

## Università degli Studi Roma Tre

Corso di laurea in Progettazione Architettonica

Progettazione strutturale 1M\_ Prof.ssa G. Salerno

# ANALISI STRUTTURALE E PREDIMENSIONAMENTO DI UN CENTRO CULTURALE E SPORTIVO

Studenti: Simone Francescangeli, Sara Guarany

1. In	troduzione	2
2. Ar	nalisi dei carichi	4
2.1.	Solaio tipo A_ copertura a verde semintensivo di ristorante e centro culturale	4
2.2.	Solaio tipo B_ copertura isolata non praticabile del centro sportivo	4
2.3.	Solaio tipo C_ solaio intermedio isolato tra centro culturale e parcheggio	5
2.4.	Solaio tipo D_ solaio interpiano non isolato del centro sportivo	5
3. Ma	ateriali	6
4. Di	imensionamento degli elementi del corpo sportivo	6
4.1.	Dimensionamento degli elementi orizzontali e verticali	7
4.2.	Dimensionamento della copertura a graticcio	8
5. <b>M</b>	odellazione in SAP2000	12
5.1.	Modellazione della palestra	12
5.2.	Modellazione dell'edificio completo	15
5.3.	Modellazione della forza sismica	18
6. Ve	erifiche	20
6.1.	Verifiche a pressoflessione e flessione dei pilastri	21
6.2.	Verifiche a flessione e ad abbassamento delle travi	24
6.3.	Verifiche a torsione della trave di bordo	26
6.4.	Verifiche a snellezza dei pilastri	27
7. EI	laborati di progetto	27

#### 1. Introduzione

La seguente relazione illustra il lavoro svolto nell'analizzare e definire un predimensionamento degli elementi strutturali del progetto, elaborato nel Laboratorio di Progettazione Architettonica 1M, di un centro culturale e sportivo pubblico sito in Piazza dell'Acquedotto Alessandrino, nel Municipio VI di Roma.

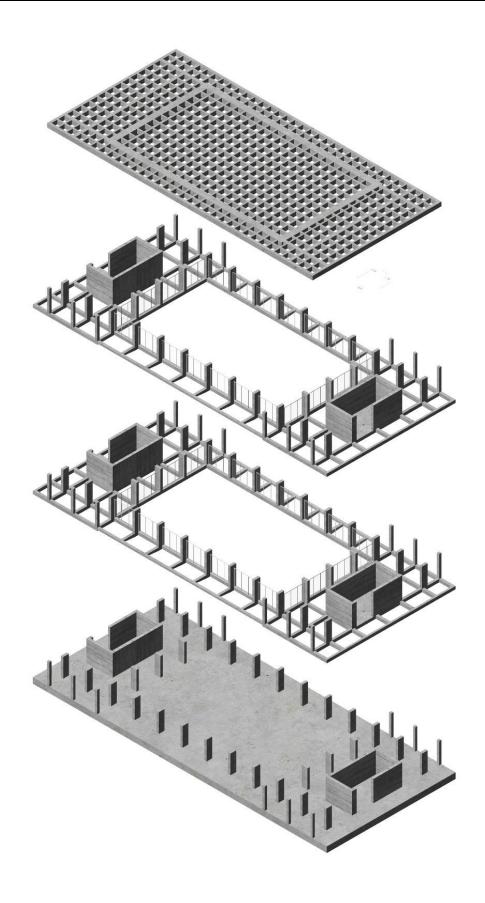
I fattori che hanno dettato tanto il progetto architettonico quanto quello strutturale sono da individuare nella particolarità dell'area di progetto e nella varietà del programma funzionale.

Il sito di progetto è caratterizzato infatti dalla presenza di un fosso e da una conformazione topografica che vede nell'area da edificare le sue quote più basse; ciò, assieme alla scala minuta dei tessuti edilizi del quartiere circostante e alla necessità di non impattare sul panorama del vicino parco, ha portato a scegliere un edificio parzialmente ipogeo, accessibile attraverso rampe ed illuminato ed aerato da corti e piazze ipogee.

Altro dato di complessità è dato dal programma edilizio, che prevedeva, assieme a piccoli servizi a disposizione del quartiere -sedi per associazioni locali, locali per un centro per l'impiego e per formazione professionale- anche una biblioteca, una sala conferenze, un ristorante, e soprattutto una palestra e una piscina regolamentari e parcheggi sufficienti a soddisfare i requisiti urbanistici.

Ciò ha significato innanzitutto prevedere che l'edificio -ipogeo, inserito in uno scavo sostenuto da palificate in calcestruzzo e fondato a circa otto metri dal piano di campagna- si componesse di strutture a sé stanti sulla base delle diverse esigenze spaziali dettate dal programma, unificando in blocchi autonomi le funzioni caratterizzate da luci e altezze maggiori quali palestra e piscina, che si configurano come un lungo edificio affiorante dal declivio che delimita l'intervento, accostato ai corpi più bassi, coperti a verde e percorribili, che ospitano le funzioni del centro culturale.

Le strutture sono in Calcestruzzo Armato (C35/45, B450C), il controventamento necessario alla reazione alle forze orizzontali viene ottenuto attraverso gli elementi verticali necessari al funzionamento dell'edificio -corpi scala nel blocco sportivo e prese d'aria e luce per il parcheggio nel centro culturale-, mentre per la copertura delle grandi luci si è optato per un graticcio di travi in calcestruzzo armato gettato in opera; il funzionamento strutturale di tale soluzione è garantito dalla presenza di una spessa trave di bordo che, in funzione della propria rigidezza torsionale, garantisce la ripartizione omogenea del momento su ciascun elemento del graticcio.

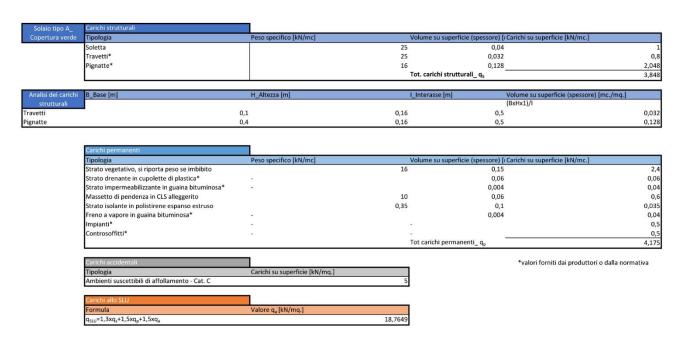


Spaccato assonometrico delle strutture

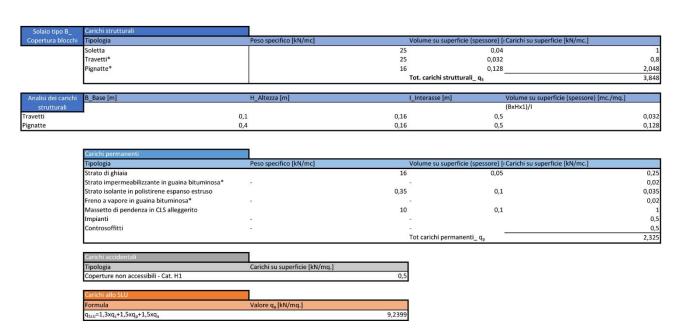
## 2. Analisi dei carichi

L'edificio presenta diverse soluzioni di copertura, articolate in base alle esigenze architettoniche e strutturali: si presenta l'analisi dei carichi effettuata per la copertura a verde semi-intensivo che caratterizza il centro culturale ed il ristorante, per la copertura non praticabile del centro sportivo e per il solaio intermedio del centro culturale.

