



Risorse liberate nell'ambito POR 2000/2006
MISURA 1.1. - fondo FESR

Codice CUP: E73D13001190006

**COMPLETAMENTO ED ESTENDIMENTO
DELLA RETE IDRICA E FOGNARIA A SERVIZIO DEL CENTRO ABITATO E
DELL'AREA URBANA DI PORTO CESAREO E LOCALITA' LA STREA (LE)**

PROGETTO ESECUTIVO

Il Responsabile del Procedimento

ing. Maria BAIILE



Progettista della rete idrica:
ing. Antonio GAI

Direzione Operativa
Reti/Distribuzione e Fognatura, Impianti (MAT)
Area Ingegneria

Progettista delle opere elettriche ed elettromeccaniche:
ing. M. Alessandro SALIOLA

Responsabile del Progetto e Progettista della rete fognaria:
ing. Leonardo INDELLICATI

Il Responsabile Area
ing. Emilio TARQUINIO

Progettista delle opere in c.a.:
ing. Tommaso DI LERNIA
Coordinatore della Sicurezza in Fase di Progettazione:
p.i. Luigi DEL POPOLO

Elaborato:

ED.01.05.5

**CALCOLO STRUTTURALE: ATTESTAZIONE DI
CONFORMITÀ AL PAR. 10.2 DEL DM 14/01/2008**

Prof. N°: 12/12/2013 - 131282	Data: giugno 2014	Nome file:
Cod. Progetto: P9110	Cod. SAP: 220000000641	Scala:

0		Emesso per progetto ESECUTIVO			/ / /
rev.	data	descrizione	dis.	contr.	appr.

Acquedotto Pugliese S.p.A. - 70123 Bari - Via Vittorio Emanuele Orlando, n. c-Tel. 080.5723858-3940-Fax 080.5723628



INDICE

1.	GENERALITA'	2
2.	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	2
3.	CONFORMITA' AL PAR. 10.2 DEL DM 14/01/2008	4
3.1	Controlli svolti per esprimere il giudizio motivato di accettabilità dei risultati	6

1. GENERALITA'

La presente relazione è finalizzata ad attestare la piena conformità dei calcoli svolti con il software di calcolo per la risoluzione delle strutture previste nel Progetto Esecutivo per il "Completamento ed estendimento della rete idrica e fognaria a servizio del centro abitato e dell'area urbana di Porto Cesareo e località La Strea (LE)" con quanto disposto nel paragrafo 10.2 del DM 14/01/2008.

Sulla base di quanto previsto nel DM del 14/01/2008 e nelle deliberazioni di Giunta Regionale n.153/04 e n.1214/11 della Regione Puglia, per il manufatto previsto in progetto si è individuata la classe d'uso III a cui è associato un coefficiente C_U pari a 1,5 e una vita nominale V_N di 100 anni; il periodo di riferimento per le azioni sismiche V_R risulta essere quindi uguale a:

$$V_R = V_N \times C_U = 150 \text{ anni.}$$

2. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

In progetto sono previste tutte quelle opere infrastrutturali necessarie al completamento ed estendimento della rete idrica e fognaria a servizio del centro abitato e dell'area urbana di Porto Cesareo e località La Strea (LE).

Dal punto di vista prettamente strutturale, in progetto sono previste le opere in cemento armato descritte nel seguito.

- Impianto di sollevamento fognario in c.a. gettato in opera

L'impianto sarà completamente interrato e avrà la forma esterna di un parallelepipedo la cui struttura portante sarà essenzialmente costituita da:

- una platea di fondazione di forma rettangolare, (avente in pianta le dimensioni 4,64 x 2,14 m e uno spessore $s = 30$ cm);
- n.4 pareti perimetrali (aventi un'altezza $h = 3,22$ m e uno spessore $s = 30$ cm);
- una piastra di dimensioni uguali a quella di fondazione, ma caratterizzata da 4 fori rettangolari di dimensioni 120 x 60 cm e 2 fori rettangolari di dimensioni 70 x 50 cm (destinati rispettivamente all'eventuale transito del personale addetto e al passaggio delle apparecchiature e che saranno coperti da appositi chiusini del tipo carrabile D400) e da un foro circolare di diametro $\phi = 16$ cm (per il passaggio dell'organo di manovra della paratoia inserita all'interno del manufatto).

