

# REGIONE CAMPANIA

Acqua Campania S.p.A.

PIANO DI INTERVENTI PER IL MIGLIORAMENTO DEL SISTEMA IDRICO REGIONALE

RISTRUTTURAZIONE DELLE OPERE PIU' VETUSTE DELL'ACQUEDOTTO CAMPANO

RISTRUTTURAZIONE STATICA DEL SERBATOIO  
S. ROCCO E ADEGUAMENTO DELL'ADDUZIONE ALLA  
CENTRALE DI MUGNANO

## PROGETTO ESECUTIVO

Il Progettista

Il Concessionario

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
1	Luglio 2016	Aggiornamento per attività di cui all'art.26 del D.Lgs.18/04/16 n.50			
0	Luglio 2014	EMISSIONE PER APPROVAZIONE			
TITOLO :  <b>INDAGINI VALUTAZIONI STATICHE</b>			Progettazione:		
Allegato  <b>RE.02-AII.05</b>			Revisione:  1	Scala:  ---	

## SOMMARIO

PREMESSA .....	2
CALCOLO STATICO DELLE PARETI PERIMETRALI DELLE VASCHE .....	3
Conclusioni .....	13
CALCOLO STATICO DELLE PARETI PERIMETRALI DEL SERBATOIO (PARETI CONTROTERRA) .....	14
Conclusioni .....	16

## PREMESSA

Per ricostruire le armature presenti nelle strutture ed in particolare nelle pareti dei cunicoli dove si rende necessario un reintegro delle stesse nell'ambito dell'intervento di risanamento previsto, in primis e' stata effettuata una ricerca documentale richiedendo gli elaborati strutturali del serbatoio. Purtroppo sono risultati disponibili solo alcuni disegni a carattere impiantistico, di scarso valore per considerazioni a carattere strutturale.

Sono stati quindi eseguiti specifici rilievi, indagini pacometriche e saggi con scopertura dei copriferri e messa a nudo della maglia di armatura, per individuare i ferri presenti. Detti rilievi sono stati effettuati in un numero limitato di punti poiche', per motivi di sicurezza legati alla diffusa presenza di porzioni corticali di calcestruzzo in distacco incipiente dalle pareti dei cunicoli, non e' stato possibile estenderli sistematicamente anche all'interno degli stessi cunicoli.

Per tali motivi e' opportuno eseguire ulteriori riscontri sui quantitativi di armatura dedotti dai rilievi sopra citati. A tal fine si effettua un calcolo statico delle pareti dei cunicoli, finalizzato a riscontrare che i suddetti quantitativi di armatura siano compatibili con lo stato di sollecitazione delle stesse pareti.

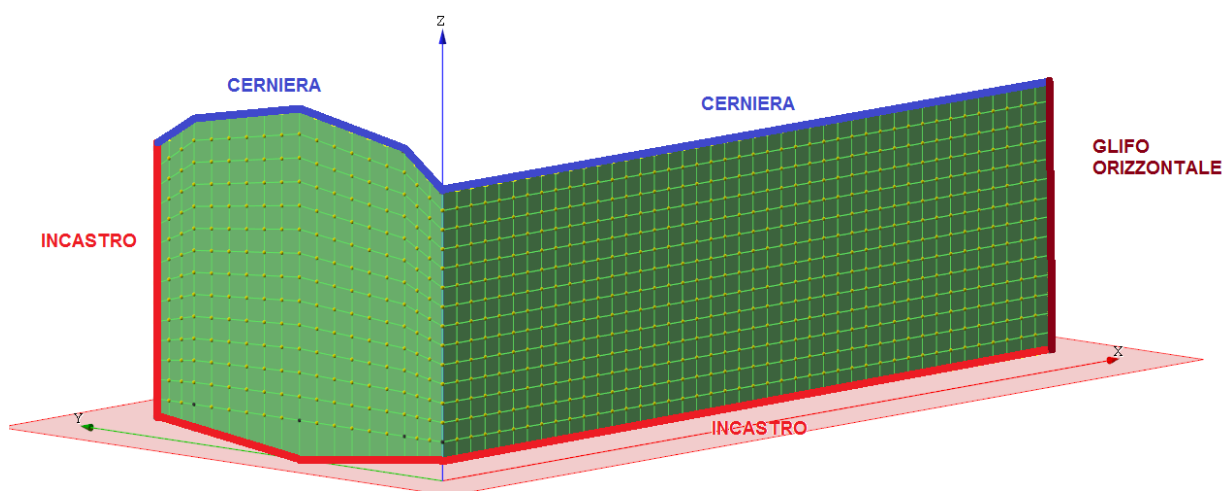
Si riportano nelle pagine seguenti i calcoli statici relativi alle pareti perimetrali delle vasche, sotto l'effetto della spinta dell'acqua, e delle pareti perimetrali del serbatoio, soggette alla spinte del terreno esterno. Detti calcoli statici vengono effettuati adottando il metodo delle tensioni ammissibili, in coerenza con la prassi progettuale all'epoca della realizzazione del serbatoio e facendo riferimento ai quantitativi di armatura dedotti dai rilievi ed alle resistenze dei materiali che sono risultate dalle prove sui ferri e carote di cls.

## CALCOLO STATICO DELLE PARETI PERIMETRALI DELLE VASCHE

La verifica e' stata condotta nelle condizioni con il massimo riempimento, corrispondente ad un'altezza d'acqua di 5.5m da fondo serbatoio.