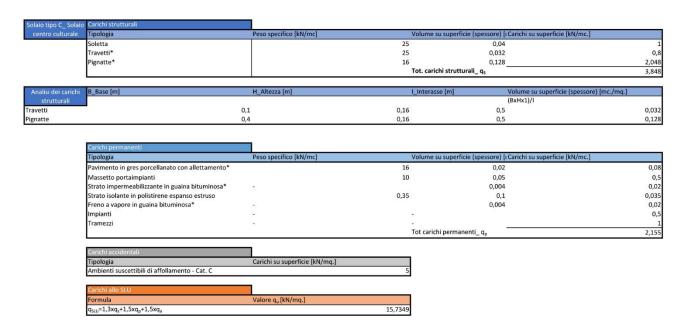
#### 2.1. Solaio tipo A\_ copertura a verde semintensivo di ristorante e centro culturale



#### 2.2. Solaio tipo B\_ copertura isolata non praticabile del centro sportivo

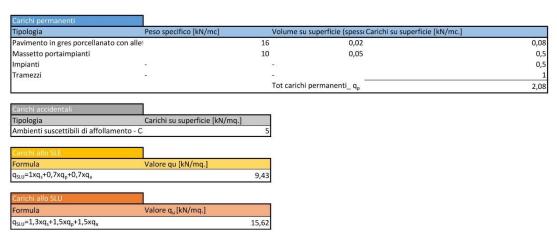


## 2.3. Solaio tipo C\_ solaio intermedio isolato tra centro culturale e parcheggio



## 2.4. Solaio tipo D\_ solaio interpiano non isolato del centro sportivo

Solaio tipo D_ Solaio	Carichi strutturali				
intermedio	Tipologia	Peso specifico [kN/mc]	Volume su superfic	tie (spesscCarichi su superficie [kN/mc.]	
	Soletta		25	0,04	1
	Travetti*		25	0,032	0,8
	Pignatte*		16	0,128	2,048
			Tot. carichi struttu	rali_ q <sub>s</sub>	3,848
	B_Base [m]	H_Altezza [m]	I_Interasse [m]	Volume su superficie (spessore) [mc./mq.]	
Analisi dei carichi struttura	ali			(BxHx1)/I	
Travetti	<del></del>	0,1	0,16	0,5	0,032
Pignatte		0,4	0,16	0,5	0,128

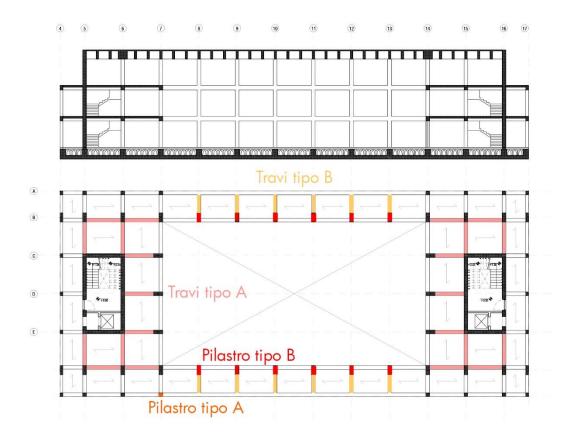


## 3. Materiali

L'intervento è costituito da più edifici strutturalmente autonomi in calcestruzzo armato gettato in opera, realizzato con calcestruzzo di classe C55/67 e ferri di classe B450C.

## 4. Dimensionamento degli elementi del corpo sportivo\_

Piscina e palestra sono hanno una struttura intelaiata in calcestruzzo armato, simmetrica in pianta, con circolazione e ambienti serventi disposti attorno ad un ambiente centrale a tripla altezza e grandi luci, che vengono affrontate attraverso un graticcio di travi poggiante su una spessa trave di bordo; il dimensionamento di tali elementi viene affrontato separatamente.



## 4.1. Dimensionamento degli elementi orizzontali e verticali\_

## 4.1.1. Dimensionamento travi tipo A\_

	Trave tipo A_ Tr	rave ordinaria Centro	Sportivo		Interas	se		q <sub>SLU</sub>		qu			Luce
					m			kN/mq.		kN/m			m
					4,2			15,62		65,61			3,8
M <sub>max</sub>	F <sub>yk</sub>	F <sub>vd</sub>	F <sub>ck</sub>	F <sub>cd</sub>	β	r	δ	b	Hu	H <sub>min</sub>	H <sub>d</sub>	Hd/l	Verificati
kN/m.	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm²		-	cm	cm	cm	cm	cm	m/m	
118,43	450	391,30	35	19,83	0,43	2,33	3	40	28,47	31,47	100	0,26	Verificate
Area sezione	Pesc	specifico	Peso unitar	io	Interas	ise		qSLU		qu*			Luce
mq.		kN/mc	kN/m		m			kN/mq.		kN/m			m
0,2		25	5		4,2			22,12		92,91			3,8
Mmax	Fyk	Fyd	Fck	Fcd	β	r	δ	b	Hu	Hmin	Hd	Hd/l	Verificati
kN/m.	N/mm2	N/mm2	N/mm2	N/mm2	-		cm	cm	cm	cm	cm	m/m	
167,71	450	391,30	35	19,83	0,43	2,33	3	40	33,88	36,88	50	0,13	Verificato

## 4.1.2. Dimensionamento travi tipo B\_

	Trave tipo B_	Trave a sbalzo Centro S	portivo		Interas	se		q <sub>SLU</sub>		qu			Luce	
					m			kN/mq.			kN/m.			
					4,2			15,62		65,61			2	
M <sub>max</sub>	Fyk	F <sub>yd</sub>	F <sub>ck</sub>	F <sub>cd</sub>	β	r	δ	b	H <sub>o</sub>	H <sub>min</sub>	H <sub>d</sub>	Hd/I	Verificata	
kN/m.	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>		-	cm	cm	cm	cm	cm	m/m		
131,23	450	391,30	35	19,83	0,43	2,33	3	40	29,97	32,97	100	0,50	Verificato	
Area sezione	Por	o specifico	Peso unitar	io	Interas			qSLU		qu*			Luce	
				10	- ALLOWS HOLD CO.	35								
mq.		kN/mc	kN/m		m			kN/mq.		kN/m			m	
0,2		25	5		4,2			22,12		92,91			2	
Mmax	Fyk	Fyd	Fck	Fcd	β	r	δ	b	Hu	Hmin	Hd	Hd/l	Verificata	
kN/m.	N/mm2	N/mm2	N/mm2	N/mm2			cm	cm	cm	cm	cm	m/m		
185,83	450	391,30	35	19,83	0,43	2,33	3	40	35,66	38,66	50	0,25	Verificato	

## 4.1.3. Dimensionamento pilastro tipo A\_

Pilastro	tipo A_ Pilastr	ro standar	d (solaio tipo A, tr	ave tipo A	A) [I	nteras	se 1	nterasse 2			Are	a d'influenza	q trav	e 1
					ı	m	n	n			mq		kN/m	
							4,8				4,2		20,2	25,
E		β		Interpian	10		λ*		pmin			bmin		b
Mpa		-		m					cm			cm		cm
21.000,0		1,0		3,4			102,2		3,3			11,5		40,0
g trave 2	qSLU		qsolaio	n pia	ni		N	Fck	Fcd	Amin		bmin		1
kN/m	kN/mq.		kN			3	kN	N/mm2	N/mm2	cm2		cm		1
2:	2,2	18,8		426,3		2,0	852	,5 35,0	19,	8	429,9	)	20,7	
			,											
hmin	h		Adesign		ld1		Id2	Wmax	qt		Mt	σma	x	Verifica
cm	cn	n	cm2		cm4		cm4	cm3	kN/m		kN*m	Mpa	1	
10,7	40,	,0	1.600,0		213.333,3		213.333,3	10.666,7	78,8		151,3	19,5		Verificato

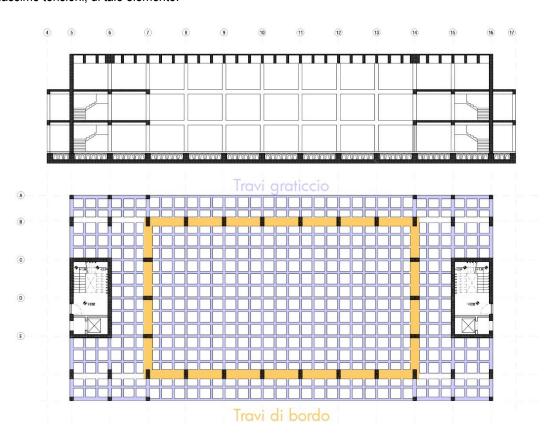
## 4.1.4. Dimensionamento pilastro tipo B\_

