



CITTA' DI TORINO



## ACCORDO DI PROGRAMMA

FINALIZZATO ALL'ATTUAZIONE DI UN PROGRAMMA DI INTERVENTI CON VALENZA DI PIANO PARTICOLAREGGIATO, NELL'AMBITO DELLE AREE AVIO-OVAL, PER LA REALIZZAZIONE DEL PALAZZO DEGLI UFFICI REGIONALI, DEI NUOVI COMPARTI EDILIZI E DELLE OPERE INFRASTRUTTURALI CONNESSE

## NUOVO PALAZZO PER UFFICI REGIONE PIEMONTE

## PROGETTO DEFINITIVO

REVISIONE	DATA	DIS	CONTR	DESCRIZIONE
0	19/09/08	PF	GP	Prima emissione
1	07/11/08	PF	GP	Seconda emissione

## PROGETTO STRUTTURALE

### CODICE GENERALE ELABORATO

CODICE OPERA	LOTTO	LIVELLO PROGETTO	AREA PROGETTAZIONE	TIPO DOCUMENTO	NUMERO ELABORATO	VERSIONE
PR	3	D	S	G	021	0

### NUMERO PROGETTO

425

### DIS. NUMERO

### TITOLO

RELAZIONE SISMICA

### FILE

PR-3-D-S-G-021-0.DOC

### SCALA

### DATA

07 / 11 / 2008

### RAGGRUPPAMENTO DI PROGETTO

### MANDATARIO

# M FUKSAS<sup>D</sup>

Piazza del Monte di Pietà, 30  
00186 Roma  
Tel +39 06 6880 7871  
Fax +39 06 6880 7872  
office@fukasas.it

85, rue du Temple  
F-75003 Paris  
Tel +33 1 446 18389  
Fax +33 1 446 18389  
m.fukasas@fukasas.fr

Schleusenstrasse 17  
D-60327 Frankfurt am  
Tel +49 69 24005 0  
Fax +49 69 24005 199  
office-FFM@fukasas.de

### Responsabile del procedimento Regione:

Dott.sa Maria Grazia FERRERI  
Risorse Umane e Patrimonio

### Co-responsabile del procedimento Regione:

Arch. Claudio FUMAGALLI  
Politiche Territoriali

### MANDANTI



**AI Studio**  
Architettura, Ingegneria, Urbanistica  
Via Lamarmora, 80 - 10128 Torino  
E-mail posta@algroup.it



**AI Engineering**  
Via Lamarmora, 80 - 10128 Torino  
E-mail posta@algroup.it



**Manens Intertecnica s.r.l.**  
Via Campofiore, 21 - 37129 Verona  
E-mail manens@manens.com



**Geodata S.p.A.**  
Corso Duca degli Abruzzi, 48/E - 10129 Torino  
E-mail geodata@geodata.it



### CONSULENTI SPECIALISTICI

#### Strutture

**Studio Sarti**  
Via Circonvallazione Meridionale, 54 - 47900 Rimini  
E-mail sarting@iper.net

#### Safety, Security, VVF e ASL

**Proges s.r.l. - Ing. G. Amaro**  
Via Bligny, 15 - 10122 Torino  
E-mail studioproges@gmail.com

#### Bonifiche ambientali e trattamento terre di scavo

**Goldier Associates**  
Via Antonio Banfo, 43 - 10155 Torino  
E-mail crampil@goldier.it

#### Procedimento di verifica della procedura di V.I.A.

**Studio Mondini - Prof. Arch. Giulio Mondini**  
Via Pietro Egidi, 6 - 10122 Torino  
E-mail giulio.mondini@polito.it

#### Lighting Architects

**Speirs and Major Associates**  
Well Court Hall, Dean Village, Edinburgh EH43BE  
E-mail info@samaassociates.com





## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
1.1	CRITERI DI PROGETTO E LIVELLI PRESTAZIONALI .....	6
1.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO .....	7
<b>2</b>	<b>NORMATIVE</b> .....	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>MATERIALI</b> .....	<b>13</b>
3.1	LEGGI COSTITUTIVE DEI MATERIALI .....	17
3.1.1	CALCESTRUZZO .....	18
3.1.2	ACCIAIO (B450C) .....	19
3.1.3	ACCIAIO DA CARPENTERIA .....	19
<b>4</b>	<b>SISMICITA' DELLA ZONA</b> .....	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>TORRE</b> .....	<b>23</b>
5.1	TIPOLOGIA STRUTTURALE .....	23
5.2	TIPOLOGIA DEL SISTEMA DI FONDAZIONI .....	24
5.3	MATERIALI .....	25
5.4	ANALISI DEI CARICHI .....	25
5.5	MODELLAZIONE AGLI ELEMENTI FINITI (FEM) .....	26
5.6	ANALISI DINAMICA .....	28
5.6.1	ANALISI MODALE .....	28
<b>6</b>	<b>INTERRATI</b> .....	<b>32</b>
6.1	TIPOLOGIA STRUTTURALE .....	32
6.2	MATERIALI .....	32
6.3	ANALISI DEI CARICHI .....	33
6.3.1	ARCHIVI SU VIA NIZZA .....	33
6.3.2	UFFICI E MAGAZZINI VARI MANICHE PARALLELE A VIA FARIGLIANO .....	33
6.4	ANALISI DINAMICA .....	34
6.4.1	ANALISI MODALE .....	34
	ARCHIVI SU VIA NIZZA .....	34
	UFFICI E MAGAZZINI VARI MANICHE PARALLELE A VIA FARIGLIANO .....	35
<b>7</b>	<b>CENTRO CONGRESSI</b> .....	<b>36</b>
7.1	TIPOLOGIA STRUTTURALE .....	36
7.2	MATERIALI .....	38
7.3	ANALISI DEI CARICHI .....	39
7.3.1	CENTRO CONGRESSI .....	39
7.3.2	TUNNEL DI COLLEGAMENTO .....	39
7.3.3	ASILO .....	39
7.3.4	INTERRATO MANICA CENTRO CONGRESSI .....	39
7.4	MODELLAZIONI AGLI ELEMENTI FINITI (FEM) .....	40
7.5	ANALISI DINAMICA .....	40
7.5.1	ANALISI MODALE - CENTRO SERVIZI .....	40
7.5.1.1	1RISPOSTA DI SPETTRO .....	42
7.5.2	ANALISI MODALE - ASILO .....	45
7.5.2.1	ASILO PER LATTANTI .....	45
7.5.2.1.1	1RISPOSTA MODALE .....	45
7.5.2.1.2	2RISPOSTA DI SPETTRO .....	45
7.5.2.2	ASILO PER DIVEZZI .....	49
7.5.2.2.1	1RISPOSTA MODALE .....	49
7.5.2.2.2	2RISPOSTA DI SPETTRO .....	49
<b>8</b>	<b>PARCHEGGI</b> .....	<b>52</b>
8.1	TIPOLOGIA STRUTTURALE .....	52

8.2	MATERIALI .....	53
8.3	ANALISI DEI CARICHI.....	54
8.3.1.1	AUTORIMESSA.....	54
8.3.1.2	VIABILITÀ DI ACCESSO ALL'AUTORIMESSA.....	54
8.4	MODELLAZIONI AGLI ELEMENTI FINITI (FEM).....	55
8.5	ANALISI DINAMICA.....	55

# 1 PREMESSA

La presente relazione sismica è relativa alle strutture del Nuovo Palazzo della Regione Piemonte nell'ambito del progetto definitivo della Nuova Sede della Regione Piemonte di via Nizza a Torino.

La **Torre** in progetto ha le seguenti caratteristiche:

- altezza alla copertura di 184 m circa fuori terra
- dimensioni in pianta di 45m x 45m
- interpiano di 4,27m
- quota  $\pm 0.00$  fissata a 233,00 m s.l.m.
- due livelli interrati alle quote -4,27m e -8,54 m

La struttura verso via Nizza è caratterizzata da una serie di corpi aggettanti dal nucleo e in appoggio sulla pilastrata perimetrale, denominati "satelliti", che ricoprono solo in parte la superficie di piano.

Nella restante parte della torre invece i solai si estendono su tutta la superficie delimitata dalle facciate e si sviluppano, di livello in livello, con un interpiano pari 4,27m e 8,54 m per i primi 4 livelli.

Il sistema di fondazione è costituito da una platea dello spessore di 4,00m con impronta di 55x55m. Il miglioramento delle caratteristiche meccaniche del terreno sottostante (prevalentemente costituito da ghiaia con una potenza di circa 20÷40 m e dal sottostante strato in limo sabbioso, come riportato nella relazione geologico-geotecnica) con intervento consolidamento con jet-grouting.

Il **Centro Congressi** presenta una altezza sul piano campagna non rilevante quanto quella della torre, ma le scelte architettoniche lo rendono unico sia dal punto di vista artistico che strutturale.

I suoi spazi interni saranno destinati a sale convegni, auditorium ristoranti e saranno direttamente collegati alla torre attraverso una passerella pedonale, in semplice appoggio sulle strutture dei due edifici e svincolate orizzontalmente rispetto alla torre.

L'architettura della struttura, caratterizzata da ampi sbalzi, ampi spazi interni e un singolare sistema di facciata, ha reso necessario lo studio di una struttura che prevedesse solo 8 collegamenti in fondazione e un graticcio di elementi principali debitamente analizzato.

In particolare la struttura portante sarà realizzata in travi miste acciaio-calcestruzzo e la soletta sarà in cls gettato su lamiera grecata. Questa scelta progettuale è dettata dalla necessità di

avere il massimo rendimento strutturale con il minimo sovraccarico possibile.

L'**Asilo** è caratterizzato da una struttura indipendente in carpenteria metallica di altezza pari a circa 4.00 m situata al di sotto del Centro Congressi ed appoggiata sul solaio a livello +0.00.

L'opera presenta un ingombro in pianta di circa 51.00 x 31.00 m. Si divide in:

- Asilo per lattanti in progetto ha le seguenti caratteristiche:
  - altezza della copertura +4.00 m circa fuori terra
  - dimensioni in pianta di circa 22.5m x 29 m
- Asilo per divezzi in progetto ha le seguenti caratteristiche:
  - altezza della copertura +4.00 m circa fuori terra
  - dimensioni in pianta di circa 28.5m x 16 m

Si tratta di due strutture monopiano a telaio in parte poggianti direttamente sul solaio sottostante ed in parte in aggetto sulla corte interrata della torre. L'impalcato a sbalzo dei due asili di livello +0.00 è realizzato con travi metalliche e solaio tipo HI-Bond A55/P600 e getto di completamento in calcestruzzo alleggerito strutturale LC30/33-D1,8 ( $\gamma = 1800 \text{ kg/mc}$ ). Le luci sono variabili da 0 a 6.4 m ed il solaio è sostenuto da pilastri pendolari retti dalla copertura e da travi a sbalzo ancorate al solaio in c.a. del piano terra.

L'impalcato di quota +4.00 è realizzato con travi metalliche e lamiera grecata tipo Deck di altezza complessiva pari a 13 cm. I due impalcati in corrispondenza dello sbalzo sono collegati rigidamente da profili tubolari 80x30x3, aventi passo pari a 75 cm, da inserire all'interno dei montanti della vetrata.

Sono inoltre previsti **due piani interrati** a contorno della corte della Torre.

I due piani sono corrispondenti al primo e al secondo livello della Torre, rispettivamente alle quote di -4,27m e di -8,54m, ed ospitano tutte le attività funzionali e di servizio del palazzo, tra cui le principali risultano:

- il sistema di accesso dal piano interrato o dalla piazza per i dipendenti e il sistema di vie di fuga della Torre, costituito dal doppio blocco scale-ascensori posizionate nelle due maniche parallele a via Farigliano: Il numero e le caratteristiche delle uscite veicolari e pedonali sono nel rispetto delle vigenti normative dei Vigili del Fuoco;
- il sistema di accesso dei mezzi di soccorso dalla viabilità interrata alla base della torre tramite la corte;
- il sistema di archivi posizionato principalmente nella manica lungo via Nizza;
- uffici vari, i relativi archivi e depositi vari;
- la mensa con relative cucine, depositi, magazzini. La mensa è posizionata al secondo livello interrato sotto l'edificio del Centro Congressi e risulta alimentata esclusivamente

dalla viabilità interrata tramite le apposite aree di carico/scarico;

- il centro fitness posizionato al primo livello interrato sotto il Centro Congressi
- l'infermeria e altre funzioni.

Il sistema di fondazione è costituito da plinti isolati, platee per le zone delle scale e delle uscite e cordoli per i muri e setti di dimensione variabile in funzione dei carichi da sopportare. Data l'estensione in pianta dell'opera e per limitare gli effetti dei cedimenti differenziali indotti dalla torre è stato previsto un adeguato sistema di giunti strutturali.

Data la disomogeneità della distribuzione dei carichi e l'estensione delle opere in progetto sono state pensate più strutture in elevazione separate da giunti che le rendessero indipendenti. In particolare in questa sede ci si riferisce alle strutture degli interrati, in quanto la torre è separata in maniera netta dagli altri fabbricati sin dallo spiccato delle elevazioni.

In particolare, come si evince dagli elaborati grafici, nella zona prospiciente la corte interrata sono stati previsti giunti in corrispondenza di ogni angolo della corte stessa. La manica al di sotto del Centro Congressi è poi stata a sua volta separata dagli interrati adibiti ad autorimessa. Le strutture dell'autorimessa sono giuntate in modo da ottenere dei moduli di dimensioni massime di 39.00x37.50m.

I giunti strutturali previsti riguardano solo le strutture in elevazione e sono dimensionati in 3cm.

Di seguito si riporta la distanza limite prevista ai sensi del 7.2.2. delle NTC:

$$d_{\min} = \frac{H}{100} \times (a_g S / 0.5g)$$

L'altezza massima è nella zona adiacente la manica al di sotto del centro congressi in cui la struttura presenta tre piani interrati ed un'altezza (H) di circa 10.00 m. I parametri sismici di cui al paragrafo specifico valgono:

$$a_g = 0.08g$$

$$S = S_s \times S_T$$

$$1.00 \leq S_s = 1.70 - 0.60F_0 \frac{a_g}{g} \leq 1.50 \Rightarrow 1.50$$

$$S_T = 1.00$$

$$d_{\min} = \frac{1000}{100} \times (0.08 \times 1.50 / 0.5) = 2.40\text{cm} < 3.00\text{cm}$$

## 1.1 CRITERI DI PROGETTO E LIVELLI PRESTAZIONALI

L'analisi strutturale è stata effettuata in base alle normative vigenti.

In particolare per la definizione dei carichi, le analisi e le verifiche si è fatto riferimento al quadro normativo delineato del D.M. 14/01/08 (Norme Tecniche per le Costruzioni).

Per quanto non riportato sul Decreto si sono seguite le indicazioni degli Eurocodici e della bozza del 07 marzo 2008 di Circolare applicativa delle NTC medesime.

Le verifiche degli elementi è stata svolta seguendo il metodo degli Stati Limite.

Il comportamento strutturale non è strettamente legato all'altezza dell'edificio, sia per quanto riguarda le strutture portanti che le soluzioni di facciata.

Per gli edifici a sviluppo verticale di notevole altezza, l'approccio progettuale e lo sviluppo della progettazione sono necessariamente più complessi ed articolati rispetto agli edifici correnti o di media altezza, in quanto non si può prescindere dalle analisi sperimentali, che riguardano sia l'interazione fondazione/elevazione, sia lo studio aerodinamico dei corpi emergenti del terreno.

L'approccio progettuale deve in sintesi tener conto dei seguenti principali aspetti, che costituiranno l'input della successiva modellazione spaziale:

- normativa base di riferimento (sisma vento, carichi);
- aspetti geologico/geotecnici;
- ingegneria del vento (vortici, turbolenze, ecc.);
- sicurezza strutturale (resistenza al fuoco, incidenti, cedimenti, ecc. ecc.);
- comfort ambientale (vibrazioni, accelerazioni, ecc. ecc.).