Per l'esecuzione dell'analisi strutturale e' stato utilizzato un codice di calcolo automatico, ModeSt 8.2 della Tecnisoft; il programma utilizza come analizzatore e solutore del modello strutturale il solutore agli elementi finiti tridimensionale XFinest 2013 della Ceas.

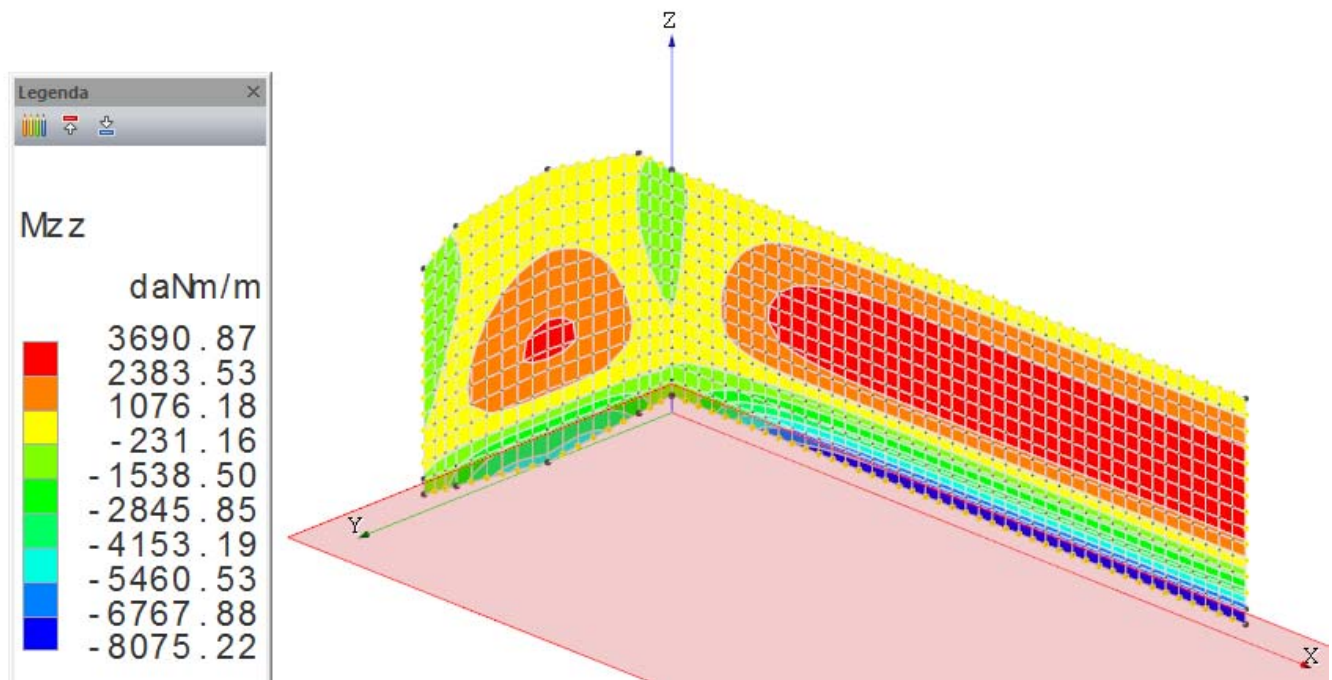
Per semplicità di calcolo sono state modellate le pareti verticali perimetrali nella sola zona d'angolo. La modellazione e' stata estesa, sulla parete lunga, per circa 20 m in modo da raggiungere una distanza dall'angolo alla quale non si risente piu' degli effetti di bordo e si apprezza correttamente il comportamento corrente. Al termine di detta porzione modellata e' stato quindi considerato un vincolo di simmetria (glifo). Sul lato della parete corta la modellazione e' stata estesa fino al setto di circolazione in corrispondenza del quale si puo' considerare, con buona approssimazione, un vincolo di incastro. Data l'elevata rigidezza del solettone di fondo, in corrispondenza di quest'ultimo si e' fatto riferimento a un vincolo di incastro mentre in sommita', all'attacco della volta, cautelativamente si e' considerata una cerniera.

