

Ministero dell'Ambiente  
e della Tutela del Territorio



Provincia di Pistoia



Comune di Pistoia

Autorità di Bacino del Fiume Arno



REGIONE TOSCANA  
GIUNTA REGIONALE



Consorzio di Bonifica  
"Ombrone Pistoiese - Bisenzio"



Publiacqua

## Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera

### STRALCIO I PROGETTO DEFINITIVO Cassa di espansione in loc. Laghi Primavera

R.U.P.

Arch. Francesco Bragagnolo

Via XXVII Aprile, 17 51100 Pistoia (PT)

PROGETTO:

Consorzio di Bonifica Ombrone P.se - Bisenzio

Via Traversa della Vergine, 81  
51100 Pistoia

GRUPPO DI LAVORO PROGETTO DEFINITIVO (Decreto del Direttore n° 255 del 18.12.2006):

Ing. Stefano Burchielli : responsabile della progettazione

Ing. Nicola Giusti : progettista  
Ing. jr. Matteo Vaccai: progettista  
Geom. Stefania Galardini : procedure espropriative  
Rag. Giovanna Vassallo : supporto amministrativo  
Arch. Olga Agostini: inquadramento urbanistico e proposta di  
modifica degli strumenti vigenti  
Università degli Studi di Firenze - Facoltà di ingegneria  
Dipartimento ingegneria Civile: Impatto ambientale  
coordinatore attività: prof. Ing. Enio Paris  
Arch. Riccardo Luca Breschi: studio urbanistico e di inserimento  
ambientale  
GEOTECNAlab S.r.l.: prove geotecniche di laboratorio

Geom. Stefano Loli: rilievi topografici  
D.R.E.AM. Italia S.c.r.l. : aspetti geologici  
Geologia e Ambiente S.n.C. : indagini geognostiche  
Ing. Giancarlo Caroli: progettazione opere idrauliche  
Interstudio Firenze S.r.l. : ingegnerizzazione attività di scavo, selezione  
e trasporto materiale interte, progettazione viabilità  
R.T.I. Interstudio Firenze S.r.l. - Geotecnica Progetti S.r.l. :  
Invaso Giudea in località Gello - Aggiornamento del progetto per il  
ripristino funzionale, per l'aumento della capacità e per l'adeguamento  
al D.M. 24.03.1982 n° 44 e delle verifiche sismiche (Progettisti: ingg.  
Giuseppe Baldovin, Ezio Baldovin - D.L.: ing. Sergio Rizzo)

REVISIONE PROGETTO DEFINITIVO (Decreto del Direttore n° 224 del 17.06.2013):



A4 INGEGNERIA STUDIO TECNICO ASSOCIATO - DOTT. ING. DAVID MALOSSI

VIA ROMA 26 - 59100 - PRATO  
TEL/FAX 0574442523  
MAIL: info@a4ingegneria.it

TITOLO:

RELAZIONE CALCOLI STATICI

COD.

STI-004  
PARTE 3

DATA MARZO 2014



**O. MURI**

O.3. MURO A MENSOLA

**DATI TERRENO A MONTE**

$\beta_m$	inclinazione pendio	0.0	(°)
$Z_w$	profondità falda rispetto a testa muro	5.75	(m)
n	numero strati terreno (max. 3)	1	(-)

strato n°	$H_i$ (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	c (kPa)	$\phi$ (°)	$\eta$ (°)	Ka (-)	$\delta$ (°)
1	10.95	18.00	0.00	28.0	22.0	0.320	20.0
2	0.00	20.00	0.00	30.0	20.0	0.400	15.0
3	0.00	20.00	5.00	30.0	20.0	0.400	10.0

$H_i$	spessore strato i-mo
$\gamma$	peso specifico terreno
c, $\phi$	coesione e angolo di attrito terren
$\delta$	angolo di attrito terra-muro
$\eta$	inclinazione spinta attiva (fig. 4), $\text{cor}\beta \leq \eta \leq \phi$
Ka	coefficiente spinta attiva terreno
Kp	coefficiente spinta passiva terreno (inserire valore effettivo)

**DATI TERRENO A VALLE**

$\beta_v$	inclinazione pendio	0.0	(°)
$Z_{vv}$	profondità falda a valle	0.00	(m)
Opz1	considero il peso del terreno a valle ai fini della verifica di stabilità? (S/N)	S	(-)
Opz2	contributo spinta passiva 0 - non viene considerato 1 - viene considerato al 50%	1	(-)

strato n°	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	c (kPa)	$\phi$ (°)	$\delta$ (°)	Kp (-)
1	18.00	0.00	28.0	20.0	4.810

**DATI TERRENO DI FONDAZIONE**

$c_f$	adesione fondazione-terreno	15.00	(kPa)
$\delta_f$	angolo di attrito fondazione-terreno	22.0	(°)

PARTE D'OPERA: Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

COD. ELAB.:  
004\_CAS\_REL\_CAL\_STA.DOC

ELABORATO:  
RELAZIONE CALCOLI STATICI

REDATTO:  
Ing. Giancarlo Caroli



**O. MURI**

O.3. MURO A MENSOLA

N.B. : il foglio va compilato solo nel caso si sia in presenza di sisma

**DATI TERRENO A MONTE**

$\beta_m$	inclinazione pendio	0.0	(°)
$Z_w$	profondità falda rispetto a testa muro	5.75	(m)
n	numero strati terreno (max. 3)	1	(-)

strato n°	$H_i$ (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	c (kPa)	$\phi$ (°)	$\eta$ (°)	$\delta$ (°)	Ka,sisma (-)	Permeabilità (*)
1	10.95	18.00	0.00	28.0	22.0	20.0	0.370	b
2	0.00	20.00	0.00	30.0	20.0	15.0	1.180	a
3	0.00	20.00	5.00	30.0	20.0	10.0	1.070	a

$H_i$  spessore strato i-mo  
 $\gamma$  peso specifico terreno  
c,  $\phi$  coesione e angolo di attrito terren  
 $\delta$  angolo di attrito terra-muro  
 $\eta$  inclinazione spinta attiva (fig. 4),  $\text{con} \beta \leq \eta \leq \phi$   
Ka coefficiente spinta attiva terreno  
Kp coefficiente spinta passiva terreno (inserire valore effettivo)  
(\*) A=permeabilità elevata  $k \geq 10^{-4}$  m/s  
B=permeabilità bassa  $k < 10^{-4}$  m/s

**DATI TERRENO A VALLE**

$\beta_v$	inclinazione pendio	0.0	(°)
$Z_{wv}$	profondità falda a valle	0.00	(m)
Opz1	considero il peso del terreno a valle ai fini della verifica di stabilità? (S/N)	S	(-)
Opz2	contributo spinta passiva 0 - non viene considerato 1 - viene considerato al 50%	1	(-)

strato n°	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	c (kPa)	$\phi$ (°)	$\delta$ (°)	Kp,sisma (-)
1	18.00	0.00	28.0	20.0	2.650

PARTE D'OPERA: Cassa di espansione in loc. Laghi Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE CALCOLI STATICI

COD. ELAB.:  
004\_CAS\_REL\_CAL\_STA.DOC

REDATTO:  
Ing. Giancarlo Caroli



**O. MURI**

O.3. MURO A MENSOLA

**CARICHI PERMANENTI - RIEPILOGO FORZE RISULTANTI**

**Muro**

<b>W<sub>m</sub></b>	peso proprio	435.0	(kN)
<b>b<sub>m</sub></b>	braccio rispetto a punto "O"	2.85	(m)

**Terreno a valle**

<b>S<sub>v,h</sub></b>	spinta passiva terreno a valle, componente orizzontale	73.5	(kN)
<b>h<sub>v</sub></b>	altezza punto applicazione S <sub>v,h</sub> rispetto "O"	0.95	(m)
<b>S<sub>v,v</sub></b>	spinta passiva terreno a valle, componente verticale	-26.7	(kN)
<b>b<sub>v</sub></b>	braccio rispetto a punto "O"	0.00	(m)
<b>W<sub>tv</sub></b>	peso proprio	13.2	(kN)
<b>b<sub>tv</sub></b>	braccio rispetto a punto "O"	0.50	(m)

**Terreno a monte, solo carichi permanenti**

<b>S<sub>m,h</sub></b>	spinta attiva terreno a monte, componente orizzontale	292.4	(kN)
<b>h<sub>m</sub></b>	altezza punto applicazione S <sub>m,h</sub> rispetto "O"	4.16	(m)
<b>S<sub>m,v</sub></b>	spinta attiva terreno a monte, componente verticale	113.2	(kN)
<b>b<sub>m</sub></b>	braccio rispetto a punto "O"	1.98	(m)
<b>W<sub>tm</sub></b>	peso proprio	849.5	(kN)
<b>b<sub>tm</sub></b>	braccio rispetto a punto "O"	4.86	(m)
<b>W<sub>sov</sub></b>	contributo sovraccarichi	0.0	(kN)
<b>b<sub>sov</sub></b>	braccio rispetto a punto "O"	0.00	(m)