In accordo a quanto riportato sulla Circ. PGR 27 aprile 2004, n° 1/DOP, trattandosi di opere di interesse strategico situate in zona 4 si è proceduto alla definizione delle azioni sismiche di progetto ai sensi del par. 3.2 delle NTC 2008. Va precisato che la classificazione in Zona 4, come da istruzioni dettate dalla Regione Piemonte, attraverso la e-mail del 17/07/2008 inviata dall'Ing. Savattini, è stata utilizzata solo ai fini procedurali di definizione delle linee di indirizzo per la progettazione. Per la valutazione delle azioni si è fatto riferimento all'allegato B delle NTC riferiti alle coordinate dell'area su cui sorgerà la torre.

Per le tipologie strutturali proposte si è stabilito di utilizzare un termine di "vita nominale" maggiore od uguale a 100 anni (§2.4.1 del NTC 2008).

La "classe d'uso" considerata per la struttura, essendo questa adibita a funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità, è stata la IV.

E' stato verificato il comportamento di insieme delle strutture medesime in condizioni di



esercizio ed in condizioni estreme.

E' stata inoltre effettuata la verifica dello stato di sollecitazione e di deformazione sia per le situazioni di esercizio, sia agli stati limite ultimi e di danno, valutando di conseguenza i coefficienti di sicurezza generali e specifici, nonché il comportamento associato all'interazione tra strutture portanti e componenti edilizie non strutturali (facciate "performanti" ecc. ecc.).

## **1.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO**

L'esame approfondito delle stratigrafie reperite dalla campagna di indagine effettuata a termine del progetto preliminare ha consentito di delineare l'assetto geologico-stratigrafico dell'area.

Dal piano campagna risultano:

- Terreni di riporto: tali terreni hanno una granulometria variabile da una sabbia debolmente limosa ad una ghiaia debolmente sabbiosa (condizione prevalente) con ciottoli e inglobati frammenti di laterizi e materiali vari di riempimento. Sono stati segnalati localmente frammenti di lavorazione delle attività dell'ex area industriale. Lo spessore di questi terreni varia da pochi decimetri ad un massimo di 6m di profondità dal piano campagna, variabile in questa area, intorno alla quota 234m÷235m s.l.m.
- Sabbie ghiaiose, ghiaie sabbiose e ghiaie sabbioso-limose con ciottoli: questi terreni sono riferibili ai depositi fluviali e fluvioglaciali rissiani (Quaternario). Tali depositi sono costituiti da classi grossolane prevalenti. Sono tuttavia presenti livelli a granulometria fine (sabbia fine limosa, limo sabbioso), generalmente di spessore inferiore al metro, localizzate in profondità del deposito (indicativamente tra 20 e 40m da p.c.). Sono inoltre presenti sporadiche lenti di materiale cementato, il cui grado di cementazione può arrivare ad essere molto elevato (livelli da centimetrici a metrici di conglomerato). Il limite inferiore di questi depositi è valutato a circa -38m ÷ -40m da p.c.
- Limo sabbioso debolmente argilloso grigio: questi depositi di ambiente marino di età pliocenica sono stati rinvenuti ad una quota simile a quella indicata per l'area ex-Fiat Avio nei sondaggi (serie SP1-3) eseguiti poco più a nord nell'area del Lingotto, ossia valutato a circa -38m ÷ -40m da p.c.

Per quanto riguarda l'assetto idrogeologico, i terreni ghiaioso-sabbiosi, riferibili ai depositi fluviali e fluvioglaciali rissiani, sono sede di un acquifero freatico. I dati di soggiacenza misurati confermano il quadro delineato dalle letture eseguite nei piezometri installati per il Progetto Definitivo dell'intervento di bonifica (cfr. bonifica area ex-FIAT AVIO) ed unitamente ai dati del monitoraggio sui piezometri installati per la progettazione della Linea 1 della metropolitana hanno permesso di ricostruire il pannello piezometrico della falda superficiale.

L'esame dei risultati forniti dai modelli numerici eseguiti per valutare l'interferenza con la falda

della realizzazione delle opere connesse al prolungamento Porta Nuova – Lingotto della linea 1 della metropolitana permettono di stimare in +0.2m l'innalzamento del livello piezometrico a monte della galleria di linea e in circa +1.0m quello in corrispondenza delle stazioni profonde, escludendo quindi interferenze a livello delle opere oggetto della presente relazione.

La superficie piezometrica è ubicata ad una profondità dal p.c. di circa -14.5m ÷ -15.0m da p.c. in quote assolute, a circa 220m s.l.m., relativamente all'area oggetto del Progetto. La direzione media di flusso idrico sotterraneo è orientata da ovest verso est ed il gradiente idraulico medio è pari a 0.4%.

Le opere comprese nel progetto sono relative a manufatti per uso pubblico le cui opere di fondazione, data l'elevazione dei manufatti, saranno necessariamente spinte in profondità nel sottosuolo.

Prendendo in considerazione le opere che interferiscono direttamente con i terreni del sottosuolo si evidenzia la presenza di aree di parcheggio privato e pubblico/privato spinte fino a due livelli interrati (piano carrabile a circa -7,00m da p.c.) e fino a tre livelli interrati per la zona subito adiacente alle funzioni del Palazzo della Regione (piano carrabile a circa -10,00m da p.c.). Le fondazioni sono approfondite rispetto ai valori indicati di circa 1.5m.

Ne risulta quindi che tali opere interferiscono con i depositi ghiaioso sabbiosi dei depositi fluviali e fluvioglaciali rissiani (Quaternario), per i quali, allo stato attuale delle conoscenze, non si evidenziano particolari problemi di tipo fondazionale.

Sulla base delle valutazioni effettuate è ragionevole ipotizzare che l'interferenza tra opere e falda, data la modesta profondità delle opere più profonde e la buona permeabilità generale dei depositi, non possa causare fenomeni rilevanti di innalzamento del livello di falda in seguito a parziale ostruzione della sezione idraulica di deflusso.

Sulla base di quanto sviluppato come indagini geologiche (vedi stratigrafie) emerge una stratigrafia media che classifica il terreno come categoria C (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).



## 2 NORMATIVE

L'attuale quadro normativo tecnico sta convergendo verso l'applicazione dei codici europei, tuttavia ci troviamo in una fase di transizione. Infatti dal gennaio 2008 la prima edizione delle NTC è stata sostituita dall'aggiornamento con DM del 14/01/2008. Ora si è in attesa della promulgazione della circolare applicativa di tali norme tecniche che chiarisca alcuni punti in cui il DM è ancora piuttosto nebuloso. In questa situazione alquanto mutevole si è deciso di proseguire sulla linea iniziata in fase di progetto preliminare, ovvero ci si riferisce principalmente alle NTC 2008 andando poi ad integrare con altre norme, principalmente Eurocodici. Per quanto non dettagliato nemmeno negli Eurocodici ci si è basati sulla Letteratura tecnica consolidata di settore.

Nel seguito è riportato il dettaglio delle norme tecniche, procedurali ed amministrative alle quali si è fatto riferimento durante la progettazione.

### **Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380**

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia Circ. n.11651 del 14/02/1974

### **DM 14/01/2008, “Norme Tecniche per le Costruzioni”**

Normativa tecnica di riferimento. Essendo un documento generale di carattere prestazionale per la definizione di parametri specifici e per le regole di dettaglio, come previsto dal Decreto stesso, ci si è riferiti alle seguenti normative:

### **ISTRUZIONI per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 Gennaio 2008.**

Bozza Aggiornata al 7/03/2008

#### **UNI EN 1990:2006**

Eurocodice – Criteri generali di progettazione strutturale

#### **UNI EN 1991-1-1:2004**

Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-1: Azioni in Generale – Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici.

#### **UNI EN 1991-1-4:2005**

Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in Generale – Azioni del Vento

#### **UNI EN 1992-1-1:2005**

Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

### **UNI EN 1993-1-1:2005**

Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

### **UNI EN 1998-1:2005**

Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.

### **UNI EN 1994-1-1:2005**

Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Parte 1-1:Regole generali e regole per gli edifici.

### **UNI EN 206-1:2006**

Calcestruzzo – Parte 1: Specificazione, prestazione e conformità.

### **NBCC1990**

National Building Code of Canada – procedura di determinazione delle accelerazioni indotte dal vento sugli edifici.

Normative di riferimento per la determinazione della resistenza al fuoco delle strutture:

**D.M. 16/02/07** - Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione. (GU n. 74 del 29-3-2007- Suppl. Ordinario n.87)

**D.M. 09/03/07** - Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco. (GU n. 74 del 29-3- 2007- Suppl. Ordinario n.87)

### **Uni 9502/01, Uni 9503, Uni 9504**

**R.D. 25.05.1895, n.350** “Regolamento per la direzione, contabilità, collaudazione dei lavori dello Stato che sono nelle attribuzioni del Ministero dei Lavori Pubblici

**Circ. Min. LL.PP. 14.02.1974, n.11951** “Applicazione della legge 05.11.1971, n. 1086”.

**Circ. Min. LL.PP. 31.07.1979, n.19581** “Legge 05.11.1971, n. 1086, art. 7- Collaudo Statico”.

**Circ. Min. LL.PP. 23.10.1979, n.19777** “Competenza amministrativa: Legge 05.11.1971, n. 1086 02.02.1974, n.64”.

**Circ. Min. LL.PP. 09.01.1980, n.20049** “Istruzioni relative ai controlli sul conglomerato cementizio adoperato per le strutture in cemento armato”.

**Circ. Min. LL.PP. 01.09.1987, n.29010** “Legge 05.11.1971, n. 1086 DM 27.07.1985, Controllo dei materiali in genere e degli acciai per cemento armato normale in particolare”.

**CNR-DT 207/2008** “Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.

### **ISO del 15/08/1984, n° 6897**

Guidelines for evaluation of the response of occupants of fixed structures, especially buildings and off-shore structures, to low-frequency horizontal motion.

### **L.R. 12 MARZO 1985, n° 19**

Snellimento delle procedure di cui alla legge 2 febbraio 1974, n. 64, in attuazione della legge 10 dicembre 1981, n. 741.

### **Circolare del Presidente della Giunta Regionale 27/04/2004 n. 1/DOP**

D.G.R. 61-11017 del 17/11/03 (Prime disposizioni in applicazione dell’ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20/02/2003 recante primi elementi in materia di criteri generali per classificazione

sismica del territorio e di normative tecniche per costruzioni in zona sismica) – Indicazioni procedurali

**D.G.R. del 23/12/03, n°64-11402**

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274 (“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”) - Disposizioni attuative dell'articolo 2

**D.G.R. del 17/11/03, n°61-11017**

Prime disposizioni in applicazione dell'ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20/02/2003 recante primi elementi in materia di criteri generali per classificazione sismica del territorio e di normative tecniche per costruzioni in zona sismica

### 3 MATERIALI

Le strutture dell'opera in progetto verranno realizzate in parte in calcestruzzo armato ed in parte in carpenteria metallica; le facciate in progetto verranno realizzate in parte in alluminio, in parte in acciaio e naturalmente in parte in vetro. Le caratteristiche dei materiali adoperati, ordinati secondo gli elementi strutturali sono le seguenti.

CALCESTRUZZO (UNI EN 206-1)	Classe di resistenza (N/mm <sup>2</sup> )	Dimensione max nominale aggregati (mm)	Classe di esposizione ambientale	Classe di consistenza	Tipologia strutturale
<b>GETTI IN OPERA:</b>					
Sottofondazioni	C12/15	-	-	-	Non Armato
<b>INTERRATI PARCHEGGI</b>					
Fondazioni parcheggi	C28/35	22	XA2	S3	Armato
Getti in opera In genere parcheggi	C28/35	16	XC1	S5	Armato
<b>INTERRATI TORRE</b>					
Fondazioni	C32/40	22	XA2	S3	Armato
Getti in opera in genere	C28/35	16	XC1	S5	Armato
Predalles e dalles	C45/55	16	XC1	S5	Armato
<b>CENTRO SERVIZI E ASILO</b>					
Fondazioni	C32/40	22	XA2	S3	Armato
Getti in opera in genere	C28/35	16	XC1	S5	Armato
Predalles e dalles	C45/55	16	XC1	S5	Armato
Solaio e travi gettati su lamiera grecata	LC30/33 - D1,8	16	XC1	S5	Armato
<b>TORRE</b>					
Fondazioni	C32/40	22	XC2-XA2	S4	Armato
Pilastri tutti i livelli	Nucleo fino al 15° Livello C60/75	16	XC1	SCC	Armato
	Nucleo oltre il 15° Livello C35/45	16	XC1	S5	Armato
Solaio e travi gettati su lamiera grecata	LC30/33 - D1,8	16	XC1	S5	Armato
Solaio e travi in c.a. zona nucleo	C28/35	16	XC1	S5	Armato

#### ACCIAIO PER OPERE IN C.A.

Armatura ordinaria in acciaio ad aderenza migliorata

Acciaio

B450 C (ex FeB 44k)

#### ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA (UNI EN 10025-1/6:2005)

##### PROFILATI E LAMIERE

Acciaio

S355

Colonne torre

Acciaio

S460

Lamiere grecate

Acciaio

S280GD

##### BULLONERIA

Bulloni ad attrito UNI EN 20898-2 : 1994 Prospetti II e III - prescritta prova di resilienza a -20 °C

VITI

Alta resistenza cl. 10.9 UNI EN ISO 898-1 : 2001

ROSETTE E PIASTRINE

C50 secondo UNI EN 10083-2 : 2006 temprato e rinvenuto HRC 32/40

composizione: 1 vite +

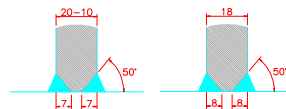
DADI

Alta resistenza cl. 10 secondo UNI EN 20898-2 : 1994

2 rondelle + 1 dado

##### SALDATURE

TUTTE LE SALDATURE DOVRANNO ESSERE A COMPLETA PENETRAZIONE IN PARTICOLARE LE SALDATURE DEGLI IRRIGIDIMENTI D'ANIMA ORIZZONTALI E VERTICALI SIA DELLE TRAVI PRINCIPALI CHE SECONDARIE (HEA, IFB, UPN, PIATTI DI IRRIGIDIMENTO, ECC...)



#### RESISTENZA AL FUOCO

STRUTTURE REI 120

NB: PER GARANTIRE LA RESISTENZA AL FUOCO DEI CALCESTRUZZI AUTOCOMPATTANTI SI DOVRA' PREVEDERE NELL'IMPASTO UNA QUANTITA' DIFIBRE POLIPROPILENICHE (0,1+0,3% VOLUMETRICO) COME PRESCRITTO DALLE LINEE GUIDA SUL CLS STRUTTURALE DEL C.S.LL.PP.

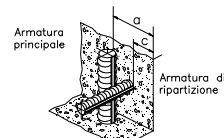
#### COPRIFERRI: (DM 16/01/2007; UNI EN 1992-1-1:2005)

##### R120

Soletta piena  
Solaio latero-cemento  
Solaio su lastre  
Pilastri  
Travi  
Setti

a > 40 mm  
a > 45 mm  
a > 45 mm  
a > 50 mm  
a > 50 mm  
a > 35 mm

E' PREVISTO L'UTILIZZO DEI DISTANZIATORI IN PLASTICA PER GARANTIRE IL COPRIFERRO PRESCRITTO SU TUTTE LE SUPERFICIE DI GETTO



Armatura inferiore solaio su lamiera grecata  
Setti, Solai e Travi in c.a.  
Fondazioni

a=12.5cm  
a>5cm  
c>5.5cm

## FACCIATE

### VETRO RICOTTO (UNI 572)

Vetro silicato sodo-calcico piano, trasparente, chiaro a facce parallele e lustre ottenuto per colata continua e flottazione su un bagno di metallo.

