



ANAS S.p.A.

DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

PA17/08

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 - Svincolo Manganaro incluso) compresi raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121

Bolognetta S.c.p.a.

Contraente Generale:
Ing. Pierfrancesco Paglini

Il Responsabile Ambientale:
Ing. Claudio Lambertini

- PERIZIA DI VARIANTE N.1 -

BOLOGNETTA S.c.p.a.

Titolo elaborato:

MODIFICA TECNICA N. 149 bis

OPERE D'ARTE - OPERE DI PRESIDIO IDRAULICO Impianti di trattamento "Oleopack" Q=100 l/s, Q=200 l/s Relazione tecnica descrittiva e di calcolo

Codice Unico Progetto (CUP) : F41B03000230001

Codice elaborato:	OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE
PA17/08	PE	OP0	RT01	5	0

CARTELLA:	FILE NAME:	NOTE:	PROT.	SCALA:
1 3	PEOPORT01_50_4137.dwg	1=1	4 1 3 7	VARIE
5				
4				
3				
2				
1				
0	PRIMA EMISSIONE	Novembre 2015	A. Cecchelli	S. Fortino D. Tironi
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

A.T.I. Progettisti : Capogruppo:

POLITECNICA

INGEGNERIA E ARCHITETTURA

Viale Amendola, 6 - 50121 Firenze
tel 055/2001660 fax 055/2344856
e-mail polifi@politecnica.it

Mandante:

ACS ingegneri

Via Catani, 28/c - 59100 Prato
tel 0574.527864 fax 0574.568066
E-mail acs@acsingegneri.it

Il Progettista Responsabile
Ing. Marcello Mancone



Il Geologo
dott. Pietro Accolti Gil



Il Coordinatore per la Sicurezza
in fase di esecuzione:
Ing. Francesco Cocciante

Il Coordinatore per la sicurezza
in fase di Esecuzione
Ing. Francesco Cocciante

Il Direttore dei Lavori:
Ing. Sandro Favero

Il Direttore dei Lavori
Ing. Sandro Favero

ANAS S.p.A.

DATA: _____ PROTOCOLLO: _____

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

CODICE PROGETTO **LO410CE1101**

Dott. Ing. Ettore de Cesbron de la Grennelais

Sommario

1	OGGETTO DELLA NOTA.....	2
2	TIPOLOGIA COSTRUTTIVA DEGLI IMPIANTI DI TRATTAMENTO PREVISTI NEL PROGETTO ESECUTIVO APPROVATO (PEA).....	2
3	DEFINIZIONE E CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA TIPOLOGIA COSTRUTTIVA DI IMPIANTO PROPOSTO	6
3.1	PRINCIPALI FASI DI TRATTAMENTO E DIMENSIONAMENTO	8
3.1.1	Scolmatura delle portate	9
3.1.2	Fase di sedimentazione.	9
3.1.3	Fase di disoleazione.....	10
3.1.4	Dimensionamento dei filtri a coalescenza.....	11
3.2	MATERIALI	15
3.3	MANUTENZIONE.....	16
4	CONCLUSIONI	16
5	FASCICOLI DI CALCOLO STRUTTURALE ELEMENTI MONOBLOCCO PREFABBRICATI	17
5.1	Fascicolo di calcolo - Vasca prefabbricata in c.a. Dimensioni 2500x5000xh2505+200 mm	18
5.2	Fascicolo di calcolo - Cisterna prefabbricata circolare in cls fibrorinforzato con fibre in acciaio. Diam. 2475xh2380+200 mm.	19
5.3	Dichiarazione di prestazione Dop Nr. 01/15 per pozzetti prefabbricati modulari a pianta quadrata	20

1 OGGETTO DELLA NOTA

Oggetto della presente relazione è la proposta, elaborata nell'ambito della Progettazione Esecutiva di Dettaglio (PED), della modifica della tipologia costruttiva, tramite l'impiego di moduli prefabbricati, degli impianti di trattamento delle acque di prima pioggia previsti nel Progetto Esecutivo Approvato (PEA), mantenendo invariato lo schema di trattamento delle acque e la potenzialità degli impianti.

La gestione delle acque di prima pioggia è una delle componenti fondamentali della tutela dei corpi idrici ricettori. Tali acque, infatti, costituiscono il veicolo attraverso cui un significativo carico inquinante costituito da un miscuglio eterogeneo di sostanze disciolte, colloidali e sospese, comprendente metalli pesanti, composti organici ed inorganici, viene scaricato nei corpi idrici ricettori nel corso di rapidi transitori. Esse necessitano pertanto di opportuni trattamenti al fine di assicurare la salvaguardia degli ecosistemi acquatici.

Le principali sostanze inquinanti legate al traffico derivano dall'abrasione del manto stradale, delle gomme, dei ferodi dei freni, da perdite di liquidi, da emissioni di combustioni, da perdite di merci trasportate, da immondizie e materiali di varia natura gettati sul manto stradale e trasportate, in occasione degli eventi meteorici, in sospensione o soluzione direttamente al recapito finale. Rientra nella problematica anche lo sversamento accidentale di liquidi pericolosi e inquinanti (oli e idrocarburi) a seguito di incidenti.

La proposta di modifica avanzata dallo scrivente C.G. agli impianti di trattamento delle acque di prima pioggia è finalizzata in estrema sintesi a:

- implementare l'efficienza del trattamento delle acque reflue;
- fornire maggiori garanzie in termini di standard qualitativi e durabilità delle vasche prefabbricate, rispetto a vasche in c.a. gettate in opera;
- ridurre in modo considerevole i tempi di realizzazione delle vasche di trattamento;

2 TIPOLOGIA COSTRUTTIVA DEGLI IMPIANTI DI TRATTAMENTO PREVISTI NEL PROGETTO ESECUTIVO APPROVATO (PEA)

Si richiamano nel presente paragrafo i principali dati progettuali relativi alla tipologia di impianti di trattamento sviluppati nell'ambito del Progetto Esecutivo Approvato (PEA).

Sono stati previsti 28 impianti di trattamento lungo tutto il tracciato della viabilità principale, ciascuno di essi preposto al trattamento dell'acqua proveniente da un tratto di piattaforma stradale di lunghezza variabile, mediamente di 1200 m.

Gli impianti di trattamento previsti nel PEA, hanno capacità di trattamento Q di 100 e 200 l/s, con funzionamento in continuo senza la necessità di opere elettromeccaniche per tutto il tempo necessario fino all'esaurimento dell'evento meteorico e sono costituiti da un'unica vasca in c.a. gettata in opera, suddivisa al proprio interno, mediante setti, nelle seguenti tre camere :

- camera di ripartizione: dotata di due sfioratori, uno che consente all'acqua di prima pioggia di entrare nell'impianto, l'altro che avvia l'acqua di seconda pioggia al camera di confluenza e allo scarico;

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

Variante alla tipologia costruttiva degli impianti di trattamento acque di prima pioggia "

- camera di trattamento: all'interno delle quali viene effettuato il duplice trattamento di sedimentazione per gravità (S) e di separazione per liquidi leggeri, anch'esso per gravità; lo stesso volume utile viene impiegato anche per il contenimento di eventuali sversamenti accidentali;
- camera di confluenza: all'interno della quale recapitano le acque pulite successive alla prima pioggia e le acque in uscita dalla camera di trattamento, per essere inviate al recapito finale mediante tubazione di scarico;

Si riportano di seguito in forma tabellare, l'ubicazione ed i dati sulle portate degli impianti in progetto, rimandando per maggiori dettagli relativi ai dimensionamenti idraulici e strutturali alle relazioni di PEA:

- PEIDRT02_31_4137_Relazione idraulica
- PEOPT01_30_4137 Relazione Tecnico-descrittiva e di calcolo delle opere di presidio idraulico

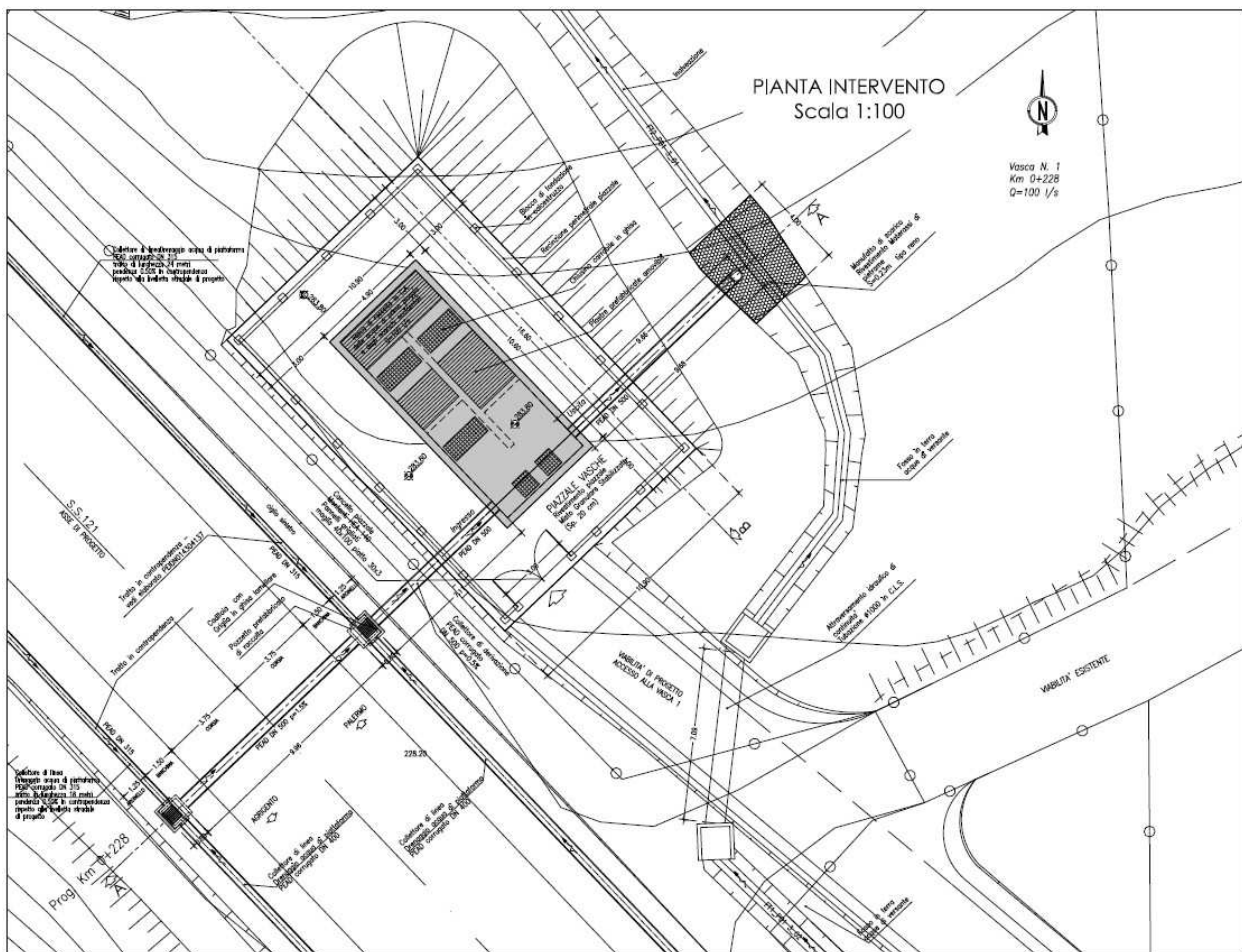
Tabella 1 - Impianti di trattamento acque di prima pioggia

	ID	Prog. adduzione	Lunghezza tratto drenato	Q drenaggio piattaforma	Q prima pioggia	Q capacità di trattamento
	[-]	[m]	[lm]	[l/s]	[l/s]	[l/s]
LOTTO 2a	VASCA 1	0+228	556	154	42	100
	VASCA 2	0+754	1239	301	93	100
	VASCA 3	1+993	1820	352	137	200
	VASCA 4	3+856	1469	348	110	200
	VASCA 5	5+321	1616	360	121	200
	VASCA 6	6+963	1910	433	143	200
	VASCA 7	8+808	653	192	49	100
	VASCA 8	9+461	590	162	44	100
	VASCA 9	<i>Per la progettazione idraulica del tratto 10+577,80 - 12+397,80 si fa riferimento al "Progetto Esecutivo tratto Scorciavacche"</i>				
	VASCA 10					
	VASCA 11	13+054	1317	313	99	100
	VASCA 12	14+225	1068	268	80	100
	VASCA 13	14+977	1603	449	120	200
	VASCA 14	16+962	1134	275	85	100
	VASCA 15	18+494	1532	327	115	200
	VASCA 16	19+604	1374	303	103	100
	VASCA 17	21+149	1281	254	96	100
	VASCA 18	21+718	875	255	66	100
	VASCA 19	23+111	1087	233	82	100
	VASCA 20	24+043	1961	434	147	200

Variante alla tipologia costruttiva degli impianti di trattamento acque di prima pioggia

	ID	Prog. adduzione	Lunghezza tratto drenato	Q drenaggio piattaforma	Q prima pioggia	Q capacità di trattamento
	[-]	[m]	[lm]	[l/s]	[l/s]	[l/s]
LOTTO 2b	VASCA 21	25+072	640	425	81	100
	VASCA 22	25+714	1000	564	127	200
	VASCA 23	26+697	1005	576	128	200
	VASCA 24	27+714	1235	650	157	200
	VASCA 25	28+959	1350	552	172	200
	VASCA 26	30+325	1400	629	178	200
	VASCA 27	31+698	1082	586	138	200
	VASCA 28	32+679	1450	637	184	200

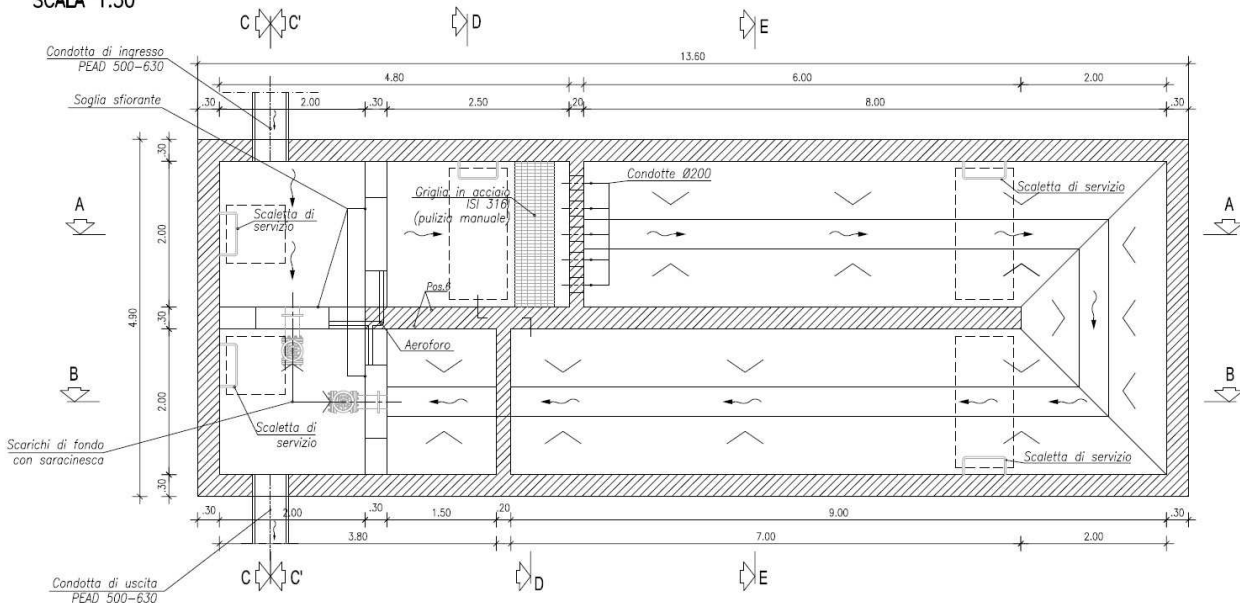
Si riportano poi per completezza alcune immagine relative agli impianti di trattamento di PEA, rimandando per maggiori dettagli agli elaborati grafici emessi per ciascuno dei 28 impianti, oltreché alle tavole di carpenterie, armature (impianto da 100l/s e da 200l/s) e particolari costruttivi.



Variante alla tipologia costruttiva degli impianti di trattamento acque di prima pioggia

PIANTA

SCALA 1:50



SEZIONE A-A

SCALA 1:50

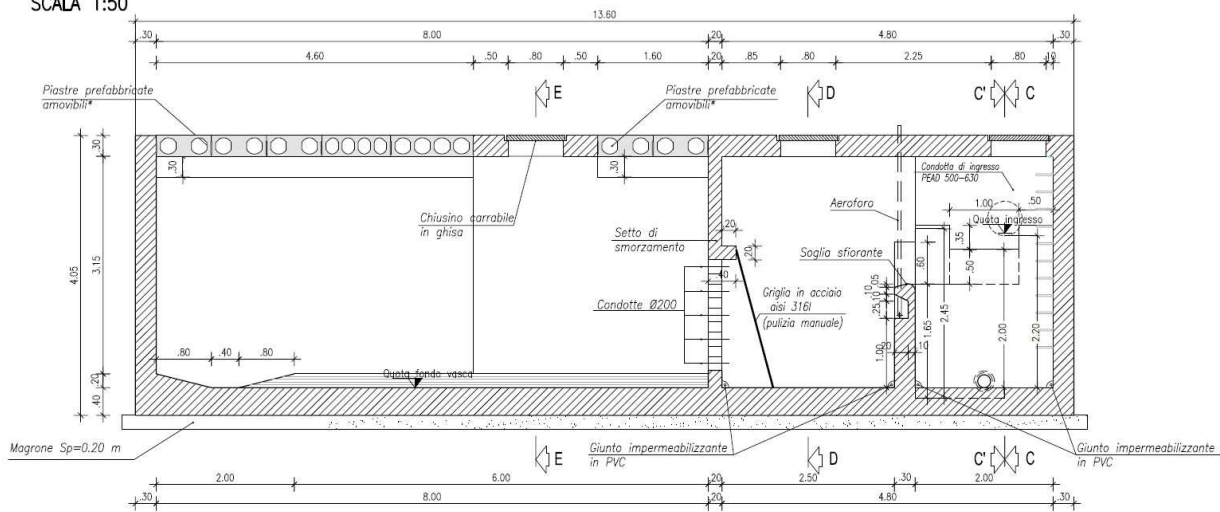


Figura 1 – Tipologia impianti di trattamento previsti in fase di PEA

3 DEFINIZIONE E CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA TIPOLOGIA COSTRUTTIVA DI IMPIANTO PROPOSTO

Al fine di preservare i corpi ricettori dagli effetti inquinanti delle acque di piattaforma e più in generale delle acque meteoriche di dilavamento, la normativa sulla tutela delle acque (D.Lgs 152/99 e s.m.i.) impone il rispetto dei limiti di concentrazione di sostanze inquinanti allo scarico.

Per il rispetto di tali limiti sono stati negli ultimi anni adottati a salvaguardia dei corpi ricettori gli impianti di trattamento delle acque di prima pioggia, i cui principi di progettazione e prestazione sono normati dalla UNI-EN 858-2:2004 ed UNI EN 858-1:2005.

Lo schema di trattamento proposto nella presente fase dal C.G., ampiamente consolidato in letteratura, prevede il trattamento in continuo della portata di prima pioggia, così come definita dalla norma corrispondente ad un evento meteorico corrispondente a 10mm in 15 min, per tutto il tempo necessario fino all'esaurimento dell'evento meteorico. Lo schema si caratterizza per:

- a. la scelta di trattare un valore prefissato di portata bypassando la parte eventualmente in eccesso: il sistema non richiede bacini di laminazione ma solo un bypass. Più elevato è il valore di portata trattato maggiore è il volume complessivamente depurato
- b. la scelta di rimuovere in modo elevato le sostanze leggere (per gli idrocarburi si possono ottenere rendimenti attorno al 99%) ed un valore medio dei solidi sedimentabili (50 % circa).

Questa soluzione presenta diversi vantaggi:

- a. permette la rimozione della quasi totalità delle sostanze leggere e di una parte significativa dei solidi sedimentabili.
- b. consente di intrappolare all'interno del manufatto le sostanze leggere senza che queste vengano in alcun modo trascinate all'esterno nello scarico.
- c. garantisce una costanza del rendimento epurativo in quanto questi impianti sono dimensionati specificatamente per questi scopi.
- d. non presenta una complicazione della gestione poiché l'impianto è di tipo gravimetrico, che non prevede l'impiego di utenze elettromeccaniche.

Lo schema di impianto prevede:

1. la scolmatura delle acque di seconda pioggia e delle portate eccedenti mediante bypass
2. una sezione di decantazione/dissabbiatura
3. una sezione di separazione degli idrocarburi tramite la tecnica tipica a coalescenza del tipo lamellare

Al fine di semplificare ed ottimizzare il sistema realizzativo dell'impianto previsto nel Progetto Esecutivo Approvato, particolarmente complesso, se realizzato in opera, sono disponibili oggi sul mercato dei moduli prefabbricati in cui sono conglobate tutte le sezioni descritte nel paragrafo precedente, totalmente premontati con tempi di posa e, quindi, di occupazione del cantiere estremamente ridotti.

Inoltre, i sistemi prefabbricati, costruiti in officina, i cui elementi sono realizzati con un unico getto di calcestruzzo, garantiscono non solo la massima cura nella costruzione ma anche la perfetta tenuta idraulica dei moduli prefabbricati, eliminando inoltre possibili errori di costruzione.

Variante alla tipologia costruttiva degli impianti di trattamento acque di prima pioggia

L'impianto previsto ed approvato nel Progetto Esecutivo, è un impianto da realizzare in opera, ed inoltre è un impianto di deoliatura esclusivamente a gravità dove la separazione di eventuali idrocarburi presenti è affidata soltanto alla capacità che hanno le goccioline di olio o degli idrocarburi di separarsi spontaneamente grazie, sia al loro diverso peso specifico col mezzo circostante (peso specifico dell'olio 0,90gr/cc), sia per la riduzione della velocità di flusso che si viene ad instaurare all'interno del separatore. Ovviamente più saranno grandi le dimensioni delle goccioline d'olio più facile sarà la separazione.

Se consideriamo però che la maggior parte delle goccioline d'olio hanno dimensioni inferiori a 150 µm, una separazione esclusivamente gravimetrica spesso comporta non solo bassi rendimenti depurativi, ma anche un refluo in uscita con caratteristiche spesso non costanti e variabili nel tempo.

Quanto sopra, può essere migliorato installando, degli impianti di disoleazione più performanti conosciuti sia in letteratura che in commercio come impianti di disoleazione a coalescenza con pacco lamellare, realizzati da elementi in cav prefabbricati e pre montati in officina. Quest'impianti, non solo migliorano gli standard depurativi, ma facilitano l'installazione e ne semplificano le operazioni di manutenzione, essendo impianti più compatti e dotati di sistemi di sicurezza che impediscono le fuoriuscite accidentali di idrocarburi anche in caso di sversamenti importanti.

La soluzione proposta consente:

1. una sezione di trattamento con moduli in calcestruzzo prefabbricati pre assemblati in stabilimento, così da avere la migliore costruzione possibile dei sistemi di trattamento senza montaggi in loco.
2. una maggiore efficienza depurativa in quanto, nei sistemi prefabbricati vengono impiegati dei filtri a coalescenza a pacco lamellare ad alta superficie specifica atti a favorire la separazione per coalescenza delle micro particelle oleose;
3. una ottimizzazione e riduzione del suolo impiegato con la realizzazione degli impianti di disoleazione prefabbricati
4. un sistema di protezione delle fuoriuscite accidentali degli idrocarburi mediante otturatore automatico di idoneo peso specifico;
5. un sistema di by pass delle acque eccedenti rispetto a quelle da trattare, con sistema di protezione contro la fuoriuscita dal sedimentatore del materiale flottato.

Il sistema di trattamento con elementi prefabbricati prevede un comparto di sedimentazione e uno di deoliatura a coalescenza a pacco lamellare realizzato, mediante lastre in PVC termoformate a nido d'ape con canaline autopulenti inclinati a 60°. L'impiego del pacco lamellare svolge delle funzioni fondamentali al fine di ottenere un elevato standard depurativo infatti, il pacco lamellare con la sua struttura a nido d'ape permette di quadruplicare la superficie specifica di contatto all'interno del separatore, favorendo la coalescenza delle microparticelle d'olio presenti nel refluo e la notevolmente riduzione delle superfici.



Le canaline, che costituiscono il pacco lamellare, suddividono il liquame in ingresso, riducendo la turbolenza del flusso. Il flusso viene confinato nei singoli canali, quindi le goccioline d'olio devono

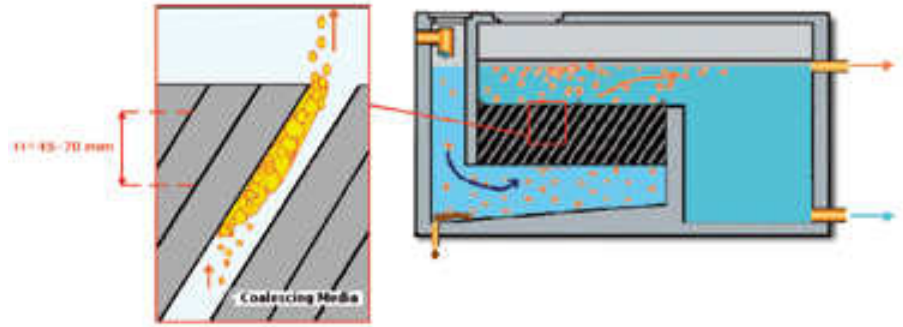
Variante alla tipologia costruttiva degli impianti di trattamento acque di prima pioggia

percorrere un percorso verticale inferiore a quello dei sistemi convenzionali; in altre parole le gocce d'olio risalgono lungo l'altezza della singola canalina anziché dell'intera vasca.

Questo aumenta la velocità di separazione delle due fasi. Le goccioline si accumulano lungo i cieli delle canaline, che hanno una superficie corrugata e sono fatte di PVC, che è un materiale oleofilo.

La dimensione delle gocce aumenta: sta avvenendo la coalescenza. Come dimostrato dalla legge di Stokes, le gocce d'olio più grandi risalgono più velocemente.

A tale scopo vengono utilizzati i disoleatori prefabbricati a doppio stadio "Oleopack".



I disoleatori a coalescenza prefabbricati modulari seri "OLEOPACK" sono progettati secondo la Norma UNI EN858 1-2 2005 per la separazione di benzine, oli, grassi e altre frazioni leggere dei prodotti petroliferi con densità $\geq 0,85\text{gr/cc}$.

Realizzati mediante manufatti prefabbricati in CAV Rck > 35mmq Fe B450C, vetrificati internamente con resina epossidica, sono idonei ad essere installati completamente interrati.

L'impianto di separazione a coalescenza OLEOPACK ha una configurazione che comprende:

- Il sedimentatore, che è la parte in cui si deposita il materiale sedimentabile come fango, limo sabbia ecc. Il sedimentatore è provvisto di scarico di by-pass schermato che consente la fuoriuscita delle acque in eccesso rispetto alle portate nominali da trattate e allo stesso tempo la schermatura non consente la fuoriuscita di eventuali liquidi leggeri flottati durante la fase di sedimentazione.
- Il separatore o deoliatore è la parte dell'impianto, in cui viene separato e trattenuto il liquido leggero; all'interno di questo comparto è installato sia un filtro a pacco lamellare a coalescenza atto a favorire la separazione e la successiva aggregazione delle micro particelle di liquido leggero presente nelle acque meteoriche, sia un dispositivo di sicurezza contro la fuoriuscita accidentale degli'idrocarburi accumulati all'interno del separatore.

3.1 PRINCIPALI FASI DI TRATTAMENTO E DIMENSIONAMENTO

Le acque di ruscellamento meteorico, mediante apposita condotta arrivano al pozzetto di scolmatura dove saranno discriminate le acque di prima pioggia, che verranno inviate alle fasi di trattamento (dissabbiatura/disoleatura) da quelle di seconda pioggia, che raggiungeranno tal quali mediante condotta di by pass il recettore finale. L'impianto nel suo insieme sarà così dimensionato ed allestito:

3.1.1 Scolmatura delle portate

Il comparto è realizzato mediante un manufatto prefabbricato in cav a pianta quadra 150x150cm, idoneo alla esclusione delle acque di seconda pioggia e alla deviazione delle stesse a valle del sistema mediante apposita condotta di by-pass.

Il dimensionamento della soglia di stramazzo prendendo in esame l'impianto NS200 è stata calcolata mediante la formula di Bazin dove:

$$Q = \mu \times b \times \sqrt{2 \times g \times h^{3/2}}$$

Q = portata di prima pioggia [m^3/s]: 0,2

b = larghezza dello stramazzo [m]: 1,0

p = altezza dello stramazzo [m]: 0,3

H = altezza totale del fluido a monte dello stramazzo [m]: 0,51

h = altezza del fluido sopra la soglia [m]: 0,21

μ : coefficiente di efflusso =0,45

3.1.2 Fase di sedimentazione.

In questa fase, che si realizza all'interno del comparto di sedimentazione realizzato in calcestruzzo prefabbricato, opportunamente dimensionato si ha la separazione gravimetrica dei solidi sedimentabili (sabbie, limi, fango ecc.) presenti nel refluo, dove grazie ad una brusca riduzione della velocità del flusso all'interno del comparto, le particelle sedimentabili per effetto della gravità si depositeranno sul fondo del sedimentatore.

Il dimensionamento del comparto di sedimentazione è realizzato in conformità a quanto previsto dalla norma UNI EN 858-2 dove il volume di sedimentazione V_s è uguale al carico del fango $C_f \times NS/F_d$ dove posto un valore

$C_f = 100$

$NS = 200$ portata nominale del disoleatore

$F_d = 1$ fattore di massa volumetrica

Dimensioni del comparto :

- | | |
|-------------------|--------|
| - Lunghezza utile | 4,75m |
| - Larghezza utile | 2,25mt |
| - Altezza utile | 2,20mt |
| - Volume | 23,5mc |

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

Variante alla tipologia costruttiva degli impianti di trattamento acque di prima pioggia

Il dissabbiatore è provvisto di uno sfioro schermato, realizzato in acciaio INOX AISI 304 installato all'interno che consentirà il solo deflusso delle eventuali acque in eccesso, ed impedirà la fuoriuscita del surnatante e dei eventuali idrocarburi flottati nel comparto di sedimentazione.

3.1.3 Fase di disoleazione

In quest'ultima fase di trattamento, che si realizza all'interno di un manufatto prefabbricato in cav, si ha la separazione dei liquidi leggeri dall'acqua. Gli impianti della serie OLEOPACK sono dotati di un filtro a coalescenza a pacco lamellare sorretto da due diaframmi in cls che oltre a svolgere la funzione di sostegno dividono le due sezioni di trattamento, sedimentazione/disoleazione.

Per il calcolo delle dimensioni nominali del comparto di separazione e necessario fissare i valori del coefficiente di massa volumica Fd considerato per il liquidi leggeri in oggetto, secondo la

Tabella 2 - Fattori di massa volumica

Massa volumica g/cm3	Fino a 0,85	Da 0,85 fino a 0,90	Da 0,90 fino a 0,95
<i>combinazione</i>	<i>Fattore di massa volumica Fd</i>		
S-II-P	1	2	3
S-II-I-P	1b)	1b)	1b)
S-I-P	1a)	1,5a)	2a)
a) Solo per separatori di classe I che funzionano per gravita, utilizzare Fd per un separatore di classe II b) Per separatori di classe I e II			

Prendendo in esame l'impianto da 200lt/sec e classificandolo come S-I-P (con sedimentatore, filtro a pacchi lamellari, otturatore automatico e punto di campionamento) e una densità per gli idrocarburi leggeri fino a 0,85 g/cm3 (corrispondente al normale gasolio per autotrazione) si ricava un coefficiente Fd=1.

- Diametro gocce: 150 micron
- Densità olio: 0,85 kg/dm3
- Con tale coefficiente si ha una dimensione nominale per il separatore pari a:
- $NS = Q * Fd = Q * 1$
- Si considera un separatore dotato di sistema di chiusura automatica calibrato sulla densità degli oli.
- Tempo di residenza richiesto nel comparto di sedimentazione/disoleazione:
- $td_{min} = 2 \text{ min}$

Dimensioni del comparto di disoleazione:

- Lunghezza utile 4,75m
- Larghezza utile 2,25mt
- Altezza utile 2,10mt
- Volume 22,4mc

Variante alla tipologia costruttiva degli impianti di trattamento acque di prima pioggia

L'utilizzo di un sistema a pacchi coalescenti inseriti all'interno del disoleatore, consente di incrementare l'efficienza di separazione rispetto alle prestazioni ottenibili da uno stesso impianto in cui la separazione è affidata semplicemente alla separazione statica.

3.1.4 Dimensionamento dei filtri a coalescenza

Diversi organismi di normalizzazione hanno prodotto norme standard sui separatori di oli, come ad esempio la DIN 1999, la UNI EN 585 e la API 421.

Quest'ultimo standard fornisce la formula per il dimensionamento dei sistemi di separazione di oli e acqua, utilizzando dei filtri a coalescenza di tipo alveolare corrugato, partendo dalla formula di Stokes.

$$v = 2R^2 (d_e - d_i) g / 9 \eta = (\text{cm/s})$$

- v = velocità di sedimentazione;
- R = raggio delle particelle disperse;
- d_i = densità della fase interna;
- d_e = densità della fase esterna;
- g = accelerazione di gravità;
- η = viscosità della fase continua.

La formula di Stokes modificata per i filtri TFM12, $V = (C * Q * h * \mu) / (N_p * d^2)$

Con:

- V = Volume [m³] del filtro a coalescenza
- C = parametro che tiene conto di:
 - Franco di sicurezza
 - geometria del sistema (disposizione verticale o orizzontale)
 - conversione delle unità Internazionali in Imperiali.
 - Valore di C: 1,6 per disposizione verticale e 1,1 per quella orizzontale
- Q = 0,2 m³/h portata delle acque di prima pioggia
- h = 12 mm altezza delle semi-canaline termoformate
- μ = 1,14 viscosità dell'acqua in cp a 15°C
- N_p = differenza tra la densità dell'acqua a 15°C (0,999) e la densità dell'olio pari a 0,85
- d = diametro minimo delle goccioline d'olio in micron (60 micron secondo la API 421)

Dati di dimensionamento:

- Portata trattata massima per l'impianto Q: 720 m³/h
- N° moduli utilizzati: 12 con dimensioni 2250x300x300 mm
- Lunghezza totale pacchi 1,8 m
- Larghezza totale pacchi 2,25 m
- Altezza totale pacco 0,6 m
- Volume totale pacchi coalescenti: 2,43 m³

Variante alla tipologia costruttiva degli impianti di trattamento acque di prima pioggia

I pacchi coalescenti hanno un volume di $2,43 \text{ m}^3$; ogni metro cubo di pacco presenta una superficie specifica di 245 m^2 , la superficie totale è di 595 m^2 , superficie totale proiettata 176 m^2

Carico idraulico superficiale $C_i = 0,8 \text{ mq/l/s}$

In conformità alla UNI EN 858-1 il separatore è altresì provvisto di una presa di scarico a S realizzata interamente in acciaio INOX AISI 304 DN400 dotata di otturatore automatico in acciaio inox AISI 304 d'idoneo peso specifico $0,90 \text{ gr/cc}$; l'otturatore provvede alla chiusura della presa di scarico quando il livello dell'olio accumulato raggiunge il livello massimo di contenimento.

I collegamenti tra i vari comparti saranno realizzati con tubazione in PE corrugato SN4 d'idoneo diametro in funzione della portata nominale del separatore.

Variante alla tipologia costruttiva degli impianti di trattamento acque di prima pioggia

LAY OUT IMPIANTO NS100

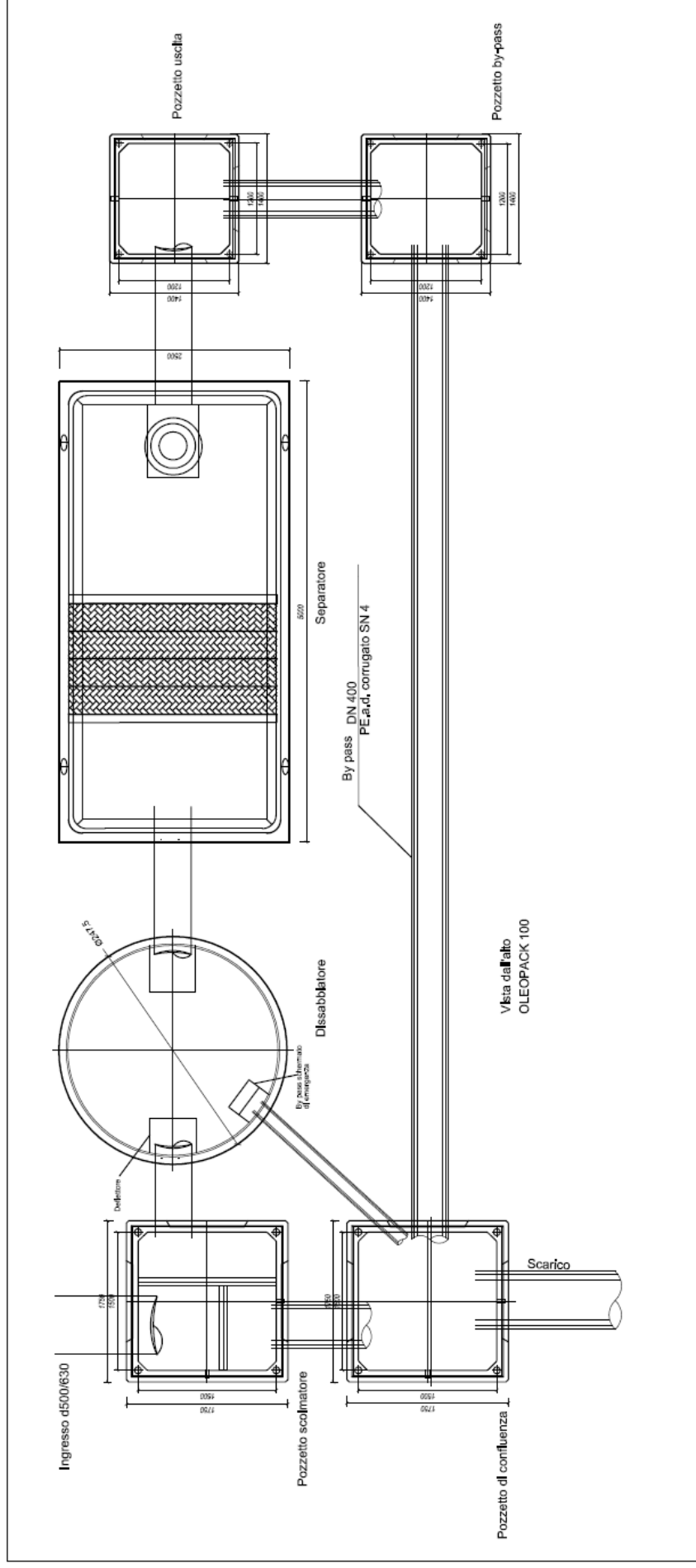


Figura 2 – Tipologia di impianto previsto in fase di PED – NS100I/s

Variante alla tipologia costruttiva degli impianti di trattamento acque di prima pioggia

LAY OUT IMPIANTO NS200

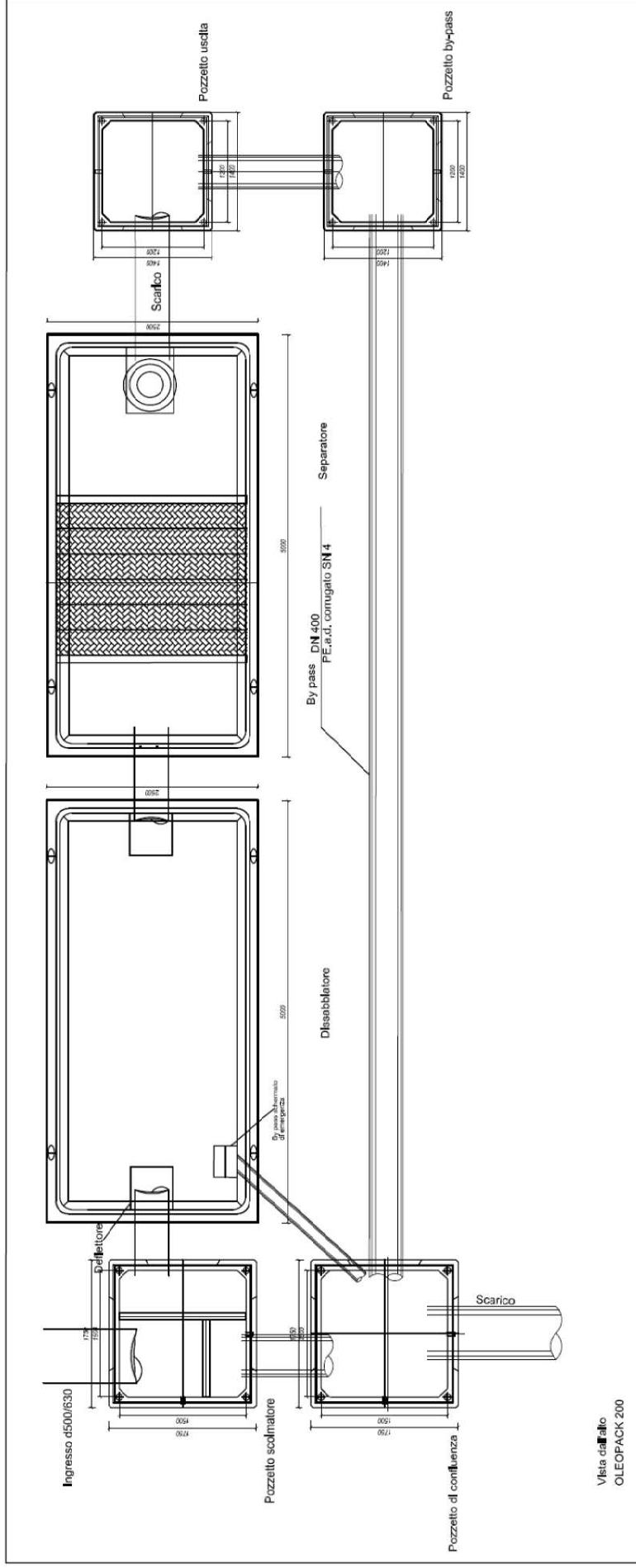


Figura 3 - Tipologia di impianto previsto in fase di PED – NS200I/s

3.2 MATERIALI

L'impianto è contenuto all'interno di vasche prefabbricate realizzate in calcestruzzo armato vibrato delle dimensioni conformi alle prescrizioni della UNI EN 858-1:2004.

Il calcestruzzo è di classe di resistenza minima C 35/45 (p.to 6.2.2), i materiali di tenuta sono dei profili di elastomeri in gomma che rispettano i requisiti della UNI EN 681-1 (p.to 6.2.5.)

I rivestimenti interni di protezione sono conformi ai punti della 6.2.6. utilizzando per il rivestimento interno una resina epossidica idrodiluibile bicomponente resistente ai carburanti, olii lubrificanti e soluzioni diluite acide o alcaline.

L'accessibilità è garantita da idonei boccaporti di misura idonea e i dispositivi di chiusura e coronamento sono conformi alla UNI EN 124 (p.to 6.3.8).

L'impianto è realizzato per sopportare i carichi di progetto ed in particolare:

Ricoprimento di 100 cm di terreno + Sovraccarico variabile da traffico (I categoria) + il peso proprio.

Essendo il materiale di costruzione quello indicato nel p.to 6.2.2. (calcestruzzo) il prodotto è considerato di classe di reazione al fuoco A1 (p.to 8.4.1) per cui, come descritto nel prospetto ZA.2 il sistema di attestazione della conformità previsto è di tipo 4 (dichiarazione di conformità del produttore in assenza di organismo esterno).

Si rimanda per tutti i dettagli relativi al dimensionamento strutturale ed agli standard prestazionali dei manufatti prefabbricati componenti gli impianti di trattamento in oggetto (si vedano schemi sotto riportati), alla documentazione posta in allegato alla relazione, oltreché agli elaborati grafici PVOP0N001-02-03_50_4137.

IMPIANTO DI TRATTAMENTO NS 100 I/s:	
- N.°1 Pozzetto prefabbricato a pianta quadrata in calcestruzzo vibrato non armato fibrorinforzato con fibre di acciaio, dimensioni 1750X1750X1650+200mm, con funzione di <u>SCOLMATORE BY-PASS</u> ;	➔ Si veda "Dichiarazione di prestazione Dop Nr. 01/15" allegata alla Relazione tecnico descrittiva e di calcolo PVOPRT01_50_4137
- N.°1 Cisterna prefabbricata circolare in calcestruzzo vibrato non armato fibrorinforzato con fibre di acciaio, diam. 2475xh2380+200mm, con funzione di <u>DISSABBIATORE</u>	➔ Si veda fascicolo di calcolo allegato alla Relazione tecnico descrittiva e di calcolo PVOPRT01_50_4137
- N.°1 Vasca prefabbricata a pianta rettangolare in calcestruzzo armato, dimensioni 2500x5000xh2550+200mm, con funzione di <u>SEPARATORE</u> ;	➔ - Si veda fascicolo di calcolo allegato alla Relazione tecnico descrittiva e di calcolo PVOPRT01_50_4137 - Per i dettagli di armatura si vedano i particolari riportati nella presente tavola
- N.°2 Pozzetti prefabbricati a pianta quadrata in calcestruzzo vibrato non armato fibrorinforzato con fibre di acciaio, dimensioni 1400X1400X2035+200mm, con funzione di <u>POZZETTI DI DEVIAZIONE</u> ;	➔ Si veda "Dichiarazione di prestazione Dop Nr. 01/15" allegata alla Relazione tecnico descrittiva e di calcolo PVOPRT01_50_4137
- N.°1 Pozzetto prefabbricato a pianta quadrata in calcestruzzo vibrato non armato fibrorinforzato con fibre di acciaio, dimensioni 1750X1750X2695+200mm, con funzione di <u>POZZETTO DI CONFLUENZA</u> ;	➔ Si veda "Dichiarazione di prestazione Dop Nr. 01/15" allegata alla Relazione tecnico descrittiva e di calcolo PVOPRT01_50_4137

IMPIANTO DI TRATTAMENTO NS 200 I/s:	
- N.°1 Pozzetto prefabbricato a pianta quadrata in calcestruzzo vibrato non armato fibrorinforzato con fibre di acciaio, dimensioni 1750X1750X1650+200mm, con funzione di <u>SCOLMATORE BY-PASS</u> ;	➔ Si veda "Dichiarazione di prestazione Dop Nr. 01/15" allegata alla Relazione tecnico descrittiva e di calcolo PVOPRT01_50_4137
- N.°2 Vasche prefabbricate a pianta rettangolare in calcestruzzo armato, dimensioni 2500x5000xh2550+200mm, con funzione di <u>DISSABBIATORE E DI SEPARATORE</u> ;	➔ - Si veda fascicolo di calcolo allegato alla Relazione tecnico descrittiva e di calcolo PVOPRT01_50_4137 - Per i dettagli di armatura si vedano i particolari riportati nella presente tavola
- N.°2 Pozzetti prefabbricati a pianta quadrata in calcestruzzo vibrato non armato fibrorinforzato con fibre di acciaio, dimensioni 1400X1400X2035+200mm, con funzione di <u>POZZETTI DI DEVIAZIONE</u> ;	➔ Si veda "Dichiarazione di prestazione Dop Nr. 01/15" allegata alla Relazione tecnico descrittiva e di calcolo PVOPRT01_50_4137
- N.°1 Pozzetto prefabbricato a pianta quadrata in calcestruzzo vibrato non armato fibrorinforzato con fibre di acciaio, dimensioni 1750X1750X2695+200mm, con funzione di <u>POZZETTO DI CONFLUENZA</u> ;	➔ Si veda "Dichiarazione di prestazione Dop Nr. 01/15" allegata alla Relazione tecnico descrittiva e di calcolo PVOPRT01_50_4137

3.3 MANUTENZIONE

E' opportuno controllare una volta al mese, soprattutto nei mesi invernali, caratterizzati da frequenti precipitazioni meteoriche i comparti di trattamento, sedimentatore e separatore, tramite gli appositi chiusini d'ispezione, situati sulle solette di copertura.

Negli impianti prefabbricati della serie OLEOPACK le operazioni di controllo ed eventuale manutenzione risultano più semplici e facilmente eseguibili rispetto a gl'impianti tradizionali realizzati in opera, essendo gl'impianti OLEOPACK più compatti. Infatti, grazie all'impiego del filtro a pacco lamellare che ne aumenta la superficie specifica di contatto, permette di ridurre i volumi del separatore, inoltre evita di installare una serie di setti deflettori e di stramazzo necessari nella sedimentazione e separazione a gravità, che complicano però le procedure d'ispezione e di manutenzione.

Se da un'accurata ispezione visiva risultasse un'eccedenza di materiale (sedimenti/oli) che potrebbe alterare e compromettere il funzionamento del separatore, occorrerà procedere alla pulizia dei rispettivi comparti di trattamento (sedimentatore o separatore). Prima di eseguire tale operazione, l'impianto dovrà essere arieggiato bene, aprendo i chiusini e prestando attenzione che non vi siano fuochi accesi di alcun genere nei pressi del separatore.

Accertarsi che la tubazioni d'ingresso e di scarico siano liberi da eventuali corpi estranei (rami, foglie, sacchetti ecc.) che possono impedire il corretto funzionamento del separatore; si consiglia di svuotare il comparto di sedimentazione quando i fanghi o i detriti solidi raggiungono, in altezza pari ad un terzo dell'altezza del comparto.

Verificare che il pacco lamellare sia libero da corpi estranei che possano ostruirlo. Se il pacco risultasse particolarmente sporco, provvedere al lavaggio dello stesso con acqua pulita.

Per quanto riguarda la pulizia e l'espurgo degli oli dal sedimentatore e del separatore deve essere effettuata da ditte autorizzate al trasporto ed allo smaltimento definitivo degli oli esausti.

Ogni qualvolta si pulisce e quindi che si svuota l'impianto, prima di rimetterlo in funzione, il comparto di sedimentazione/disolazione dovrà essere riempito preventivamente con acqua pulita.

E' consigliabile, per il rispetto delle norme vigenti, tenere un registro interno aggiornato sulle varie operazioni effettuate (pulizia, manutenzione, riparazione ecc.)

4 CONCLUSIONI

La soluzione di trattamento proposta riprende nelle sezioni quelle previste dal progetto originale e si differenzia da questo per l'incremento della classe di trattamento conseguita e per alcune soluzioni impiantistiche migliorative suggerite da installazioni realizzate in situazioni analoghe in Italia e all'etero.

Gli obiettivi principali di questa rielaborazione sono:

- 1) Semplificare la struttura dell'impianto
- 2) Rendere più semplici le operazioni di controllo e di manutenzione dei separatori
- 3) Garantire elevati rendimenti di rimozione e la loro costanza nel tempo

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

Variante alla tipologia costruttiva degli impianti di trattamento acque di prima pioggia
”

- 4) Avere dei sistemi di protezione contro le fuoriuscite accidentali di oli a causa o del separatore pieno o in occasione di sversamenti accidentali importanti.

Per maggiori dettagli si rimanda ai seguenti elaborati grafici emessi contestualmente alla presente relazione tecnica, di cui si riporta l'elenco a seguire:

7.9 Opere di presidio idraulico							
Relazione tecnico-descrittiva e di calcolo	Relazione		PVOP0RT01	_	50	_	4137
Impianto di trattamento "Oleopack" Q=100 l/s Pianta piazzola tipo e sezioni tipologiche	varie		PVOP0N001	_	50	_	4137
Impianto di trattamento "Oleopack" Q=200 l/s Pianta piazzola tipo e sezioni tipologiche	varie		PVOP0N002	_	50	_	4137
Impianti di trattamento "Oleopack" Q=100 l/s e Q=200 l/s Dettagli di armatura	varie		PVOP0N003	_	50	_	4137

Si riportano infine in allegato alla presente le relazioni di calcolo strutturale relative ai principali elementi prefabbricati costituenti gli impianti di trattamento proposti.

5 FASCICOLI DI CALCOLO STRUTTURALE ELEMENTI MONOBLOCCO PREFABBRICATI

Variante alla tipologia costruttiva degli impianti di trattamento acque di prima pioggia
„

5.1 Fascicolo di calcolo - Vasca prefabbricata in c.a.

Dimensioni 2500x5000xh2505+200 mm

Via Eugenio Curiel, 38 - cap 47922 - Viserba (RN)

Tel. (+39) 0541-734.573
Fax. (+39) 0541-449.014
E.mail info@perazziniepierini.com

Web site www.perazziniepierini.com

Oggetto: Realizzazione di un impianto di disoleazione, composto da vasche prefabbricate in c.a.v. con coperture carrabili, da ubicarsi in Provincia di Palermo (PA).
Pozzetto prefabbricato in c.a. 2500x5000xh2505+200 mm.

Committente: Bianco Prefabbricati.

Il produttore dei manufatti in c.a.:



VB[®] BIANCO
PREFABBRICATI

Organizzazione con Sistema per Gestione per la Qualità Certificato in conformità alla norma ISO 9001 da ICMQ SPA. Certificato n.98224 (SETTORE EA:16 - Progettazione e produzione di tubi, pozzetti e camere di ispezione in calcestruzzo armato, non armato, fibrorinforzato).

