



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**Scuola di  
Ingegneria**

Corso di Laurea Magistrale in  
Ingegneria Edile

**Riprogettazione strutturale e tecnologica di un  
edificio residenziale sito in Amantea (CS).  
Comparazione economica fra una struttura tradizionale e  
una struttura mista legno-calcestruzzo.**

Structural and technological redesign of a residential  
building located in Amantea (CS).  
Economic comparison between a traditional structure and a  
wood-concrete mixed structure.

**Candidata**

Miryea Alfano

**Relatori**

Marco Pio Lauriola

Stefano Bertagni





## **ABSTRACT**

In un contesto di continua innovazione l'utilizzo combinato di materiali per la realizzazione di nuove strutture è un fenomeno frequente. Tuttavia, risulta usuale pensare a strutture miste acciaio-calcestruzzo piuttosto che a strutture miste legno-calcestruzzo in quanto, nell'immaginario collettivo, il legno è considerato il materiale meno durevole.

Il presente lavoro ha l'obiettivo di proporre una corretta riprogettazione strutturale e tecnologica di un edificio residenziale esistente combinando materiali quali legno e calcestruzzo seguito da un confronto in termini economici tra la struttura esistente in c.a. e quella riprogettata.

La prima parte del lavoro di tesi riguarda, quindi, la progettazione strutturale dell'edificio, dal progetto architettonico si è proceduto al dimensionamento degli elementi e delle connessioni della struttura ai carichi verticali e orizzontali. In particolare, una struttura in c.a. combinata con due tipologie di sistemi costruttivi in legno: pareti X-LAM a strati incrociati e telaio in legno lamellare, proponendo, inoltre, un solaio misto legno-calcestruzzo.

La seconda parte riguarda invece l'aspetto tecnologico dell'edificio, in cui, in riferimento alle informazioni relative alla struttura esistente, è stato possibile riprogettare le stratigrafie e i dettagli costruttivi tali da poter garantire la durabilità del fabbricato ed effettuare, in secondo luogo, una comparazione economica attendibile tra due edifici con le medesime prestazioni.

Infine, particolare attenzione al problema dell'umidità nelle strutture in legno considerando come soluzione diversi sistemi di monitoraggio in grado di rilevare comportamenti anomali all'interno della struttura lignea.



## **ABSTRACT**

In a context of continuous innovation, the combined use of materials for the realization of new constructions is a frequent phenomenon. However, it's common to think about steel-concrete mixed structure rather than a wood-concrete mixed structure because, in the popular imaginary, wood is considered the least long-lasting material.

The aim of the following project is to introduce a correct structural and technological redesign of an existent residential building, combining materials such as wood and concrete, followed by an economic comparison between the existent structure in concrete and the redesigned one.

The first part of the thesis work concerns the structural design of the building, from the architectural design to the sizing of the elements and the connections between the structure and the vertical and horizontal loads. In particular, a concrete structure combined with two types of wooden construction systems: X-LAM walls with crossed layers and a casing in laminated wood, adding, besides, a wood-concrete mixed floor.

The second part concerns the technological aspect of the building, in which, in relation to the informations about the existing building, it was possible to redesign the stratigraphy and the production information such as to guarantee the building's durability and to carry out, secondly, a reliable economic comparison between two buildings having the same performances.

Finally, a particular attention is given to the problem of moisture in timber constructions, considering as a solution the different monitoring systems able to take over abnormal behaviors into the wooden structure.



## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>STATO DI FATTO .....</b>	<b>14</b>
2.1	PROGETTO ARCHITETTONICO .....	14
2.2	MATERIALI .....	15
2.3	STRATIGRAFIE .....	16
<b>3</b>	<b>RIPORGETTAZIONE.....</b>	<b>18</b>
3.1	I MATERIALI .....	19
3.1.1	IL LEGNO: MASSICCIO E LAMELLARE .....	19
3.1.2	X-LAM.....	21
3.1.3	CALCESTRUZZO .....	21
3.1.4	ACCIAIO PER C.A. ....	22
<b>4</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI.....</b>	<b>23</b>
4.1	CARICO DA NEVE .....	23
4.2	AZIONE DEL VENTO .....	23
4.3	PESI PROPRI PERMANENTI E SOVRACCARICHI .....	25
4.3.1	PARETE ESTERNA IN X-LAM.....	25
4.3.2	PARETE ESTERNA NEL SISTEMA TRAVI E PILASTRI .....	25
4.3.3	PARETE INTERNA IN X-LAM .....	26
4.3.4	PARETE INTERNA IN CARTONGESSO .....	26
4.3.5	SOLAIO MISTO LEGNO-CLS DI INTERPIANO .....	27
4.3.6	SOLAIO DI COPERTURA IN LEGNO .....	27
4.3.7	SOLAIO DI INTERPIANO TIPO PREDALLES .....	28
4.3.8	BALCONE IN LEGNO .....	28
4.3.9	BALCONE IN C.A. ....	28
4.3.10	PIANEROTTOLO IN C.A. ....	29
4.3.11	PIANEROTTOLO IN LEGNO .....	29
4.3.12	SOLAIO DI COPERTURA VANO SCALA .....	30
4.3.13	SOVRACCARICO D'USO.....	30
<b>5</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....</b>	<b>31</b>
5.1	SOLAIO MISTO LEGNO-CLS .....	31
5.1.1	SOLAIO DI INTERPIANO .....	34
5.2	SOLAIO PREDALLES .....	36
5.3	TRAVI IN LEGNO DI INTERPIANO.....	37
5.3.1	TRAVI DI SPINA .....	40
5.3.1.1	TRAVE DI SPINA T1 .....	41
5.3.1.2	TRAVE DI SPINA T2 .....	42
5.3.1.3	TRAVE DI SPINA T3.....	42

