)

Coordinate dei vertici dello strato n° 5

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	96,46	5,00
2	96,46	29,47
3	91,92	28,20
4	88,22	27,05
5	79,02	23,73
6	72,22	21,42
7	68,99	21,36
8	66,10	21,27
9	61,47	23,37
10	55,47	23,20
11	47,74	22,98
12	40,00	22,82
13	30,00	22,46
14	20,00	22,26
15	10,00	22,08
16	0,00	22,00
17	0,00	5,00

PROGETTAZIONE:



Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale – Porti di La Spezia e Marina di Carrara

**AMBITO 4 PROGETTO INTERFACCIA PORTO CITTA'**

**Interventi per la fruibilità protetta della passeggiata sul mare in corrispondenza del Molo di Ponente**

PROGETTO DEFINITIVO

D.05 – TABULATI DI CALCOLO – OPERE MARITTIME

Strato N° 6 costituito da terreno n° 6 (Limo e argilla con sabbia fine)

Coordinate dei vertici dello strato n° 6

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	96,46	3,50
2	96,46	5,00
3	0,00	5,00
4	0,00	3,50

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0,00	30,00
2	96,46	30,00

Carichi sul profilo

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Tipo Tipo carico

$\Psi_2$  Coefficiente sismico carico variabile

Carichi concentrati

X Ascissa del punto di applicazione espressa in [m]

$V_x, V_y$  Intensità del carico in direzione X e Y espresse in [kN]

*Carichi concentrati*

n°	Descrizione	Tipo	$\Psi_2$	X	Y	$V_y$	$V_x$
				[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Spinta sismica dell'acqua	Variabile	1,00	53,75	25,80	0,00	16,98

Dati zona sismica

*Identificazione del sito*

PROGETTAZIONE:



Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale – Porti di La Spezia e Marina di Carrara

**AMBITO 4 PROGETTO INTERFACCIA PORTO CITTA'**

**Interventi per la fruibilità protetta della passeggiata sul mare in corrispondenza del Molo di Ponente**

PROGETTO DEFINITIVO

D.05 – TABULATI DI CALCOLO – OPERE MARITTIME

Latitudine	44.038692
Longitudine	10.144189
Comune	Massa
Provincia	Massa-Carrara
Regione	Toscana
Punti di interpolazione del reticolo	18711 - 18489 - 18488 - 18710

*Tipo di opera*

Tipo di costruzione	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso pericolose	III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose
Vita di riferimento	75 anni
Accelerazione al suolo $a_g$	1.612 [m/s <sup>2</sup> ]
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F0	2.39
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante Tc*	0.30
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.46
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione pendio naturale ( $\beta_s$ )	0.24
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Pendio naturale	
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S) = 5.77$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 2.89$

Dati normativa

Normativa:

Norme Tecniche sulle Costruzioni 17/01/2018

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologi a	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

PROGETTAZIONE:



Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale – Porti di La Spezia e Marina di Carrara

**AMBITO 4 PROGETTO INTERFACCIA PORTO CITTA'**

**Interventi per la fruibilità protetta della passeggiata sul mare in corrispondenza del Molo di Ponente**

PROGETTO DEFINITIVO

D.05 – TABULATI DI CALCOLO – OPERE MARITTIME

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologi a	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

Impostazioni delle superfici di rottura

*Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 20,00$	$Y_0 = 20,00$
Passo maglia	[m]	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi		$N_x = 20$	$N_y = 20$
Raggio	[m]	$R = 30,00$	

Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni **statiche** che **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi concentrati

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a 1,00 m

cod. elab.: D.05

- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

**Risultati analisi**

Numero di superfici analizzate	648
Coefficiente di sicurezza minimo	1.611
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
JANBU	648	1.611	1	4.330	216

Caratteristiche delle superfici analizzate*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

## Metodo di JANBU (J)

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	48,00	50,00	30,00	35,64	69,90	107,78	1.611 (J)	[PC]	H+V
2	C	50,00	50,00	30,00	37,50	71,90	121,39	1.628 (J)	[PC]	H+V
3	C	46,00	50,00	30,00	33,79	67,39	94,34	1.675 (J)	[PC]	H+V
4	C	52,00	50,00	30,00	39,35	73,90	134,81	1.680 (J)	[PC]	H+V
5	C	48,00	48,00	30,00	32,14	71,62	181,54	1.699 (J)	[PC]	H+V
6	C	50,00	52,00	30,00	42,80	69,84	59,45	1.704 (J)	[PC]	H+V
7	C	50,00	48,00	30,00	34,03	73,62	195,41	1.706 (J)	[PC]	H+V