**Spinta dell'acqua**

<b>U<sub>m1,h</sub></b>	spinta su paramento inclinato a monte, componente orizzontale	80.0	(kN)
<b>h<sub>Um1</sub></b>	altezza punto applicazione U <sub>m1,h</sub> rispetto "O"	2.53	(m)
<b>U<sub>m1,v</sub></b>	spinta su paramento inclinato a monte, componente verticale	6.6	(kN)
<b>b<sub>Um1</sub></b>	braccio H <sub>m1,h</sub> rispetto "O"	2.09	(m)
<b>U<sub>m2</sub></b>	spinta su paramento verticale fondazione, lato mon	55.2	(kN)
<b>h<sub>Um2</sub></b>	altezza punto applicazione U <sub>m2</sub> rispetto "O"	0.57	(m)
<b>U<sub>m3</sub></b>	peso acqua su mensola fondazione lato mon	232.0	(kN)
<b>b<sub>Um3</sub></b>	braccio U <sub>m3</sub> rispetto "O"	5.10	(m)
<b>U<sub>v1</sub></b>	spinta su paramento verticale fondazione, lato val	40.6	(kN)
<b>h<sub>Uv1</sub></b>	altezza punto applicazione U <sub>v1</sub> rispetto "O"	0.95	(m)
<b>U<sub>v2</sub></b>	peso acqua su mensola fondazione lato val	16.5	(kN)
<b>b<sub>Uv2</sub></b>	braccio U <sub>v2</sub> rispetto "O"	0.50	(m)
<b>U<sub>f</sub></b>	spinta acqua sotto piano fondazion	-322.0	(kN)
<b>b<sub>Uf</sub></b>	braccio U <sub>f</sub> rispetto "O"	4.39	(m)

PARTE D'OPERA: Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

COD. ELAB.:  
004\_CAS\_REL\_CAL\_STA.DOC

ELABORATO:  
RELAZIONE CALCOLI STATICI

REDATTO:  
Ing. Giancarlo Caroli



**O. MURI**

O.3. MURO A MENSOLA

**AZIONI IN FONDAZIONE E SEZIONE INCASTRO - CARICHI PERMANENTI**

**Carichi su piano imposta fondazione**

<b>N</b>	componente perpendicolare al piano di fondazione	1317	(kN)
<b>T</b>	componente parallela al piano di fondazione	313	(kN)
<b>M</b>	momento agente nel baricentro della fondazione	1218	(kN*m)

**Azioni interne sezione incastro**

<b>V</b>	compressione	286	(kN)
<b>H</b>	taglio	312	(kN)
<b>M</b>	momento	1007	(kN*m)

**AZIONI IN FONDAZIONE E SEZIONE INCASTRO - CARICHI TOTALI**

**Carichi su piano imposta fondazione**

<b>N</b>	componente perpendicolare al piano di fondazione	1377	(kN)
<b>T</b>	componente parallela al piano di fondazione	496	(kN)
<b>M</b>	momento agente nel baricentro della fondazione	1982	(kN*m)

**Azioni interne sezione incastro**

<b>V</b>	compressione	332	(kN)
<b>H</b>	taglio	429	(kN)
<b>M</b>	momento	1506	(kN*m)



**O. MURI**

O.3. MURO A MENSOLA

**SCELTA FATTORI SICUREZZA**

$Fs_{rib,a}$	normativa italiana:	<b>1.50</b>	1.50
$Fs_{sc,a}$	normativa italiana:	<b>1.30</b>	1.30

**VERIFICHE STABILITA' - CARICHI PERMANENTI**

$$Fs_{ribaltamento} = M_{stab} / M_{rib} \quad \underline{2.41} \quad (-)$$

$$Fs_{scorrimento} = F_{stab} / F_{scorr} \quad \underline{1.79} \quad (-)$$

$$Fs_{rib} \geq Fs_{rib,a} \quad \text{Verifica soddisfatta}$$

$$Fs_{sc} \geq Fs_{sc,a} \quad \text{Verifica soddisfatta}$$

**VERIFICHE STABILITA' - CARICHI PERMANENTI+ACCIDENTALI (+SISMA)**

$$Fs_{ribaltamento} = M_{stab} / M_{rib} \quad \underline{2.15} \quad (-)$$

$$Fs_{scorrimento} = F_{stab} / F_{scorr} \quad \underline{1.31} \quad (-)$$

$$Fs_{rib} \geq Fs_{rib,a} \quad \text{Verifica soddisfatta}$$

$$Fs_{sc} \geq Fs_{sc,a} \quad \text{Verifica soddisfatta}$$

PARTE D'OPERA: Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

COD. ELAB.:  
004\_CAS\_REL\_CAL\_STA.DOC

ELABORATO:  
RELAZIONE CALCOLI STATICI

REDATTO:  
Ing. Giancarlo Caroli



## **VERIFICA DEL CARICO LIMITE DI FONDAZIONE**

Si considera la seguente relazione applicabile per carichi verticali , per una fondazione di forma rettangolare allungata  $L \gg B$ , con il piano di posa a profondità  $D$ , sottoposta a carichi verticali e con piano di posa e piano campagna orizzontali.

In presenza di falda:

$$q_{lim} - \gamma_w a = N_q [\gamma_1 (D-a) + \gamma_1' a] + N_c C + N_g \gamma_2' B/2$$

dove:

$\gamma_1$  e  $\gamma_2$  sono i pesi dell'unità di volume rispettivamente del terreno posto al di sopra e al di sotto del piano di posa.

Il termine  $C$  è la coesione del terreno al di sotto del piano di posa ( $C'$  in condizioni non drenate)

$N_q$  ,  $N_c$  e  $N_g$  sono i coefficienti adimensionali ricavati sulla base della teoria della plasticità e funzione dell'angolo di attrito  $\phi$  del terreno al di sotto del piano di posa (gabellati in funzione di  $\phi$ ).

Il termine  $a$  è la profondità in corrispondenza del cambio di terreno nel caso di doppio strato.

Nel caso in esame:

$$\gamma_1 \text{ e } \gamma_2 = 1,8 \text{ t/mc}$$

$$C = 0$$

$$\phi = 28^\circ$$

$$N_q = 14,72; N_c = 25,80; N_g = 16,72$$

$$D = 3 \text{ m (profondità media della soletta rispetto al terreno naturale)}$$

$$a = 3 \text{ m altezza della falda dall'intradosso della fondazione}$$

$$L = 8,0 \text{ m}$$



**Consorzio di Bonifica  
Ombrone P.se – Bisenzio**

## PROGETTO DEFINITIVO

Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed  
approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera

$$B = 1,0 \text{ m}$$

Il carico limite assumerà perciò i valori:

$$q_{lim} = 14,72 \times 1,1 \text{ t/mc} \times 3 \text{ m} + 25,80 \times 0 \text{ t/mq} + 16,72 \times 1,1 \text{ t/mc} \times 1 \text{ m} / 2 + 1,0 \text{ t/mc} \\ \times 3 \text{ m} = 61 \text{ t/mq} = 6,1 \text{ kg/cmq}$$

$$\text{Sull'intera platea } Q_{lim} = q_{lim} \times B \times L = 61 \text{ t/mq} \times 1 \text{ m} \times 8 \text{ m} = 488 \text{ t}$$

$$\text{Il carico massimo indicato dal programma è } N = 1.377 \text{ kN} = 137 \text{ t}$$

$$\text{Il coefficiente di sicurezza è pertanto } s = 3,6$$

### VERIFICA IN CORRISPONDENZA DELL'INCASTRO

Spessore	= 120 cm
M	= 150 t*m
N	= 33 t*m
T	= 43 t
Armatura tesa	= 10 $\phi$ 28
Armatura compressa	= 5 $\phi$ 28
$\sigma$ cls	= 68,8 kg/cmq
$\sigma$ acc	= 2.076 kg/cmq
J	= 7.999.500 cm <sup>4</sup>
Y	= 34,5 cm

---

PARTE D'OPERA: Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE CALCOLI STATICI

COD. ELAB.:  
004\_CAS\_REL\_CAL\_STA.DOC

REDATTO:  
Ing. Giancarlo Caroli



**Consorzio di Bonifica  
Ombrone P.se – Bisenzio**

**PROGETTO DEFINITIVO**

Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed  
approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera

## **MURO DI CONTENIMENTO DI VALLE (altezza 6,5 m)**

Le verifiche del muro -stabilità alla rotazione e allo slittamento- sono state condotte anche in questo caso con l'ausilio del software GSS (Geotechnical Survival Software), su una striscia unitaria di muro. I parametri geotecnici sono rimasti invariati. A seguire sono riportati input e output del programma.