Le caratteristiche meccaniche sono:

Caratteristica	Simbolo	Valore numerico e unità di misura
Densità (a 18 °C)	$\rho$	2 500 kg/m <sup>3</sup>
Durezza (Knoop)	HK <sub>0,1/20</sub>	6 Gpa
Modulo di Young (modulo di elasticità)	$E$	$7 \times 10^{10}$ Pa
Coefficiente di Poisson	$\mu$	0,2
Resistenza a flessione caratteristica	$f_{g,k}$	$45 \times 10^6$ Pa <sup>a)</sup>
Capacità termica specifica	$C$	$0,72 \times 10^3$ J/(kg · K)
Coefficiente medio di espansione lineare tra 20 °C e 300 °C	$\alpha$	$9 \times 10^{-6}$ K <sup>-1</sup>
Resistenza contro il differenziale di temperatura e la variazione improvvisa di temperatura		40 K <sup>b)</sup>
Conduttività termica	$\lambda$	1 W/(m · K)
Indice di rifrazione medio alle radiazioni visibili (da 380 nm a 780 nm)	$N$	1,5
Emissività (corretta)	$\varepsilon$	0,837

a) La resistenza a flessione caratteristica deve essere utilizzata congiuntamente al metodo di progettazione fornito nel prEN 13474.  
b) Valore generalmente accettato che è influenzato dalla qualità del bordo e dal tipo di vetro.

Le resistenze di calcolo sono:

### VETRO RICOTTO

Azioni di breve durata: 20 N/mm<sup>2</sup>  
Azioni di lunga durata: 10 N/mm<sup>2</sup>

### VETRO TEMPRATO TERMICAMENTE (UNI 12150)

Vetro nel quale è stata indotta una sollecitazione di compressione permanente sulla superficie mediante un processo controllato di riscaldamento e raffreddamento per conferirgli una maggiore resistenza alle sollecitazioni meccaniche e termiche e caratteristiche di rottura prescritte.

Caratteristiche di frammentazione: In caso di rottura, il vetro di silicato sodo-calcico di sicurezza temprato termicamente si rompe in numerosi frammenti con bordi generalmente smussati. Le caratteristiche meccaniche sono le medesime del vetro ricotto a meno del valore di resistenza meccanica caratteristica pari a :

Tipo di vetro	Valori di resistenza meccanica N/mm <sup>2</sup>
Float: trasparente verniciato rivestito	120

Le resistenze di calcolo sono:

### VETRO TEMPRATO

Azioni di breve durata: 50 N/mm<sup>2</sup>  
Azioni di lunga durata: 50 N/mm<sup>2</sup>



## INTERCALARE

Strato di materiale agente come adesivo e separatore tra lastre di vetro e/o fogli di plastica. Può anche fornire prestazioni aggiuntive al prodotto finito, per esempio resistenza agli urti, resistenza al fuoco, controllo solare, isolamento acustico.

Nel presente progetto si fa uso a due tipologie di intercalare:

### PVB – POLIVINILBUTIRRALE: PROPERTIES TEMPERATURE AND LOAD DURATION

- Shear modulus,  $G$  (MPa)

$G_{PVB}$ (MPa)	3s	1 min.	1 hr.	1 day	1 mo.	> 1 yr.
20 °C	8.06	1.64	0.840	0.508	0.372	0.266
30 °C	0.971	0.753	0.441	0.281	0.069	0.052
40 °C	0.610	0.455	0.234	0.234	0.052	0.052
50 °C	0.440	0.290	0.052	0.052	0.052	0.052

- Poisson ratio,  $\nu$

$\nu_{PVB}$	3s	1 min.	1 hr.	1 day	1 mo.	> 1 yr.
20 °C	0.4980	0.4996	0.4998	0.4999	0.4999	0.4999
30 °C	0.4998	0.4998	0.4999	0.4999	0.5000	0.5000
40 °C	0.4998	0.4999	0.4999	0.4999	0.5000	0.5000
50 °C	0.4999	0.4999	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000

## VETRO STRATIFICATO

Insieme composto da un foglio di vetro e da uno o più fogli di vetro e/o di plastica, uniti assieme con uno o più intercalari. Lo spessore equivalente di calcolo dei vetri stratificati si desume dalle formule proposte dai CAHIER del CSTB. Lo spessore equivalente è dato dalla formula:

$$e_{eq1} = \sqrt[3]{e_1^3 + e_2^3 + 0,2(e_1 + e_2)^3}$$

Dove  $e_1$  e  $e_2$  solo gli spessori nominali dei due vetri componenti lo stratificato.

Per quanto riguarda gli stratificati con SGP, per la determinazione dello spessore equivalente si fa riferimento alle schede tecniche del produttore.

## VETRATA ISOLANTE (VETRO CAMERA)

Insieme costituito da almeno due lastre di vetro, separate da uno o più distanziatori, sigillato ermeticamente lungo il perimetro, meccanicamente stabile e durevole.

Lo spessore equivalente di calcolo dei vetri camera si desume dalle formule proposte dai CAHIER del CSTB. Lo spessore equivalente è dato dalla formula:

$$e_{eq2} = \sqrt[3]{e_1^3 + e_2^3}$$

Dove  $e_1$  e  $e_2$  solo gli spessori nominali dei due vetri componenti il vetro isolante.

## ALLUMINIO

UNI ENV 1999-1-1:2002 prospetto 3.2b

Valori minimi garantiti della resistenza al limite elastico convenzionale  $f_{0,2}$  corrispondente alla deformazione residua dello 0,2% e della resistenza ultima di trazione  $f_u$  per leghe di alluminio da lavorazione plastica - Profili estrusi, tubi estrusi, barre e tondi estrusi e tubi trafilati.

Lega	Forma del prodotto	Tempra	Dimensione t, spessore della parete o spessore mm	$f_{0,2}$ resistenza al limite elastico convenzionale corrispondente alla deformazione residua dello 0,2% N/mm <sup>2</sup>	$f_u$ resistenza ultima N/mm <sup>2</sup>	$A_{50}$ allungamento minimo %
EN AW-5083	ET, EP, ER/B	F, H112	$t \leq 200$	110	270	12
	DT	H12 H22 H32	$t \leq 10$	200	280	6
		H14 H24 H34	$t \leq 5$	235	300	4
EN AW-6060	EP, ET, ER/B	T5	$t \leq 5$	120	160	8
	EP		$5 < t \leq 25$	100	140	8
	ET, EP, ER/B	T6	$t \leq 15$	140	170	8
	DT		$t \leq 20$	160	215	12
EN AW-6061	ET, EP, ER/B, DT	T6	$t \leq 20$	240	260	8

### 3.1 LEGGI COSTITUTIVE DEI MATERIALI

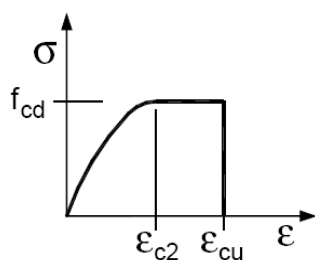
I calcestruzzi strutturali vengono classificati come segue:

- prima categoria con  $55 < R_{ck} \leq 75 \text{ N/mm}^2$  - Calcestruzzo ad alte prestazioni (AP);
- seconda categoria con  $75 < R_{ck} \leq 115 \text{ N/mm}^2$  - Calcestruzzo ad alta resistenza (AR).

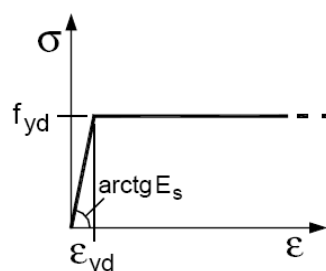
Le Linee Guida sui calcestruzzi ad alta resistenza precisano che la progettazione con impiego di calcestruzzi AR deve comprendere la modellazione del materiale e un'adeguata giustificazione delle regole di calcolo adottate. Per la progettazione con impiego di calcestruzzi AP potrà farsi riferimento invece alle stesse Linee Guida e alle norme tecniche valide per calcestruzzi con  $R_{ck} \leq 55 \text{ N/mm}^2$  (calcestruzzi di resistenza normale).

Il decreto ministeriale del 2008 e la relativa circolare confermano quanto sopra esposto; ovvero viene precisato che per le classi di resistenza comprese tra C70/85 e C90/105 deve essere richiesta l'autorizzazione ministeriale mediante le procedure già stabilite per altri materiali innovativi. Questo non vale per le classi di calcestruzzo prescelte che seguono le regole per i calcestruzzi di resistenza inferiore senza coefficienti di riduzione.

Le strutture dell'opera in progetto verranno realizzate in parte in calcestruzzo armato ed in parte in carpenteria metallica. Si riportano di seguito i diagrammi di calcolo tensione-deformazione:



calcestruzzo



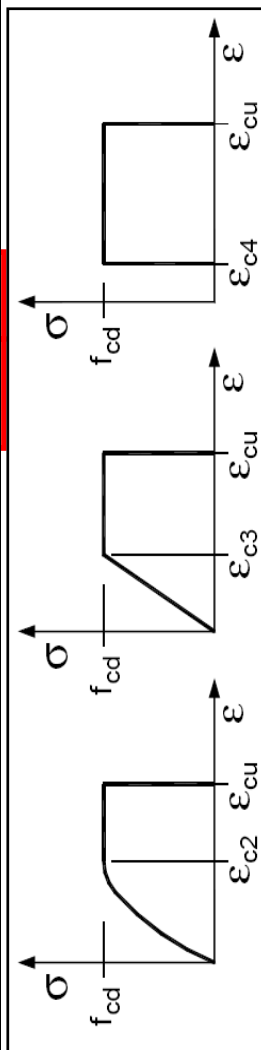
acciaio

I materiali adoperati sono i seguenti:

- Calcestruzzo C28/35
- Calcestruzzo C32/40
- Calcestruzzo C60/75
- Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C
- Acciaio da carpenteria S355
- Acciaio da carpenteria S460

### 3.1.1 Calcestruzzo

CLASSI DI RESISTENZA DEI CALCESTRUZZI																
	8	12	16	20	25	28	32	35	40	45	50	55	60	70	80	90
$f_{ck}$ (MPa)	8	12	16	20	25	28	32	35	40	45	50	55	60	70	80	90
$f_{ck,cube}$ (MPa)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	67	75	85	95	105
$f_{cm}$ (MPa)	16	20	24	28	33	36	40	43	48	53	58	63	68	78	88	98
$f_{cm}$ (MPa)	1.20	1.57	1.90	2.21	2.56	2.77	3.02	3.21	3.51	3.80	4.07	4.21	4.35	4.61	4.84	5.04
$f_{ck,0.05}$ (MPa)	0.84	1.10	1.33	1.55	1.80	1.94	2.12	2.25	2.46	2.66	2.85	2.95	3.05	3.23	3.39	3.53
$f_{ck,0.95}$ (MPa)	1.56	2.04	2.48	2.87	3.33	3.60	3.93	4.17	4.56	4.93	5.29	5.48	5.66	5.99	6.29	6.56
$E_{cm}$ (GPa)	25.33	27.09	28.61	29.96	31.43	32.31	33.35	34.08	35.22	36.28	37.28	38.21	39.10	40.74	42.24	43.63
$\epsilon_{c2}$ (‰)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26
$\epsilon_{c3}$ (‰)	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175	0.182	0.189	0.203	0.216	0.230
$\epsilon_{c4}$ (‰)	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05
$\epsilon_{cu}$ (‰)	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.31	0.29	0.27	0.26	0.26



### 3.1.2 Acciaio (B450C)

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq f_{y, nom}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq f_{t, nom}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$	10.0
$(f_y/f_{y, nom})_k$	$< 1,35$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 7,5 \%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\phi < 12 \text{ mm}$	4 $\phi$	
$12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5 $\phi$	
per $16 < \phi \leq 25 \text{ mm}$	8 $\phi$	
per $25 < \phi \leq 40 \text{ mm}$	10 $\phi$	

### 3.1.3 Acciaio da carpenteria

In sede di progettazione si possono assumere convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

modulo elastico  $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$

modulo di elasticità trasversale  $G = E / [2 (1 + \nu)] \text{ N/mm}^2$

coefficiente di Poisson  $\nu = 0,3$

coefficiente di espansione termica lineare  $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$

(per temperature fino a 100 °C)

densità  $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Sempre in sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme europee EN 10025, EN 10210 ed EN 10219-1, si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento  $f_{yk}$  e di rottura  $f_{tk}$  riportati nelle tabelle seguenti.

**Tabella 11.3.IX – Laminati a caldo con profili a sezione aperta**

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	
	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	420	255	410
S 355	355	510	335	470
S 460	460	560	430	560
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

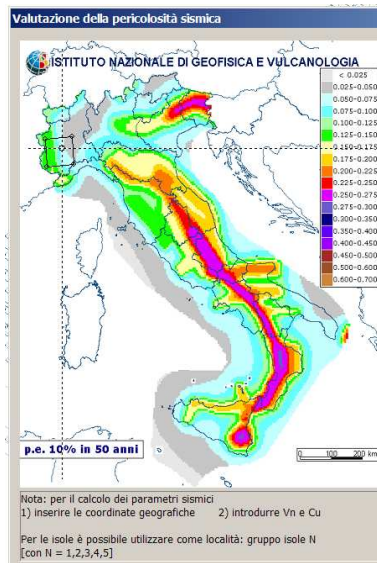
## 4 SISMICITA' DELLA ZONA

La Circolare PGR 27/04/2004 n° 1/DOP prevede che anche in zona 4 gli edifici classificati come di interesse strategico siano da progettare considerando le azioni sismiche. Date le caratteristiche dell'opera, nonostante Torino sia in zona 4, vanno quindi considerate forzanti di tipo sismico nei calcoli e nelle verifiche del palazzo. Ai sensi del par. 3.2 delle NTC 2008 si è proceduto alla definizione di spettri di risposta adeguati.

Innanzitutto sono state determinate le coordinate dell'area di interesse pari a  $45^{\circ} 01' 29''$  lat NORD e  $7^{\circ} 39' 47''$  long EST, quindi sono stati valutati i parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*_c$  in tali coordinate andando a fare una media pesata tra i valori riportati all'allegato B delle NTC per i valori assunti nei 4 vertici del reticolo all'interno dei quali cade il punto di interesse.



Considerando poi vita nominale (3) e classe d'uso (IV) dell'edificio si giunge ad un tempo di riferimento pari a 200 anni. Sulla base della campagna di indagini geognostiche e della caratterizzazione geotecnica del sito si può inoltre classificare il sedime fondale in categoria "C" ai sensi della Tab. 3.2.II delle NTC.