Le dimensioni nette interne saranno pari a 4,04 x 1,54 m mentre l'altezza netta interna risulterà pari ad $h = 2,92$ m.

Al suo interno, inoltre, il manufatto presenterà:

- un setto divisorio di fondo (avente una lunghezza $L = 4,04$ m, un'altezza $h = 1,72$ m, uno spessore $s = 15$ cm e caratterizzato, alla base ed in posizione centrale, da un foro quadrato di lato $l = 30$ cm), che dividerà la vasca in due zone distinte (in cui alloggeranno le n. 2 elettropompe sommerse di progetto e che risulteranno in comunicazione grazie al foro precedentemente descritto la cui chiusura sarà regolata, durante eventuali operazioni di manutenzione, da un'apposita paratoia che permetterà il by-pass di una delle due);
- un piccolo vano di manovra superiore (avente una lunghezza $L = 1,54$ m, una larghezza $l = 1,20$ m e un'altezza $h = 1,20$ m) ricavato grazie ad una parete ed una soletta interna (entrambi aventi spessore $s = 20$ cm).

Sulla platea di fondo del manufatto verranno realizzate idonee pendenze con cls magro.

Tutte le superfici interne verranno protette con idonea malta bicomponente impermeabilizzante, mentre in copertura è prevista la posa di uno strato di malta di allettamento al di sotto di una pavimentazione in pietrini di cemento.

Su due delle 4 pareti perimetrali saranno previsti dei fori d'apertura per consentire il passaggio delle tubazioni di ingresso (n.2 tubazioni DN200) e di uscita (n.1 tubazione DN150).

- Pozzetti d'ispezione prefabbricati in c.a.

In progetto sono previsti numerosi pozzetti idrici e fognari (di scarico, sfiato e ispezione) costituiti dall'assemblaggio di elementi prefabbricati in c.a. aventi spessori previsti dalle ditte produttrici e tipologie e ingombri specificate nelle tavole di progetto.

Vista la loro collocazione su strada, tutti i pozzetti dovranno prevedere delle solette di copertura di tipo carrabile.

Ciascun componente del manufatto dovrà sopportare, singolarmente e globalmente, le azioni statiche e sismiche dovute essenzialmente ai pesi strutturali, ai carichi permanenti, alla spinta dei terreni e dell'eventuale falda presente e ai sovraccarichi stradali.

3. CONFORMITA' AL PAR. 10.2 DEL DM 14/01/2008

Nel par. 10.2 del DM2008, si dice testualmente che: *"qualora l'analisi strutturale e le relative verifiche siano condotte con l'ausilio di codici di calcolo automatico, il progettista dovrà controllare l'affidabilità dei codici utilizzati e verificare l'attendibilità dei risultati ottenuti, curando nel contempo che la presentazione dei risultati stessi sia tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità"*.

Si forniscono nel seguito le indicazioni richieste esplicitamente dalla norma a riguardo del calcolo strutturale effettuato per la progettazione del manufatto di sollevamento in c.a. gettato in opera previsto nel presente progetto.