	Pilast	ro tipo B_ Pilastri p	er piscina e palestra		Intera	asse 1	Inte	rasse 2			Area d'	'influenza	q trave	1	
					m		m				mq.		kN/m		
							17,6				4,2		37,0		218,
														,	
E		β		Interpiano		λ*			ρmin			bmin		b	
Mpa				m					cm			cm		cm	
21.000,0		1,0		9,0		102,2			8,8			30,5		40,0	
														_	
q trave 2	qSLU		qsolaio	n piani		N		Fck	Fcd	Amin	b	min			
kN/m	kN/mq.		kN			kN		N/mm2	N/mm2	cm2	CI	m		1	
	22,2	9,2		582,1		1,0	582,1	35,0	19,8		293,5		17,1	I.	
hmin		h	Adesign		ld1		ld2	Wmax	qt	Mt		omax		Verifica	a
cm		cm	cm2		cm4		m4	cm3	kN/m	kN*m		Мра			
7.3		100.0	4.000.0		3.333.333.3	533	.333.3	66,666.7	38.8	1.001.	В	16.5		Verifica	to

#### 4.2. Dimensionamento della copertura a graticcio\_

La copertura degli ambienti di dimensioni maggiori -la piscina e la palestra, con luci pari a 16,80 metri per 29,00- è affidata ad un graticcio di travi in calcestruzzo armato: il progetto è stato ottenuto attraverso la reiterazione, prima attraverso tabelle e poi del modello su SAP2000, nel tentativo di mediare tra una diminuzione dei momenti massimi in funzione di una loro distribuzione regolare ed il ridurre il peso proprio della struttura, variabile che incide in maniera preponderante sui carichi.

Per permettere il corretto funzionamento statico del graticcio -ovverosia la distribuzione regolare dei momenti flettenti su tutti gli di una struttura per definizione a-gerarchica- è stato necessario introdurre una spessa trave di bordo, tale che le travi non direttamente connesse ai pilastri potessero trasferire momento in forma di torsione della trave di bordo, poi trasmessa ai pilastri; tale meccanismo ha inoltre comportato la necessità di una verifica a torsione, attraverso la verifica delle massime tensioni, di tale elemento.



#### 4.2.1. Dimensionamento trave di bordo

La trave di bordo viene dimensionata in funzione di due richieste: in primo luogo, essa deve essere verificata a torsione, in maniera tale che massime tensioni tangenziali siano minori della resistenza caratteristica del calcestruzzo impiegato; per una generica sezione rettangolare, si avrà:

$$\tau_{max} = \frac{\alpha M_t}{ab^2} < f_{cd}$$

con  $\alpha$  coefficiente legato al rapporto tra dimensione maggiore a e minore b della sezione, di valore  $\alpha$ =4,8 per un rapporto 1:1 e di valore  $\alpha$ =4,3 per un rapporto 1:1:5

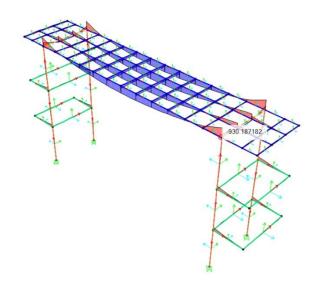
In secondo luogo, essa deve essere verificata nel suo ruolo strutturale; la trave di bordo assorbe infatti il momento flettente delle travi del graticcio in funzione della propria rigidezza torsionale, permettendo dunque di diminuire le

sezioni di quest'ultime all'aumentare della propria: sono state eseguite più prove, per poi scegliere la sezione che tra quelle analizzate minimizza il momento su travi e pilastri e verificarla a torsione.

#### Opzione 1\_ Trave di bordo 60x100 cm

1_ Trave di bordo 60x100	h	b	Mt	α	- 1	tmax
Formula	m	m	kN'	*m -	B	N/mm2
τmax = (α x Mt)/(L x I2)		1	1	302	4,8	1,4496

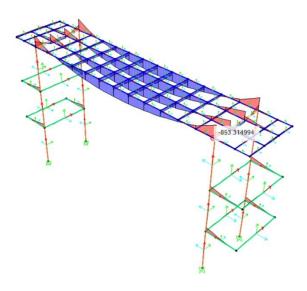
fck	fcd	Verifica
N/mm2	N/mm2	Se tmax <fcd< td=""></fcd<>
35,00	19,83	Verificato



## • Opzione 2\_ Trave di bordo 80x100 cm

2_ Trave di bordo 80x100	h	b	Mt	α		tmax
Formula	m	m	kN*	'm -		N/mm2
$tmax = (\alpha \times Mt)/(L \times I2)$		1	1	502	4,8	2,4096

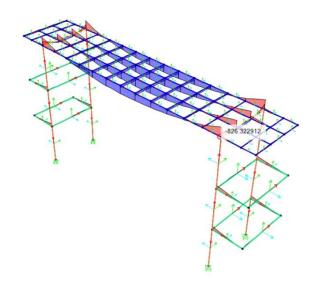
fck	fcd	Verifica
N/mm2	N/mm2	Se tmax <fcd< td=""></fcd<>
35.00	19.83	Verificato



#### • Opzione 3\_ Trave di bordo 100x100 cm

3_ Trave di bordo 100x100	h	b	Mt	α	τ	max
Formula	m	m	kN'	*m -	N	I/mm2
tmax = (α x Mt)/(L x I2)		1	1	724	4,8	3,4752

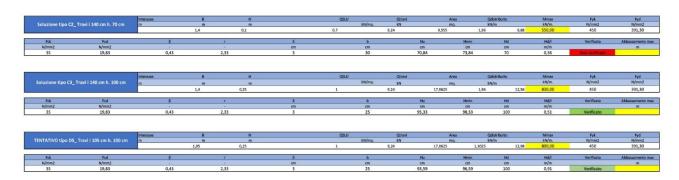
fck	fcd	Verifica
N/mm2	N/mm2	Se tmax <fcd< td=""></fcd<>
35,00	19,83	Verificato



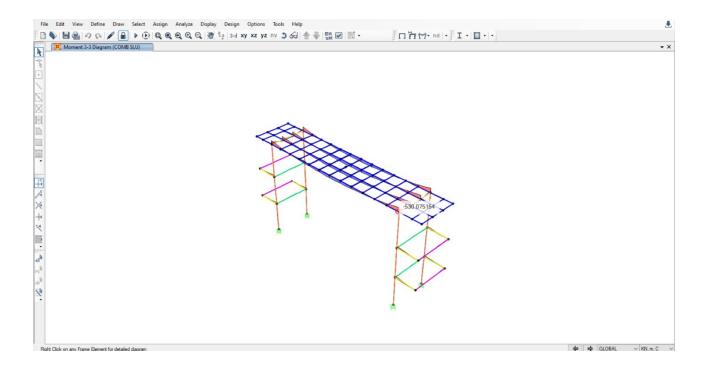
#### 4.3. Dimensionamento travi graticcio\_

La definizione dell'interasse e delle dimensioni delle travi è stata prima ipotizzata attraverso i fogli di calcolo -in cui più ipotesi sono state operate partendo dal modulo strutturale dell'edificio per poi andare ad ipotizzare sezioni sulla base di sottomultipli di tale modulo- per poi andare a modellare in SAP 2000 le ipotesi verificate in sede di pre-dimensionamento per ottenere i valori effettivi del momento flettente massimo.