5.3.2	TRAVI DI BORDO .....	43
5.3.2.1	TRAVE DI BORDO T4 .....	44
5.3.2.2	TRAVE DI BORDO T5 .....	45
5.3.2.3	TRAVE DI BORDO T6 .....	46
5.3.2.4	TRAVE DI BORDO T7 .....	47
5.3.2.5	TRAVE DI BORDO T8 .....	47
5.4	ARCHITRAVE.....	48
5.5	TRAVE DI INTERPIANO IN C.A. ....	50
5.6	COPERTURA.....	52
5.6.1	TRAVE SECONDARIA.....	52
5.6.2	TRAVE DI COLMO.....	55
5.6.3	CAPRIATA.....	57
5.6.4	PASSAFUORI .....	60
5.7	VANO SCALA.....	61
5.7.1	SCALA IN LEGNO.....	61
5.7.2	SCALA IN C.A. ....	63
5.7.3	COPERTURA VANO SCALA.....	64
5.8	PILASTRI E PARETI .....	65
<b>6</b>	<b>MODELLAZIONE AGLI ELEMENTI FINITI .....</b>	<b>66</b>
6.1	RFEM 5 – DLUBAL SOFTWARE.....	66
6.2	MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA .....	66
6.2.1	MODELLAZIONE CONNESSIONI MECCANICHE.....	77
6.2.1.1	CALCOLO DELLE RIGIDENZE .....	79
6.3	CASI DI CARICO E COMBINAZIONI DI CARICO.....	80
<b>7</b>	<b>VERIFICHE SLU AI CARICHI VERTICALI .....</b>	<b>82</b>
7.1	TRAVI E PILASTRI IN LEGNO LAMELLARE .....	82
7.2	PARETI XLAM.....	87
7.3	TRAVI IN C.A. ....	91
7.4	PILASTRI IN C.A. ....	95
<b>8</b>	<b>PROGETTAZIONE SISMICA .....</b>	<b>100</b>
8.1	ANALISI MODALE .....	102
8.1.1	RISULTATI DELL'ANALISI MODALE.....	107
8.2	ANALISI DINAMICA LINEARE .....	110
8.2.1	STATO LIMITE DI DANNO.....	115
8.2.2	STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (Q=1,5) .....	117
8.2.2.1	CONNESSIONE A TAGLIO TRA PANNELLO X-LAM E CORDOLO .....	118
8.2.2.2	CONNESSIONE A TAGLIO TRA PANNELLI X-LAM.....	121
8.2.2.3	CONNESSIONE A TAGLIO TRA PANNELLO X-LAM E SOLAIO .....	125
8.2.3	STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (Q=1) .....	130