I dati di ingresso per la valutazione degli spettri per i differenti SL sono pertanto:

	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T^*_c$ [s]
<b>SLO</b>	120	0.039	2.660	0.227
<b>SLD</b>	201	0.046	2.690	0.246
<b>SLV</b>	1898	0.080	2.870	0.290

Vertici della maglia elementare

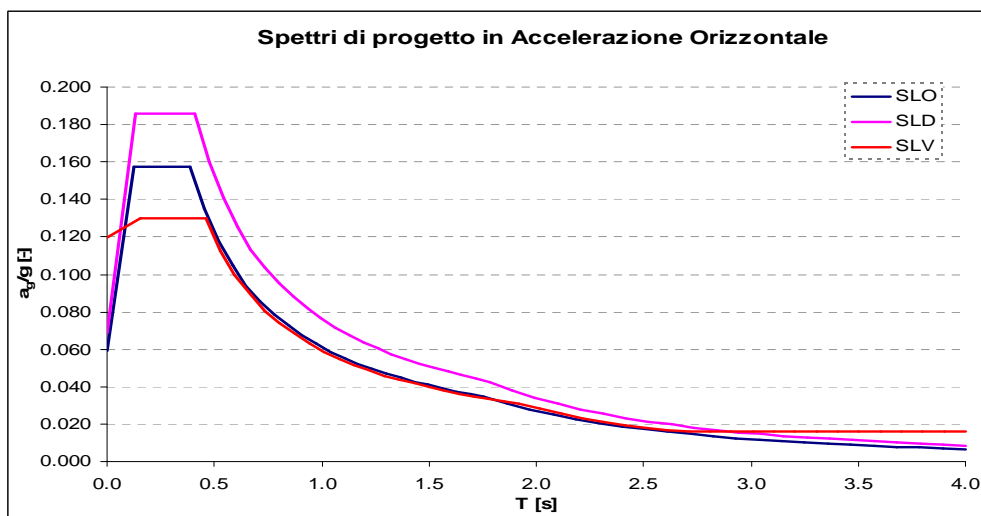
Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza [km]
14014	7.624	44.991	4.805
14015	7.694	44.995	4.059
13793	7.689	45.045	3.054
13792	7.619	45.041	3.913

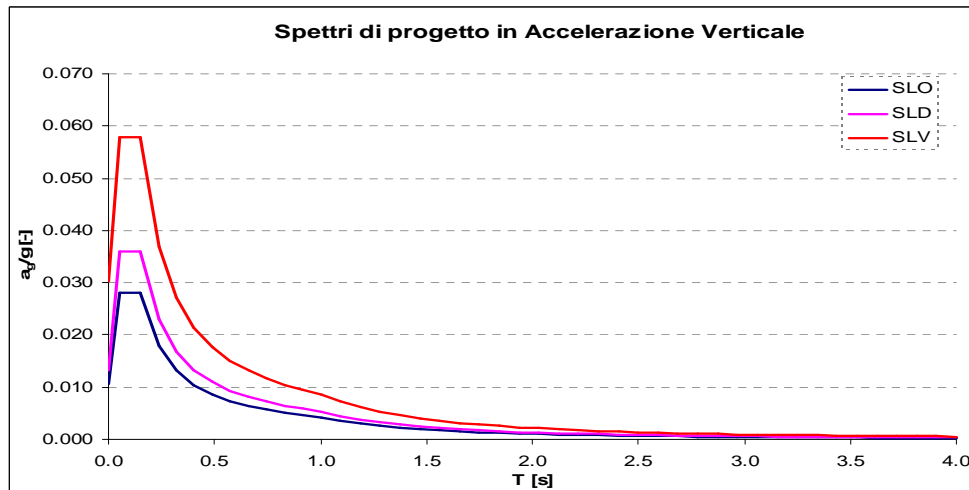
Coordinate geografiche:

Località:

Longitudine:  Latitudine:

Pertanto gli spettri di risposta elastici in accelerazione per i differenti Stati Limite sono i seguenti:





Come previsto dalla norma si valuteranno gli spettri di accelerazione relative ai seguenti tre Stati Limite:

- SLO (SLE – Stato limite di operatività): assume rilevanza per le verifiche di fruibilità degli impianti;
- SLD (SLE – Stato limite di danno): assume rilevanza per le verifiche di deformabilità e resistenza dei componenti non strutturali;
- SLV (Stato limite di salvaguardia della vita): equivalente alla verifica di SLU.

Per quanto riguarda le caratteristiche rilevanti ai fini della definizione degli spettri di progetto delle opere:

- **TORRE** La struttura è stata classificata, ai fini della definizione del fattore di struttura come struttura a pareti accoppiate in classe di duttilità bassa. Date le peculiarità relative allo sviluppo in altezza ed ai lay-out di piano, è irregolare sia in pianta che in altezza. Il fattore di struttura è così definito:

$$q = q_0 \times K_R \times K_W \Rightarrow q = (3.0 \times 1.1) \times 0.8 \times 1.0 = 2.64$$

- **CENTRO SERVIZI VEDI SARTI**

- **INTERRATI (uffici e parcheggi)** La struttura è a telaio pluri-campate in bassa duttilità regolare in pianta ed in altezza. Pertanto il fattore di struttura vale:

$$q = q_0 \times K_R \Rightarrow q = (3.0 \times 1.3) \times 1.0 = 3.90$$

- **INTERRATI (archivi)** La struttura è a pareti accoppiate in bassa duttilità regolare in pianta ed in altezza. Pertanto il fattore di struttura vale:

$$q = q_0 \times K_R \times K_W \Rightarrow q = (3.0 \times 1.2) \times 1.0 \times 0.5 = 1.80$$



## 5 TORRE

### 5.1 TIPOLOGIA STRUTTURALE

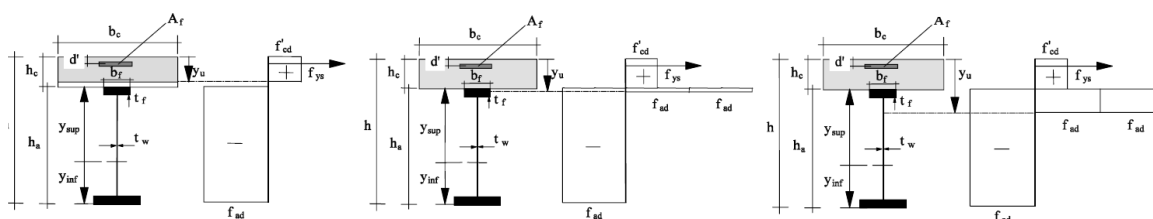
La soluzione strutturale prevista è tale da seguire la metodologia europea e statunitense per la realizzazione di torri di media altezza, ed essendo ormai più che consolidata consente di garantire ottimi risultati sia in termini realizzativi, con tempi di costruzione contenuti, sia in termini prestazionali.

La struttura principale è costituita dal nucleo centrale costituito in cemento armato ad elevate prestazioni gettato in opera mediante l'uso di casseri autorampanti: tale soluzione va ora per la maggiore dal momento che consente ottimi risultati in termini di prestazioni e di contenimento dei costi e dei tempi di realizzazione, come dimostrano gli esempi europei (Francia, Germania e Spagna in testa) e mondiali: ad esempio gli emirati Arabi di Dubai e Abu Dhabi, dove si sono raggiunte altezze notevoli in getto.

Per quanto riguarda le colonne e i solai in genere viene adottata la tecnica della struttura composta in acciaio-calcestruzzo. Tale soluzione a fronte di un risparmio importante nel peso dell'acciaio e dei pesi strutturali in genere, consente infatti uno sgravio delle azioni agenti sull'intera struttura e quindi in fondazione.

Per quanto riguarda l'utilizzazione in zona sismica, in presenza di terremoti severi, molto spesso le colonne composte si uniscono in un sistema ibrido dove si inseriscono elementi resistenti alle azioni orizzontali in calcestruzzo armato come setti o nuclei.

Ricerche sperimentali e la casistica pluriennale hanno altresì mostrato che le colonne composte hanno buone potenzialità nell'assorbimento delle azioni sismiche.



Schema del comportamento trave-soletta a stato limite ultimo

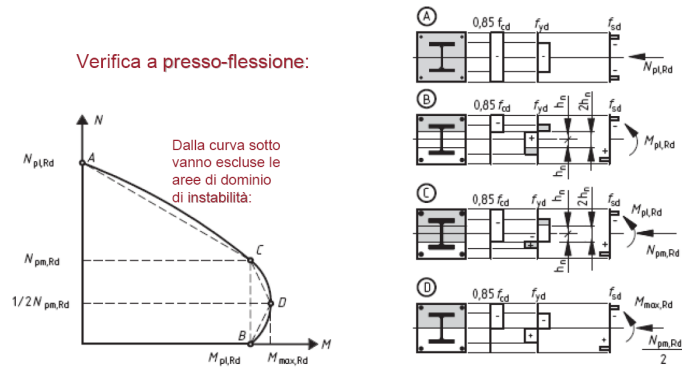
L'interesse per l'impiego in zona sismica è confermato dalle numerose realizzazioni con colonne composte e dai numerosi studi sul comportamento ciclico effettuati in Giappone e negli Stati Uniti, che sono un paesi ad alto rischio sismico.

Le colonne composte appaiono ancora più efficaci in termini di duttilità per l'elevato grado di confinamento del calcestruzzo come dimostrano recentissimi studi.

Le strutture composte acciaio calcestruzzo offrono quindi una varietà di soluzioni sia in termini

di tecnologie di realizzazione che di prestazioni strutturali.

Le colonne, in modo più o meno esaustivo, presentano un migliore comportamento strutturale rispetto ad elementi in solo acciaio e calcestruzzo, con una riduzione dei fenomeni di instabilità locale delle parti metalliche ed il confinamento del calcestruzzo.



## 5.2 TIPOLOGIA DEL SISTEMA DI FONDAZIONI

Aspetto fondamentale per un efficace comportamento della struttura sia in condizioni di esercizio (SLE) che in condizioni di incipiente collasso (SLU) è la progettazione del sistema fondale e la verifica dell'interazione terreno-struttura.

Il terreno sottostante la torre è costituito da un bancale di ghiaia (via via di matrice fine differente), sotto cui si estendono i limi sabbiosi.

Dopo aver vagliato soluzioni differenti (pali di grande diametro fino a 1500mm, jet-grouting profondo, appoggio diretto sul terreno non trattato, ecc...) è stato possibile scegliere la soluzione più aderente alla realtà di progetto, consentendo di ridurre i cedimenti e le distorsioni, nonché garantire anche elevate produzioni di cantiere e tempi ridotti.

La soluzione adottata per la torre è quella di una fondazione a platea di spessore 4m circa che poggerà sullo strato di ghiaia preventivamente trattato attraverso intervento colonnare (jet-grouting).

Il jet-grouting si estenderà sotto la torre e nelle zone limitrofe fino sotto la platea del Centro Congressi e dei primi giunti dei parcheggi, al fine di ridurre i cedimenti differenziali. La distribuzione delle colonne è a quinconce con interasse variabile e altezza pari a 10m in funzione della distanza dalla platea di fondazione.

## 5.3 MATERIALI

### FONDAZIONI

Calcestruzzo C32/40

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

### PILASTRI

Calcestruzzo C60/75

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

Acciaio da carpenteria S460

### SETTI

Fino al 15° livello: Calcestruzzo C60/75

Oltre il 15° livello: Calcestruzzo C35/45

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

### TRAVI E SOLAI

Su lamiera grecata: Calcestruzzo alleggerito LC30/33-D1,8

Zona nucleo: Calcestruzzo C30/37

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

Acciaio da carpenteria S355

## 5.4 ANALISI DEI CARICHI

I carichi di progetto utilizzati sono i seguenti:

Pesi propri	4.50 kN/mq
Permanenti	2.50 kN/mq
Variabili cat. B2 DM 14.01.08	3.00 kN/mq

Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

Cat.	Ambienti	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
A	<b>Ambienti ad uso residenziale.</b> Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
	<b>Uffici.</b> Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	2,00 3,00	2,00 2,00	1,00 1,00
	<b>Ambienti suscettibili di affollamento</b> Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni,	3,00 4,00	2,00 4,00	1,00 2,00

## 5.5 MODELLAZIONE AGLI ELEMENTI FINITI (FEM)

Per la Torre è stata effettuata una modellazione tridimensionale agli elementi finiti.

In prima fase sono stati definiti più modelli, del tutto simili in quanto a geometria ma con caratteristiche di rigidità differenti:

- Solai rigidi membrandalmente e fondazione incastrata rigidamente. Il modello più “rigido” tra quelli creati. Le ipotesi discendono direttamente dalle prescrizioni normative che consentono di considerare un orizzontamento come rigido nel suo piano a patto che la struttura sia in calcestruzzo armato con una soletta collaborante di almeno 4/5 cm. Quindi sono stati modellati elementi bidimensionali con l’unica funzione di ripartire i carichi tra le travi e ad ogni piano è stato assegnato un vincolo interno di tipo “diaphragm” che lega rigidamente i gradi di libertà di piano dei nodi a cui è assegnato. Per quanto riguarda i vincoli esterni in letteratura si è riscontrato che per la caratterizzazione dinamica si è soliti considerare i vincoli esterni di fondazione come vincoli rigidi;
- Solai con rigidità effettiva e vincoli esterni di incastro perfetto. Data l’eccezionalità dell’opera è stato ritenuto utile provare a confrontare il primo modello con uno in cui le rigidità di piano fossero quelle effettive, pertanto sono stati modellati degli elementi “shell” con le caratteristiche di spessore e rigidità flessionale reali;
- Solai rigidi membrandalmente e fondazione su platea su appoggi elastici. Tale soluzione va a confutare i risultati ottenuti dal primo modello. La rigidità delle molle sulle quali poggia la platea è stata tarata sul modulo di deformabilità del terreno consolidato con jet grouting in modo da avere una stima il più possibile verosimile del comportamento del terreno;
- Solai con rigidità effettiva e fondazione su platea su appoggi elastici. Quest’ultimo modello va a completare il quadro delle prove fatte e fornisce l’estremo di maggiormente flessibile nell’intervallo indagato.

Il software utilizzato in questa fase di progetto è il SAP2000 versione 11.0.8 prodotto dalla “Computers and Structures Inc.” di Berkeley California.

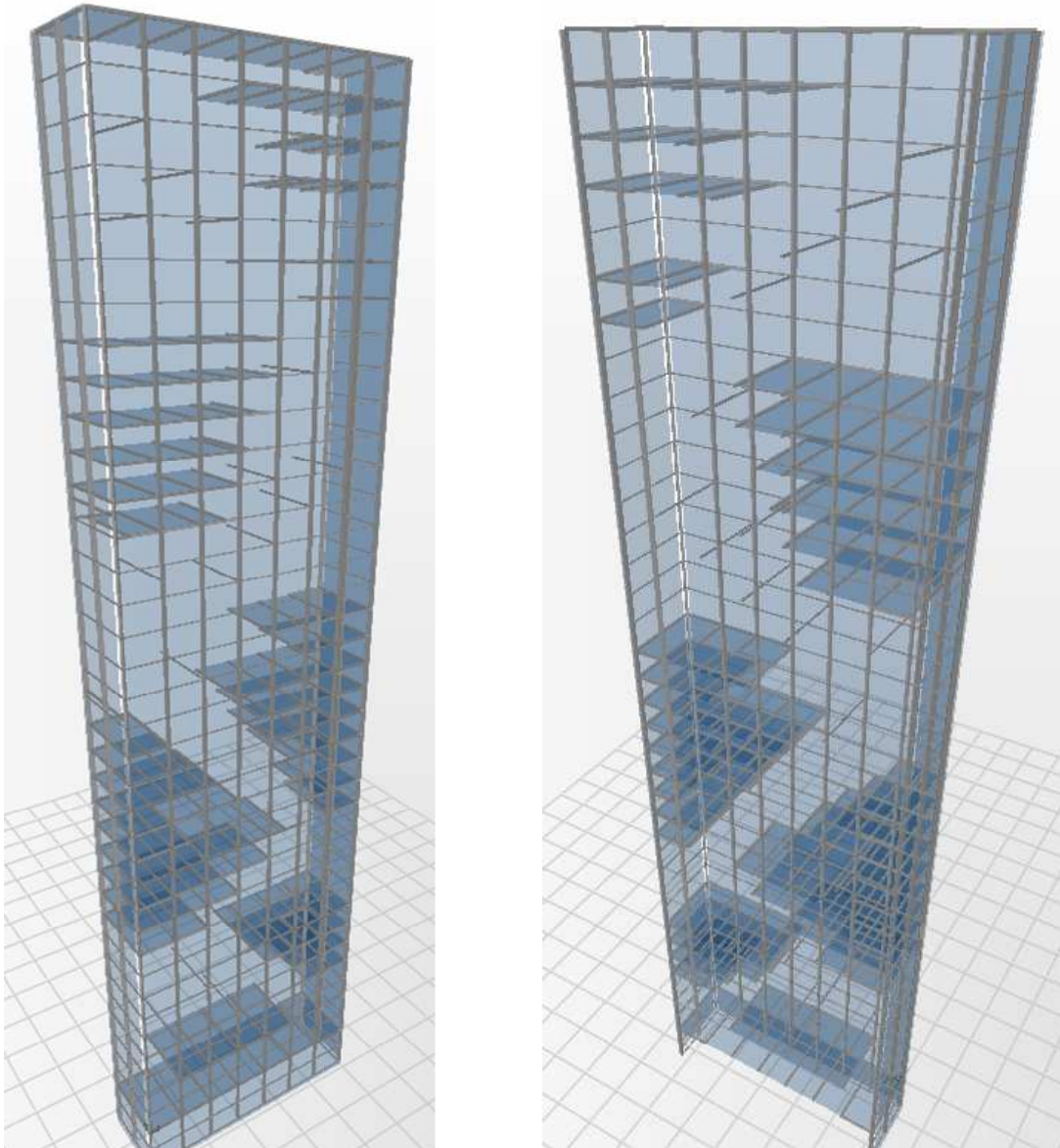
Per quanto concerne i vincoli interni, le ipotesi di collegamento trave-pilastro prevedono un collegamento ad incastro tra i pilastri e le travi, il collegamento trave-setto è del tipo a cerniera e la soletta di piano è vincolata alle travi e al nucleo, mentre i pilastri sono considerati continui.