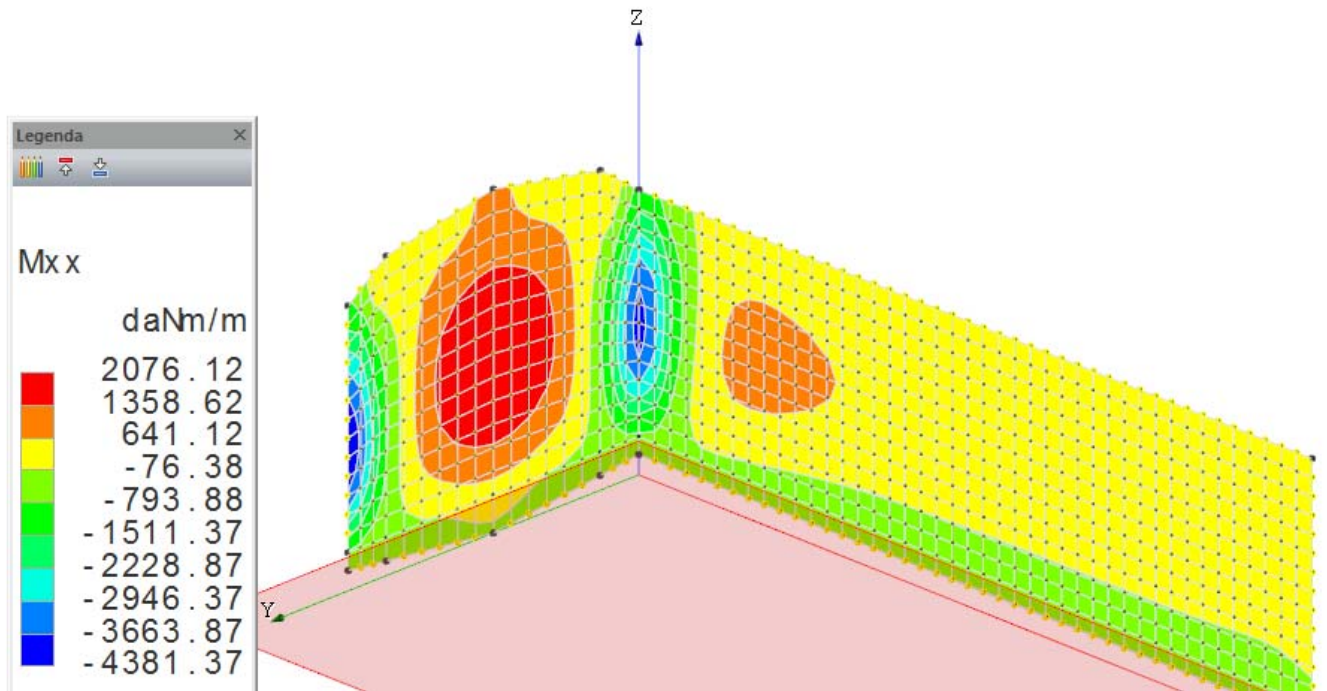


Modello spaziale delle pareti perimetrali nella zona d'angolo con indicazione dei vincoli al contorno.

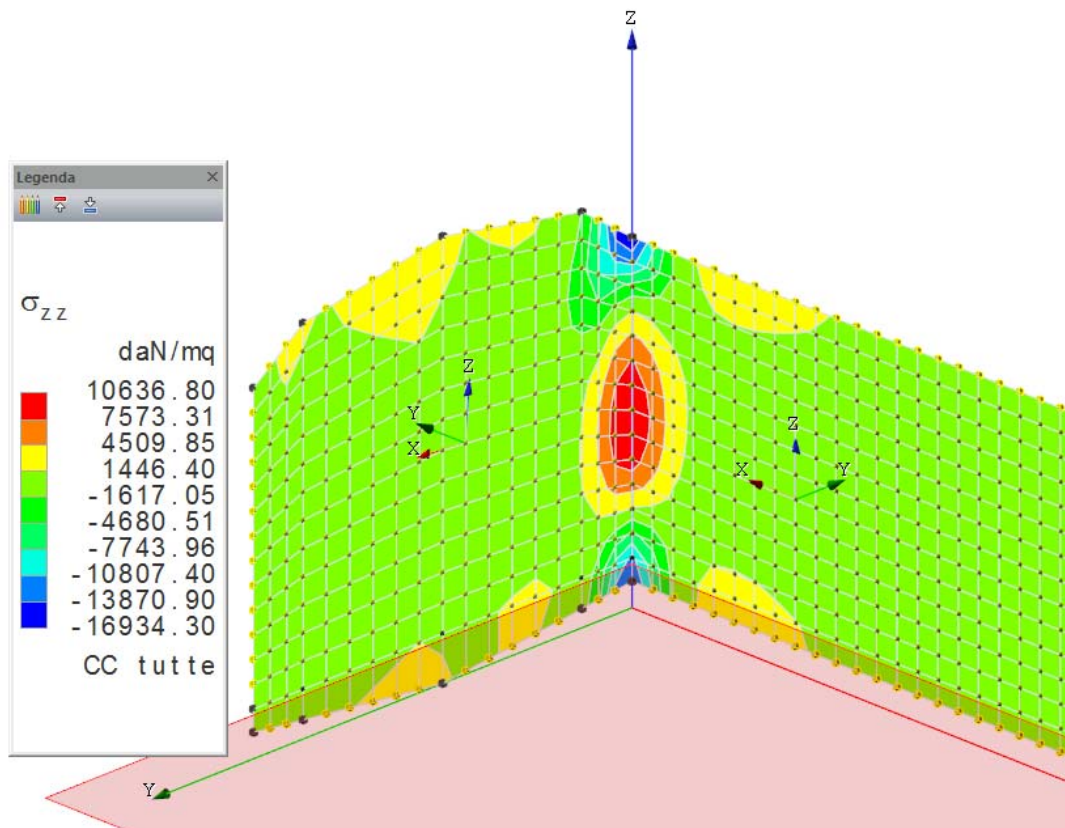
Gli spessori e la resistenza dei materiali, così come la quantità di armatura presenti, sono stati ricavati dalle indagini e prove eseguite in sito. Si è così assunto per le pareti corte e lunghe uno spessore medio rispettivamente di 0.3m e 0.4m, una resistenza a compressione  $f_{ck}$  del cls di 50 MPa ed una tensione di snervamento  $f_{yk}$  dell'acciaio di circa 330 MPa. Le quantità di armatura presenti sono quelle riepilogate nell'elaborato "Relazione interventi", al punto "Rilievo delle armature".