---

PARTE D'OPERA: Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE CALCOLI STATICI

COD. ELAB.:  
004\_CAS\_REL\_CAL\_STA.DOC

REDATTO:  
Ing. Giancarlo Caroli



**O. MURI**

O.3. MURO A MENSOLA

**GEOMETRIA MURO**

H	altezza muro	6.50	(m)
B	larghezza fondazione	6.00	(m)
B <sub>t</sub>	spessore muro in sommità	0.40	(m)
B <sub>sv</sub>	variazione spessore muro verso valle	0.00	(m)
B <sub>sm</sub>	variazione spessore muro verso monte	0.60	(m)
B <sub>v</sub>	larghezza mensola fondazione verso valle	1.00	(m)
B <sub>m</sub>	larghezza mensola fondazione verso monte	4.00	(m)
H <sub>f</sub>	spessore fondazione	1.00	(m)
B <sub>vd</sub>	posizione eventuale dente	1.00	(m)
B <sub>d</sub>	larghezza eventuale dente	1.00	(m)
H <sub>d</sub>	altezza eventuale dente	1.00	(m)
H <sub>t</sub>	profondità estradosso fondazione verso valle	1.50	(m)
γ <sub>m</sub>	peso specifico muro	25.00	(kN/m <sup>3</sup> )
α <sub>v</sub>	inclinazione paramento di valle	90.0	(°)
α <sub>m</sub>	inclinazione paramento di monte	84.7	(°)

**SOVRACCARICHI PERMANENTI / ACCIDENTALI**

p	sovraccarico permanente esteso a tutto il terrapieno	0.00	(kN/m <sup>2</sup> )
q	sovraccarico accidentale esteso a tutto il terrapieno	20.00	(kN/m <sup>2</sup> )

**COEFFICIENTI SISMICI**

k <sub>h</sub>	coefficiente sismico orizzontale	0.07	(-)
k <sub>v</sub>	coefficiente sismico verticale		(-)

**N.B.:** I coefficienti sismici devono essere congruenti con quelli utilizzati nel calcolo di k<sub>a</sub> e k<sub>p</sub>.

PARTE D'OPERA: Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

COD. ELAB.:  
004\_CAS\_REL\_CAL\_STA.DOC

ELABORATO:  
RELAZIONE CALCOLI STATICI

REDATTO:  
Ing. Giancarlo Caroli



**O. MURI**

O.3. MURO A MENSOLA

**DATI TERRENO A MONTE**

$\beta_m$	inclinazione pendio	0.0	(°)
$Z_w$	profondità falda rispetto a testa muro	2.50	(m)
<b>n</b>	numero strati terreno (max. 3)	1	(-)

strato n°	$H_i$ (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	<b>c</b> (kPa)	$\phi$ (°)	$\eta$ (°)	<b>Ka</b> (-)	$\delta$ (°)
1	10.00	18.00	0.00	28.0	22.0	0.320	20.0
2	0.00	20.00	0.00	30.0	20.0	0.400	15.0
3	0.00	20.00	5.00	30.0	20.0	0.400	10.0

$H_i$	spessore strato i-mo
$\gamma$	peso specifico terreno
<b>c</b> , $\phi$	coesione e angolo di attrito terren
$\delta$	angolo di attrito terra-muro
$\eta$	inclinazione spinta attiva (fig. 4), $\text{cor}\beta \leq \eta \leq \phi$
<b>Ka</b>	coefficiente spinta attiva terreno
<b>Kp</b>	coefficiente spinta passiva terreno (inserire valore effettivo)

**DATI TERRENO A VALLE**

$\beta_v$	inclinazione pendio	0.0	(°)
$Z_{wv}$	profondità falda a valle	0.00	(m)
<b>Opz1</b>	considero il peso del terreno a valle ai fini della verifica di stabilità? (S/N)	S	(-)
<b>Opz2</b>	contributo spinta passiva 0 - non viene considerato 1 - viene considerato al 50%	1	(-)

strato n°	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	<b>c</b> (kPa)	$\phi$ (°)	$\delta$ (°)	<b>Kp</b> (-)
1	18.00	0.00	28.0	20.0	4.810

**DATI TERRENO DI FONDAZIONE**

$c_f$	adesione fondazione-terreno	15.00	(kPa)
$\delta_f$	angolo di attrito fondazione-terreno	22.0	(°)

PARTE D'OPERA: Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE CALCOLI STATICI

COD. ELAB.:  
004\_CAS\_REL\_CAL\_STA.DOC

REDATTO:  
Ing. Giancarlo Caroli



**O. MURI**

**O.3. MURO A MENSOLA**

**N.B.** : il foglio va compilato solo nel caso si sia in presenza di sisma

**DATI TERRENO A MONTE**

$\beta_m$	inclinazione pendio	0.0	(°)
$Z_w$	profondità falda rispetto a testa muro	2.50	(m)
n	numero strati terreno (max. 3)	1	(-)

strato n°	$H_i$ (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	c (kPa)	$\phi$ (°)	$\eta$ (°)	$\delta$ (°)	$K_{a,sisma}$ (-)	Permeabilità (*)
1	10.00	18.00	0.00	28.0	22.0	20.0	0.370	b
2	0.00	20.00	0.00	30.0	20.0	15.0	1.180	a
3	0.00	20.00	5.00	30.0	20.0	10.0	1.070	a

$H_i$  spessore strato i-mo  
 $\gamma$  peso specifico terreno  
 $c, \phi$  coesione e angolo di attrito terren  
 $\delta$  angolo di attrito terra-muro  
 $\eta$  inclinazione spinta attiva (fig. 4),  $\cos\beta \leq \eta \leq \phi$   
 $K_a$  coefficiente spinta attiva terreno  
 $K_p$  coefficiente spinta passiva terreno (inserire valore effettivo)  
 (\*) A=permeabilità elevata  $k \geq 10^{-4}$  m/s  
 B=permeabilità bassa  $k < 10^{-4}$  m/s

**DATI TERRENO A VALLE**

$\beta_v$	inclinazione pendio	0.0	(°)
$Z_{wv}$	profondità falda a valle	0.00	(m)
<b>Opz1</b>	considero il peso del terreno a valle ai fini della verifica di stabilità? (S/N)	S	(-)
<b>Opz2</b>	contributo spinta passiva 0 - non viene considerato 1 - viene considerato al 50%	1	(-)

strato n°	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	c (kPa)	$\phi$ (°)	$\delta$ (°)	$K_{p,sisma}$ (-)
1	18.00	0.00	28.0	20.0	2.650

PARTE D'OPERA: Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE CALCOLI STATICI

COD. ELAB.:  
004\_CAS\_REL\_CAL\_STA.DOC

REDATTO:  
Ing. Giancarlo Caroli



**O. MURI**

O.3. MURO A MENSOLA

**CARICHI PERMANENTI - RIEPILOGO FORZE RISULTANTI**

**Muro**

<b>W<sub>m</sub></b>	peso proprio	288.8	(kN)
<b>b<sub>m</sub></b>	braccio rispetto a punto "O"	2.23	(m)

**Terreno a valle**

<b>S<sub>v,h</sub></b>	spinta passiva terreno a valle, componente orizzontale	110.8	(kN)
<b>h<sub>v</sub></b>	altezza punto applicazione S <sub>v,h</sub> rispetto "O"	0.17	(m)
<b>S<sub>v,v</sub></b>	spinta passiva terreno a valle, componente verticale	-40.3	(kN)
<b>b<sub>v</sub></b>	braccio rispetto a punto "O"	0.00	(m)
<b>W<sub>tv</sub></b>	peso proprio	12.0	(kN)
<b>b<sub>tv</sub></b>	braccio rispetto a punto "O"	0.50	(m)

**Terreno a monte, solo carichi permanenti**

<b>S<sub>m,h</sub></b>	spinta attiva terreno a monte, componente orizzontale	125.4	(kN)
<b>h<sub>m</sub></b>	altezza punto applicazione S <sub>m,h</sub> rispetto "O"	3.10	(m)
<b>S<sub>m,v</sub></b>	spinta attiva terreno a monte, componente verticale	45.7	(kN)
<b>b<sub>m</sub></b>	braccio rispetto a punto "O"	1.84	(m)
<b>W<sub>tm</sub></b>	peso proprio	335.7	(kN)
<b>b<sub>tm</sub></b>	braccio rispetto a punto "O"	3.82	(m)
<b>W<sub>sov</sub></b>	contributo sovraccarichi	0.0	(kN)
<b>b<sub>sov</sub></b>	braccio rispetto a punto "O"	0.00	(m)

**Spinta dell'acqua**

<b>U<sub>m1,h</sub></b>	spinta su paramento inclinato a monte, componente orizzontale	80.0	(kN)
<b>h<sub>Um1</sub></b>	altezza punto applicazione U <sub>m1,h</sub> rispetto "O"	2.33	(m)
<b>U<sub>m1,v</sub></b>	spinta su paramento inclinato a monte, componente verticale	7.4	(kN)
<b>b<sub>Um1</sub></b>	braccio H <sub>m1,h</sub> rispetto "O"	1.88	(m)
<b>U<sub>m2</sub></b>	spinta su paramento verticale fondazione, lato mon	45.0	(kN)
<b>h<sub>Um2</sub></b>	altezza punto applicazione U <sub>m2</sub> rispetto "O"	0.48	(m)
<b>U<sub>m3</sub></b>	peso acqua su mensola fondazione lato mon	160.0	(kN)
<b>b<sub>Um3</sub></b>	braccio U <sub>m3</sub> rispetto "O"	4.00	(m)
<b>U<sub>v1</sub></b>	spinta su paramento verticale fondazione, lato val	31.2	(kN)
<b>h<sub>Uv1</sub></b>	altezza punto applicazione U <sub>v1</sub> rispetto "O"	0.83	(m)
<b>U<sub>v2</sub></b>	peso acqua su mensola fondazione lato val	15.0	(kN)
<b>b<sub>Uv2</sub></b>	braccio U <sub>v2</sub> rispetto "O"	0.50	(m)
<b>U<sub>f</sub></b>	spinta acqua sotto piano fondazion	-225.0	(kN)
<b>b<sub>Uf</sub></b>	braccio U <sub>f</sub> rispetto "O"	3.33	(m)