Sul lato definito “torre bassa” la struttura assume la particolarità di avere solo una parte dei solai di piano che arrivano a contrastare gli elementi verticali portanti di facciata. Questo impone l’inserimento di elementi di contrasto (puntoni metallici) vincolati al nucleo onde evitare lo

sbandamento delle colonne in acciaio-calcestruzzo.

I solai inclinati del Vuoto sono stati modellati come graticcio di travi: infatti non sono dei veri e propri solai ma delle pareti di tamponamento collegate alle colonne e al nucleo.

Tali strutture costituiscono di fatto anche uno degli elementi controventanti la facciata del Vuoto, oltre alle colonne, alle travi orizzontali di piano e ai puntoni di contrasto delle colonne al nucleo.



Modellazione della struttura di facciata su lato "torre bassa": sono visibili il graticcio di travi costituente

i piani inclinati, il sistema costituente la facciata e i puntoni di contrasto al nucleo

## 5.6 ANALISI DINAMICA

Nel capitolo seguente verranno esposti i principali risultati delle analisi dinamiche eseguite.

### 5.6.1 Analisi Modale

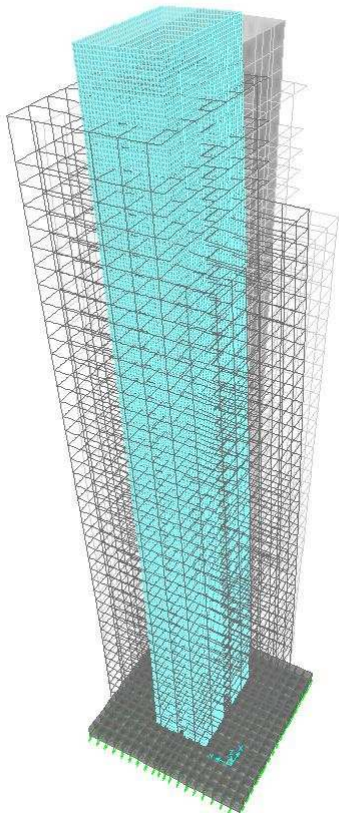
Innanzitutto è stata svolta un'analisi di tipo dinamico modale volta ad indagare le caratteristiche intrinseche del sistema. Da tale analisi sono state ricavate le frequenze proprie della struttura, utili nelle valutazioni del carico vento e del comfort ambientale in presenza di vibrazioni.

Ad ogni frequenza è associata una forma modale che descrive il modo di vibrare della struttura alla data frequenza. Nel seguito si riportano le immagini significative delle prime 6 forme modali. Per chiarezza di visualizzazione sono stati disattivati i layers relativi alle strutture di piano.

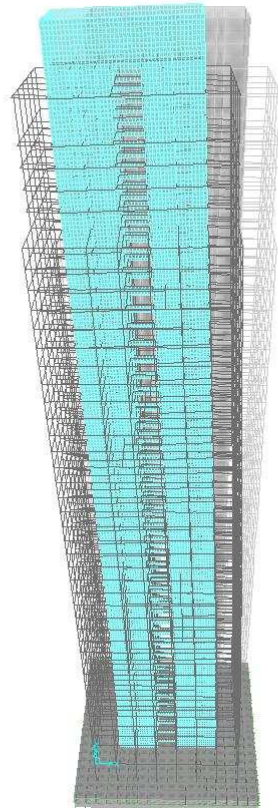
Sono stati considerati 24 modi di vibrare in modo da movimentare una percentuale di massa superiore all'85% previsto al par. 7.3.3.1 delle NTC 2008.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	UX	UY	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	4.808	0.21	0.00	0.48	0.00	0.48
MODAL	Mode	2	3.731	0.27	0.51	0.00	0.51	0.48
MODAL	Mode	3	1.773	0.56	0.00	0.00	0.51	0.48
MODAL	Mode	4	0.902	1.11	0.00	0.18	0.51	0.66
MODAL	Mode	5	0.876	1.14	0.16	0.00	0.67	0.66
MODAL	Mode	6	0.560	1.79	0.00	0.00	0.67	0.66
MODAL	Mode	7	0.549	1.82	0.00	0.00	0.67	0.66
MODAL	Mode	8	0.518	1.93	0.00	0.00	0.67	0.66
MODAL	Mode	9	0.479	2.09	0.00	0.00	0.67	0.66
MODAL	Mode	10	0.471	2.12	0.00	0.00	0.67	0.66
MODAL	Mode	11	0.398	2.51	0.00	0.00	0.67	0.66
MODAL	Mode	12	0.396	2.52	0.00	0.03	0.67	0.69
MODAL	Mode	13	0.385	2.60	0.07	0.00	0.74	0.69
MODAL	Mode	14	0.377	2.65	0.06	0.00	0.80	0.69
MODAL	Mode	15	0.372	2.69	0.00	0.07	0.80	0.76
MODAL	Mode	16	0.370	2.70	0.00	0.07	0.80	0.82
MODAL	Mode	17	0.349	2.87	0.00	0.00	0.80	0.82
MODAL	Mode	18	0.327	3.06	0.00	0.00	0.80	0.83
MODAL	Mode	19	0.310	3.23	0.00	0.00	0.80	0.83
MODAL	Mode	20	0.299	3.34	0.00	0.00	0.80	0.83
MODAL	Mode	21	0.294	3.41	0.00	0.01	0.80	0.83
MODAL	Mode	22	0.283	3.54	0.05	0.00	0.85	0.83
MODAL	Mode	23	0.275	3.63	0.13	0.00	0.98	0.83
MODAL	Mode	24	0.269	3.72	0.00	0.16	0.98	0.99

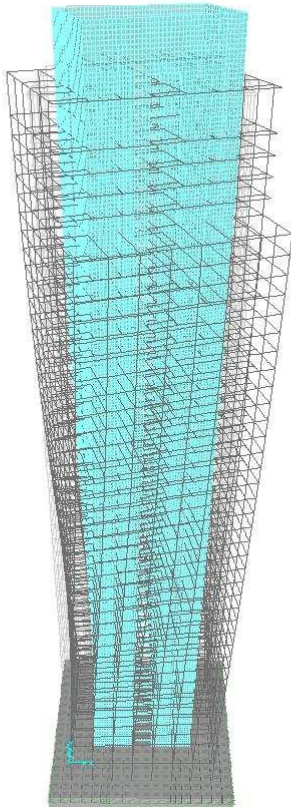
1



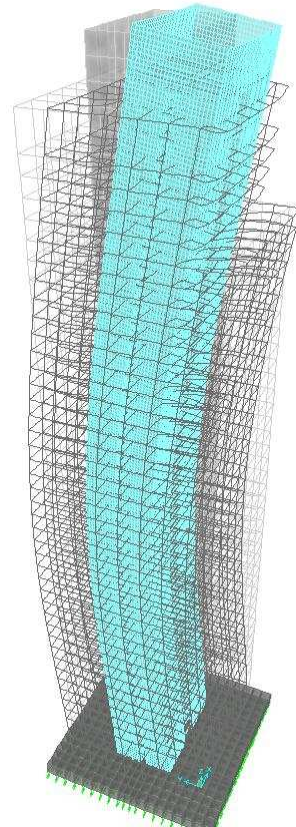
MODO 1  $f=0.208$  Hz  $T=4.808$ s



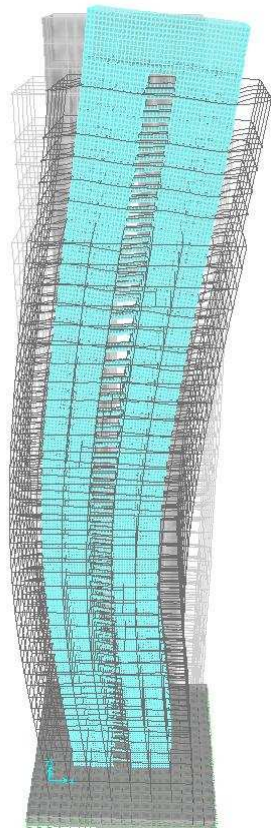
MODO 2  $f=0.268$  Hz  $T=3.731$ s



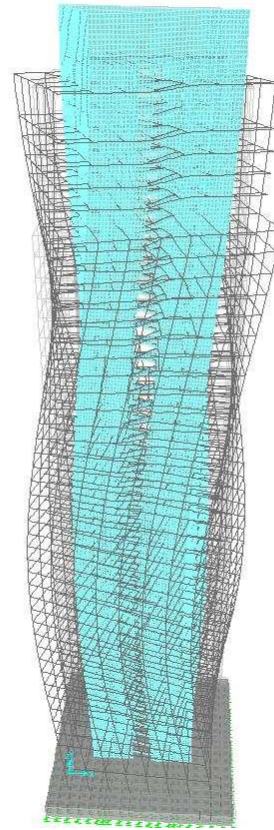
MODO 3  $f=0.564$  Hz  $T=1.773$



MODO 4  $f=1.109$  Hz  $T=0.902$ s



MODO 5  $f=1.142$  Hz  $T=0.876$ s



MODO 6  $f=1.785$  Hz  $T=0.560$ s

Come si vede dagli schemi di carpenteria riportati in premessa, la torre presenta una certa simmetria in pianta, ha forma quadrata e si sviluppa prevalentemente in altezza.

Da ciò è lecito ipotizzare che i primi due modi siano flessionali. Il terzo è invece tipicamente torsionale.

Questa considerazione è dovuta al fatto che i sistemi resistenti principali, nella fattispecie i nuclei, si sviluppano per tutta l'altezza.

E' da rilevare che, esclusi i primi due modi, la restante parte di massa viene movimentata da modi che presentano un periodo proprio molto più basso, pertanto è lecito presumere che siano solo i primi due ad avere una certa rilevanza sul comportamento dinamico indotto dal vento, in quanto gli altri modi vanno a collocarsi in una fascia in cui lo spettro tende a zero.

Per quanto concerne le verifiche degli elementi strutturali in termini di contenimento del danno degli elementi non strutturali vanno rispettati delle limitazioni di spostamento di interpiano al fine di garantire la sicurezza a seguito di un'azione sismica; a favore di sicurezza si considera la limitazione più restrittiva relativa a tamponamenti collegati rigidamente alla struttura interferenti con la deformabilità della stessa:

$$(200 * d_r) / h \leq 1$$



I modelli di calcolo impiegati producono uno spostamento massimo pari a 1.93 cm (a seguito dell'azione sismica relativa allo SLD) su un interpiano di 427 cm. Ne consegue il rispetto della limitazione:

$$(200 * 1.93) / 427 = 0.90 \leq 1 \text{ Verificato!}$$

Tale verifica dovrebbe essere sviluppata, date le caratteristiche e la classificazione della struttura, sia allo SLD che allo SLO. Si è riportata la verifica esclusivamente allo SLD in quanto le calcolazioni effettuate producono spostamenti allo SLO che portano al rispetto delle limitazioni con un fattore di sicurezza maggiore (spostamenti allo SLO inferiori a 1.28 cm):

$$(300 * d_r) / h \leq 1$$

## **6 INTERRATI**

### **6.1 TIPOLOGIA STRUTTURALE**

La struttura principale è costituita da una maglia di pilastri e travi in cemento armato. La tipologia di solai varia da predalles ad alveolari.

Tutto il sistema fonda su travi di fondazione e plinti isolati.

### **6.2 MATERIALI**

#### **FONDAZIONI**

Calcestruzzo C32/40

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

#### **PILASTRI**

Calcestruzzo C30/37

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

#### **TRAVI E SOLAI**

Calcestruzzo C30/37

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

## 6.3 ANALISI DEI CARICHI

### 6.3.1 Archivi su via Nizza

#### Primo solaio (primo interrato)

Permanenti	2.50 kN/mq
Variabili cat. E2 DM 14.01.08 (a)	12.00 kN/mq

#### Secondo solaio (piano terra)

Zona corselli VVF e viabilità

Permanenti	6.00 kN/mq
Variabili cat. G DM 14.01.08 (b)	20.00 kN/mq

Zona giardini e vasche

Permanenti	14.00 kN/mq
Variabili (b)	10.00 kN/mq

### 6.3.2 Uffici e magazzini vari maniche parallele a via Farigliano

#### Primo solaio (primo interrato)

Permanenti	2.50 kN/mq
Variabili cat. F DM 14.01.08 (a)	6.00 kN/mq

#### Secondo solaio (piano terra)

Zona corselli VVF e viabilità

Permanenti	6.00 kN/mq
Variabili (b)	20.00 kN/mq

Zona giardini e vasche

Permanenti	14.00 kN/mq
Variabili (b)	10.00 kN/mq

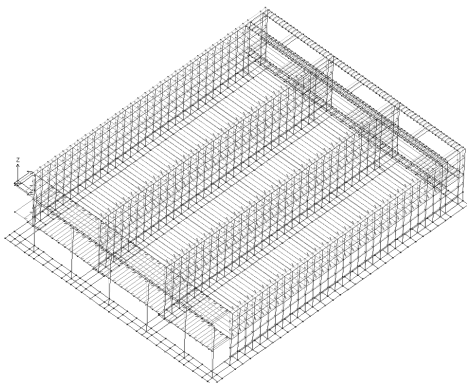
## 6.4 ANALISI DINAMICA

Nel capitolo seguente verranno esposti i principali risultati delle analisi dinamiche eseguite.

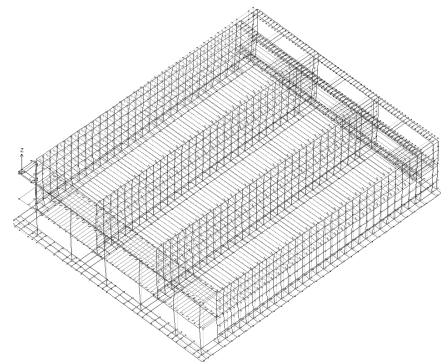
### 6.4.1 Analisi Modale

Ad ogni frequenza è associata una forma modale che descrive il modo di vibrare della struttura alla data frequenza. Nel seguito si riportano le immagini significative delle prime 4 forme modali.