PREFABBRICATI IN CALCESTRUZZO PER IL CICLO
COMPLETO DELL'ACQUA

BIANCO PREFABBRICATI s.r.l. - Via Costiera, 42 - 91026 Mazara del Vallo (TP)
Partita Iva n° 01586160812 - Tel. (+39) 0923-942972 - Fax (+39) 0923-943970

www.biancoprefabbricati.it - info@biancoprefabbricati.it

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO STRUTTURALE

- RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA
- RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE
- RELAZIONE SUI MATERIALI
- PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA
- ISTRUZIONI IN MERITO AL SOLLEVAMENTO, TRASPORTO E STOCCAGGIO DEI MANUFATTI
- RELAZIONE SULLE FONDAZIONI

Rimini, 30/09/2015

Il progettista delle strutture

Dott. Ing. Christian Pierini



Sommario

1.	RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA.....	2
1.1.	Normativa tecnica di riferimento	4
1.2.	Definizione dell'azione sismica di base	5
1.3.	Condizioni e combinazioni di carico	6
1.3.1.	Analisi dei carichi	6
1.3.2.	Azione sismica	9
1.3.3.	Condizioni e combinazioni di calcolo – Elemento Vasca	10
1.3.4.	Condizioni e combinazioni di calcolo – Lastra di Copertura.....	11
2.	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE.....	12
2.1.	Modellazione della struttura	12
2.1.1.	Modello ELEMENTO VASCA.....	13
2.1.2.	Modello LASTRA DI COPERTURA	22
2.2.	Verifiche di resistenza degli elementi strutturali	26
2.2.1.	Pareti vasca in c.a.v.	26
2.2.2.	Soletta di fondazione.....	26
2.2.3.	Lastra di copertura	26
2.2.4.	Sottofondazione	26
3.	RELAZIONE SUI MATERIALI	27
3.1.	Caratteristiche dei materiali.....	27
3.1.1.	Conglomerato cementizio per manufatti prefabbricati	27
3.1.2.	Acciaio in barre ad aderenza migliorata per c.a.	27
3.1.3.	Acciaio in reti elettrosaldate per c.a.....	27
3.2.	Descrizione dei materiali	28
3.2.1.	Conglomerato cementizio per manufatti prefabbricati	28
3.2.2.	Acciaio in barre ad aderenza migliorata per c.a.	29
3.2.3.	Acciaio in reti elettrosaldate per c.a.....	29
4.	PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA	29
4.1.	Interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria dell'opera	31
5.	RELAZIONE SULLE FONDAZIONI.....	32
5.1.	Caratteristiche del terreno di fondazione	32
5.2.	Verifiche di portanza del terreno di fondazione (SLU-GEO).....	32
5.3.	Verifica dei cedimenti del terreno di fondazione (SLE)	33
5.4.	Verifica al sollevamento (SLU-UPL)	33
	ALLEGATO 1: TABULATO DEL CODICE DI CALCOLO.....	36



1. RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

La presente relazione viene redatta a corredo del progetto strutturale relativo alla realizzazione di un impianto di disoleazione, da ubicarsi in provincia di Palermo (PA).

La presente relazione è relativa al pozzetto prefabbricato in c.a. 2500x5000xh2550+200 mm.

La vasca in oggetto è composta da un manufatto di forma rettangolare, con dimensioni esterne pari a 2500x5000xH=2550 mm, costituito da pareti verticali dello spessore strutturale di 100 mm in testa e 150 mm al piede, soletta di fondazione dello spessore di 150 mm e da una lastra di copertura semplicemente appoggiata al corpo sottostante. La lastra di copertura, carrabile autocarri (carichi da Ponti di 1° Cat.), presenta dimensioni complessive in pianta pari 2500x5000xsp.200 mm e risulta suddivisa in due lastre delle medesime dimensioni semplicemente accoppiate in opera.

In presenza di falda freatica, la soletta di fondazione della vasca, di spessore pari a 15 cm, deve essere impostata su almeno 20 cm di getto, armato con doppia rete elettrosaldato $\phi 8/20'' \times 20''$, prevedendo almeno 5 cm di sabbia sopra di esso per evitare il contatto tra le due superfici in c.a.

Occorre inoltre prevedere uno scavo maggiorato in misura non superiore ad 1 m e non inferiore a 0,5 m per ogni lato della vasca ed eseguire il rinterro con ghiaia di pezzatura 40-60 mm circa, prevedendo un opportuno drenaggio sulle pareti laterali, al fine di eliminare eventuali spinte idrostatiche dovute alla presenza di falda.

Il presente progetto tiene in considerazione le forometrie previste per gli impianti ed i macchinari alloggiati nella vasca, come da progetto esecutivo allegato.

I manufatti oggetto della presente relazione sono realizzati con struttura prefabbricata in c.a.v., prodotti in serie occasionale nello stabilimento della BIANCO PREFABBRICATI S.r.l. sito in Via Costiera n.42 nel Comune di Mazara del Vallo (TP), in conformità alle indicazioni riportate nelle Istruzioni Operative codificate nel Sistema di Gestione per la Qualità che sovrintende il processo di fabbricazione.

Nella schematizzazione di calcolo si considerano i seguenti vincoli tra i vari elementi strutturali:

FONDAZIONE ----- SUOLO ALLA WINKLER

LASTRA COPERTURA – PARETI ----- CERNIERA

In accordo con il DM 14/01/2008, con riferimento al capitolo 6, l'insieme delle attività progettuali che riguardano le costruzioni o le parti di costruzioni interagenti con il terreno devono essere inquadrare nell'ambito della progettazione geotecnica; essendo la vasca oggetto della relazione completamente interrata può essere classificata quale "opera geotecnica" come descritto al punto 6.1.1 del DM 14/01/2008.

Il calcolo della struttura è stato eseguito con il metodo degli stati limite, mediante *analisi statica lineare*, attraverso un procedimento di calcolo automatico eseguito con il codice di calcolo Enexsys

Winstrand prodotto dalla En.Ex.Sys. s.r.l. di Casalecchio di Reno (BO) e verifiche specifiche condotte manualmente.

Per quanto riguarda la verifica sismica si fa riferimento alla normativa D.M. 14/01/2008 e più precisamente al paragrafo 7.11 riguardante le opere e i sistemi geotecnici.

Per quanto concerne le verifiche di resistenza allo stato limite ultimo si è proceduto ad una valutazione di tipo sezionale tenendo conto del comportamento non lineare dei materiali. La valutazione degli stati di tensione locali agli stati limite di esercizio è stata effettuata mediante il metodo "n" assumendo che il calcestruzzo non sia in grado di esplicare alcuna resistenza a trazione e considerando un coefficiente di omogeneizzazione tra acciaio e calcestruzzo pari a 15. Attraverso un'analisi di tipo statica lineare sono state valutate le sollecitazioni in tutti gli stati limite in esame (stati limite ultimi e di esercizio).

Tale analisi è stata condotta lungo due direzioni ortogonali, tenendo in conto le condizioni di seguito riportate, combinate secondo quanto prescritto dalle norme.

Le condizioni di carico previste per il calcolo dell'elemento vasca comprendono, con riferimento al fattore di partecipazione all'azione sismica:

- 1) Peso proprio - *Fattore di partecipazione = 1;*
- 2) Carichi permanenti - *Fattore di partecipazione = 1;*
- 3) Carichi accidentali (transito autocarri) – *Fattore di partecipazione = 0;*
- 4)-7) Condizioni sismiche (vedi nel dettaglio la relazione di calcolo strutturale);
- 8) Peso di tutto pieno (per verifica SLU-GEO) – *Fattore di partecipazione = 0;*
- 9) Sottopressioni dovute all'acqua interstiziale – *Fattore di partecipazione = 1.*

Le condizioni di carico previste per il calcolo della lastra di copertura comprendono:

- 1) Peso proprio;
- 2) Carichi permanenti;
- 3) Carichi accidentali (transito autocarri).

definendo i coefficienti di simultaneità di tali condizioni di carico ai fini del calcolo delle masse.

Le verifiche di resistenza del terreno e del complesso terreno-fondazione sono state effettuate in base alle classiche teorie della geotecnica sulla portanza dei terreni, confrontando le sollecitazioni di progetto con la resistenza di progetto.



1.1. Normativa tecnica di riferimento

Il dimensionamento della struttura è stato sviluppato nel rispetto delle normative elencate:

- D.M. 11/03/88** - 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. 14/02/92** - Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche;
- D.M. 09/01/96** - Norme tecniche per l'esecuzione di opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche;
- D.M. 16/01/96** - Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica e relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi;
- Circolare Min. LL.PP. 04/07/96** - Circolare del Servizio tecnico centrale del Ministero LL.PP. n. 156AA.GG./STC: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e carichi e sovraccarichi" di cui al D.M. 16/01/96;
- Circolare Min. LL.PP. 15/10/96, n. 252** - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche;
- Circolare Min. LL.PP. 10/04/97, n. 65** - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche;
- CNR-UNI 10011/97** - Costruzioni in acciaio: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione il collaudo e la manutenzione;
- D.M. LL.PP. 03/12/1997** - Norme tecniche per le costruzioni prefabbricate;
- OPCM 3274 del 20/03/03** - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica: *Allegato 1 - classificazione sismica del territorio italiano*;
- D.M. 14/01/08** - Nuove norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 2 Febbraio 2009, n° 617** - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 Gennaio 2008.

1.2. Definizione dell'azione sismica di base

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Per punti non coincidenti con il reticolo di riferimento e periodi di ritorno non contemplati direttamente si opera come indicato nell'allegato alle NTC (rispettivamente media pesata e interpolazione).

Localizzazione della struttura	
Località	Palermo
Comune	PALERMO
Provincia	PALERMO
Regione	SICILIA
Longitudine	13,4577 E
Latitudine	37,9667 N

L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento V_r che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso (vedi tabella Parametri della struttura). Fissato il periodo di riferimento V_r e la probabilità di superamento P_{ver} associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno T_r e i relativi parametri di pericolosità sismica (vedi tabella successiva):

ag: accelerazione orizzontale massima del terreno;

Fo: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T*c: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Parametri della struttura					
Classe d'uso	Vita V_n [anni]	Coeff. Uso	Periodo V_r [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
IV	50.0	2	100.0	B	T1

Individuati su reticolo di riferimento i parametri di pericolosità sismica si valutano i parametri spettrali riportati in tabella:

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S = S_s * S_t$ (3.2.5);

Fo è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale;

Fv è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima verticale, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno ag su sito di riferimento rigido orizzontale;

Tb è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;



T_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante;

T_d è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

Si riportano i valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno stato limite considerato, per il sito e l'opera in esame:

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLD	949	0.209	2.45	0.31
SLV	101	0.0855	2.35	0.27

I parametri dello spettro di risposta orizzontale di progetto per lo Stato Limite SLV risultano quindi:

parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.209 g
F_0	2.45
T_c^*	0.31 s
S_s	1.2
S_T	1.0
q	1.0

1.3. Condizioni e combinazioni di carico

1.3.1. Analisi dei carichi

Il dimensionamento della vasca viene eseguito considerando un terreno di rinterro tipo, caratterizzato da parametri geo-meccanici standard:

$$\phi' = 35^\circ;$$

$$c' = 0;$$

$$\gamma' = 2000 \text{ kg/m}^3.$$

Per il calcolo delle pressioni verticali ed orizzontali agenti sulla vasca e sulla lastra di copertura, si considera un ricoprimento in copertura pari a 100 cm ed uno scavo maggiorato di 1 m per lato.

Si considera nel seguito la presenza di una falda freatica alla profondità di circa 0,5 m dal piano campagna.

Peso soletta di copertura (sp.20cm):

$$G_{soletta} = 2500 \cdot 0,2 = 500 \text{ kg / m}^2;$$

Peso terreno sovrastante la copertura:

come da calcoli successivi;

Sovraccarichi variabili da traffico (I categoria): $Q_{traffico} = 900 \text{ kg} / \text{m}^2$;

Questi carichi, trasmessi dalla soletta di copertura alle pareti del pozzetto, vengono ripartiti secondo le effettive aree di influenza.

La spinta del terreno a tergo delle pareti del pozzetto viene calcolata moltiplicando le tensioni verticali presenti in sito per il coefficiente di spinta attiva K_A , che per il terreno considerato vale:

$$K_A = \frac{1 - \text{sen}(\phi')}{1 + \text{sen}(\phi')} = 0,27$$

Come si osserva in Figura 1, l'attivazione della spinta attiva in terreni non coesivi, come nel caso di rinterro con ghiaia, avviene già per valori del rapporto u/h tendenti allo zero e per valori, come nel caso in esame, intorno allo 0,002, valgono circa il valore sopra calcolato.

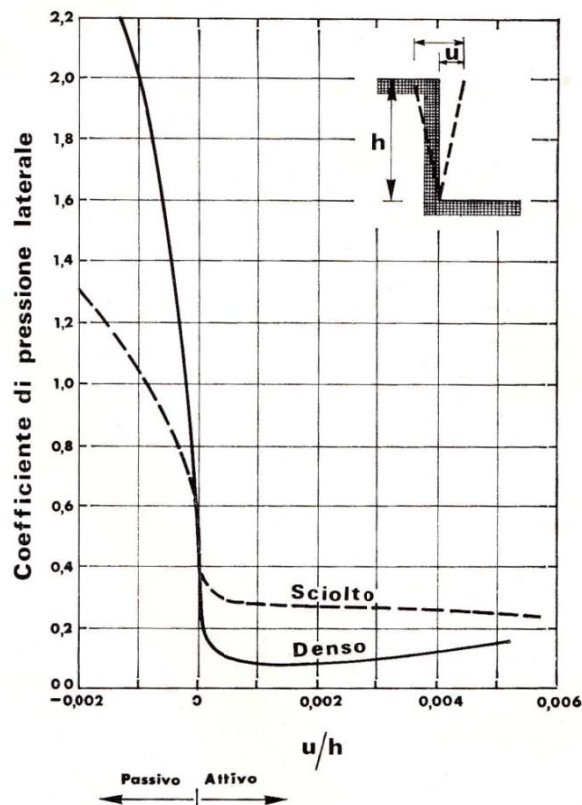


Figura 1: Relazione fra gli spostamenti di un opera di sostegno e i coefficienti di spinta in terreni incoerenti (Terzaghi).

Essendo inoltre prescritto il rinterro con ghiaia di pezzatura 40-60 mm e il drenaggio per le pareti laterali, si ritiene trascurabile il contributo della spinta idrostatica.

Si precisa che per calcolo dello stato tensionale di un punto interno ad una massa di terreno si considera l'influenza dell'effetto arco, secondo la teoria di Terzaghi, che si presenta a causa della deformabilità della vasca con conseguente detensionamento della massa che sovrasta la stessa.



Il calcolo delle azioni agenti sulla lastra di copertura, sulle pareti del pozzetto e sulla platea di fondazione viene effettuato mediante l'ausilio di un foglio di calcolo:

PRESSIONI DEL TERRENO			
Geometria vasca			
B	5	[m]	(Base maggiore della vasca)
Hp	2,55	[m]	(Altezza pareti comprensiva di fondazione)
Hs	0,2	[m]	(Altezza lastra di copertura)
Condizioni di posa			
z1	0	[m]	
z2	1	[m]	(spessore strato di ricoprimento)
zf	0,5	[m]	(profondità di falda)
Caratteristiche terreno di riporto			
φ	35	[°]	(angolo di attrito)
φ	0,61	[rad]	
ka	0,27		(coefficiente di spinta attiva)
γ	2000	[kg/m ³]	(peso specifico)
Pressioni verticali			
σ_{vs}	1962	[kg/m ²]	(pressione verticale agente sulla lastra di copertura)
σ_{vp1}	2346	[kg/m ²]	(press. litostatica alla quota sommitale della vasca)
σ_{vp2}	6991	[kg/m ²]	(pressione litostatica alla quota di base della vasca)
Pressioni orizzontali			
σ_{hp1}	636	[kg/m ²]	(press. orizzontale alla quota sommitale della vasca)
σ_{hp2}	1894	[kg/m ²]	(pressione orizzontale alla quota di base della vasca)
AZIONI DOVUTE AI SOVRACCARICHI VARIABILI DA TRAFFICO			
Lastra di Copertura carrabile autocarri			
q	900	[kg/m ²]	(azione di progetto)
σ_v	900	[kg/m ²]	(pressione verticale indotta sulla lastra di copertura)
σ_h	243,89	[kg/m ²]	(pressione orizz. dovuta ai sovraccarichi da traffico)
AZIONI DOVUTE ALLA PRESENZA DI ACQUA NEL TERRENO E NELLA VASCA			
σ_{v-}	3450	[kg/m ²]	(sottospinta idraulica)
σ_{v+}	2400	[kg/m ²]	(press. Idrost. verticale dovuta al carico di tutto pieno)
SCARICHI COPERTURA - CARICHI PERMANENTI / ACCIDENTALI LINEARI			
b	2,5	[m]	(Base minore della vasca)
B	5	[m]	(Base maggiore della vasca)
Q _{perm}	2463	[kg/m ²]	(carico permanente totale di progetto)
Q _{perm,b}	1539	[kg/ml]	(carico permanente sul lato minore)
Q _{perm,B}	2309	[kg/ml]	(carico permanente sul lato maggiore)

Q_{acc}	900	[kg/m ²]	(carico accidentale di progetto)
$Q_{acc,b}$	563	[kg/ml]	(carico accidentale sul lato minore)
$Q_{acc,B}$	844	[kg/ml]	(carico accidentale sul lato maggiore)

1.3.2. Azione sismica

Per il calcolo dell'azione sismica si fa riferimento al punto 7.11.6.2.1 del D.M. 14/01/2008, adottando il metodo pseudostatico.

L'analisi pseudostatica si effettua utilizzando il metodo dell'equilibrio limite nel quale il modello di calcolo deve comprendere l'opera in questione, il cuneo di terreno a tergo dell'opera supposto in stato limite attivo e gli eventuali sovraccarichi agenti sul cuneo suddetto.

Si precisa che la massa di terreno potenzialmente instabile, supposta in stato limite attivo, coincide con il terreno di reinterro, essendo possibile considerare come superficie di separazione quella a priori definita dalle condizioni al contorno di scavo.

Nell'analisi, l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nel tempo e nello spazio, pari al prodotto tra le forze di gravità e un opportuno coefficiente sismico.

Nelle verifiche per lo stato limite ultimo, in mancanza di studi più approfonditi, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h \cdot W$ e $F_v = k_v \cdot W$ con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

dove: β_m è coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g è l'accelerazione di gravità.

Per le opere che non sono in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno durante l'azione sismica, il coefficiente β_m assume valore unitario.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove: S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_T) e dell'amplificazione topografica (S_S), di cui al § 3.2.3.2;

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, per la cui determinazione si rimanda al punto 1.1.4. della presente relazione.



Il calcolo delle sollecitazioni sismiche agenti sulle pareti del pozzetto viene effettuato mediante l'ausilio di un foglio di calcolo:

AZIONI SISMICHE

ag	0,209	[g]	
Ss	1,2		
St	1		
W	2000	[kg/m ²]	
βm	1		
kh	0,25		
oh	500	[kg/m ²]	(spinta sismica di progetto)

1.3.3. Condizioni e combinazioni di calcolo – Elemento Vasca

Le condizioni di carico previste comprendono:

- Cond. 1 Peso Proprio
- Cond. 2 Permanenti
- Cond. 3 Variabili
- Cond. 4 Sisma +x
- Cond. 5 Sisma -x
- Cond. 6 Sisma +y
- Cond. 7 Sisma -y
- Cond. 8 Peso di tutto pieno
- Cond. 9 Sottospinte acqua

Le condizioni di carico saranno combinate come segue:

Combinazioni agli Stati Limite Ultimi

Combinazione di carico numero

1	SLU statica
2	SLV1
3	SLV2
4	SLV3
5	SLV4
6	SLV5
7	SLV6
8	SLV7
9	SLV8
10	SLU GEO

Comb.\Cond	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.35	1.35	1.35						1.35
2	1	1		1		0.3			1
3	1	1		1			0.3		1
4	1	1			1	0.3			1
5	1	1			1		0.3		1
6	1	1		0.3		1			1
7	1	1		0.3			1		1

8	1	1			0.3	1			1
9	1	1			0.3		1		1
10	1.35	1.35	1.35					1.35	

Combinazioni RARE Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero	
11	RARA 1

Comb.\Cond	1	2	3	9
11	1	1	1	1

Combinazioni FREQUENTI Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero	
12	FREQ. 1

Comb.\Cond	1	2	3	9
12	1	1	0.4	1

Combinazioni QUASI PERMANENTI Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero	
13	QUASI PERM.

Comb.\Cond	1	2	9
13	1	1	1

1.3.4. Condizioni e combinazioni di calcolo – Lastra di Copertura

Le condizioni di carico previste comprendono:

- Cond. 1 Peso Proprio
- Cond. 2 Permanenti
- Cond. 3 Variabili

Le condizioni di carico saranno combinate come segue:

Combinazioni agli Stati Limite Ultimi

Combinazione di carico numero	
1	SLU

Comb.\Cond	1	2	3
1	1.35	1.35	1.35

Combinazioni RARE Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero	
2	RARA 1



Comb.\Cond	1	2	3
2	1	1	1

Combinazioni FREQUENTI Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero	
3	FREQ. 1

Comb.\Cond	1	2	3
3	1	1	0.4

Combinazioni QUASI PERMANENTI Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero	
4	QUASI PERM.

Comb.\Cond	1	2
4	1	1

2. RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

In accordo con il Capitolo 6 del DM 14/01/2008, le verifiche di sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi, per le opere di sostegno o le strutture ad essi assimilabili, devono essere soddisfatte per quel che riguarda la stabilità globale del complesso opera-terreno (SLU-EQU), la portanza del terreno su cui è fondata la struttura (SLU-GEO) e la resistenza degli elementi strutturali, compresi gli elementi di fondazione (SLU-STR).

Per quanto concerne gli stati limite ultimi di carattere idraulico, si procede alla verifica dell'equilibrio sotto l'azione della sottospinta idraulica, ovvero alla verifica di sollevamento per galleggiamento (SLU-UPL).

Nello specifico, date le caratteristiche del manufatto e delle condizioni di posa, si omette la verifica di stabilità globale del complesso opera-terreno e si adotta, per le rimanenti verifiche (GEO e STR) l'Approccio 2.

La verifica di portanza del terreno di fondazione (SLU-GEO) si effettua nella condizione di massimo volume d'acqua invasato dalla vasca, mentre il dimensionamento e la verifica della soletta di fondazione vengono condotti, in favore di sicurezza, nella condizione di vasca vuota, considerando la sottospinta idraulica.

2.1. Modellazione della struttura

Il codice di calcolo adottato è Enexsys Winstrand prodotto dalla En.Ex.Sys. s.r.l. di Casalecchio di Reno (BO). Per le caratteristiche del programma e i dettagli sulla modellazione della struttura si rimanda all'allegato 1 - Tabulato di calcolo derivante dal calcolatore.

Come richiesto al punto 10.2 del D.M. 14/01/2008, si precisa che l'attendibilità del programma di calcolo è stata accertata dal progettista tramite prove e confronti di massima, per la cui visione si rimanda all'allegato 1 - Tabulato del codice di calcolo; si può quindi affermare che tale codice fornisce risultati corretti e congruenti.

In fase di modellazione la vasca e le lastre di copertura sono state trattate separatamente. In particolare la soletta di fondazione e le pareti del pozzetto sono state modellate attraverso elementi isoparametrici a quattro nodi tipo shell. Il vincolo di fondazione è stato modellato come suolo alla Winkler.

Nelle seguenti figure vengono rappresentato il modello tridimensionale agli elementi finiti sviluppato mediante elaboratore, nonché gli schemi statici e i principali stati di deformazione e di sollecitazione degli elementi strutturali.

Per i valori delle azioni, si rimanda alle tabelle dei paragrafi precedenti.

2.1.1. Modello ELEMENTO VASCA

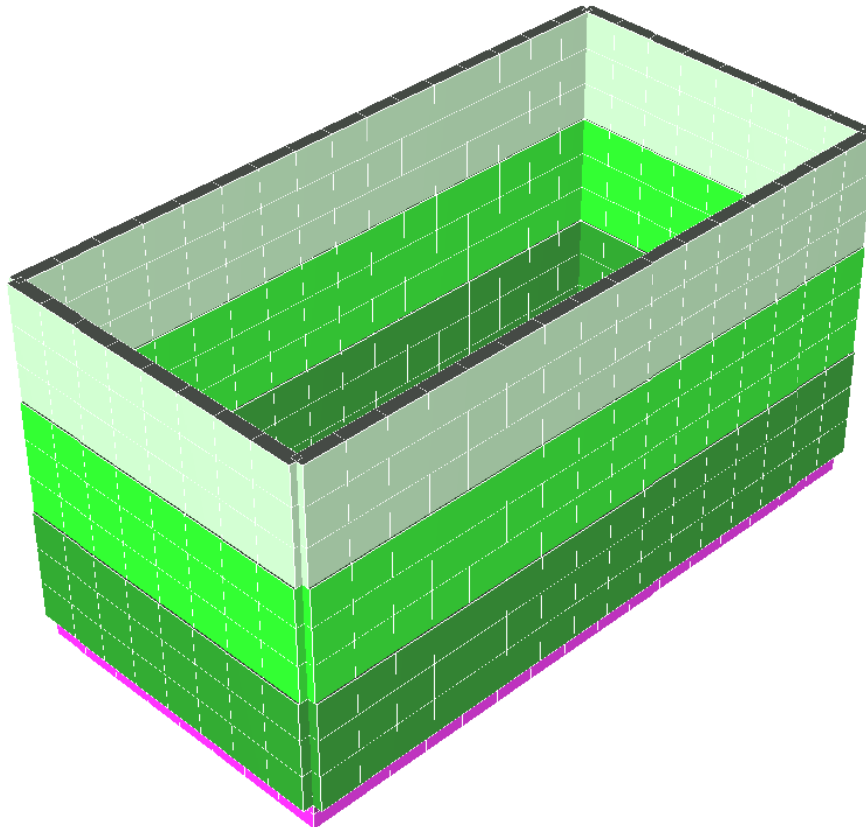


Figura 2: Vista del Modello di Calcolo (sezioni solide).

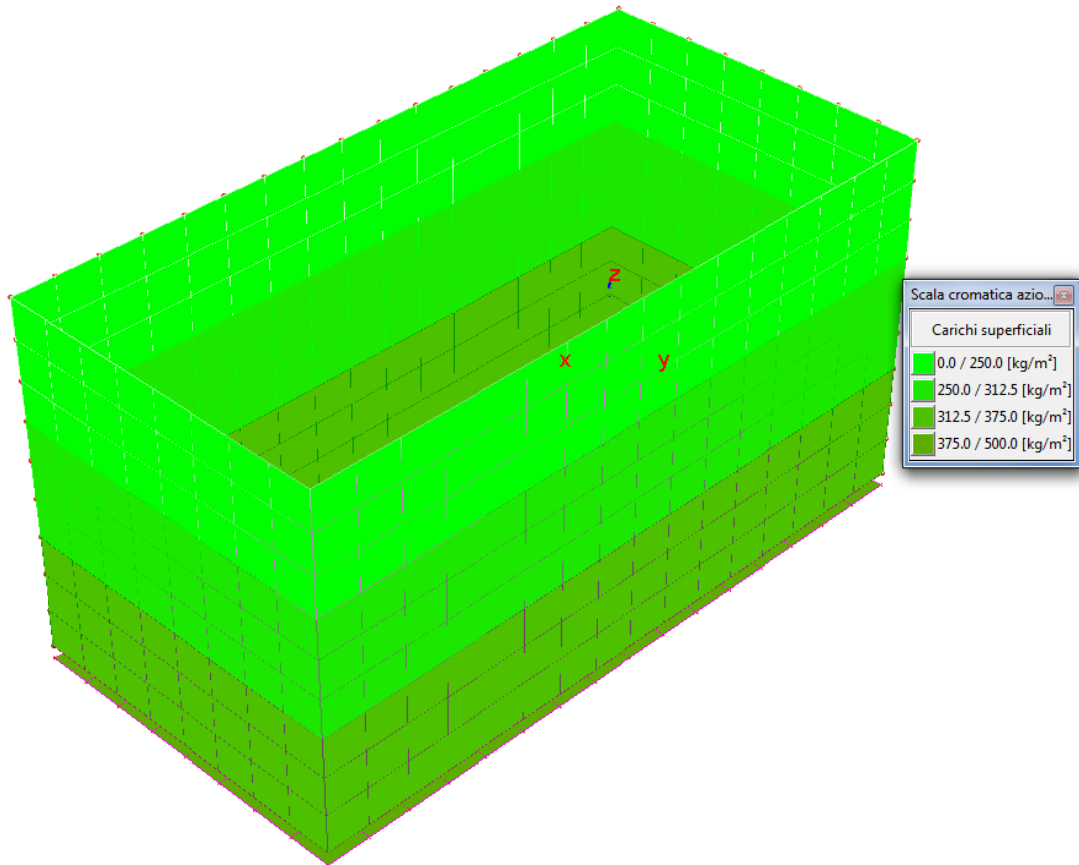


Figura 3: Peso Proprio.

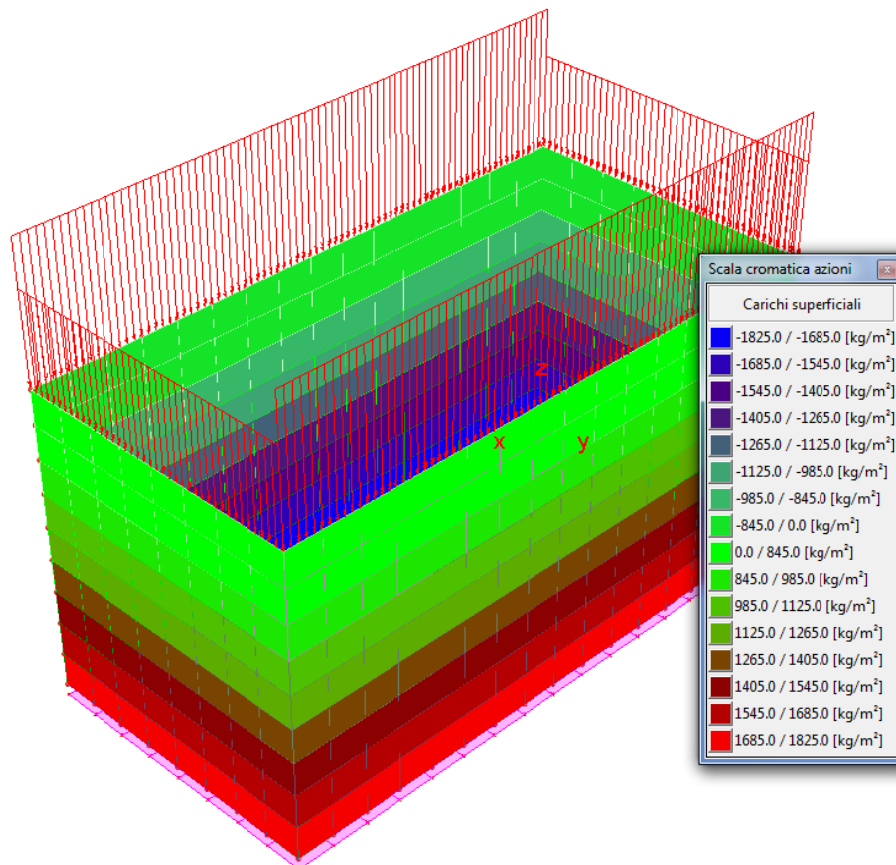


Figura 4: Carichi Permanenti.

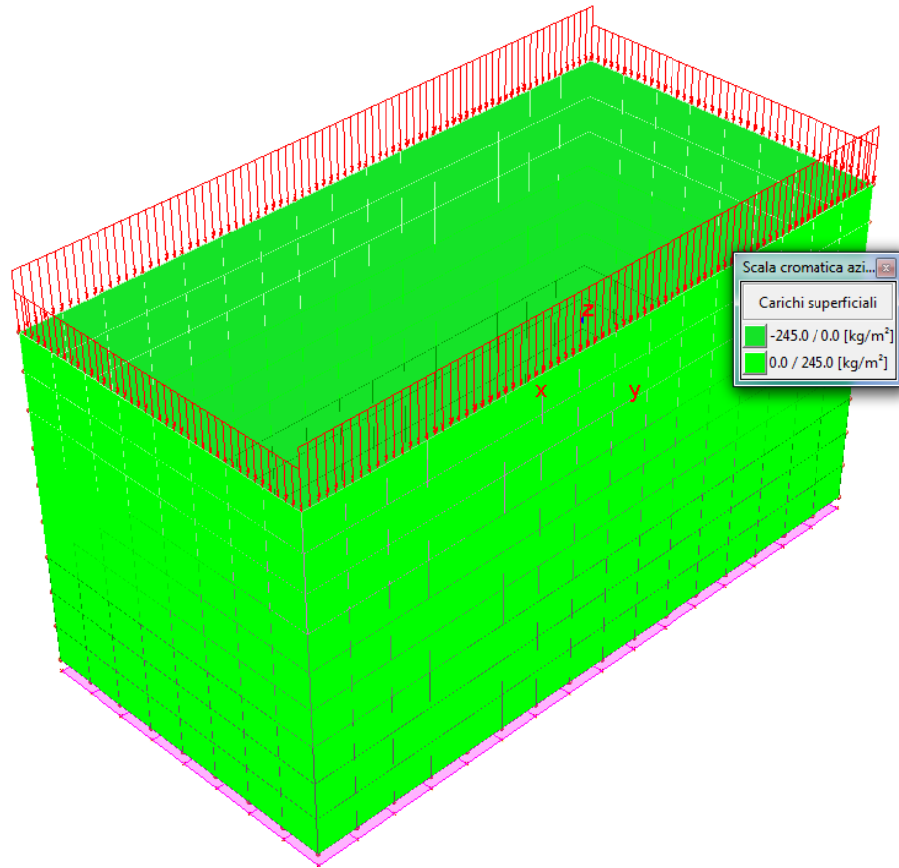


Figura 5: Carichi Accidentali (Traffico 1° Categoria).

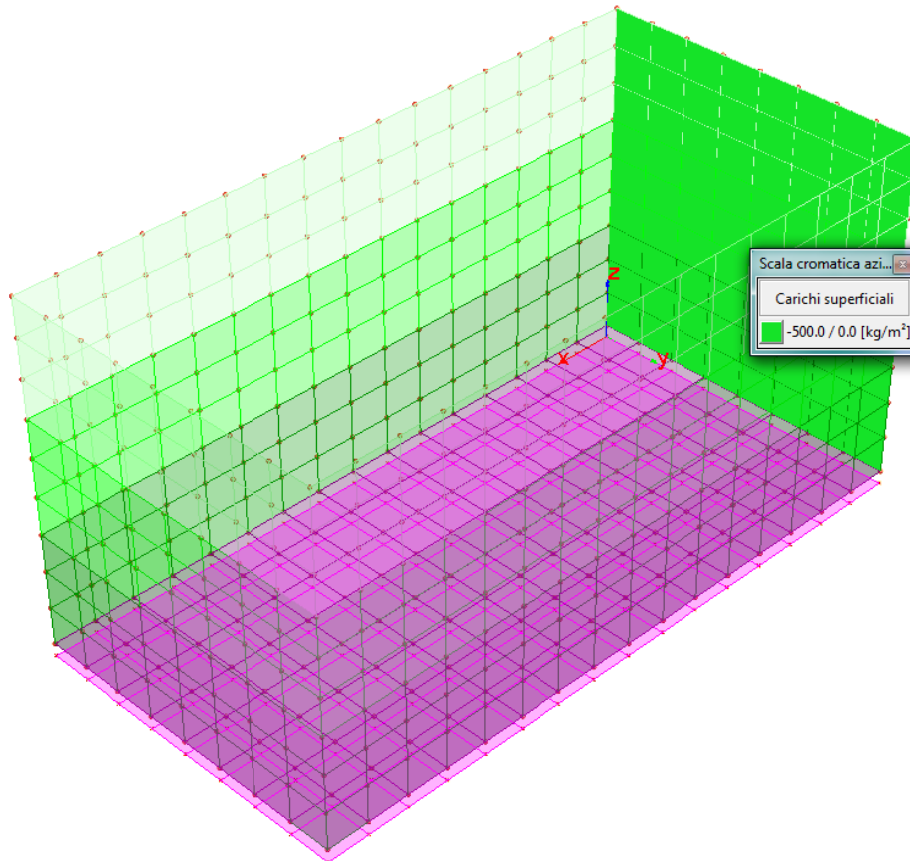


Figura 6: Sisma +x.

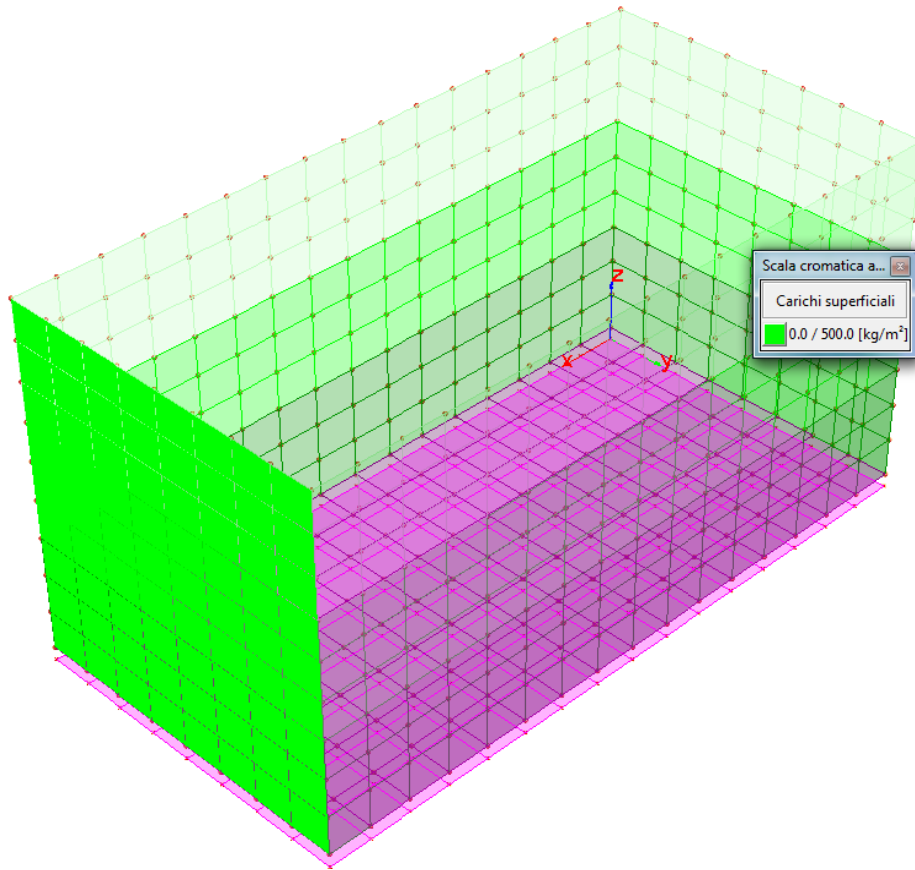


Figura 7: Sisma -x.

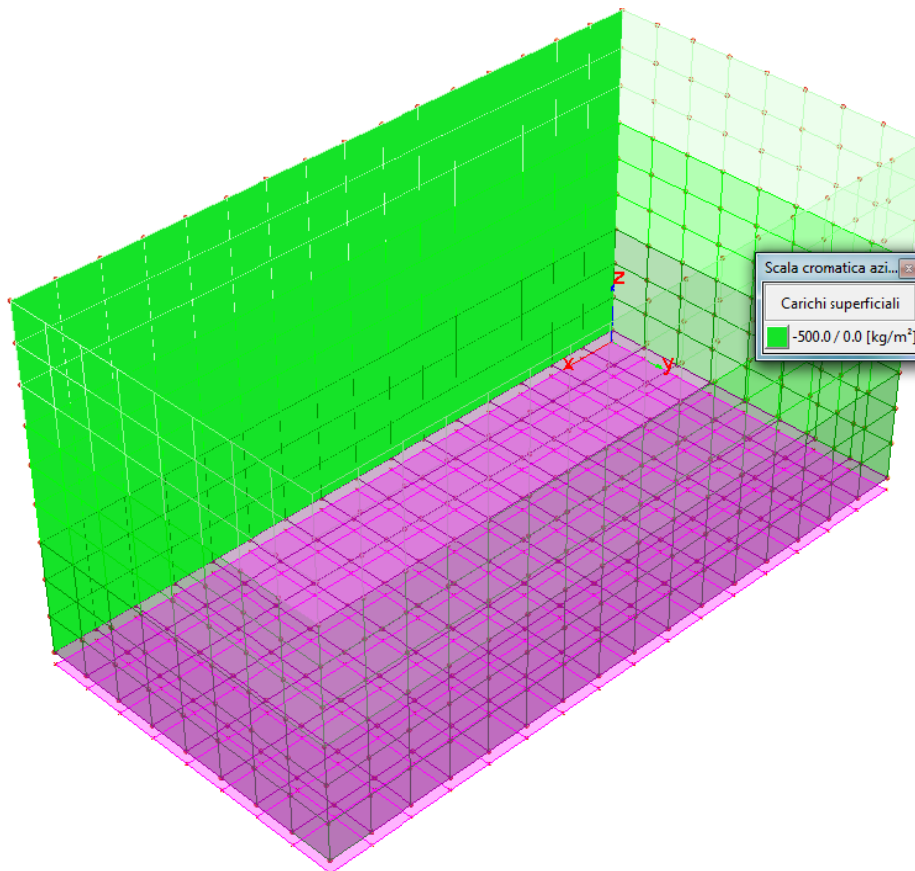


Figura 8: Sisma +y.



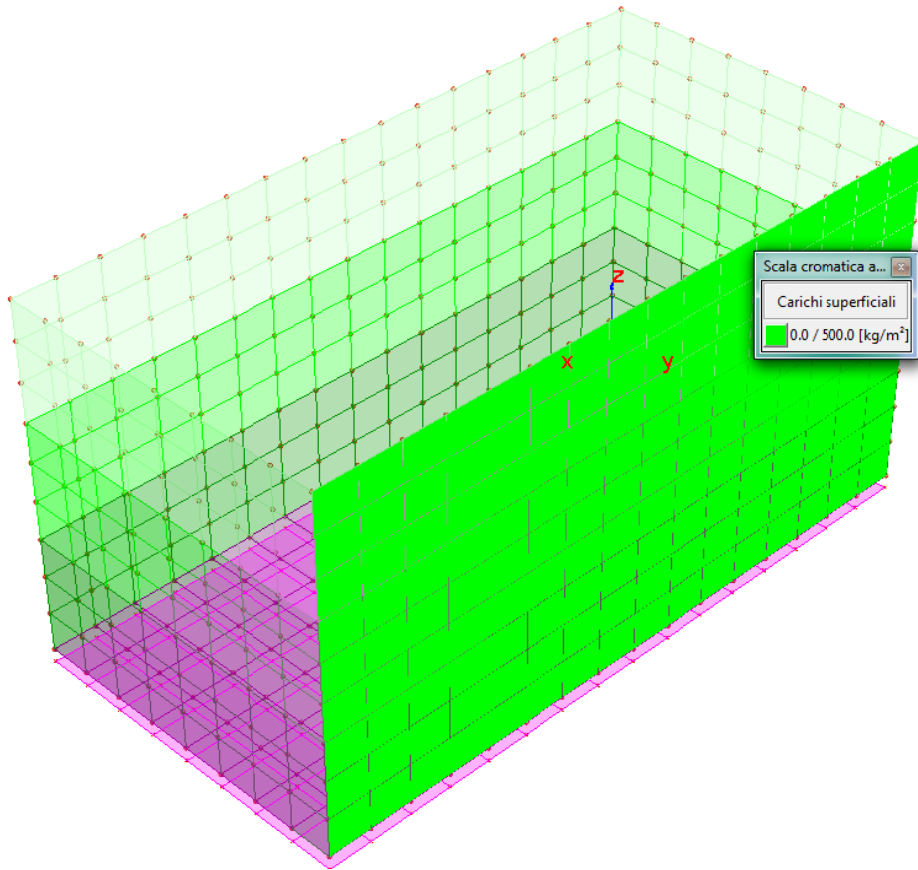


Figura 9: Sisma -y.

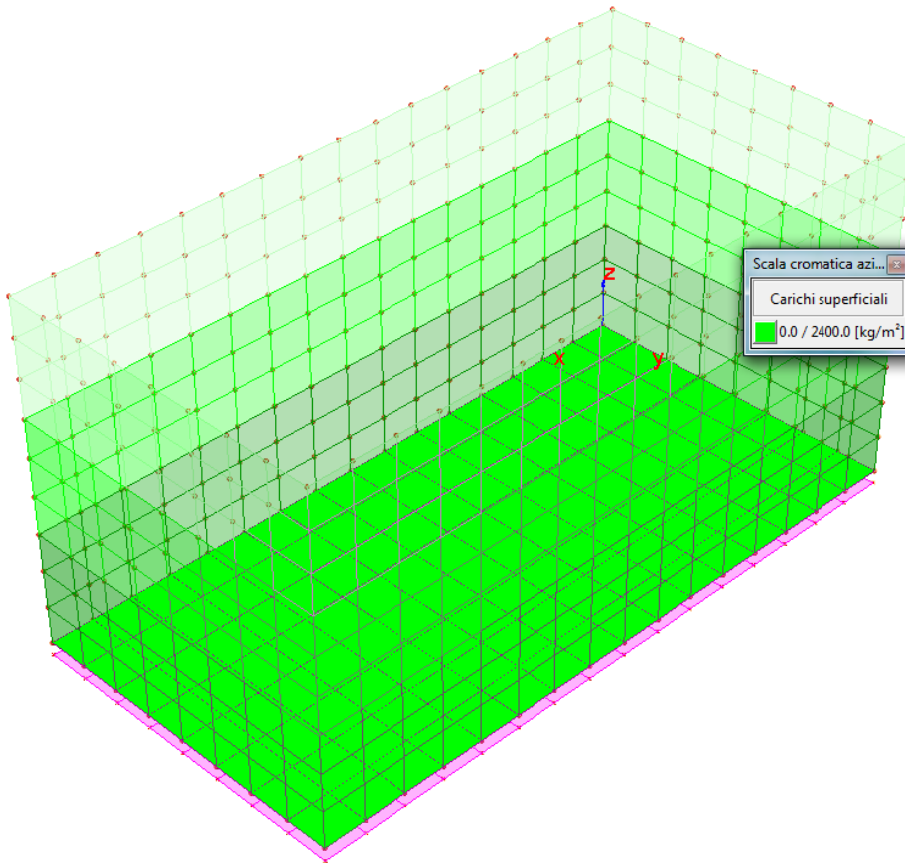


Figura 10: peso di Tutto Pieno.



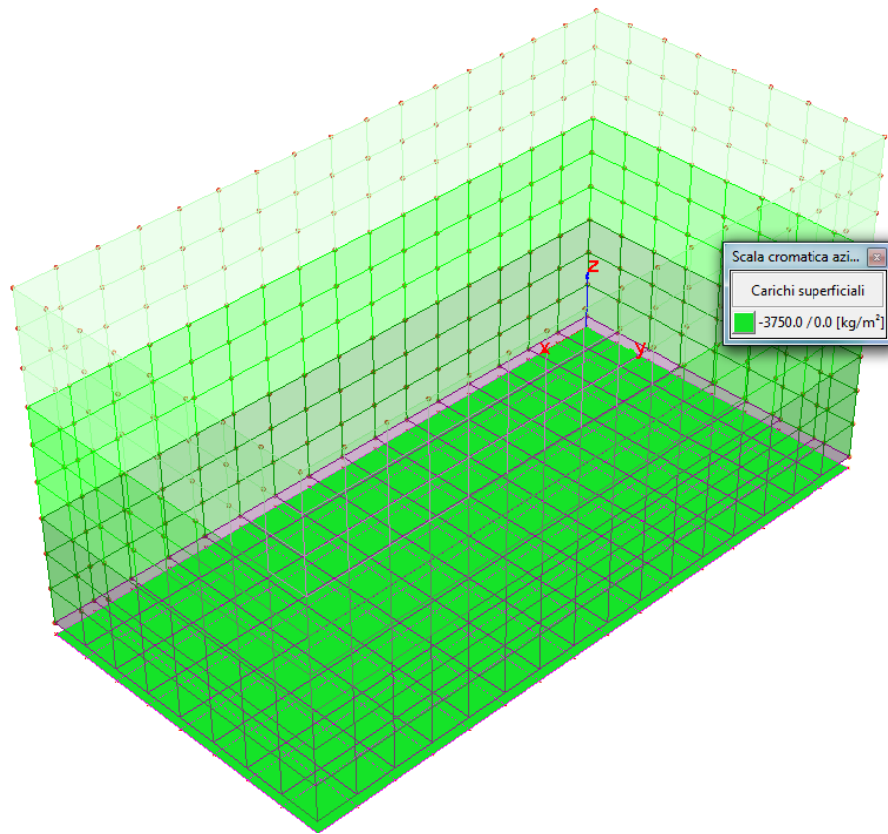


Figura 11: Sottospinta idraulica.

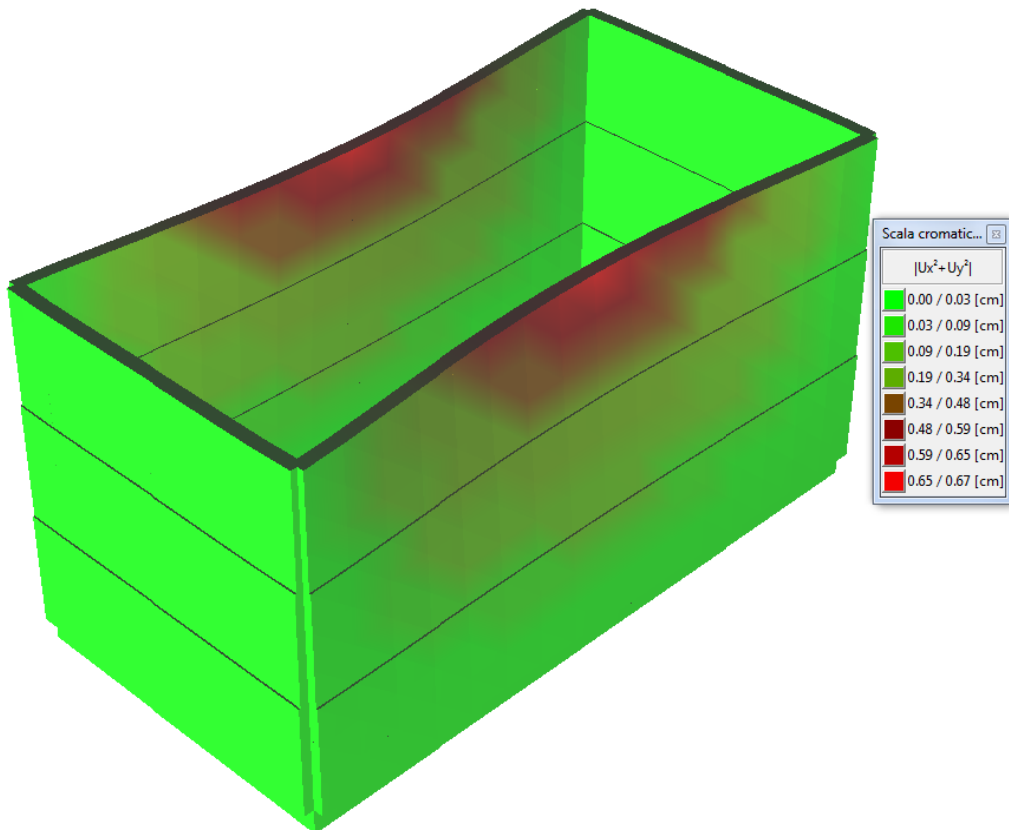


Figura 12: Configurazione deformata – SLE rara.

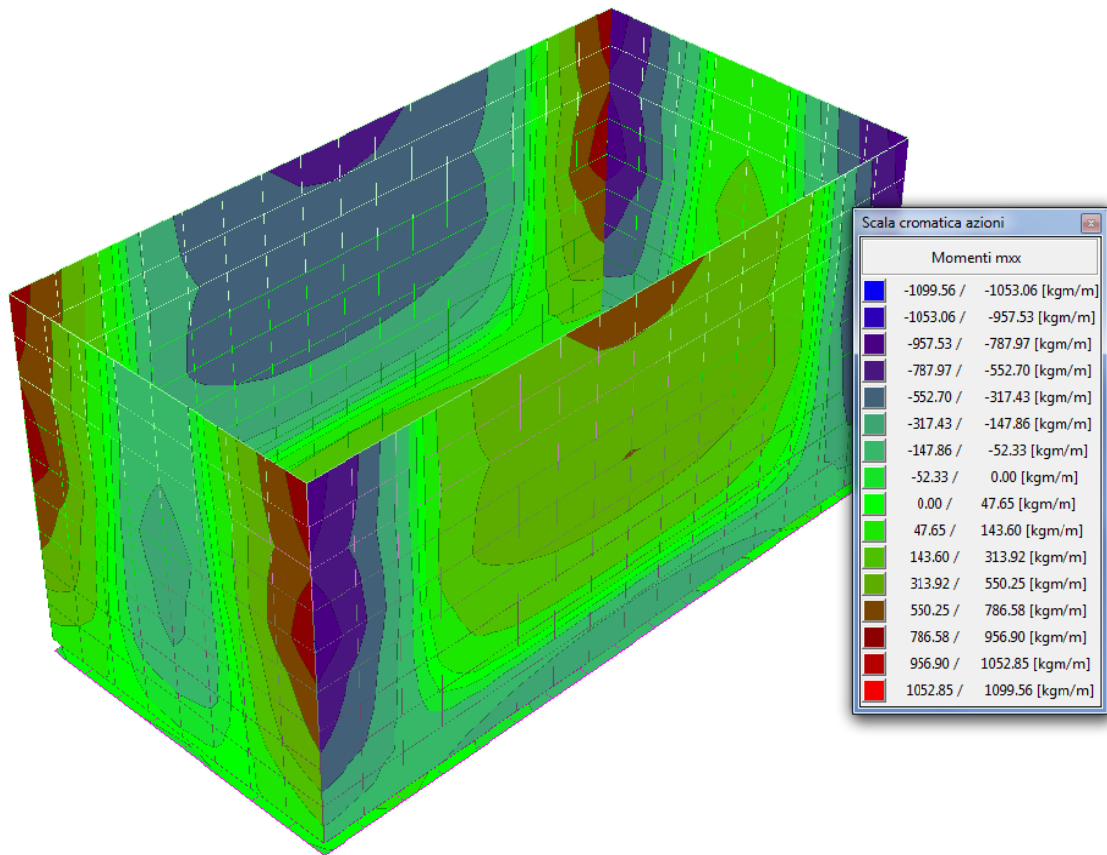


Figura 13 Massimi momenti Mxx sulle pareti della vasca in kgm/m per la combinazione SLU statica.