- Tipo di analisi svolta
- Vista la semplicità dell'opere e la sua spiccata caratteristica di "struttura scatolare", che ne determina inevitabilmente un comportamento pressoché elastico, l'analisi strutturale che l'ha riguardata è stata condotta in campo lineare e ha indagato sia la statica che la dinamica del sistema; per quanto riguarda l'analisi sismica, è stata effettuata un'analisi dinamica modale con spettro di risposta o "analisi lineare dinamica" con la quale l'equilibrio è stato trattato dinamicamente e l'azione sismica è stata modellata direttamente attraverso lo spettro di progetto elastico avendo individuato per la strutture in oggetto un comportamento non dissipativo (coefficiente di struttura $q = 1$).
- La risoluzione del problema strutturale è stata affrontata con la metodologia f.e.m. svolta dal solutore tridimensionale agli elementi finiti di tipo SAP interno al software usato nel calcolo. Le verifiche delle sezioni sono stati condotte con il metodo semiprobabilistico agli stati limite previsti dalla norma vigente.
- Le combinazioni di carico adottate sono indicate chiaramente nei tabulati di calcolo allegati al progetto. Sono state prese in considerazione in maniera esaustiva tutte le combinazioni possibili di carico sulla struttura grazie all'applicazione dei coefficienti previsti dalla norma che hanno permesso di indagare tutte le situazioni sollecitative più severe prevedibili per la struttura in esame (carichi propri strutturali e portati, sovraccarichi accidentali, carichi termici, carico neve, carico sismico, carico statico e sismico liquami, spinta statica e sismica dei terreni e della falda).
- Si riportano di seguito le caratteristiche principali del codice di calcolo utilizzato per l'analisi e la verifica strutturale:
 - Denominazione del software: Sismicad 12.4
 - Produttore del software: Concrete srl, via della Pieve, 15, 35121 PADOVA - Italy

- Sito internet: <http://www.concrete.it>
 - Rivenditore: INFOTIME del Dr. Liso Vito - Via Virgilio, 171 - Triggiano (BA)
 - Versione: 12.4
 - Identificatore licenza: SW-5992918
 - Intestatario della licenza: ACQUEDOTTO PUGLIESE SPA VIA COGNETTI, 36 BARI
 - Versione regolarmente licenziata
- Il suddetto software è il normale programma di calcolo strutturale adottato dalla società Acquedotto Pugliese s.p.a. per la redazione dei progetti. Preliminarmente al suo uso, è stata esaminata la documentazione a suo corredo per valutarne l’affidabilità e soprattutto l’idoneità al caso specifico. La documentazione fornita dal produttore del software (allegata al programma e reperibile da chiunque sul proprio sito internet) contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l’individuazione dei campi d’impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, per i quali sono forniti anche i file di input necessari a riprodurre l’elaborazione.
- Essendo il manufatto progettato di modesta entità e di semplice concezione strutturale, non si rende necessaria una validazione indipendente del calcolo strutturale e quindi i calcoli non necessitano di essere eseguiti nuovamente da soggetto diverso da quello originario mediante programmi di calcolo diversi da quelli usati originariamente al fine di eseguire un controllo incrociato sui risultati delle elaborazioni.
- La quantità di informazioni che ha accompagnato l’utilizzo del calcolo automatico ha richiesto un’attenzione particolare alle modalità di presentazione dei risultati, in modo che questi riassumano, in una sintesi completa ed efficace, il comportamento della struttura per quel particolare tipo di analisi sviluppata. L’esito di ogni elaborazione è stata sintetizzata negli elaborati progettuali in disegni e schemi grafici contenenti la rappresentazione grafica delle principali caratteristiche di sollecitazione di involucro associati alle combinazioni dei carichi considerate. Di tali grandezze, sono state evidenziate le convenzioni sui segni, i valori numerici e le unità di misura adottate.
- I controlli svolti sui risultati, riportati anche nel punto successivo, (confortati dalla mancanza di segnalazione di errori da parte del software a valle dell’elaborazione e dopo una diagnosi automatica di controllo) hanno evidenziato un corretto comportamento del modello adottato. La soluzione ottenuta non risulta viziata da errori di tipo numerico legati all’algoritmo risolutivo e alle caratteristiche dell’elaboratore.
- Al fine di esprimere un giudizio motivato di accettabilità dei risultati ottenuti col software, si è sottoposto gli stessi a controlli specifici consistenti nel confronto con i risultati di semplici

calcoli, anche di larga massima, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, ad esempio, in fase di primo proporzionamento della struttura. Nel paragrafo successivo si illustrano sinteticamente alcuni dei controlli svolti.