### Sollecitazioni caratteristiche (SLE QP)

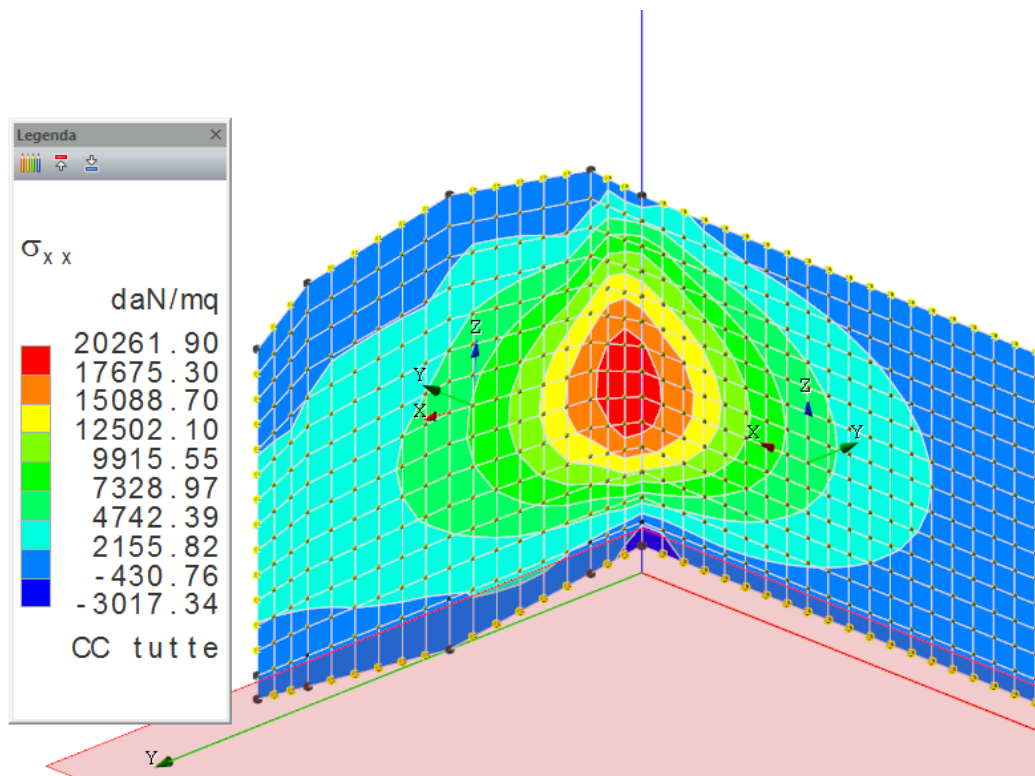




*Momento flettente su sezioni verticali.*

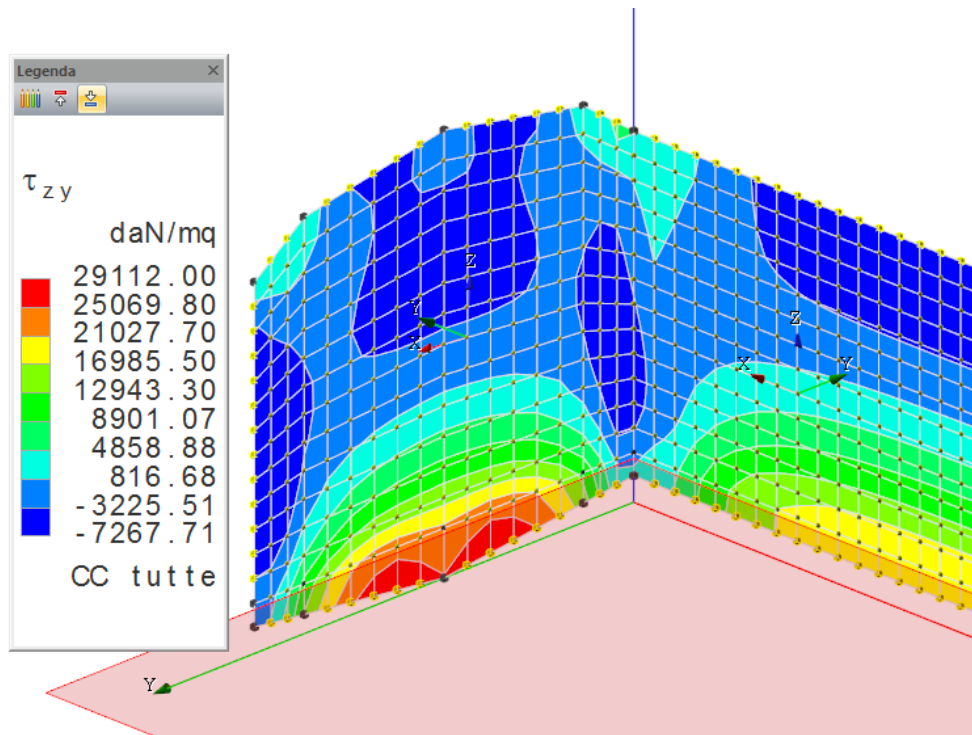


*Tensioni normali su sezioni orizzontali.*

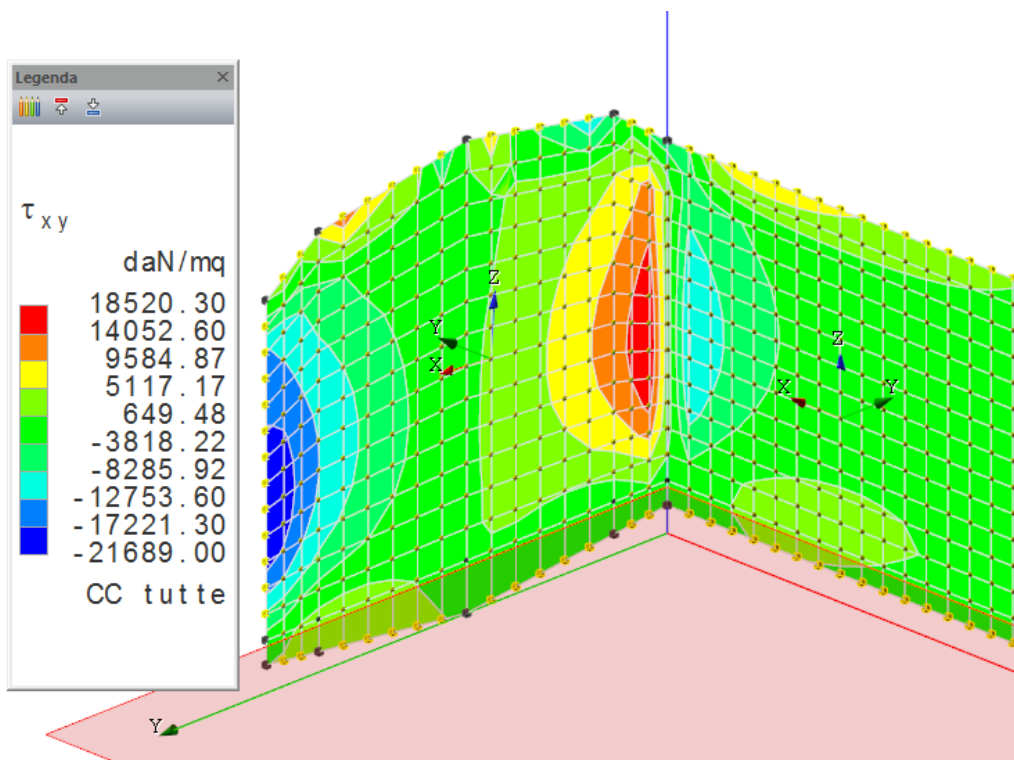


*Tensioni normali su sezioni verticali.*

Piano di interventi per il miglioramento del Sistema Idrico Regionale  
RISTRUTTURAZIONE STATICA DEL SERBATOIO S.ROCCO E ADEGUAMENTO  
DELL'ADDUZIONE ALLA CENTRALE DI MUGNANO  
Indagini- Valutazioni Statiche (RE.02-All.05)



*Tensioni tangenziali su sezioni orizzontali*



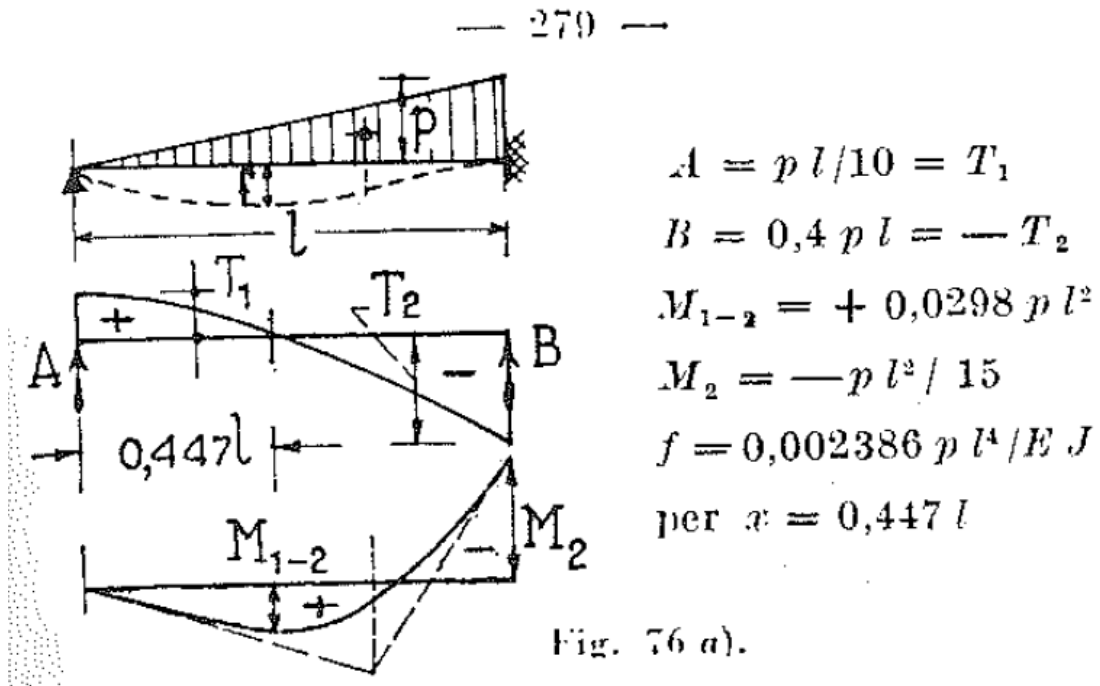
*Tensioni tangenziali su sezioni verticali*



GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

Nel rispetto del punto 10.2 DM08, si confrontano i risultati delle precedenti elaborazioni numeriche con semplici calcoli eseguiti con metodi tradizionali:

- a) Le sollecitazioni agenti sulla parete verticale lato lungo a metà serbatoio vengono valutate secondo uno schema a trave appoggio – incastro di luce 5.20 m, tale trave è soggetta ad un carico lineare di entità nulla in corrispondenza dell'appoggio ( sommità parete) e valore massimo di 5.1 t/ml in corrispondenza dell'incastro.