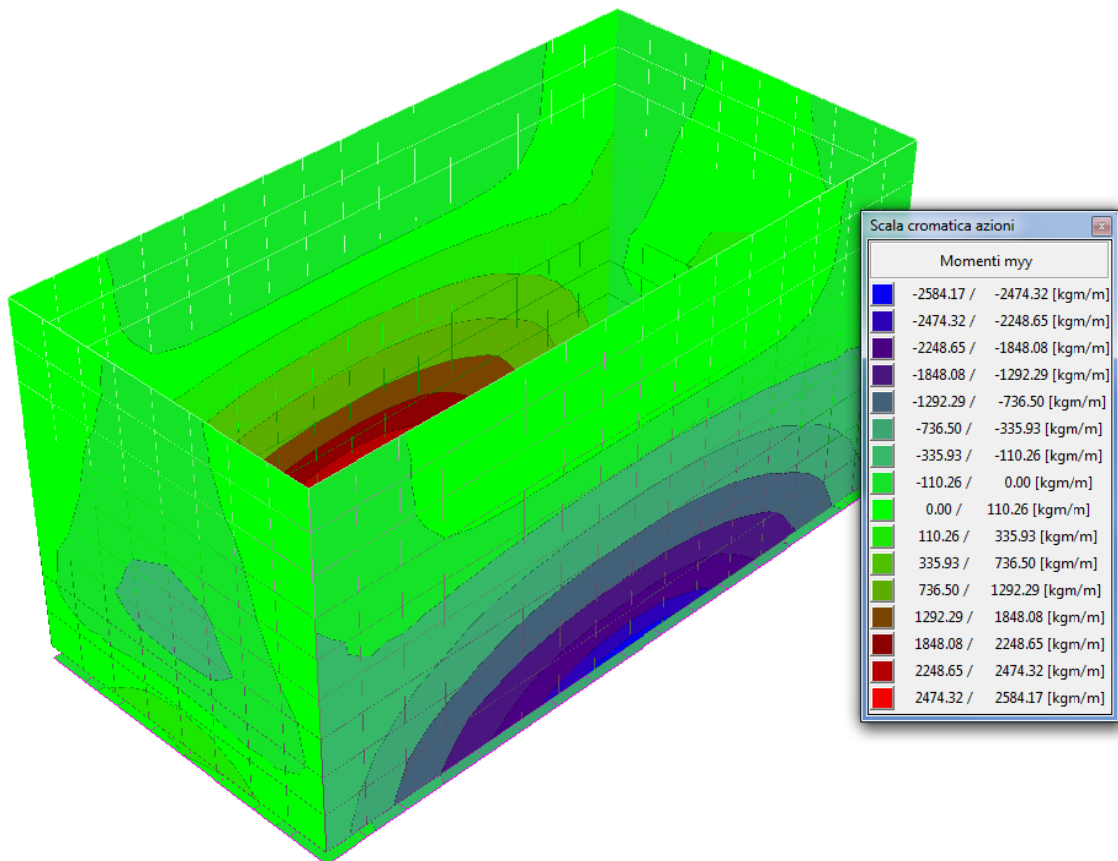


Figura 14: Massimi momenti Myy sulle pareti della vasca in kgm/m per la combinazione SLU statica.



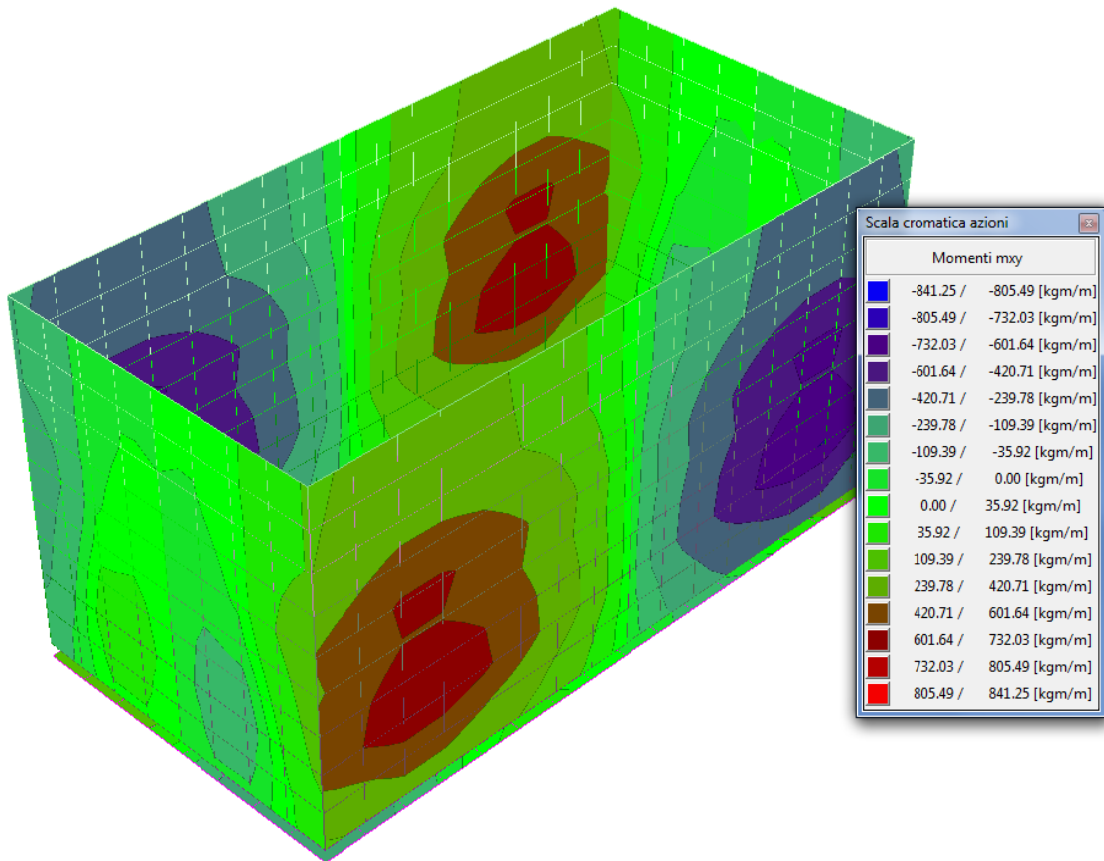


Figura 15: Massimi momenti Mxy sulle pareti della vasca in kgm/m per la combinazione SLU statica.

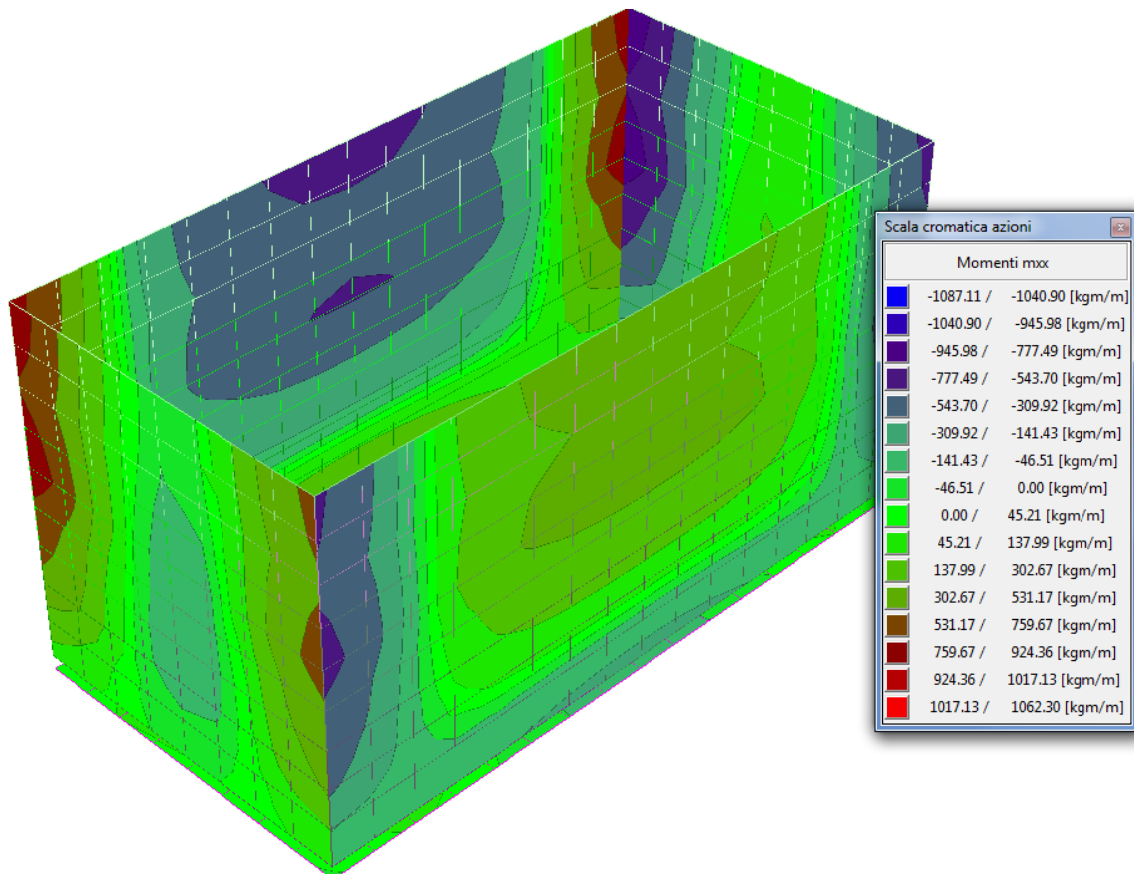


Figura 16: Massimi momenti Mxx sulle pareti della vasca in kgm/m per la combinazione SLV.

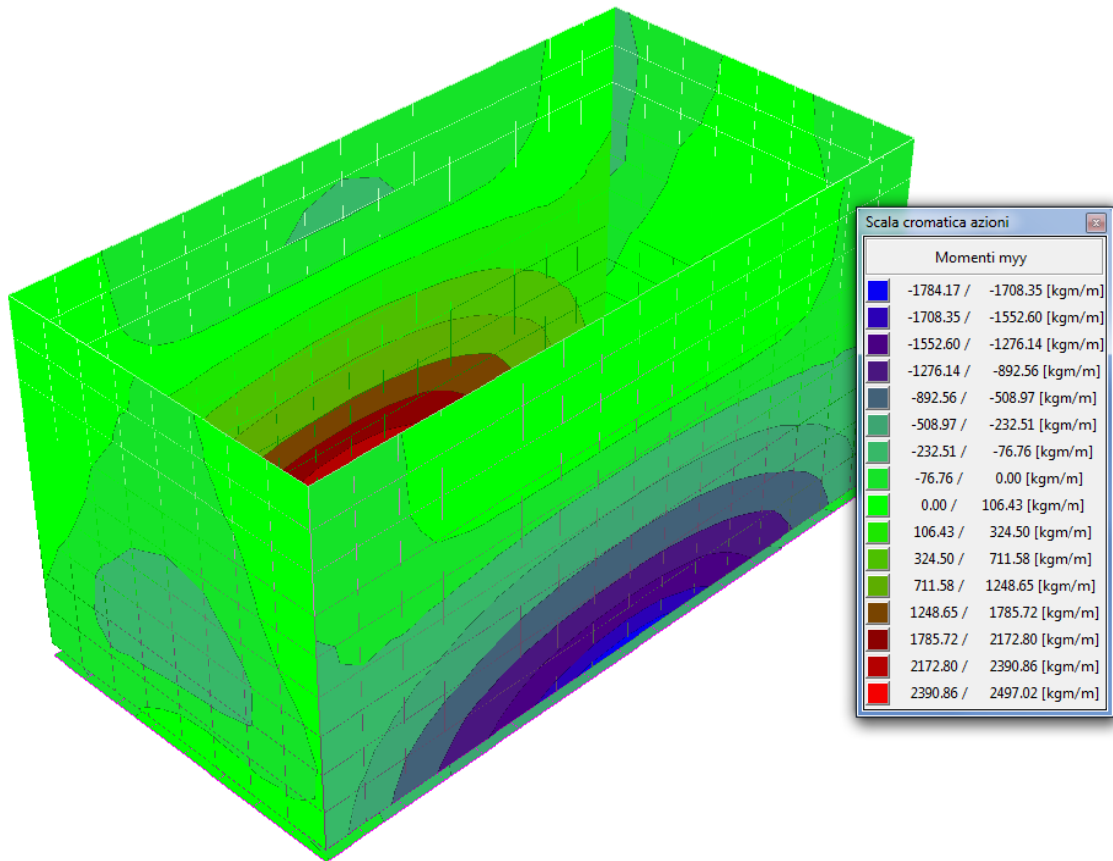


Figura 17: Massimi momenti Myy sulle pareti della vasca in kgm/m per la combinazione SLV.

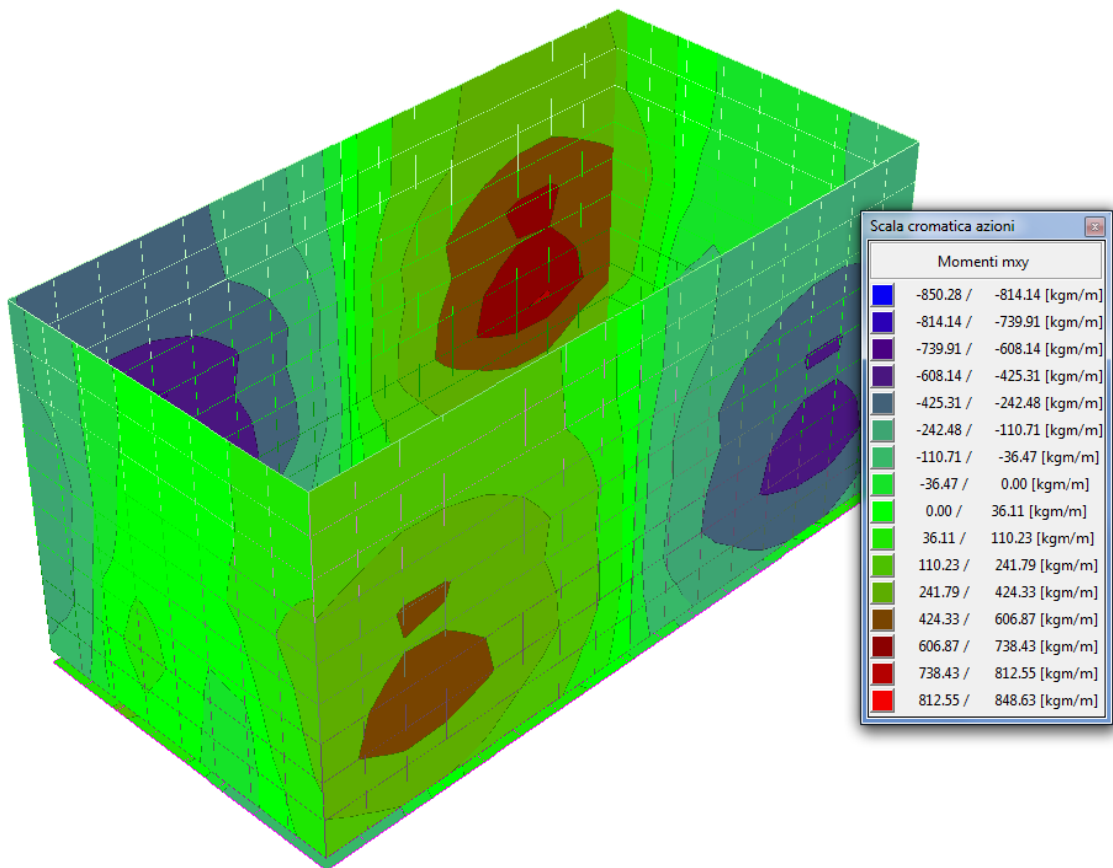


Figura 18: Massimi momenti Mxy sulle pareti della vasca in kgm/m per la combinazione SLV.



2.1.2. Modello LASTRA DI COPERTURA

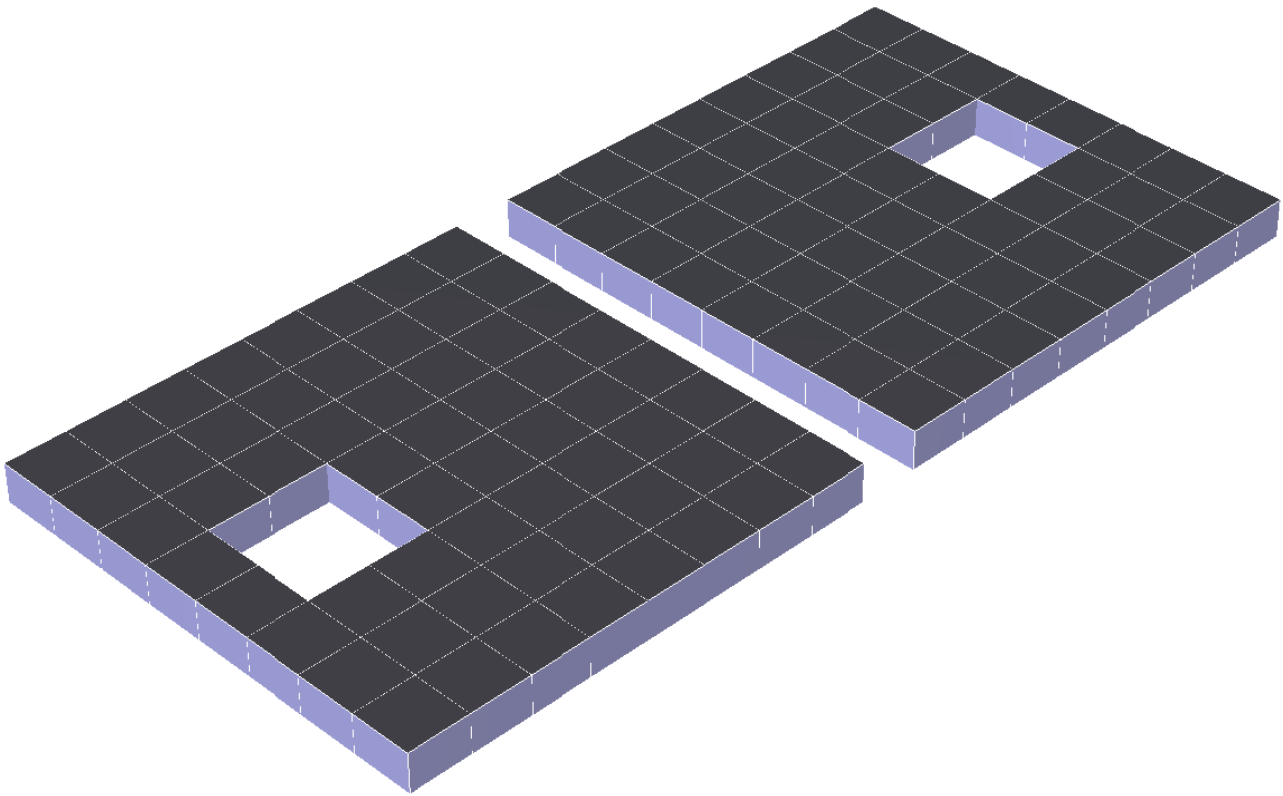


Figura 19: Vista del Modello di Calcolo (sezioni solide).

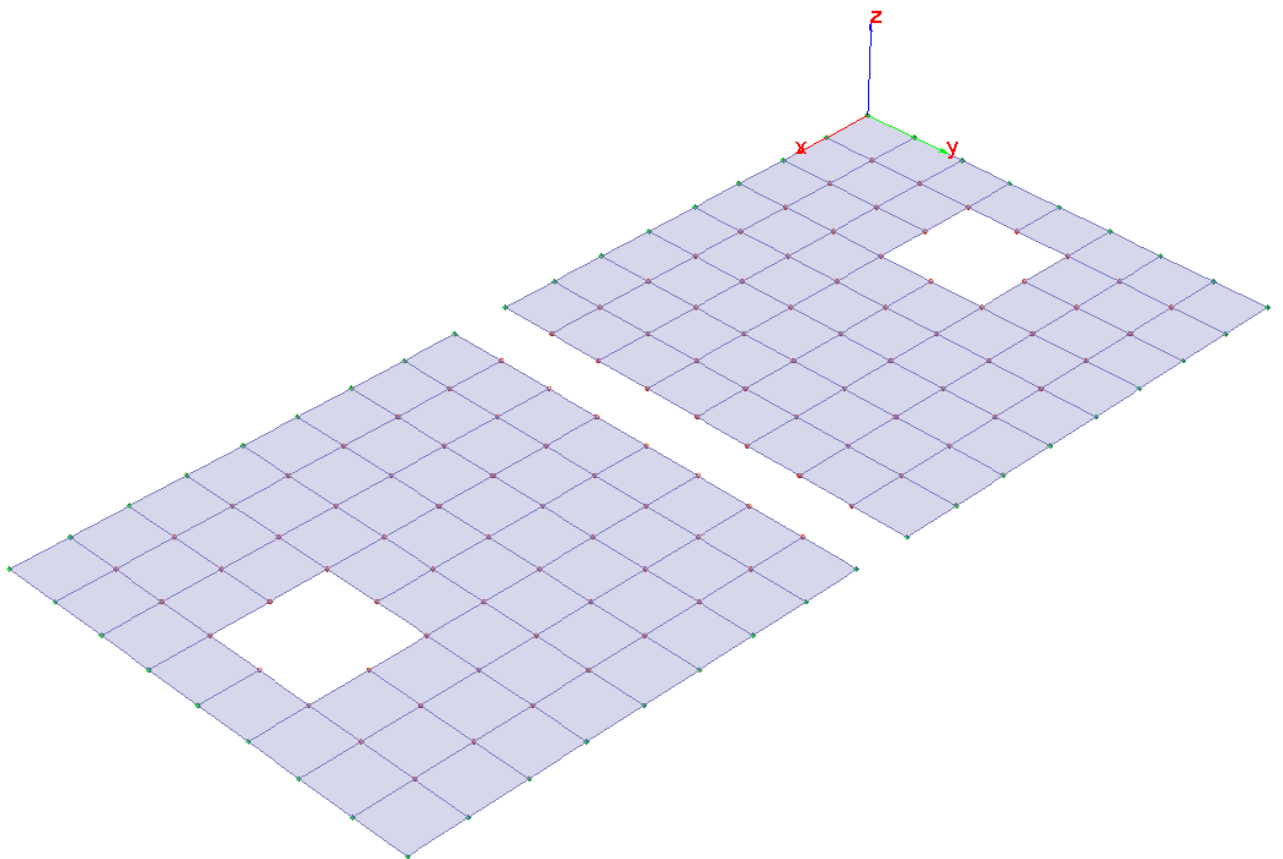


Figura 20: Nodi vincolati.



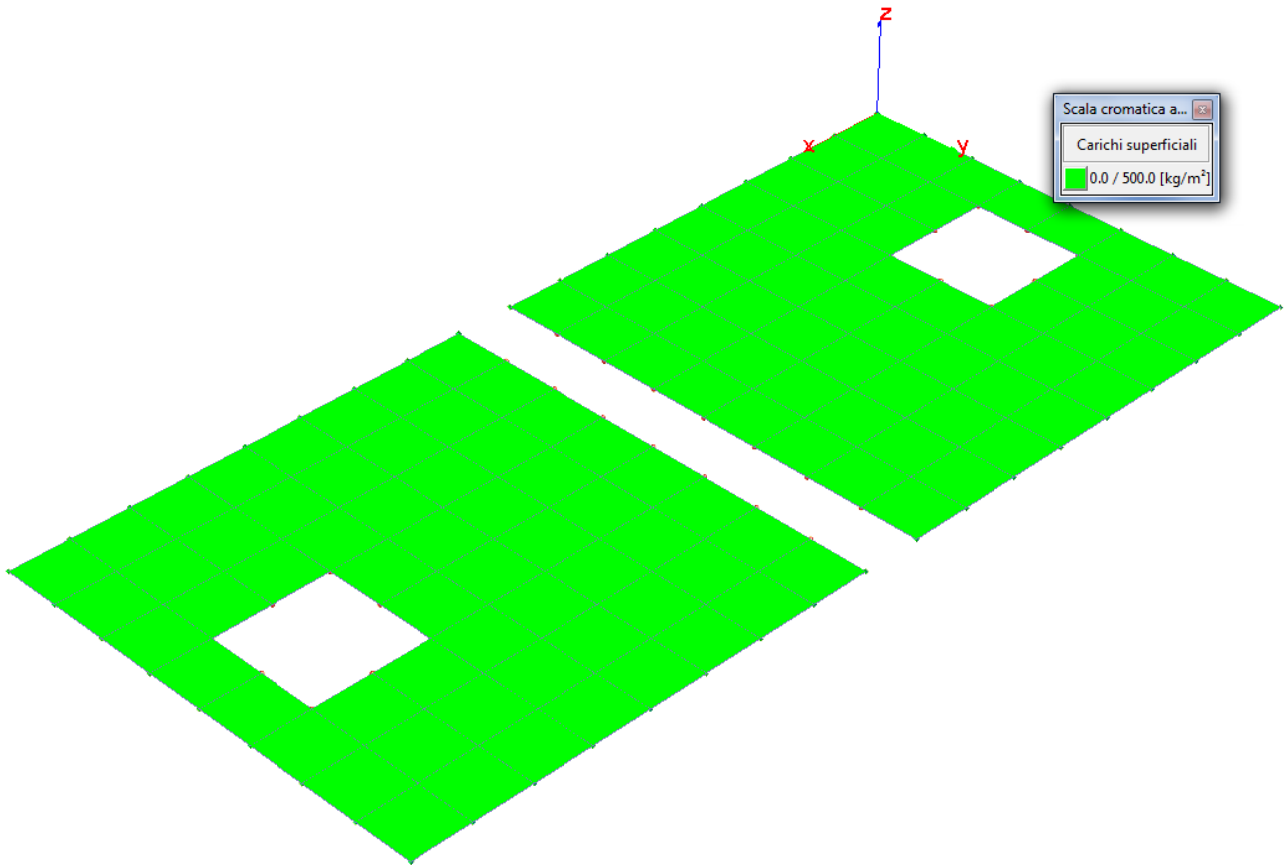


Figura 21: Peso Proprio.

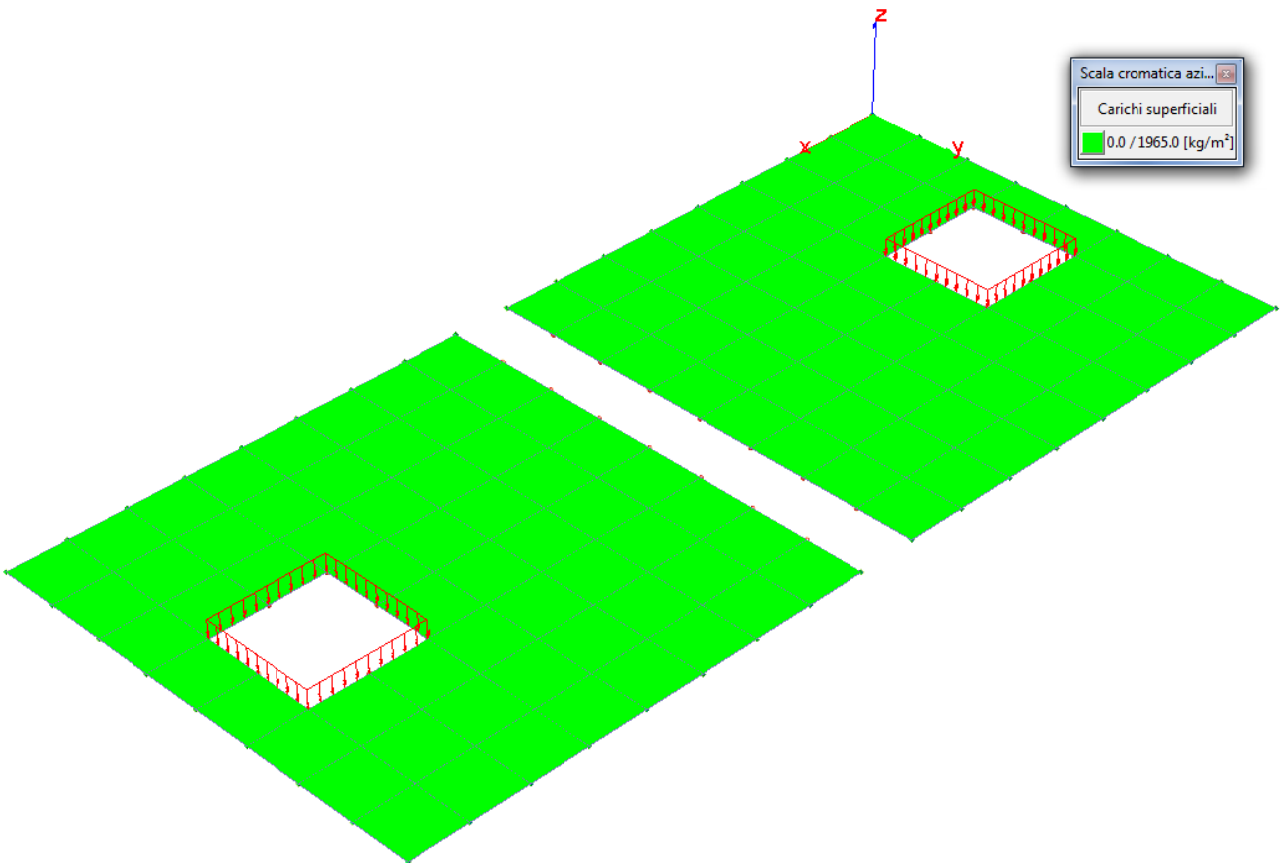


Figura 22: Carichi Permanenti.



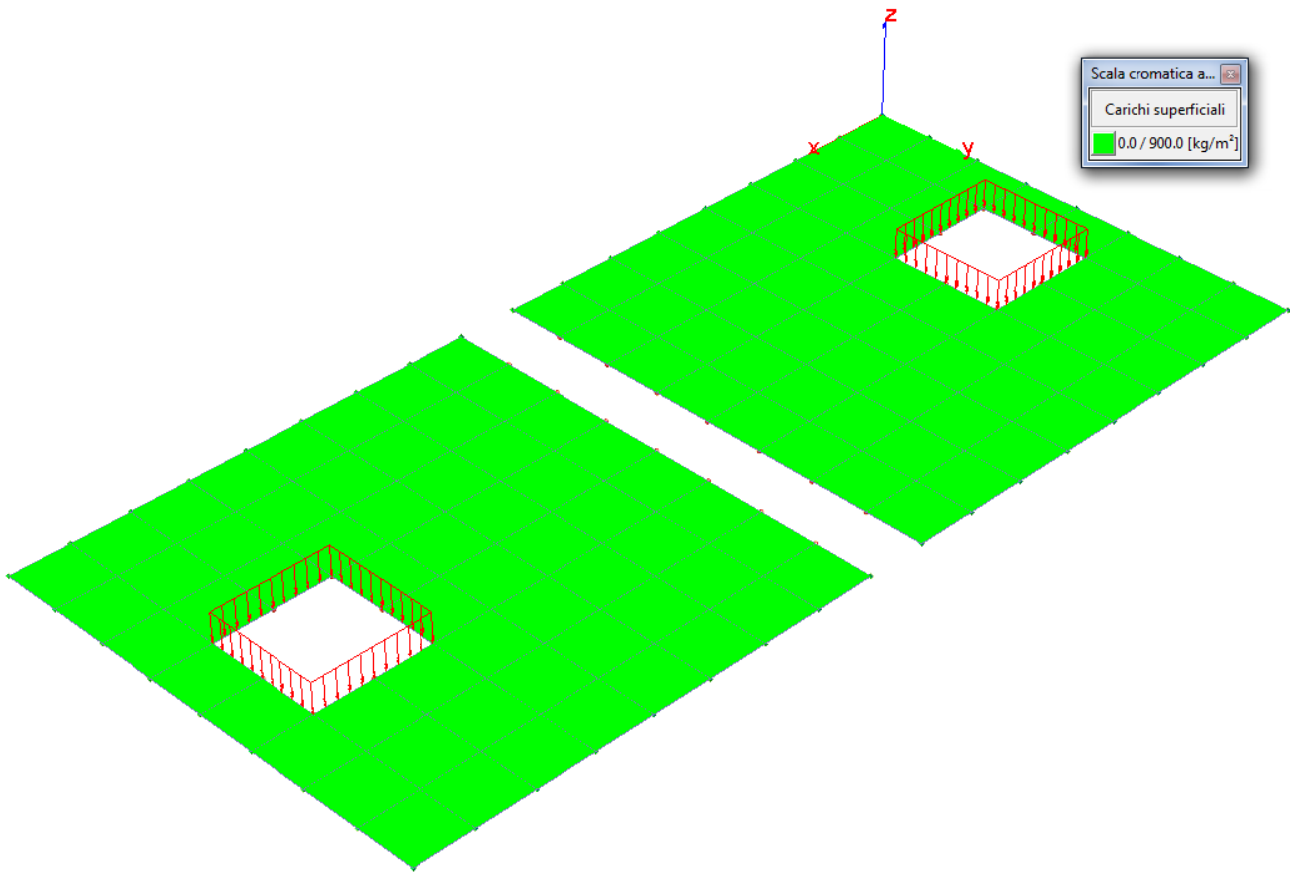


Figura 23: Carichi Accidentali (Traffico).

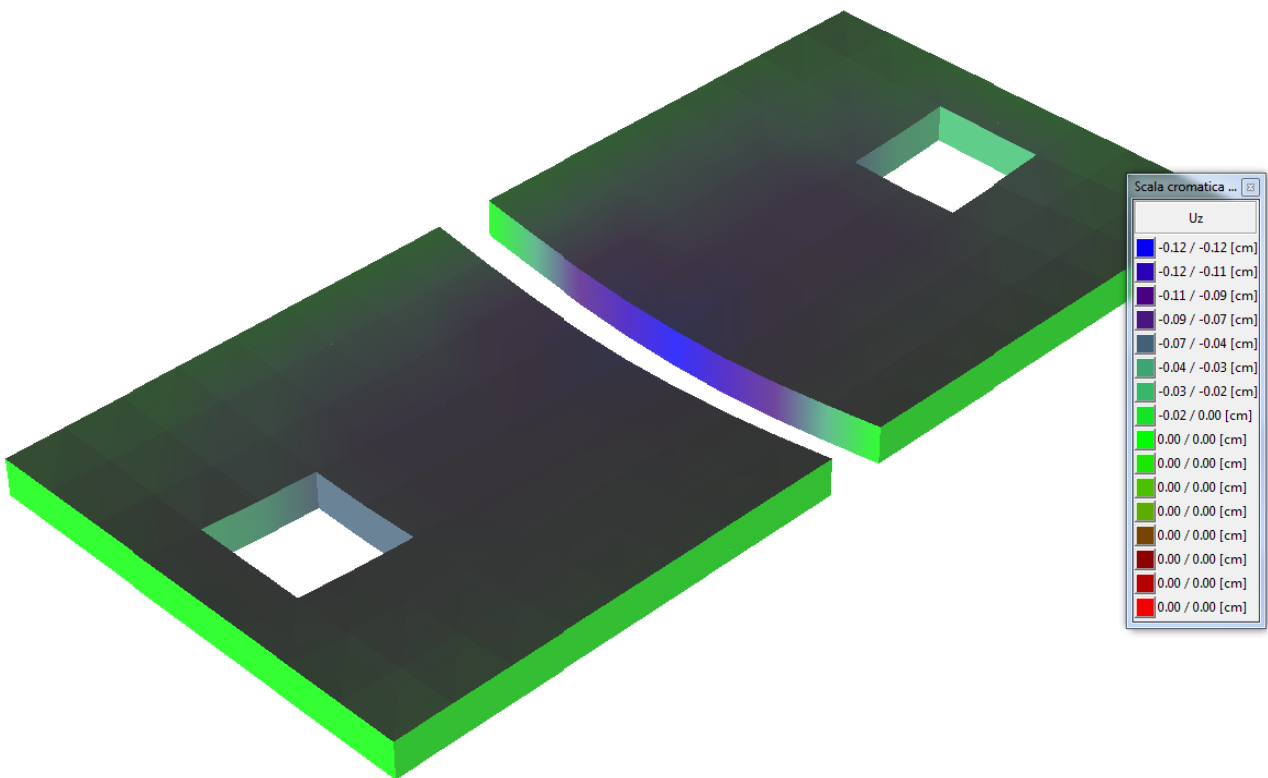


Figura 24: Configurazione deformata – SLE rara.



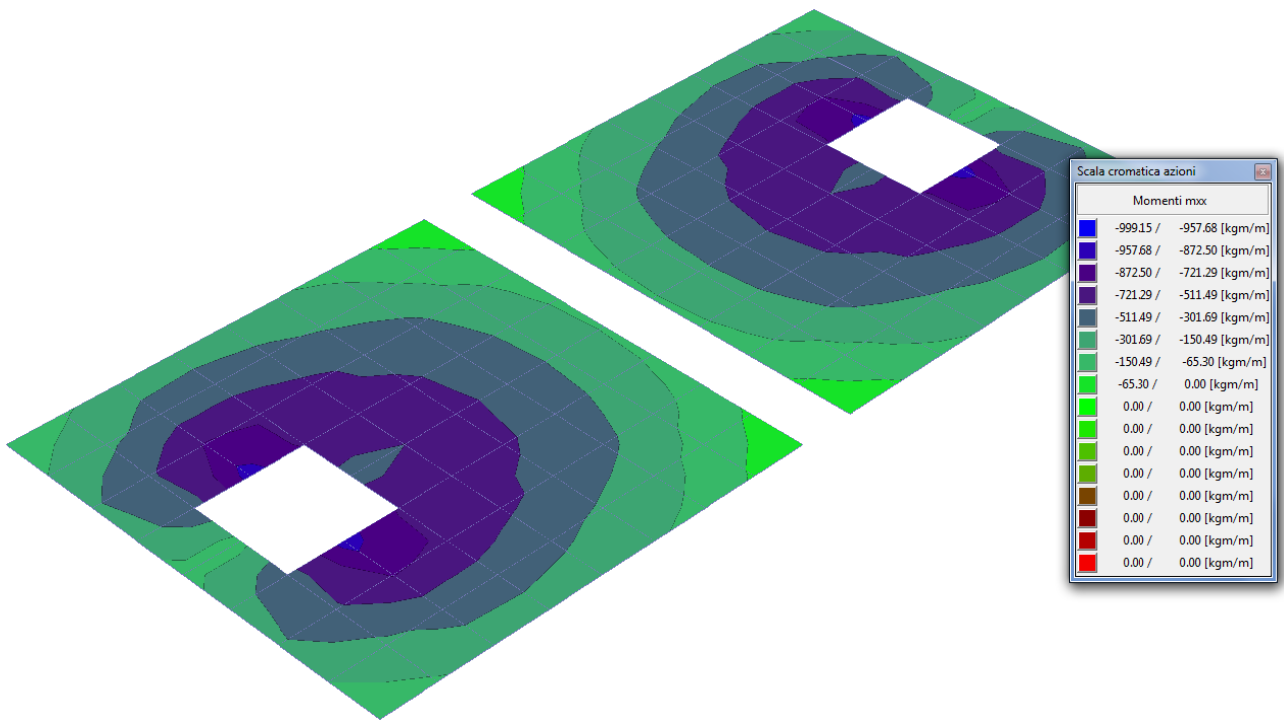


Figura 25: Massimi momenti Mxx sulla lastra di copertura in kgm/m per la combinazione SLU statica.

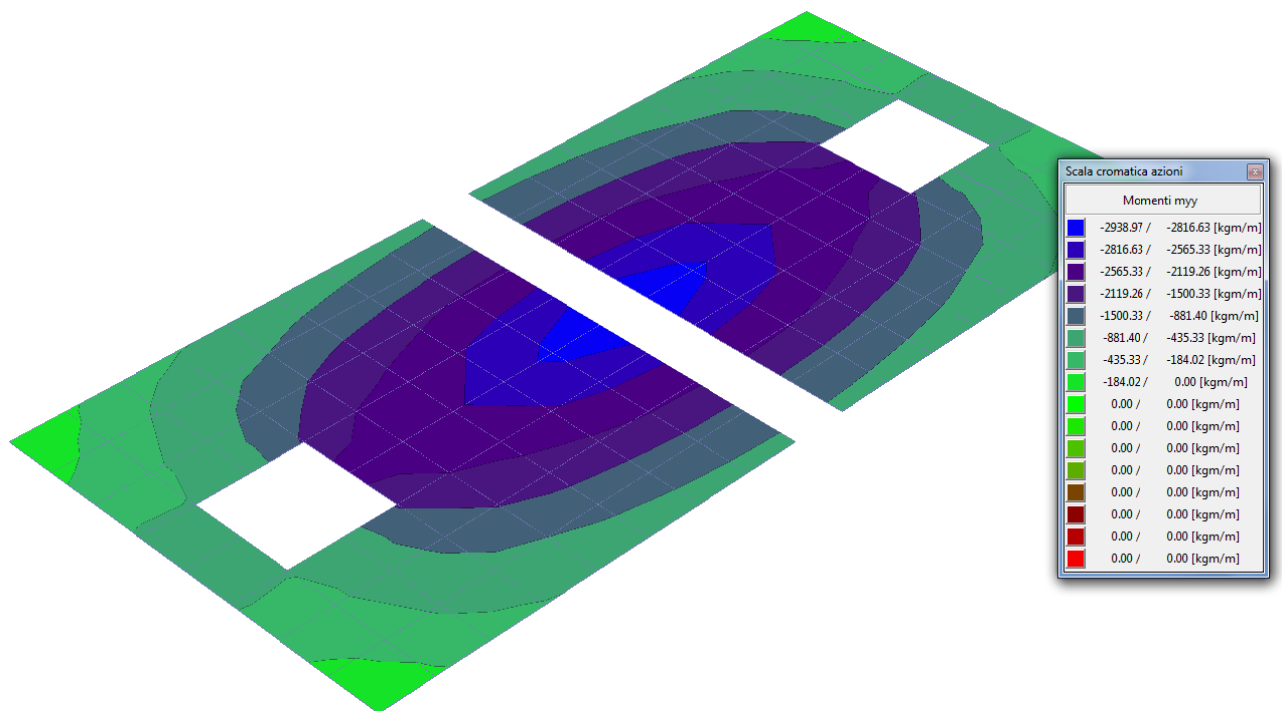


Figura 26: Massimi momenti Myy sulla lastra di copertura in kgm/m per la combinazione SLU statica.



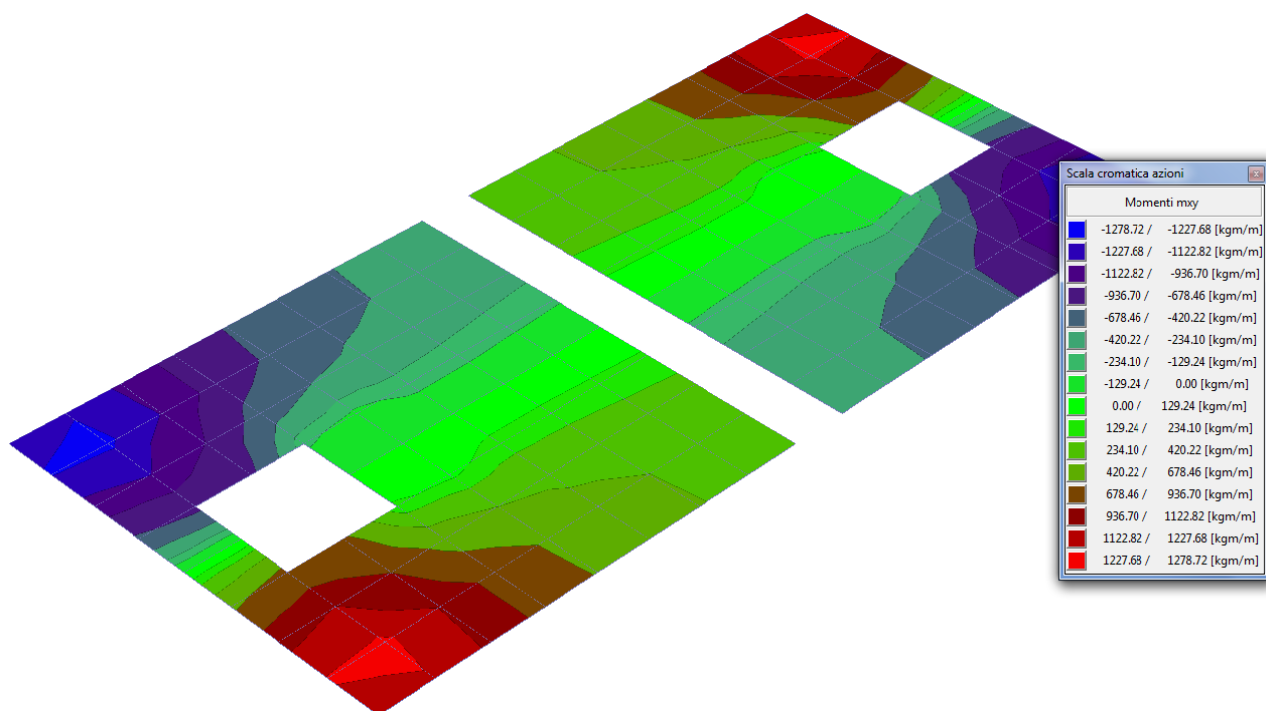


Figura 27: Massimi momenti Mxy sulla lastra di copertura in kgm/m per la combinazione SLU statica.

2.2. Verifiche di resistenza degli elementi strutturali

2.2.1. Pareti vasca in c.a.v.

Per le verifiche delle pareti della vasca in c.a.v. si rimanda all'allegato 1 – Tabulato di calcolo derivante da elaboratore.

2.2.2. Soletta di fondazione

Per le verifiche della soletta di fondazione in c.a.v. si rimanda all'allegato 1 – Tabulato di calcolo derivante da elaboratore.

2.2.3. Lastra di copertura

Per le verifiche della lastra di copertura in c.a.v. si rimanda all'allegato 1 – Tabulato di calcolo derivante da elaboratore.

2.2.4. Sottofondazione

Per le verifiche della sottosoletta in c.a. da realizzarsi in opera si rimanda all'allegato 1 – Tabulato di calcolo derivante da elaboratore.



3. RELAZIONE SUI MATERIALI

3.1. Caratteristiche dei materiali

3.1.1. Conglomerato cementizio per manufatti prefabbricati

Classe di esposizione: XC4 **Classe di consistenza: S4** **Dmax inerti: 12 mm**

Classe di resistenza: C32/40

Resistenza caratteristica a compressione del provino cubico: $R_{ck} = 400 \text{ daN} / \text{cm}^2$

Resistenza caratteristica a compressione cilindrica: $f_{ck} = 0,8 \cdot R_{ck} = 320 \text{ daN} / \text{cm}^2$

Resistenza di calcolo a compressione: $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 194,3 \text{ daN} / \text{cm}^2$

Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata: $\alpha_{cc} = 0,85$

Resistenza caratteristica a trazione: $f_{ctk} = 0,7 \cdot (0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}) = 21,16 \text{ daN} / \text{cm}^2$

Resistenza di calcolo a trazione: $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 15,11 \text{ daN} / \text{cm}^2$

Coefficiente parziale di sicurezza: $\gamma_c = 1,4$

Modulo elastico: $E = 333458 \text{ daN} / \text{cm}^2$

N.B.: Il coefficiente γ_c può essere ridotto da 1,5 a 1,4 in quanto il sistema di gestione della qualità che sovrintende il processo di fabbricazione è predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001:2000 (§4.1.2.1.1 D.M. 14/01/2008).

3.1.2. Acciaio in barre ad aderenza migliorata per c.a.

Acciaio B450C controllato in stabilimento

Resistenza caratteristica a rottura: $f_{tnom} \geq 5400 \text{ daN} / \text{cm}^2$

Resistenza caratteristica a snervamento: $f_{ynom} \geq 4500 \text{ daN} / \text{cm}^2$

Resistenza di calcolo a snervamento: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 3913 \text{ daN} / \text{cm}^2$

Coefficiente parziale di sicurezza: $\gamma_s = 1,15$

Allungamento: $A_{gt,k} = 7,5\%$

Modulo elastico: $E = 2100000 \text{ daN} / \text{cm}^2$

3.1.3. Acciaio in reti elettrosaldate per c.a.

Acciaio B450A controllato in stabilimento

Resistenza caratteristica a rottura: $f_{tnom} \geq 5400 \text{ daN} / \text{cm}^2$

Resistenza caratteristica a snervamento: $f_{ynom} \geq 4500 \text{ daN} / \text{cm}^2$

Resistenza di calcolo a snervamento: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 3913 \text{ daN} / \text{cm}^2$

Coefficiente parziale di sicurezza: $\gamma_s = 1,15$

Allungamento: $A_{gt,k} = 2,5\%$

Modulo elastico: $E = 2100000 \text{ daN} / \text{cm}^2$



3.2. Descrizione dei materiali

3.2.1. Conglomerato cementizio per manufatti prefabbricati

Inerti

Gli inerti naturali o di frantumazione devono essere costituiti da elementi resistenti al gelo e non friabili, non dovranno gonfiarsi sotto l'effetto dell'acqua, dovranno essere privi di sostanze organiche, limose, argillose, e di gessi ecc. in proporzioni nocive all'indurimento del cls o alla conservazione delle armature, non dovranno inoltre produrre reazioni nocive con il cemento e i suoi prodotti di idratazione.

Le dimensioni degli inerti saranno tali da commisurarsi con la geometria della carpenteria ed all'ingombro delle armature.

Acqua

L'acqua d'impasto sarà limpida, priva di sali minerali in percentuali dannose, ne' sarà aggressiva: si userà possibilmente acqua potabile controllando che il PH sia compreso tra 4,5 e 7,5. Grande importanza sarà data al rapporto acqua/cemento contenuto nel valore di 0,6 compresa l'umidità degli inerti.

Cemento

I leganti idraulici saranno del tipo "Portland 425" e dosati a 3.00 q.li/mc. per le strutture prefabbricate. Verranno accettati solo se provvisti del marchio che ne garantisce la qualità secondo le vigenti leggi. Se in sacchi saranno stivati in luoghi resi asciutti e protetti dall'umidità (per un periodo di tempo non più lungo di 30-40 giorni).

Impasti

La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto, devono essere adeguati alla particolare destinazione del getto, ed al procedimento di posa in opera del conglomerato.

Il quantitativo d'acqua deve essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti.

Partendo dagli elementi già fissati il rapporto acqua/cemento, e quindi il dosaggio del cemento, dovrà essere scelto in relazione alla resistenza richiesta per il conglomerato.

Si consiglia di utilizzare un rapporto acqua/cemento pari a 0.5 per mc di impasto onde rispettare i suddetti requisiti.

L'impasto deve essere fatto con mezzi idonei ed il dosaggio dei componenti eseguito con modalità atte a garantire la costanza del proporzionamento previsto in sede di progetto. Nel caso si utilizzi una betoniera a bicchiere, si deve porre una certa attenzione al tempo di miscelamento onde ottenere una miscela fluida, nel rispetto delle prescrizioni, e con buona consistenza.

Nel caso in cui tali vengano preparati e trasportati da appositi impianti di confezionamento, si devono escludere pericoli di segregazione dei componenti o di prematuro inizio della presa al momento del getto.

Getto

Il getto deve essere convenientemente compattato, la superficie deve essere mantenuta umida per almeno 3 giorni, non deve essere posto in opera a temperature minori di 0° C, salvo ricorso di opportune aggiunte di additivi.

3.2.2. Acciaio in barre ad aderenza migliorata per c.a.

L'acciaio sarà di tipo B450C ad aderenza migliorata rispondente alle caratteristiche previste dal D.M. 14 gennaio 2008: esso sarà accettato dal D.L. solo se munito di certificato di origine della ferriera. Le barre non dovranno presentare eccessive corrosioni, ossidazioni e difetti superficiali, né dovranno essere ricoperte di sostanze (grassi, oli, terra e fango) che possano ridurre l'aderenza del conglomerato e pertanto i fasci dei vari diametri verranno scaricati in un luogo reso asciutto da un letto di magro o di ghiaia lavata.

3.2.3. Acciaio in reti elettrosaldate per c.a.

L'acciaio sarà di tipo B450A ad aderenza migliorata rispondente alle caratteristiche previste dal D.M. 14 gennaio 2008: esso sarà accettato dal D.L. solo se munito di certificato di origine della ferriera. Le barre non dovranno presentare eccessive corrosioni, ossidazioni e difetti superficiali, né dovranno essere ricoperte di sostanze (grassi, oli, terra e fango) che possano ridurre l'aderenza del conglomerato e pertanto i fasci dei vari diametri verranno scaricati in un luogo reso asciutto da un letto di magro o di ghiaia lavata.

4. PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA

Il piano di manutenzione delle strutture è il documento complementare al progetto strutturale che ne prevede, pianifica e programma tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi dell'intera opera l'attività di manutenzione, al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità l'efficienza ed il valore economico.