		Interasse	В	н		QSLU		Qtravi	Area		Qdistribuito	Mmax	Fyk	Fyd
	io_ h. 140 cm, interasse 4,20	m	m	m		72.77	kN/mg.	kN	mq.	- 1	:N/m	kN/m.	N/mm2	N/mm2
	metri		4,2	0,4		1,4		10	152,88	17,64	39,2	1967,00	450	391,30
		•		1.72.5										
Fck	Fed	β			8		b		Hu	Hmin	Hd	Hd/l	Verificata	Abbassamento ma
N/mm2	N/mm2				cm		cm		cm	cm	cm	m/m		m
35	19,83	0,43		2,33	3		30		133,97	136,97	140	0,08	Verificato	0,0
Soluzione B1 Gratico	cio_h. 80 cm, interasse 2,10	Interasse	В	н		QSLU		Qtravi	Area		Qdistribulto	Mmax	Fyk	Fyd
	metri	m	m	m		777	kN/mq.	kN	mq.		dN/m	kN/m.	N/mm2	N/mm2
	1000001		2,1	0,4		8,0		10	43,68	4,41	20,9	2212,00	450	391,30
Fck	Fed						-		Hu	Hmin	Hd	Hd/I	Verificata	Abbassamento n
N/mm2	N/mm2	-		-	cm		cm		cm	cm	cm	m/m	vermuata	m
35	19,83	0,43		2,33	3		40		123,03	126,03	80	0,18	Non verificato	
	87,00								22.07.00	220,00		0,20	CHOIC MILLIONS	
		Interasse	8	н		OSLU		Qtravi	Are	a .	Qdistribuito	Mmax	Fyk	Pyd
Soluzione tipo D1	_ Travi i 105 cm h. 70 cm	m	m	m			kN/mq.	kN	mg		kN/m	kN/m.	N/mm2	N/mm2
			1,05	0,2		0,7		9,24	9,555	1,1025	9,40	700,00	450	391,30
			3530000	0.00		-10.00								
Fck	Fcd	β		T .	δ		b		Hu	Hmin	Hd	Hd/I	Verificata	Abbassamento
N/mm2	N/mm2				am		cm		cm	cm	cm	m/m		m
35	19,83	0,43		2,33	3		20		97,88	100,88	70	0,63	Non verificato	
		STREET, STREET		54501										
	Travi i 105 cm h. 100 cm	Interasse	B m	H m		qstu	kN/mg.	Qtravi kN	Are		Qdistribuito kN/m	Mmax kN/m.	Fyk N/mm2	Pyd N/mm2
Soluzione tipo DZ_	_ 17aVi 1 105 cm n. 100 cm	m	1,05	0,25		1	AN/mq.	9,24	17,0625	1,1025	12,98	1000,00	450	391,30
			1,00			-		5,64	11,0020	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	1000	2000,00		
Fck	Fcd	β			8		b		Hu	Hmin	Hd	Hd/l	Verificata	Abbassamento
N/mm2	N/mm2				om		cm		cm	cm	cm	m/m		m
35	19,83	0,43		2,33	3		25		104,64	107,64	100	0,91	Non wrificato	
35				2,33					104,64	107,64	100	0,91	The Country	
	19,83	0,43 Interasse	В	2,33 H		qstu	25	Qtravi	104,64 Are	107,64	100 Qdistribuito	0,91 Mmax	Fyk	Fyd
			8 m	2,33 H m				kN	104,64 Are	107,64	100 Qdistribuito kN/m	0,91 Mmax kN/m.	Fyk N/mm2	Fyd N/mm2
	19,83		8 m	2,33 H		Q\$LU 0,85	25		104,64 Are	107,64	100 Qdistribuito	0,91 Mmax	Fyk	Fyd
Soluzione tipo D3	19,83 _ Travi   105 cm h. 85 cm			2,33 H m			kN/mq.	kN	104,64 Are	107,64	100 Qdistribuito kN/m	0,91 Mmax kN/m. 650,00 Hd/l	Fyk N/mm2	Fyd N/mm2 391,30
Soluzione tipo D3	19,83 _ Travi i 105 cm h. 85 cm Fed N/mm2	Interasse m		2,33 H m 0,25	\$ 6 on		kN/mq.	kN	104,64  Ard mg 14,503125  Hu om	107,64	Qdistribuito kN/m 11,76  Hd cm	0,91  Mmax kN/m. 650,00  Hd/l m/m	Fyk N/mm2 450 Verificata	Fyd N/mm2 391,30
Soluzione tipo D3	19,83 _ Travi   105 cm h. 85 cm	Interasse m		2,33 H m 0,25	3		kN/mq.	kN	104,64 Are mg 14,503125	107,64 a 1,1025	Qdistribuito kN/m 11,76	0,91 Mmax kN/m. 650,00 Hd/l	Fyk N/mm2 450	Pyd N/mm2 391,30 Abbassamento
Soluzione tipo D3	19,83 _ Travi i 105 cm h. 85 cm Fed N/mm2	Interasse m B - 0,43		2,33 H m 0,25	\$ 6 on	0,85	kN/mq.	kN 9,24	104,64 Arg 14,503125 Hu cm 84,36	107,64 1,1025 Hmin cm 87,36	Qdistribulto kN/m 11,76 Hd cm 85	0,91 Mmax kN/m. 650,00 Hd/l m/m 0,77	Fyk. N/mm2 450 Verificata Hon verificato	Fyd N/mm2 391,30 Abbassamento
Soluzione tipo D3 Fck N/mm2 35	19,83 _ Travi i 105 cm h. 85 cm Fed N/mm2 19,83	Interasse m	1,05	2,33 H m 0,25 r - 2,33	\$ 6 on		kN/mg. b cm 25	kN 9,24 Qtravi	104,64  Art mg 14,503125  Hu cm 84,36	107,64 1,1025 Hmin cm 87,36	Qdistribulto kN/m 11,76  Hd cm 85	0,91  Mmax kN/m. 650,00  Hd/l m/m 0,77  Mmax	Fyk N/mm2 450 Verificata Hior verificatio Fyk	Fyd N/mm2 391,30 Abbassamento m
Soluzione tipo D3 Fck N/mm2 35	19,83 _ Travi i 105 cm h. 85 cm Fed N/mm2	Interasse m B - 0,43	1,05	2,33 H m 0,25 f - 2,33 H m	\$ 6 on	0,85 QSLU	kN/mq.	kN 9,24 Qtravi	104,64  Are mg 14,503125  Plu cm 84,36  Arr	107,64 1,1025 Hmin cm 87,36	100  Qdistribuito IN/m 11,76  Hd cm 85  Qdistribuito IM/m	0,91  Mmax kh/m, 650,00  Hd/I m/m 0,77  Mmax kh/m.	Fyk. N/mm2 450 Verificata Hon verificato Fyk. N/mm2	Fyd N/mm2 391,30 Abbassamento m Fyd N/mm2
Soluzione tipo D3 Fck N/mm2 35	19,83 _ Travi i 105 cm h. 85 cm Fed N/mm2 19,83	Interasse m	1,05	2,33 H m 0,25 r - 2,33	\$ 6 on	0,85	kN/mg. b cm 25	kN 9,24 Qtravi	104,64  Art mg 14,503125  Hu cm 84,36	107,64 1,1025 Hmin cm 87,36	100  Qdistribuito IN/m 11,76  Hd cm 85  Qdistribuito IM/m	0,91  Mmax kN/m. 650,00  Hd/l m/m 0,77  Mmax	Fyk N/mm2 450 Verificata Hior verificatio Fyk	Fyd N/smm2 391,30 Abbassamente m
Soluzione tipo D3 Fck N/mm2 35	19,83 _ Travi i 105 cm h. 85 cm Fed N/mm2 19,83	Interasse m	1,05	2,33 H m 0,25 f - 2,33 H m	\$ 6 on	0,85 QSLU	kN/mg. b cm 25	kN 9,24 Qtravi	104,64  Are mg 14,503125  Plu cm 84,36  Arr	107,64 1,1025 Hmin cm 87,36	100  Qdistribuito IN/m 11,76  Hd cm 85  Qdistribuito IM/m	0,91  Mmax ktv/m. 650,00  Hd/i m/m 0,77  Mmax ktv/m. 740,00	Fyk N/mm2 450 Verificata Hore verificato Fyk N/mm2 450	Fyd N/mm2 391,30 Abbassamento m