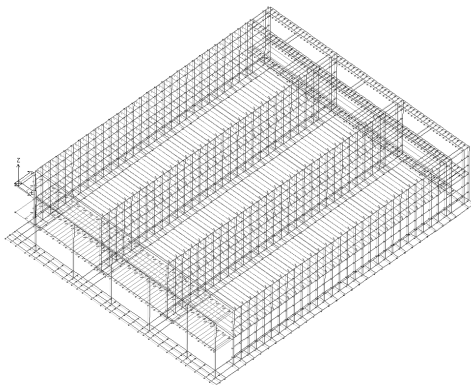
ARCHIVI SU VIA NIZZA



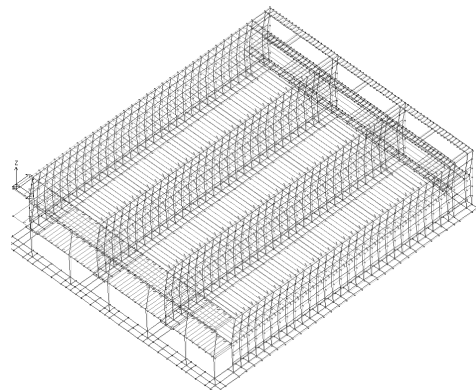
MODO 1  $f=0.90$  Hz  $T=1.111$  s



MODO 2  $f=3.28$  Hz  $T=0.304$  s

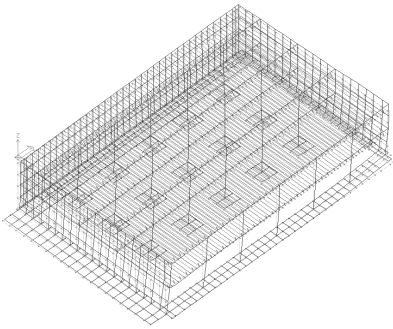


MODO 3  $f=3.93$  Hz  $T=0.254$  s

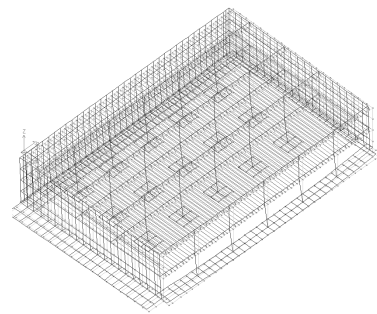


MODO 4  $f=4.04$  Hz  $T=0.247$  s

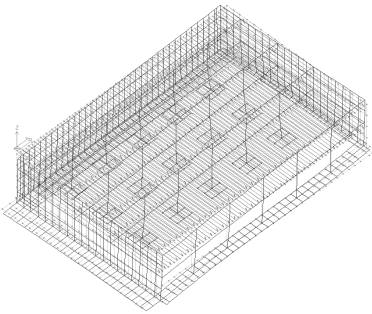
**UFFICI E MAGAZZINI VARI MANICHE PARALLELE A VIA FARIGLIANO**



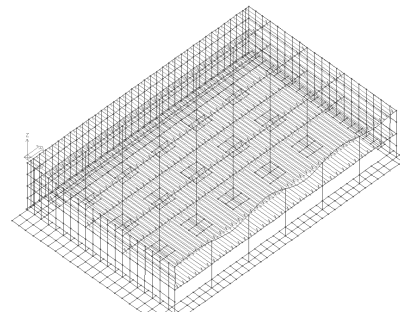
MODO 1  $f=2.71$  Hz  $T=0.369$  s



MODO 2  $f=3.16$  Hz  $T=0.316$  s



MODO 3  $f=4.59$  Hz  $T=0.218$  s



MODO 4  $f=4.96$  Hz  $T=0.202$  s

## 7 CENTRO CONGRESSI

### 7.1 TIPOLOGIA STRUTTURALE

Il **Centro Servizi** in progetto ha le seguenti caratteristiche:

- altezza dalla copertura a 21.70 m fuori terra;
- dimensioni in pianta di circa 54m x 31,5m;
- interpiano di 4,27m;
- quota  $\pm 0.00$  fissata a 233,00 m s.l.m.
- due livelli interrati alle quote -4,27m e -8,54 m

Per il Centro Servizi si sono adottate soluzioni strutturali con telai in acciaio e orizzontamenti con le zone centrali realizzate con lamiera grecata collaborante A55 Hi Bond e getto di completamento in calcestruzzo alleggerito LC30/33 D1,8 ( $\gamma = 1800 \text{ kg/mc}$ ) di 12 cm, mentre le zone laterali sono realizzate con un getto pieno da 12 cm.

In tutti e 4 i livelli l'impalcato del solaio presenta una struttura costituita da due direttrici principali con doppie travi HEB600 S 355 ad interasse di 19.50 m e due sbalzi laterali di 5.60 m. Le sommità degli sbalzi vengono collegate mediante profili tubolari 350x100x10 S 275 posti ad interasse regolare di 1.50 m a sostegno degli infissi di facciata e per consentire i medesimi abbassamenti e la mutua collaborazione tra i vari impalcati.

Tutte le travi presentano piolatura diffusa con pioli tipo Nelson TRV  $\phi 16$  passo 15 cm e altezza 10 cm; il loro utilizzo unitamente allo spessore della soletta in calcestruzzo alleggerito presente al di sopra dello spessore della lamiera grecata permette l'assunzione di sezione mista collaborante per la riduzione dei abbassamenti e sollecitazioni.

Le zone a sbalzo rispetto alle orditure principali delle travi doppie HEB 600 presentano invece una soletta piena di calcestruzzo C 25/30, nato dalla necessità di diminuire le deformazioni della campata centrale di 19.50 m e la torsione sulle doppie travi HEB 600.

Gli otto pilastri principali sono costituiti da un'anima di un profilo HD 400x744 S 355 ricoperta da una sezione in calcestruzzo di 60 x 80 cm la cui sola funzione è quella di protezione al fuoco. Visti gli importanti spessori del ricoprimento è presente un'armatura esterna di confinamento e un sistema di doppia piolatura per il trasferimento delle sollecitazioni alle parti in calcestruzzo.

Visto la connessione a livello +2 e +3 tra la Torre e il Centro Servizi costituita dalla passerella di collegamento si è deciso di realizzare una continuità strutturale dal lato del Centro Servizi mentre lato Torre n°4 punti di aggancio in cui vengono vincolati gli spostamenti perpendicolari all'asse della passerella di collegamento e quelli lungo la direzione di gravità.

All'esterno del Centro Servizio due batterie di triple scale metalliche a servizio dei tre livelli realizzate mediante profili metallici

L'asilo è costituito da due corpi di fabbrica separati per i quali si è adottata la seguente tipologia strutturale: struttura intelaiata in acciaio.

L'**Asilo per lattanti** in progetto ha le seguenti caratteristiche:

- altezza della copertura +4.00 m circa fuori terra
- dimensioni in pianta di circa 22.5m x 29 m

L'**Asilo per divezzi** in progetto ha le seguenti caratteristiche:

- altezza della copertura +4.00 m circa fuori terra
- dimensioni in pianta di circa 28.5m x 16 m

Si tratta di due strutture monopiano a telaio in cui i pilastri poggiano direttamente sul solaio di livello +0.00.

L'impalcato a sbalzo dei due asili di livello +0.00 è realizzato con travi metalliche e solaio HI-Bond A55/P600 e getto di completamento in calcestruzzo alleggerito strutturale LC30/33-D1,8 ( $\gamma = 1800 \text{ kg/mc}$ ). Tale impalcato è completamente a sbalzo, con luci variabili da 0 a 6.4 m ed è sostenuto da pilastri pendolari retti dalla copertura e da travi a sbalzo ancorate al solaio in c.a. del piano terra.

L'impalcato di quota +4.00 è realizzato con travi metalliche e lamiera grecata tipo Deck di altezza complessiva pari a 13 cm.

I due impalcati in corrispondenza dello sbalzo sono collegati rigidamente da profili tubolari 80x30x3, aventi passo pari a 75 cm, da inserire all'interno dei montanti della vetrata.

## **7.2 MATERIALI**

### **FONDAZIONI**

Calcestruzzo C32/40

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

### **PILASTRI**

Calcestruzzo C60/75

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

### **TRAVI E SOLAI**

Su lamiera grecata: Calcestruzzo alleggerito LC30/33-D1,8

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

Acciaio da carpenteria S355

Acciaio da carpenteria S275



## 7.3 ANALISI DEI CARICHI

### 7.3.1 Centro congressi

Permanenti	2.50 kN/mq
Sovraccarichi variabili: Cat C1	3.00 kN/mq
Sovraccarichi variabili: Cat C2	4.00 kN/mq
Sovraccarichi variabili: Cat C3 e D2	5.00 kN/mq
Sovraccarichi variabili: Cat E1	6.00 kN/mq
Sovraccarichi neve: Copertura	1.35 kN/mq

### 7.3.2 Tunnel di collegamento

#### Piano calpestabile

Permanenti	3.00 kN/mq
Sovraccarichi variabili: Cat C2	4.00 kN/mq

#### Copertura

Permanenti	1.00 kN/mq
Sovraccarichi neve: Copertura	1.35 kN/mq

### 7.3.3 Asilo

#### Piano calpestabile

Permanenti	1.20 kN/mq
Sovraccarichi variabili: Cat C1	3.00 kN/mq

#### Copertura

Permanenti	1.55 kN/mq
Sovraccarichi neve: Copertura	1.35 kN/mq

### 7.3.4 Interrato manica centro congressi

#### Primo solaio (primo interrato)

Permanenti	2.50 kN/mq
Variabili cat. C3 DM 14.01.08 (c)	5.00 kN/mq

per destinazione a Fitness-Palestra

#### Secondo solaio (piano terra)

Zona corselli VVF e viabilità

Permanenti	6.00 kN/mq
Variabili cat. C3 DM 14.01.08 (c)	5.00 kN/mq

per destinazione ad asilo e attesa congressi

## 7.4 MODELLAZIONI AGLI ELEMENTI FINITI (FEM)

Per il Centro Servizi come pure per l'asilo e le scale di sicurezza esterne si sono effettuate modellazioni tridimensionali agli elementi finiti.

Si è effettuata l'implementazione dei risultati ottenuti per modelli differenti con caratterizzazione dinamica effettuata con vincoli esterni costituiti da vincoli rigidi (incastro alla base).

A seconda delle zone modellate ai vari livelli si sono assunti comportamenti membranali o rigidi (comportamento membranale per le zone della campata centrale con solaio costituito da lamiera grecata e getto di completamento con cls alleggerito e comportamento rigido per le due campate esterne realizzate mediante soletta in getto pieno da 12 cm).

## 7.5 ANALISI DINAMICA

Nel capitolo seguente verranno esposti i principali risultati delle analisi dinamiche eseguite.

### 7.5.1 Analisi Modale - centro servizi

Innanzitutto è stata svolta un'analisi di tipo dinamico modale volta ad indagare le caratteristiche intrinseche del sistema. Da tale analisi sono state ricavate le frequenze proprie della struttura, utili nelle valutazioni del carico vento e del comfort ambientale in presenza di vibrazioni.

Ad ogni frequenza è associata una forma modale che descrive il modo di vibrare della struttura alla data frequenza.

Sono stati considerati 15 modi di vibrare in modo da movimentare una percentuale di massa superiore all'85% previsto al par. 7.3.3.1 delle NTC 2008.

**Modo:** *Identificativo del modo di vibrare.*

**Periodo:** *Periodo. [s]*

**Massa X:** *Massa partecipante in direzione globale X. Il valore è adimensionale.*

**Massa Y:** *Massa partecipante in direzione globale Y. Il valore è adimensionale.*

**Massa Z:** *Massa partecipante in direzione globale Z. Il valore è adimensionale.*

**Massa rot X:** *Massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale X. Il valore è adimensionale.*

**Massa rot Y:** Massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Y. Il valore è adimensionale.

**Massa rot Z:** Massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Z. Il valore è adimensionale.

*Totale masse partecipanti:*

*Traslazione X: 0.99916*

*Traslazione Y: 0.99292*

*Traslazione Z: 0*

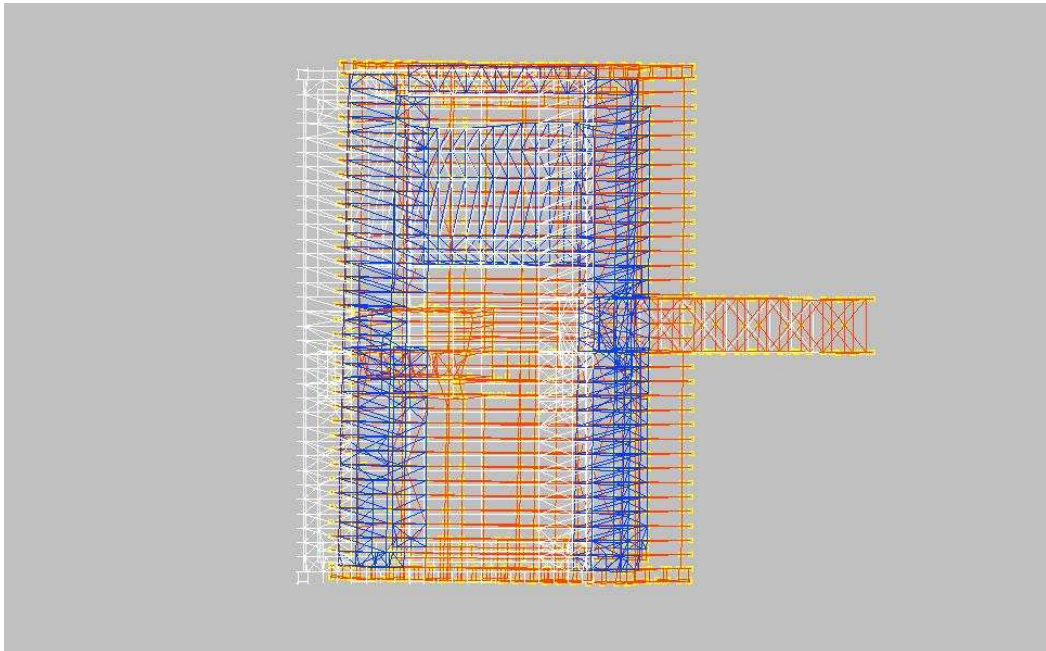
*Rotazione X: 0.95676*

*Rotazione Y: 0.99909*

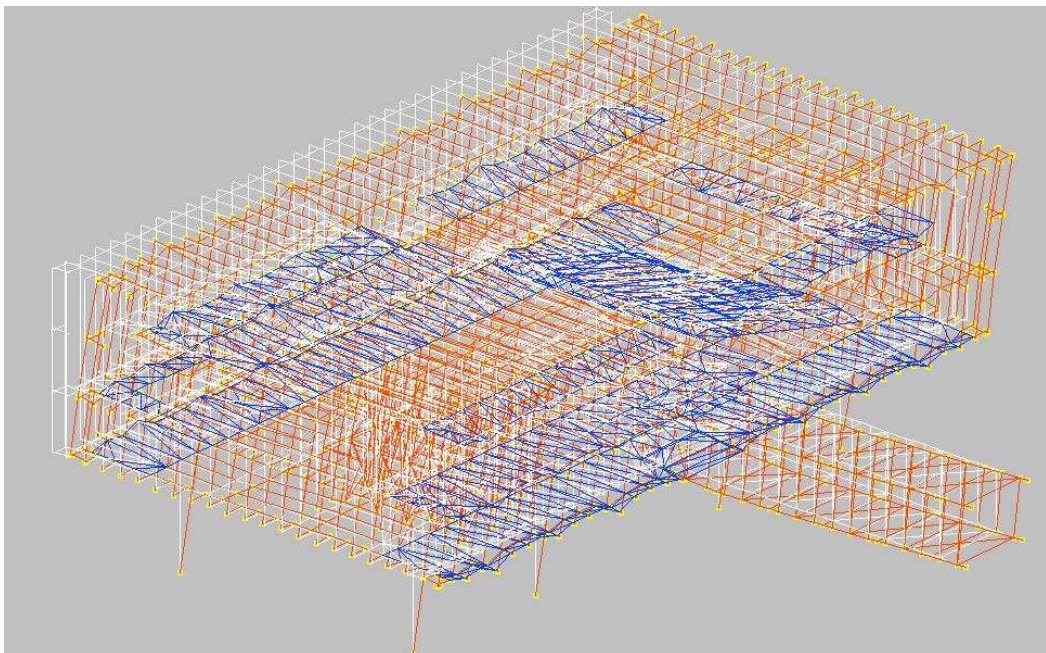
*Rotazione Z: 0.97545*

<b>Modo</b>	<b>Periodo</b>	<b>Massa X</b>	<b>Massa Y</b>	<b>Massa rot X</b>	<b>Massa rot Y</b>	<b>Massa rot Z</b>
1	1.709649	0.89352	0.00232	0.00218	0.99487	0.38688
2	1.113358	0.00139	0.64982	0.61728	0.00354	0.01855
3	0.747807	0.00442	0.31986	0.30625	0.00001	0.39557
4	0.659998	0.09186	0.00449	0.00434	0.00009	0.1253
5	0.558013	0	0.00003	0.0001	0	0.00004
6	0.429596	0.00087	0	0.00005	0.00001	0.00072
7	0.302654	0.00235	0.005	0.00147	0.00007	0.03077
8	0.289603	0.00302	0.00116	0.00006	0.00047	0.00015
9	0.172089	0.00165	0.00073	0.00036	0.00002	0.00696
10	0.155617	0.00008	0.00951	0.02467	0.00001	0.01051