I manuali d'uso e di manutenzione rappresentano gli strumenti con cui l'utente si rapporta con l'immobile: direttamente utilizzandolo evitando comportamenti anomali che possano danneggiarne o comprometterne la durabilità e le caratteristiche; attraverso i manutentori che utilizzeranno così metodologie più confacenti ad una gestione che coniughi economicità e durabilità del bene.

A tal fine, i manuali definiscono le procedure di raccolta e di registrazione dell'informazione nonché le azioni necessarie per impostare il piano di manutenzione e per organizzare in modo efficiente, sia sul piano tecnico che su quello economico, il servizio di manutenzione.

Il manuale d'uso mette a punto una metodica di ispezione dei manufatti che individua sulla base dei requisiti fissati dal progettista in fase di redazione del progetto, la serie di guasti che possono influenzare la durabilità del bene e per i quali, un intervento manutentivo potrebbe rappresentare allungamento della vita utile e mantenimento del valore patrimoniale. Il manuale di manutenzione invece rappresenta lo strumento con cui l'esperto si rapporta con il bene in fase di gestione di un contratto di manutenzione programmata.

Il programma infine è lo strumento con cui, chi ha il compito di gestire il bene, riesce a programmare le attività in riferimento alla previsione del complesso di interventi inerenti la manutenzione di cui si presumono la frequenza, gli indici di costo orientativi e le strategie di attuazione nel medio e nel lungo periodo.

Il piano di manutenzione è organizzato nei tre strumenti individuati dall'art. 40 del regolamento LLPP ovvero:

- a) il manuale d'uso;
- b) il manuale di manutenzione;
- c) il programma di manutenzione;
 - c1) il sottoprogramma delle prestazioni, che prende in considerazione, per classe di requisito, le prestazioni fornite dal bene e dalle sue parti nel corso del suo ciclo di vita;
 - c2) il sottoprogramma dei controlli, che definisce il programma delle verifiche e dei controlli al fine di rilevare il livello prestazionale (qualitativo e quantitativo) nei successivi momenti della vita del bene, individuando la dinamica della caduta delle prestazioni aventi come estremi il valore di collaudo e quello minimo di norma;
 - c3) il sottoprogramma degli interventi di manutenzione, che riporta in ordine temporale i differenti interventi di manutenzione, al fine di fornire le informazioni per una corretta conservazione del bene.

Tali strumenti devono consentire di raggiungere, in accordo con quanto previsti dalla norma " UNI 10874 Criteri di stesura dei manuali d'uso e di manutenzione" almeno i seguenti obiettivi, raggruppati in base alla loro natura:

1) Obiettivi tecnico - funzionali:

- istituire un sistema di raccolta delle "informazioni di base" e di aggiornamento con le "informazioni di ritorno" a seguito degli interventi, che consenta, attraverso l'implementazione e il costante aggiornamento del "sistema informativo", di conoscere e mantenere correttamente l'immobile e le sue parti;
- consentire l'individuazione delle strategie di manutenzione più adeguate in relazione alle caratteristiche del bene immobile ed alla più generale politica di gestione del patrimonio immobiliare;
- istruire gli operatori tecnici sugli interventi di ispezione e manutenzione da eseguire, favorendo la corretta ed efficiente esecuzione degli interventi;
- istruire gli utenti sul corretto uso dell'immobile e delle sue parti, su eventuali interventi di piccola manutenzione che possono eseguire direttamente; sulla corretta interpretazione degli indicatori di uno stato di guasto o di malfunzionamento e sulle procedure per la sua segnalazione alle competenti strutture di manutenzione;
- definire le istruzioni e le procedure per controllare la qualità del servizio di manutenzione.

2) Obiettivi economici:

- ottimizzare l'utilizzo del bene immobile e prolungarne il ciclo di vita con l'effettuazione d'interventi manutentivi mirati;
- conseguire il risparmio di gestione sia con il contenimento dei consumi energetici o di altra natura, sia con la riduzione dei guasti e del tempo di non utilizzazione del bene immobile;
- consentire la pianificazione e l'organizzazione più efficiente ed economica del servizio di manutenzione.

Il presente "Piano di manutenzione riguardante le strutture" previsto dalle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008 e dalla relativa Circolare Esplicativa 2 febbraio 2009, 617) è redatto seguendo le indicazioni contenute sull'articolo 40 del D.P.R. 554/99.

Al termine dei lavori e del relativo certificato di collaudo o di regolare esecuzione, le opere verranno consegnate al committente. Sono pertanto a carico della committenza le attività di ispezione, gestione e manutenzione delle opere realizzate, rimanendo altresì a carico dell'impresa esecutrice la garanzia per le difformità e i vizi dell'opera.

4.1. Interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria dell'opera

Opere	Modalità	Interventi di manutenzione	Periodicità
Opere in cemento armato	<p>Ispezionare i manufatti e controllare:</p> <ul style="list-style-type: none"> - eventuali fenomeni di deterioramento e di degrado dei materiali; - eventuali fenomeni di dissesto delle strutture dovuti a cedimenti differenziali; - presenza di un quadro fessurativo che esuli dalle normali fessure dovute al ritiro del calcestruzzo in fase di maturazione; - presenza di distacchi di parte superficiale delle opere in calcestruzzo che comportino l'esposizione all'ambiente aggressivo dei ferri di armatura; - presenza di fenomeni di risalita dell'umidità; - presenza di avvallamenti della superficie di calpestio; - presenza di eccesso di vibrazioni o emissioni sonore delle strutture sotto carico. <p>L'esito di ogni ispezione deve formare oggetto di uno specifico rapporto da conservare insieme alla relativa documentazione tecnica. A conclusione di ogni ispezione, inoltre, il tecnico incaricato deve, se necessario, indicare gli eventuali interventi a carattere manutentorio da eseguire ed esprimere un giudizio riassuntivo sullo stato d'opera.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - riparazioni localizzate superficiali delle parti strutturali, da effettuare anche con materiali speciali; - ripristino di parti strutturali in calcestruzzo armato da eseguire anche con materiali speciali; - protezione dei calcestruzzi da azione disgreganti (gelo, sali solventi, ambiente aggressivo, ecc.) con eventuale applicazione di film protettivi; - protezione delle armature da azioni disgreganti (gelo, ambiente aggressivo, ecc.); - consultare tecnico abilitato in caso di quadro fessurativo in rapida evoluzione o interventi che vadano a variare dimensioni strutturali o carichi applicati. 	Cadenza annuale



5. RELAZIONE SULLE FONDAZIONI

5.1. Caratteristiche del terreno di fondazione

Per le caratteristiche geo-meccaniche del terreno di fondazione si è considerato un terreno caratterizzato da parametri standard:

$$\begin{aligned}\phi' &= 25^\circ; \\ c' &= 0,05 \text{ kg/cm}^2; \\ c_u &= 1 \text{ kg/cm}^2; \\ \gamma' &= 2000 \text{ kg/m}^3.\end{aligned}$$

Ai fini della valutazione dell'azione sismica di progetto, sulla base delle indagini effettuate, si attribuisce il suolo di fondazione alla **categoria B** definita come segue:

“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30m caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)”.

5.2. Verifiche di portanza del terreno di fondazione (SLU-GEO)

La verifica di portanza del terreno di fondazione (SLU-GEO) è stata condotta nella situazione di massimo volume di acqua invasato dal pozzetto, seguendo l'Approccio 2.

Si riportano le massime pressioni sul terreno di fondazione:



Figura 28: Massime pressioni sul terreno di fondazione.

Come si osserva in Figura 28, le pressioni sul terreno di fondazione presentano un valore massimo di $1,0 \text{ kg/cm}^2$. Viste le caratteristiche del terreno presente in sito, la verifica di portanza del terreno di fondazione si ritiene automaticamente soddisfatta e non si approfondisce ulteriormente tale aspetto progettuale.

5.3. Verifica dei cedimenti del terreno di fondazione (SLE)

Si riportano di seguito i cedimenti per la combinazione per lo SLE rara, ottenuti con il metodo elastico, al fine di determinare i cedimenti differenziali per i manufatti costituenti l'impianto complessivo:

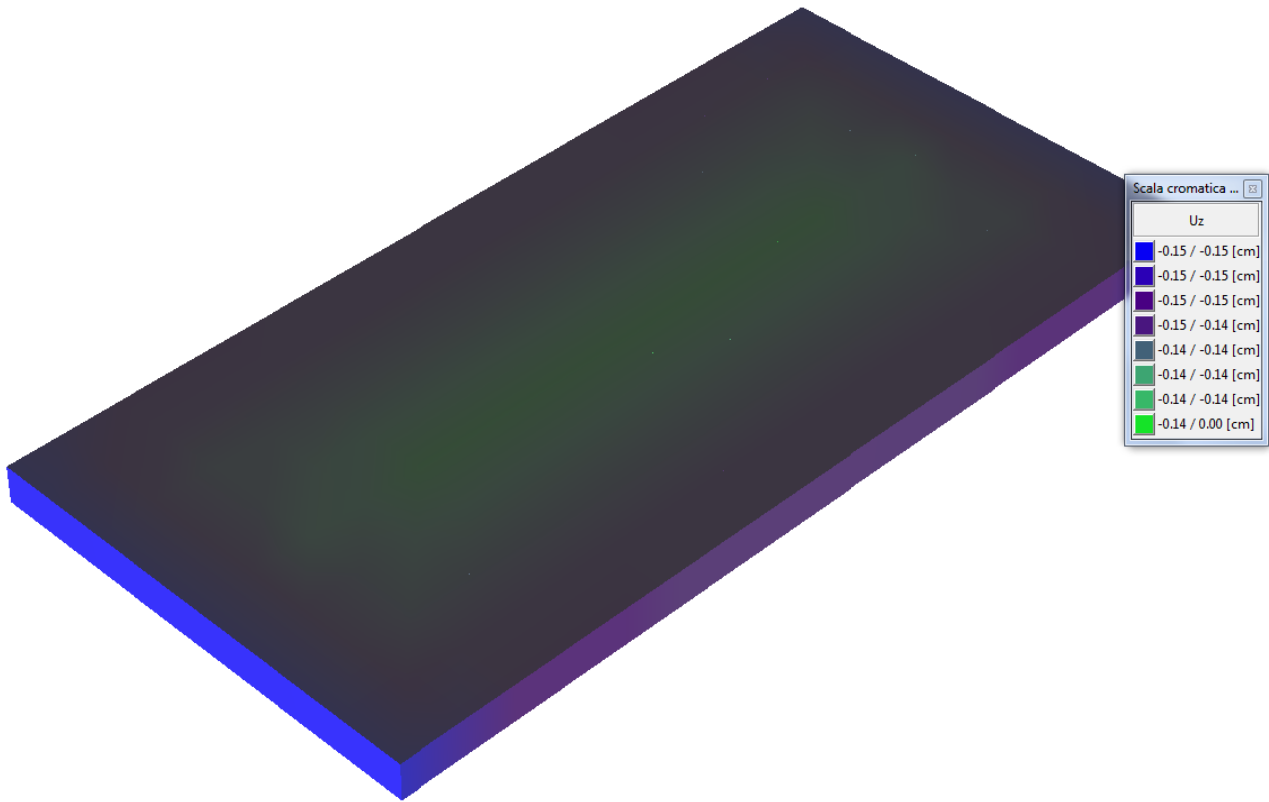


Figura 29: Cedimenti del terreno per la combinazione SLE-RARA.

Per le combinazioni allo SLE si riscontrano cedimenti differenziali massimi sotto l'imposta di fondazione pari a **0,15 cm**, cedimenti compatibili con la tipologia strutturale e con i requisiti prestazionali richiesti. La verifica si considera quindi soddisfatta.

5.4. Verifica al sollevamento (SLU-UPL)

Secondo quanto prescritto al punto 6.2.3. del D.M. 14 gennaio 2008, si esegue la verifica nei confronti della perdita di equilibrio della struttura o del terreno, dovuta alla sottospinta dell'acqua presente nel terreno.

Per la stabilità al sollevamento deve risultare che il valore di progetto dell'azione instabilizzante $V_{inst,d}$, combinazione di azioni permanenti ($G_{inst,d}$) e variabili ($Q_{inst,d}$), sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti ($G_{stb,d}$) e delle resistenze (R_d):

$$V_{inst,d} \leq G_{stb,d} + R_d$$

dove $V_{inst,d} = G_{inst,d} + Q_{inst,d}$



Per le verifiche di stabilità al sollevamento, i relativi coefficienti parziali sulle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.III. Tali coefficienti devono essere combinati in modo opportuno con quelli relativi ai parametri geotecnici (M2).

Si eseguono le verifiche con l'ausilio di un foglio di calcolo:

Caratteristiche Pozzetto

b	2,5m
B	5m
H	2,55m
H cop	20cm
H fond	15cm
S sup	10cm
S inf	15cm
S medio	12,5cm

Caratteristiche di Posa

h falda	0,5m
h ricoprimento	1m
h prolunga	0m

Carichi stabilizzanti

Peso Proprio Pozzetto	15562,50kg
Peso Proprio Prolunga	0,00kg
Peso Proprio Copertura	6250kg
Peso Proprio Manufatto	21812,50kg
Terreno di Ricoprimento	25000kg
Azioni Stabilizzanti	46812,50kg
Valore di progetto	42131,25kg

Sottospinta Idraulica

Sottospinta	2750kg/m ²
Azioni Instabilizzanti	34375kg
Valore di progetto	37812,5kg

Verifica al sollevamento

Fattore di sicurezza	1,11SI
----------------------	--------

La verifica al galleggiamento risulta soddisfatta. Non si ritiene pertanto necessario prevedere opportuni presidi antigalleggiamento.

ALLEGATO 1: TABULATO DEL CODICE DI CALCOLO

Sommario

1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	39
2	VALIDAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO.....	39
3	Elementi a 4 nodi	45
4	Condizioni e combinazioni di carico	46
4.1	Modello ELEMENTO VASCA.....	46
4.2	Modello LASTRE DI COPERTURA.....	47
5	Verifiche lastre/piastre	48
5.1	Modello ELEMENTO VASCA.....	52
5.2	Modello LASTRA DI COPERTURA	68
6	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI.....	71



- En.Ex.Sys. WinStrand

1.1.1.1.1 - Structural Analysis & Design

Ditta produttrice:

En.Ex.Sys. s.r.l. - Via Tizzano 46/2 - Casalecchio di Reno (Bologna)

Sigla:

WinStrand

Piattaforma software:

Microsoft Windows XP Home, Microsoft Windows XP Home Professional

Documentazione in uso:

Manuale teorico - Manuale d'uso

Campo di applicazione:

Analisi statica e dinamica di strutture in campo elastico lineare.

1.1.1.1.2 - Elementi finiti implementati

- Truss.
- Beam (Modellazione di Travi e Pilastrini).
- Travi su suolo elastico alla Winckler.
- Plinti su suolo elastico alla Winckler.
- Elementi Shear Wall per la modellazione di pareti di taglio.
- Elementi shell (lastra/piastra) equivalenti.
- Elementi Isoparametrici a 8 Nodi Shell (lastra/piastra).

1.1.1.1.3 - Schemi di Carico

- Carichi nodali concentrati.
- Carichi applicati direttamente agli elementi.
- Carichi Superficiali.

1.1.1.1.4 - Tipo di Risoluzione

- Analisi statica e/o dinamica in campo lineare con il metodo dell'equilibrio.
- Fattorizzazione LDL^T.
- Analisi Statica:
 - - modellazione generale 6 gradi di libertà per nodo.
 - ipotesi di solai infinitamente rigidi nel proprio piano (3 gradi di libertà per nodo + 3 per impalcato).
- Analisi dinamica. (Nel caso di analisi modale gli autovettori ed autovalori possono essere calcolati mediante **subspace iteration** oppure tramite il **metodo dei vettori di Ritz**):
 - - Via statica equivalente.
 - Modale con il metodo dello spettro di risposta.

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa italiana cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- Legge n. 1086 del 5 Novembre 1971. "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica".
- Legge n. 64 del 2 Febbraio 1974. "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- D.M. del 3 Marzo 1975. "Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- D.M. del 3 Marzo 1975. "Disposizioni concernenti l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- D.M. del 3 Ottobre 1978. "Criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- D.M. del 14 Febbraio 1992. "Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in C.A. normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- Istruzioni per la valutazione delle: Azioni sulle Costruzioni. (C.N.R. 10012/85)
- D.M. del 9 Gennaio 1996. "Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- D.M. del 16 Gennaio 1996. "Norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi»".
- D.M. del 16 Gennaio 1996. "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche"
- Ordinanza n. 3274 del 20 Marzo 2003. "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"
- Ordinanza n. 3316. "Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003"
- D.M. del 14 Gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"

2 VALIDAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO

Si esegue una prova di validazione del codice di calcolo, come richiesto al punto 10.2 del D.M. 14/01/2008, mediante i confronti di massima di seguito riportati.

- Esempio 1: Telaio piano

Fonte: Timoshenko, Strength of Material, Part I, Elementary Theory and Problems, pag. 188

Tipi di analisi: statica lineare

Descrizione schema statico: Portale incastrato alla base dei ritti e caricato nella mezzera del traverso con un carico concentrato P. Lo schema è staticamente indeterminato.

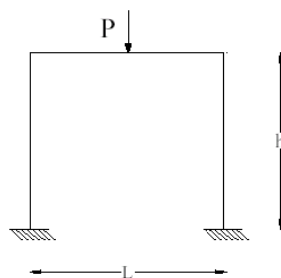


Figura 1: Schema statico.

Obiettivo: determinare le reazioni verticali alla base dei ritti. Si trascura il peso delle aste.

Dati:

$E = 2068428$ [Kg/cm²]

$L = 3.04$ [m]

$h = 2.54$ [m]

$A_{rit} = 25.80$ [cm²]

$A_{trav} = 51.61$ [cm²]

$P = 0.45$ [t]

Modello: I due nodi alla base del portale vengono vincolati in modo da lasciare libera solo la rotazione Z. I nodi rimanenti sono completamente liberi. Il carico P viene applicato al nodo inserito in mezzera del traverso.

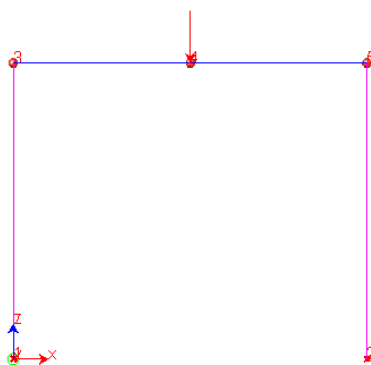


Figura 2: Modello.

Analisi dei risultati:

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
R1 = R2 [t]	0.225	0.225	1.000

- Esempio 2: Frequenze naturali di vibrazione di una trave appoggiata

Fonte: Ray, W. Clough, Joseph Penzien - Dynamics of Structures; Mc Graw-Hill Book Company, cap. 18

Tipi di analisi: dinamica modale

Descrizione schema statico: trave a sezione costante isostaticamente vincolata con due appoggi semplici soggetta al solo peso proprio.

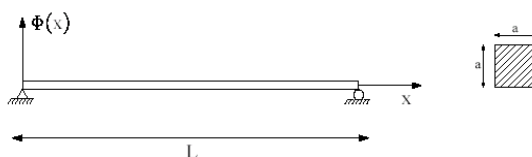


Figura 3: Schema statico.



Obiettivo: determinare i primi tre modi di vibrare.

Dati:

$E = 2100000$ [Kg/cm²]

$a = 30$ [cm]

$L = 10$ [m]

$Pp = 706.5$ [Kg/m]

Modello: La trave reale viene modellata con 20 elementi finiti di uguale lunghezza. I nodi di estremità vengono vincolati in modo da lasciare libera solo la rotazione Y. Per tutti i nodi restanti si lascia libera la rotazione Y e le traslazioni nel piano XZ.

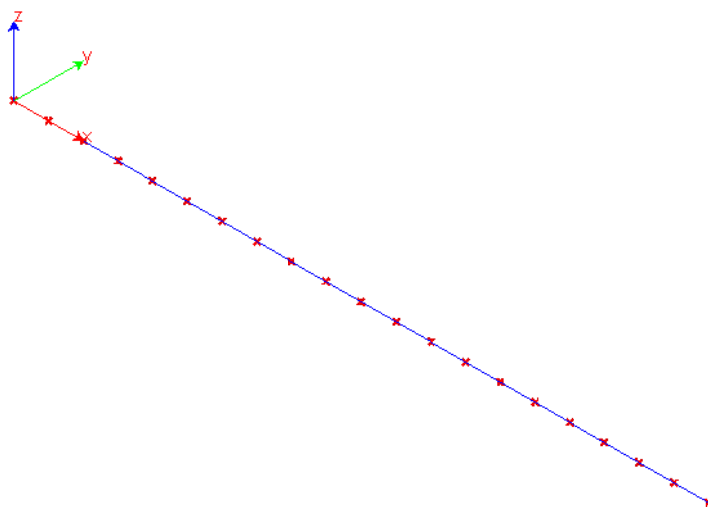


Figura 4: Modello.

Analisi dei risultati:

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
ω_1 [rad/s]	43.79	43.74	0.999
ω_2 [rad/s]	175.16	174.34	0.995
ω_3 [rad/s]	394.11	389.96	0.990

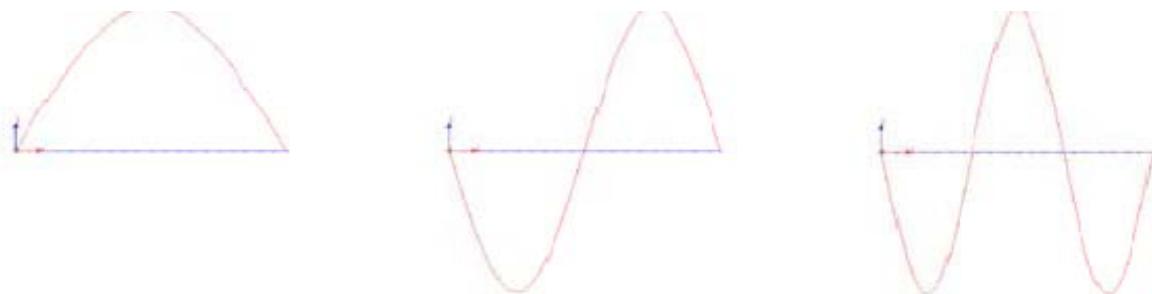


Figura 5: Prime tre forme modali.



- Esempio 3: Piastra circolare appoggiata

Fonte: Cremonesi - **Manuale Ingegneria Civile**, ESAC, SEZ. II, pag. 114

Tipi di analisi: statica lineare

Descrizione schema statico: Piastra circolare sottile di raggio a e spessore t soggetta a diverse condizioni di vincolo sul contorno e di carico.

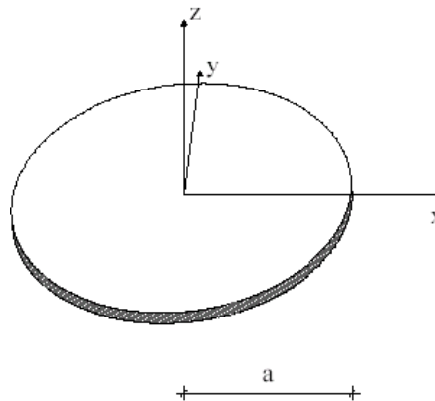


Figura 6: Schema statico.

Obiettivo: determinare l'abbassamento w del centro della piastra, trascurando il peso della piastra, nei seguenti casi:

- carico uniformemente distribuito q_0 su tutta la piastra e contorno incastrato;
- carico concentrato P applicato nel centro della piastra e contorno incastrato;
- carico uniformemente distribuito q_0 su tutta la piastra e contorno appoggiato.

Dati:

E = 2100000 [Kg/cm²]

n = 0.3

a = 1.50 [m]

t = 3 [cm]

q₀ = 10 [t/m²]

P = 2 [t]

Modello: La piastra viene modellata nei tre casi sempre nello stesso modo e cioè con una mesh di elementi piani a 4 nodi. Nella direzione radiale sono presenti 8 intervalli mentre lungo il perimetro sono presenti 20 intervalli per un totale di 150 elementi finiti.

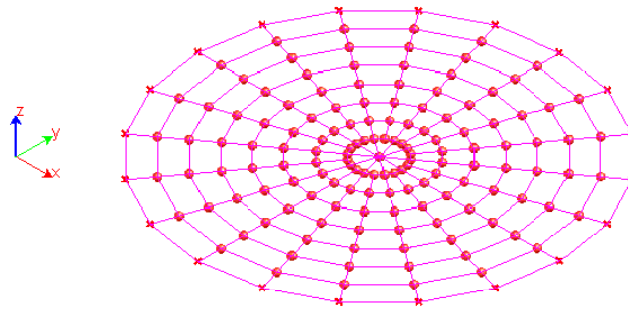


Figura 7: Modello.

Caso A - carico uniformemente distribuito q_0 su tutta la piastra e contorno incastrato

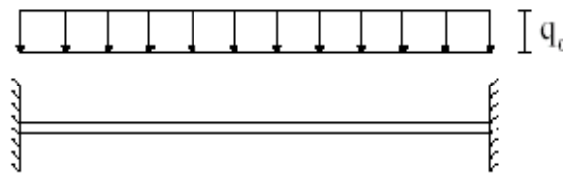


Figura 8: Schema del caso A.

Analisi dei risultati:

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
w [mm]	15.20	15.25	1003

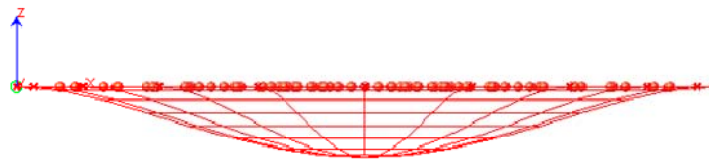


Figura 9: Deformata del caso A.

Caso B - carico concentrato P applicato nel centro della piastra e contorno incastrato

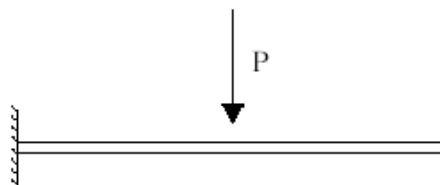


Figura 10: Schema del caso B.



Analisi dei risultati:

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
w [mm]	1.725	1.722	0.998



Figura 11: Deformata del caso B.

Caso C - carico uniformemente distribuito q_0 su tutta la piastra e contorno appoggiato

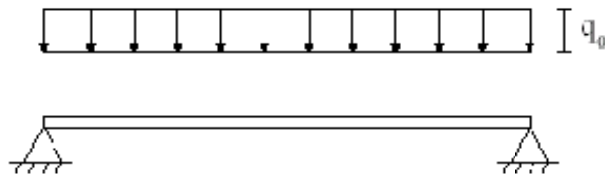


Figura 12: Schema del caso C.

Analisi dei risultati:

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
w [mm]	61.96	61.88	0.999

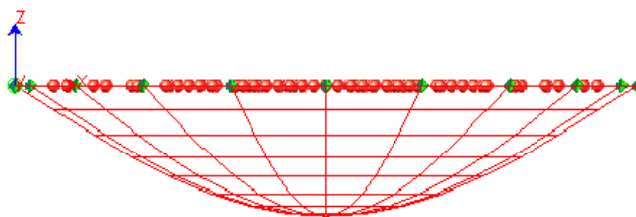


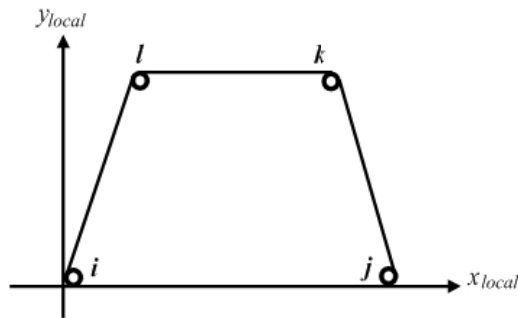
Figura 13: Deformata del caso C.

3 Elementi a 4 nodi

Convenzioni adottate

L'elemento a 4 nodi è individuato tramite il numero dei quattro nodi di vertice dello stesso.

Gli assi del sistema di riferimento locale risultano così disposti:



- L'asse x_{locale} ha direzione parallela alla retta congiungente i nodi i e j , è passante per i medesimi nodi ed ha verso positivo da i a j .
- L'asse y_{locale} è ortogonale all'asse x_{locale} , passa per il nodo i ed ha verso positivo dalla parte del nodo l .
- L'asse z_{locale} è ottenuto per prodotto vettoriale fra x_{locale} e y_{locale} .

Caratteristiche dei Materiali:

Tipo	Modulo Elastico [kg/cm ²]	ν	alfa [1/°C]	Peso Specifico [kg/m ³]	Commento
1	182080.6	0.120	0.000012	2500.0	C32/40
3	314470.0	0.120	0.000010	2500.0	C25/30

Caratteristiche dei Terreni di Fondazione:

Tipo	Costante di Sottofondo [kg/cm ³]	Commento
1	1.0	Default

Sezioni Impiegate:

Sezione	Materiale	Tipo di Sezione	Parametri Dimensionali Commenti
1	1	Mesh isotropa	s= 10 [cm] Pareti sp.10
2	1	Mesh isotropa	s= 13 [cm] Pareti sp.12.5
3	1	Mesh isotropa	s= 15 [cm] Pareti sp.15
4	1	Mesh isotropa	s= 15 [cm] Solettone fondazione sp.15
5	3	Mesh platea	s= 20 [cm] Terreno numero 1 Default Sottosolettone fondazione sp.20



4 Condizioni e combinazioni di carico

4.1 Modello ELEMENTO VASCA

Convenzioni adottate

Nel seguito vengono riportate il numero di condizioni di carico statiche e dinamiche che sollecitano la struttura. Si noti che:

- Per quanto riguarda le condizioni di carico dinamiche, il programma assimila ogni direzione di ingresso del sisma, definita dal progettista, ad una condizione di carico. Pertanto qualora agiscano sulla struttura n condizioni di carico statiche e il progettista abbia supposto che la struttura venga sollecitata da un sisma entrante in m direzioni, la struttura stessa viene considerata del programma come soggetta ad $n + m$ condizioni di carico.
- Le combinazioni di carico, definite dal progettista, combinano fra loro le $n + m$ condizioni di carico ognuna partecipante alla combinazione i -esima secondo i fattori di partecipazione nel seguito riportati. N.B.: se la condizione j -esima ha fattore di partecipazione unitario, allora partecipa per intero alla combinazione i -esima.
- Le prime n condizioni sono sempre statiche mentre sono di origine dinamica le (eventuali) condizioni da $n+1$ a $n+m$.

Condizioni di carico definite:

- Cond. 1 Peso Proprio
- Cond. 2 Permanenti
- Cond. 3 Variabili
- Cond. 4 Sisma +x
- Cond. 5 Sisma -x
- Cond. 6 Sisma +y
- Cond. 7 Sisma -y
- Cond. 8 Peso di tutto pieno
- Cond. 9 Sottospinte acqua

Combinazioni agli Stati Limite Ultimi

Combinazione di carico numero

1	SLU statica
2	SLV1
3	SLV2
4	SLV3
5	SLV4
6	SLV5
7	SLV6
8	SLV7
9	SLV8
10	SLU GEO

Comb.\Cond	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.35	1.35	1.35						1.35
2	1	1		1		0.3			1
3	1	1		1			0.3		1
4	1	1			1	0.3			1
5	1	1			1		0.3		1
6	1	1		0.3		1			1
7	1	1		0.3			1		1
8	1	1			0.3	1			1
9	1	1			0.3		1		1
10	1.35	1.35	1.35					1.35	



Combinazioni RARE Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero				
11	RARA 1			
Comb.\Cond	1	2	3	9
11	1	1	1	1

Combinazioni FREQUENTI Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero				
12	FREQ. 1			
Comb.\Cond	1	2	3	9
12	1	1	0.7	1

Combinazioni QUASI PERMANENTI Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero				
13	QUASI PERM.			
Comb.\Cond	1	2	3	9
13	1	1	0.6	1

4.2 Modello LASTRE DI COPERTURA

Le condizioni di carico previste comprendono:

- Cond. 1 Peso Proprio
- Cond. 2 Permanenti
- Cond. 3 Variabili

Le condizioni di carico saranno combinate come segue:

Combinazioni agli Stati Limite Ultimi

Combinazione di carico numero			
1	SLU		
Comb.\Cond	1	2	3
1	1.35	1.35	1.35

Combinazioni RARE Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero			
2	RARA 1		
Comb.\Cond	1	2	3
2	1	1	1

Combinazioni FREQUENTI Stati Limite di Esercizio**Combinazione di carico numero**

3	FREQ. 1
---	---------

Comb.\Cond**1****2****3**

3	1	1	0.4
---	---	---	-----

Combinazioni QUASI PERMANENTI Stati Limite di Esercizio**Combinazione di carico numero**

4	QUASI PERM.
---	-------------

Comb.\Cond**1****2**

4	1	1
---	---	---

5 Verifiche lastre/piastre

Modalità di verifica

Gli elementi lastra/piastra possono essere distinti in due categorie in funzione dello stato di sollecitazione:

- elementi soggetti ad uno stato di sollecitazione semplice (flessione o tensionale a membrana);
- elementi soggetti ad uno stato di sollecitazione misto (flessionale e tensionale a membrana).

Le verifiche per stato di sollecitazione semplice sono svolte proiettando le armature lungo le direzioni principali e effettuando la verifica a flessione retta/membrana lungo tali direzioni.

Per gli elementi soggetti ad uno stato di sollecitazione misto, le direzioni principali variano, lungo lo sviluppo z dell'elemento, in modo continuo. Il codice di verifica procede a:

- suddivisione dell'elemento in strati di 1 cm di spessore;
- valutazione, per ogni strato, del corrispondente stato di deformazione e tensione membranale;
- ricostruzione, per sovrapposizione dei vari strati membranali, del comportamento globale dell'elemento soggetto allo stato misto di presso-flessione.

L'Utente può definire delle sezioni trasversali, per le quali le sollecitazioni sono valutate mediando integrazione sulla lunghezza della sezione

Nella determinazione della matrice di rigidezza degli strati di cls, si assume:

- Metodo T.A.: il calcestruzzo in compressione è assunto indefinitamente elastico lineare mentre, in trazione, si può assumere (opzionalmente) che sia in grado di assumere una trazione compresa fra 0 e f_{ct} , essendo f_{ct} la resistenza a trazione del calcestruzzo definita dall'EC2;
- Metodo S.L.U.: il metodo impiegato è quello noto come MCFT acronimo di "Modified Compression Field Method", sviluppato presso l'Università di Toronto da Collins e Del Vecchio a partire dagli anni '80. Il metodo, nella forma implementata, assume per la curva monoassiale tensione-deformazioni del cls quanto previsto dall'EC2;

La verifica a punzonamento può essere condotta considerando o non considerando autoequilibrate le tensioni nel terreno sotto il cono di punzonamento. L'angolo di diffusione è fissato dall'utente.

I copriferrini indicati sono da intendersi riferiti al centro delle barre resistenti.

Simbologia utilizzata T.A.:

σ_{amm}

Tensione ammissibile

$\sigma_{amm,Trazione}$

Tensione ammissibile di trazione cls

$\sigma_{cls,1}$

Tensione cls direzione 1

$\sigma_{cls,2}$

Tensione cls direzione 2

$\sigma_{acciaio,1}$

Tensione acciaio direzione 1

$\sigma_{acciaio,2}$

Tensione acciaio direzione 2

$c_{f,x,Eq}$

Copriferro in direzione x

$A_{f,x}$

Armatura in direzione x

$c_{f,y,Eq}$

Copriferro in direzione y

$A_{f,y}$

Armatura in direzione y

$N_x, N_y, N_{xy}, M_{xx}, M_{yy}, M_{xy}$

Componenti di sollecitazione esterna

$N_{11}, N_{22}, M_{11}, M_{22}, M_{12}$

Componenti di sollecitazione principali

α

Angolo direzioni principali

d

Distanza a cui è calcolato il perimetro critico

$\tau_{b,0}$

Tensione ammissibile a taglio elementi privi di armatura a taglio

$\tau_{b,1}$

Tensione ammissibile a taglio elementi con armatura a taglio

N, M_x, M_y

Sollecitazione esterna verifica a punzonamento

τ

Tensione tangenziale massima



Simbologia utilizzata S.L.:

f_{yd}	Tensione di snervamento di progetto barre armatura
ϵ_{ud}	Deformazione uniforme ultima
ϵ_{yd}	Deformazione al limite di snervamento
f_{ck}	Resistenza cilindrica caratteristica
f_{cd}	Tensione di calcolo a compressione di base
ϵ_{c2}	Deformazione limite elastico
ϵ_y	Deformazione limite ultimo
f_{ctd}	Tensione di calcolo a trazione di progetto
ϵ_{ctd}	Deformazione al limite di trazione
E_{cm}	Modulo elastico
$cf_{x,Eq}$	Copriferro in direzione x
Af_x	Armatura in direzione x
$cf_{y,Eq}$	Copriferro in direzione y
Af_y	Armatura in direzione y
$N_{xr}, N_{yr}, N_{xyr}, M_{xxr}, M_{yyr}, M_{xy}$	Componenti di sollecitazione esterna
$N_{11r}, N_{22r}, M_{11r}, M_{22r}, M_{12}$	Componenti di sollecitazione principali
α	Angolo direzioni principali
Cr	

Coefficiente rottura S_b/S_R

ϵ_x

Deformazione acciaio direzione x

ϵ_y

Deformazione acciaio direzione y

ϵ_{min}

Deformazione minima cls

ϵ_{max}

Deformazione massima cls

θ_{max}

Angolo direzioni principali di deformazione

σ_{amm}

Tensione ammissibile S.L.E. di riferimento

σ_x

Tensione nelle barre nello S.L.E. di riferimento in direzione x

σ_y

Tensione nelle barre nello S.L.E. di riferimento in direzione y

$\sigma_{c,Max}$

Tensione massima nel cls nello S.L.E. di riferimento

d

Distanza a cui è calcolato il perimetro critico

$C_{Rd,c}$

Coefficiente taglio resistente elementi privi di armatura a taglio

$V_{Ed}, M_{x,Ed}, M_{y,Ed}$

Sollecitazione esterna verifica a punzonamento

$B_{x,c}, B_{y,c}$

Dimensioni perimetro critico

β

Angolo diffusione tensioni

v_{Ed}

Tensione tangenziale sull'area critica

ρ

Rapporto meccanico di armatura

$V_{Rd,c}$

Taglio resistente elementi privi di armatura



5.1 Modello ELEMENTO VASCA

Pareti Vasca

Elementi più sollecitati per tipologia di sezione

Verifiche SLU Flessione elemento nodi 674 723

Proprietà dei materiali

Acciaio

- f_{yd} 3913.0 [kg/cm²]
- ϵ_{ud} 67.50 ‰
- ϵ_{yd} 1.86 ‰

Calcestruzzo

- f_{cd} 194.3 [kg/cm²]
- ϵ_{c2} -2.00 ‰
- ϵ_{cu} -3.50 ‰
- f_{ctd} 15.1 [kg/cm²]
- ϵ_{ctd} 0.07 ‰
- E_{cm} 333458.0 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 1 H=10.00 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af_x [cm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [cm]	Af_x [cm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [cm]
3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00

Azioni di verifica combinazione 1 (0.16 2.41 [m])

M_{xx}	-1036.49	[kgm/m]	M_{11}	-1097.09	[kgm/m]
M_y	-110.69	[kgm/m]	M_{22}	-50.09	[kgm/m]
M_{xy}	-244.50	[kgm/m]	α	13.92	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		θ [°]
		ϵ_x ‰	ϵ_y ‰	ϵ_{min} ‰	ϵ_{max} ‰	
0.89	Estradosso	2.225	0.308	-0.009	-3.500	-15.23
	Intradosso	14.412	1.548	22.116	-0.114	71.58

Verifiche SLU Flessione elemento nodi 530 579

Proprietà dei materiali

Acciaio

- f_{yd} 3913.0 [kg/cm²]
- ϵ_{ud} 67.50 ‰
- ϵ_{yd} 1.86 ‰



Calcestruzzo

- f_{cd} 194.3 [kg/cm²]
- ϵ_{c2} -2.00 ‰
- ϵ_{cu} -3.50 ‰
- f_{ctd} 15.1 [kg/cm²]
- ϵ_{ctd} 0.07 ‰
- E_{cm} 333458.0 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 2 H=12.50 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af_x [cm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [cm]	Af_x [cm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [cm]
3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00

Azioni di verifica combinazione 1 (0.16 1.56 [m])

M_{xx}	-1213.80	[kgm/m]	M_{11}	-1403.26	[kgm/m]
M_y	-133.24	[kgm/m]	M_{22}	56.22	[kgm/m]
M_{xy}	-490.53	[kgm/m]	α	21.12	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio			Calcestruzzo	
		ϵ_x ‰	ϵ_y ‰	ϵ_{min} ‰	ϵ_{max} ‰	θ [°]
0.97	Estradosso	1.327	0.447	0.001	-3.500	-23.24
	Intradosso	17.555	4.205	27.145	-0.111	63.81

Verifiche SLU Flessione elemento nodi 346 395

Proprietà dei materiali

Acciaio

- f_{yd} 3913.0 [kg/cm²]
- ϵ_{ud} 67.50 ‰
- ϵ_{yd} 1.86 ‰

Calcestruzzo

- f_{cd} 194.3 [kg/cm²]
- ϵ_{c2} -2.00 ‰
- ϵ_{cu} -3.50 ‰
- f_{ctd} 15.1 [kg/cm²]
- ϵ_{ctd} 0.07 ‰
- E_{cm} 333458.0 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 3 H=15.00 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af_x [cm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [cm]	Af_x [cm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [cm]
3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00

Azioni di verifica combinazione 1 (2.66 0.43 [m])

M_{xx}	-34.49	[kgm/m]	M_{11}	-30.56	[kgm/m]
M_y	-1838.25	[kgm/m]	M_{22}	-1842.18	[kgm/m]
M_{xy}	84.33	[kgm/m]	α	2.67	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		
		ϵ_x ‰	ϵ_y ‰	ϵ_{min} ‰	ϵ_{max} ‰	θ [°]
0.97	Estradosso	0.063	1.578	0.005	-3.500	83.58
	Intradosso	0.579	27.207	32.954	-0.031	-8.45

Verifiche SLU Flessione elemento nodi 298 347
Proprietà dei materiali
Acciaio

- f_{yd} 3913.0 [kg/cm²]
- ϵ_{ud} 67.50 ‰
- ϵ_{yd} 1.86 ‰

Calcestruzzo

- f_{cd} 194.3 [kg/cm²]
- ϵ_{c2} -2.00 ‰
- ϵ_{cu} -3.50 ‰
- f_{ctd} 15.1 [kg/cm²]
- ϵ_{ctd} 0.07 ‰
- E_{cm} 333458.0 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 3 H=15.00 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af_x [cm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [cm]	Af_x [cm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [cm]
3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00	7.85	2.00

Azioni di verifica combinazione 1 (2.66 0.14 [m])

M_{xx}	-293.19	[kgm/m]	M_{11}	-292.41	[kgm/m]
M_y	-2893.61	[kgm/m]	M_{22}	-2894.39	[kgm/m]
M_{xy}	45.07	[kgm/m]	α	0.99	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		θ [°]
		ϵ_x ‰	ϵ_y ‰	ϵ_{min} ‰	ϵ_{max} ‰	
0.79	Estradosso	0.057	0.413	-0.015	-3.500	83.96
	Intradosso	0.635	20.628	24.740	0.001	-9.90

Verifiche SLE Rare Flessione elemento nodi 689 738

Proprietà dei materiali

Acciaio

- σ 3600.0 [kg/cm²]

Calcestruzzo

- σ 192.0 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 1 H=10.00 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af_x [cm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [cm]	Af_x [cm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [cm]
3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00

Azioni di verifica combinazione 11 (4.84 2.41 [m])

M_{xx}	-775.19	[kgm/m]	M_{11}	-820.44	[kgm/m]
M_y	-82.74	[kgm/m]	M_{22}	-37.49	[kgm/m]
M_{xy}	182.70	[kgm/m]	α	-13.91	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ_x [kg/cm ²]	σ_y [kg/cm ²]	$\sigma_{c,Max}$ [kg/cm ²]	θ [°]		
0.67	Estradosso	435.1	254.4	-121.5	22.81	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	2940.1	1044.4	-9.0	-59.26	NON Fessurato	0.000

Verifiche SLE Rare Flessione elemento nodi 537 586

Proprietà dei materiali

Acciaio

- σ 3600.0 [kg/cm²]

Calcestruzzo

- σ 192.0 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 2 H=12.50 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]	Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]
3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00

Azioni di verifica combinazione 11 (2.34 1.56 [m])

M _{xx}	530.31	[kgm/m]	M ₁₁	538.30	[kgm/m]
M _y	-28.42	[kgm/m]	M ₂₂	-36.41	[kgm/m]
M _{xy}	-67.30	[kgm/m]	α	-6.77	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ _x [kg/cm ²]	σ _y [kg/cm ²]	σ _{c,Max} [kg/cm ²]	θ [°]		
0.36	Estradosso	96.7	-4.9	-1.3	-82.85	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	-95.3	5.0	-18.2	7.15	NON Fessurato	0.000

Verifiche SLE Rare Flessione elemento nodi 389 438

Proprietà dei materiali

Acciaio

- σ 3600.0 [kg/cm²]

Calcestruzzo

- σ 192.0 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 3 H=15.00 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]	Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]
3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00

Azioni di verifica combinazione 11 (1.09 0.71 [m])

M _{xx}	97.06	[kgm/m]	M ₁₁	514.97	[kgm/m]
M _y	-471.77	[kgm/m]	M ₂₂	-889.68	[kgm/m]
M _{xy}	-642.16	[kgm/m]	α	-33.06	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ _x [kg/cm ²]	σ _y [kg/cm ²]	σ _{c,Max} [kg/cm ²]	θ [°]		
0.51	Estradosso	112.2	60.8	-64.0	-53.89	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	1132.4	1810.5	-22.7	38.85	NON Fessurato	0.000

Verifiche SLE Rare Flessione elemento nodi 305 354

Proprietà dei materiali

Acciaio

- σ 3600.0 [kg/cm²]

Calcestruzzo

- σ 192.0 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 3 H=15.00 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]	Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]
3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00	7.85	2.00

Azioni di verifica combinazione 11 (4.84 0.14 [m])

M _{xx}	-73.57	[kgm/m]	M ₁₁	45.08	[kgm/m]
M _y	-189.76	[kgm/m]	M ₂₂	-308.41	[kgm/m]
M _{xy}	166.93	[kgm/m]	α	35.41	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ_x [kg/cm ²]	σ_y [kg/cm ²]	$\sigma_{c,Max}$ [kg/cm ²]	θ [°]		
0.11	Estradosso	-9.9	-25.4	-7.4	53.91	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	9.9	24.2	-1.3	-36.50	NON Fessurato	0.000

Verifiche SLE Frequenti Flessione elemento nodi 689 738

Proprietà dei materiali

Acciaio

- σ 4500.0 [kg/cm²]

Calcestruzzo

- σ 320.0 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 1 H=10.00 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]	Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]
3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00



Azioni di verifica combinazione 12 (4.84 2.41 [m])

M_{xx}	-732.09	[kgm/m]	M_{11}	-774.66	[kgm/m]
M_y	-78.04	[kgm/m]	M_{22}	-35.47	[kgm/m]
M_{xy}	172.20	[kgm/m]	α	-13.89	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ_x [kg/cm ²]	σ_y [kg/cm ²]	$\sigma_{c,Max}$ [kg/cm ²]	θ [°]		
0.63	Estradosso	406.9	235.6	-115.2	22.77	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	2757.9	971.0	-8.4	-59.37	Fessurato	0.110

Verifiche SLE Frequenti Flessione elemento nodi 537 586

Proprietà dei materiali

Acciaio

- σ 4500.0 [kg/cm²]

Calcestruzzo

- σ 320.0 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 2 H=12.50 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af_x [cm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [cm]	Af_x [cm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [cm]
3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00

Azioni di verifica combinazione 12 (2.34 1.56 [m])

M_{xx}	503.23	[kgm/m]	M_{11}	510.83	[kgm/m]
M_y	-22.88	[kgm/m]	M_{22}	-30.48	[kgm/m]
M_{xy}	-63.69	[kgm/m]	α	-6.80	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ_x [kg/cm ²]	σ_y [kg/cm ²]	$\sigma_{c,Max}$ [kg/cm ²]	θ [°]		
0.34	Estradosso	88.7	-4.0	-1.1	-82.83	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	-89.7	4.0	-17.0	7.18	NON Fessurato	0.000

Verifiche SLE Frequenti Flessione elemento nodi 389 438

Proprietà dei materiali

Acciaio

- σ 4500.0 [kg/cm²]

Calcestruzzo

- σ 320.0 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 3 H=15.00 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]	Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]
3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00

Azioni di verifica combinazione 12 (1.09 0.71 [m])

M _{xx}	93.60	[kgm/m]	M ₁₁	491.19	[kgm/m]
M _y	-443.75	[kgm/m]	M ₂₂	-841.34	[kgm/m]
M _{xy}	-609.69	[kgm/m]	α	-33.11	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ_x [kg/cm ²]	σ_y [kg/cm ²]	$\sigma_{c,Max}$ [kg/cm ²]	θ [°]		
0.49	Estradosso	8.0	-69.9	-23.8	-56.22	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	4.5	98.2	-12.4	33.84	Fessurato	0.001

Verifiche SLE Frequenti Flessione elemento nodi 305 354

Proprietà dei materiali

Acciaio

- σ 4500.0 [kg/cm²]

Calcestruzzo

- σ 320.0 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 3 H=15.00 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]	Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]
3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00	7.85	2.00

Azioni di verifica combinazione 12 (4.84 0.14 [m])

M _{xx}	-70.82	[kgm/m]	M ₁₁	42.85	[kgm/m]
M _y	-180.10	[kgm/m]	M ₂₂	-293.77	[kgm/m]
M _{xy}	159.19	[kgm/m]	α	35.53	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ_x [kg/cm ²]	σ_y [kg/cm ²]	$\sigma_{c,Max}$ [kg/cm ²]	θ [°]		
0.10	Estradosso	-9.6	-24.1	-7.1	53.79	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	9.5	23.0	-1.3	-36.62	NON Fessurato	0.000

Verifiche SLE Quasi Permanenti Flessione elemento nodi 689 738

Proprietà dei materiali

Acciaio

- σ 4500.0 [kg/cm²]

Calcestruzzo

- σ 144.0 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 1 H=10.00 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]	Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]
3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00

Azioni di verifica combinazione 13 (4.84 2.41 [m])

M _{xx}	-717.73	[kgm/m]	M ₁₁	-759.40	[kgm/m]
M _y	-76.48	[kgm/m]	M ₂₂	-34.80	[kgm/m]
M _{xy}	168.71	[kgm/m]	α	-13.88	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ_x [kg/cm ²]	σ_y [kg/cm ²]	$\sigma_{c,Max}$ [kg/cm ²]	θ [°]		
0.62	Estradosso	397.4	229.2	-113.1	22.75	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	2696.9	946.3	-8.1	-59.41	NON Fessurato	0.000

Verifiche SLE Quasi Permanenti Flessione elemento nodi 537 586

Proprietà dei materiali

Acciaio

- σ 4500.0 [kg/cm²]

Calcestruzzo

- σ 144.0 [kg/cm²]



Sezione

- sezione 2 H=12.50 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]	Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]
3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00

Azioni di verifica combinazione 13 (2.34 1.56 [m])

M _{xx}	494.20	[kgm/m]	M ₁₁	501.67	[kgm/m]
M _y	-21.03	[kgm/m]	M ₂₂	-28.50	[kgm/m]
M _{xy}	-62.48	[kgm/m]	α	-6.82	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ _x [kg/cm ²]	σ _y [kg/cm ²]	σ _{c,Max} [kg/cm ²]	θ [°]		
0.33	Estradosso	87.1	-3.7	-1.0	-82.81	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	-88.0	3.7	-16.7	7.19	NON Fessurato	0.000

Verifiche SLE Quasi Permanenti Flessione elemento nodi 389 438

Proprietà dei materiali

Acciaio

- σ 4500.0 [kg/cm²]

Calcestruzzo

- σ 144.0 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 3 H=15.00 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]	Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]
3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00

Azioni di verifica combinazione 13 (1.09 0.71 [m])

M _{xx}	92.44	[kgm/m]	M ₁₁	483.27	[kgm/m]
M _y	-434.40	[kgm/m]	M ₂₂	-825.23	[kgm/m]
M _{xy}	-598.87	[kgm/m]	α	-33.13	[°]



Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ_x [kg/cm ²]	σ_y [kg/cm ²]	$\sigma_{c,Max}$ [kg/cm ²]	θ [°]		
0.48	Estradosso	9.8	-64.3	-21.7	-56.25	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	-4.5	76.8	-12.1	33.78	NON Fessurato	0.000

Verifiche SLE Quasi Permanenti Flessione elemento nodi 305 354**Proprietà dei materiali****Acciaio**

- σ 4500.0 [kg/cm²]

Calcestruzzo

- σ 144.0 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 3 H=15.00 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]	Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]
3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00	7.85	2.00

Azioni di verifica combinazione 13 (4.84 0.14 [m])

M _{xx}	-69.90	[kgm/m]	M ₁₁	42.11	[kgm/m]
M _y	-176.88	[kgm/m]	M ₂₂	-288.88	[kgm/m]
M _{xy}	156.61	[kgm/m]	α	35.57	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ_x [kg/cm ²]	σ_y [kg/cm ²]	$\sigma_{c,Max}$ [kg/cm ²]	θ [°]		
0.10	Estradosso	-9.4	-23.7	-6.9	53.75	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	9.4	22.6	-1.3	-36.66	NON Fessurato	0.000

Soletta di fondazione**Elementi più sollecitati per tipologia di sezione****Verifiche SLU Flessione elemento nodi 161 179****Proprietà dei materiali****Acciaio**