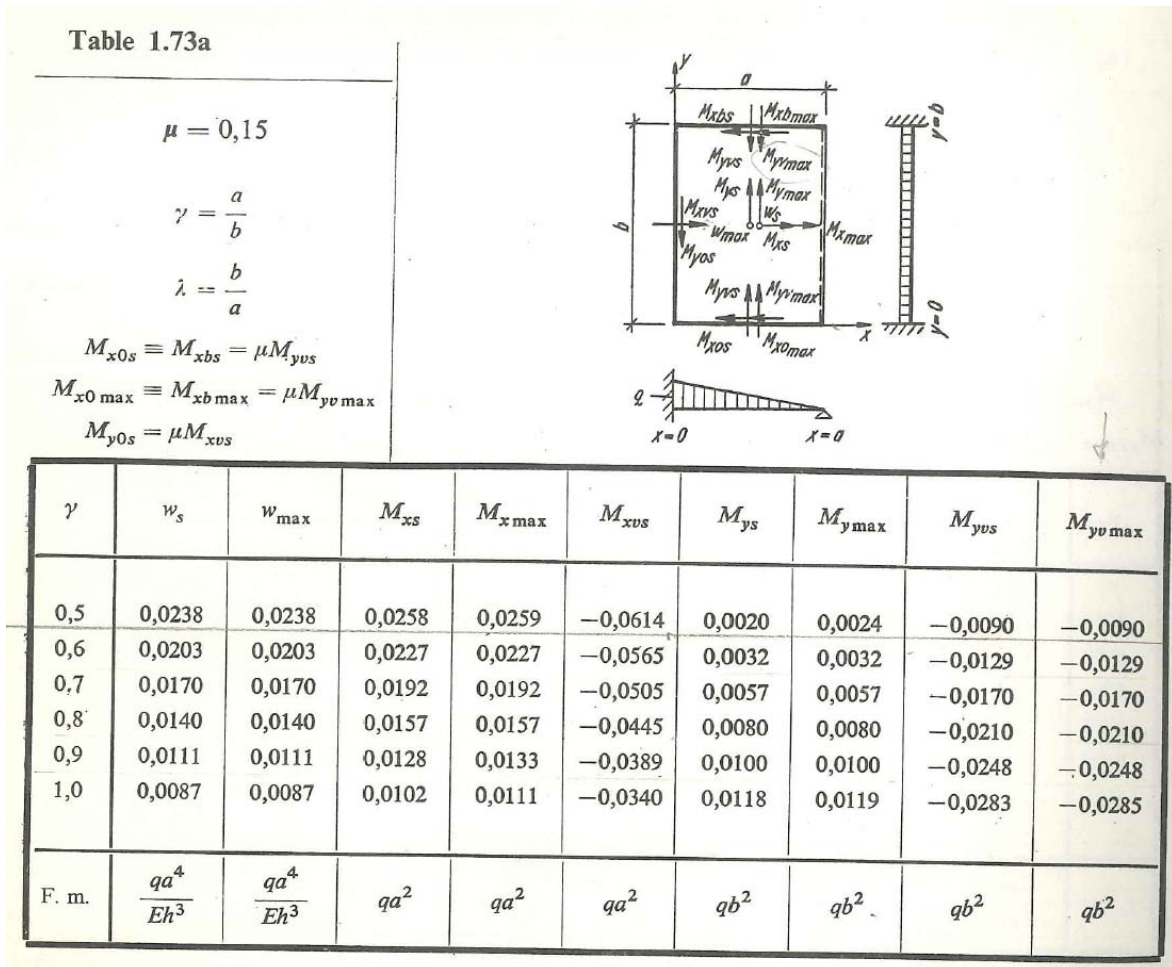


**Caratteristiche trave:**

Carico massimo triangolare		5.10 ton/ml	
LUCE		5.19 m	
Momento all'incastro	$-pl^2 / 15$	-9.2 ton*ml	
Momento max positivo	$0.0298pl^2$	4.1 ton*ml	
Momento all'incastro (FEM)		-8.1 ton*ml	11.83%
Momento max positivo (FEM)		3.7 ton*ml	9.62%