PARTE D'OPERA: Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE CALCOLI STATICI

COD. ELAB.:  
004\_CAS\_REL\_CAL\_STA.DOC

REDATTO:  
Ing. Giancarlo Caroli



**O. MURI**

O.3. MURO A MENSOLA

**CARICHI PERMANENTI+ACCIDENTALI - RIEPILOGO FORZE RISULTANTI**

**Muro**

<b>W<sub>m</sub></b>	peso proprio	288.8	(kN)
<b>b<sub>m</sub></b>	braccio rispetto a punto "O"	2.23	(m)
<b>S<sub>me</sub></b>	carico orizzontale dovuto al sisma	20.2	(kN)
<b>h<sub>me</sub></b>	altezza punto applicazione <b>S<sub>me</sub></b> rispetto "O"	1.71	(m)

**Terreno a valle**

<b>S<sub>v,h</sub></b>	spinta passiva terreno a valle, componente orizzontale	61.1	(kN)
<b>h<sub>v</sub></b>	altezza punto applicazione <b>S<sub>v</sub></b> rispetto "O"	0.17	(m)
<b>S<sub>v,v</sub></b>	spinta passiva terreno a valle, componente verticale	-22.2	(kN)
<b>b<sub>v</sub></b>	braccio rispetto a punto "O"	0.00	(m)
<b>W<sub>tv</sub></b>	peso proprio	12.0	(kN)
<b>b<sub>tv</sub></b>	braccio rispetto a punto "O"	0.50	(m)

**Terreno a monte, carichi permanenti+accidentali**

<b>S<sub>m,h</sub></b>	spinta attiva terreno a monte, componente orizzontale	194.5	(kN)
<b>h<sub>m</sub></b>	altezza punto applicazione <b>S<sub>m,h</sub></b> rispetto "O"	3.24	(m)
<b>S<sub>m,v</sub></b>	spinta attiva terreno a monte, componente verticale	73.6	(kN)
<b>b<sub>m</sub></b>	braccio rispetto a punto "O"	1.81	(m)
<b>W<sub>tm</sub></b>	peso proprio	335.7	(kN)
<b>b<sub>tm</sub></b>	braccio rispetto a punto "O"	3.95	(m)
<b>H<sub>tm</sub></b>	inerzia terreno a monte	23.8	(kN)
<b>h<sub>tm</sub></b>	altezza punto applicazione <b>H<sub>tm</sub></b> rispetto "O"	4.49	(m)
<b>W<sub>sov</sub></b>	contributo sovraccarico	12.0	(kN)
<b>b<sub>sov</sub></b>	braccio rispetto a punto "O"	0.50	(m)

**Spinta dell'acqua**

<b>U<sub>m1,h</sub></b>	spinta su paramento inclinato a monte, componente orizzontale	80.0	(kN)
<b>h<sub>Um1</sub></b>	altezza punto applicazione <b>U<sub>m1,h</sub></b> rispetto "O"	2.33	(m)
<b>U<sub>m1,v</sub></b>	spinta su paramento inclinato a monte, componente verticale	7.4	(kN)
<b>b<sub>Um1</sub></b>	braccio <b>U<sub>m1,h</sub></b> rispetto "O"	1.88	(m)
<b>U<sub>m2</sub></b>	spinta su paramento verticale fondazione, lato mon	45.0	(kN)
<b>h<sub>Um2</sub></b>	altezza punto applicazione <b>U<sub>m2</sub></b> rispetto "O"	0.48	(m)
<b>U<sub>m3</sub></b>	peso acqua su mensola fondazione lato mon	160.0	(kN)
<b>b<sub>Um3</sub></b>	braccio <b>U<sub>m3</sub></b> rispetto "O"	4.00	(m)
<b>U<sub>v1</sub></b>	spinta su paramento verticale fondazione, lato val	31.2	(kN)
<b>h<sub>Uv1</sub></b>	altezza punto applicazione <b>U<sub>v1</sub></b> rispetto "O"	0.83	(m)
<b>U<sub>v2</sub></b>	peso acqua su mensola fondazione lato val	15.0	(kN)
<b>b<sub>Uv2</sub></b>	braccio <b>U<sub>v2</sub></b> rispetto "O"	0.50	(m)
<b>U<sub>f</sub></b>	spinta acqua sotto piano fondazion	-225.0	(kN)
<b>b<sub>Uf</sub></b>	braccio <b>U<sub>f</sub></b> rispetto "O"	3.33	(m)
<b>ΔU<sub>e</sub></b>	incremento spinta acqua dovuto al sisma	0.0	(kN)
<b>h<sub>Ue</sub></b>	altezza punto applicazione <b>ΔU<sub>e</sub></b> rispetto "O"	0.00	(m)

PARTE D'OPERA: Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

COD. ELAB.:  
004\_CAS\_REL\_CAL\_STA.DOC

ELABORATO:  
RELAZIONE CALCOLI STATICI

REDATTO:  
Ing. Giancarlo Caroli



**O. MURI**

O.3. MURO A MENSOLA

**SCELTA FATTORI SICUREZZA**

$F_s$ <sub>rib,a</sub>	normativa italiana:	<b>1.50</b>	1.50
$F_s$ <sub>sc,a</sub>	normativa italiana:	<b>1.30</b>	1.30

**VERIFICHE STABILITA' - CARICHI PERMANENTI**

$$F_s \text{ ribaltamento} = M_{stab} / M_{rib} \quad \underline{2.02} \quad (-)$$

$$F_s \text{ scorrimento} = F_{stab} / F_{scorr} \quad \underline{1.89} \quad (-)$$

$F_s$ <sub>rib</sub> >=  $F_s$ <sub>rib,a</sub> Verifica soddisfatta

$F_s$ <sub>sc</sub> >=  $F_s$ <sub>sc,a</sub> Verifica soddisfatta

**VERIFICHE STABILITA' - CARICHI PERMANENTI+ACCIDENTALI (+SISMA)**

$$F_s \text{ ribaltamento} = M_{stab} / M_{rib} \quad \underline{1.91} \quad (-)$$

$$F_s \text{ scorrimento} = F_{stab} / F_{scorr} \quad \underline{1.30} \quad (-)$$

$F_s$ <sub>rib</sub> >=  $F_s$ <sub>rib,a</sub> Verifica soddisfatta

$F_s$ <sub>sc</sub> >=  $F_s$ <sub>sc,a</sub> Verifica soddisfatta

PARTE D'OPERA: Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE CALCOLI STATICI

COD. ELAB.:  
004\_CAS\_REL\_CAL\_STA.DOC

REDATTO:  
Ing. Giancarlo Caroli



**O. MURI**

O.3. MURO A MENSOLA

**AZIONI IN FONDAZIONE E SEZIONE INCASTRO - CARICHI PERMANENTI**

**Carichi su piano imposta fondazione**

<b>N</b>	componente perpendicolare al piano di fondazione	599	(kN)
<b>T</b>	componente parallela al piano di fondazione	108	(kN)
<b>M</b>	momento agente nel baricentro della fondazione	423	(kN*m)

**Azioni interne sezione incastro**

<b>V</b>	compressione	150	(kN)
<b>H</b>	taglio	173	(kN)
<b>M</b>	momento	390	(kN*m)

**AZIONI IN FONDAZIONE E SEZIONE INCASTRO - CARICHI TOTALI**

**Carichi su piano imposta fondazione**

<b>N</b>	componente perpendicolare al piano di fondazione	645	(kN)
<b>T</b>	componente parallela al piano di fondazione	247	(kN)
<b>M</b>	momento agente nel baricentro della fondazione	762	(kN*m)

**Azioni interne sezione incastro**

<b>V</b>	compressione	177	(kN)
<b>H</b>	taglio	239	(kN)
<b>M</b>	momento	586	(kN*m)

PARTE D'OPERA: Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

COD. ELAB.:  
004\_CAS\_REL\_CAL\_STA.DOC

ELABORATO:  
RELAZIONE CALCOLI STATICI

REDATTO:  
Ing. Giancarlo Caroli



## **VERIFICA DEL CARICO LIMITE DI FONDAZIONE**

Date le caratteristiche del terreno è lecito supporre che il carico limite sia il medesimo calcolato per il muro di monte ( $q_{lim} = 61 \text{ t/mq}$ )

Sull'intera platea  $Q_{lim} = q_{lim} \times B \times L = 61 \text{ t/mq} \times 1 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 366 \text{ t}$

Il carico massimo indicato dal programma è  $N = 1.377 \text{ kN} = 17,7 \text{ t}$