Fck N/mm2 35 Soluzione tipo D4	19,83  _ Travi I 105 cm h. 85 cm	Interasse m  B  O,43  Interasse m	1,05	2,33  M m 0,25  F 2,33  H m 0,25	\$ 6 on	0,85 QSLU	kN/mq.  b cm 25  kN/mq.	kN 9,24 Qtravi	104,64  Are  14,503125  Hu  cm 84,36  Are  15,35625  Hu  cm	107,64  1,1025  Hmin cm 87,36  1,1025  Hmin cm	100    Cylistributo   11,76   14d   176   185   176   185	0,91  Mmax kk//m, 650,00  Hddji m/m 0,77  Mmax kk//m, 740,00  Hddji m/m	Fyk. N/mm2 450 Verificata Hon verificato Fyk. N/mm2	Fyd N/mm2 391,30 Abbassamento m Fyd N/mm2
Soluzione tipo D3  Fck N/mm2 35  Soluzione tipo D4  Fck	19,83Travi   105 cm h. 85 cmTravi   105 cm h. 85 cmTravi   105 cm h. 90 cmTravi   105 cm h. 90 cm	β O,43	1,05	2,33  H m 0,25  r 2,33  H m 0,25	8 om 3	0,85 QSLU	kN/mq.  b cm 25  kN/mq.	kN 9,24 Qtravi	104,64  Are 14,503125  Hu cm 84,36  Are mg 15,35625  Hu	107,64  1,1025  Henin cm 87,36	Qdistribuito kN/m  11,76  Hd  cm 85  Qdistribuito kN/m  12,16	0,91  Mmax kN/m. 650,00  Hd/i m/m 0,77  Mmax kN/m. 740,00	Fyk N/mm2 450 Verificata Hore verificato Fyk N/mm2 450	Fyd N/mm2 391,30 Abbassamentc m Fyd N/mm2 391,30 Abbassamentc m Ab
Fck N/mm2 35 Soluzione tipo D4 Fck N/mm2	19,83  _ Travi I 105 cm h. 85 cm	Interasse m  B  O,43  Interasse m	1,05	2,33  M m 0,25  F 2,33  H m 0,25	8 om 3	0,85 QSLU 0,9	kN/mq.  b cm 25  kN/mq.	Qtravi	104,64  Are me	107,64  1,1025  Hemin cm 93,01	100  Qdistributo \$N/m	0,91  Mmax kN/m, 650,00  Md/l m/m 0,77  Mmax kN/m, 440,00  Hd/l m/m 0,82	Fyk N/mm2 450 Verificata Horsverticato Fyk N/mm2 450 Verificata	Fyd N/mm2 391,30 Abbassamento m Fyd N/mm2 391,30 Abbassamento m Abbassamento m m m m
Fck N/mm2 35  Solutione tipo D4  Fck N/mm2 35	19,83  _ Travi i 105 cm h. 85 cm	Interasse m  B  O,43  Interasse m	1,05 8 m 1,05	2,33  M m 0,25  F 2,33  H m 0,25  F 2,33  H m 1,25  H m 1,235  H H H	8 om 3	0,85 QSLU	kN/mq.  b cm 25  kN/mq.  b cm 25	Qtravl	104,64  Are 14,503115  He om 64,36  Are mm mm mm mm om 90,01	107,64  1,1025  Helmin cm 87,36  1,1025  Helmin cm 93,01	100  Celastributo 11/76  Md cm 85  Celastributo 11/76  Hd cm 95  12/16  Hd cm 90	0,91  Mmax kh/m. 650,00  Hdd/i m/m 0,77  Mmax kh/m. 740,00  Hdd/i m/m 0,82  Mmax	Fyk N/mm2 450 Verificata No.e enfluence Fyk N/mm2 430 Verificata	Fyd N/mm2 391,30 Abbassamento m Fyd N/mm2 391,30 Fyd
Soluzione tipo D3  Fsk N/mm2 35  Soluzione tipo D4  Fsk N/mm2 35	19,83 Travi i 105 cm h. 85 cm Travi i 105 cm h. 85 cm Travi i 105 cm h. 90 cm	Biterasse m O,43	1,05	2,33  M m m 0,225  r . 2,33  H m m 0,255	8 om 3	0,85 QSLU 0,9	kN/mq.  b cm 25  kN/mq.	Qtravi	104,64  Are me 14,503125  Hu om 84,36  Are me 90,01  Area on 90,01	107,64  1,1025  Hemin cm 87,36  1,1025  Hemin cm 93,01	100  Odistributo \$11,76  Hid cm 85  Cofestributo \$10,76  Hid cm 95  S 90  22,15  Hid cm 90  22,15	0,91  Mmax kN/m. 650,00  Md/I m/m 0,77  Mmax kN/m. 740,00  Hd/I m/m 0,82  Mmax kN/m.	Fik N/mn2 450 Verificata Fik N/mn2 450 Verificata Fix N/mn2 Fix N/mn2 Fix N/mn2	Fyd N/mm2 391,30  Abbassamento m Fyd N/mm2 391,30  Abbassamento m Fyd N/mm2 191,30 Mmm2 Fyd N/mm2
Soluzione tipo D3  Fsk N/mm2 35  Soluzione tipo D4  Fsk N/mm2 35	19,83  _ Travi i 105 cm h. 85 cm	Biterasse m O,43	1,05 8 m 1,05	2,33  M m 0,25  F 2,33  H m 0,25  F 2,33  H m 1,25  H m 1,235  H H H	8 om 3	0,85 QSLU 0,9	kN/mq.  b cm 25  kN/mq.  b cm 25	Qtravl	104,64  Are 14,503115  He om 64,36  Are mm mm mm mm om 90,01	107,64  1,1025  Helmin cm 87,36  1,1025  Helmin cm 93,01	100  Celastributo 11/76  Md cm 85  Celastributo 11/76  Hd cm 95  12/16  Hd cm 90	0,91  Mmax kh/m. 650,00  Hdd/i m/m 0,77  Mmax kh/m. 740,00  Hdd/i m/m 0,82  Mmax	Fyk N/mm2 450 Verificata No.e enfluence Fyk N/mm2 430 Verificata	Fyd N/mm2 391,30 Abbassamento m Fyd N/mm2 391,30 Fyd
Soluzione tipo D3  Fak N/mm2 35  Soluzione tipo D4  Fak N/mm2 35  Soluzione C1_Gratice 1,	19,83  _ Travi i 105 cm h. 85 cm  _ Frd  _ Wheno2  19,83  _ Travi i 105 cm h. 90 cm  _ Fed  _ Mireo2  19,83  _ Travi i 105 cm h. 90 cm  fed	Biterasse m O,43	1,05	2,33  M m 0,25  r 2,33  M m 0,25  F 2,33  M m 0,25	8 om 3	0,85 QSLU 0,9	kN/mq.  b cm 25  kN/mq.  kN/mq.	Qtravi	104,64  Art Mark Mark Mark Mark Mark Mark Mark Mark	107,64  1,1025  Menin on 87,36  1,1025  Henin on 93,01  1,1025	100    Collast Builto   SN/m	0,91  Mmax kV/m. 650,00  Hd/ji m/m 0,77  Mmax kV/m. 740,00  Hd/ji m/m 0,82  Mmax kV/m. 2599,00	Pyk. N/mn2 450 Verificata  Pyk. N/mn2 450 Verificata  Fyk. N/mn2 450 Verificata  Fyk. N/mn2 450	Fyd N/mm2 391,30 Abbassamento m Fyd N/mm2 391,30 Abbassamento m Fyd N/mm2 391,30 Abbassamento m Fyd N/mm2 391,30
Soluzione tipo D3  Fek N/mm2 35  Soluzione tipo D4  Fek N/mm2 35	19,83 Travi i 105 cm h. 85 cm Travi i 105 cm h. 85 cm Travi i 105 cm h. 90 cm	Biterasse m O,43	1,05	2,33  M m m 0,225  r . 2,33  H m m 0,255	8 om 3	0,85 QSLU 0,9	kN/mq.  b cm 25  kN/mq.  b cm 25	Qtravi	104,64  Are me 14,503125  Hu om 84,36  Are me 90,01  Area on 90,01	107,64  1,1025  Hemin cm 87,36  1,1025  Hemin cm 93,01	100  Odistributo \$11,76  Hid cm 85  Cofestributo \$10,76  Hid cm 95  S 90  22,15  Hid cm 90  22,15	0,91  Mmax kN/m. 650,00  Md/I m/m 0,77  Mmax kN/m. 740,00  Hd/I m/m 0,82  Mmax kN/m.	Fik N/mn2 450 Verificata Fik N/mn2 450 Verificata Fix N/mn2 Fix N/mn2 Fix N/mn2	Fyd N/mm2 391,30 Abbassamento m Fyd N/mm2 393,30 Abbassamento m Fyd N/mm2 N/mm2 M/mm2 M/mm2