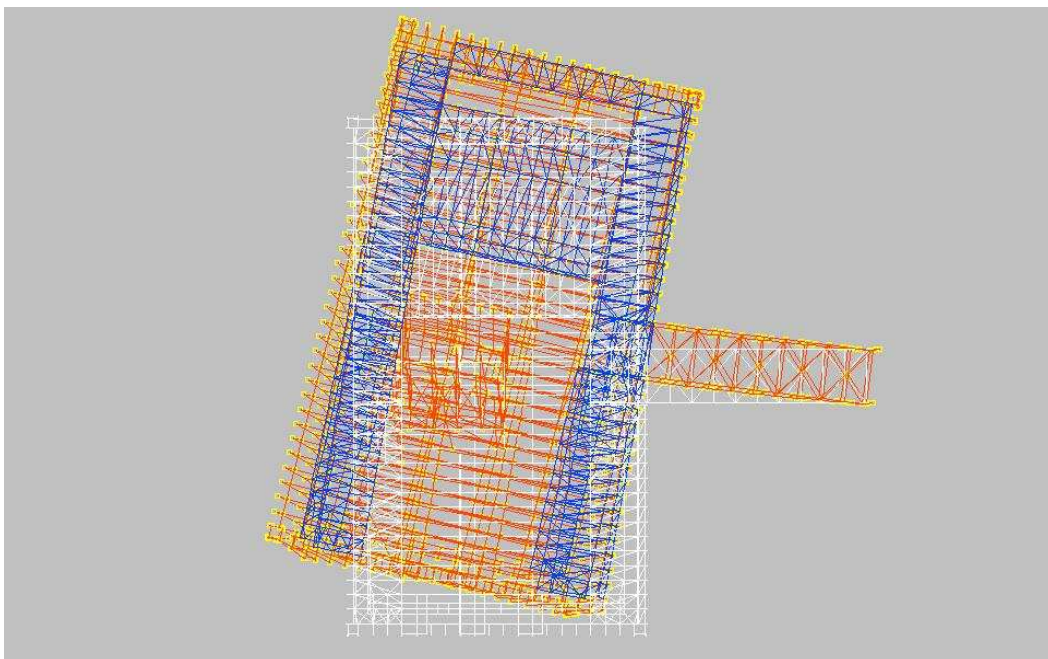
### 7.5.1.1.1 Risposta di spettro



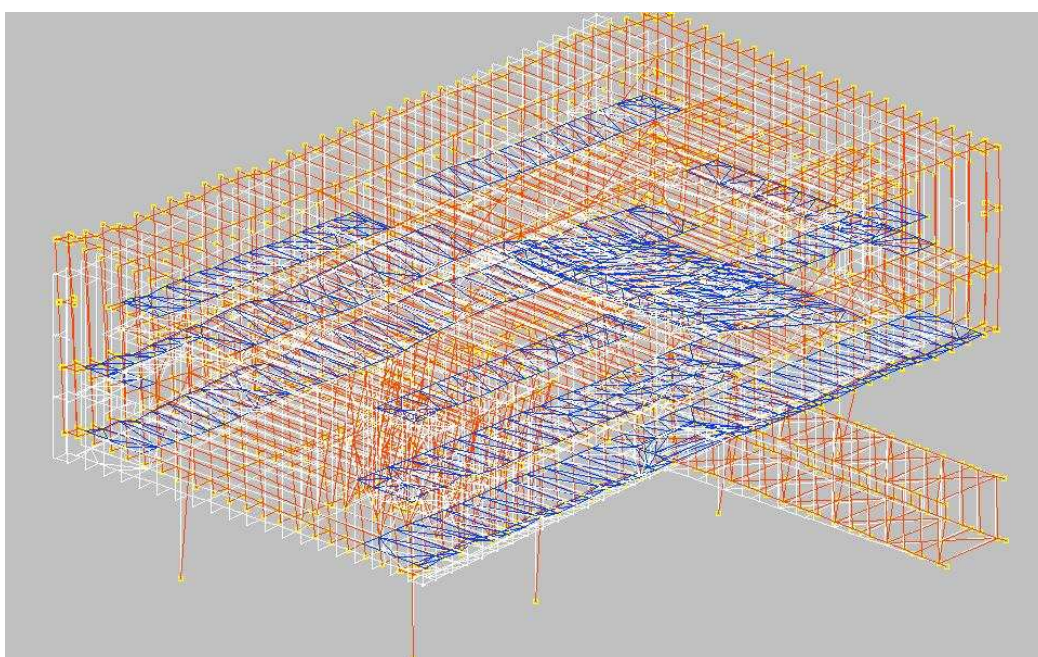
Centro Servizi – Primo modo di vibrare  $f=0.585$  Hz  $T=1.709$ s



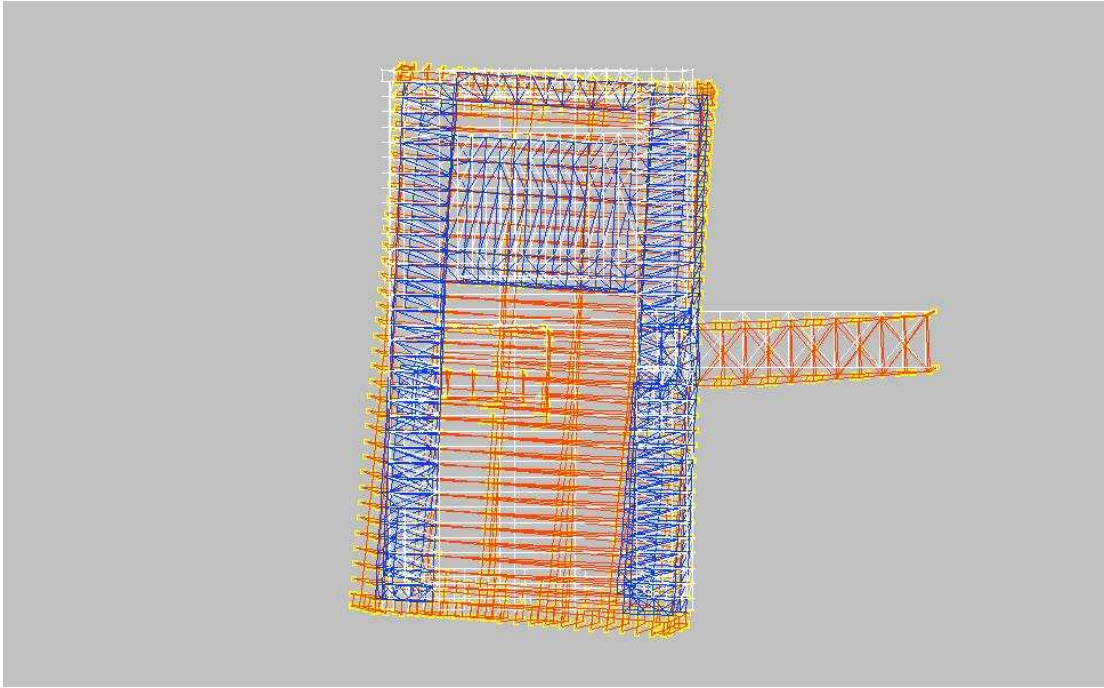
Centro Servizi – Primo modo di vibrare  $f=0.585$  Hz  $T=1.709$ s



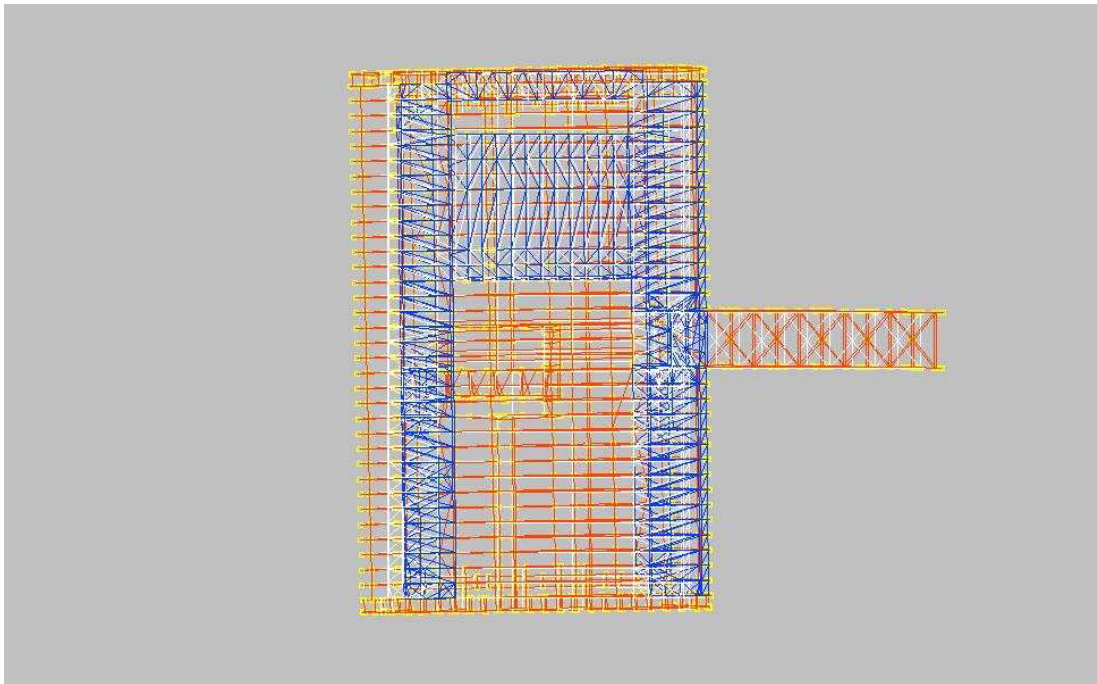
Centro Servizi – Secondo modo di vibrare  $f=0.898$  Hz  $T=1.113$ s



Centro Servizi – Secondo modo di vibrare  $f=0.898$  Hz  $T=1.113$ s



Centro Servizi – Terzo modo di vibrare  $f=1.337$  Hz  $T=0.747$ s



Centro Servizi – Quarto modo di vibrare  $f=1.515$  Hz  $T=0.659$ s

## 7.5.2 Analisi Modale - Asilo

### 7.5.2.1 Asilo per lattanti

#### 7.5.2.1.1 Risposta modale

**Modo:** *Identificativo del modo di vibrare.*

**Periodo:** *Periodo. [s]*

**Massa X:** *Massa partecipante in direzione globale X. Il valore è adimensionale.*

**Massa Y:** *Massa partecipante in direzione globale Y. Il valore è adimensionale.*

**Massa Z:** *Massa partecipante in direzione globale Z. Il valore è adimensionale.*

**Massa rot X:** *Massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale X. Il valore è adimensionale.*

**Massa rot Y:** *Massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Y. Il valore è adimensionale.*

**Massa rot Z:** *Massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Z. Il valore è adimensionale.*

Totale masse partecipanti:

*Traslazione X: 0.86908*

*Traslazione Y: 0.95231*

*Traslazione Z: 0*

*Rotazione X: 0.99913*

*Rotazione Y: 0.99966*

*Rotazione Z: 0.92714*

Modo	Periodo	Massa X	Massa Y	Massa Z	Massa rot X	Massa rot Y	Massa rot Z
1	0.806739	0.00428	0	0	0	0.00505	0.00034
2	0.326679	0.08267	0.13156	0	0.15493	0.0975	0.37756
3	0.27155	0.17061	0.59532	0	0.70207	0.20116	0.36088
4	0.243775	0.58193	0.08678	0	0.10248	0.68613	0.03735
5	0.178029	0.00313	0.0196	0	0.02318	0.00362	0.00476
6	0.168572	0.0003	0.00872	0	0.01019	0.00038	0.00314
7	0.114178	0.00365	0.00008	0	0.0001	0.00466	0
8	0.101827	0.00006	0.00465	0	0.00593	0.00006	0.00173
9	0.031923	0.02233	0.00016	0	0	0.00109	0.00032
10	0.02801	0.00012	0.10544	0	0.00025	0.00001	0.14106

#### 7.5.2.1.2 Risposta di spettro

**Spettro:** *Condizione elementare corrispondente allo spettro.*

**Fx:** *Componente della forza lungo l'asse X. [daN]*

**Fy:** Componente della forza lungo l'asse Y. [daN]

**Fz:** Componente della forza lungo l'asse Z. [daN]

**Mx:** Componente della coppia attorno all'asse X. [daN\*cm]

**My:** Componente della coppia attorno all'asse Y. [daN\*cm]

**Mz:** Componente della coppia attorno all'asse Z. [daN\*cm]

**Max X:** Massima reazione lungo l'asse X.

**Valore:** Valore massimo della reazione. [daN]

**Angolo:** Angolo d'ingresso del sisma che provoca il valore massimo della reazione. [deg]

**Max Y:** Massima reazione lungo l'asse Y.

**Valore:** Valore massimo della reazione. [daN]

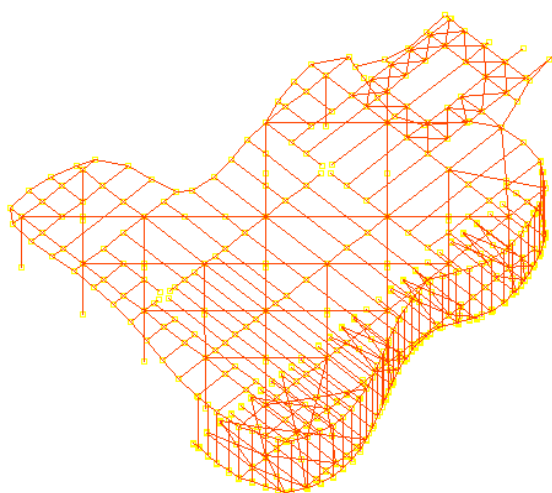
**Angolo:** Angolo d'ingresso del sisma che provoca il valore massimo della reazione. [deg]

**Max Z:** Massima reazione lungo l'asse Z.

**Valore:** Valore massimo della reazione. [daN]

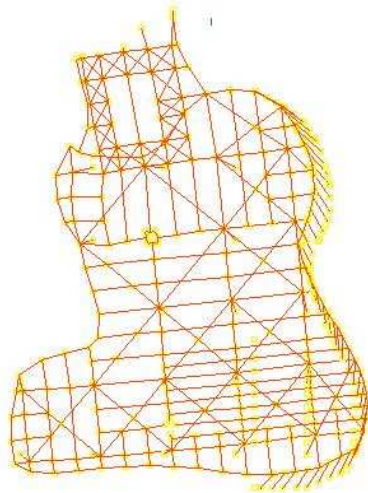
**Angolo:** Angolo d'ingresso del sisma che provoca il valore massimo della reazione. [deg]

Spettro	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Max X		Max Y		Max Z	
							Valore	Angolo	Valore	Angolo	Valore	Angolo
Sisma X SLV	12722	5387.7	0	2.2E6	5.3E6	1.4E7	12739	176	12997	77	0	0
Sisma Y SLV	5387.7	12687	0	5.2E6	2.2E6	3.1E7	12739	176	12997	77	0	0
Sisma X SLD	14828	6282	0	2.6E6	6.2E6	1.6E7	14848	176	15031	76	0	0
Sisma Y SLD	6282	14659	0	6.1E6	2.6E6	3.6E7	14848	176	15031	76	0	0
Sisma X SLO	18950	8028.9	0	3.3E6	7.9E6	2.0E7	18975	176	19178	76	0	0
Sisma Y SLO	8028.9	18701	0	7.7E6	3.3E6	4.6E7	18975	176	19178	76	0	0