Il coefficiente di sicurezza è pertanto  $s = 20$

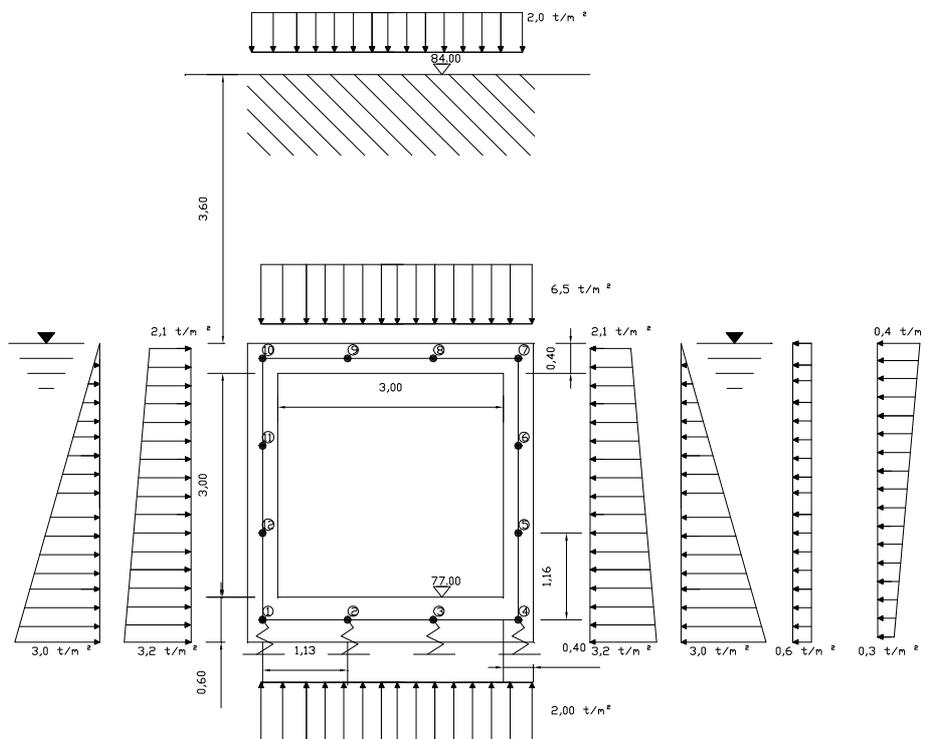
## **VERIFICA IN CORRISPONDENZA DELL'INCASTRO**

Spessore	= 100 cm
M	= 58,6 t*m
N	= 18 t
T	= 23,9 t
Armatura tesa	= 5 $\phi$ 24
Armatura compressa	= 5 $\phi$ 24
$\sigma_{cls}$	= 53,0 kg/cmq
$\sigma_{acc}$	= 2.543 kg/cmq
J	= 2.334.189 cm <sup>4</sup>
Y	= 22,9 cm



## TOMBINO SCATOLARE

La sezione trasversale del tombino in cemento armato -Rck 300- è costituita da uno scatolare con luce netta 3x3 m. Pareti e copertura hanno spessore 40 cm, la soletta di base 60 cm. Questo manufatto ha uno sviluppo longitudinale di 33,20 m ed è destinato a smaltire grosse portate.



### ANALISI DEI CARICHI

Si considera la seguente combinazione dei carichi :

- pesi propri (vengono calcolati automaticamente da programma) ;
- spinta del terreno e incremento di spinta sismica;
- spinta della falda (cautelativamente ipotizzata all'estradosso della copertura)

PARTE D'OPERA: Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE CALCOLI STATICI

COD. ELAB.:  
004\_CAS\_REL\_CAL\_STA.DOC

REDATTO:  
Ing. Giancarlo Caroli



**Consorzio di Bonifica  
Ombrone P.se – Bisenzio**

## PROGETTO DEFINITIVO

Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed  
approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera

- sottopressioni agenti sulla soletta di fondazione
- sovraccarico accidentale agente sulla soletta e lateralmente pari a 2,00 t/mq

La spinta unitaria massima del terreno in condizioni statiche e sature vale  $St = \gamma' \cdot h$

\*  $K_a$

Considerando un peso specifico del terreno immerso pari a  $\gamma' = 1,1$  t/mc, un angolo tra paramento del muro e l'orizzontale uguale a  $90^\circ$ , un angolo di attrito del terreno pari a  $28^\circ$ , un angolo di attrito terreno-parete pari a  $20^\circ$  e un terreno orizzontale risulta :

$K_a = 0,320$  e  $St_{min} = 0,32 \times 1,8$  t/mc  $\times 3,6$ m = 2,1 t/mq; mentre:

$St_{max} = 2,1$  t/mq +  $0,32 \times 1,1$ t/mc  $\times 3$ m = 3,2 t/mq

Per  $c = 0,07$  il coefficiente di spinta sismica del terreno vale  $K_{as} = 0,370$  e la corrispondente spinta massima vale  $Sts_{max} = 3,6$  t/mq, mentre quella minima vale  $Sts_{min} = 2,4$  t/mq

L'incremento unitario di spinta sismica del terreno vale pertanto  $\Delta F_{max} = 0,4$  t/mq e  $\Delta F_{min} = 0,3$  t/mq.

La spinta unitaria dovuta alla spinta del sovraccarico accidentale vale  $S_q = 2 \times 0,320 = 0,65$  t/mq.

La spinta unitaria massima della falda e le sottopressioni sulla fondazione valgono  $S_a = 3,0$  t/mq.

Al terreno è stato assegnato un modulo di sottofondo  $K = 2.000$  t/mc secondo il modello alla Winkler.

Di seguito si allegano i tabulati di calcolo, e le verifiche del cemento armato.

---

PARTE D'OPERA: Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE CALCOLI STATICI

COD. ELAB.:  
004\_CAS\_REL\_CAL\_STA.DOC

REDATTO:  
Ing. Giancarlo Caroli



SAP2000 v7.42 File: SCATOLARE 3X3 Ton-m Units PAGE 1  
4/26/07 13.08.29

\*\*\*\*\*

ST A T I C L O A D C A S E S

STATIC CASE	CASE TYPE	SELF WT FACTOR
LOAD1	DEAD	1.0000
TERRENO	DEAD	1.0000
SISMA	DEAD	1.0000
ACQUA	DEAD	1.0000
ACCID	DEAD	1.0000

SAP2000 v7.42 File: SCATOLARE 3X3 Ton-m Units PAGE 2  
4/26/07 13.08.29

\*\*\*\*\*

J O I N T D A T A

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	RESTRAINTS	ANGLE-A	ANGLE-B	ANGLE-C
1	-1.69950	0.00000	0.00000	1 1 0 1 0 1	0.000	0.000	0.000
2	-0.56650	0.00000	0.00000	1 1 0 1 0 1	0.000	0.000	0.000
3	0.56650	0.00000	0.00000	1 1 0 1 0 1	0.000	0.000	0.000
4	1.69950	0.00000	0.00000	1 1 0 1 0 1	0.000	0.000	0.000
5	1.69950	0.00000	1.16700	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
6	1.69950	0.00000	2.33400	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
7	1.69950	0.00000	3.50100	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
8	0.56650	0.00000	3.50100	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
9	-0.56650	0.00000	3.50100	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
10	-1.69950	0.00000	3.50100	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
11	-1.69950	0.00000	2.33400	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
12	-1.69950	0.00000	1.16700	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000

SAP2000 v7.42 File: SCATOLARE 3X3 Ton-m Units PAGE 3  
4/26/07 13.08.29

\*\*\*\*\*

J O I N T S P R I N G D A T A

JOINT	K-U1	K-U2	K-U3	K-R1	K-R2	K-R3
2	0.000	0.000	2260.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	2260.000	0.000	0.000	0.000
1	0.000	0.000	1130.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	1130.000	0.000	0.000	0.000

SAP2000 v7.42 File: SCATOLARE 3X3 Ton-m Units PAGE 4  
4/26/07 13.08.29

\*\*\*\*\*

F R A M E E L E M E N T D A T A

FRAME	JNT-1	JNT-2	SECTION	ANGLE	RELEASES	SEGMENTS	R1	R2	FACTOR	LENGTH
1	1	2	SOLETTA	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.133
2	2	3	SOLETTA	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.133
3	3	4	SOLETTA	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.133
4	4	5	PARETI	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.167
5	5	6	PARETI	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.167
6	6	7	PARETI	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.167
7	7	8	COPERTUR	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.133
8	8	9	COPERTUR	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.133
9	9	10	COPERTUR	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.133
10	10	11	PARETI	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.167
11	11	12	PARETI	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.167
12	12	1	PARETI	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.167

SAP2000 v7.42 File: SCATOLARE 3X3 Ton-m Units PAGE 5

PARTE D'OPERA: Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE CALCOLI STATICI

COD. ELAB.:  
004\_CAS\_REL\_CAL\_STA.DOC

REDATTO:  
Ing. Giancarlo Caroli



**Consorzio di Bonifica  
Ombrone P.se – Bisenzio**

**PROGETTO DEFINITIVO**

Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed  
approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera

4/26/07 13.08.29

\*\*\*\*\*

FRAME	SPAN	DISTRI	BUTED	LOADS	Load Case	TERRENO
FRAME	TYPE	DIRECTION	DISTANCE-A	VALUE-A	DISTANCE-B	VALUE-B
7	FORCE	GLOBAL-Z	0.0000	-6.5000	1.0000	-6.5000
8	FORCE	GLOBAL-Z	0.0000	-6.5000	1.0000	-6.5000
9	FORCE	GLOBAL-Z	0.0000	-6.5000	1.0000	-6.5000
6	FORCE	GLOBAL-X	0.0000	-2.5000	1.0000	-2.1000
5	FORCE	GLOBAL-X	0.0000	-2.9000	1.0000	-2.5000
4	FORCE	GLOBAL-X	0.0000	-3.2000	1.0000	-2.9000
10	FORCE	GLOBAL-X	0.0000	2.1000	1.0000	2.5000
11	FORCE	GLOBAL-X	0.0000	2.5100	1.0000	2.9000
12	FORCE	GLOBAL-X	0.0000	2.9000	1.0000	3.2000

SAP2000 v7.42 File: SCATOLARE 3X3 Ton-m Units PAGE 6  
4/26/07 13.08.29

\*\*\*\*\*

FRAME	SPAN	DISTRI	BUTED	LOADS	Load Case	SISMA
FRAME	TYPE	DIRECTION	DISTANCE-A	VALUE-A	DISTANCE-B	VALUE-B
4	FORCE	GLOBAL-X	0.0000	-0.3000	1.0000	-0.3300
5	FORCE	GLOBAL-X	0.0000	-0.3300	1.0000	-0.3700
6	FORCE	GLOBAL-X	0.0000	-0.3700	1.0000	-0.4000

SAP2000 v7.42 File: SCATOLARE 3X3 Ton-m Units PAGE 7  
4/26/07 13.08.30

\*\*\*\*\*

FRAME	SPAN	DISTRI	BUTED	LOADS	Load Case	ACQUA
FRAME	TYPE	DIRECTION	DISTANCE-A	VALUE-A	DISTANCE-B	VALUE-B
1	FORCE	GLOBAL-Z	0.0000	3.0000	1.0000	3.0000
2	FORCE	GLOBAL-Z	0.0000	3.0000	1.0000	3.0000
3	FORCE	GLOBAL-Z	0.0000	3.0000	1.0000	3.0000
6	FORCE	GLOBAL-X	0.0000	-1.1600	1.0000	0.0000
5	FORCE	GLOBAL-X	0.0000	-2.3300	1.0000	-1.1600
4	FORCE	GLOBAL-X	0.0000	-3.0000	1.0000	-2.3300
10	FORCE	GLOBAL-X	0.0000	0.0000	1.0000	1.1600
11	FORCE	GLOBAL-X	0.0000	1.1600	1.0000	2.3200
12	FORCE	GLOBAL-X	0.0000	2.3200	1.0000	3.0000

SAP2000 v7.42 File: SCATOLARE 3X3 Ton-m Units PAGE 8  
4/26/07 13.08.30

\*\*\*\*\*

FRAME	SPAN	DISTRI	BUTED	LOADS	Load Case	ACCID
FRAME	TYPE	DIRECTION	DISTANCE-A	VALUE-A	DISTANCE-B	VALUE-B
7	FORCE	GLOBAL-Z	0.0000	-2.0000	1.0000	-2.0000
8	FORCE	GLOBAL-Z	0.0000	-2.0000	1.0000	-2.0000
9	FORCE	GLOBAL-Z	0.0000	-2.0000	1.0000	-2.0000
4	FORCE	GLOBAL-X	0.0000	-0.6500	1.0000	-0.6500
5	FORCE	GLOBAL-X	0.0000	-0.6500	1.0000	-0.6500
6	FORCE	GLOBAL-X	0.0000	-0.6500	1.0000	-0.6500

PARTE D'OPERA: Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE CALCOLI STATICI

COD. ELAB.:  
004\_CAS\_REL\_CAL\_STA.DOC

REDATTO:  
Ing. Giancarlo Caroli



SAP2000 v7.42 File: SCATOLARE 3X3 Ton-m Units PAGE 1  
4/26/07 13.09.34

\*\*\*\*\*

LOAD COMBINATION MULTIPLIERS

COMBO	TYPE	CASE	FACTOR	TYPE	TITLE
COMB1	ADD				COMB1
		LOAD1	1.0000	STATIC (DEAD)	
		TERRENO	1.0000	STATIC (DEAD)	
		SISMA	1.0000	STATIC (DEAD)	
		ACQUA	1.0000	STATIC (DEAD)	
		ACCID	1.0000	STATIC (DEAD)	

SAP2000 v7.42 File: SCATOLARE 3X3 Ton-m Units PAGE 2  
4/26/07 13.09.35

\*\*\*\*\*

JOINT DISPLACEMENTS

JOINT	LOAD	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	COMB1	0.0000	0.0000	-0.0153	0.0000	-1.146E-03	0.0000
2	COMB1	0.0000	0.0000	-0.0140	0.0000	-9.886E-04	0.0000
3	COMB1	0.0000	0.0000	-0.0132	0.0000	-5.668E-04	0.0000
4	COMB1	0.0000	0.0000	-0.0127	0.0000	-4.745E-04	0.0000
5	COMB1	-8.451E-04	0.0000	-0.0127	0.0000	-8.418E-04	0.0000
6	COMB1	-1.873E-03	0.0000	-0.0127	0.0000	-9.180E-04	0.0000
7	COMB1	-3.064E-03	0.0000	-0.0128	0.0000	-1.221E-03	0.0000
8	COMB1	-3.057E-03	0.0000	-0.0142	0.0000	-1.103E-03	0.0000
9	COMB1	-3.050E-03	0.0000	-0.0151	0.0000	-4.476E-04	0.0000
10	COMB1	-3.043E-03	0.0000	-0.0154	0.0000	-4.197E-04	0.0000
11	COMB1	-2.241E-03	0.0000	-0.0154	0.0000	-8.465E-04	0.0000
12	COMB1	-1.176E-03	0.0000	-0.0154	0.0000	-9.476E-04	0.0000

SAP2000 v7.42 File: SCATOLARE 3X3 Ton-m Units PAGE 3  
4/26/07 13.09.35

\*\*\*\*\*

JOINT REACTIONS

JOINT	LOAD	F1	F2	F3	M1	M2	M3
1	COMB1	-7.7219	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	COMB1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	COMB1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	COMB1	11.2288	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

SAP2000 v7.42 File: SCATOLARE 3X3 Ton-m Units PAGE 4  
4/26/07 13.09.35

\*\*\*\*\*

FRAME ELEMENT FORCES

FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
1	COMB1							

PARTE D'OPERA: Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE CALCOLI STATICI

COD. ELAB.:  
004\_CAS\_REL\_CAL\_STA.DOC

REDATTO:  
Ing. Giancarlo Caroli



**Consorzio di Bonifica  
Ombrone P.se – Bisenzio**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed  
approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera**

	0.00	0.00	22.68	0.00	0.00	0.00	5.97
	2.8E-01	0.00	23.87	0.00	0.00	0.00	-6.184E-01
	5.7E-01	0.00	25.06	0.00	0.00	0.00	-7.55
	8.5E-01	0.00	26.25	0.00	0.00	0.00	-14.82
	1.13	0.00	27.45	0.00	0.00	0.00	-22.42
2	COMB1						
	0.00	0.00	-4.29	0.00	0.00	0.00	-22.42
	2.8E-01	0.00	-3.10	0.00	0.00	0.00	-21.37
	5.7E-01	0.00	-1.91	0.00	0.00	0.00	-20.67
	8.5E-01	0.00	-7.142E-01	0.00	0.00	0.00	-20.29
	1.13	0.00	4.777E-01	0.00	0.00	0.00	-20.26
3	COMB1						
	0.00	0.00	-29.28	0.00	0.00	0.00	-20.26
	2.8E-01	0.00	-28.09	0.00	0.00	0.00	-12.14
	5.7E-01	0.00	-26.90	0.00	0.00	0.00	-4.35
	8.5E-01	0.00	-25.71	0.00	0.00	0.00	3.10
	1.13	0.00	-24.52	0.00	0.00	0.00	10.22
4	COMB1						
	0.00	-38.85	-11.23	0.00	0.00	0.00	-10.22
	5.8E-01	-36.04	-7.19	0.00	0.00	0.00	-4.85
	1.17	-33.24	-3.43	0.00	0.00	0.00	-1.77
5	COMB1						
	0.00	-33.24	-3.43	0.00	0.00	0.00	-1.77
	5.8E-01	-30.44	-3.285E-02	0.00	0.00	0.00	-7.774E-01
	1.17	-27.63	2.92	0.00	0.00	0.00	-1.64
6	COMB1						
	0.00	-27.63	2.92	0.00	0.00	0.00	-1.64
	5.8E-01	-24.83	5.43	0.00	0.00	0.00	-4.10
	1.17	-22.02	7.49	0.00	0.00	0.00	-7.89
7	COMB1						
	0.00	-7.49	-22.02	0.00	0.00	0.00	-7.89
	2.8E-01	-7.49	-18.26	0.00	0.00	0.00	-2.19
	5.7E-01	-7.49	-14.49	0.00	0.00	0.00	2.45
	8.5E-01	-7.49	-10.72	0.00	0.00	0.00	6.02
	1.13	-7.49	-6.95	0.00	0.00	0.00	8.52
8	COMB1						
	0.00	-7.49	-6.95	0.00	0.00	0.00	8.52
	2.8E-01	-7.49	-3.18	0.00	0.00	0.00	9.96
	5.7E-01	-7.49	5.872E-01	0.00	0.00	0.00	10.33
	8.5E-01	-7.49	4.36	0.00	0.00	0.00	9.63
	1.13	-7.49	8.12	0.00	0.00	0.00	7.86
9	COMB1						
	0.00	-7.49	8.12	0.00	0.00	0.00	7.86
	2.8E-01	-7.49	11.89	0.00	0.00	0.00	5.02
	5.7E-01	-7.49	15.66	0.00	0.00	0.00	1.12
	8.5E-01	-7.49	19.43	0.00	0.00	0.00	-3.85
	1.13	-7.49	23.20	0.00	0.00	0.00	-9.89
10	COMB1						
	0.00	-23.20	7.49	0.00	0.00	0.00	9.89
	5.8E-01	-26.00	6.04	0.00	0.00	0.00	5.92
	1.17	-28.81	4.13	0.00	0.00	0.00	2.93
11	COMB1						
	0.00	-28.81	4.13	0.00	0.00	0.00	2.93
	5.8E-01	-31.61	1.76	0.00	0.00	0.00	1.19
	1.17	-34.41	-1.06	0.00	0.00	0.00	9.619E-01
12	COMB1						
	0.00	-34.41	-1.06	0.00	0.00	0.00	9.619E-01
	5.8E-01	-37.22	-4.25	0.00	0.00	0.00	2.50
	1.17	-40.02	-7.72	0.00	0.00	0.00	5.97