Una volta verificata l'opzione C3, con travi di sezione 25x100 cm ed interasse 140 cm, si è proceduto, in fase di modellazione dell'intero edificio, a ridurre ulteriormente il momento flettente con la riduzione del peso proprio del graticcio; ciò è stato ottenuto con la scelta di un calcestruzzo ad alte prestazioni di classe C55/67, con la conseguente riduzione dell'altezza utile -e dunque del carico strutturale- del graticcio del 30%.



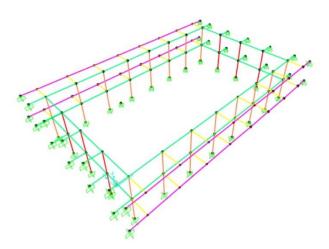
Soluzi	one tipo	Interasse	В	Н		QSLU	Qtravi	Area	Qdistribuito	Mmax	Fyk	Fyd
C5_ Tr	avi i 140	m	m	m		kN/mq.	kN	mq.	kN/m	kN/m.	N/mm2	N/mm2
cm h.	100 cm		1,4 0,2	25	1	0,00	17,0625	1,96	6,09	546,00	450	391,30
												Abbassamento
Fck	Fcd	β	r	8		b	Hu	Hmin	Hd	Hd/l	Verificata	max
N/mm2	N/mm2	-	-	CI	n	cm	cm	cm	cm	m/m		m
55	31,17	0,54	2,33	3		25	61,68	64,68	70	0,36	Verificato	0,0298

La sezione risultante risulta essere, sulla base di tali calcoli, di dimensioni 25x70 cm.

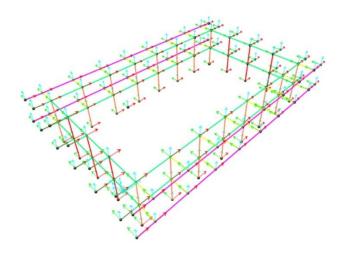
## 5. Modellazione in SAP2000

#### 5.1. Modellazione della palestra\_

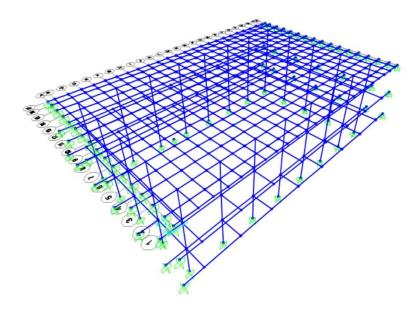
L'edificio del corpo sportivo è stato modellato in due fasi sul programma, prima parzialmente, per permettere lo studio ed il dimensionamento della copertura e degli elementi verticali più sollecitati così come descritto nei paragrafi dedicati al dimensionamento del graticcio, e solo poi integralmente per studiare il comportamento complessivo della struttura e la sua risposta alle forze orizzontali, nonché per ricavare i dati necessari alle verifiche delle sezioni.



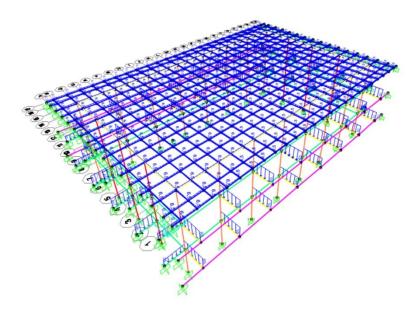
 L'ambiente della palestra viene isolato dal resto della struttura; la presenza degli ambienti di servizio e dei corpi scala viene simulato dai vincoli a incastro che sono posti non solo alla base dei pilastri ma anche in mezzeria delle travi sezionate; vengono da subito definite sezioni differenti in base ai dimensionamenti, inclusa una sezione non prismatica per le travi a sbalzo.



2. Gli elementi sono disposti in maniera tale da avere assi locali coerenti per facilitare la lettura dei risultati.

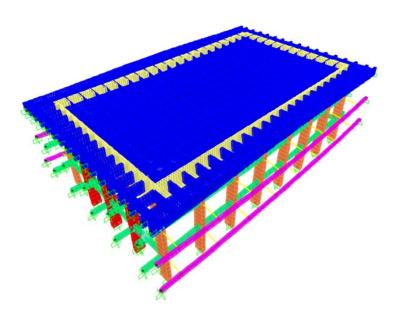


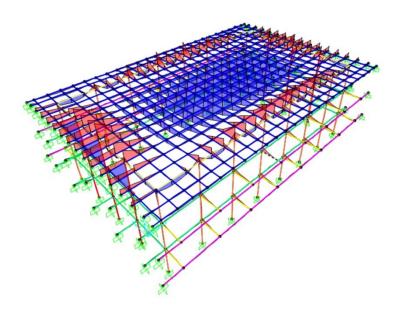
3. Utilizzando la griglia di SAP2000 viene modellato il graticcio di copertura, distinguendo tra le travi del graticcio stesso e quelle di bordo.

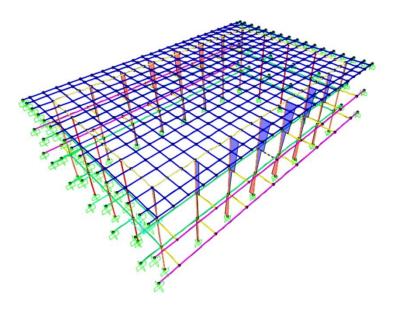


4. Vengono assegnati i carichi agli elementi attraverso la definizione di pattern e combinazioni di carico, facendo attenzione all'analisi del carico lineare delle travi del graticcio, sensibilmente più bassa di quella delle travi del telaio e dei ballatoi a sbalzo.

5. Si effettua l'analisi, ottenendo il comportamento strutturale previsto: il momento flettente del graticcio è preponderante sugli elementi verticali, ma la ripartizione garantita dalla spessa trave di bordo permette una distribuzione uniforme dei momenti e riduce dunque le sezioni richieste tanto alle travi quanto ai pilastri.

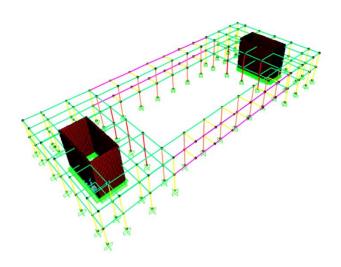


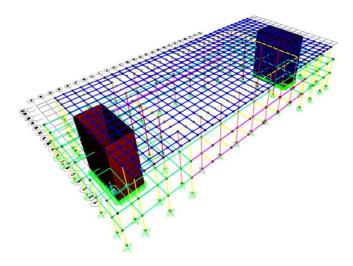




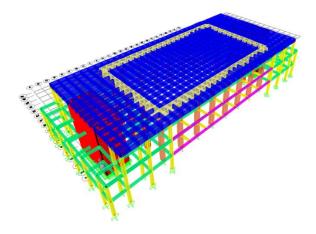
## 5.2. Modellazione dell'edificio completo\_

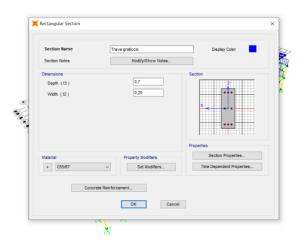
1. Il modello della sola palestra permette di ottenere valori delle sollecitazioni utili a un più preciso dimensionamento degli elementi, che viene poi utilizzato per modellare in SAP2000 l'intero edificio al fine di valutarne la risposta sismica.

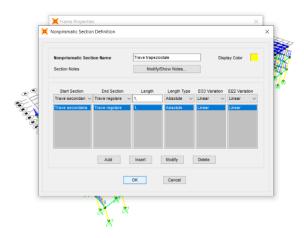




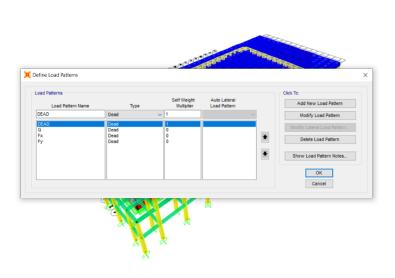
2. Le sezioni precedentemente dimensionate sulla base dei valori ottenuti dall'analisi della palestra vengono utilizzate per modellare l'edificio; nel caso delle travi a mensola del ballatoio che circonda la palestra si utilizza una sezione non prismatica per modellare l'elemento rastremato.

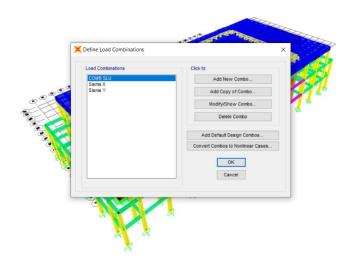






3. Vengono definiti *casi di carico e combinazioni di carico* per imporre le condizioni allo Stato Limite Ultimo e alle combinazioni sismiche in direzione X ed in direzione Y.