8.2.3.1	PILASTRI IN C.A. ....	130
8.2.3.2	SETTI IN C.A. ....	131
<b>9</b>	<b>PROGETTAZIONE TECNOLOGICA .....</b>	<b>135</b>
9.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	135
9.2	SRATIGRAFIE .....	137
9.2.1	PARETE ESTERNA IN X-LAM.....	137
9.2.2	PARETE ESTERNA NEL SISTEMA TRAVI E PILASTRI IN LEGNO.....	138
9.2.3	PARETE ESTERNA IN C.A. ....	140
9.2.4	PARETE ESTERNA NEL SISTEMA TRAVI E PILASTRI IN C.A.....	140
9.2.5	PARETE INTERNA IN X-LAM .....	141
9.2.6	PARETE INTERNA NON PORTANTE .....	142
9.2.7	PARETE INTERNA IN C.A.....	142
9.2.8	SOLAIO MISTO LEGNO-CALCESTRUZZO DI INTERPIANO .....	142
9.2.9	SOLAIO TIPO PREDALLES DI INTERPIANO .....	144
9.2.10	SOLAIO ULTIMO IMPALCATO (PIANO SOTTOTETTO).....	145
9.2.11	SOLAIO CONTROTERRA .....	145
9.2.12	SOLAIO DI COPERTURA IN LEGNO .....	146
9.2.13	SOLAIO DI COPERTURA VANO SCALA .....	147
<b>10</b>	<b>MONITORAGGIO DELLE STRUTTURE IN LEGNO .....</b>	<b>149</b>
10.1	IL DEGRADO DA FUNGHI E INSETTI .....	149
10.1.1	INSETTI XILOFAGI .....	150
10.1.2	FUNGHI DELLA CARIE .....	151
10.2	LEGNO LAMELLARE E UMIDITÀ .....	152
10.3	PANNELLI A STRATI INCROCIATI E UMIDITÀ .....	153
10.4	I SISTEMI DI MONITORAGGIO .....	154
10.4.1	IGROMETRI AD INFISSIONE (O A RESISTENZA) .....	154
10.4.2	IGROMETRI AD ONDE ELETTROMAGNETICHE (O A CONTATTO).....	155
10.4.3	MONITORAGGIO S.A.L.E.....	156
10.4.3.1	ALLOGGI NELL'AREA EX-LONGINOTTI .....	159
10.4.4	MONITORAGGIO SPERIMENTALE MEDIANTE PIASTRE .....	160
<b>11</b>	<b>COMPUTO METRICO ESTIMATIVO .....</b>	<b>161</b>
	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>164</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>165</b>
	<b>SITOGRAFIA .....</b>	<b>167</b>
	<b>ALLEGATO A .....</b>	<b>169</b>
	COMPUTO DELL' EDIFICIO ESISTENTE .....	169
	<b>ALLEGATO B .....</b>	<b>185</b>

COMPUTO DELL'EDIFICIO DI NUOVA PROGETTAZIONE.....	185
<b>ALLEGATO C .....</b>	<b>213</b>
COMPUTO PIANO TIPO DELL'EDIFICIO ESISTENTE .....	213
<b>ALLEGATO D .....</b>	<b>227</b>
COMPUTO PIANO TIPO DELL'EDIFICIO DI NUOVA PROGETTAZIONE.....	227
<b>12 ALLEGATO E.....</b>	<b>247</b>
DETTAGLI STRUTTURALI E PARTICOLARI ESECUTIVI.....	247



## INDICE FIGURE

FIGURA 1 PLANIMETRIA GENERALE .....	13
FIGURA 2 PIANTA ARCHITETTONICA PIANO TERRA.....	15
FIGURA 3 PIANTA ARCHITETTONICA PIANO TIPO .....	15
FIGURA 4 PARETE ESTERNA .....	17
FIGURA 5 SOLAIO DI COPERTURA.....	17
FIGURA 6 SOVRAPPOSIZIONE PIANTE ARCHITETTONICHE .....	18
FIGURA 7 PIANTA GARAGE .....	19
FIGURA 8 PIANTA PIANO TIPO .....	19
FIGURA 9 INTERFACCIA SOFTWARE TECNARIA .....	35
FIGURA 10 RISULTATI DELLE VERIFICHE TRAMITE SOFTWARE TECNARIA .....	35
FIGURA 11 DISPOSIZIONE TRAVETTI C24.....	36
FIGURA 12 PIANTA STRUTTURALE PIANO GARAGE .....	51
FIGURA 13 PIANTA STRUTTURALE DI COPERTURA .....	52
FIGURA 14 IMPORTAZIONE FILE .DXF COME LAYER GUIDA.....	67
FIGURA 15 GENERAZIONE ASTA.....	68
FIGURA 16 DEFINIZIONE MATERIALE, SEZIONI E VINCOLI ASTE IN C.A. ....	69
FIGURA 17 DEFINIZIONE MATERIALE, SEZIONE, VINCOLI INTERNI DELLE ASTE IN LEGNO .....	70
FIGURA 18 DEFINIZIONE MATERIALE E DIMENSIONI SETTI IN C.A. ....	71
FIGURA 19 DEFINIZIONE PANNELLO X-LAM.....	73
FIGURA 20 NUOVO VINCOLO INTERNO DELLA LINEA .....	74
FIGURA 21 MODELLAZIONE DELLA SOLETTA.....	75
FIGURA 22 MODIFICA RIGIDEZZA DELLA SUPERFICIE (SOLETTA) .....	76
FIGURA 23 MODIFICA RIGIDEZZA DELLA SUPERFICIE (COPERTURA) .....	77
FIGURA 24 CASI DI CARICO .....	81
FIGURA 25 SCHEDA "DATI GENERALI" RF-TIMBER PRO.....	83
FIGURA 26 RISULTATI VERIFICHE TIMBER PRO .....	84
FIGURA 27 RISULTATI RF-LAMINATE .....	89
FIGURA 28 ZONA IN CUI NON RISULTANO SODDISFATTE LE VERIFICHE .....	90
FIGURA 29 SCHEDA "ARMATURA" RF-CONCRETE MEMBERS.....	92
FIGURA 30 DISPOSIZIONE ARMATURA LONGITUDINALE RF-CONCRETE MEMBERS .....	94
FIGURA 31 DISPOSIZIONE STAFFE RF-CONCRETE MEMBERS .....	94
FIGURA 32 DISPOSIZIONE ARMATURA LONGITUDINALE RF-CONCRETE MEMBERS .....	95
FIGURA 33 DISPOSIZIONE STAFFE RF-CONCRETE MEMBERS .....	96
FIGURA 34 VERIFICHE SLU DEI PILASTRI RF-CONCRETE COLUMNS.....	96
FIGURA 35 INTERFACCIA VCASLU .....	98
FIGURA 36 DOMINIO DI RESISTENZA .....	99
FIGURA 37 MODELLO PER ANALISI DINAMICA LINEARE .....	103
FIGURA 38 INTERFACCIA RF-DYNAM PRO .....	104
FIGURA 39 SCHEDA CASI DI MASSA DI RF-DYNAM PRO.....	105