- f_{yd} 3913.0 [kg/cm²]
- ϵ_{ud} 67.50 ‰
- ϵ_{yd} 1.86 ‰

Calcestruzzo

- f_{cd} 194.3 [kg/cm²]
- ϵ_{c2} -2.00 ‰
- ϵ_{cu} -3.50 ‰
- f_{ctd} 15.1 [kg/cm²]
- ϵ_{ctd} 0.07 ‰
- E_{cm} 333458.0 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 4 H=15.00 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af_x [cm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [cm]	Af_x [cm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [cm]
3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00

Azioni di verifica combinazione 1 (2.34 0.16 [m])

M_{xx}	-178.55	[kgm/m]	M_{11}	-178.52	[kgm/m]
M_y	-1499.28	[kgm/m]	M_{22}	-1499.32	[kgm/m]
M_{xy}	7.06	[kgm/m]	α	0.31	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		
		ϵ_x ‰	ϵ_y ‰	ϵ_{min} ‰	ϵ_{max} ‰	θ [°]
0.78	Estradosso	0.012	1.836	-0.018	-3.500	86.17
	Intradosso	0.246	28.922	34.526	0.008	-5.20

Verifiche SLE Rare Flessione elemento nodi 158 176

Proprietà dei materiali

Acciaio

- σ 3600.0 [kg/cm²]

Calcestruzzo

- σ 194.0 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 4 H=15.00 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af_x [cm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [cm]	Af_x [cm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [cm]
3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00



Azioni di verifica combinazione 11 (1.41 0.16 [m])

M_{xx}	-94.81	[kgm/m]	M_{11}	-94.22	[kgm/m]
M_y	-864.87	[kgm/m]	M_{22}	-865.46	[kgm/m]
M_{xy}	21.36	[kgm/m]	α	1.59	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ_x [kg/cm ²]	σ_y [kg/cm ²]	$\sigma_{c,Max}$ [kg/cm ²]	θ [°]		
0.45	Estradosso	-12.7	-122.8	-24.7	88.31	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	12.7	142.7	0.0	-1.70	NON Fessurato	0.000

Verifiche SLE Frequenti Flessione elemento nodi 158 176**Proprietà dei materiali****Acciaio**

- σ 4500.0 [kg/cm²]

Calcestruzzo

- σ 320.0 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 4 H=15.00 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af_x [cm ² / m]	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ² / m]	$cf_{y,Eq}$ [cm]	Af_x [cm ² / m]	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ² / m]	$cf_{y,Eq}$ [cm]
3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00

Azioni di verifica combinazione 12 (1.41 0.16 [m])

M_{xx}	-90.32	[kgm/m]	M_{11}	-89.74	[kgm/m]
M_y	-823.22	[kgm/m]	M_{22}	-823.80	[kgm/m]
M_{xy}	20.51	[kgm/m]	α	1.60	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ_x [kg/cm ²]	σ_y [kg/cm ²]	$\sigma_{c,Max}$ [kg/cm ²]	θ [°]		
0.43	Estradosso	-12.1	-112.9	-22.5	88.30	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	12.1	119.3	0.0	-1.70	Fessurato	0.000

Verifiche SLE Quasi Permanenti Flessione elemento nodi 158 176**Proprietà dei materiali****Acciaio**

- σ 4500.0 [kg/cm²]

Calcestruzzo

- σ 144.0 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 4 H=15.00 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]	Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]
3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00	3.93	2.00

Azioni di verifica combinazione 13 (1.41 0.16 [m])

M _{xx}	-88.82	[kgm/m]	M ₁₁	-88.25	[kgm/m]
M _{yy}	-809.34	[kgm/m]	M ₂₂	-809.91	[kgm/m]
M _{xy}	20.23	[kgm/m]	α	1.61	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ_x [kg/cm ²]	σ_y [kg/cm ²]	$\sigma_{c,Max}$ [kg/cm ²]	θ [°]		
0.42	Estradosso	-11.9	-110.6	-22.0	88.30	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	11.9	115.9	0.0	-1.71	NON Fessurato	0.000

Soletta di Sottofondazione

Elementi più sollecitati per tipologia di sezione

Verifiche SLU Flessione elemento nodi 77 95

Proprietà dei materiali

Acciaio

- f_{yd} 3913.0 [kg/cm²]
- ϵ_{ud} 67.50 ‰
- ϵ_{yd} 1.86 ‰

Calcestruzzo

- f_{cd} 141.7 [kg/cm²]
- ϵ_{c2} -2.00 ‰
- ϵ_{cu} -3.50 ‰
- f_{ctd} 12.0 [kg/cm²]
- ϵ_{ctd} 0.08 ‰
- E_{cm} 141666.7 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 5 H=20.00 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af_x [cm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [cm]	Af_x [cm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [cm]
2.51	3.00	2.51	3.00	2.51	3.00	2.51	3.00

Azioni di verifica combinazione 10 (2.66 1.41 [m])

M_{xx}	377.09	[kgm/m]	M_{11}	377.04	[kgm/m]
M_y	1517.21	[kgm/m]	M_{22}	1517.26	[kgm/m]
M_{xy}	-7.65	[kgm/m]	α	0.38	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		θ [°]
		ϵ_x ‰	ϵ_y ‰	ϵ_{min} ‰	ϵ_{max} ‰	
0.89	Estradosso	0.534	35.084	42.653	0.016	-6.95
	Intradosso	0.051	3.468	-0.033	-3.500	85.39

Verifiche SLE Rare Flessione elemento nodi 120 138

Proprietà dei materiali

Acciaio

- σ 3600.0 [kg/cm²]

Calcestruzzo

- σ 150.0 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 5 H=20.00 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af_x [cm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [cm]	Af_x [cm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [cm]
2.51	3.00	2.51	3.00	2.51	3.00	2.51	3.00

Azioni di verifica combinazione 11 (0.16 2.34 [m])

M_{xx}	-1.60	[kgm/m]	M_{11}	155.18	[kgm/m]
M_y	-14.43	[kgm/m]	M_{22}	-171.22	[kgm/m]
M_{xy}	163.08	[kgm/m]	α	43.87	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ_x [kg/cm ²]	σ_y [kg/cm ²]	$\sigma_{c,Max}$ [kg/cm ²]	θ [°]		
0.12	Estradosso	-0.3	-2.0	-2.4	46.07	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	0.2	2.0	-2.2	-43.93	NON Fessurato	0.000

Verifiche SLE Frequenti Flessione elemento nodi 120 138

Proprietà dei materiali

Acciaio

- σ 4500.0 [kg/cm²]

Calcestruzzo

- σ 250.0 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 5 H=20.00 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]	Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]
2.51	3.00	2.51	3.00	2.51	3.00	2.51	3.00

Azioni di verifica combinazione 12 (0.16 2.34 [m])

M _{xx}	-2.19	[kgm/m]	M ₁₁	145.16	[kgm/m]
M _y	-14.17	[kgm/m]	M ₂₂	-161.52	[kgm/m]
M _{xy}	153.22	[kgm/m]	α	43.88	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ_x [kg/cm ²]	σ_y [kg/cm ²]	$\sigma_{c,Max}$ [kg/cm ²]	θ [°]		
0.12	Estradosso	-0.3	-2.0	-2.3	46.07	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	0.3	1.9	-2.1	-43.93	NON Fessurato	0.000

Verifiche SLE Quasi Permanenti Flessione elemento nodi 120 138

Proprietà dei materiali

Acciaio

- σ 4500.0 [kg/cm²]

Calcestruzzo

- σ 112.5 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 5 H=20.00 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]	Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]
2.51	3.00	2.51	3.00	2.51	3.00	2.51	3.00

Azioni di verifica combinazione 13 (0.16 2.34 [m])

M_{xx}	-2.38	[kgm/m]	M_{11}	141.81	[kgm/m]
M_y	-14.09	[kgm/m]	M_{22}	-158.28	[kgm/m]
M_{xy}	149.94	[kgm/m]	α	43.88	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ_x [kg/cm ²]	σ_y [kg/cm ²]	$\sigma_{c,Max}$ [kg/cm ²]	θ [°]		
0.11	Estradosso	-0.4	-2.0	-2.3	46.07	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	0.3	1.9	-2.0	-43.93	NON Fessurato	0.000

5.2 Modello LASTRA DI COPERTURA

Elementi più sollecitati per tipologia di sezione
Verifiche SLU Flessione elemento nodi 80 99
Proprietà dei materiali
Acciaio

- f_{yd} 3913.0 [kg/cm²]
- ϵ_{ud} 67.50 ‰
- ϵ_{yd} 1.86 ‰

Calcestruzzo

- f_{cd} 194.3 [kg/cm²]
- ϵ_{c2} -2.00 ‰
- ϵ_{cu} -3.50 ‰
- f_{ctd} 15.1 [kg/cm²]
- ϵ_{ctd} 0.07 ‰
- E_{cm} 333458.0 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 1 H=20.00 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af_x [cm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [cm]	Af_x [cm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [cm]
2.51	2.00	5.65	2.00	2.51	2.00	5.65	2.00

Azioni di verifica combinazione 1 (2.34 1.41 [m])

M_{xx}	-159.46	[kgm/m]	M_{11}	-156.40	[kgm/m]
M_y	-3601.72	[kgm/m]	M_{22}	-3604.77	[kgm/m]
M_{xy}	-102.63	[kgm/m]	α	-1.71	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		θ [°]
		ϵ_x ‰	ϵ_y ‰	ϵ_{min} ‰	ϵ_{max} ‰	
0.97	Estradosso	0.079	0.721	0.013	-3.500	-84.22
	Intradosso	0.843	32.113	37.260	-0.018	9.25

Verifiche SLE Rare Flessione elemento nodi 8 27

Proprietà dei materiali

Acciaio

- σ 3600.0 [kg/cm²]

Calcestruzzo

- σ 192.0 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 1 H=20.00 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af_x [cm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [cm]	Af_x [cm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [cm]	Af_y [cm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [cm]
2.51	2.00	5.65	2.00	2.51	2.00	5.65	2.00

Azioni di verifica combinazione 2 (2.34 0.16 [m])

M_{xx}	-22.92	[kgm/m]	M_{11}	114.18	[kgm/m]
M_y	-633.38	[kgm/m]	M_{22}	-770.48	[kgm/m]
M_{xy}	320.14	[kgm/m]	α	23.18	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ_x [kg/cm ²]	σ_y [kg/cm ²]	$\sigma_{c,Max}$ [kg/cm ²]	θ [°]		
0.24	Estradosso	-2.1	-54.9	-10.4	65.71	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	2.1	54.6	-1.7	-24.29	NON Fessurato	0.000

Verifiche SLE Frequenti Flessione elemento nodi 8 27

Proprietà dei materiali

Acciaio

- σ 4500.0 [kg/cm²]

Calcestruzzo

- σ 320.0 [kg/cm²]



Sezione

- sezione 1 H=20.00 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]	Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]
2.51	2.00	5.65	2.00	2.51	2.00	5.65	2.00

Azioni di verifica combinazione 3 (2.34 0.16 [m])

M _{xx}	-21.34	[kgm/m]	M ₁₁	106.43	[kgm/m]
M _{yy}	-589.84	[kgm/m]	M ₂₂	-717.62	[kgm/m]
M _{xy}	298.27	[kgm/m]	α	23.19	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ _x [kg/cm ²]	σ _y [kg/cm ²]	σ _{c,Max} [kg/cm ²]	θ [°]		
0.22	Estradosso	-2.0	-51.1	-9.7	65.70	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	1.9	50.9	-1.6	-24.30	NON Fessurato	0.000

Verifiche SLE Quasi Permanenti Flessione elemento nodi 8 27

Proprietà dei materiali

Acciaio

- σ 4500.0 [kg/cm²]

Calcestruzzo

- σ 144.0 [kg/cm²]

Sezione

- sezione 1 H=20.00 [cm]

Estradosso				Intradosso			
Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]	Af _x [cm ²] / m	cf _{x,Eq} [cm]	Af _y [cm ²] / m	cf _{y,Eq} [cm]
2.51	2.00	5.65	2.00	2.51	2.00	5.65	2.00

Azioni di verifica combinazione 4 (2.34 0.16 [m])

M _{xx}	-20.82	[kgm/m]	M ₁₁	103.84	[kgm/m]
M _{yy}	-575.33	[kgm/m]	M ₂₂	-699.99	[kgm/m]
M _{xy}	290.98	[kgm/m]	α	23.19	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ _x [kg/cm ²]	σ _y [kg/cm ²]	σ _{c,Max} [kg/cm ²]	θ [°]		
0.22	Estradosso	-1.9	-49.8	-9.5	65.70	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	1.9	49.6	-1.6	-24.30	NON Fessurato	0.000

6 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

Si riporta di seguito il confronto dello scarico in fondazione della parete più sollecitata di dimensioni pari a 5,00x2,55m per la combinazione SLE rara (Comb.11):

- P.P. strutturale parete = 3984 kg

- S.P. = 11550 kg

- S.A. = 4225 kg

$N_{\text{manuale}} = 3984 + 11550 + 4225 = 19759 \text{ kg}$

$N_{\text{automatico}} = 20679 \text{ kg}$

**Differenza calcolata inferiore al 5%, dovuta alle approssimazioni del modello di calcolo.
Si ritiene quindi accettabile il risultato del calcolo.**

Il progettista delle strutture

Dott. Ing. Christian Pierini



Variante alla tipologia costruttiva degli impianti di trattamento acque di prima pioggia

**5.2 Fascicolo di calcolo - Cisterna prefabbricata circolare in cls fibrorinforzato con fibre in acciaio.
Diam. 2475xh2380+200 mm.**

Via Eugenio Curiel, 38 - cap 47922 - Viserba (RN)

Tel. (+39) 0541-734.573
Fax. (+39) 0541-449.014
E.mail info@perazziniepierini.com

Web site www.perazziniepierini.com

Oggetto: Realizzazione di un impianto di disoleazione, composto da vasche prefabbricate in c.a.v. con coperture carrabili, da ubicarsi in Provincia di Palermo (PA).
Cisterna prefabbricata in c.a. Diam. 2475xh2380+200 mm.

Committente: Bianco Prefabbricati.

Il produttore dei manufatti in c.a.:



Organizzazione con Sistema per Gestione per la Qualità Certificato in conformità alla norma ISO 9001 da ICMQ SPA. Certificato n.98224 (SETTORE EA:16 - Progettazione e produzione di tubi, pozzetti e camere di ispezione in calcestruzzo armato, non armato, fibrorinforzato).

PREFABBRICATI IN CALCESTRUZZO PER IL CICLO
COMPLETO DELL'ACQUA

BIANCO PREFABBRICATI s.r.l. - Via Costiera, 42 - 91026 Mazara del Vallo (TP)
Partita Iva n° 01586160812 - Tel. (+39) 0923-942972 - Fax (+39) 0923-943970

www.biancoprefabbricati.it - info@biancoprefabbricati.it

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO STRUTTURALE

- RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA
- RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE
- RELAZIONE SUI MATERIALI
- PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA
- ISTRUZIONI IN MERITO AL SOLLEVAMENTO, TRASPORTO E STOCCAGGIO DEI MANUFATTI
- RELAZIONE SULLE FONDAZIONI

Rimini, 30/09/2015

Il progettista delle strutture

Dott. Ing. Christian Pierini



Sommario

1.	RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA.....	2
1.1	Normativa tecnica di riferimento	4
1.2	Definizione dell'azione sismica di base	6
1.3	Condizioni e combinazioni di carico	7
1.3.1	Analisi dei carichi	7
1.3.2	Azioni sismiche	10
1.4	Combinazioni di carico.....	11
1.4.1	Combinazioni di calcolo – Modello ELEMENTO CISTERNA.....	11
1.4.2	Combinazioni di calcolo – Modello LASTRA DI COPERTURA	12
2	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE.....	13
2.2.	Proprietà meccaniche e comportamento strutturale di elementi in calcestruzzo fibrorinforzato con fibre in acciaio (SFRC).....	13
2.2.1.	Comportamento a compressione.....	13
2.2.2.	Comportamento a trazione	14
2.3.	Modellazione della struttura	18
2.3.1.	Modello 3D agli elementi finiti – Modello ELEMENTO VASCA	18
2.3.2.	Modello 3D agli elementi finiti – modello LASTRA DI COPERTURA.....	26
2.4.	Verifiche di resistenza degli elementi strutturali	30
2.4.1.	Elementi lastra in calcestruzzo fibrorinforzato (SFRC) - SLU	30
2.4.2.	Elementi lastra in calcestruzzo fibrorinforzato (SFRC) - SLE.....	33
3.	RELAZIONE SUI MATERIALI	37
3.1.	Caratteristiche dei materiali.....	37
3.1.1.	Conglomerato cementizio per manufatti prefabbricati in c.a.v.	37
3.1.2.	Fibre in acciaio zincato	37
3.2.	Descrizione dei materiali	38
3.2.1.	Conglomerato cementizio per manufatti prefabbricati in c.a.v.	38
4.	PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA	39
4.1.	Interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria dell'opera	41
6.	RELAZIONE SULLE FONDAZIONI.....	42
6.1.	Caratteristiche del terreno di fondazione	42
6.2.	Verifiche di portanza del terreno di fondazione (SLU-GEO).....	42
6.3.	Verifica dei cedimenti del terreno di fondazione (SLE)	43
6.4.	Verifica al sollevamento (SLU-UPL)	43
	ALLEGATO 1: TABULATO DEL CODICE DI CALCOLO.....	46



1. RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

La presente relazione viene redatta a corredo del progetto strutturale relativo alla realizzazione di un impianto di disoleazione, da ubicarsi in provincia di Palermo (PA).

La presente relazione è relativa alla cisterna prefabbricata in c.a. Diam. 2475xh2380+200mm.

La cisterna in oggetto presenta una forma cilindrica con diametro esterno pari a 2475mm alla base e un diametro esterno pari a 2445mm in corrispondenza della sezione di imbocco. La parete presenta uno spessore di 95mm alla base e 71mm in testa, mentre il fondo presenta spessore strutturale pari a 80mm. L'altezza del manufatto è pari a 2380mm.

La lastra di copertura, semplicemente appoggiata al corpo sottostante, presenta un diametro in pianta pari a 2475mm e spessore strutturale pari a 200mm.

In presenza di falda freatica, la soletta di fondazione della cisterna, di spessore pari a 8 cm, deve essere impostata su almeno 20 cm di getto, armato con doppia rete elettrosaldata $\phi 8/20'' \times 20''$, prevedendo almeno 5 cm di sabbia sopra di esso per evitare il contatto tra le due superfici in c.a.

Occorre inoltre prevedere uno scavo maggiorato in misura non superiore ad 1 m e non inferiore a 0,5 m per sul perimetro della cisterna ed eseguire il rinterro con ghiaia di pezzatura 40-60 mm circa, prevedendo un opportuno drenaggio sulle pareti laterali, al fine di eliminare eventuali spinte idrostatiche dovute alla presenza di falda.

Il presente progetto tiene in considerazione le forometrie previste per gli impianti ed i macchinari alloggiati nella vasca, come da progetto esecutivo allegato.

I manufatti oggetto della presente relazione sono realizzati con struttura prefabbricata in **c.a.v. fibrorinforzato con fibre di acciaio (SFRC)**, prodotti in serie occasionale nello stabilimento della BIANCO PREFABBRICATI S.r.l. sito in Via Costiera n.42 nel Comune di Mazara del Vallo (TP), in conformità alle indicazioni riportate nelle Istruzioni Operative codificate nel Sistema di Gestione per la Qualità che sovrintende il processo di fabbricazione.

Le costruzioni realizzate con SFRC si sono progressivamente diffuse negli ultimi anni in tutto il mondo, tanto da rendere indispensabile la redazione di diverse Linee Guida ed Istruzioni Tecniche al fine di disciplinare l'impiego strutturale di tali materiali. Esempi applicativi degli SFRC di particolare rilievo ed interesse sono rappresentati ad esempio da pannelli portanti di facciata, piastre di pavimentazione, travi, elementi di copertura (per la possibilità di realizzare spessori sottili privi della consueta armatura ivi presente), strutture destinate ad assorbire urti e/o per resistere alla fatica come collettori e tubi per elevate pressioni, pali ad alta resistenza, ecc.

L'uso di calcestruzzi fibrorinforzati infatti risulta spesso conveniente rispetto all'uso di armature ordinarie per l'eliminazione dei tempi di posa dell'armatura stessa e per la garanzia di avere un rinforzo anche in zone in cui la rete elettrosaldata difficilmente può rimanere nella corretta posizione durante le operazioni di getto. Tale inconveniente può incorrere in particolare per elementi con spessori sottili armati unicamente con reti elettrosaldate, quali i manufatti oggetto di verifica che per forma e dimensioni non necessitano di lastre con spessori strutturali elevati.

In linea di principio, l'uso del calcestruzzo fibrorinforzato è indicato soprattutto per le strutture iperstatiche, in quanto lo sforzo residuo di trazione può aumentare la capacità portante complessiva della struttura e migliorarne la duttilità. Si specifica quindi che i manufatti oggetto di

verifica sono elementi scatolari caratterizzati da un alto grado di iperstaticità e quindi particolarmente adatti a tale tecnologia.

Più nel dettaglio, il calcestruzzo fibrorinforzato (SFRC, *Steel Fiber Reinforced Concrete*) è un calcestruzzo cementizio additivato con fibre corte (discrete e discontinue) di acciaio: l'aggiunta delle fibre conferisce al cls, dopo la fessurazione, una significativa resistenza residua a trazione (tenacità).

L'aggiunta di fibre disperse in una matrice cementizia ne modifica infatti le proprietà meccaniche migliorandone il comportamento a trazione e contrastando l'apertura delle fessure.

Una volta superato il limite elastico della matrice, le fibre sono in grado di manifestare il proprio contributo, conferendo al composito una resistenza a trazione nettamente superiore rispetto ad un normale calcestruzzo. Il rinforzo fibroso consente inoltre di limitare l'ampiezza delle fessure causate dai carichi, dagli effetti termici e dal ritiro, particolarmente importante per pozzetti interrati a contatto con liquidi. Infine, le fibre migliorano anche la resistenza agli urti che possono subire gli elementi strutturali prefabbricati durante la loro movimentazione.

Si sottolinea inoltre che l'utilizzo di calcestruzzi fibrorinforzati risulta normativamente comprovato e trattato in diverse istruzioni e linee guida, tra le quali il testo di riferimento risulta la norma CNR-DT 204/2006 "*Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo di strutture di calcestruzzo fibrorinforzato*".

Ai fini della schematizzazione adottata nel calcolo, come vincoli tra i vari elementi strutturali si considerano i seguenti:

FONDAZIONE -----	SUOLO ALLA WINKLER
LASTRA COPERTURA - PARETE -----	CERNIERA

In accordo con il DM 14/01/2008, con riferimento al capitolo 6, l'insieme delle attività progettuali che riguardano le costruzioni o le parti di costruzioni interagenti con il terreno devono essere inquadrati nell'ambito della progettazione geotecnica; essendo la vasca oggetto della relazione completamente interrata può essere classificata quale "opera geotecnica" come descritto al punto 6.1.1 del DM 14/01/2008.

Il calcolo della struttura è stato eseguito con il metodo degli stati limite, mediante *analisi statica lineare*, attraverso un procedimento di calcolo automatico eseguito con il codice di calcolo Enexsys Winstrand prodotto dalla En.Ex.Sys. s.r.l. di Casalecchio di Reno (BO) e verifiche specifiche condotte manualmente.

Per quanto riguarda la verifica sismica si fa riferimento alla normativa D.M. 14/01/2008 e più precisamente al paragrafo 7.11 riguardante le opere e i sistemi geotecnici.

Per quanto concerne le verifiche di resistenza allo stato limite ultimo si è proceduto ad una valutazione di tipo sezionale tenendo conto del comportamento non lineare dei materiali. La valutazione degli stati di tensione locali agli stati limite di esercizio è stata effettuata mediante analisi non lineari della sezione con l'ausilio di modelli a fibre, assumendo che il calcestruzzo sia in grado di esprimere una determinata resistenza a trazione, come meglio specificato nel seguito.

Attraverso un'analisi di tipo statica lineare sono state valutate le sollecitazioni in tutti gli stati limite in esame (stati limite ultimi e di esercizio).

Tale analisi è stata condotta lungo due direzioni ortogonali, tenendo in conto le condizioni di seguito riportate, combinate secondo quanto prescritto dalle norme.

Le condizioni di carico previste per il calcolo della cisterna comprendono, con riferimento al fattore di partecipazione all'azione sismica:

- 1) Peso proprio - *Fattore di partecipazione = 1*;
- 2) Carichi permanenti - *Fattore di partecipazione = 1*;
- 3) Carichi accidentali (transito autocarri) – *Fattore di partecipazione = 0*;
- 4) Sisma (vedi nel dettaglio la relazione di calcolo strutturale);
- 5) Peso di tutto pieno (per verifica SLU-GEO) – *Fattore di partecipazione = 0*;
- 6) Sottopressioni dovute all'acqua interstiziale – *Fattore di partecipazione = 1*.

Le condizioni di carico previste per il calcolo della lastra di copertura comprendono:

- 1) Peso proprio;
- 2) Carichi permanenti;
- 3) Carichi accidentali (transito autocarri).

definendo i coefficienti di simultaneità di tali condizioni di carico ai fini del calcolo delle masse.

Le verifiche di resistenza del terreno e del complesso terreno-fondazione sono state effettuate in base alle classiche teorie della geotecnica sulla portanza dei terreni, confrontando le sollecitazioni di progetto con la resistenza di progetto.

1.1 *Normativa tecnica di riferimento*

Il dimensionamento della struttura è stato sviluppato nel rispetto delle normative elencate:

- | | |
|----------------------|---|
| D.M. 11/03/88 | - 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. 14/02/92 | - Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche; |
| D.M. 09/01/96 | - Norme tecniche per l'esecuzione di opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche; |
| D.M. 16/01/96 | - Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica e relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi; |

- Circolare Min. LL.PP. 04/07/96** - Circolare del Servizio tecnico centrale del Ministero LL.PP. n. 156AA.GG./STC: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e carichi e sovraccarichi" di cui al D.M. 16/01/96;
- Circolare Min. LL.PP. 15/10/96, n. 252** - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche;
- Circolare Min. LL.PP. 10/04/97, n. 65** - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche;
- CNR-UNI 10011/97** - Costruzioni in acciaio: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione il collaudo e la manutenzione;
- D.M. LL.PP. 03/12/1997** - Norme tecniche per le costruzioni prefabbricate;
- OPCM 3274 del 20/03/03** - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica: *Allegato 1 - classificazione sismica del territorio italiano*;
- D.M. 14/01/08** - Nuove norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 2 Febbraio 2009, n° 617** - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 Gennaio 2008.
- CNR-DT 204/2006** - Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Calcestruzzo Fibrorinforzato.
- CNR-DT 209/2013** - Studi preliminari finalizzati alla redazione di Istruzioni per l'impiego di calcestruzzi ad alte prestazioni.
- CNR-DT 200 R1/2013** - Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati.
- UNI 11039-1:2003** - Calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio - Definizioni, classificazione e designazione.
- UNI 11039-2: 2003** - Calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio - Metodo di prova per la determinazione della resistenza di prima fessurazione e degli indici di duttilità.



1.2 Definizione dell'azione sismica di base

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Per punti non coincidenti con il reticolo di riferimento e periodi di ritorno non contemplati direttamente si opera come indicato nell'allegato alle NTC (rispettivamente media pesata e interpolazione).

Localizzazione della struttura	
Località	Palermo
Comune	PALERMO
Provincia	PALERMO
Regione	SICILIA
Longitudine	13,4577 E
Latitudine	37,9667 N

L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento V_r che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso (vedi tabella Parametri della struttura). Fissato il periodo di riferimento V_r e la probabilità di superamento P_{ver} associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno T_r e i relativi parametri di pericolosità sismica (vedi tabella successiva):

a_g : accelerazione orizzontale massima del terreno;

F_o : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^*c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Parametri della struttura					
Classe d'uso	Vita V_n [anni]	Coeff. Uso	Periodo V_r [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
IV	50.0	2	100.0	B	T1

Individuati su reticolo di riferimento i parametri di pericolosità sismica si valutano i parametri spettrali riportati in tabella:

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S = S_s * S_t$ (3.2.5);

F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale;

F_v è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima verticale, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno a_g su sito di riferimento rigido orizzontale;

T_b è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

T_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante;

T_d è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

Si riportano i valori dei parametri a_g , F_0 e T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno stato limite considerato, per il sito e l'opera in esame:

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLD	949	0.209	2.45	0.31
SLV	101	0.0855	2.35	0.27

I parametri dello spettro di risposta orizzontale di progetto per lo Stato Limite SLV risultano quindi:

parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.209 g
F_0	2.45
T_C^*	0.31 s
S_s	1.2
S_T	1.0
q	1.0

1.3 Condizioni e combinazioni di carico

1.3.1 Analisi dei carichi

Il dimensionamento della vasca viene eseguito considerando un terreno di rinterro tipo, caratterizzato da parametri geo-meccanici standard:

$$\phi' = 35^\circ;$$

$$c' = 0;$$

$$\gamma' = 2000 \text{ kg/m}^3.$$

Per il calcolo delle pressioni verticali ed orizzontali agenti sulla vasca e sulla lastra di copertura, si considera un ricoprimento in copertura pari a 100 cm ed uno scavo maggiorato di 1 m per lato.

Si considera nel seguito la presenza di una falda freatica alla profondità di circa 0,5 m dal piano campagna

La spinta del terreno a tergo delle pareti del pozzetto viene calcolata moltiplicando le tensioni verticali presenti in sito per il coefficiente di spinta attiva K_A , che per il terreno standard considerato vale:



$$K_A = \frac{1 - \operatorname{sen}(\phi')}{1 + \operatorname{sen}(\phi')} = 0,27$$

Come si osserva in Figura 1, l'attivazione della spinta attiva in terreni non coesivi, come nel caso di rinterro con ghiaia, avviene già per valori del rapporto u/h tendenti allo zero e per valori, come nel caso in esame, intorno allo 0,002, valgono circa il valore sopra calcolato.

Essendo inoltre prescritto il rinterro con ghiaia di pezzatura 40-60 mm e il drenaggio per le pareti laterali, si ritiene trascurabile il contributo della spinta idrostatica.

Si precisa inoltre che per calcolo dello stato tensionale di un punto interno ad una massa di terreno si considera l'influenza dell'effetto arco, secondo la teoria di Terzaghi, che si presenta a causa della della deformabilità della vasca con conseguente detensione della massa che sovrasta la stessa.

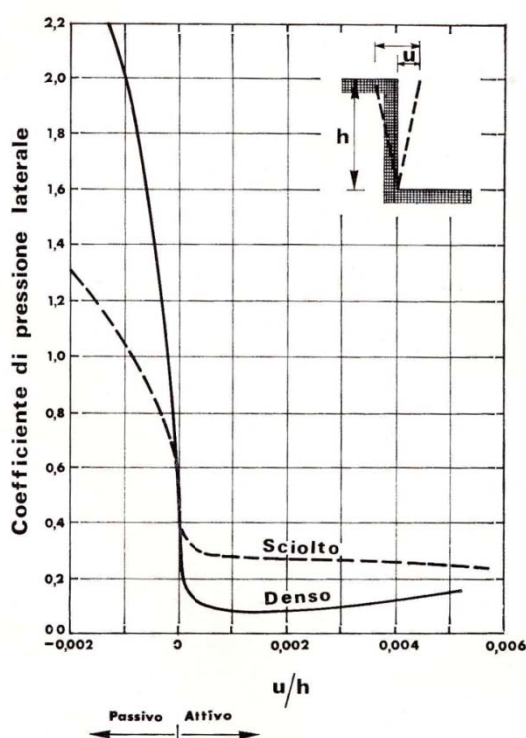


Figura 1: Relazione fra gli spostamenti di un opera di sostegno e i coefficienti di spinta in terreni incoerenti (Terzaghi).

Il calcolo delle azioni agenti sulla lastra di copertura, sulle pareti del pozzetto e sulla soletta di fondazione viene effettuato mediante l'ausilio di un foglio di calcolo e riportato nel seguito distinguendo tra le diverse condizioni di carico previste.

Si considerano quali carichi permanenti il peso proprio degli elementi strutturali (lastra di copertura, pareti e lastra di fondazione della vasca) e non strutturali oltre alla spinta del terreno a tergo dell'opera.

P.P. lastra di copertura (sp.20cm): $G_1 = 2500 \cdot 0,2 = 500 \text{ kg / m}^2$;

P.P. pareti vasca (sp. medio 8cm): $G_1 = 2500 \cdot 0,08 = 200 \text{ kg / m}^2$;

P.P. lastra di fondazione (sp.8cm): $G_1 = 2500 \cdot 0,08 = 200 \text{ kg / m}^2$;

AZIONI DERIVANTI DALL'INTERAZIONE OPERA-TERRENO
Geometria vasca

D	2,475	[m]	(Diametro della cisterna)
H _p	2,38	[m]	(Altezza pareti comprensiva di fondazione)
H _s	0,2	[m]	(Altezza lastra di copertura)

Condizioni di posa

z ₁	0	[m]	
z ₂	1	[m]	(spessore strato di ricoprimento)
z _f	0,5	[m]	(profondità di falda)

Caratteristiche terreno di riporto

φ	35	[°]	(angolo di attrito)
φ	0,61	[rad]	
k _a	0,27		(coefficiente di spinta attiva)
γ	2000	[kg/m ³]	(peso specifico)

Pressioni verticali

σ _{vs}	1925	[kg/m ²]	(pressione verticale agente sulla lastra di copertura)
σ _{vp1}	2293	[kg/m ²]	(press. litostatica alla quota sommitale della vasca)
σ _{vp2}	6262	[kg/m ²]	(pressione litostatica alla quota di base della vasca)

Pressioni orizzontali

σ _{hp1}	621	[kg/m ²]	(press. orizzontale alla quota sommitale della vasca)
σ _{hp2}	1697	[kg/m ²]	(pressione orizzontale alla quota di base della vasca)

AZIONI DOVUTE AI SOVRACCARICI VARIABILI DA TRAFFICO
Lastra di Copertura carrabile autocarri

q	900	[kg/m ²]	(azione di progetto)
σ _v	900	[kg/m ²]	(pressione verticale indotta sulla lastra di copertura)
σ _h	243,89	[kg/m ²]	(pressione orizz. dovuta ai sovraccarichi da traffico)

AZIONI DOVUTE ALLA PRESENZA DI ACQUA NEL TERRENO E NELLA VASCA

σ _{v-}	3450	[kg/m ²]	(sottospinta idraulica)
σ _{v+}	2400	[kg/m ²]	(press. Idrost. verticale dovuta al carico di tutto pieno)

SCARICHI DELLA LASTRA DI COPERTURA

D	2,46	[m]	(Diametro della della vasca)
Q _{perm}	2425	[kg/m ²]	(carico permanente totale di progetto)
Q _{perm,D}	1500	[kg/ml]	(carico permanente sulla circonferenza della cisterna)
Q _{acc}	900	[kg/m ²]	(carico accidentale di progetto)
Q _{acc,D}	556	[kg/ml]	(carico accidentale sulla circonferenza della cisterna)



1.3.2 Azioni sismiche

Per il calcolo dell'azione sismica si fa riferimento al punto 7.11.6.2.1 del D.M. 14/01/2008, adottando il metodo pseudostatico.

L'analisi pseudostatica si effettua utilizzando il metodo dell'equilibrio limite nel quale il modello di calcolo deve comprendere l'opera in questione, il cuneo di terreno a tergo dell'opera supposto in stato limite attivo e gli eventuali sovraccarichi agenti sul cuneo suddetto.

Nell'analisi, l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nel tempo e nello spazio, pari al prodotto tra le forze di gravità e un opportuno coefficiente sismico.

Nelle verifiche per lo stato limite ultimo, in mancanza di studi più approfonditi, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h \cdot W$ e $F_v = k_v \cdot W$ con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

dove: β_m è coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g è l'accelerazione di gravità.

Per le opere che non sono in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno durante l'azione sismica, il coefficiente β_m assume valore unitario.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove: S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_T) e dell'amplificazione topografica (S_S), di cui al § 3.2.3.2;

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, per la cui determinazione si rimanda al punto 1.4. della presente relazione.

Il calcolo delle sollecitazioni sismiche agenti sulle pareti della cisterna viene effettuato mediante l'ausilio di un foglio di calcolo:

AZIONI SISMICHE

ag	0,209	[g]	
Ss	1,2		
St	1		
W	2000	[kg/m ²]	
βm	1		
kh	0,25		
σh	500	[kg/m ²]	(spinta sismica di progetto)

1.4 Combinazioni di carico

1.4.1 Combinazioni di calcolo – Modello ELEMENTO CISTERNA

Le condizioni di carico previste per la condizione di posa interrata comprendono:

- Cond. 1 : Peso Proprio
- Cond. 2 : Permanenti G1
- Cond. 3 : Variabili (1° Categoria)
- Cond. 4 : Sisma
- Cond. 5 : Peso di tutto pieno
- Cond. 6 : Sottospinte idrauliche

Combinazioni agli Stati Limite Ultimi

Combinazione di carico numero

1	SLU -STR
2	SLV
3	SLU -GEO

Comb.\Cond	1	2	3	4	5	6
1	1.35	1.35	1.35			1.35
2	1	1		1		1
3	1.35	1.35	1.35		1.35	

Combinazioni RARE Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero

4	RARA
---	------

Comb.\Cond	1	2	3	6
4	1	1	1	1

Combinazioni FREQUENTI Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero

5	FREQUENTE
---	-----------

Comb.\Cond	1	2	3	6
5	1	1	0.4	1



Combinazioni QUASI PERMANENTI Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero			
6	QUASI PERMANENTE		
Comb.\Cond	1	2	6
6	1	1	1

1.4.2 Combinazioni di calcolo – Modello LASTRA DI COPERTURA

Le condizioni di carico previste comprendono:

- Cond. 1 Peso Proprio
- Cond. 2 Permanenti G1
- Cond. 3 Accidentali

Le condizioni di carico saranno combinate come di seguito:

Combinazioni agli Stati Limite Ultimi

Combinazione di carico numero			
1	SLU1		
Comb.\Cond	1	2	3
1	1.35	1.35	1.35

Combinazioni RARE Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero			
2	RARA1		
Comb.\Cond	1	2	3
2	1	1	1

Combinazioni FREQUENTI Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero			
3	FREQ1		
Comb.\Cond	1	2	3
3	1	1	0.4

Combinazioni QUASI PERMANENTI Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero			
4	QP1		
Comb.\Cond	1	2	
4	1	1	

2 RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

In accordo con il Capitolo 6 del DM 14/01/2008, le verifiche di sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi, per le opere di sostegno o le strutture ad essi assimilabili, devono essere soddisfatte per quel che riguarda la stabilità globale del complesso opera-terreno (SLU-EQU), la portanza del terreno su cui è fondata la struttura (SLU-GEO) e la resistenza degli elementi strutturali, compresi gli elementi di fondazione (SLU-STR).

Per quanto concerne gli stati limite ultimi di carattere idraulico, si procede alla verifica dell'equilibrio sotto l'azione della sottospinta idraulica, ovvero alla verifica di sollevamento per galleggiamento (SLU-UPL).

Nello specifico, date le caratteristiche del manufatto e delle condizioni di posa, si omette la verifica di stabilità globale del complesso opera-terreno e si adotta, per le rimanenti verifiche (GEO e STR) l'Approccio 2.

La verifica di portanza del terreno di fondazione (SLU-GEO) si effettua nella condizione di massimo volume d'acqua invasato dalla vasca, mentre, per quanto concerne la condizione di posa in opera interrata, il dimensionamento e la verifica della soletta di fondazione vengono condotti, in favore di sicurezza, nella condizione di vasca vuota, considerando la sottospinta idraulica.

2.2. *Proprietà meccaniche e comportamento strutturale di elementi in calcestruzzo fibrorinforzato con fibre in acciaio (SFRC)*

L'aggiunta di fibre disperse in una matrice cementizia ne modifica le proprietà meccaniche, in particolare migliorandone il comportamento a trazione attraverso l'azione di contrasto effettuata nei confronti dell'apertura progressiva delle fessure. Una volta raggiunta la fessurazione della matrice, le fibre sono in grado di manifestare il proprio contributo, conferendo al composito una resistenza post-fessurazione assente nella matrice senza fibre.

Il comportamento fortemente degradante, tipico di una prova di trazione monoassiale sul calcestruzzo, può essere modificato in modo significativo dall'aggiunta di fibre, al crescere della percentuale volumetrica delle stesse.

In accordo al punto 1.5 delle CNR-DT 204/2006, *le proprietà nominali del fibrorinforzato indurito devono essere determinate su provini normalizzati, realizzati e maturati in condizioni controllate, mediante prove standard di laboratorio.*

Si sottolinea che il dosaggio minimo di fibre per impieghi strutturali non deve essere inferiore allo 0,3% in volume. Nel caso in essere si adotta un dosaggio di fibre pari a 25kg/mc corrispondente ad una percentuale volumetrica V_f pari a 0,32%, superiore al limite normativo.

2.2.1. **Comportamento a compressione**

In accordo al punto 2.5.2.1 delle CNR-DT 204/2006, *le fibre sono generalmente in grado di ridurre la fragilità della matrice, ma non di influenzarne sensibilmente il comportamento a compressione.*

Nella pratica, il legame costitutivo del calcestruzzo fibrorinforzato ed in particolare la sua resistenza possono essere assimilati a quelli del materiale non rinforzato.



2.2.2. Comportamento a trazione

In accordo al punto 2.5.2.2 delle CNR-DT 204/2006, viene suggerito un approccio di tipo prestazionale che identifichi sperimentalmente la curva costitutiva a trazione attraverso opportune prove su campioni di calcestruzzo fibrorinforzato.

Il calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio (Steel Fiber Reinforced Concrete, SFRC), presenta un'elevata resistenza a trazione post-fessurazione (definita anche col termine tenacità). Per poter quantificare la maggiore tenacità rispetto ad un calcestruzzo privo di fibre risulta necessario svolgere prove sperimentali. Per il calcestruzzo adottato nell'analisi numerica (classe C32/40) della cisterna in oggetto, si è fatto riferimento ai risultati di prove di flessione su tre punti di carico eseguite dalla Bekaert su provini intagliati, in accordo con la norma EN14651 (2006). Per i dosaggi di fibre impiegati nella sperimentazione, 20 kg/m^3 e 30 kg/m^3 , si dispone rispettivamente dei dati relativi a 8 e a 9 provini.

Nei diagrammi di Figura 2 e di Figura 3 sono rispettivamente riportate le curve carico-freccia dei provini in calcestruzzo C35/45, confezionati con dosaggio di fibre pari a 20 kg/m^3 e 30 kg/m^3 .

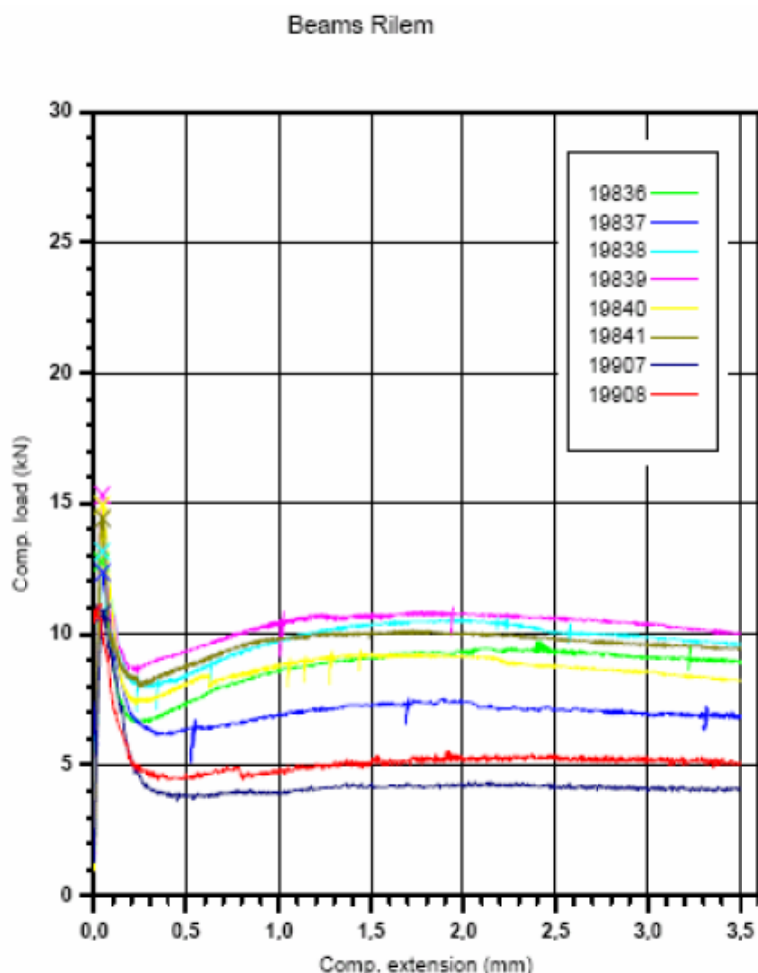


Figura 2: Curva Carico-Freccia dei provini in SFRC con dosaggio di 20 kg/m^3 .

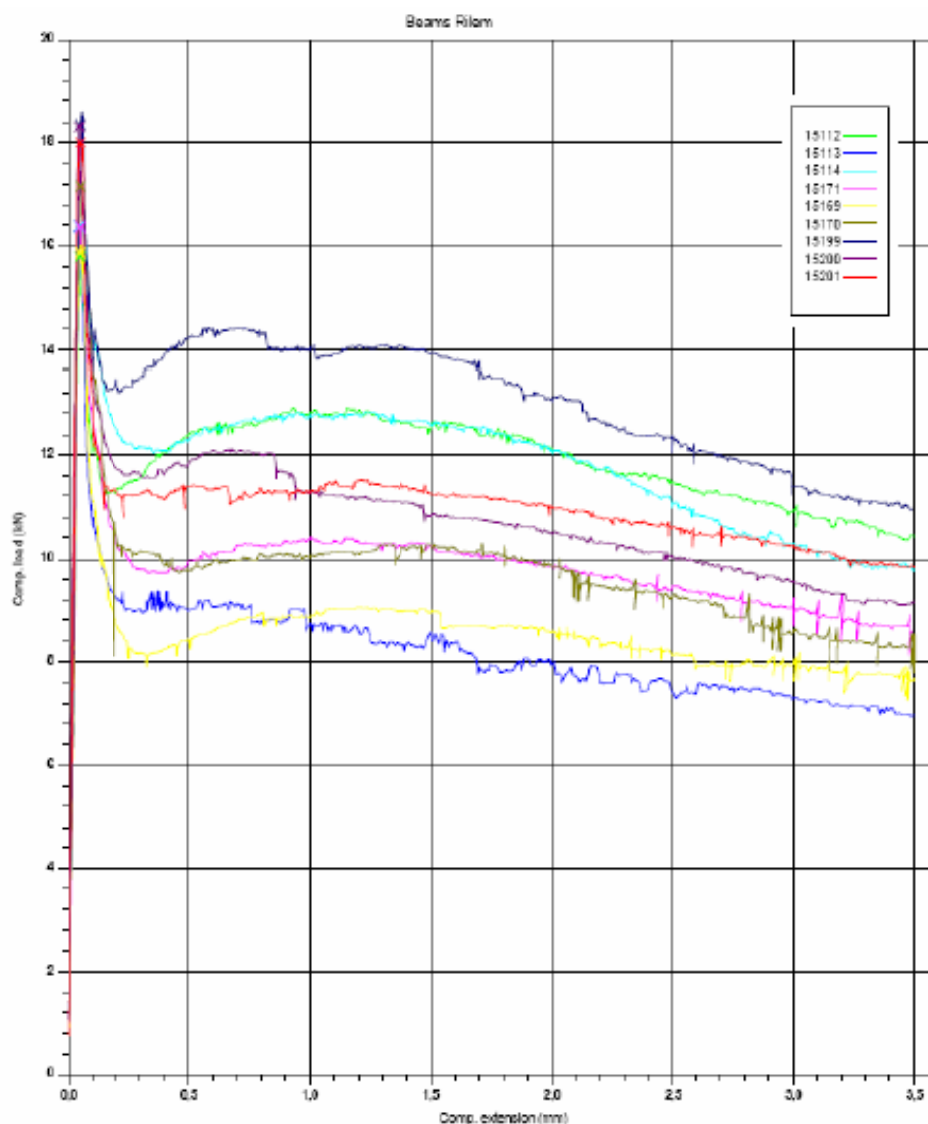


Figura 3: Curva Carico-Freccia dei provini in SFRC con dosaggio di 30 kg/m³.

La norma EN 14651 (2006) prescrive di rilevare lo sforzo residuo nominale nella sezione al di sopra dell'intaglio (valutato nell'ipotesi di sezioni piane), in corrispondenza dei valori di freccia pari a 0.46, 1.31, 2.15 e 3 mm. I valori degli sforzi residui nominali, relativi ai dosaggi di fibre DRAMIX RC-80/60-CN considerati, sono riassunti in Figura 4.

La norma UNI 11039 (2003) prevede la determinazione del punto convenzionale di prima fessurazione del provino P_{1f} , dal quale le fibre iniziano ad attivarsi. La resistenza di prima fessurazione f_{1f} è fornita, considerando convenzionalmente una distribuzione lineare delle tensioni nella sezione resistente posta al di sopra dell'intaglio.

La normativa prevede inoltre di determinare due resistenze post-fessurazione: la prima, tipica per le condizioni di esercizio, è la tensione media nel tratto con apertura di fessura (CTOD) variabile tra 0 e 0,6 mm ($f_{eq(0-0,6)}$), la seconda, tipica per lo stato limite ultimo, è la tensione media nel tratto di apertura di fessure variabile tra 0,6 e 3,0 mm ($f_{eq(0,6-3,0)}$). Tali tensioni vengono determinate a partire dal CTOD convenzionale di prima fessurazione ($CTOD_0$), assunto come valore di CTOD (medio) corrispondente al carico di picco rilevato dai provini di calcestruzzo senza fibre.



I parametri $f_{eq(0-0,6)}$ e $f_{eq(0,6-3,0)}$ sono stati determinati disponendo dei dati puntuali riportati in Figura 4, con le seguenti assunzioni:

- La EN 14651 propone delle corrispondenze convenzionali tra la freccia del provino e l'apertura di fessura alla bocca dell'intaglio (CMOD). In particolare, ai valori di freccia $d=0.46, 1.31, 2.15$ e 3mm , corrispondono rispettivamente ai seguenti valori di $CMOD=0.5, 1.5, 2.5$ e 3.5mm ;
- Si assume che a valori di $(d=0.46; CMOD=0.5)$ e $(d=2.15; CMOD=2.5)$ corrispondano, rispettivamente, valori di CTOD pari a 0.3 e 1.8mm . In questo modo gli sforzi equivalenti corrispondenti a valori di spostamento $d=0.46$ e 2.15mm , possono essere adottati rispettivamente come sforzi equivalenti $f_{eq(0-0,6)}$ e $f_{eq(0,6-3,0)}$ previsti dalla norma UNI 11039 (2003).

Provino	$\sigma, \delta=0,46$	$\sigma, \delta=1,31$	$\sigma, \delta=2,15$	$\sigma, \delta=3,0$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
DRAMIX® RC-80/60-CN , $V_f=20 \text{ kg/m}^3$, C35/45				
19836	2,34	2,90	3,07	2,96
19837	1,99	2,27	2,27	2,19
19838	2,66	3,27	3,32	3,16
19839	2,9	3,34	3,37	3,27
19840	2,52	2,85	2,85	2,69
19841	2,75	3,17	3,18	3,06
19907	1,22	1,34	1,35	1,31
19908*	1,45	1,60	1,67	1,70
* 19908 excluded: no correct zero setting				
DRAMIX® RC-80/60-CN , $V_f=30 \text{ kg/m}^3$, C35/45				
15112	3,92	4,06	3,77	3,49
15113	2,91	2,67	2,47	2,33
15114	3,92	4,08	3,80	3,29
15171	3,14	3,29	3,10	2,91
15169	2,67	2,88	2,68	2,55
15170	3,11	3,28	3,07	2,75
15199	4,54	4,51	4,08	3,65
15200	3,79	3,56	3,30	3,06
15201	3,62	3,64	3,48	3,27

Figura 4: Valori di tensione residua nominale rilevati nei provini con intaglio, secondo la norma EN 14651.

I valori medi e caratteristici degli sforzi corrispondenti a spostamenti $d=0.46$ e 2.15 mm , assunti convenzionalmente pari a $f_{eq(0-0,6)}$ e $f_{eq(0,6-3,0)}$, sono riportati in figura 5.

In particolare, i valori caratteristici sono stati determinati facendo riferimento alle indicazioni riportate nell'Appendici D delle istruzioni CNR-DT 204 (2006).

Provino	$\sigma, \delta=0,46$	$\sigma, \delta=2,15$
	[MPa]	[MPa]
DRAMIX® RC-80/60-CN , $V_f=20 \text{ kg/m}^3$, C35/45		
19836	2,34	3,07
19837	1,99	2,27
19838	2,66	3,32
19839	2,9	3,37
19840	2,52	2,85
19841	2,75	3,18
19907	1,22	1,35
Valore medio	2,34	2,77
Deviazione Standard	0,58	0,73
Valore caratteristico	1,63	1,87
DRAMIX® RC-80/60-CN , $V_f=30 \text{ kg/m}^3$, C35/45		
15112	3,92	3,77
15113	2,91	2,47
15114	3,92	3,80
15171	3,14	3,10
15169	2,67	2,68
15170	3,11	3,07
15199	4,54	4,08
15200	3,79	3,30
15201	3,62	3,48
Valore medio	3,51	3,31
Deviazione Standard	0,60	0,53
Valore caratteristico	2,82	2,68

Figura 5: Valori medi e caratteristici delle grandezze $f_{eq(0-0,6)}$ e $f_{eq(0,6-3,0)}$ individuate secondo la norma UNI 11039 (2003).