PARTE D'OPERA: Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE CALCOLI STATICI

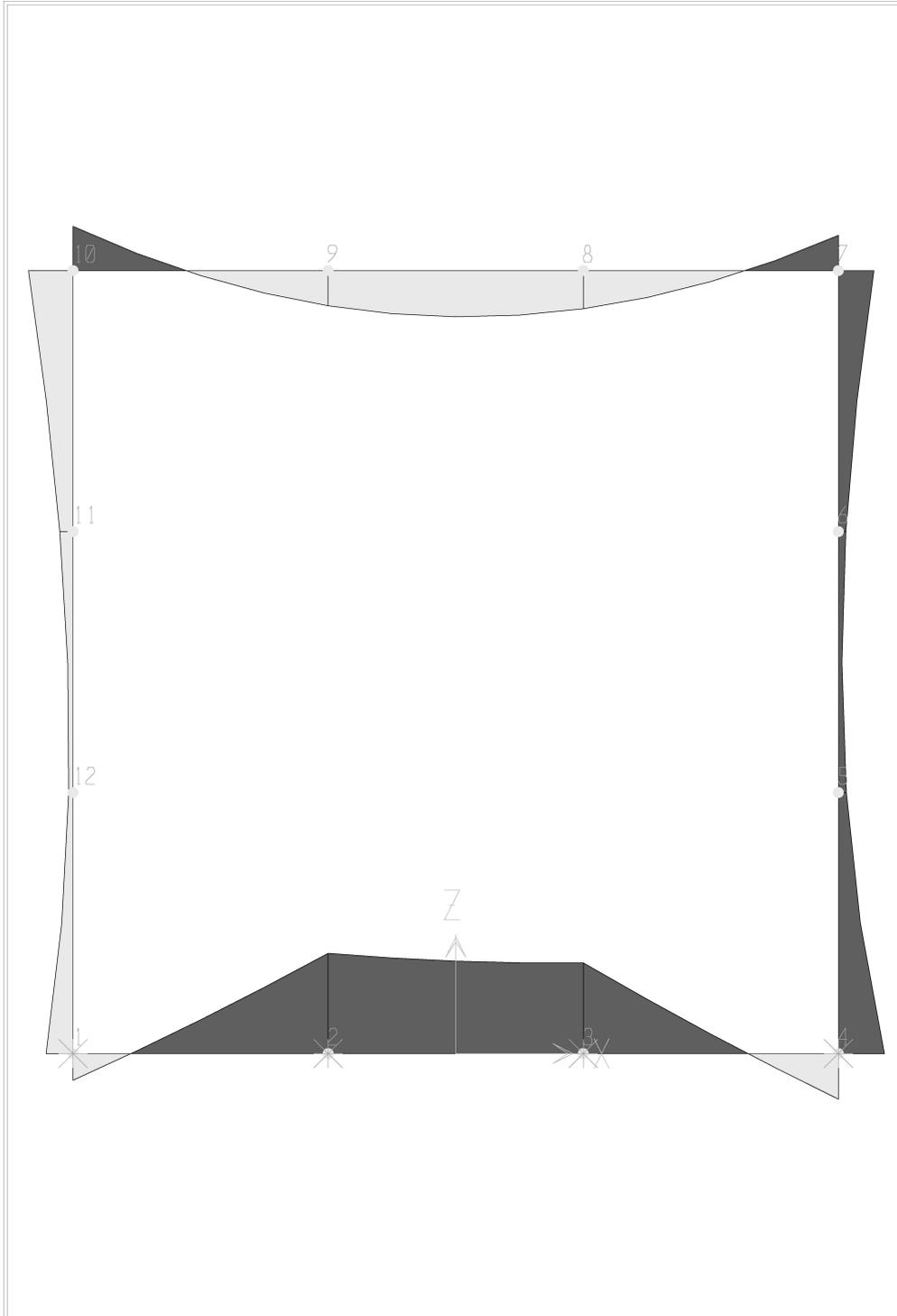
COD. ELAB.:  
004\_CAS\_REL\_CAL\_STA.DOC

REDATTO:  
Ing. Giancarlo Caroli



**SAP2000**

4/26/07 13.11.46



SAP2000 v7.42 - File:scatolare 3x3 - Moment 3-3 Diagram (COMB1) - Ton-m Units

PARTE D'OPERA: Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE CALCOLI STATICI

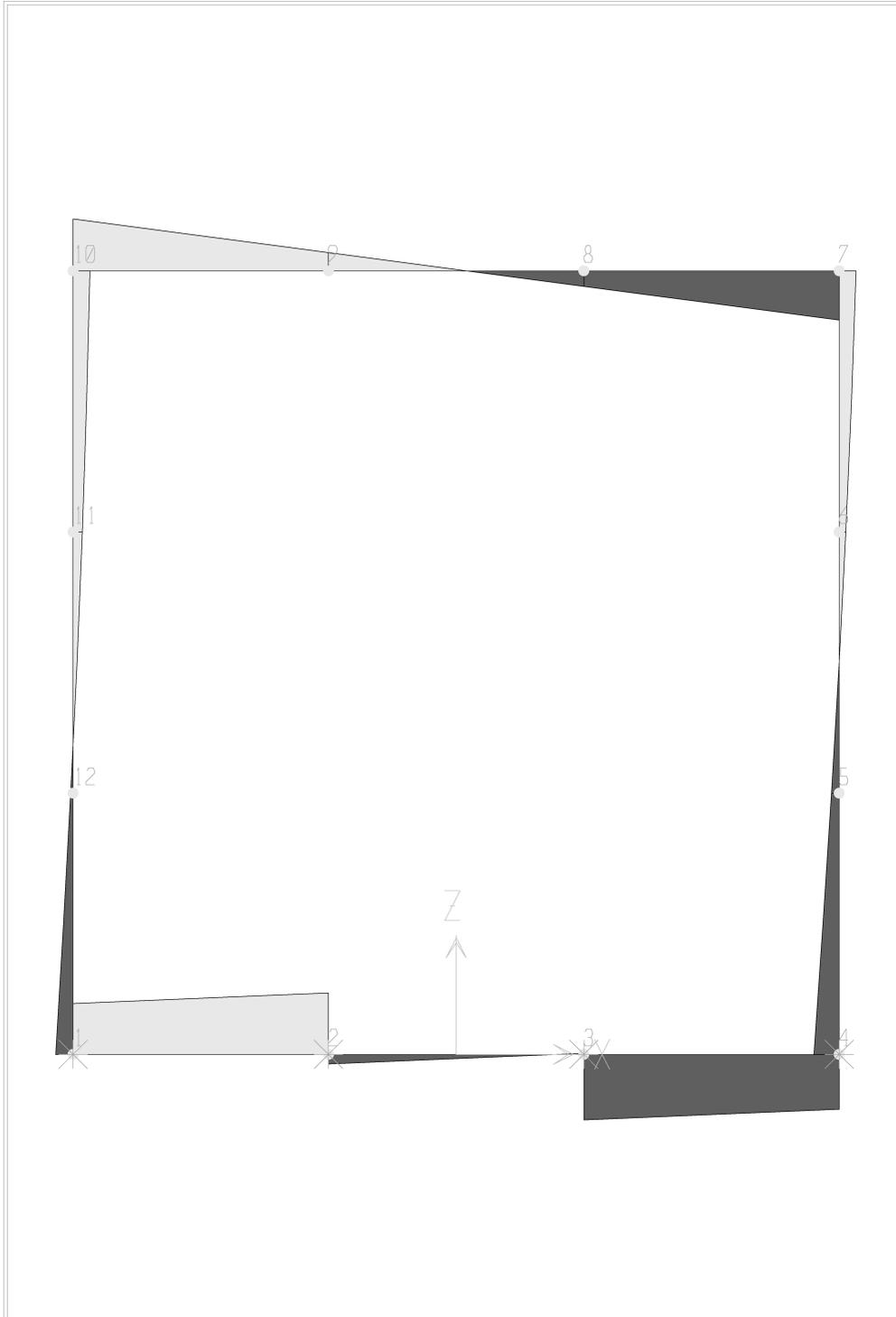
COD. ELAB.:  
004\_CAS\_REL\_CAL\_STA.DOC