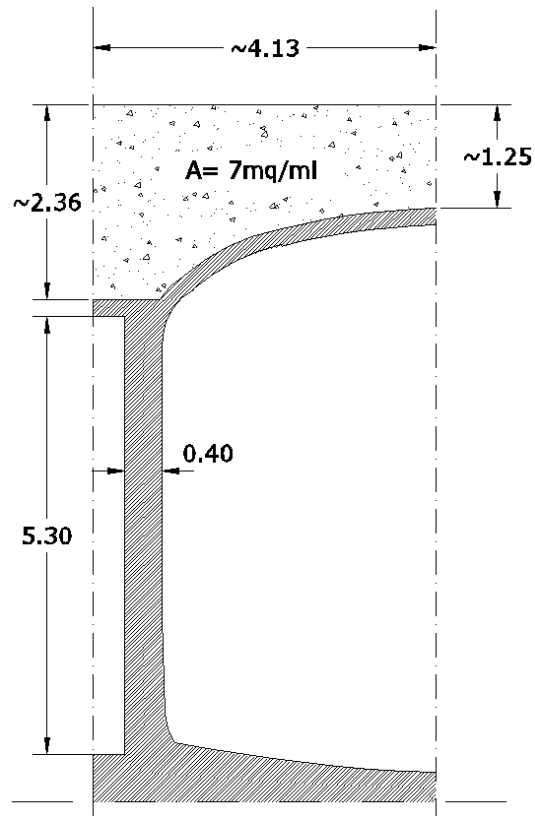
Piano di interventi per il miglioramento del Sistema Idrico Regionale  
RISTRUTTURAZIONE STATICA DEL SERBATOIO S.ROCCO E ADEGUAMENTO  
DELL'ADDUZIONE ALLA CENTRALE DI MUGNANO  
Indagini- Valutazioni Statiche (RE.02-All.05)

- b) La sollecitazione d'interesse sulla parete lato corto è il massimo momento flettente orizzontale a metà altezza al centro della parete. L'entità di tale sollecitazione viene determinata mediante l'ausilio delle tabelle riportate nel testo "Calcolo delle piastre e delle lastre" di R. Bares, di cui se ne riporta uno stralcio. Si fa riferimento ad una piastra incastrata su 3 lati, appoggiata sul restante e soggetta ad un carico triangolare, come riportato nella figura seguente.



a	(valore medio)	6 m
b		7.4 m
gamma		0.81
coeff. tabella per My_max		0.008
q	(valore medio)	5.2 ton/mq
My_max	= coeff.*q*b*b	2.28 ton*ml
My_max	(FEM)	2.08 ton*ml      8.69%

**Tratto corrente parete lunga - Verifiche armatura verticale a pressoflessione alla base,  
lembo interno alla vasca**



Spessore medio pareti lunghe perimetrali ricavate da indagine 0.40 m.

Piano di interventi per il miglioramento del Sistema Idrico Regionale  
RISTRUTTURAZIONE STATICA DEL SERBATOIO S.ROCCO E ADEGUAMENTO  
DELL'ADDUZIONE ALLA CENTRALE DI MUGNANO  
Indagini- Valutazioni Statiche (RE.02-All.05)

Carico verticale su pareti lunghe

reinterro (7 mq/ml)	7*1.8	12.6 t/m	(area terreno 7mq, peso specifico 1.8 t/mc)
peso volta (4.5 ml/ml)	4.5*0.2*2.5	2.25 t/m	(sviluppo 1/2 volta 4.5m, spessore volta 0.2m)
peso parete	5.3*0.40*2.5	5.3 t/m	(considerando il peso di 5.3m di parete)

20.15 t/m

N= 20 t/ml  
M= 8 t\*m/ml

Verifica a pressoflessione (N negativo se di compressione)

b	h	n	As1	d1	As2	d2	M	N		ecc.	x	σ cls	σ acc
cm	cm		cmq	cm	cmq	cm	t*m	t		cm	cm	kg/cmq	kg/cmq
100	40	15	27.96	35	20.10	5	8.0	-20.0		40	16.41	36.0	613

**Tratto corrente parete lunga- Verifiche armatura verticale a pressoflessione a metà altezza, lembo esterno alla vasca**

Carico verticale su pareti lunghe

reinterro (7 mq/ml)	7*1.8	12.6 t/m	(area terreno 7mq, peso specifico 1.8 t/mc)
peso volta (4.5 ml/ml)	4.5*0.2*2.5	2.25 t/m	(sviluppo 1/2 volta 4.5m, spessore volta 0.2m)
peso parete	2.5*0.40*2.5	2.5 t/m	(considerando il peso di 2.5m di parete)

17.35 t/m

N= 17 t/ml  
M= 3.7 t\*m/ml

Verifica a pressoflessione (N negativo se di compressione)

b	h	n	As1	d1	As2	d2	M	N		ecc.	x	σ cls	σ acc
cm	cm		cmq	cm	cmq	cm	t*m	t		cm	cm	kg/cmq	kg/cmq
100	40	15	20.10	35	15.40	5	3.7	-17.0		21.7647	19.27	19.1	234

**Tratto corrente parete corta - Verifiche armatura orizzontale a tenso - flessione a metà altezza, lembo esterno alla vasca**

Regione Campania – Acqua Campania S.p.A.

Piano di interventi per il miglioramento del Sistema Idrico Regionale  
RISTRUTTURAZIONE STATICA DEL SERBATOIO S.ROCCO E ADEGUAMENTO  
DELL'ADDUZIONE ALLA CENTRALE DI MUGNANO  
Indagini- Valutazioni Statiche (RE.02-All.05)

Spessore medio pareti corte perimetrali ricavate da indagine 0.30 m.