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
8	C	52,00	52,00	30,00	44,64	71,84	72,65	1.711 (J)	[PC]	H+V
9	C	46,00	48,00	30,00	30,25	69,62	167,51	1.727 (J)	[PC]	H+V
10	C	52,00	48,00	30,00	35,92	75,62	209,16	1.740 (J)	[PC]	H+V
11	C	54,00	50,00	30,00	41,25	75,90	148,13	1.763 (J)	[PC]	H+V
12	C	54,00	48,00	30,00	37,81	77,62	222,72	1.764 (J)	[PC]	H+V
13	C	52,00	46,00	30,00	33,26	77,05	292,61	1.774 (J)	[PC]	H+V
14	C	50,00	46,00	30,00	31,34	75,05	278,58	1.783 (J)	[PC]	H+V
15	C	44,00	50,00	30,00	31,94	64,35	82,54	1.784 (J)	[PC]	H+V
16	C	54,00	46,00	30,00	35,17	79,05	306,37	1.785 (J)	[PC]	H+V
17	C	48,00	52,00	30,00	40,95	67,11	46,54	1.788 (J)	[PC]	H+V
18	C	56,00	46,00	30,00	37,08	81,05	319,98	1.791 (J)	[PC]	H+V

Analisi della superficie critica

*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)

φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa

L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa

W peso della striscia espresso in kN

Q carico applicato sulla striscia espresso in kN

N sforzo normale alla base della striscia espresso in kN

T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kN

U pressione neutra alla base della striscia espressa in kN

E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN

X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN

ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - valori caratteristici e sisma verso l'alto**

Numero di strisce	26	
Coordinate del centro	X[m]= 48,00	Y[m]= 50,00
Raggio del cerchio	R[m]= 30,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 35,64	Y <sub>v</sub> [m]= 22,66
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 69,90	Y <sub>m</sub> [m]= 29,50
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 1.611	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	35,64	22,66	22,66	37,10	22,72	22,05	36,61	22,48	1,58	-22,82	24,80	0
2	37,10	22,72	22,05	38,55	22,77	21,53	37,89	22,25	1,54	-19,84	24,80	0
3	38,55	22,77	21,53	40,00	22,82	21,09	39,31	22,05	1,52	-16,92	24,80	0
4	40,00	22,82	21,09	41,55	22,85	20,70	40,80	21,86	1,59	-13,94	24,80	0
5	41,55	22,85	20,70	43,10	22,88	20,40	42,34	21,71	1,58	-10,91	24,80	0
6	43,10	22,88	20,40	44,64	22,92	20,19	43,88	21,60	1,56	-7,92	24,80	0
7	44,64	22,92	20,19	46,19	22,95	20,05	45,43	21,53	1,55	-4,94	24,80	0
8	46,19	22,95	20,05	47,74	22,98	20,00	46,97	21,50	1,55	-1,98	24,80	0
9	47,74	22,98	20,00	48,25	23,49	20,00	48,00	21,62	0,51	-0,01	24,80	0
10	48,25	23,49	20,00	49,27	23,52	20,03	48,76	21,76	1,03	1,46	24,80	0
11	49,27	23,52	20,03	50,30	23,54	20,09	49,79	21,79	1,03	3,42	24,80	0
12	50,30	23,54	20,09	51,45	24,29	20,20	50,89	22,04	1,16	5,50	24,80	0
13	51,45	24,29	20,20	52,60	25,05	20,35	52,04	22,48	1,16	7,71	24,80	0
14	52,60	25,05	20,35	53,75	25,80	20,56	53,19	22,94	1,17	9,94	24,80	0
15	53,75	25,80	20,56	54,61	26,40	20,74	54,19	23,38	0,88	11,89	24,80	0
16	54,61	26,40	20,74	55,47	27,00	20,94	55,04	23,77	0,88	13,57	24,80	0
17	55,47	27,00	20,94	56,97	27,00	21,37	56,21	24,08	1,56	15,91	24,80	0
18	56,97	27,00	21,37	58,47	27,00	21,89	57,71	24,31	1,59	18,91	24,80	0
19	58,47	27,00	21,89	59,97	27,00	22,49	59,20	24,59	1,62	21,97	24,80	0
20	59,97	27,00	22,49	61,47	27,00	23,19	60,70	24,92	1,66	25,10	24,80	0
21	61,47	27,00	23,19	62,98	27,50	24,01	62,21	25,42	1,71	28,31	38,21	0
22	62,98	27,50	24,01	64,48	28,00	24,93	63,71	26,10	1,77	31,64	40,00	0
23	64,48	28,00	24,93	65,99	28,50	25,99	65,21	26,84	1,84	35,08	40,00	0
24	65,99	28,50	25,99	67,49	29,00	27,20	66,70	27,65	1,93	38,68	40,00	0
25	67,49	29,00	27,20	69,00	29,50	28,58	68,17	28,52	2,04	42,48	40,00	0
26	69,00	29,50	28,58	69,90	29,50	29,50	69,30	29,19	1,29	45,66	40,00	0