3.1 Controlli svolti per esprimere il giudizio motivato di accettabilità dei risultati

- La struttura in esame è composta da piastre interconnesse in maniera piuttosto complessa per riuscire ad isolare anche un solo elemento che possa essere analizzato riconducendolo ad uno schema semplice e risolvibile manualmente o attraverso soluzioni e tabelle note.

L'unica piastra che è stato possibile studiare in maniera semplice è rappresentata dalla parete verticale di spessore $s = 20$ cm che delimita la camera di manovra superiore del manufatto (vedi fig. 3.1).

Un primo controllo svolto ha quindi riguardato le sollecitazioni indotte su tale parete dal carico idrostatico applicato nel modello col nome “Setto camera manovra” e agente nella condizione di carico denominata “Liquami (cond. eccez.)”.

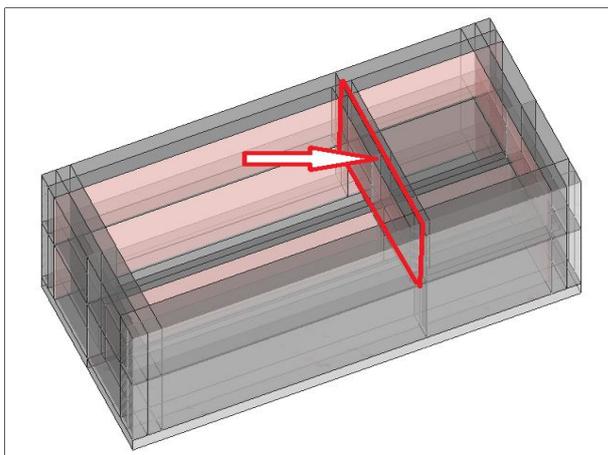


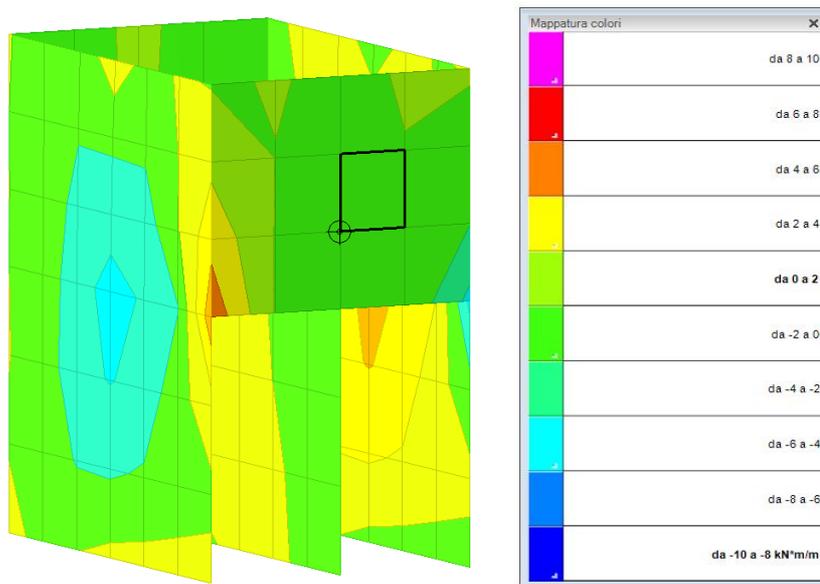
Fig. 3.1 – Parete considerata per effettuare il controllo delle sollecitazioni

Questo tipo di carico, come già evidenziato nella relazione strutturale generale, è stato inserito per ipotizzare la situazione eccezionale rappresentata dal riempimento completo della vasca e carica l'elemento in questione con un carico pressorio triangolare caratterizzato dal valore nullo localizzato 22 cm più in basso della sommità della piastra e un valore massimo (pari a $q = 14,8$ KN/m²) al livello della base.