#### 5.3. Modellazione della forza sismica\_

Il peso dell'edificio viene calcolato, come da normativa, applicando i carichi strutturali, permanenti ed accidentali a tutta la superficie di ciascun solaio; il carico dato dalle strutture portanti più incidenti è calcolato del volume delle travi più presenti su ciascuno solaio, poi distribuito anch'esso sull'area di ciascun solaio per ottenere un'informazione sintetica sull'impatto del peso delle strutture ad ogni livello.

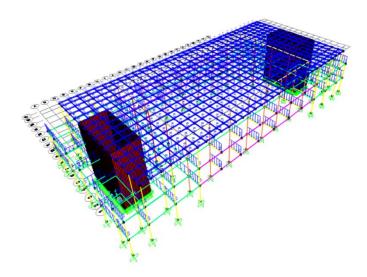
Carico strutture	b	h	Peso specifico	i	ļ	Α	Q	q
	m	m	kn/mc	m	m	mq.	kN	kN/mq.
Travi graticcio	0,25	0,7	25	1,4	1,4	1,96	12,25	6,25
Travi solai intermedi	0,3	0,4	25	4,2	4,2	17,64	25,2	1,43

Le forze orizzontali vengono calcolate, come da normativa, attraverso la seguente tabella, ed imposte al centro di massa dell'ultimo solaio, sulla base del fatto che la massa della copertura è particolarmente preponderante rispetto a quella dei piani inferiori e che una distribuzione triangolare alta non corrisponderebbe all'effettivo funzionamento della struttura.

Struttura palestra (con strutture)	Qs	Qs <sub>trutture</sub>	Qр	Qa	Area	Coefficiente di contempora neità ψj2	Coefficie nte di intensità sismica c	Ftot={[(qs+qp)·Apiano·npiani]+[qa·Apiani· npiani]·ψj2}·c	hi	Fi=Ftot·hi/(h1+h 2+h3)
Forza sismica	kN/mq.	kN/mq.	kN/mq.	kN/mq.	mq.	-	-	kN	m	kN
F1	3,85	1,43	2,08	5,00	330,8	0,60	0,07	2.440,50	3,40	2.348,05
F2	3,85	1,43	2,08	5,00	330,80	0,60	0,07	2.503,02	6,80	4.696,10
F3	2,50	6,25	2,33	0,50	875,60	0,00	0,07	9.697,27	11,00	7.596,64

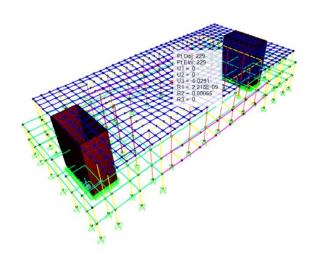
TOTALE 14.640,79

4. I carichi orizzontali e verticali vengono assegnati agli elementi, divisi nei corrispondenti casi di carico

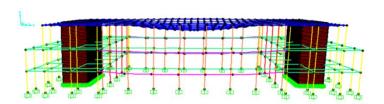


# 6. Verifiche\_

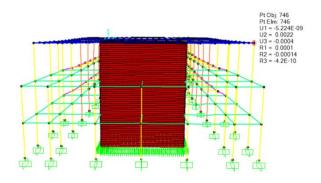
1. Si valutano le deformate per effetto delle varie combinazioni di carico



La deformata ai soli carichi verticali



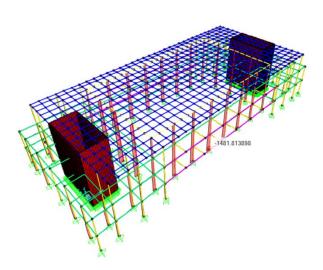
La deformata alla forza sismica in direzione X



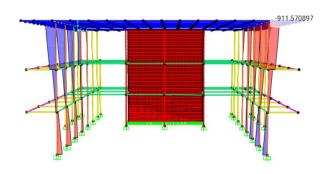
La deformata alla forza sismica in direzione Y

## 6.1. Verifiche a pressoflessione e flessione dei pilastri\_

2. Si valutano i diagrammi di flessione e sforzo normale nei pilastri



I diagrammi allo sforzo normale



I diagrammi del momento ai soli carichi verticali (anche in combinazione sismica la differenza nei diagrammi non è particolarmente apprezzabile)

3. Si effettuano le verifiche a pressoflessione nei pilastri: il momento indotto dalla copertura nei pilastri è tale da non rendere possibile una verifica a pressoflessione, data l'eccessiva eccentricità all'ultimo livello.

Verifiche a pressoflessione_ (Sisma X)	Pilastri														
_	fck											1		hmi	Nmax
Pilastro 40x100		fcd	b		Ad		ly	Wx	Wy	Nd	Mdx	Md v	e	n (6e)	
40×100	N/m	N/m	D D	<u>''                                   </u>	Au	IX.	Ту	VVX	vvy	INU	IVIUX	kN	-	(00)	kN
	m2	m2	cm	cm	cm2	cm4	cm4	cm3	cm3	kN	kNm	m	m	m	κ. •
	55,0	31,17	40,0	100,	4.000,	533.333,	3.333.333	26.666,	66.666,	1.483,	-	79,0	-	-	12.466,
	0		0	00	00	33	,33	67	67	00	425,	0	0,2	1,7	67
											00		9	2	
Palestra L1_	fck											Md		hmi	
Pilastro 40x100		fcd	b	h	Ad	lx	ly	Wx	Wy	Nd	Md	у	е	n	
·	N/m	N/m		,				,				kN			
	m2	m2	cm	cm	cm2	cm4	cm4	cm3	cm3	kN	kNm	m	m	m	
	55,0	31,17	40,0	100,	4.000,	533.333,	3.333.333	26.666,	66.666,	1.246,	370,	54,0	0,3	1,7	
	0		0	00	00	33	,33	67	67	00	00	0	0	8	
Palestra L2_	fck											Md		hmi	
Pilastro 40x100		fcd	b	h	Ad	lx	ly	Wx	Wy	Nd	Md	у	е	n	
	N/m	N/m										kN			
	m2	m2	cm	cm	cm2	cm4	cm4	cm3	cm3	kN	kNm	m	m	m	
	55,0	31,17	40,0	100,	4.000,	533.333,	3.333.333	26.666,	66.666,	1.009,	933,	98,0	0,9	5,5	
	0		0	00	00	33	,33	67	67	00	00	0	2	5	

Verifiche a pressoflessione Pilastri (Sisma V	_														
Palestra LO_ Pilastro 40x100	fck	fcd b	h	A	d Ix	ly	W	/x V	/y N	d N	ld IV	ldy	e	hmi n	Nmax
	N/mm 2	N/mm 2	cm	cm	cm2	cm4	cm4	cm3	cm3	kN	kNm	kN m	m	m	kN
	55,00	31,17	40,0 0	100,0 0	4.000, 00	533.333, 33	3.333.333, 33	26.666, 67	66.666, 67	1.483, 00	- 323,0 0	0,0 0	- 0,2 2	- 1,3 1	12.466, 67
Palestra L1_ Pilastro	fck											Md		hmi	
40x100		fcd	b	h	Ad	lx	ly	Wx	Wy	Nd	Md	У	е	n	
	N/mm 2	N/mm 2	cm	cm	cm2	cm4	cm4	cm3	cm3	kN	kNm	kN m	m	m	
	55,00	31,17	40,0 0	100,0 0	4.000, 00	533.333, 33	3.333.333, 33	26.666, 67	66.666 <i>,</i> 67	1.246, 00	369,0 0	0,0 0	0,3 0	1,7 8	
Palestra L2_ Pilastro	fck											Md		hmi	
40x100		fcd	b	h	Ad	lx	ly	Wx	Wy	Nd	Md	У	е	n	
	N/mm 2	N/mm 2	cm	cm	cm2	cm4	cm4	cm3	cm3	kN	kNm	kN m	m	m	
	55,00	31,17	40,0 0	100,0 0	4.000, 00	533.333, 33	3.333.333, 33	26.666, 67	66.666, 67	1.009, 00	874,0 0	0,0 0	0,8 7	5,2 0	

4. Dopo aver verificato l'impossibilità di ottenere una sezione tutta compressa in entrambe le combinazioni sismiche, si opta per un dimensionamento a flessione degli stessi pilastri, a garantire la loro sicurezza pur al di fuori di un comportamento ottimale.