REDATTO:  
Ing. Giancarlo Caroli



SAP2000

4/26/07 13.12.19



SAP2000 v7.42 - File:scatolare 3x3 - Shear Force 2-2 Diagram (COMB1) - Ton-m Units

PARTE D'OPERA: Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE CALCOLI STATICI

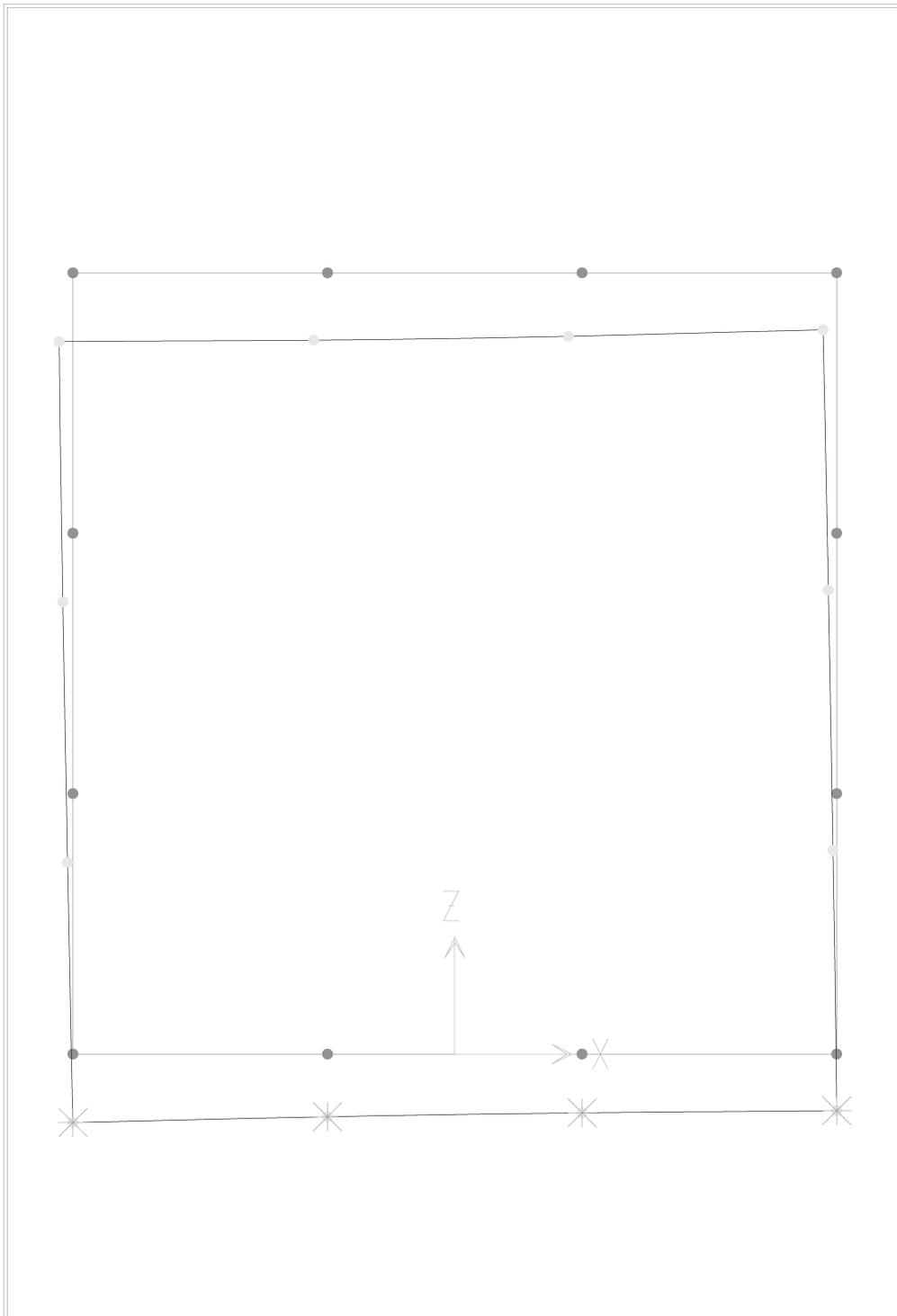
COD. ELAB.:  
004\_CAS\_REL\_CAL\_STA.DOC

REDATTO:  
Ing. Giancarlo Caroli



**SAP2000**

4/26/07 13.12.36



SAP2000 v7.42 - File:scatolare 3x3 - Deformed Shape (COMB1) - Ton-m Units

PARTE D'OPERA: Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE CALCOLI STATICI

COD. ELAB.:  
004\_CAS\_REL\_CAL\_STA.DOC

REDATTO:  
Ing. Giancarlo Caroli



## VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.

### - FONDAZIONE (nodo No.2)

Spessore	= 60 cm
M	= 22,5 t*m
T	= 27,5 t
Armatura tesa	= 5 $\Phi$ 22
Armatura compressa	= 4 $\Phi$ 22
$\sigma$ cls	= 50,8 kg/cmq
$\sigma$ acc	= 2.300 kg/cmq
J	= 617.184 cm <sup>4</sup>
Y	= 13,9 cm

### - FONDAZIONE (nodo No.4)

Spessore	= 60 cm
M	= 10,35 t*m
T	= 24,5t
Armatura tesa	= 4 $\Phi$ 22
Armatura compressa	= 5 $\Phi$ 22
$\sigma$ cls	= 24,5 kg/cmq
$\sigma$ acc	= 1.305 kg/cmq
J	= 517.230 cm <sup>4</sup>
Y	= 12,3 cm

### - PARETE (nodo No.4)

Spessore	= 40 cm
----------	---------

---

PARTE D'OPERA: Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE CALCOLI STATICI

COD. ELAB.:  
004\_CAS\_REL\_CAL\_STA.DOC

REDATTO:  
Ing. Giancarlo Caroli



**Consorzio di Bonifica  
Ombrone P.se – Bisenzio**

**PROGETTO DEFINITIVO**

Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed  
approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera

M	= 10,3 t*m
T	= 11,3 t
Armatura tesa	= 4 $\Phi$ 22
Armatura compressa	= 4 $\Phi$ 22
$\sigma$ cls	= 51,1 kg/cmq
$\sigma$ acc	= 2.070 kg/cmq
J	= 195.593 cm <sup>4</sup>
Y	= 9,7 cm

- COPERTURA (mezzeria nodi No.2-3)

Spessore	= 40 cm
M	= 10,4 t*m
T	= 0 t
Armatura tesa	= 4 $\Phi$ 22
Armatura compressa	= 4 $\Phi$ 22
$\sigma$ cls	= 51,6 kg/cmq
$\sigma$ acc	= 2.098 kg/cmq
J	= 195.593 cm <sup>4</sup>
Y	= 9,7 cm

---

PARTE D'OPERA: Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE CALCOLI STATICI

COD. ELAB.:  
004\_CAS\_REL\_CAL\_STA.DOC

REDATTO:  
Ing. Giancarlo Caroli



## **VERIFICA DEL CARICO LIMITE DI FONDAZIONE**

Date le caratteristiche del terreno è lecito supporre che il carico limite sia il medesimo calcolato per i muri di contenimento ( $q_{lim} = 61 \text{ t/mq}$ ).

Su una striscia unitaria di platea  $Q_{lim} = q_{lim} \times B \times L = 61 \text{ t/mq} \times 3,8 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 231 \text{ t}$

Il peso gravante sul terreno nell'ipotesi di acqua all'interno del tombino è dato da:

- Manufatto:  $2,5 \text{ t/mc} \times 1 \text{ m} \times (3 \times 0,4 \text{ m} \times 3 \text{ m} + 0,6 \text{ m} \times 3 \text{ m}) = 13,5 \text{ t}$
- Acqua :  $1,0 \text{ t/mc} \times 3 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 9 \text{ t}$
- Peso del terreno sovrastante:  $1,8 \text{ t/mc} \times 3,6 \text{ m} \times 3,8 \text{ m} = 24,6 \text{ t}$

Il peso complessivo è:  $13,5 \text{ t} + 9 \text{ t} + 24,6 \text{ t} = 47,1 \text{ t}$

Pertanto il coefficiente di sicurezza è:  $231 \text{ t} / 47,1 \text{ t} = 4,9$