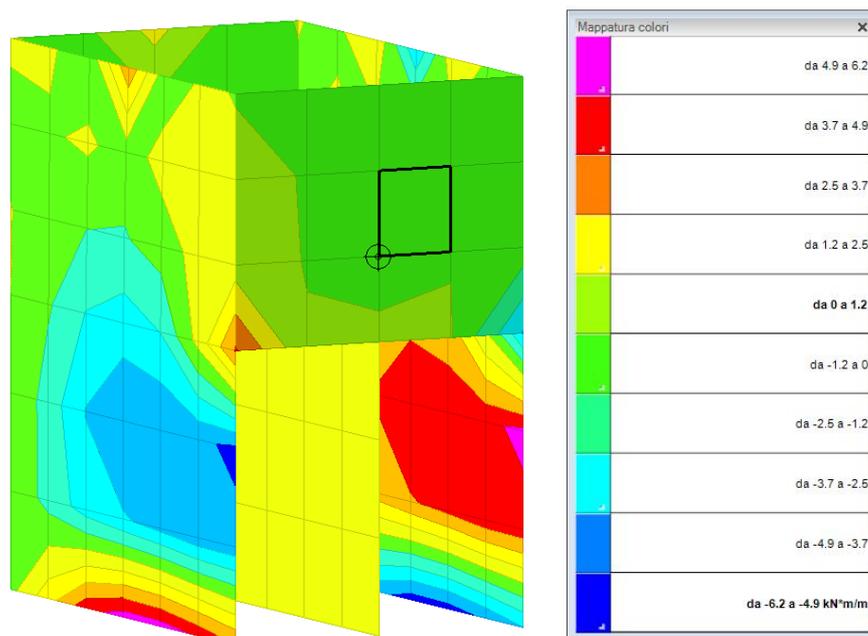
La parete modellata ha una base pari a $B = 1,84$ m e un'altezza pari a $H = 1,50$ m.

Dal modello di calcolo sono stati estrapolati i seguenti 2 diagrammi che si riferiscono ai momenti flettenti (M_{oo} e M_w) agenti sulla piastra in questione soggetta al suddetto carico:

Progetto Esecutivo del "Completamento ed estensione della rete idrica e fognaria a servizio del centro abitato e dell'area urbana di Porto Cesareo e località La Strea (LE)"
CALCOLO STRUTTURALE: ATTESTAZIONE DI CONFORMITÀ AL PAR. 10.2 DEL DM 14/01/2008



Sollecitazioni flettenti M_{xx} sulla parete se soggetta alla condizione di carico "Liquami (cond. eccez.)"



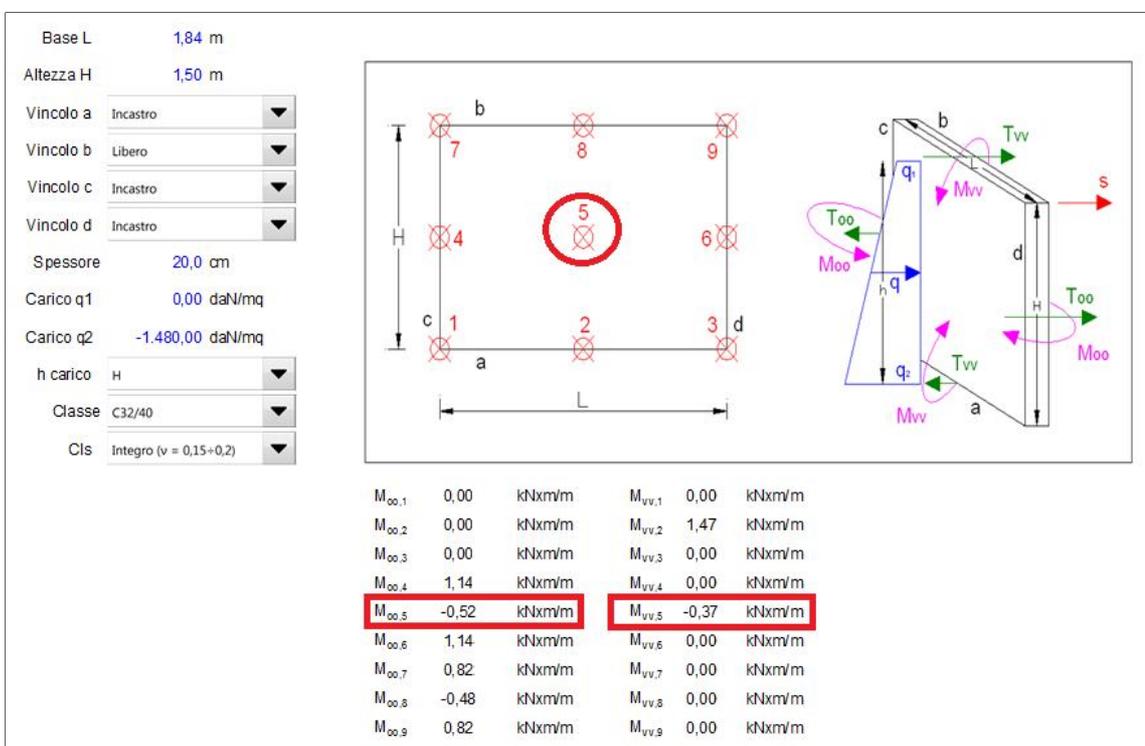
Sollecitazioni flettenti M_{zz} sulla parete se soggetta alla condizione di carico "Liquami (cond. eccez.)"