## DIMENSIONAMENTO A FLESSIONE PILASTRI (FORZA SISMICA X)

Dimensionament o su dati reali_ A_ Pilastro 40x100 (arancione)	Mmax kN/m.	Fyk N/mm2	Fyd N/mm2	Fck N/mm 2	Fcd N/mm 2	β -	r -	δ cm	b cm	Hu cm	Hmin cm	Hd cm	Verificat a
	830,00	450	391,30	55	31,17	0,54	2,33	3	40	60,1 2	63,1 2	10 0	Verificat 0

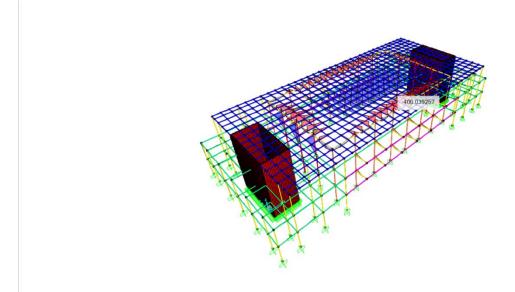
Dimensionament o su dati reali_ A_ Pilastro 40x100	IVIIIIAX	Fyk	Fyd	Fck	Fcd	β	r	δ	b	Hu	Hmin	Hd	Verificat a
(rosso)	kN/m.	N/mm2	N/mm2	N/mm 2	N/mm 2	-	-	cm	cm	cm	cm	cm	
										42,7	45,7	10	Verificat
	420,00	450	391,30	55	31,17	0,54	2,33	3	40	7	7	0	0

#### DIMENSIONAMENTO A FLESSIONE PILASTRI (FORZA SISMICA Y)

Dimensionament o su dati reali_ A_	Mmax	Fyk	Fyd	Fck	Fcd	β	r	δ	b	Hu	Hmin	Hd	Verificat a
Pilastro 40x100 (arancione)	kN/m.	N/mm2	N/mm2	N/mm 2	N/mm 2	-	-	cm	cm	cm	cm	cm	
	930,00	450	391,30	55	31,17	0,54	2,33	3	40	63,6 4	66,6 4	10 0	Verificat o

Dimensionament o su dati reali_ A_ Pilastro 40x100	Mmax	Fyk	Fyd	Fck	Fcd	β	r	δ	b	Hu	Hmin	Hd	Verificat a
(rosso)	kN/m.	N/mm2	N/mm2	N/mm 2	N/mm 2	-	-	cm	cm	cm	cm	cm	
	420,00	450	391,30	55	31,17	0,54	2,33	3	40	42,7 7	45,7 7	10 0	Verificat o

## 6.2. Verifiche a flessione e ad abbassamento delle travi\_



1. Si effettuano le verifiche a flessione degli elementi più sollecitati per ogni sezione di progetto.

Verifiche a flessione\_Travi (COMB SLU)

Palestra _L2 Trave											σma	Verifi
graticcio_ 140x90x25	fck	fcd	b	h	Ad	lx	ly	Wx	Wy	Mmax	X	ca
												Se
	N/mm	N/mm									N/m	fcd>σ
	2	2	cm	cm	cm2	cm4	cm4	cm3	cm3	kNm	m2	d
	55,00	31,17	25,0	70,0	1.750,0	91.145,83	714.583,33	7.291,67	20.416,67	562,0	27,5	Verifi
			0	0	0					0	3	cato

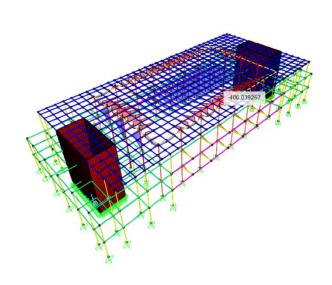
Palestra _L2 Trave di									σma	Verifi
bordo_ 90x90	fck	fcd		Ad		Wx	Wy	Mmax	Х	ca

I												Se
	N/mr	n N/mm	ı								N/m	fcd>σ
	2	2	cm	cm	cm2	cm4	cm4	cm3	cm3	kNm	m2	d
	55,0	31,17	90,0	90,0	8.100,0	##########	5.467.500,0	121.500,0	121.500,0	29,00	0,24	Verifi
			0	0	0	#	0	0	0			cato

Palestra _L2 Trave a											σma	Verifi
sbalzo_ 30x50	fck	fcd	b	h	Ad	lx	ly	Wx	Wy	Mmax	х	ca
												Se
	N/mm	N/mm									N/m	fcd>σ
	2	2	cm	cm	cm2	cm4	cm4	cm3	cm3	kNm	m2	d
	55,00	31,17	30,0	50,0	1.500,0	112.500,00	312.500,00	7.500,00	12.500,00	225,0	18,0	Verifi
			0	0	0					0	0	cato

Palestra _L2 Trave di											σma	Verifi
collegamento_ 30x40	fck	fcd	b	h	Ad	lx	ly	Wx	Wy	Mmax	Х	ca
												Se
	N/mm	N/mm									N/m	fcd>σ
	2	2	cm	cm	cm2	cm4	cm4	cm3	cm3	kNm	m2	d
	55,00	31,17	30,0	40,0	1.200,0	90.000,00	160.000,00	6.000,00	8.000,00	90,00	11,2	Verifi
			0	0	0						5	cato

Palestra _L2 Trave di collegamento(sbalzo)_											σma	Verifi
30x30	fck	fcd	b	h	Ad	lx	ly	Wx	Wy	Mmax	х	ca
												Se
	N/mm	N/mm									N/m	fcd>σ
	2	2	cm	cm	cm2	cm4	cm4	cm3	cm3	kNm	m2	d
_	55,00	31,17	30,0	30,0	900,00	67.500,00	67.500,00	4.500,00	4.500,00	6,00	1,33	Verifi
			0	0								cato



2. Si esegue la verifica ad abbassamento nei punti di maggior criticità, quali il centro del graticcio di travi e le travi a mensola.

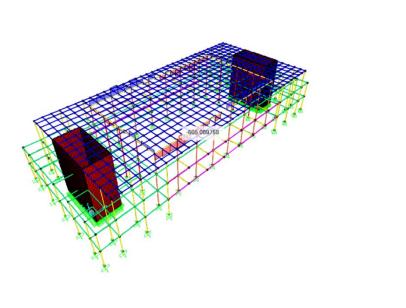
	Spostamen	ti graticcio_ sisma direzione X		
u1	m	0,0053		
u2	m	0	luce (m)	Verifica
u3	m	0,0298	16,8	Verificata

	Spostame	iti graticcio_ sisma direzione Y		
u1	m	0,0022		
u2	m	0	luce (m)	Verifica
u3	m	0,0298	16,8	Verificata

	Spostamenti			
u1	m	0,0022		
u2	m	0	luce (m)	Verifica
u3	m	0,0098	2	Verificata

# 6.3. Verifiche a torsione della trave di bordo\_

Si effettua una verifica a torsione della sezione più sollecitata della trave di bordo.



#### Verifiche a torsione\_ Graticcio Corpi Sportivi

3_ Trave di bordo 100x100	h	b	Mt		α	ттах	
Formula							
	m	m	kN*m		-	N/mm2	
tmax = (α x Mt)/(L x l2)	1	. 1		597	4,8		2,8656

fck	fcd	Verifica
N/mm2	N/mm2	Se τmax <fcd< td=""></fcd<>
55,00	31,17	
		Verificato

## 6.4. Verifiche a snellezza dei pilastri\_

Si effettua infine una verifica a snellezza dei pilastri rispetto al loro lato minore, considerando una lunghezza libera d'inflessione pari alla loro altezza in virtù della scarsa capacità di vincolo dei ballatoi.

Verifica a snellezza	b	h	lx	ly	I	10	Α	ρ	λ	Verifica
dei pilastri della										
palestra	cm	cm	cm4	cm4	cm	cm	cm2			
Asse maggiore	40,00	100,00	533.333,33	3.333.333,3	1.060,00	1.060,	4.000,00	28,87	36,72	Verificata
				3		00				
Asse minore	=							11,55	91,80	Verificata
		=	=	=	=	=	=			

## 7. Elaborati di progetto\_

Alle pagine seguenti seguono le due tavole del progetto architettonico preliminare e le tre tavole di piante e sezioni strutturali che descrivono lo stato finale del lavoro svolto.