I parametri caratteristici delle resistenze equivalenti $f_{eq(0-0,6)}$ e $f_{eq(0,6-3,0)}$, determinati per i dosaggi di fibre considerati, sono i parametri di partenza previsti dalle istruzioni CNR-DT 204 per determinare i legami costitutivi post-fessurazione. Tali legami sono stati impiegati nelle simulazioni numeriche.

Impiegando i valori caratteristici delle resistenze equivalenti $f_{eq(0-0,6)}$ e $f_{eq(0,6-3,0)}$ determinate precedentemente, sono stati calcolati i valori delle resistenze f_{Ftsk} ed f_{Ftuk} , ed il conseguente legame trazione post-fessura caratteristico, utilizzato nelle analisi numerica della cisterna oggetto di studio. I valori delle resistenze caratteristiche relativi al calcestruzzo con contenuto di fibre pari a 25 kg/m^3 (Figura 6), sono stati calcolati per interpolazione lineare delle resistenze caratteristiche ottenute per i calcestruzzi con dosaggi di fibre pari a 30 kg/m^3 e 20 kg/m^3 .

Dividendo le grandezze caratteristiche per il coefficiente $\gamma=1.5$, si sono ricavate le grandezze di progetto f_{Ftsd} ed f_{Ftud} indicate in Figura 6 col quale si ottiene il legame costitutivo di progetto a trazione (post-fessurazione) utilizzato nelle analisi numeriche.

Parametri di frattura secondo CNR-DT 204				
	f_{Ftsk}	f_{Ftuk}	f_{Ftsd}	f_{Ftud}
	Characteristic Value		Design Value	
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
DRAMIX® RC-80/60 (30 kg/m^3)	1,36	0,47	0,90	0,32
DRAMIX® RC-80/60 (20 kg/m^3)	0,82	0,61	0,55	0,41
DRAMIX® RC-80/60 (25 kg/m^3)	1,09	0,54	0,73	0,37

Figura 6: Parametri f_{Ftsk} e f_{Ftuk} .

2.3. Modellazione della struttura

Il codice di calcolo adottato è Enexsys Winstrand prodotto dalla En.Ex.Sys. s.r.l. di Casalecchio di Reno (BO). Per le caratteristiche del programma e i dettagli sulla modellazione della struttura si rimanda all'allegato 1 - Tabulato di calcolo derivante dal calcolatore.

Come richiesto al punto 10.2 del D.M. 14/01/2008, si precisa che l'attendibilità del programma di calcolo è stata accertata dal progettista tramite prove e confronti di massima, per la cui visione si rimanda all'allegato 1 – Tabulato del codice di calcolo; si può quindi affermare che tale codice fornisce risultati corretti e congruenti.

In fase di modellazione la vasca e la lastra di copertura sono state trattate separatamente. In particolare la soletta di fondazione e le pareti della cisterna sono state modellate attraverso elementi isoparametrici a quattro nodi tipo shell. Il vincolo di fondazione è stato modellato come suolo alla Winkler.

La lastra di copertura è stata modellata attraverso elementi isoparametrici a quattro e tre nodi tipo shell con vincolo a cerniera lungo il perimetro esterno.

Nelle seguenti figure sono rappresentati il modelli tridimensionali agli elementi finiti sviluppati mediante elaboratore, nonché gli schemi statici e i principali stati di deformazione e di sollecitazione degli elementi strutturali.

Per i valori delle azioni, si rimanda alle tabelle dei paragrafi precedenti.

2.3.1. Modello 3D agli elementi finiti - Modello ELEMENTO VASCA

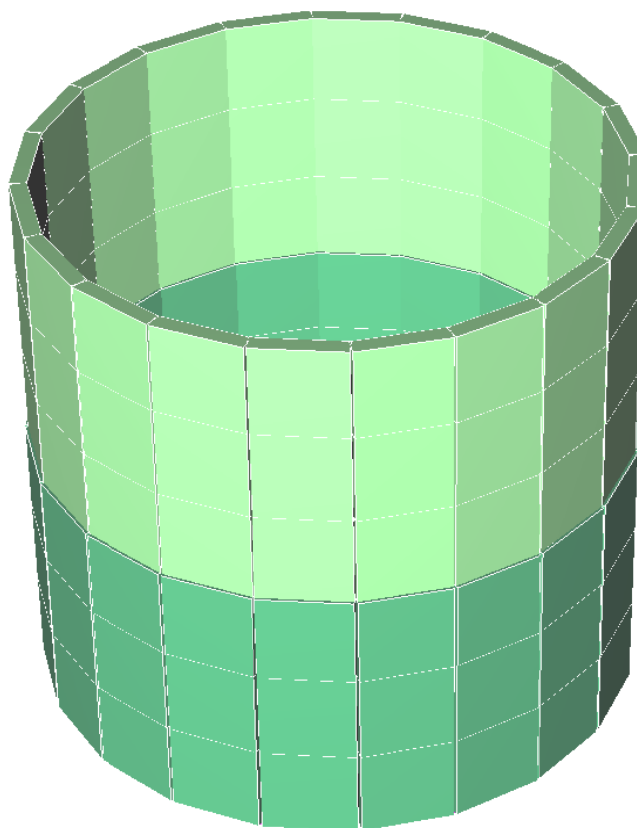


Figura 7: Vista del Modello di Calcolo (sezioni solide).



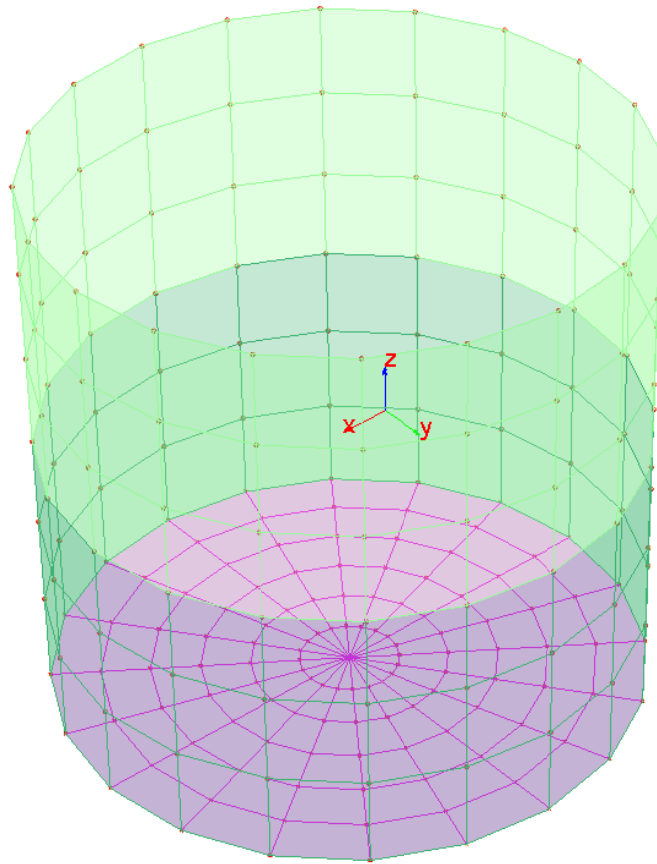


Figura 8: Vista del Modello di Calcolo.

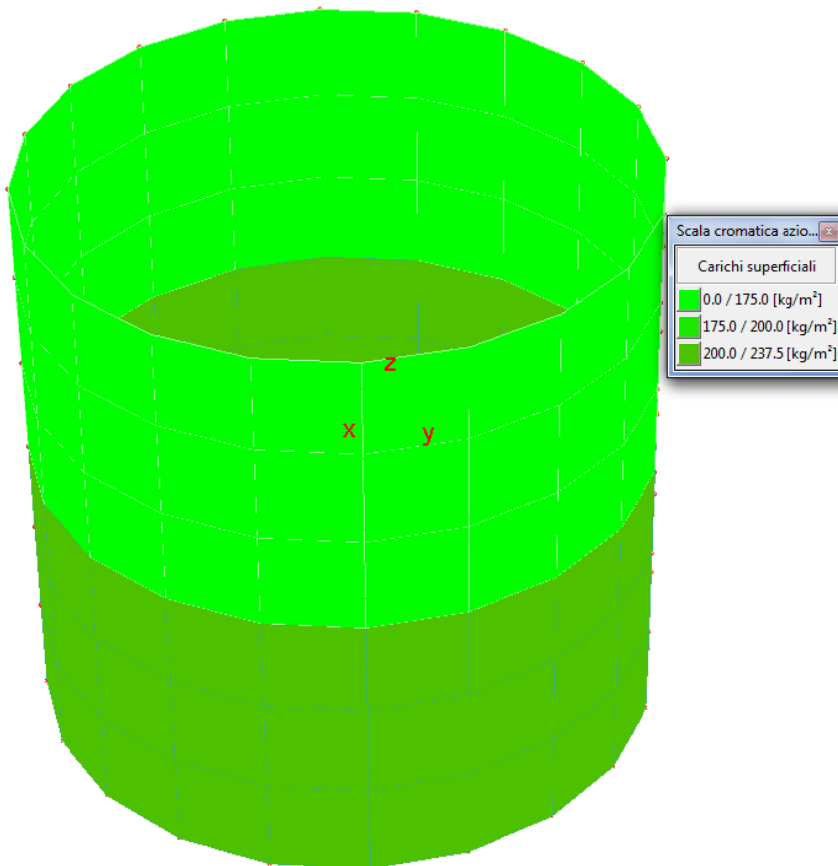


Figura 9: Peso Proprio G1.

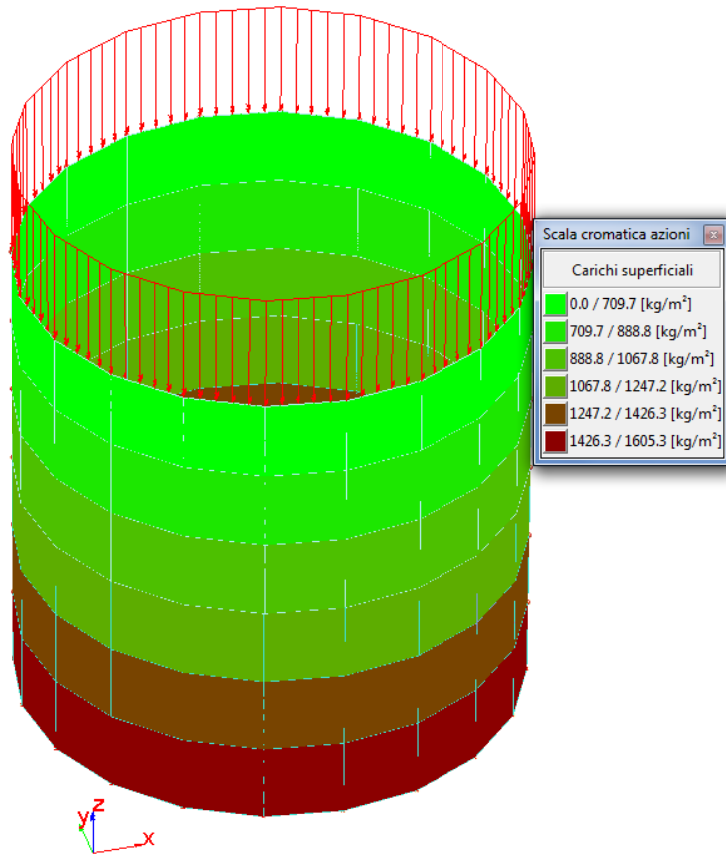


Figura 10: Carichi Permanenti.

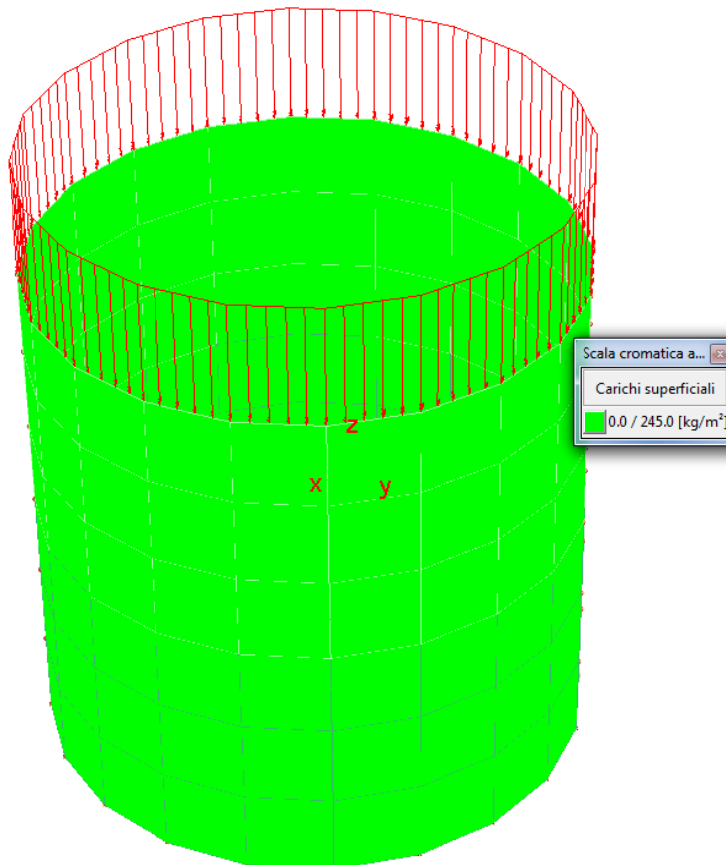


Figura 11: Carichi Accidentali (Traffico).

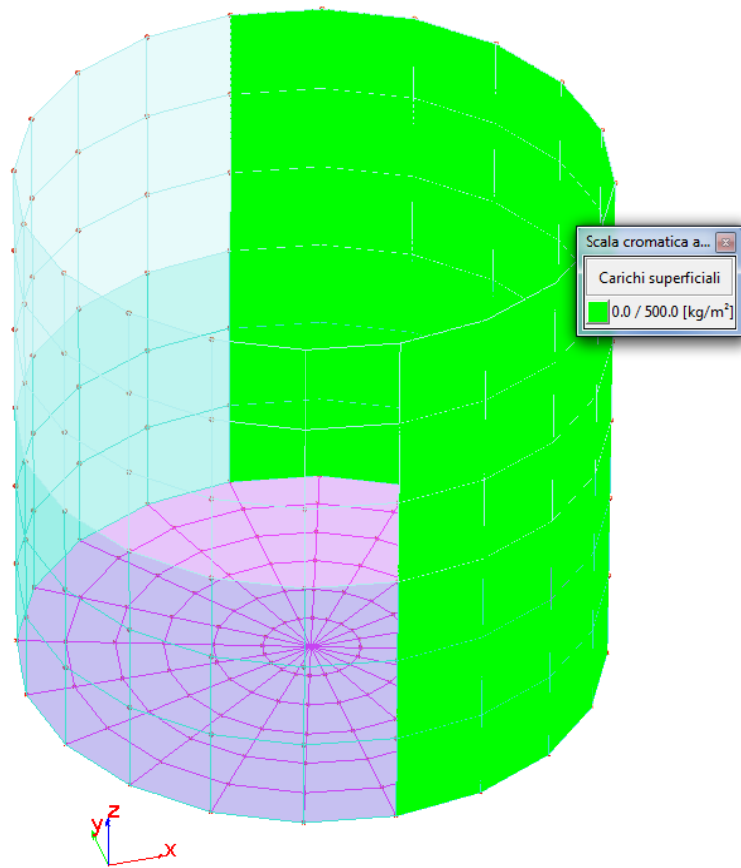


Figura 12: Sisma.

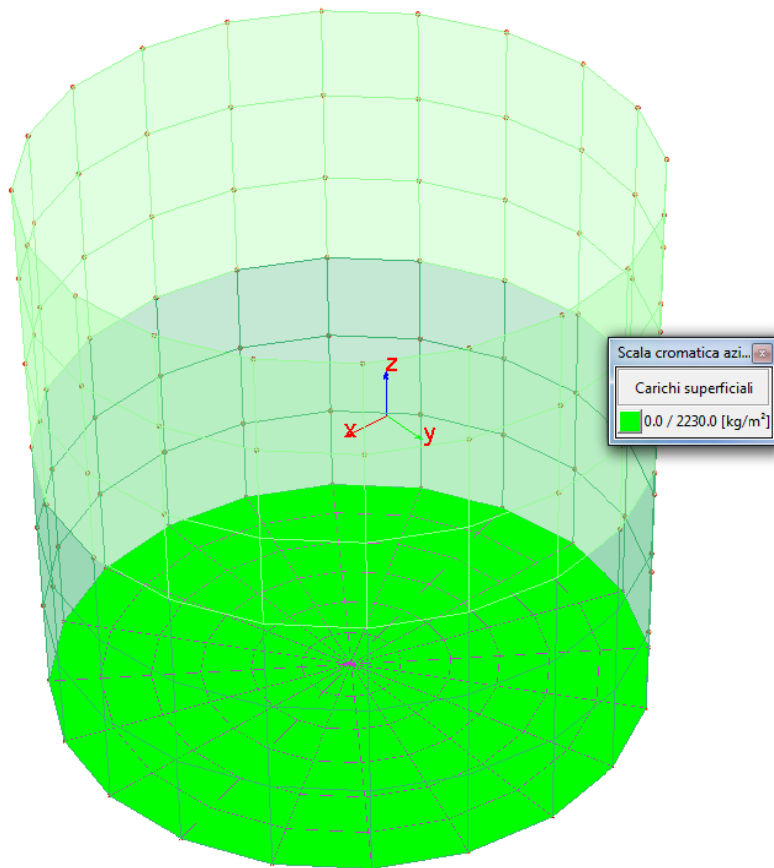


Figura 13: peso di Tutto Pieno.



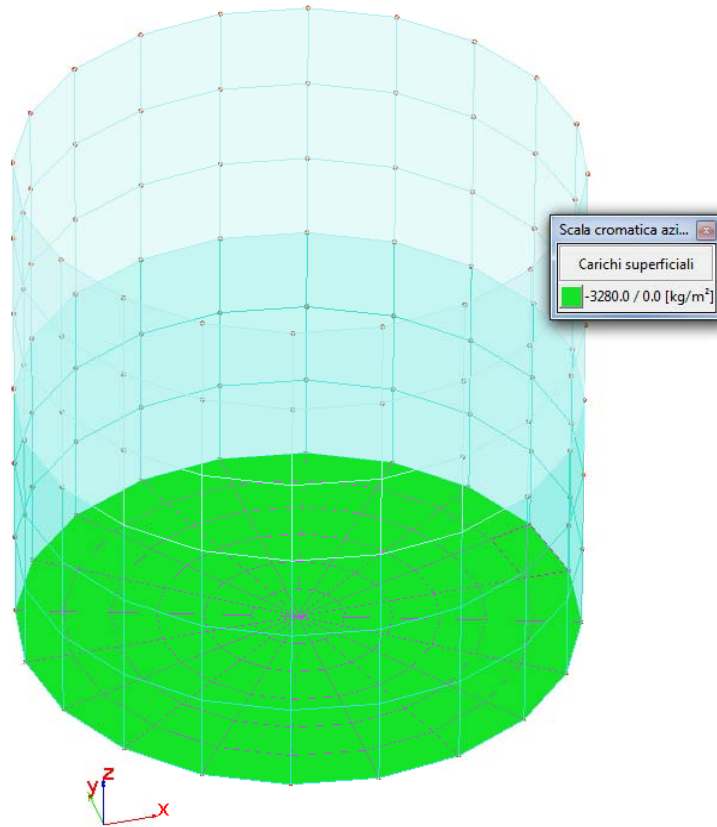


Figura 14: Sottospinta Idraulica.

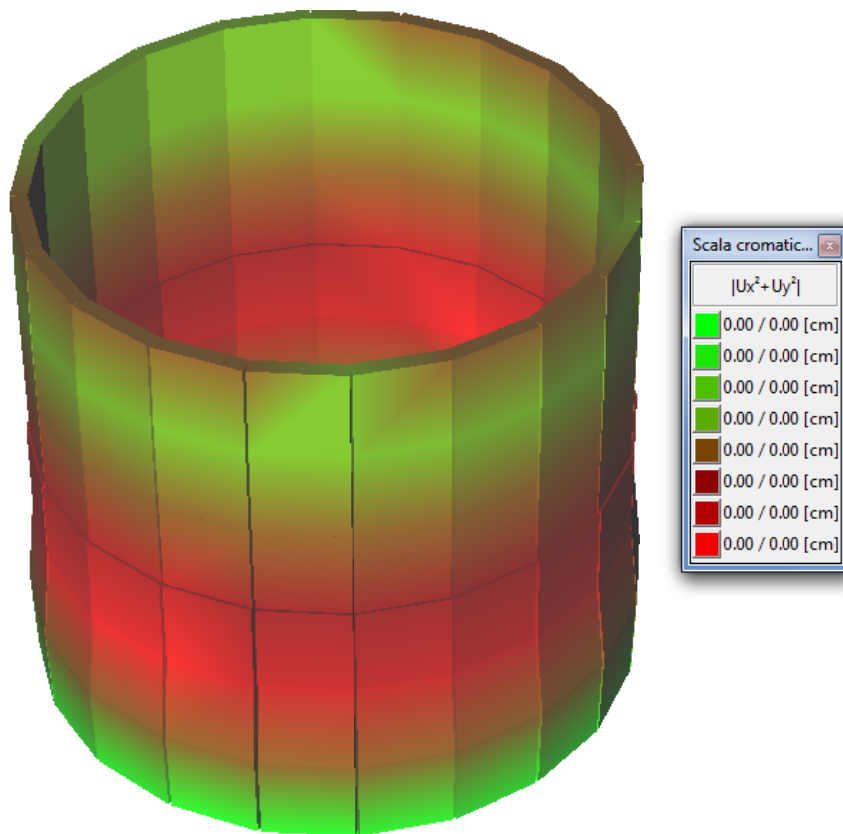


Figura 15: Configurazione defomata – SLE RARA.

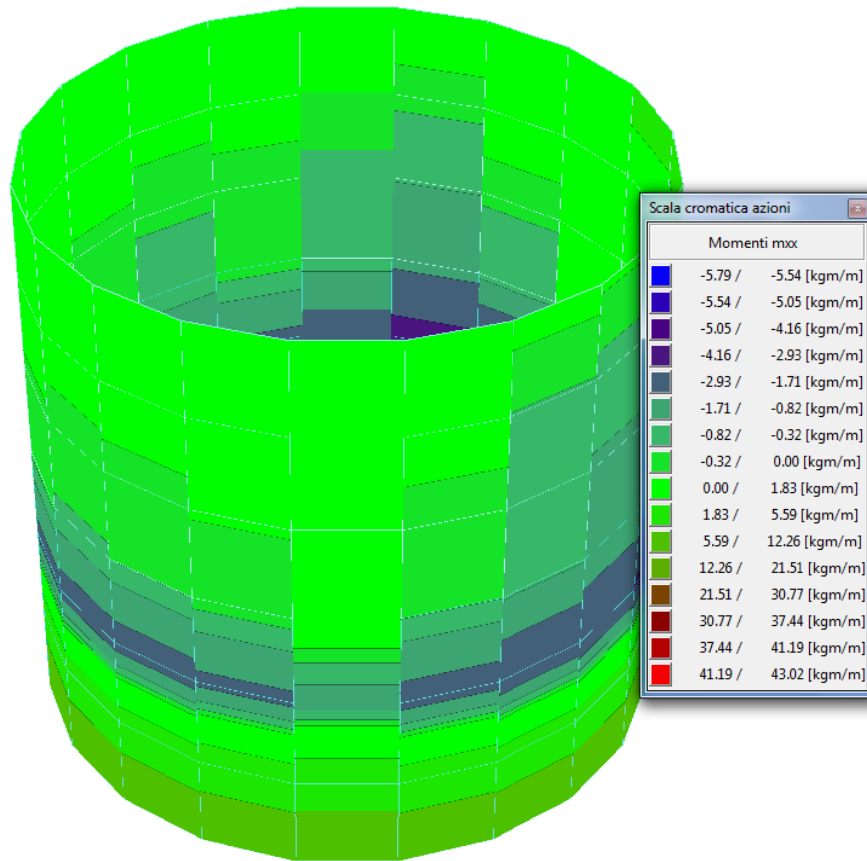


Figura 16: Massimi momenti Mxx sulle pareti della vasca interrata in kgm/m per la combinazione SLU statica.

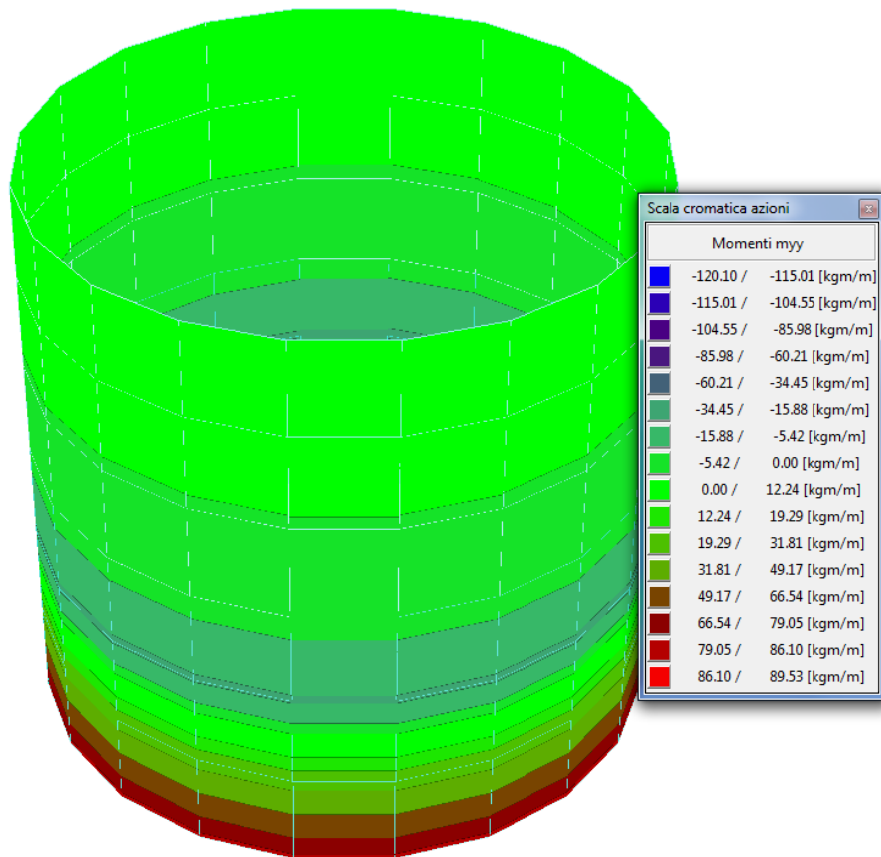


Figura 17: Massimi momenti Myy sulle pareti della vasca interrata in kgm/m per la combinazione SLU statica.

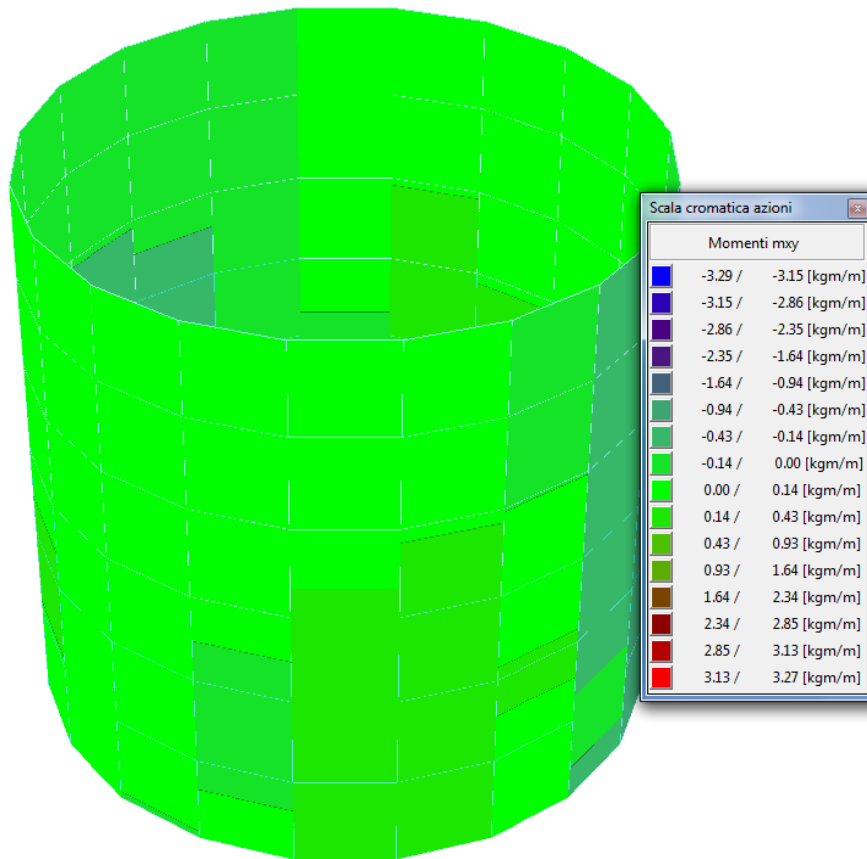


Figura 18: Massimi momenti Mxy sulle pareti della vasca interrata in kgm/m per la combinazione SLU statica.

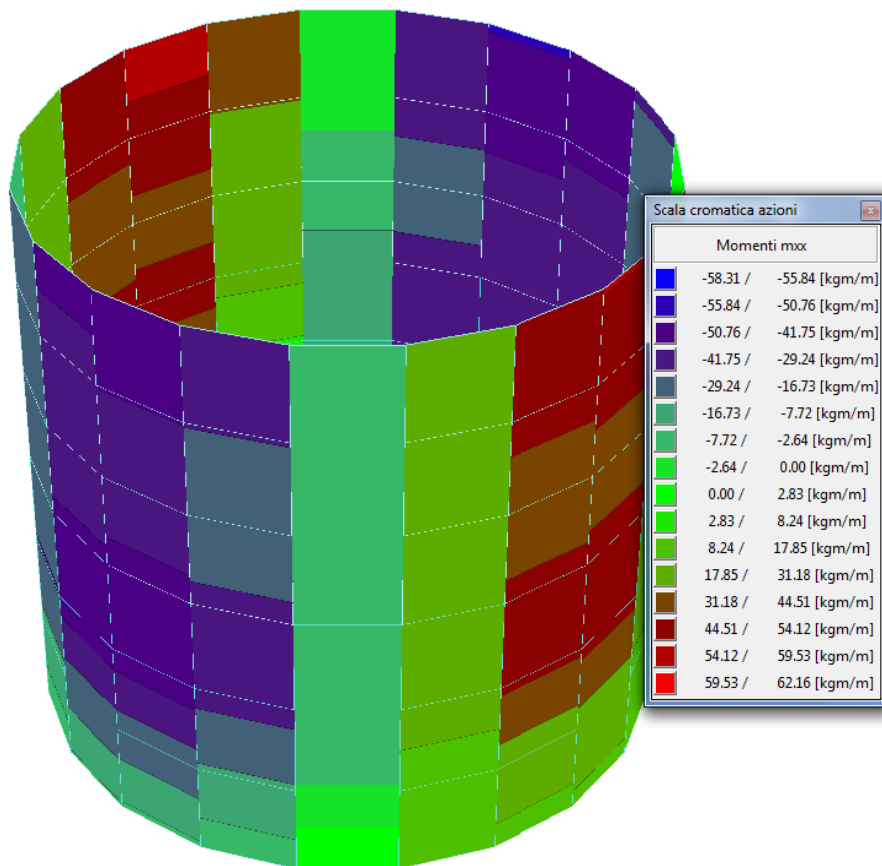


Figura 19: Massimi momenti Mxx sulle pareti della vasca interrata in kgm/m per la combinazione SLV.

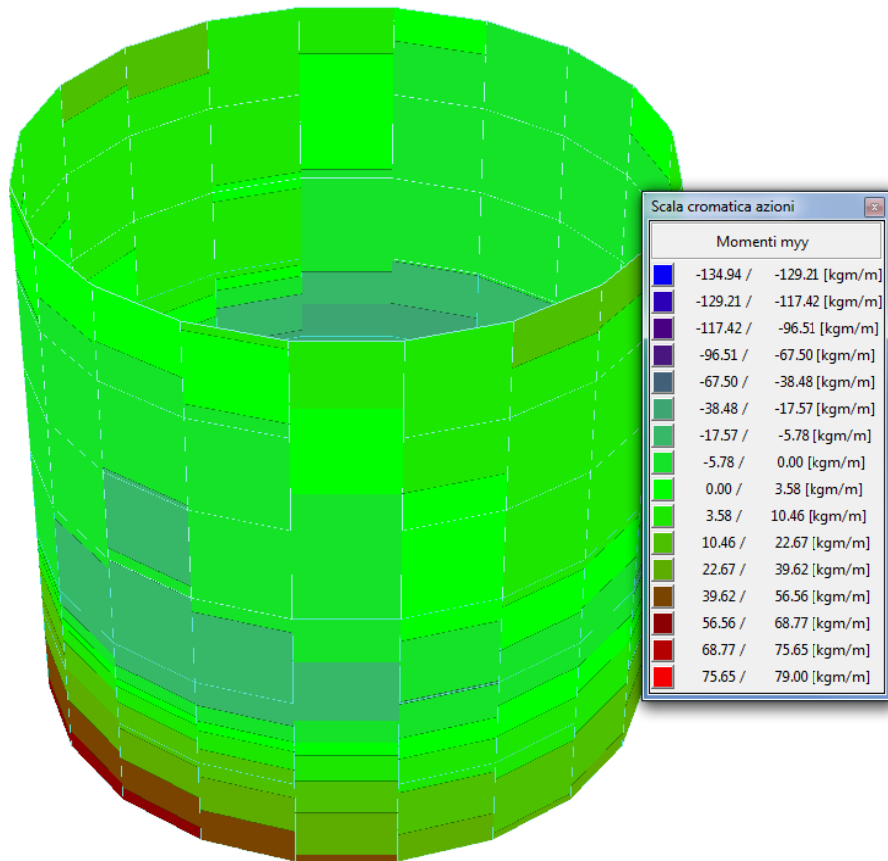


Figura 20: Massimi momenti Myy sulle pareti della vasca interrata in kgm/m per la combinazione SLV.

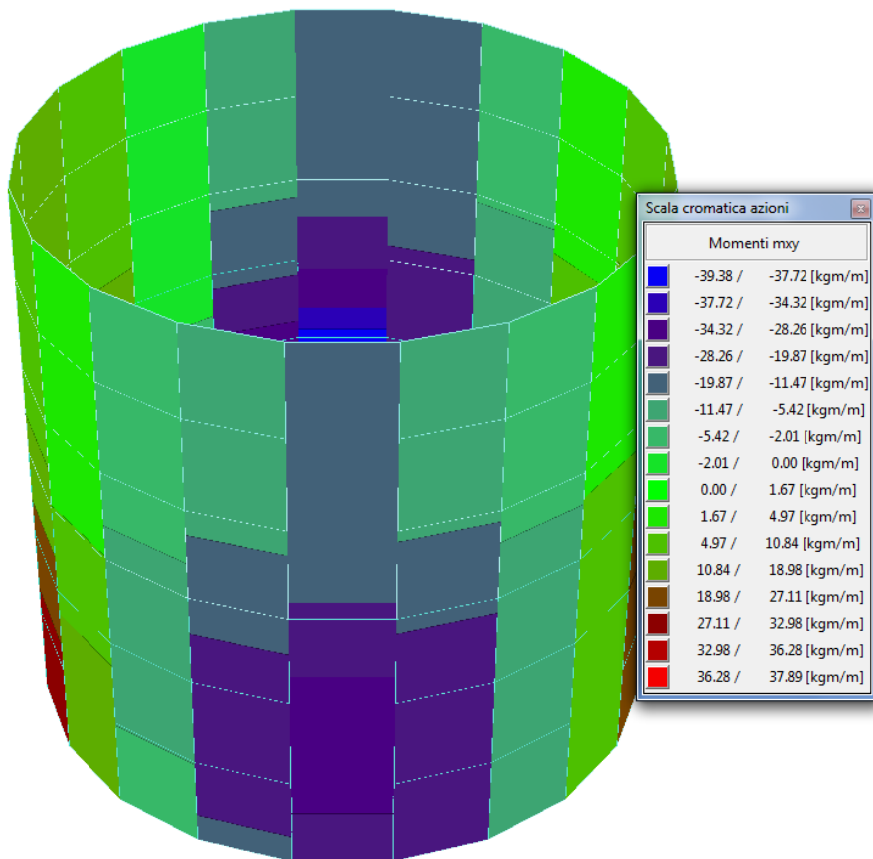


Figura 21: Massimi momenti Mxy sulle pareti della vasca interrata in kgm/m per la combinazione SLV.

2.3.2. Modello 3D agli elementi finiti - modello LASTRA DI COPERTURA

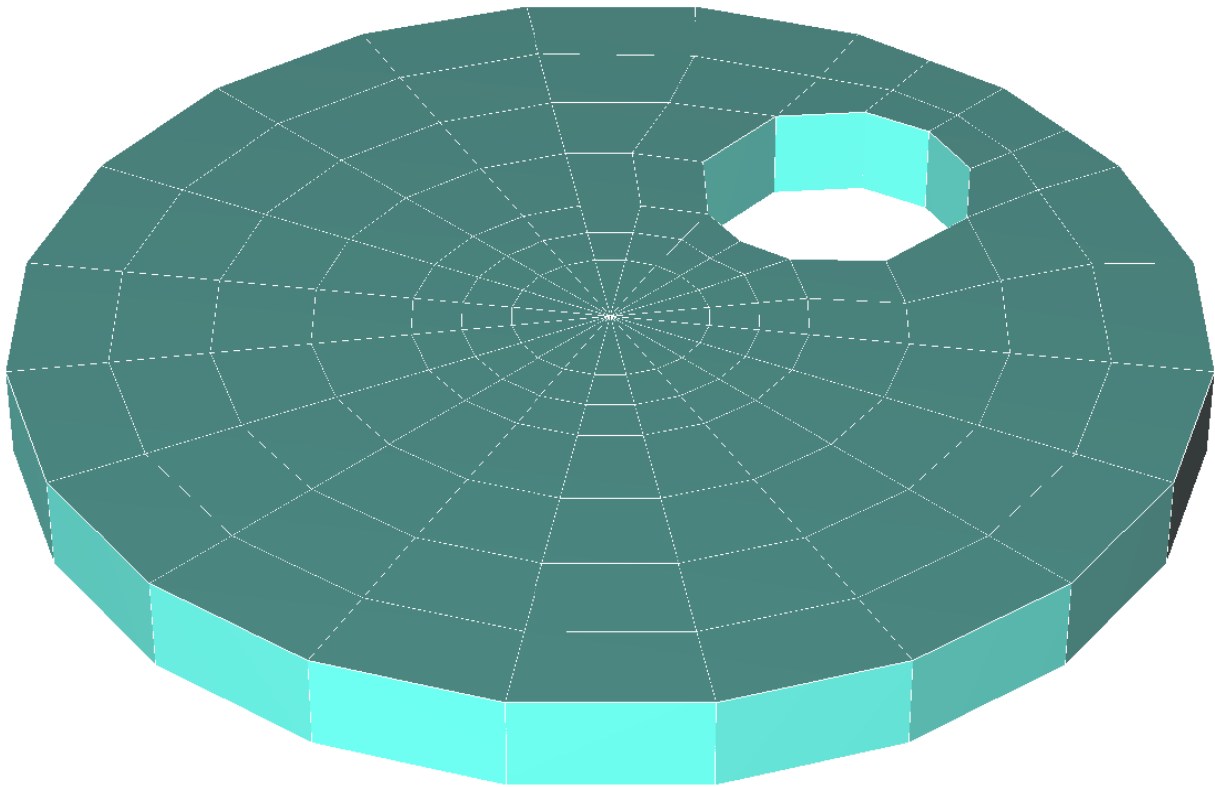


Figura 22: Vista del Modello di Calcolo (sezioni solide).

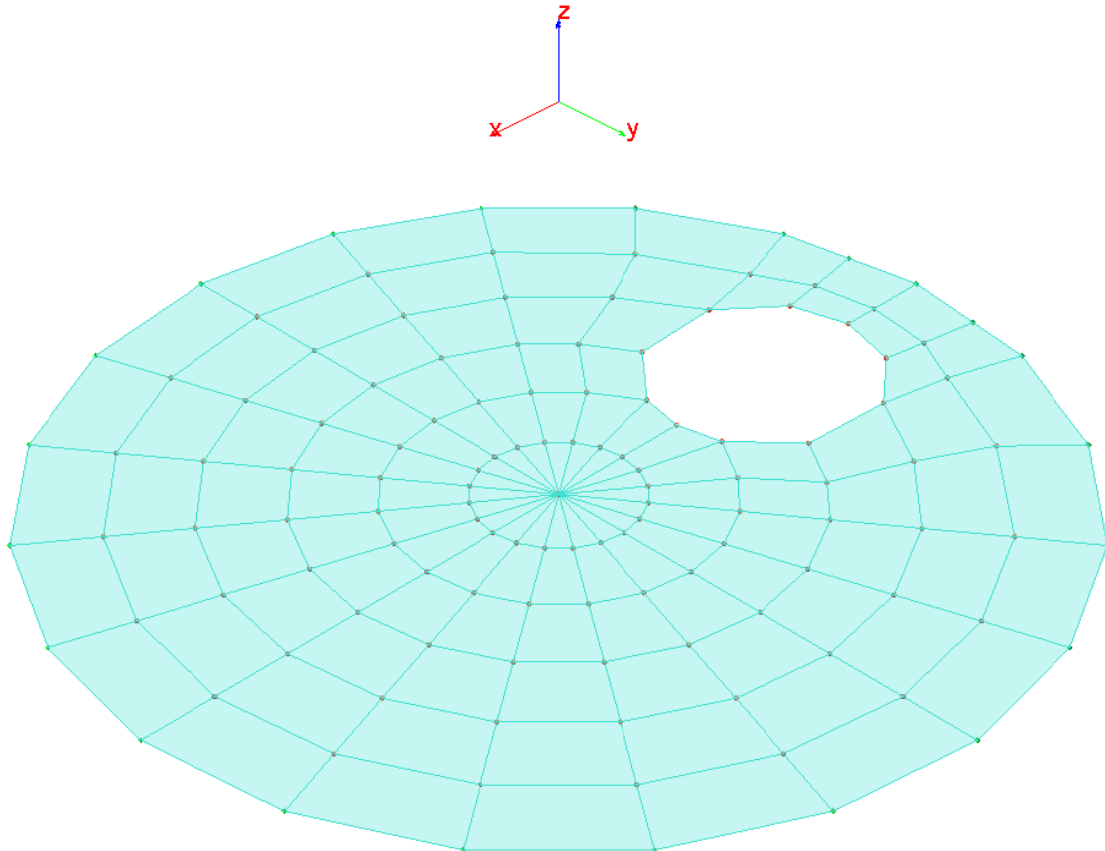


Figura 23: Vista del Modello di Calcolo.



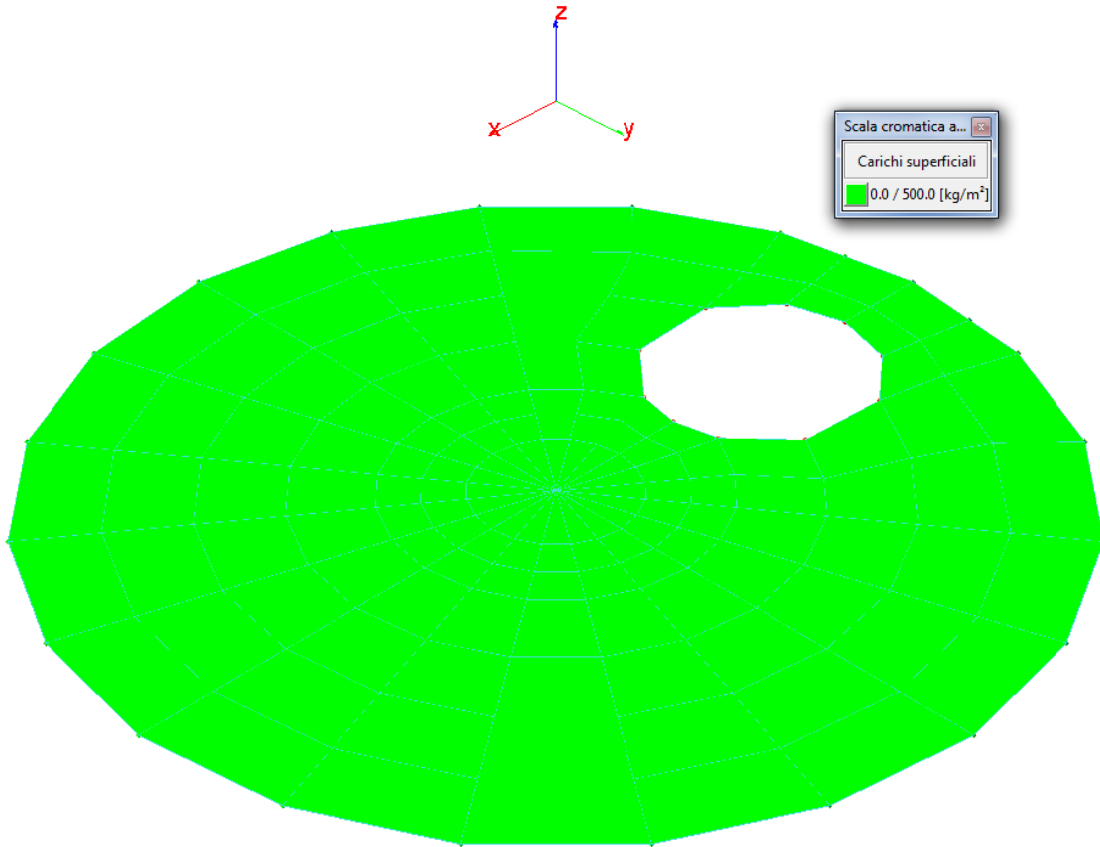


Figura 24: Peso Proprio.

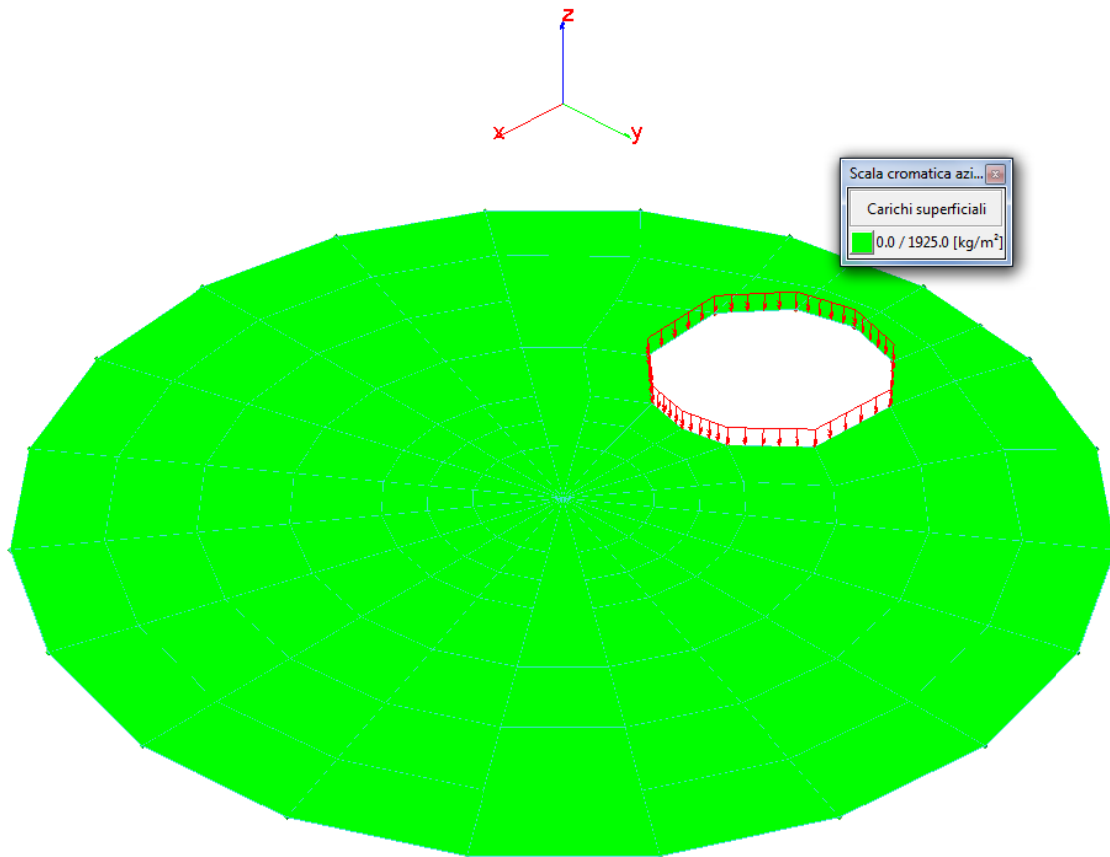


Figura 25: Carichi Permanenti.

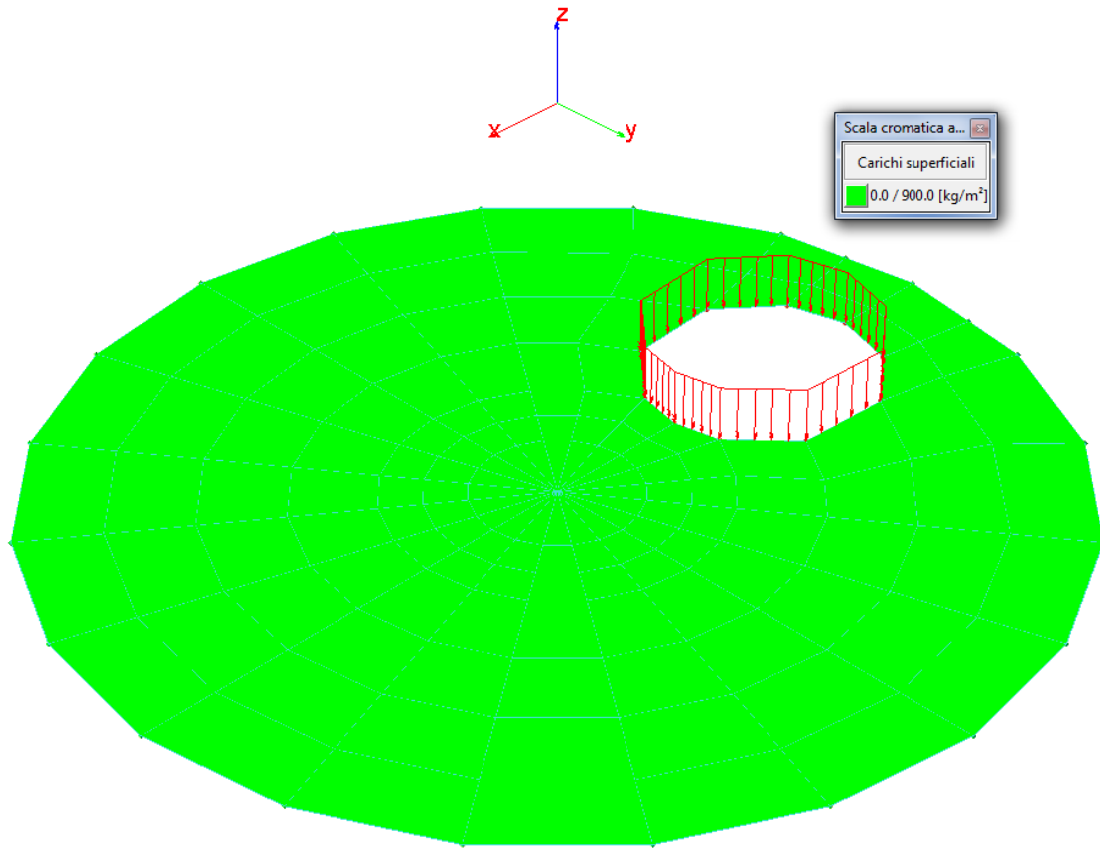


Figura 26: Carichi Accidentali da Traffico.