Verifica a pressoflessione (N negativo se di compressione)													
b	h	n	As1	d1	As2	d2	M	N		ecc.	x	s cls	s acc
cm	cm		cmq	cm	cmq	cm	t*m	t		cm	cm	kg/cmq	kg/cmq
100	30	15	6.16	25	2.36	5	2.0	1.02		-196.1	5.61	28.9	1500

## Conclusioni

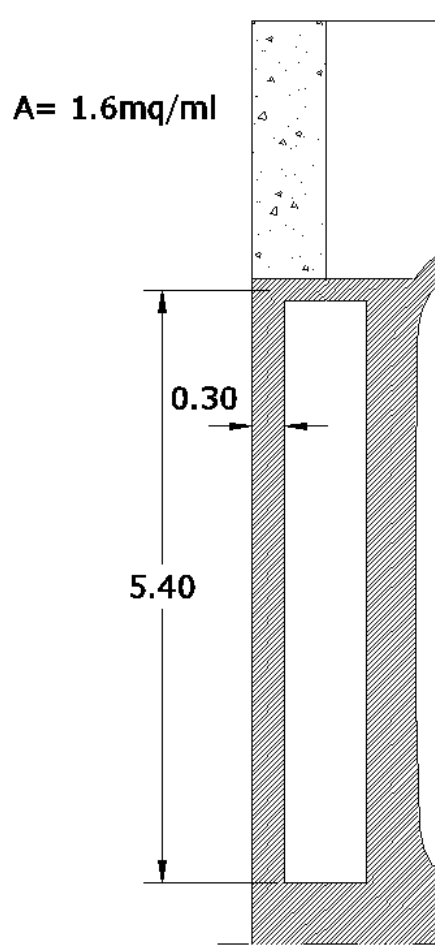
I tassi di lavoro massimi dei quantitativi di armatura considerati risultano pari a circa 1500 kg/cm<sup>2</sup> circa per le armature orizzontali ubicate sui lati corti ad una altezza intermedia, inferiori ai 1000 kg/cm<sup>2</sup> per quelle verticali ubicate sui lati lunghi al lembo esterno e a quello interno. Trattasi di valori contenuti e compatibili con le caratteristiche meccaniche degli acciai così come emersi dalle prove effettuate.

## CALCOLO STATICO DELLE PARETI PERIMETRALI DEL SERBATOIO (PARETI CONTROTERRA)

Cautelativamente si considera uno schema monodimensionale a trave incastrata alla base in corrispondenza dello spiccato e appoggiata superiormente in corrispondenza della soletta di copertura del cunicolo.

Tenendo presente l'inclinazione delle scarpate esistenti vicine ai  $45^\circ$ , e il comportamento del terreno nei saggi effettuati per l'indagine sulle volte di copertura che ha evidenziato anche un certo grado di coesione (scavi del tutto verticali con profondità superiore ai due metri), cautelativamente si considera un coefficiente di spinta del terreno di  $1/3$ .

Le verifiche vengono condotte ipotizzando uno spessore ridotto, in favore di sicurezza assunto pari a 0.3 m.



Calcolo sollecitazione per verifiche in tensioni ammissibili

Altezza di calcolo parete controterra				5.4	m
Coefficiente di spinta orizzontale terreno Kh				0.33	
$\gamma$ terreno				1800	kg/mc
$\gamma$ cls				2500	kg/mc
Spessore parete				0.30	m
altezza terreno al di sopra sommità				2.50	m
luce di calcolo				5.40	m
Armatura verticale paramento teso				Ø16/10	
Armatura verticale paramento compresso				Ø14/10	
Spinta terreno in sommità				1500	kg/mq
Spinta terreno alla base				4740	kg/mq
<b>SOLLECITAZIONI ALLA BASE</b>					
Momento (contributo carico rettangolare)				5467.5	kg*m/m
Momento (contributo carico triangolare)				6298.6	kg*m/m
			Mbase	11766	kg*m/m
<b>Sforzo Assiale alla base della parete</b>					
	terreno sovrastante (1.6 mq di terreno in sezione)			2880	kg/ml
	peso proprio parete			4050	kg/ml
			Nbase	6930	kg/ml
Taglio alla base			Tbase	16848	kg/ml
<b>SOLLECITAZIONI A META' PARETE</b>					
Momento (contributo carico rettangolare)				3080.3	kg*m/m
Momento (contributo carico triangolare)				2815.5	kg*m/m
			M(H/2)	5895.7	kg*m/m
<b>Sforzo Assiale (H/2)</b>					
	terreno sovrastante (1.6 mq di terreno in sezione)			2880	kg/ml
	peso proprio parete			2025	kg/ml
			N(H/2)	4905	kg/ml



**Tratto corrente parete controterra - Verifiche armatura verticale a pressoflessione a metà altezza, lembo interno al cunicolo**

b	h	n	As1	d1	As2	d2	M	N		ecc.	x	s cls	s acc
cm	cm		cmq	cm	cmq	cm	t*m	t		cm	cm	kg/cmq	kg/cmq
100	30	15	20.10	25	15.40	5	5.9	-4.90		120.41	9.53	50.7	1236

**Conclusioni**

I tassi di lavoro massimi dei quantitativi di armatura considerati risultano pari a circa 1300 kg/cmq circa per le armature verticali ubicate al lembo interno ad una altezza intermedia. Anche in questo caso trattasi di valori contenuti e compatibili con le caratteristiche meccaniche degli acciai così come emersi dalle prove effettuate.