Nel nodo evidenziato (situato poco sotto il centro della piastra) si rilevano i seguenti valori del momento flettente:

Si evidenzia che il caso analizzato nel testo del Bares prevede che il carico triangolare interessi tutto l'elemento, mentre la piastra oggetto d'analisi risulta non caricata (come già detto) nella parte superiore e per un'altezza di circa 22 cm.

Proprio per questo motivo ci si aspetta che i valori tabellati per il centro della piastra considerata tutta caricata corrispondano orientativamente a quelli di un punto spostato leggermente più in basso di circa 20 cm rispetto al centro della piastra parzialmente caricata; ed è proprio per questo motivo, al fine di ottenere un confronto attendibile, che è stato scelto di indagare, nel modello, il nodo J (216) illustrato in precedenza.

Nello specifico si riporta il risultato ottenuto caricando una piastra, delle dimensioni di quella in esame con un carico triangolare avente valore massimo pari a $q = 14,8 \text{ KN/m}^2$.



Si è quindi confrontato i valori ricavati dalle tabelle con quelli rilevati dal software:

$$M_{00,calcolato} = -0,52 \text{ KNm x m} \quad \rightarrow \quad M_{00,software} = -0,51 \text{ KNm x m};$$

$$M_{vv,calcolato} = -0,37 \text{ KNm x m} \quad \rightarrow \quad M_{zz,software} = -0,35 \text{ KNm x m}.$$

E' evidente che i valori sono praticamente identici: **(CONTROLLO POSITIVO)**.

- Successivamente si è fatto una verifica sul periodo relativo al primo modo di vibrare della struttura.

Come si può verificare all'interno del tabulato di calcolo, il software ha indicato per esso il seguente valore: **$T_1 = 0,12 \text{ s}$** .

Il primo periodo di vibrazione della struttura è stato stimato anche manualmente con un la seguente formula (indicata anche nel par. 7.3.3.2 delle NTC08):

$$T_1 = C_1 \times H^{3/4} = 0,12 \text{ s}$$

dove:

$$C_1 = 0,05 \quad (\text{per strutture qualsiasi})$$

$$H = 3,22\text{m} \quad (\text{altezza della struttura dal piano di fondazione}).$$

I due valori risultano essere identici: **(CONTROLLO POSITIVO)**.

- L'ultimo controllo che si riporta nel seguito ha riguardato il calcolo del taglio sismico alla base (cioè all'estradosso della fondazione) dovuto alle masse sismiche della struttura.

Come si può verificare all'interno del tabulato di calcolo (pag. 51), il taglio alla base (fondazione) determinato dalle masse sismiche in direzione YY (direzione lungo la quale si attivano la maggior parte delle masse, e cioè il 83,4%, in corrispondenza del primo modo di vibrare) risulta essere pari a:

$$T \approx 59 \text{ KN}.$$

Per calcolare manualmente il suddetto taglio sismico, è necessario quantificare la massa del manufatto al di sopra della fondazione e le altre masse sismiche moltiplicate per i relativi coefficienti di combinazione ψ_2 .