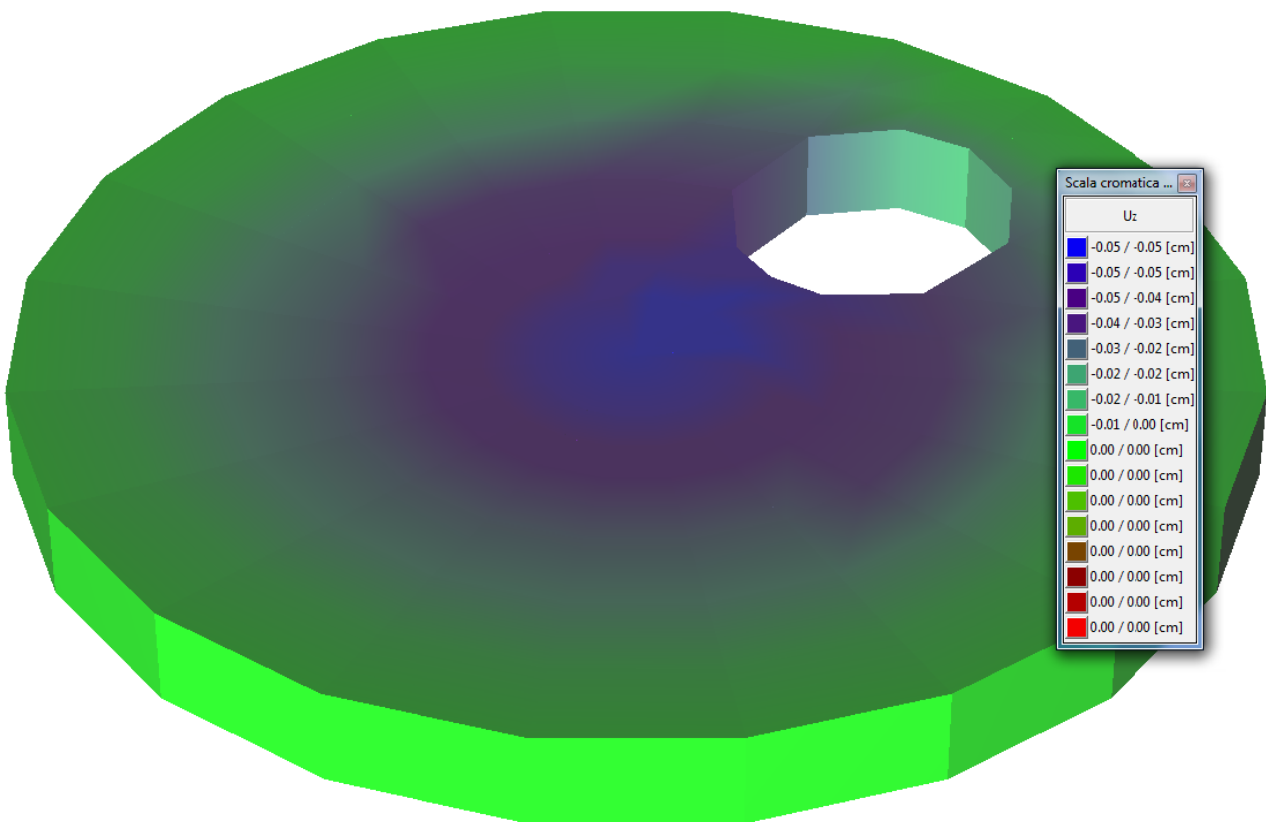


Figura 27: Configurazione deformata – SLE RARA.

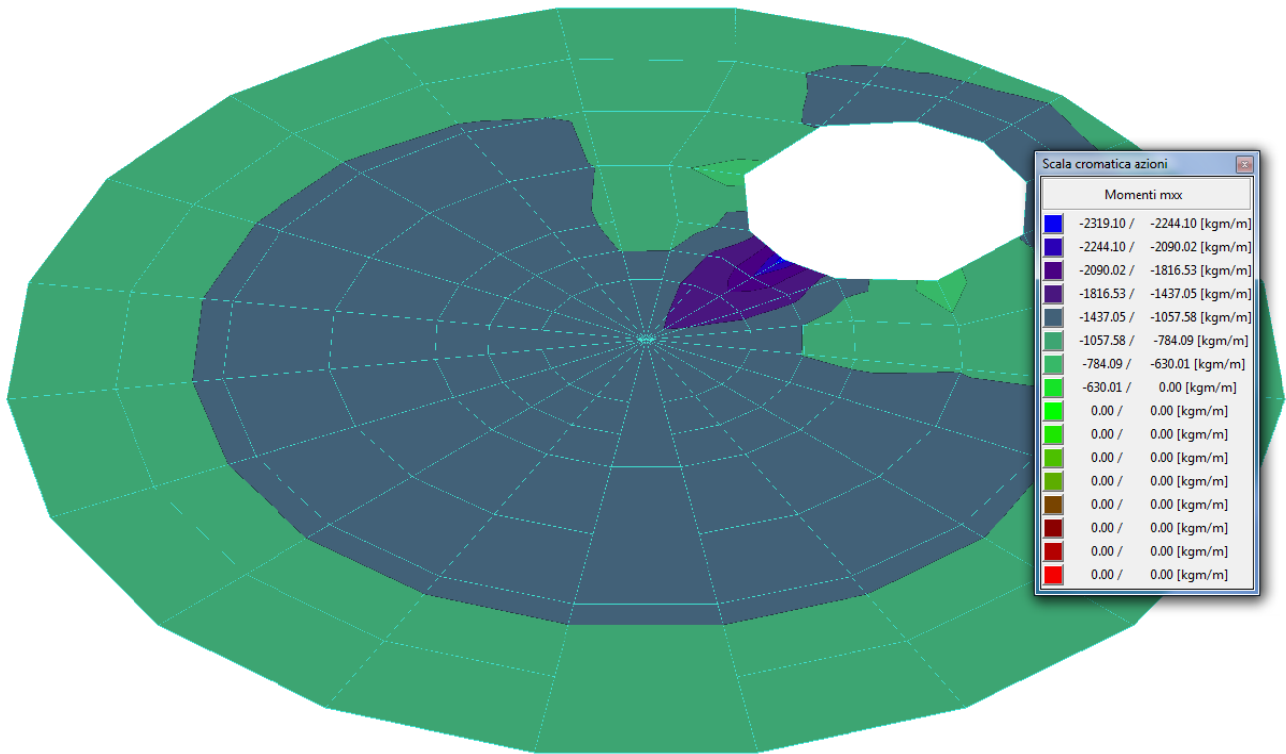


Figura 28: Massimi momenti Mxx sulla lastra di copertura in kgm/m per la combinazione SLU statica.

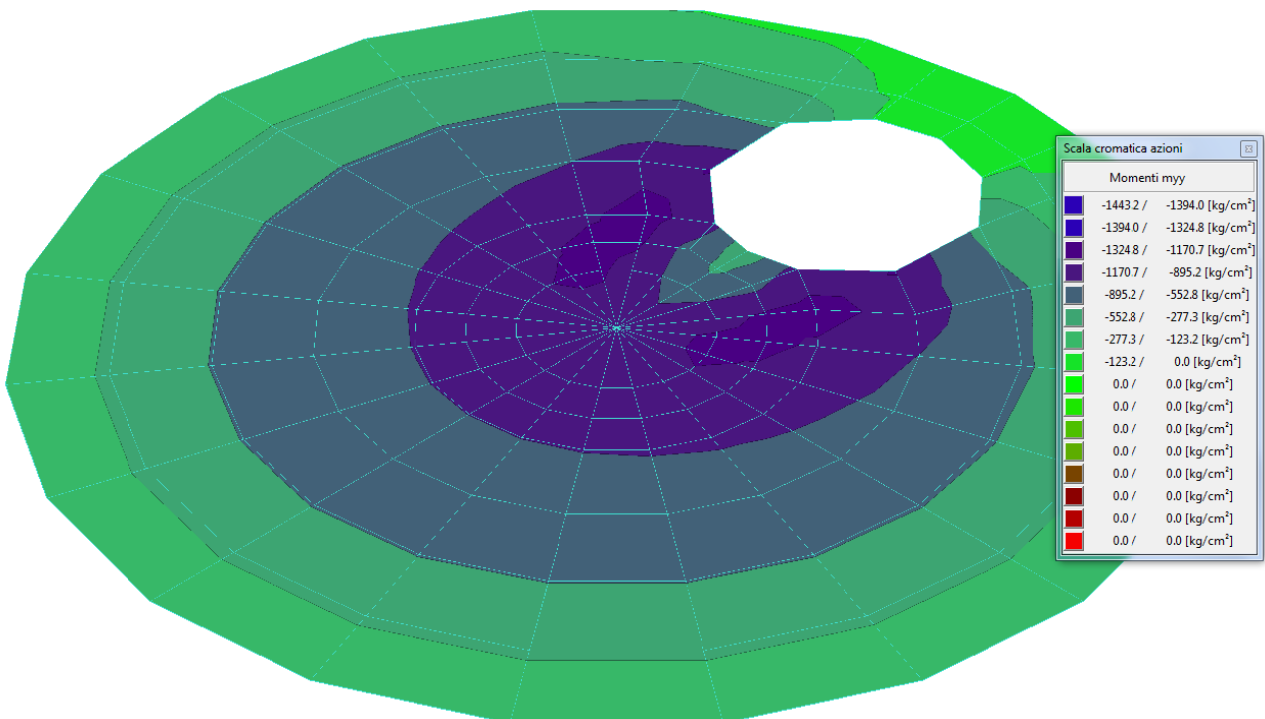


Figura 29: Massimi momenti Myy sulla lastra di copertura in kgm/m per la combinazione SLU statica.



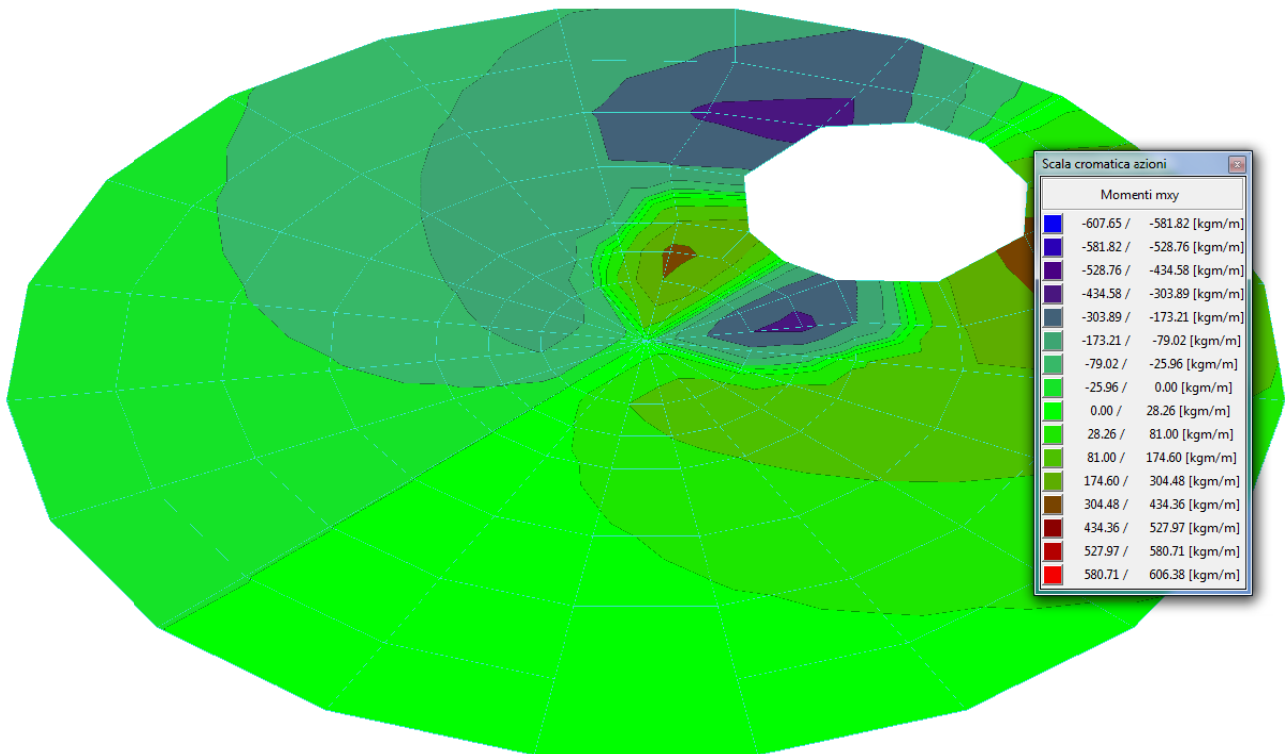


Figura 30: Massimi momenti Mxy sulla lastra di copertura in kgm/m per la combinazione SLUstatica.

2.4. Verifiche di resistenza degli elementi strutturali

2.4.1. Elementi lastra in calcestruzzo fibrorinforzato (SFRC) - SLU

In accordo al punto 4.3.2. delle CNR-DT 204/2006 *la verifica di elementi in calcestruzzo fibrorinforzato con armatura convenzionale può essere eseguita con i metodi tradizionalmente adottati per il calcestruzzo armato.*

Più nel dettaglio il progetto allo SLU di elementi soggetti a pressoflessione richiede la valutazione delle caratteristiche resistenti ultime ed il confronto con le sollecitazioni di progetto.

Le ipotesi fondamentali su cui si basa l'analisi allo SLU di sezioni in calcestruzzo fibrorinforzato sono le seguenti:

- conservazione delle sezioni piane fino a rottura (diagramma delle deformazioni lineare);
- perfetta aderenza tra calcestruzzo fibrorinforzato ed armatura tradizionale (se presente);
- legame costitutivo del calcestruzzo fibrorinforzato come indicato al punto 2.1. della presente relazione;
- legame costitutivo delle barre di armatura tradizionali (se presenti) conforme alla Normativa vigente.

Si ipotizza quindi che la rottura per flessione si manifesti quando si verifica una delle seguenti condizioni:

- raggiungimento della massima deformazione di compressione nel calcestruzzo fibrorinforzato;
- raggiungimento della massima deformazione di trazione nel calcestruzzo fibrorinforzato;
- raggiungimento della massima deformazione di trazione nelle barre di armatura.

Per un assegnato valore di progetto dello sforzo normale sollecitante il momento resistente ultimo si calcola mediante le usuali equazioni di equilibrio alla traslazione ed alla rotazione adottate nel calcolo di una sezione in c.a. non fibrorinforzata, considerando tuttavia il calcestruzzo reagente sia in compressione sia in trazione, secondo quanto indicato al punto 2.1. della presente relazione.

Il momento resistente della sezione viene calcolato con l'ausilio del programma di calcolo Preflex prodotto dalla En.Ex.Sys. s.r.l. di Casalecchio di Reno (BO) con licenza n. 8846PRZZNT.

Si riportano quindi le verifiche per lo stato limite ultimo delle diverse piastre costituenti il manufatto, eseguendo la verifica in pressoflessione deviata e trascurando, in favore di sicurezza, il contributo dello sforzo normale se di compressione.

2.4.1.1 Parete cisterna - sezione di base

La sezione di base della parete della cisterna presenta uno spessore strutturale pari a 9,5cm e risulta priva di armatura tradizionale integrativa, il momento resistente risulta pari a:

$$M_{r,d} = 314,6 \text{ kgm/ml}$$

I momenti sollecitanti risultano invece pari a:

$$M_{sx,d} = 62,16 \text{ kgm/ml}$$

$$M_{sy,d} = 89,53 \text{ kgm/ml}$$

La verifica della sezione può quindi esprimersi come segue:

$$\left(\frac{M_{sx,d}}{M_{rx,d}} \right)^2 + \left(\frac{M_{sy,d}}{M_{ry,d}} \right)^2 = 0,12 \leq 1$$

La verifica risulta quindi soddisfatta.

2.4.1.2 Parete cisterna - sezione di testa

La sezione di testa della parete della cisterna presenta uno spessore strutturale pari a 7,0cm e risulta priva di armatura tradizionale integrativa, il momento resistente risulta pari a:

$$M_{r,d} = 170,8 \text{ kgm/ml}$$

I momenti sollecitanti risultano invece pari a:

$$M_{sx,d} = 57,25 \text{ kgm/ml}$$

$$M_{sy,d} = 12,03 \text{ kgm/ml}$$

La verifica della sezione può quindi esprimersi come segue:

$$\left(\frac{M_{sx,d}}{M_{rx,d}} \right)^2 + \left(\frac{M_{sy,d}}{M_{ry,d}} \right)^2 = 0,12 \leq 1$$

La verifica risulta quindi soddisfatta.



2.4.1.3 Fondazione cisterna - sezione di mezzeria

La sezione di mezzeria della lastra di fondazione della cisterna presenta uno spessore strutturale pari a 8,0cm e risulta priva di armatura tradizionale integrativa, il momento resistente risulta pari a:

$$M_{r,d} = 223,1 \text{ kgm/ml (fibre tese sopra)}$$

I momenti sollecitanti risultano invece pari a:

$$M_{sx,d} = 43,02 \text{ kgm/ml}$$

$$M_{sy,d} = 33,80 \text{ kgm/ml}$$

La verifica della sezione può quindi esprimersi come segue:

$$\left(\frac{M_{sx,d}}{M_{rx,d}} \right)^2 + \left(\frac{M_{sy,d}}{M_{ry,d}} \right)^2 = 0,07 \leq 1$$

La verifica risulta quindi soddisfatta.

2.3.1.4 Fondazione vasca interrata - sezione di incastro pareti

La sezione di incastro con le pareti della lastra di fondazione della cisterna presenta uno spessore strutturale pari a 8,0cm e risulta priva di armatura tradizionale integrativa, il momento resistente risulta pari a:

$$M_{r,d} = 223,1 \text{ kgm/ml (fibre tese sotto)}$$

I momenti sollecitanti risultano invece pari a:

$$M_{sx,d} = 10,14 \text{ kgm/ml}$$

$$M_{sy,d} = 134,94 \text{ kgm/ml}$$

La verifica della sezione può quindi esprimersi come segue:

$$\left(\frac{M_{sx,d}}{M_{rx,d}} \right)^2 + \left(\frac{M_{sy,d}}{M_{ry,d}} \right)^2 = 0,37 \leq 1$$

La verifica risulta quindi soddisfatta.

2.3.1.10 Lastra di copertura

La lastra di copertura della cisterna presenta uno spessore strutturale pari a 20,0cm e risulta priva di armatura tradizionale integrativa, il momento resistente risulta pari a:

$$M_{r,d} = 1394,4 \text{ kgm/ml}$$

I momenti sollecitanti risultano invece pari a:

$$M_{sx,d} = 640,70 \text{ kgm/ml}$$

$$M_{sy,d} = 1197 \text{ kgm/ml}$$

La verifica della sezione può quindi esprimersi come segue:

$$\left(\frac{M_{sx,d}}{M_{rx,d}} \right)^2 + \left(\frac{M_{sy,d}}{M_{ry,d}} \right)^2 = 0,95 \leq 1$$

La verifica risulta quindi soddisfatta.

2.4.2. Elementi lastra in calcestruzzo fibrorinforzato (SFRC) - SLE

L'analisi del comportamento in esercizio della vasca nelle due condizioni di posa e delle lastre di copertura, ha riguardato i seguenti aspetti identificativi di un idoneo comportamento in esercizio del manufatto:

- verifica di deformabilità;
- verifica di fessurazione.

2.4.2.1. Verifica di deformabilità

Le deformate caratteristiche della vasca e delle lastre di copertura in condizioni di esercizio non devono pregiudicare il corretto comportamento del manufatto.

Si riportano nelle seguenti immagini le configurazioni deformate per la combinazione SLE-RARA:

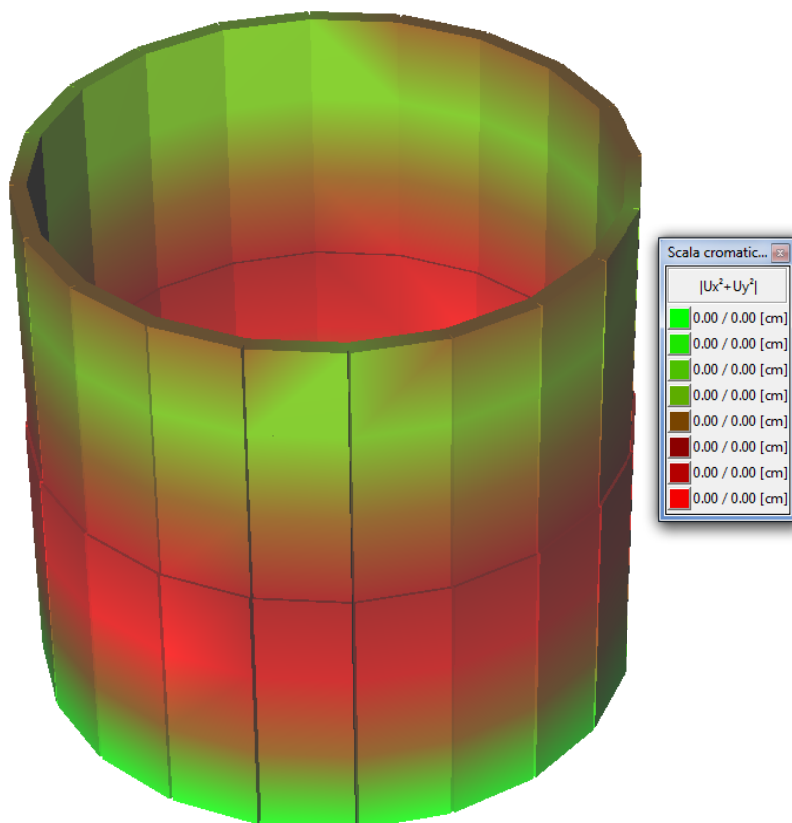


Figura 31: Configurazione deformata della vasca– SLE RARA.

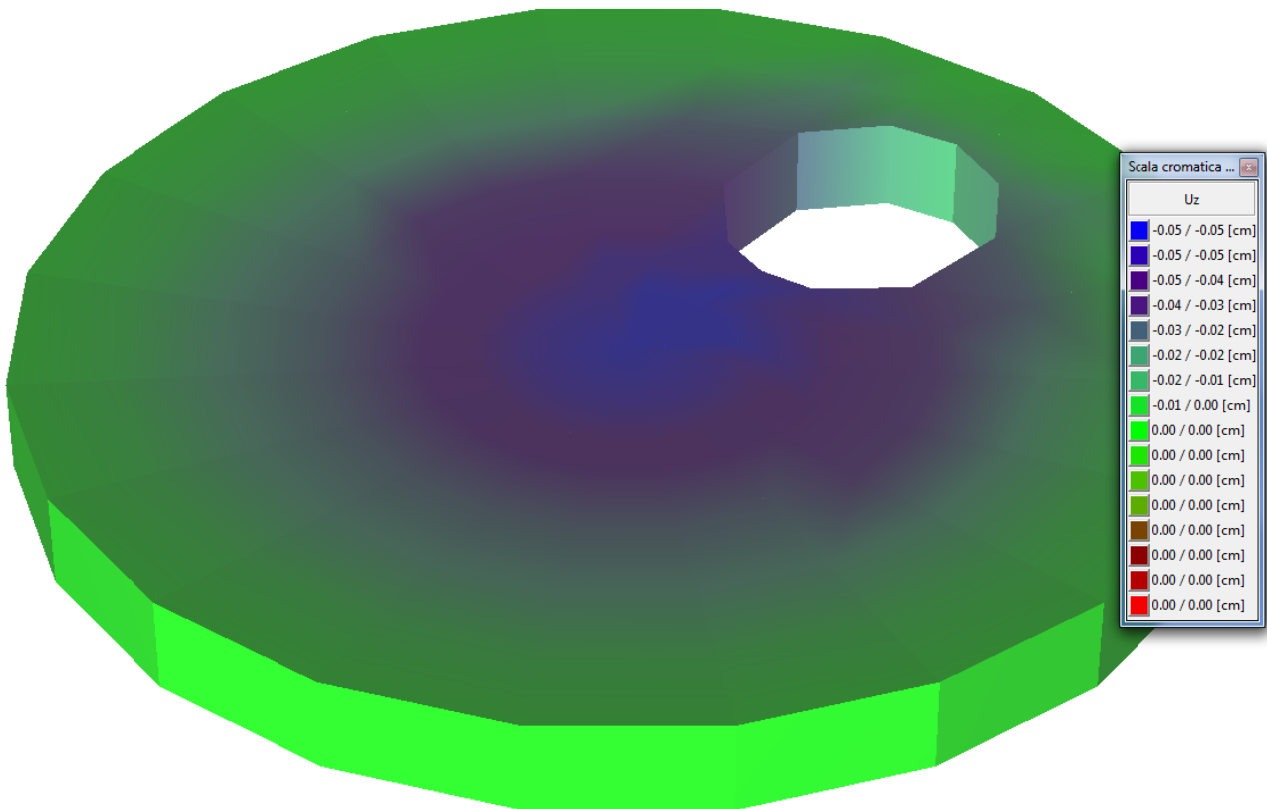


Figura 32: Configurazione deformata lastra Sp.20 cm – SLE RARA.

Le deformate riscontrate risultano compatibili con i requisiti prestazionali del manufatto e le verifiche di deformabilità si considerano quindi soddisfatte.

2.4.2.2. Verifica di fessurazione

In accordo a quanto prescritto al punto 4.1.2.2.4. del D.M. 14/01/2008 si definisce lo stato limite di formazione delle fessure come quello stato limite in cui la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata risulta pari a:

$$\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1,2} = 26,8 \text{ daN / cm}^2$$

Le combinazioni delle azioni da considerare sono la combinazione quasi permanente e la combinazione frequente, entrambe significative del comportamento in esercizio del manufatto.

Si specifica che le tensioni da considerarsi nella presente verifica devono essere calcolate in base alle caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione omogeneizzata, in accordo a quanto prescritto al punto 4.1.2.2.4.6. del D.M. 14/01/2008, e che la verifica viene condotta con riferimento alle proprietà meccaniche del calcestruzzo non fibrorinforzato.

Si riporta una visualizzazione grafica delle tensioni sollecitanti i diversi elementi strutturali per la combinazione dei carichi frequente, con le relative verifiche.

Nelle Figure 33-34 si riporta una visualizzazione grafica delle massime tensioni agenti nella vasca interrata, per la combinazione SLE-FREQUENTE.

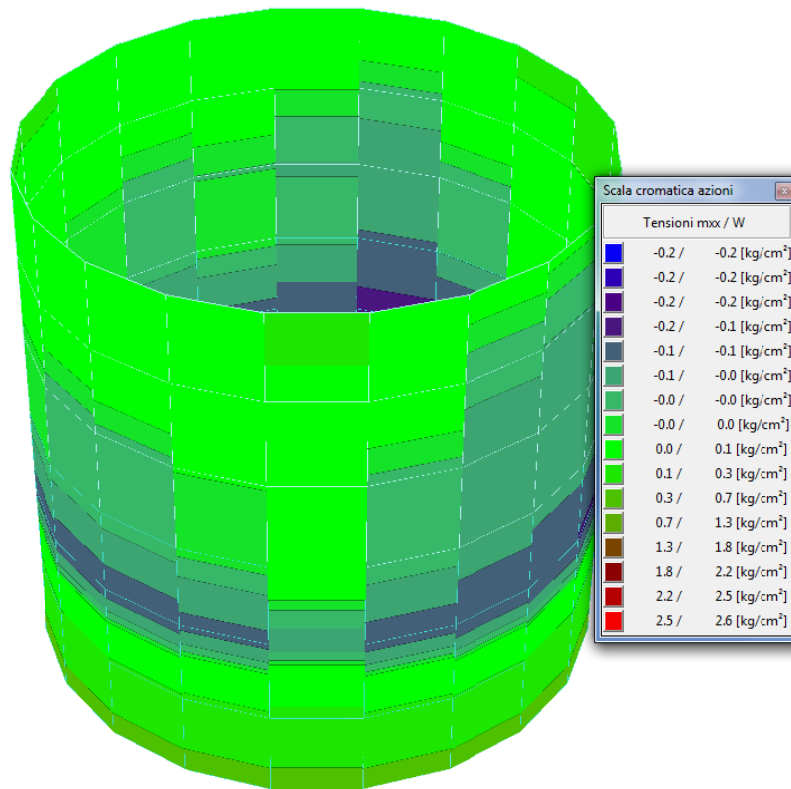


Figura 33: Tensioni normali sx nella vasca interrata- combinazione SLE - FREQUENTE.

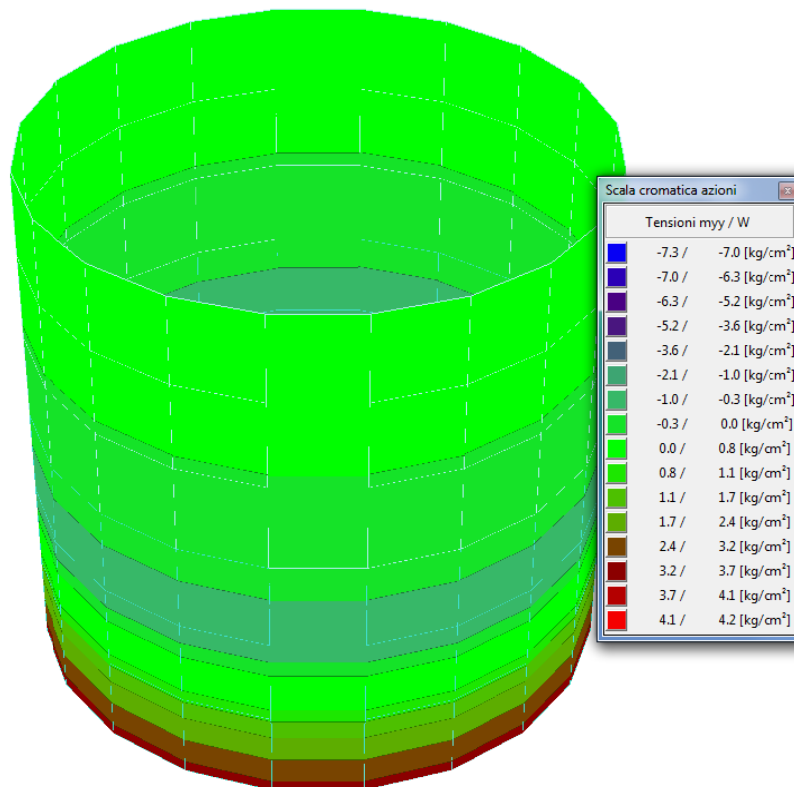


Figura 34: Tensioni normali sy nella vasca interrata - combinazione SLE - FREQUENTE.



La tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata risulta quindi pari a 4,2 kg/cm². Il calcestruzzo risulta quindi non fessurato e la verifica a fessurazione automaticamente soddisfatta.

Nelle Figure 35-36 si riporta una visualizzazione grafica delle massime tensioni agenti nella lastra di copertura, per la combinazione SLE-FREQUENTE.

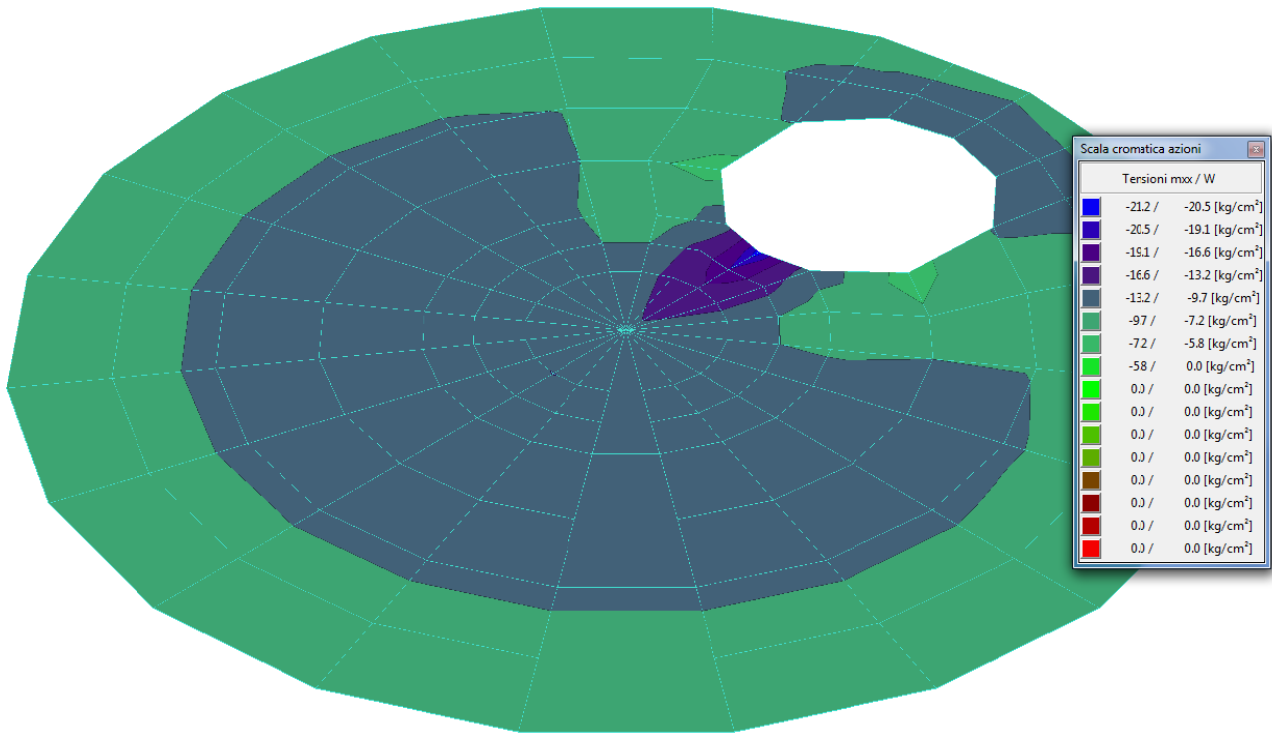


Figura 35: Tensioni normali sx nella lastra pedonale - combinazione SLE - FREQUENTE.

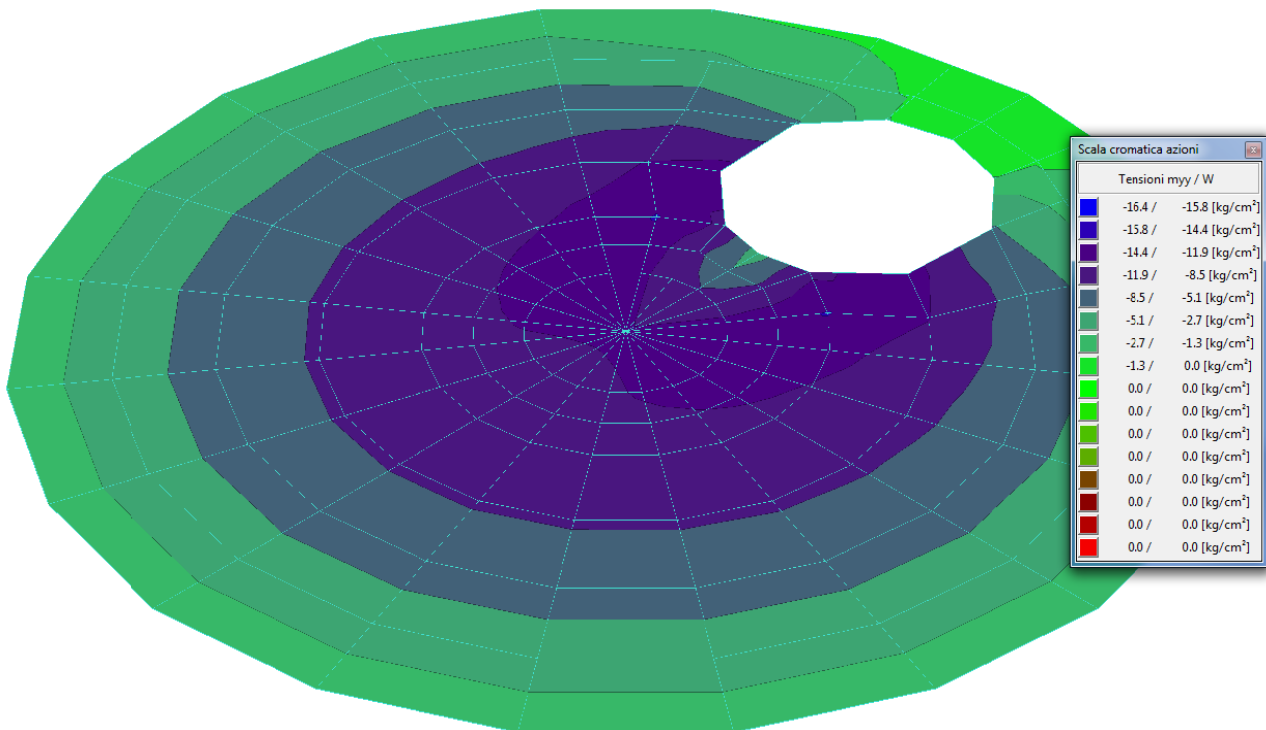


Figura 36: Tensioni normali sy nella lastra pedonale - combinazione SLE - FREQUENTE.

La tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata risulta quindi pari a 21,2 kg/cm², il calcestruzzo risulta quindi non fessurato e la verifica a fessurazione automaticamente soddisfatta.



3. RELAZIONE SUI MATERIALI

3.1. Caratteristiche dei materiali

3.1.1. Conglomerato cementizio per manufatti prefabbricati in c.a.v.

Classe di esposizione: XC4 **Classe di consistenza: S4** **Dmax inerti: 12 mm**

Classe di resistenza: C32/40

Resistenza caratteristica a compressione del provino cubico: $R_{ck} = 400 \text{ daN} / \text{cm}^2$

Resistenza caratteristica a compressione cilindrica: $f_{ck} = 0,8 \cdot R_{ck} = 320 \text{ daN} / \text{cm}^2$

Resistenza di calcolo a compressione: $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 194,3 \text{ daN} / \text{cm}^2$

Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata: $\alpha_{cc} = 0,85$

Resistenza caratteristica a trazione: $f_{ctk} = 0,7 \cdot (0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}) = 21,16 \text{ daN} / \text{cm}^2$

Resistenza di calcolo a trazione: $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 15,11 \text{ daN} / \text{cm}^2$

Coefficiente parziale di sicurezza: $\gamma_c = 1,4$

Modulo elastico: $E = 333458 \text{ daN} / \text{cm}^2$

N.B.: Il coefficiente γ_c può essere ridotto da 1,5 a 1,4 in quanto il sistema di gestione della qualità che sovrintende il processo di fabbricazione è predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001:2000 (§4.1.2.1.1 D.M. 14/01/2008).

3.1.2. Fibre in acciaio zincato

Tipo RC-82/60-CN

Diametro: $d = 0,75 \text{ mm}$

Lunghezza: $l = 60 \text{ mm}$

Rapporto d'aspetto: $l / d = 80$

Resistenza a trazione del filo: $R_{m,nom} \geq 1200 \text{ MPa}$

Allungamento: $A_{gt,k} = 6\%$

Modulo elastico: $E = 2100000 \text{ daN} / \text{cm}^2$

Dosaggio: $25 \text{ kg} / \text{m}^3$

Percentuale volumetrica: $0,32\%$



3.2. Descrizione dei materiali

3.2.1. Conglomerato cementizio per manufatti prefabbricati in c.a.v.

Inerti

Gli inerti naturali o di frantumazione devono essere costituiti da elementi resistenti al gelo e non friabili, non dovranno gonfiarsi sotto l'effetto dell'acqua, dovranno essere privi di sostanze organiche, limose, argillose, e di gessi ecc. in proporzioni nocive all'indurimento del cls o alla conservazione delle armature, non dovranno inoltre produrre reazioni nocive con il cemento e i suoi prodotti di idratazione.

Le dimensioni degli inerti saranno tali da commisurarsi con la geometria della carpenteria ed all'ingombro delle armature.

Acqua

L'acqua d'impasto sarà limpida, priva di sali minerali in percentuali dannose, ne' sarà aggressiva: si userà possibilmente acqua potabile controllando che il PH sia compreso tra 4,5 e 7,5. Grande importanza sarà data al rapporto acqua/cemento contenuto nel valore di 0,6 compresa l'umidità degli inerti.

Cemento

I leganti idraulici saranno del tipo "Portland 425" e dosati a 3.00 q.li/mc. per le strutture prefabbricate. Verranno accettati solo se provvisti del marchio che ne garantisce la qualità secondo le vigenti leggi. Se in sacchi saranno stivati in luoghi resi asciutti e protetti dall'umidità (per un periodo di tempo non più lungo di 30-40 giorni).

Impasti

La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto, devono essere adeguati alla particolare destinazione del getto, ed al procedimento di posa in opera del conglomerato.

Il quantitativo d'acqua deve essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti.

Partendo dagli elementi già fissati il rapporto acqua/cemento, e quindi il dosaggio del cemento, dovrà essere scelto in relazione alla resistenza richiesta per il conglomerato.

Si consiglia di utilizzare un rapporto acqua/cemento pari a 0.5 per mc di impasto onde rispettare i suddetti requisiti.

L'impasto deve essere fatto con mezzi idonei ed il dosaggio dei componenti eseguito con modalità atte a garantire la costanza del proporzionamento previsto in sede di progetto. Nel caso si utilizzi una betoniera a bicchiere, si deve porre una certa attenzione al tempo di miscelamento onde ottenere una miscela fluida, nel rispetto delle prescrizioni, e con buona consistenza.

Nel caso in cui tali vengano preparati e trasportati da appositi impianti di confezionamento, si devono escludere pericoli di segregazione dei componenti o di prematuro inizio della presa al momento del getto.

Getto

Il getto deve essere convenientemente compattato, la superficie deve essere mantenuta umida per almeno 3 giorni, non deve essere posto in opera a temperature minori di 0° C, salvo ricorso di opportune aggiunte di additivi.

4. PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA

Il piano di manutenzione delle strutture è il documento complementare al progetto strutturale che ne prevede, pianifica e programma tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi dell'intera opera l'attività di manutenzione, al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità l'efficienza ed il valore economico.

I manuali d'uso e di manutenzione rappresentano gli strumenti con cui l'utente si rapporta con l'immobile: direttamente utilizzandolo evitando comportamenti anomali che possano danneggiarne o comprometterne la durabilità e le caratteristiche; attraverso i manutentori che utilizzeranno così metodologie più confacenti ad una gestione che coniughi economicità e durabilità del bene.

A tal fine, i manuali definiscono le procedure di raccolta e di registrazione dell'informazione nonché le azioni necessarie per impostare il piano di manutenzione e per organizzare in modo efficiente, sia sul piano tecnico che su quello economico, il servizio di manutenzione.

Il manuale d'uso mette a punto una metodica di ispezione dei manufatti che individua sulla base dei requisiti fissati dal progettista in fase di redazione del progetto, la serie di guasti che possono influenzare la durabilità del bene e per i quali, un intervento manutentivo potrebbe rappresentare allungamento della vita utile e mantenimento del valore patrimoniale. Il manuale di manutenzione invece rappresenta lo strumento con cui l'esperto si rapporta con il bene in fase di gestione di un contratto di manutenzione programmata.

Il programma infine è lo strumento con cui, chi ha il compito di gestire il bene, riesce a programmare le attività in riferimento alla previsione del complesso di interventi inerenti la manutenzione di cui si presumono la frequenza, gli indici di costo orientativi e le strategie di attuazione nel medio e nel lungo periodo.

Il piano di manutenzione è organizzato nei tre strumenti individuati dall'art. 40 del regolamento LLPP ovvero:

- a) il manuale d'uso;
- b) il manuale di manutenzione;
- c) il programma di manutenzione;
 - c1) il sottoprogramma delle prestazioni, che prende in considerazione, per classe di requisito, le prestazioni fornite dal bene e dalle sue parti nel corso del suo ciclo di vita;
 - c2) il sottoprogramma dei controlli, che definisce il programma delle verifiche e dei controlli al fine di rilevare il livello prestazionale (qualitativo e quantitativo) nei successivi momenti della vita del bene, individuando la dinamica della caduta delle prestazioni aventi come estremi il valore di collaudo e quello minimo di norma;
 - c3) il sottoprogramma degli interventi di manutenzione, che riporta in ordine temporale i differenti interventi di manutenzione, al fine di fornire le informazioni per una corretta conservazione del bene.

Tali strumenti devono consentire di raggiungere, in accordo con quanto previsti dalla norma " UNI 10874 Criteri di stesura dei manuali d'uso e di manutenzione" almeno i seguenti obiettivi, raggruppati in base alla loro natura:



1) Obiettivi tecnico - funzionali:

- istituire un sistema di raccolta delle "informazioni di base" e di aggiornamento con le "informazioni di ritorno" a seguito degli interventi, che consenta, attraverso l'implementazione e il costante aggiornamento del "sistema informativo", di conoscere e mantenere correttamente l'immobile e le sue parti;
- consentire l'individuazione delle strategie di manutenzione più adeguate in relazione alle caratteristiche del bene immobile ed alla più generale politica di gestione del patrimonio immobiliare;
- istruire gli operatori tecnici sugli interventi di ispezione e manutenzione da eseguire, favorendo la corretta ed efficiente esecuzione degli interventi;
- istruire gli utenti sul corretto uso dell'immobile e delle sue parti, su eventuali interventi di piccola manutenzione che possono eseguire direttamente; sulla corretta interpretazione degli indicatori di uno stato di guasto o di malfunzionamento e sulle procedure per la sua segnalazione alle competenti strutture di manutenzione;
- definire le istruzioni e le procedure per controllare la qualità del servizio di manutenzione.

2) Obiettivi economici:

- ottimizzare l'utilizzo del bene immobile e prolungarne il ciclo di vita con l'effettuazione d'interventi manutentivi mirati;
- conseguire il risparmio di gestione sia con il contenimento dei consumi energetici o di altra natura, sia con la riduzione dei guasti e del tempo di non utilizzazione del bene immobile;
- consentire la pianificazione e l'organizzazione più efficiente ed economica del servizio di manutenzione.

Il presente "Piano di manutenzione riguardante le strutture" previsto dalle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008 e dalla relativa Circolare Esplicativa 2 febbraio 2009, 617) è redatto seguendo le indicazioni contenute sull'articolo 40 del D.P.R. 554/99.

Al termine dei lavori e del relativo certificato di collaudo o di regolare esecuzione, le opere verranno consegnate al committente. Sono pertanto a carico della committenza le attività di ispezione, gestione e manutenzione delle opere realizzate, rimanendo altresì a carico dell'impresa esecutrice la garanzia per le difformità e i vizi dell'opera.

4.1. *Interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria dell'opera*

Opere	Modalità	Interventi di manutenzione	Periodicità
Opere in cemento armato	<p>Ispezionare i manufatti e controllare:</p> <ul style="list-style-type: none"> - eventuali fenomeni di deterioramento e di degrado dei materiali; - eventuali fenomeni di dissesto delle strutture dovuti a cedimenti differenziali; - presenza di un quadro fessurativo che esuli dalle normali fessure dovute al ritiro del calcestruzzo in fase di maturazione; - presenza di distacchi di parte superficiale delle opere in calcestruzzo che comportino l'esposizione all'ambiente aggressivo dei ferri di armatura; - presenza di fenomeni di risalita dell'umidità; - presenza di avvallamenti della superficie di calpestio; - presenza di eccesso di vibrazioni o emissioni sonore delle strutture sotto carico. <p>L'esito di ogni ispezione deve formare oggetto di uno specifico rapporto da conservare insieme alla relativa documentazione tecnica. A conclusione di ogni ispezione, inoltre, il tecnico incaricato deve, se necessario, indicare gli eventuali interventi a carattere manutentorio da eseguire ed esprimere un giudizio riassuntivo sullo stato d'opera.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - riparazioni localizzate superficiali delle parti strutturali, da effettuare anche con materiali speciali; - ripristino di parti strutturali in calcestruzzo armato da eseguire anche con materiali speciali; - protezione dei calcestruzzi da azione disgreganti (gelo, sali solventi, ambiente aggressivo, ecc.) con eventuale applicazione di film protettivi; - protezione delle armature da azioni disgreganti (gelo, ambiente aggressivo, ecc.); - consultare tecnico abilitato in caso di quadro fessurativo in rapida evoluzione o interventi che vadano a variare dimensioni strutturali o carichi applicati. 	Cadenza annuale



Come si osserva in Figura 37, le pressioni sul terreno di fondazione presentano un valore massimo di $1,1 \text{ kg/cm}^2$. Viste le caratteristiche del terreno presente in sito, la verifica di portanza del terreno di fondazione si ritiene automaticamente soddisfatta e non si approfondisce ulteriormente tale aspetto progettuale.

6.3. Verifica dei cedimenti del terreno di fondazione (SLE)

Si riportano di seguito i cedimenti per la combinazione per lo SLE rara, ottenuti con il metodo elastico, al fine di determinare i cedimenti differenziali per i manufatti costituenti l'impianto complessivo:

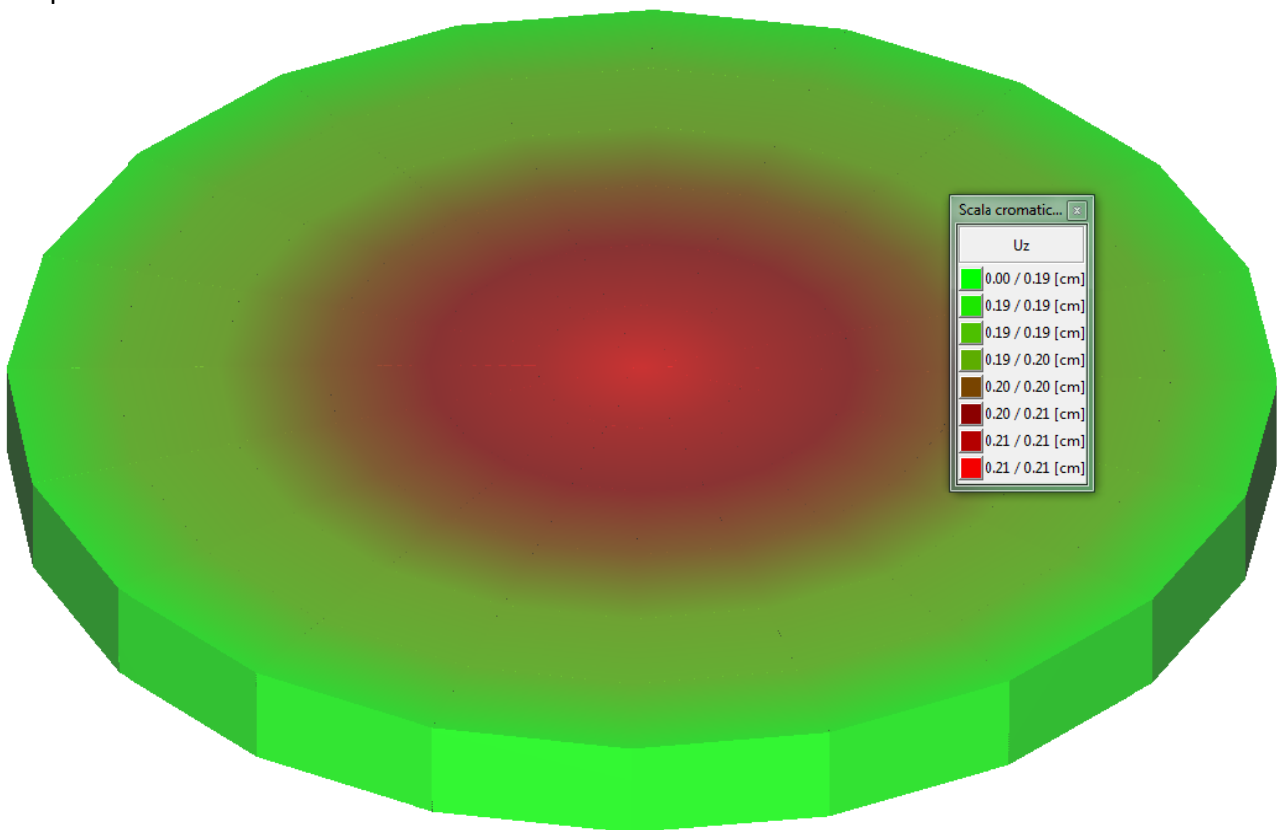


Figura 38: Cedimenti del terreno per la combinazione SLE-RARA.

Per le combinazioni allo SLE si riscontrano cedimenti differenziali massimi sotto l'imposta di fondazione pari a **0,21 cm**, cedimenti compatibili con la tipologia strutturale e con i requisiti prestazionali richiesti. La verifica si considera quindi soddisfatta.

6.4. Verifica al sollevamento (SLU-UPL)

Secondo quanto prescritto al punto 6.2.3. del D.M. 14 gennaio 2008, si esegue la verifica nei confronti della perdita di equilibrio della struttura o del terreno, dovuta alla sottospinta dell'acqua presente nel terreno.



Per la stabilità al sollevamento deve risultare che il valore di progetto dell'azione 44n stabilizzante $V_{inst,d}$, combinazione di azioni permanenti ($G_{inst,d}$) e variabili ($Q_{inst,d}$), sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti ($G_{stb,d}$) e delle resistenze (R_d):

$$V_{inst,d} \leq G_{stb,d} + R_d$$

dove $V_{inst,d} = G_{inst,d} + Q_{inst,d}$

Per le verifiche di stabilità al sollevamento, i relativi coefficienti parziali sulle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.III. Tali coefficienti devono essere combinati in modo opportuno con quelli relativi ai parametri geotecnici (M2).

Si eseguono le verifiche con l'ausilio di un foglio di calcolo:

Caratteristiche Pozzetto

D	2,475m
H	2,38m
H cop	20cm
H fond	8cm
S sup	7cm
S inf	9,5cm
S medio	8,25cm

Caratteristiche di Posa

h falda	0,5m
h ricoprimento	1m
h prolunga	0m

Carichi stabilizzanti

Peso Proprio Pozzetto	6767kg
Peso Proprio Prolunga	0,00kg
Peso Proprio Copertura	2396kg
Peso Proprio Manufatto	7163kg
Terreno di Ricoprimento	9583kg
Azioni Stabilizzanti	18746kg
Valore di progetto	16871kg

Sottospinta Idraulica

Sottospinta	3080kg/m ²
Azioni Instabilizzanti	14758kg
Valore di progetto	16234kg

Verifica al sollevamento

Fattore di sicurezza	1,05SI
----------------------	--------

La verifica al galleggiamento risulta soddisfatta. Non si ritiene pertanto necessario prevedere opportuni presidi antigalleggiamento.

ALLEGATO 1: TABULATO DEL CODICE DI CALCOLO

Sommario

1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	49
2.	VALIDAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO	49
3.	INTRODUZIONE	55
4.	DATI RELATIVI AI NODI DELLA STRUTTURA	55
4.1.	MODELLO CISTERNA.....	56
4.2.	MODELLO LASTRA DI COPERTURA	60
5.	ELEMENTI A 4 NODI	63
5.1.	MODELLO CISTERNA.....	63
5.2.	MODELLO LASTRA DI COPERTURA Sp.20	64
6.	ELEMENTI TRIANGOLARI	64
7.	CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO	65
7.1.	MODELLO CISTERNA.....	65
7.2.	MODELLO LASTRA DI COPERTURA	66
8.	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI.....	67



- En.Ex.Sys. WinStrand

- Structural Analysis & Design

Ditta produttrice:

En.Ex.Sys. s.r.l. - Via Tizzano 46/2 - Casalecchio di Reno (Bologna)

Sigla:

WinStrand

Piattaforma software:

Microsoft Windows XP Home, Microsoft Windows XP Home Professional

Documentazione in uso:

Manuale teorico - Manuale d'uso

Campo di applicazione:

Analisi statica e dinamica di strutture in campo elastico lineare.