**Forze applicate sulle strisce [JANBU]**

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>s</sub> [kN]	E <sub>d</sub> [kN]	X <sub>s</sub> [kN]	X <sub>d</sub> [kN]	ID
1	9,86	104,13	5,98	1,72	118,09	0,00	52,88	0,00	0,00	
2	28,27	103,38	16,49	4,73	124,31	52,88	107,21	0,00	0,00	
3	44,18	102,64	24,88	7,14	129,41	107,21	160,07	0,00	0,00	
4	61,50	108,76	33,56	9,63	142,43	160,07	210,52	0,00	0,00	
5	73,33	108,27	38,88	11,15	146,06	210,52	254,48	0,00	0,00	
6	82,48	107,78	42,65	12,24	148,73	254,48	290,43	0,00	0,00	
7	89,02	107,30	45,06	12,93	150,53	290,43	317,22	0,00	0,00	
8	92,99	106,81	46,22	13,26	151,48	317,22	334,13	0,00	0,00	
9	34,03	33,83	16,88	4,84	50,01	334,13	370,85	0,00	0,00	
10	74,32	65,31	36,85	10,57	100,41	370,85	375,23	0,00	0,00	

PROGETTAZIONE:



Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale – Porti di La Spezia e Marina di Carrara

**AMBITO 4 PROGETTO INTERFACCIA PORTO CITTA'**

**Interventi per la fruibilità protetta della passeggiata sul mare in corrispondenza del Molo di Ponente**

PROGETTO DEFINITIVO

D.05 – TABULATI DI CALCOLO – OPERE MARITTIME

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>s</sub> [kN]	E <sub>d</sub> [kN]	X <sub>s</sub> [kN]	X <sub>d</sub> [kN]	ID
11	73,92	65,06	36,35	10,43	100,12	375,23	374,82	0,00	0,00	
12	90,34	68,61	44,17	12,67	111,67	374,82	412,22	0,00	0,00	
13	105,48	60,11	51,38	14,74	110,66	412,22	438,37	0,00	0,00	
14	119,56	51,61	58,08	16,66	109,28	438,37	452,81	0,00	0,00	
15	98,33	32,89	47,70	13,68	80,61	452,81	474,02	0,00	0,00	
16	106,12	27,83	51,61	14,81	79,46	474,02	470,94	0,00	0,00	
17	186,35	44,13	91,36	26,21	135,24	470,94	423,27	0,00	0,00	
18	172,09	44,13	84,81	24,33	130,16	423,27	366,68	0,00	0,00	
19	154,77	44,13	76,86	22,05	123,90	366,68	303,08	0,00	0,00	
20	134,56	44,13	67,67	19,41	116,26	303,08	234,87	0,00	0,00	
21	119,07	40,61	55,50	27,12	107,37	234,87	188,11	0,00	0,00	
22	106,43	33,23	48,82	25,43	95,94	188,11	138,72	0,00	0,00	
23	89,54	25,85	40,96	21,34	81,90	138,72	88,97	0,00	0,00	
24	68,63	18,46	31,46	16,39	64,44	88,97	43,99	0,00	0,00	
25	43,40	11,08	20,20	10,53	42,33	43,99	10,70	0,00	0,00	
26	8,82	4,43	4,17	2,17	12,19	10,70	0,00	0,00	0,00	

## Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

### Tipo di analisi svolta

L'analisi e le verifiche di stabilità sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico.

I metodi di calcolo implementati sono i classici metodi delle strisce, basati sul concetto dell'equilibrio limite globale. La superficie di rottura è suddivisa in un determinato numero di strisce che consentono di calcolare le grandezze che entrano in gioco nelle equazioni risolutive.

Nel modulo terreni si adotta il criterio di rottura di Mohr-Coulomb. Nel modulo rocce si può adottare il criterio di rottura di Hoek-Brown o di Barton.

Il programma consente di inserire degli interventi di stabilizzazione, che possono intervenire secondo sue modalità diverse: variazione delle forze di interstriscia o resistenza a taglio equivalente.

L'analisi sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	STAP - Stabilità Pendii Terreni e Rocce
Versione	14.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	Dinamica S.r.l.
Licenza	AIU4426E4

### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

\_\_\_\_\_

Il progettista

( )

\_\_\_\_\_