Si riporta tale calcolo effettuato considerando le dimensioni geometriche di ciascun elemento strutturale (in m) e il peso specifico del c.a. (25 KN/m³):

$$\text{- Massa soletta copertura (G}_1\text{): } 0,30 \times 6,35 \times 25 = 47,63 \text{ KN}$$

$$\text{- Massa pareti (G}_1\text{): } [(4,04 \times 2) + (2,14 \times 2)] \times 2,92 \times 0,3 \times 25 = 270,68 \text{ KN}$$

$$\text{- Massa solette (G}_1\text{): } [(2,6 \times 1,54 \times 0,2) + (4,04 \times 1,72 \times 0,15)] \times 25 = 46,08 \text{ KN}$$

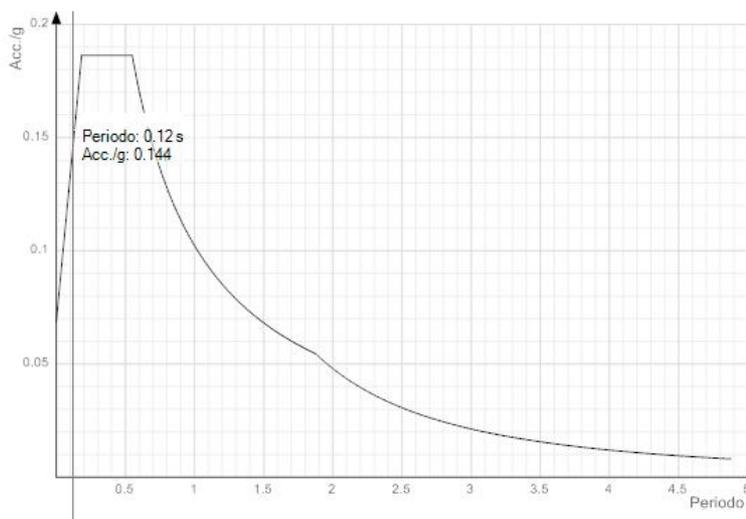
$$\text{- Permanenti copertura (G}_2\text{): } 6,35 \times 2 = 12,70 \text{ KN}$$

$$\text{- Sovraccarico copertura (Q}_{\text{cop}} - \psi_2 = 0,6\text{): } (4,64 \times 2,14) \times 12 \times 0,6 = 71,49 \text{ KN}$$

$$\text{-----}$$
$$\text{TOT} = 448,58 \text{ KN}$$

Si è poi ricercato il valore dell'accelerazione spettrale elastica (SLV) in corrispondenza del periodo T_1 e si è rilevato (vedi la figura seguente) che:

$$S_D(T_1) = S_D(0,12 \text{ sec}) = 0,144 \text{ g}.$$



Ipotizzando che tutte le masse coinvolte dal sisma si eccitino nel primo modo di vibrare e ricevano quindi l'accelerazione calcolata in precedenza, si ottiene una forza pari a:

$$T' = 448,58 \times 0,144 \approx 64 \text{ KN.}$$

Come si può constatare, il valore calcolato manualmente per il taglio sismico alla base determinato dalle masse sismiche in direzione YY (**64 KN**) è molto simile a quello fornito dal software (**59 KN**).

Questo risultato è anche coerente con la teoria dinamica in quanto il taglio sismico alla base calcolato dal software è stato ricavato con un'analisi sismica dinamica modale e quindi risulta leggermente minore rispetto quello calcolato manualmente procedendo invece con un'analisi sismica statica lineare: **(CONTROLLO POSITIVO)**.

Sebbene non riportati in questa relazione, sono stati effettuati altri controlli che, insieme a quelli descritti pocanzi, permettono di esprimere un giudizio positivo di piena accettabilità dei risultati offerti dal software utilizzato per il calcolo strutturale delle opere in progetto.