- Elementi finiti implementati

- Truss.
- Beam (Modellazione di Travi e Pilastr).
- Travi su suolo elastico alla Winckler.
- Plinti su suolo elastico alla Winckler.
- Elementi Shear Wall per la modellazione di pareti di taglio.
- Elementi shell (lastra/piastra) equivalenti.
- Elementi Isoparametrici a 8 Nodi Shell (lastra/piastra).

- Schemi di Carico

- Carichi nodali concentrati.
- Carichi applicati direttamente agli elementi.
- Carichi Superficiali.

- Tipo di Risoluzione

- Analisi statica e/o dinamica in campo lineare con il metodo dell'equilibrio.
- Fattorizzazione LDL^T .
- Analisi Statica:
 - - modellazione generale 6 gradi di libertà per nodo.
 - ipotesi di solai infinitamente rigidi nel proprio piano (3 gradi di libertà per nodo + 3 per impalcato).
- Analisi dinamica. (Nel caso di analisi modale gli autovettori ed autovalori possono essere calcolati mediante **subspace iteration** oppure tramite il **metodo dei vettori di Ritz**):
 - - Via statica equivalente.
 - Modale con il metodo dello spettro di risposta.

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa italiana cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- Legge n. 1086 del 5 Novembre 1971. "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica".
- Legge n. 64 del 2 Febbraio 1974. "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- D.M. del 3 Marzo 1975. "Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- D.M. del 3 Marzo 1975. "Disposizioni concernenti l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- D.M. del 3 Ottobre 1978. "Criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- D.M. del 14 Febbraio 1992. "Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in C.A. normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- Istruzioni per la valutazione delle: Azioni sulle Costruzioni. (C.N.R. 10012/85)
- D.M. del 9 Gennaio 1996. "Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- D.M. del 16 Gennaio 1996. "Norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi»".
- D.M. del 16 Gennaio 1996. "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche"
- Ordinanza n. 3274 del 20 Marzo 2003. "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"
- Ordinanza n. 3316. "Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003"
- D.M. del 14 Gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"

2. VALIDAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO

Si esegue una prova di validazione del codice di calcolo, come richiesto al punto 10.2 del D.M. 14/01/2008, mediante i confronti di massima di seguito riportati.

- Esempio 1: Telaio piano

Fonte: Timoshenko, Strength of Material, Part I, Elementary Theory and Problems, pag. 188

Tipi di analisi: statica lineare



Descrizione schema statico: Portale incastrato alla base dei ritri e caricato nella mezzeria del traverso con un carico concentrato P. Lo schema è staticamente indeterminato.

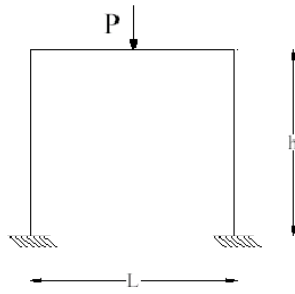


Figura 1: Schema statico.

Obiettivo: determinare le reazioni verticali alla base dei ritri. Si trascura il peso delle aste.

Dati:

E = 2068428 [Kg/cm²]

L = 3.04 [m]

h = 2.54 [m]

A.rit = 25.80 [cm²]

A.trav = 51.61 [cm²]

P = 0.45 [t]

Modello: I due nodi alla base del portale vengono vincolati in modo da lasciare libera solo la rotazione Z. I nodi rimanenti sono completamente liberi. Il carico P viene applicato al nodo inserito in mezzeria del traverso.

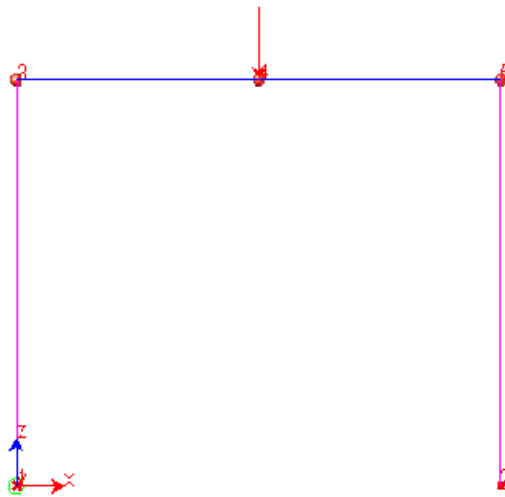


Figura 2: Modello.



Analisi dei risultati:

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
R1 - R2 [t]	0.225	0.225	1.000

- Esempio 2: Frequenze naturali di vibrazione di una trave appoggiata

Fonte: Ray, W. Clough, Joseph Penzien - Dynamics of Structures; Mc Graw-Hill Book Company, cap. 18

Tipi di analisi: dinamica modale

Descrizione schema statico: trave a sezione costante isostaticamente vincolata con due appoggi semplici soggetta al solo peso proprio.

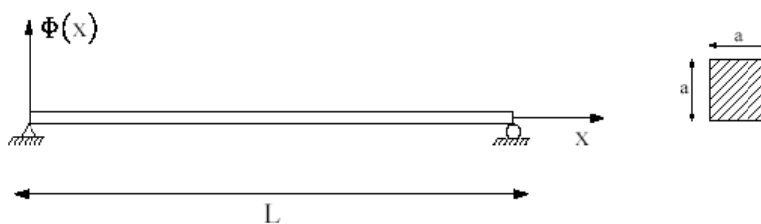


Figura 3: Schema statico.

Obiettivo: determinare i primi tre modi di vibrare.

Dati:

$E = 2100000$ [Kg/cm²]

$a = 30$ [cm]

$L = 10$ [m]

$Pp = 706.5$ [Kg/m]

Modello: La trave reale viene modellata con 20 elementi finiti di uguale lunghezza. I nodi di estremità vengono vincolati in modo da lasciare libera solo la rotazione Y. Per tutti i nodi restanti si lascia libera la rotazione Y e le traslazioni nel piano XZ.

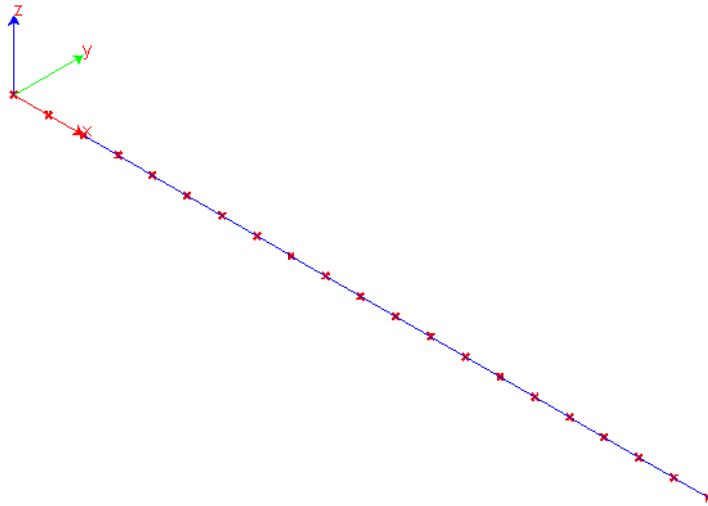


Figura 4: Modello.

Analisi dei risultati:

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
ω_1 [rad/s]	43.79	43.74	0.999
ω_2 [rad/s]	175.16	174.34	0.995
ω_3 [rad/s]	394.11	389.96	0.990

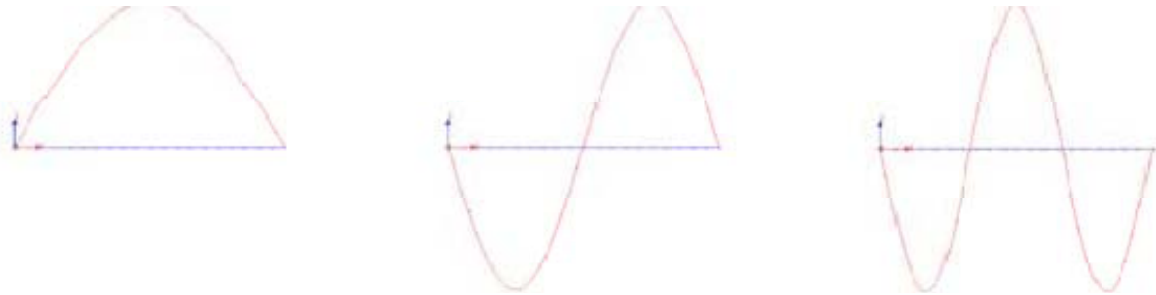


Figura 5: Prime tre forme modali.

- Esempio 3: Piastra circolare appoggiata

Fonte: Cremonesi - **Manuale Ingegneria Civile**, ESAC, SEZ. II, pag. 114

Tipi di analisi: statica lineare

Descrizione schema statico: Piastra circolare sottile di raggio a e spessore t soggetta a diverse condizioni di vincolo sul contorno e di carico.

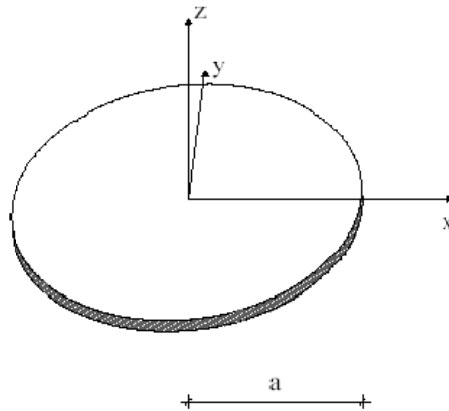


Figura 6: Schema statico.

Obiettivo: determinare l'abbassamento w del centro della piastra, trascurando il peso della piastra, nei seguenti casi:

- a. carico uniformemente distribuito q_0 su tutta la piastra e contorno incastrato;
- b. carico concentrato P applicato nel centro della piastra e contorno incastrato;
- c. carico uniformemente distribuito q_0 su tutta la piastra e contorno appoggiato.

Dati:

$E = 2100000$ [Kg/cm²]

$n = 0.3$

$a = 1.50$ [m]

$t = 3$ [cm]

$q_0 = 10$ [t/m²]

$P = 2$ [t]

Modello: La piastra viene modellata nei tre casi sempre nello stesso modo e cioè con una mesh di elementi piani a 4 nodi. Nella direzione radiale sono presenti 8 intervalli mentre lungo il perimetro sono presenti 20 intervalli per un totale di 150 elementi finiti.

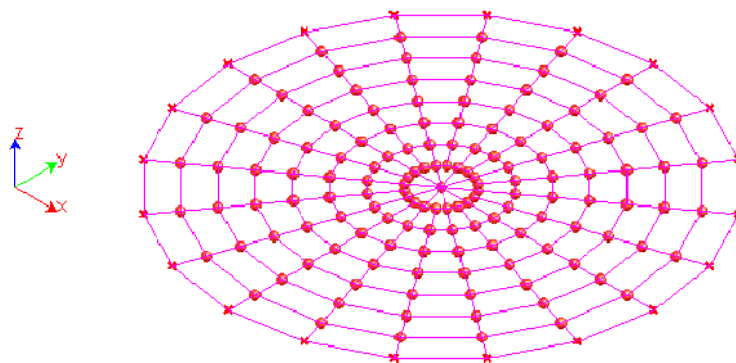


Figura 7: Modello.

Caso A - carico uniformemente distribuito q_0 su tutta la piastra e contorno incastrato

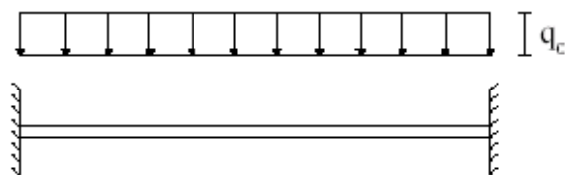


Figura 8: Schema del caso A.

Analisi dei risultati:

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
w [mm]	15.20	15.25	1.003

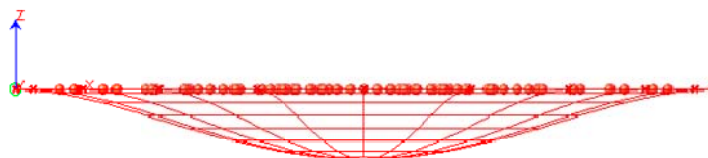


Figura 9: Deformata del caso A.

Caso B - carico concentrato P applicato nel centro della piastra e contorno incastrato

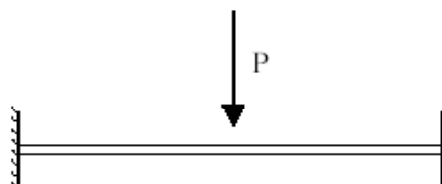


Figura 10: Schema del caso B.

Analisi dei risultati:

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
w [mm]	1.725	1.722	0.993

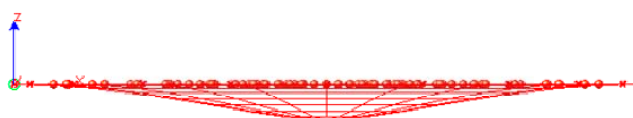


Figura 11: Deformata del caso B.



Caso C - carico uniformemente distribuito q_0 su tutta la piastra e contorno appoggiato

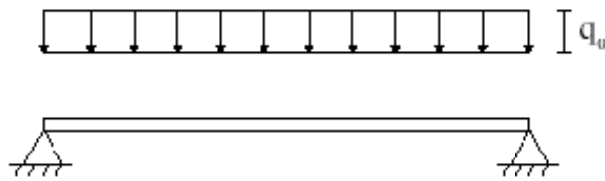


Figura 12: Schema del caso C.

Analisi dei risultati:

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
w [mm]	61.96	61.88	0.999

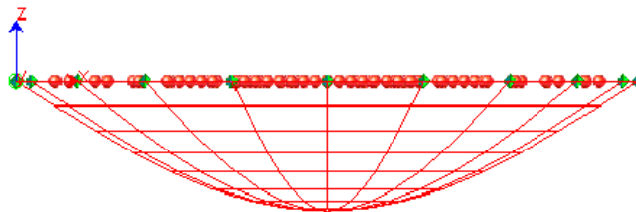


Figura 13: Deformata del caso C.

3. INTRODUZIONE

In fase di modellazione la vasca e la lastra di copertura sono state trattate separatamente. In particolare la soletta di fondazione e le pareti del pozzetto sono state modellate attraverso elementi isoparametrici a quattro nodi tipo shell. Il vincolo di fondazione è stato modellato come suolo alla Winkler.

La lastra di copertura è stata modellata attraverso elementi isoparametrici a quattro nodi tipo shell con vincolo a cerniera lungo il perimetro esterno.

4. DATI RELATIVI AI NODI DELLA STRUTTURA

Convenzioni adottate

La terna di riferimento generale è destrorsa.

I nodi vengono numerati, con riferimento a una sezione orizzontale, da sinistra a destra, dal basso verso l'alto e per quote crescenti.

L'impalcato di appartenenza di un nodo è definito, in generale, dalla prima delle tre cifre che ne definiscono il numero, possono tuttavia presentarsi casi in cui si hanno più di 100 nodi per solaio nel qual caso il solaio di appartenenza è specificato dall'ultimo valore stampato nella riga dei dati relativi al nodo.

La maschera dei vincoli è costituita dai valori 0 e 1. Il valore 1 indica che per il nodo in riferimento il grado di libertà correlativo è soppresso mentre il valore 0 indica che è libero.

Nel caso di edifici civili multipiano l'asse z generale coincide con l'asse verticale rivolto verso l'alto.

4.1. MODELLO CISTERNA

Nodi

Nodo	x [m]	y [m]	z [m]	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz	Solaio
454	34.43	12.55	1.19	0	0	0	0	0	0	0
455	34.37	12.94	1.19	0	0	0	0	0	0	0
456	34.37	12.94	1.59	0	0	0	0	0	0	0
457	34.43	12.55	1.59	0	0	0	0	0	0	0
458	34.37	12.94	1.98	0	0	0	0	0	0	0
459	34.43	12.55	1.98	0	0	0	0	0	0	0
460	34.37	12.94	2.38	0	0	0	0	0	0	0
461	34.43	12.55	2.38	0	0	0	0	0	0	0
462	34.19	13.28	1.19	0	0	0	0	0	0	0
463	34.19	13.28	1.59	0	0	0	0	0	0	0
464	34.19	13.28	1.98	0	0	0	0	0	0	0
465	34.19	13.28	2.38	0	0	0	0	0	0	0
466	33.92	13.55	1.19	0	0	0	0	0	0	0
467	33.92	13.55	1.59	0	0	0	0	0	0	0
468	33.92	13.55	1.98	0	0	0	0	0	0	0
469	33.92	13.55	2.38	0	0	0	0	0	0	0
470	33.57	13.73	1.19	0	0	0	0	0	0	0
471	33.57	13.73	1.59	0	0	0	0	0	0	0
472	33.57	13.73	1.98	0	0	0	0	0	0	0
473	33.57	13.73	2.38	0	0	0	0	0	0	0
474	33.19	13.79	1.19	0	0	0	0	0	0	0
475	33.19	13.79	1.59	0	0	0	0	0	0	0
476	33.19	13.79	1.98	0	0	0	0	0	0	0
477	33.19	13.79	2.38	0	0	0	0	0	0	0
478	32.81	13.73	1.19	0	0	0	0	0	0	0
479	32.81	13.73	1.59	0	0	0	0	0	0	0
480	32.81	13.73	1.98	0	0	0	0	0	0	0
481	32.81	13.73	2.38	0	0	0	0	0	0	0
482	32.46	13.55	1.19	0	0	0	0	0	0	0
483	32.46	13.55	1.59	0	0	0	0	0	0	0
484	32.46	13.55	1.98	0	0	0	0	0	0	0
485	32.46	13.55	2.38	0	0	0	0	0	0	0
486	32.19	13.28	1.19	0	0	0	0	0	0	0
487	32.19	13.28	1.59	0	0	0	0	0	0	0
488	32.19	13.28	1.98	0	0	0	0	0	0	0
489	32.19	13.28	2.38	0	0	0	0	0	0	0
490	32.01	12.94	1.19	0	0	0	0	0	0	0
491	32.01	12.94	1.59	0	0	0	0	0	0	0
492	32.01	12.94	1.98	0	0	0	0	0	0	0
493	32.01	12.94	2.38	0	0	0	0	0	0	0
494	31.95	12.55	1.19	0	0	0	0	0	0	0
495	31.95	12.55	1.59	0	0	0	0	0	0	0
496	31.95	12.55	1.98	0	0	0	0	0	0	0

Nodo	x [m]	y [m]	z [m]	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz	Solaio
497	31.95	12.55	2.38	0	0	0	0	0	0	0
498	32.01	12.17	1.19	0	0	0	0	0	0	0
499	32.01	12.17	1.59	0	0	0	0	0	0	0
500	32.01	12.17	1.98	0	0	0	0	0	0	0
501	32.01	12.17	2.38	0	0	0	0	0	0	0
502	32.19	11.83	1.19	0	0	0	0	0	0	0
503	32.19	11.83	1.59	0	0	0	0	0	0	0
504	32.19	11.83	1.98	0	0	0	0	0	0	0
505	32.19	11.83	2.38	0	0	0	0	0	0	0
506	32.46	11.55	1.19	0	0	0	0	0	0	0
507	32.46	11.55	1.59	0	0	0	0	0	0	0
508	32.46	11.55	1.98	0	0	0	0	0	0	0
509	32.46	11.55	2.38	0	0	0	0	0	0	0
510	32.81	11.38	1.19	0	0	0	0	0	0	0
511	32.81	11.38	1.59	0	0	0	0	0	0	0
512	32.81	11.38	1.98	0	0	0	0	0	0	0
513	32.81	11.38	2.38	0	0	0	0	0	0	0
514	33.19	11.32	1.19	0	0	0	0	0	0	0
515	33.19	11.32	1.59	0	0	0	0	0	0	0
516	33.19	11.32	1.98	0	0	0	0	0	0	0
517	33.19	11.32	2.38	0	0	0	0	0	0	0
518	33.57	11.38	1.19	0	0	0	0	0	0	0
519	33.57	11.38	1.59	0	0	0	0	0	0	0
520	33.57	11.38	1.98	0	0	0	0	0	0	0
521	33.57	11.38	2.38	0	0	0	0	0	0	0
522	33.92	11.55	1.19	0	0	0	0	0	0	0
523	33.92	11.55	1.59	0	0	0	0	0	0	0
524	33.92	11.55	1.98	0	0	0	0	0	0	0
525	33.92	11.55	2.38	0	0	0	0	0	0	0
526	34.19	11.83	1.19	0	0	0	0	0	0	0
527	34.19	11.83	1.59	0	0	0	0	0	0	0
528	34.19	11.83	1.98	0	0	0	0	0	0	0
529	34.19	11.83	2.38	0	0	0	0	0	0	0
530	34.37	12.17	1.19	0	0	0	0	0	0	0
531	34.37	12.17	1.59	0	0	0	0	0	0	0
532	34.37	12.17	1.98	0	0	0	0	0	0	0
533	34.37	12.17	2.38	0	0	0	0	0	0	0
534	34.43	12.55	0.00	1	1	0	0	0	1	0
535	34.37	12.94	0.00	1	1	0	0	0	1	0
536	34.37	12.94	0.40	0	0	0	0	0	0	0
537	34.43	12.55	0.40	0	0	0	0	0	0	0
538	34.37	12.94	0.79	0	0	0	0	0	0	0
539	34.43	12.55	0.79	0	0	0	0	0	0	0
540	34.19	13.28	0.00	1	1	0	0	0	1	0
541	34.19	13.28	0.40	0	0	0	0	0	0	0
542	34.19	13.28	0.79	0	0	0	0	0	0	0
543	33.92	13.55	0.00	1	1	0	0	0	1	0
544	33.92	13.55	0.40	0	0	0	0	0	0	0
545	33.92	13.55	0.79	0	0	0	0	0	0	0
546	33.57	13.73	0.00	1	1	0	0	0	1	0
547	33.57	13.73	0.40	0	0	0	0	0	0	0
548	33.57	13.73	0.79	0	0	0	0	0	0	0
549	33.19	13.79	0.00	1	1	0	0	0	1	0
550	33.19	13.79	0.40	0	0	0	0	0	0	0
551	33.19	13.79	0.79	0	0	0	0	0	0	0
552	32.81	13.73	0.00	1	1	0	0	0	1	0
553	32.81	13.73	0.40	0	0	0	0	0	0	0

Nodo	x [m]	y [m]	z [m]	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz	Solaio
554	32.81	13.73	0.79	0	0	0	0	0	0	0
555	32.46	13.55	0.00	1	1	0	0	0	1	0
556	32.46	13.55	0.40	0	0	0	0	0	0	0
557	32.46	13.55	0.79	0	0	0	0	0	0	0
558	32.19	13.28	0.00	1	1	0	0	0	1	0
559	32.19	13.28	0.40	0	0	0	0	0	0	0
560	32.19	13.28	0.79	0	0	0	0	0	0	0
561	32.01	12.94	0.00	1	1	0	0	0	1	0
562	32.01	12.94	0.40	0	0	0	0	0	0	0
563	32.01	12.94	0.79	0	0	0	0	0	0	0
564	31.95	12.55	0.00	1	1	0	0	0	1	0
565	31.95	12.55	0.40	0	0	0	0	0	0	0
566	31.95	12.55	0.79	0	0	0	0	0	0	0
567	32.01	12.17	0.00	1	1	0	0	0	1	0
568	32.01	12.17	0.40	0	0	0	0	0	0	0
569	32.01	12.17	0.79	0	0	0	0	0	0	0
570	32.19	11.83	0.00	1	1	0	0	0	1	0
571	32.19	11.83	0.40	0	0	0	0	0	0	0
572	32.19	11.83	0.79	0	0	0	0	0	0	0
573	32.46	11.55	0.00	1	1	0	0	0	1	0
574	32.46	11.55	0.40	0	0	0	0	0	0	0
575	32.46	11.55	0.79	0	0	0	0	0	0	0
576	32.81	11.38	0.00	1	1	0	0	0	1	0
577	32.81	11.38	0.40	0	0	0	0	0	0	0
578	32.81	11.38	0.79	0	0	0	0	0	0	0
579	33.19	11.32	0.00	1	1	0	0	0	1	0
580	33.19	11.32	0.40	0	0	0	0	0	0	0
581	33.19	11.32	0.79	0	0	0	0	0	0	0
582	33.57	11.38	0.00	1	1	0	0	0	1	0
583	33.57	11.38	0.40	0	0	0	0	0	0	0
584	33.57	11.38	0.79	0	0	0	0	0	0	0
585	33.92	11.55	0.00	1	1	0	0	0	1	0
586	33.92	11.55	0.40	0	0	0	0	0	0	0
587	33.92	11.55	0.79	0	0	0	0	0	0	0
588	34.19	11.83	0.00	1	1	0	0	0	1	0
589	34.19	11.83	0.40	0	0	0	0	0	0	0
590	34.19	11.83	0.79	0	0	0	0	0	0	0
591	34.37	12.17	0.00	1	1	0	0	0	1	0
592	34.37	12.17	0.40	0	0	0	0	0	0	0
593	34.37	12.17	0.79	0	0	0	0	0	0	0
594	34.17	12.87	0.00	1	1	0	0	0	1	0
595	34.22	12.55	0.00	1	1	0	0	0	1	0
596	33.98	12.81	0.00	1	1	0	0	0	1	0
597	34.02	12.55	0.00	1	1	0	0	0	1	0
598	33.78	12.74	0.00	1	1	0	0	0	1	0
599	33.81	12.55	0.00	1	1	0	0	0	1	0
600	33.58	12.68	0.00	1	1	0	0	0	1	0
601	33.60	12.55	0.00	1	1	0	0	0	1	0
602	33.39	12.62	0.00	1	1	0	0	0	1	0
603	33.40	12.55	0.00	1	1	0	0	0	1	0
604	34.03	13.16	0.00	1	1	0	0	0	1	0
605	33.86	13.04	0.00	1	1	0	0	0	1	0
606	33.69	12.92	0.00	1	1	0	0	0	1	0
607	33.52	12.80	0.00	1	1	0	0	0	1	0
608	33.36	12.67	0.00	1	1	0	0	0	1	0
609	33.80	13.39	0.00	1	1	0	0	0	1	0
610	33.68	13.22	0.00	1	1	0	0	0	1	0

Nodo	x [m]	y [m]	z [m]	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz	Solaio
611	33.55	13.05	0.00	1	1	0	0	0	1	0
612	33.43	12.89	0.00	1	1	0	0	0	1	0
613	33.31	12.72	0.00	1	1	0	0	0	1	0
614	33.51	13.53	0.00	1	1	0	0	0	1	0
615	33.44	13.34	0.00	1	1	0	0	0	1	0
616	33.38	13.14	0.00	1	1	0	0	0	1	0
617	33.32	12.95	0.00	1	1	0	0	0	1	0
618	33.25	12.75	0.00	1	1	0	0	0	1	0
619	33.19	13.58	0.00	1	1	0	0	0	1	0
620	33.19	13.38	0.00	1	1	0	0	0	1	0
621	33.19	13.17	0.00	1	1	0	0	0	1	0
622	33.19	12.97	0.00	1	1	0	0	0	1	0
623	33.19	12.76	0.00	1	1	0	0	0	1	0
624	32.87	13.53	0.00	1	1	0	0	0	1	0
625	32.94	13.34	0.00	1	1	0	0	0	1	0
626	33.00	13.14	0.00	1	1	0	0	0	1	0
627	33.06	12.95	0.00	1	1	0	0	0	1	0
628	33.13	12.75	0.00	1	1	0	0	0	1	0
629	32.58	13.39	0.00	1	1	0	0	0	1	0
630	32.71	13.22	0.00	1	1	0	0	0	1	0
631	32.83	13.05	0.00	1	1	0	0	0	1	0
632	32.95	12.89	0.00	1	1	0	0	0	1	0
633	33.07	12.72	0.00	1	1	0	0	0	1	0
634	32.36	13.16	0.00	1	1	0	0	0	1	0
635	32.52	13.04	0.00	1	1	0	0	0	1	0
636	32.69	12.92	0.00	1	1	0	0	0	1	0
637	32.86	12.80	0.00	1	1	0	0	0	1	0
638	33.02	12.67	0.00	1	1	0	0	0	1	0
639	32.21	12.87	0.00	1	1	0	0	0	1	0
640	32.41	12.81	0.00	1	1	0	0	0	1	0
641	32.60	12.74	0.00	1	1	0	0	0	1	0
642	32.80	12.68	0.00	1	1	0	0	0	1	0
643	32.99	12.62	0.00	1	1	0	0	0	1	0
644	32.16	12.55	0.00	1	1	0	0	0	1	0
645	32.37	12.55	0.00	1	1	0	0	0	1	0
646	32.57	12.55	0.00	1	1	0	0	0	1	0
647	32.78	12.55	0.00	1	1	0	0	0	1	0
648	32.98	12.55	0.00	1	1	0	0	0	1	0
649	32.21	12.23	0.00	1	1	0	0	0	1	0
650	32.41	12.30	0.00	1	1	0	0	0	1	0
651	32.60	12.36	0.00	1	1	0	0	0	1	0
652	32.80	12.43	0.00	1	1	0	0	0	1	0
653	32.99	12.49	0.00	1	1	0	0	0	1	0
654	32.36	11.95	0.00	1	1	0	0	0	1	0
655	32.52	12.07	0.00	1	1	0	0	0	1	0
656	32.69	12.19	0.00	1	1	0	0	0	1	0
657	32.86	12.31	0.00	1	1	0	0	0	1	0
658	33.02	12.43	0.00	1	1	0	0	0	1	0
659	32.58	11.72	0.00	1	1	0	0	0	1	0
660	32.71	11.89	0.00	1	1	0	0	0	1	0
661	32.83	12.05	0.00	1	1	0	0	0	1	0
662	32.95	12.22	0.00	1	1	0	0	0	1	0
663	33.07	12.39	0.00	1	1	0	0	0	1	0
664	32.87	11.57	0.00	1	1	0	0	0	1	0
665	32.94	11.77	0.00	1	1	0	0	0	1	0
666	33.00	11.96	0.00	1	1	0	0	0	1	0
667	33.06	12.16	0.00	1	1	0	0	0	1	0



Nodo	x [m]	y [m]	z [m]	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz	Solaio
668	33.13	12.36	0.00	1	1	0	0	0	1	0
669	33.19	11.52	0.00	1	1	0	0	0	1	0
670	33.19	11.73	0.00	1	1	0	0	0	1	0
671	33.19	11.93	0.00	1	1	0	0	0	1	0
672	33.19	12.14	0.00	1	1	0	0	0	1	0
673	33.19	12.35	0.00	1	1	0	0	0	1	0
674	33.51	11.57	0.00	1	1	0	0	0	1	0
675	33.44	11.77	0.00	1	1	0	0	0	1	0
676	33.38	11.96	0.00	1	1	0	0	0	1	0
677	33.32	12.16	0.00	1	1	0	0	0	1	0
678	33.25	12.36	0.00	1	1	0	0	0	1	0
679	33.80	11.72	0.00	1	1	0	0	0	1	0
680	33.68	11.89	0.00	1	1	0	0	0	1	0
681	33.55	12.05	0.00	1	1	0	0	0	1	0
682	33.43	12.22	0.00	1	1	0	0	0	1	0
683	33.31	12.39	0.00	1	1	0	0	0	1	0
684	34.03	11.95	0.00	1	1	0	0	0	1	0
685	33.86	12.07	0.00	1	1	0	0	0	1	0
686	33.69	12.19	0.00	1	1	0	0	0	1	0
687	33.52	12.31	0.00	1	1	0	0	0	1	0
688	33.36	12.43	0.00	1	1	0	0	0	1	0
689	34.17	12.23	0.00	1	1	0	0	0	1	0
690	33.98	12.30	0.00	1	1	0	0	0	1	0
691	33.78	12.36	0.00	1	1	0	0	0	1	0
692	33.58	12.43	0.00	1	1	0	0	0	1	0
693	33.39	12.49	0.00	1	1	0	0	0	1	0
694	33.19	12.55	0.00	1	1	0	0	0	1	0

4.2. MODELLO LASTRA DI COPERTURA

Nodi

Nodo	x [m]	y [m]	z [m]	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz	Solaio
423	34.43	12.55	0.00	1	1	1	0	0	0	0
424	34.37	12.94	0.00	1	1	1	0	0	0	0
425	34.17	12.87	0.00	0	0	0	0	0	0	0
426	34.22	12.55	0.00	0	0	0	0	0	0	0
427	33.98	12.81	0.00	0	0	0	0	0	0	0
428	34.02	12.55	0.00	0	0	0	0	0	0	0
429	33.78	12.74	0.00	0	0	0	0	0	0	0
430	33.81	12.55	0.00	0	0	0	0	0	0	0
431	33.58	12.68	0.00	0	0	0	0	0	0	0
432	33.60	12.55	0.00	0	0	0	0	0	0	0
433	33.39	12.62	0.00	0	0	0	0	0	0	0
434	33.40	12.55	0.00	0	0	0	0	0	0	0
435	34.19	13.28	0.00	1	1	1	0	0	0	0
436	34.03	13.16	0.00	0	0	0	0	0	0	0
437	33.86	13.04	0.00	0	0	0	0	0	0	0
438	33.69	12.92	0.00	0	0	0	0	0	0	0
439	33.52	12.80	0.00	0	0	0	0	0	0	0
440	33.36	12.67	0.00	0	0	0	0	0	0	0
441	33.92	13.55	0.00	1	1	1	0	0	0	0
442	33.80	13.39	0.00	0	0	0	0	0	0	0
443	33.68	13.22	0.00	0	0	0	0	0	0	0
444	33.55	13.05	0.00	0	0	0	0	0	0	0

Nodo	x [m]	y [m]	z [m]	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz	Solaio
445	33.43	12.89	0.00	0	0	0	0	0	0	0
446	33.31	12.72	0.00	0	0	0	0	0	0	0
447	33.57	13.73	0.00	1	1	1	0	0	0	0
448	33.51	13.53	0.00	0	0	0	0	0	0	0
449	33.44	13.34	0.00	0	0	0	0	0	0	0
450	33.38	13.14	0.00	0	0	0	0	0	0	0
451	33.32	12.95	0.00	0	0	0	0	0	0	0
452	33.25	12.75	0.00	0	0	0	0	0	0	0
453	33.19	13.79	0.00	1	1	1	0	0	0	0
454	33.19	13.58	0.00	0	0	0	0	0	0	0
455	33.19	13.38	0.00	0	0	0	0	0	0	0
456	33.19	13.17	0.00	0	0	0	0	0	0	0
457	33.19	12.97	0.00	0	0	0	0	0	0	0
458	33.19	12.76	0.00	0	0	0	0	0	0	0
459	32.81	13.73	0.00	1	1	1	0	0	0	0
460	32.87	13.53	0.00	0	0	0	0	0	0	0
461	32.94	13.34	0.00	0	0	0	0	0	0	0
462	33.00	13.14	0.00	0	0	0	0	0	0	0
463	33.06	12.95	0.00	0	0	0	0	0	0	0
464	33.13	12.75	0.00	0	0	0	0	0	0	0
465	32.46	13.55	0.00	1	1	1	0	0	0	0
466	32.58	13.39	0.00	0	0	0	0	0	0	0
467	32.71	13.22	0.00	0	0	0	0	0	0	0
468	32.83	13.05	0.00	0	0	0	0	0	0	0
469	32.95	12.89	0.00	0	0	0	0	0	0	0
470	33.07	12.72	0.00	0	0	0	0	0	0	0
471	32.19	13.28	0.00	1	1	1	0	0	0	0
472	32.34	13.13	0.00	0	0	0	0	0	0	0
473	32.52	13.04	0.00	0	0	0	0	0	0	0
474	32.73	12.95	0.00	0	0	0	0	0	0	0
475	32.86	12.80	0.00	0	0	0	0	0	0	0
476	33.02	12.67	0.00	0	0	0	0	0	0	0
477	32.01	12.94	0.00	1	1	1	0	0	0	0
478	32.21	12.87	0.00	0	0	0	0	0	0	0
479	32.40	12.83	0.00	0	0	0	0	0	0	0
480	32.64	12.82	0.00	0	0	0	0	0	0	0
481	32.78	12.67	0.00	0	0	0	0	0	0	0
482	32.99	12.62	0.00	0	0	0	0	0	0	0
483	31.99	12.76	0.00	1	1	1	0	0	0	0
484	32.14	12.73	0.00	0	0	0	0	0	0	0
485	32.25	12.71	0.00	0	0	0	0	0	0	0
486	32.80	12.55	0.00	0	0	0	0	0	0	0
487	32.98	12.55	0.00	0	0	0	0	0	0	0
488	31.98	12.36	0.00	1	1	1	0	0	0	0
489	32.01	12.17	0.00	1	1	1	0	0	0	0
490	32.21	12.23	0.00	0	0	0	0	0	0	0
491	32.14	12.38	0.00	0	0	0	0	0	0	0
492	32.40	12.27	0.00	0	0	0	0	0	0	0
493	32.24	12.40	0.00	0	0	0	0	0	0	0
494	32.78	12.43	0.00	0	0	0	0	0	0	0
495	32.99	12.49	0.00	0	0	0	0	0	0	0
496	32.19	11.83	0.00	1	1	1	0	0	0	0
497	32.34	11.97	0.00	0	0	0	0	0	0	0
498	32.52	12.07	0.00	0	0	0	0	0	0	0
499	32.73	12.15	0.00	0	0	0	0	0	0	0
500	32.64	12.29	0.00	0	0	0	0	0	0	0
501	32.86	12.31	0.00	0	0	0	0	0	0	0



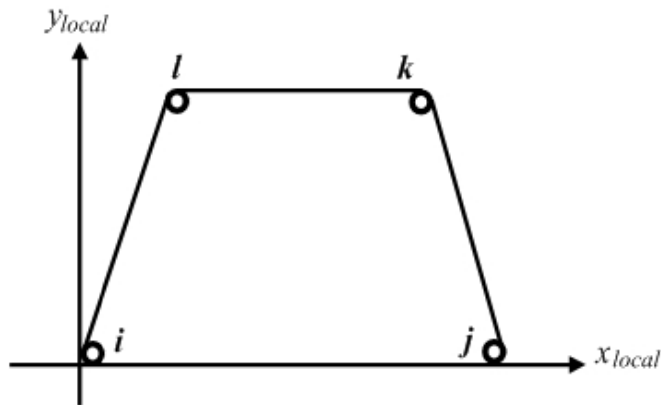
Nodo	x [m]	y [m]	z [m]	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz	Solaio
502	33.02	12.43	0.00	0	0	0	0	0	0	0
503	32.46	11.55	0.00	1	1	1	0	0	0	0
504	32.58	11.72	0.00	0	0	0	0	0	0	0
505	32.71	11.89	0.00	0	0	0	0	0	0	0
506	32.83	12.05	0.00	0	0	0	0	0	0	0
507	32.95	12.22	0.00	0	0	0	0	0	0	0
508	33.07	12.39	0.00	0	0	0	0	0	0	0
509	32.81	11.38	0.00	1	1	1	0	0	0	0
510	32.87	11.57	0.00	0	0	0	0	0	0	0
511	32.94	11.77	0.00	0	0	0	0	0	0	0
512	33.00	11.96	0.00	0	0	0	0	0	0	0
513	33.06	12.16	0.00	0	0	0	0	0	0	0
514	33.13	12.36	0.00	0	0	0	0	0	0	0
515	33.19	11.32	0.00	1	1	1	0	0	0	0
516	33.19	11.52	0.00	0	0	0	0	0	0	0
517	33.19	11.73	0.00	0	0	0	0	0	0	0
518	33.19	11.93	0.00	0	0	0	0	0	0	0
519	33.19	12.14	0.00	0	0	0	0	0	0	0
520	33.19	12.35	0.00	0	0	0	0	0	0	0
521	33.57	11.38	0.00	1	1	1	0	0	0	0
522	33.51	11.57	0.00	0	0	0	0	0	0	0
523	33.44	11.77	0.00	0	0	0	0	0	0	0
524	33.38	11.96	0.00	0	0	0	0	0	0	0
525	33.32	12.16	0.00	0	0	0	0	0	0	0
526	33.25	12.36	0.00	0	0	0	0	0	0	0
527	33.92	11.55	0.00	1	1	1	0	0	0	0
528	33.80	11.72	0.00	0	0	0	0	0	0	0
529	33.68	11.89	0.00	0	0	0	0	0	0	0
530	33.55	12.05	0.00	0	0	0	0	0	0	0
531	33.43	12.22	0.00	0	0	0	0	0	0	0
532	33.31	12.39	0.00	0	0	0	0	0	0	0
533	34.19	11.83	0.00	1	1	1	0	0	0	0
534	34.03	11.95	0.00	0	0	0	0	0	0	0
535	33.86	12.07	0.00	0	0	0	0	0	0	0
536	33.69	12.19	0.00	0	0	0	0	0	0	0
537	33.52	12.31	0.00	0	0	0	0	0	0	0
538	33.36	12.43	0.00	0	0	0	0	0	0	0
539	34.37	12.17	0.00	1	1	1	0	0	0	0
540	34.17	12.23	0.00	0	0	0	0	0	0	0
541	33.98	12.30	0.00	0	0	0	0	0	0	0
542	33.78	12.36	0.00	0	0	0	0	0	0	0
543	33.58	12.43	0.00	0	0	0	0	0	0	0
544	33.39	12.49	0.00	0	0	0	0	0	0	0
545	31.95	12.55	0.00	1	1	1	0	0	0	0
546	32.11	12.55	0.00	0	0	0	0	0	0	0
547	32.20	12.55	0.00	0	0	0	0	0	0	0
548	33.19	12.55	0.00	0	0	0	0	0	0	0

5. ELEMENTI A 4 NODI

Convenzioni adottate

L'elemento a 4 nodi è individuato tramite il numero dei quattro nodi di vertice dello stesso.

Gli assi del sistema di riferimento locale risultano così disposti:



- L'asse x_{locale} ha direzione parallela alla retta congiungente i nodi i e j , è passante per i medesimi nodi ed ha verso positivo da i a j .
- L'asse y_{locale} è ortogonale all'asse x_{locale} , passa per il nodo i ed ha verso positivo dalla parte del nodo l .
- L'asse z_{locale} è ottenuto per prodotto vettoriale fra x_{locale} e y_{locale} .

5.1. MODELLO CISTERNA

Caratteristiche dei Materiali:

Tipo	Modulo Elastico [kg/cm ²]	ν	alfa [1/°C]	Peso Specifico [kg/m ³]	Commento
1	182080.6	0.120	0.000012	2500.0	C32/40
3	314470.0	0.120	0.000010	2500.0	C25/30

Caratteristiche dei Terreni di Fondazione:

Tipo	Costante di Sottofondo [kg/cm ³]	Commento
1	1.0	Sottofondo

Sezioni Impiegate:

Sezione	Materiale	Tipo di Sezione	Parametri Dimensionali Commenti
1	1	Mesh isotropa	s= 9 [cm] Sp. 9,5
2	1	Mesh isotropa	s= 7 [cm] Sp. 7
3	1	Mesh platea	s= 20 [cm] Terreno numero 1 Sottofondo Sp. 20
3	1	Mesh isotropa	s= 8 [cm] Sp. 8



5.2. MODELLO LASTRA DI COPERTURA Sp.20

Caratteristiche dei Materiali:

Tipo	Modulo Elastico [kg/cm ²]	ν	alfa [1/°C]	Peso Specifico [kg/m ³]	Commento
1	182080.6	0.120	0.000012	2500.0	C32/40

Sezioni Impiegate:

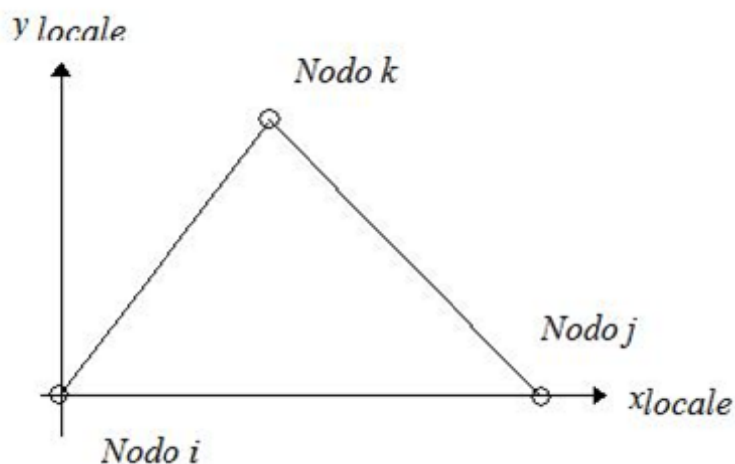
Sezione	Materiale	Tipo di Sezione	Parametri Dimensionali Commenti
1	1	Mesh isotropa	s= 20 [cm] sp.20

6. ELEMENTI TRIANGOLARI

Convenzioni adottate

L'elemento triangolare è individuato tramite il numero dei nodi di vertice dello stesso.

Gli assi del sistema di riferimento locale risultano così disposti:



- L'asse x_{locale} ha direzione parallela alla retta congiungente i nodi i e j , è passante per i medesimi nodi ed ha verso positivo da i a j .
- L'asse y_{locale} è ortogonale all'asse x_{locale} , passa per il nodo i ed ha verso positivo dalla parte del nodo k .
- L'asse z_{locale} è ottenuto per prodotto vettoriale fra x_{locale} e y_{locale} .

Caratteristiche dei Materiali:

Tipo	Modulo Elastico [kg/cm ²]	ν	alfa [1/°C]	Peso Specifico [kg/m ³]	Commento
1	182080.6	0.120	0.000012	2500.0	C32/40
3	314470.0	0.120	0.000010	2500.0	C25/30

Caratteristiche dei Terreni di Fondazione:

Tipo	Costante di Sottofondo [kg/cm ³]	Commento
1	1.0	Sottofondo

Sezioni Impiegate:

Sezione	Materiale	Tipo di Sezione	Parametri Dimensionali Commenti
1	1	Mesh isotropa	s= 8 [cm] Sp. 8
2	1	Mesh platea	s= 20 [cm] Terreno numero 1 Sottofondo Sp. 20

7. CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO

Convenzioni adottate

Nel seguito vengono riportate il numero di condizioni di carico statiche e dinamiche che sollecitano la struttura. Si noti che:

- Per quanto riguarda le condizioni di carico dinamiche, il programma assimila ogni direzione di ingresso del sisma, definita dal progettista, ad una condizione di carico. Pertanto qualora agiscano sulla struttura **n** condizioni di carico statiche e il progettista abbia supposto che la struttura venga sollecitata da un sisma entrante in **m** direzioni, la struttura stessa viene considerata del programma come soggetta ad **n + m** condizioni di carico.
- Le combinazioni di carico, definite dal progettista, combinano fra loro le **n + m** condizioni di carico ognuna partecipante alla combinazione **i-esima** secondo i fattori di partecipazione nel seguito riportati. N.B.: se la condizione **j-esima** ha fattore di partecipazione unitario, allora partecipa per intero alla combinazione **i-esima**.
- Le prime **n** condizioni sono sempre statiche mentre sono di origine dinamica le (eventuali) condizioni da **n+1** a **n+m**.

7.1. MODELLO CISTERNA

- Cond. 1 : Peso Proprio
- Cond. 2 : Permanenti G1
- Cond. 3 : Variabili (1° Categoria)
- Cond. 4 : Sisma
- Cond. 5 : Peso di tutto pieno
- Cond. 6 : Sottospinte idrauliche

Combinazioni agli Stati Limite Ultimi

Combinazione di carico numero

1	SLU -STR
2	SLV
3	SLU -GEO

Comb.\Cond	1	2	3	4	5	6
1	1.35	1.35	1.35			1.35
2	1	1		1		1
3	1.35	1.35	1.35		1.35	



Combinazioni RARE Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero	
4	RARA

Comb.\Cond	1	2	3	6
4	1	1	1	1

Combinazioni FREQUENTI Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero	
5	FREQUENTE

Comb.\Cond	1	2	3	6
5	1	1	0,4	1

Combinazioni QUASI PERMANENTI Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero	
6	QUASI PERMANENTE

Comb.\Cond	1	2	6
6	1	1	1

7.2. MODELLO LASTRA DI COPERTURA

Le condizioni di carico previste comprendono:

- Cond. 1 Peso Proprio
- Cond. 2 Permanenti G1
- Cond. 3 Accidentali

Le condizioni di carico saranno combinate come di seguito:

Combinazioni agli Stati Limite Ultimi

Combinazione di carico numero	
1	SLU1

Comb.\Cond	1	2	3
1	1.35	1.35	1.35

Combinazioni RARE Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero	
2	RARA1

Comb.\Cond	1	2	3
2	1	1	1



Combinazioni FREQUENTI Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero			
3			FREQ1
Comb.\Cond	1	2	3
3	1	1	0,4

Combinazioni QUASI PERMANENTI Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero		
4		QP1
Comb.\Cond	1	2
4	1	1

8. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Si riporta di seguito il confronto delle tensioni alla base delle pareti della cisterna interrata per la combinazione SLE rara (Comb.10):

- P.P. strutturale parete = 5800 kg
- Sovraccarico Permanente = 11639kg
- Sovraccarico Accidentale = 4399 kg
- Area di Base = 7461 cm²

$$\sigma_{\text{manuale}} = (5800 + 11639 + 4399) / 7461 = 2,93 \text{ kg/cm}^2$$

$$N_{\text{automatico}} = 3,01 \text{ kg}$$

**Differenza calcolata inferiore al 4%, dovuta alle approssimazioni del modello di calcolo.
Si ritiene quindi accettabile il risultato del calcolo.**

Il progettista delle strutture

Dott. Ing. Christian Pierini



Variante alla tipologia costruttiva degli impianti di trattamento acque di prima pioggia
„

5.3 Dichiarazione di prestazione Dop Nr. 01/15 per pozzetti prefabbricati modulari a pianta quadrata

Dichiarazione di prestazione Dop Nr. 01/15

1. *Codice di identificazione unico del prodotto-tipo:* **Pozzetto prefabbricato modulare a pianta quadrata 80X80cm – 100x100cm – 120x120cm – 150x150cm per rete idrica**, per alloggiamento di pezzi speciali, saracinesche e giunti, in calcestruzzo vibrato, realizzato secondo le norme **UNI EN 1917:2004** e provvisto di marcatura **CE**, con classe di resistenza **30**, completo di innesti con guarnizione di tenuta a norma **UNI EN 681**, in grado di garantire una tenuta idraulica di **0.5 bar**, con sopralzi di diversa altezza, in grado di garantire una tenuta idraulica di **0.3 bar**, con inseriti pioli antiscivolo a norma **UNI EN 13101**, e soletta di copertura con classe di resistenza verticale **150 kN**.
2. *Numero di tipo, lotto, serie o qualsiasi altro elemento che consenta l'identificazione del prodotto da costruzione ai sensi dell'articolo 11, paragrafo 4:* Produzione **2015**
3. *Uso o usi previsti del prodotto da costruzione, conformemente alla relativa specifica tecnica armonizzata, come previsto dal fabbricante:* **UNI EN 1917:** Pozzetti e camere di ispezione in calcestruzzo non armato, rinforzato con fibre di acciaio e con armature tradizionali.
4. *Nome, denominazione commerciale registrata o marchio registrato e indirizzo del fabbricante ai sensi dell'articolo 11, paragrafo 5:* **BIANCO PREFABBRICATI S.r.l.**
Via Costiera, 42 - 91026 Mazara del Vallo (TP)
Tel. +39 0923 942 972 – Fax +39 0923 943 970
e-mail: info@biancoprefabbricati.it
5. *Se opportuno, nome e indirizzo del mandatario il cui mandato copre i compiti cui all'articolo 12, paragrafo 2:* Non applicabile
6. *Sistema o sistemi di valutazione e verifica della costanza della prestazione del prodotto da costruzione di cui all'allegato V:* Sistema **4**
7. *Nel caso di una dichiarazione di prestazione relativa ad un prodotto da costruzione che rientra nell'ambito di applicazione di una norma armonizzata:* Non applicabile
8. *Nel caso di una dichiarazione di prestazione relativa ad un prodotto da costruzione per il quale è stata rilasciata una valutazione tecnica europea:* Non applicabile
9. *Prestazione dichiarata:*

<i>Caratteristiche essenziali</i>	<i>Prestazione</i>	<i>Specifico tecnica armonizzata</i>
Dimensioni apertura	625 mm	EN 1917:2004 - 4.3.3.5
Resistenza meccanica	$F_{ck} > 40$ MPa	EN 1917:2004 - 4.2.2, 4.3.5, 4.3.6
Elementi orizzontali	$F_p = 150$ kN	e 5.2.6
Portata gradini premontati (se previsti)	Inflessione < 5 mm con carico di 2 kN, con freccia residua < 1 mm; Resistenza ad estrazione > 5 kN	EN 1917:2004 - 4.3.7
Tenuta all'acqua	Nessuna perdita ad una pressione di prova idrostatica di 50 kPa (0,5 bar)	EN 1917:2004 - 4.3.8
Durabilità dei giunti	Adeguate alle normali condizioni di esercizio	EN 1917:2004 - 4.3.10 - 4.2.2

10. *La prestazione del prodotto di cui ai punti 1 e 2 è conforme alla prestazione dichiarata di cui al punto 9. Si rilascia la presente dichiarazione di prestazione sotto la responsabilità esclusiva del fabbricante di cui al punto 4.*



Firmato a nome e per conto di

Bianco Prefabbricati S.r.l.

Procuratore speciale

Bianco Vincenzo