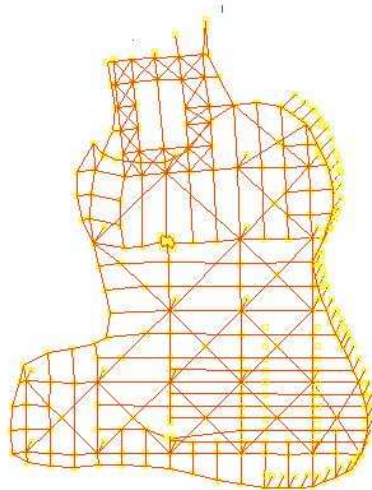


Modello generale Asilo per lattanti

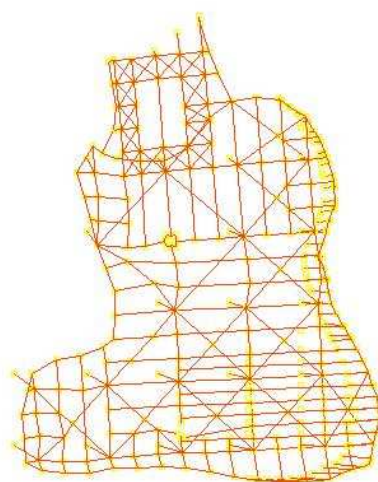




*I° modo di vibrare (  $T=0.806$  sec ,  $f= 1.24$  Hz)*



*II° modo di vibrare (  $T=0.326$  sec ,  $f=3.067$  Hz)*



*III° modo di vibrare (  $T=0.271$  sec ,  $f= 3.69$  Hz)*

## 7.5.2.2 Asilo per divezzi

### 7.5.2.2.1 Risposta modale

**Modo:** *Identificativo del modo di vibrare.*

**Periodo:** *Periodo. [s]*

**Massa X:** *Massa partecipante in direzione globale X. Il valore è adimensionale.*

**Massa Y:** *Massa partecipante in direzione globale Y. Il valore è adimensionale.*

**Massa Z:** *Massa partecipante in direzione globale Z. Il valore è adimensionale.*

**Massa rot X:** *Massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale X. Il valore è adimensionale.*

**Massa rot Y:** *Massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Y. Il valore è adimensionale.*

**Massa rot Z:** *Massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Z. Il valore è adimensionale.*

Totale masse partecipanti:

*Traslazione X: 0.92862*

*Traslazione Y: 0.97933*

*Traslazione Z: 0*

*Rotazione X: 0.99941*

*Rotazione Y: 0.99972*

*Rotazione Z: 0.93052*

Modo	Periodo	Massa X	Massa Y	Massa Z	Massa rot X	Massa rot Y	Massa rot Z
1	0.338843	0.04002	0.00245	0	0.00277	0.04439	0.00806
2	0.268699	0.39517	0.44465	0	0.49376	0.43854	0.20348
3	0.266472	0.42375	0.43757	0	0.48604	0.47028	0.63073
4	0.166683	0.02938	0.00018	0	0.00019	0.03273	0.02542
5	0.140744	0.00857	0.00303	0	0.00337	0.00953	0.00377
6	0.11869	0.0001	0.00815	0	0.00897	0.00011	0.00001
7	0.0932	0.00225	0.00017	0	0.00022	0.00281	0.00233
8	0.089239	0.00049	0.00311	0	0.00382	0.00057	0.00138
9	0.023279	0.01366	0.03649	0	0.00022	0.00046	0.00001
10	0.022013	0.01523	0.04353	0	0.00005	0.0003	0.05533

### 7.5.2.2.2 Risposta di spettro

**Spettro:** *Condizione elementare corrispondente allo spettro.*

**Fx:** *Componente della forza lungo l'asse X. [daN]*

**Fy:** *Componente della forza lungo l'asse Y. [daN]*

**Fz:** *Componente della forza lungo l'asse Z. [daN]*

**Mx:** Componente della coppia attorno all'asse X. [daN\*cm]

**My:** Componente della coppia attorno all'asse Y. [daN\*cm]

**Mz:** Componente della coppia attorno all'asse Z. [daN\*cm]

**Max X:** Massima reazione lungo l'asse X.

**Valore:** Valore massimo della reazione. [daN]

**Angolo:** Angolo d'ingresso del sisma che provoca il valore massimo della reazione. [deg]

**Max Y:** Massima reazione lungo l'asse Y.

**Valore:** Valore massimo della reazione. [daN]

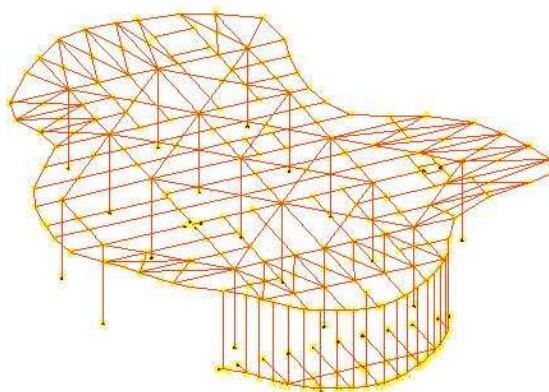
**Angolo:** Angolo d'ingresso del sisma che provoca il valore massimo della reazione. [deg]

**Max Z:** Massima reazione lungo l'asse Z.

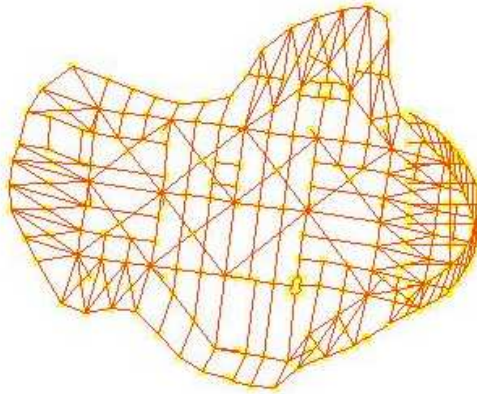
**Valore:** Valore massimo della reazione. [daN]

**Angolo:** Angolo d'ingresso del sisma che provoca il valore massimo della reazione. [deg]

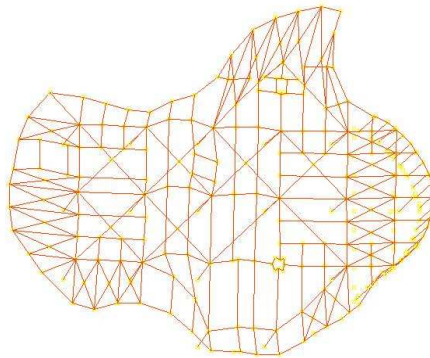
Spettro	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Max X		Max Y		Max Z	
							Valore	Angolo	Valore	Angolo	Valore	Angolo
Sisma X SLV	13677	924.74	0	362950	5.7E6	4.5E7	13677	178	14638	91	0	0
Sisma Y SLV	924.74	14637	0	6.1E6	363020	1.3E7	13677	178	14638	91	0	0
Sisma X SLD	15941	1037.8	0	423100	6.6E6	5.2E7	15941	178	17018	91	0	0
Sisma Y SLD	1037.8	17018	0	7.1E6	422860	1.5E7	15941	178	17018	91	0	0
Sisma X SLO	20372	1315.6	0	540740	8.5E6	6.7E7	20373	178	21738	91	0	0
Sisma Y SLO	1315.6	21737	0	9.0E6	540350	1.9E7	20373	178	21738	91	0	0



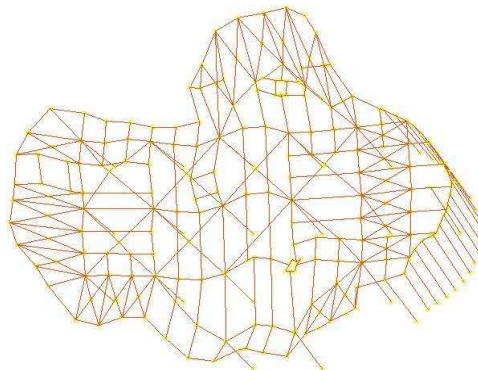
*Immagine modello generale Asilo per lattanti*



*I° modo di vibrare (  $T=0.338$  sec ,  $f= 2.95$  Hz)*



*II° modo di vibrare (  $T=0.286$  sec ,  $f= 3.49$  Hz)*



*III° modo di vibrare (  $T=0.266$  sec ,  $f= 3.76$  Hz)*

## 8 PARCHEGGI

### 8.1 TIPOLOGIA STRUTTURALE

La presente struttura prevede la realizzazione di comparti a due e tre livelli: i primi due livelli interrati a quota variabile pari a circa -4,00m e -7,00m sono destinati a parcheggi pubblici, mentre il terzo livello è destinato esclusivamente alla Regione.

Gli accessi e le uscite veicolari avverranno esclusivamente sul tratto di nuova viabilità interrata che dal sottopasso del Lingotto si dirama parallelamente all'Oval, all'interno della Zona Urbana di Trasformazione, mentre gli accessi e le uscite pedonali avverranno tramite strade, scale filtrate e ascensori posizionati in più punti della piazza sovrastante i parcheggi della futura sede del Palazzo del Consiglio Regionale o di altri uffici di interesse generale della Regione. Il numero e le caratteristiche delle uscite veicolari e pedonali sono nel rispetto delle vigenti normative dei Vigili del Fuoco. La distribuzione ai vari livelli avviene mediante una strada interrata per la quale è prevista un'aerazione pari al 30% della superficie. E' stato prevista un'aerazione naturale attraverso intercapedine pari a 1/25 della superficie in pianta ed inoltre è presente un impianto di ventilazione meccanizzato nel rispetto delle normative.

L'altezza netta interna del parcheggio è di 2,70 m.

Il parcheggio è dotato di un sistema di spegnimento a sprinkler, in grado di elevare il grado di sicurezza e di permettere maggiori superfici per i compartimenti antincendio.

Gli impianti tecnologici (illuminazione, sistemi di videosorveglianza e allarme, ecc.) sono realizzati secondo le normative vigenti e gli standard richiesti dal Comune di Torino.

La gestione avverrà con sistemi automatizzati che prevedono:

- gates di ingresso e uscita;
- casse automatiche in prossimità dei vani scala di accesso e uscita;
- una centrale di gestione e sorveglianza.

Le strutture principali saranno realizzate, come usuale per opere di questo tipo, in pilastri, setti, muri controterra ed i solai saranno su soletta piena di spessore complessivo di 30cm (25+5 cm di finito) per i solai del primo e secondo livello interrato e di 50 cm per la copertura a livello della piazza.

Le nuove strutture sono in pendenza da via Nizza a salire verso l'Oval e seguono pertanto l'andamento della sistemazione superficiale esterna: la minima pendenza, di poco superiore al 1%, consente una riduzione dei volumi di scavo e la riduzione dei pesi strutturali dal momento che non sono necessari ulteriori ricariche e strati di pendenza, oltre ad agevolare la mobilità all'interno degli interrati e l'accessibilità alla nuova viabilità interrata.

Il sistema di fondazione della zona parcheggi è costituito da plinti isolati di dimensione variabile in funzione dei carichi da sopportare.

## **8.2 MATERIALI**

### **FONDAZIONI**

Calcestruzzo C30/37

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

### **PILASTRI**

Calcestruzzo C30/37

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

### **SOLETTE, SOLAI e TRAVI**

Calcestruzzo C30/37

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

## 8.3 ANALISI DEI CARICHI

### 8.3.1.1 Autorimessa

#### Primo solaio (primo interrato)

Permanenti	2.00 kN/mq
Variabili cat. F DM 14.01.08 (a)	3.00 kN/mq

#### Secondo solaio (piano terra)

Zona corselli VVF e viabilità

Permanenti	6.00 kN/mq
Variabili (b)	20.00 kN/mq

Zona giardini e vasche

Permanenti	14.00 kN/mq
Variabili (b)	10.00 kN/mq

### 8.3.1.2 Viabilità di accesso all'autorimessa

#### Primo solaio (primo interrato)

Permanenti	2.00 kN/mq
Variabili (b)	3.00 kN/mq

#### Secondo solaio (piano terra)

Zona corselli VVF e viabilità

Permanenti	6.00 kN/mq
Variabili (b)	20.00 kg/mq

Zona giardini e vasche

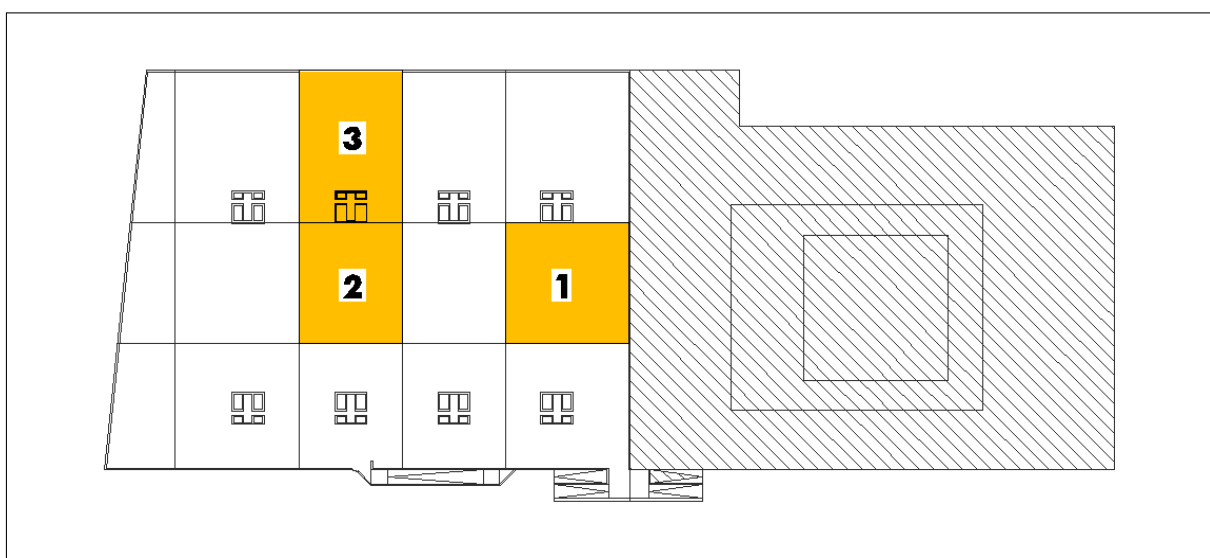
Permanenti	14.00 kN/mq
Variabili (b)	10.00 kg/mq



## 8.4 MODELLAZIONI AGLI ELEMENTI FINITI (FEM)

Per l'autorimessa è stata effettuata una modellazione tridimensionale agli elementi finiti.

Sono state modellate porzioni di struttura delimitate dai giunti di dilatazione. Le fondazioni in comune con i blocchi adiacenti sono state modellate per la sola parte afferente al blocco in esame imponendo la congruenza sui nodi di estremità (vincolo alla rotazione). La modellazione è effettuata con il programma Straus7 vers.2.3.7 del 2005 prodotto, distribuito ed assistito dalla HSH s.r.l., con sede in Padova via Tommaseo 13. Nello specifico sono stati realizzati tre modelli diversi in grado di rappresentare in maniera esaustiva la struttura. Le zone di struttura modellate sono indicate in figura:



**Key Plan**

## 8.5 ANALISI DINAMICA

L'analisi dinamica condotta non presenta particolari difformità da quelle condotte per gli interrati.

Le frequenze modali risultano circa le stesse come è ipotizzabile date le analogie tra le tipologie.