FIGURA 40 SCHEDA COMBINAZIONI DI MASSA DI RF-DYNAM PRO .....	106
FIGURA 41 TRASCURA MASSE IN RF-DYNAM PRO .....	107
FIGURA 42 PRIMO MODO DI VIBRARE, $T = 0,428$ s .....	108
FIGURA 43 SECONDO MODO DI VIBRARE, $T = 0,379$ s .....	109
FIGURA 44 TERZO MODO DI VIBRARE, $T = 0,294$ s .....	109
FIGURA 45 SPETTRO DI PROGETTO SLV CON FATTORE DI COMPORTAMENTO PARI A 1,5 .....	111
FIGURA 46 SPETTRO DI PROGETTO SLD.....	112
FIGURA 47 SPETTRO DI PROGETTO SLV CON FATTORE DI COMPORTAMENTO PARI A 1 .....	113
FIGURA 48 SCHEDA CASI DI CARICO DINAMICI RF-DYNAM PRO .....	114
FIGURA 49 COMBINAZIONE SISMICA .....	115
FIGURA 50 INDIVIDUAZIONE I PIANTA DEI NODI VERIFICATI .....	116
FIGURA 51 DIAGRAMMA DEI RISULTATI DELLA SEZIONE FITTIZIA .....	118
FIGURA 52 VERIFICHE SLV DEI PILASTRI RF-CONCRETE COLUMNS.....	131
FIGURA 53 SCHERMATA "ARMATURA" RF-CONCRETE SURFACES.....	132
FIGURA 54 IMPORTAZIONE AREA DI ARMATURA DELLE BARRE RF-CONCRETE SURFACES.....	132
FIGURA 55 ARMATURA NECESSARIA NEI SETTI IN C.A. RF-CONCRETE SURFACES.....	134
FIGURA 56 RAPPRESENTAZIONE DELL'ARMATURA IN RFEM.....	134
FIGURA 57 LARVA.....	150
FIGURA 58 ATTACCO FUNGINO DA CARIE BIANCA .....	151
FIGURA 59 DELAMINAZIONE.....	153
FIGURA 60 IGROMETRO A INFISSIONE .....	154
FIGURA 61 LEGAME TRA RESISTENZA E UMIDITÀ .....	155
FIGURA 62 IGROMETRO A CONTATTO .....	155
FIGURA 63 CENTRALINA DI RACCOLTA DATI E TOUCH PAD.....	158
FIGURA 64 PIASTRA SPERIMENTALE PER MONITORAGGIO .....	160

# 1 INTRODUZIONE

L'edificio oggetto di studio è situato nel centro urbano del comune di Amantea (CS), in una zona caratterizzata da una consistente densità edilizia nonché dotata di opere di urbanizzazione primaria e secondaria. L'intero lotto circoscrive un'area di forma rettangolare di m<sup>2</sup> 600; esso confina su due lati con strade comunali, via Baldacchini a nord e via Dogana ad est, mentre sui fronti sud ed ovest risulta adiacente con proprietà private. L'intervento progettuale riguarda la realizzazione di un edificio residenziale multipiano, costituito da quattro livelli fuori terra.

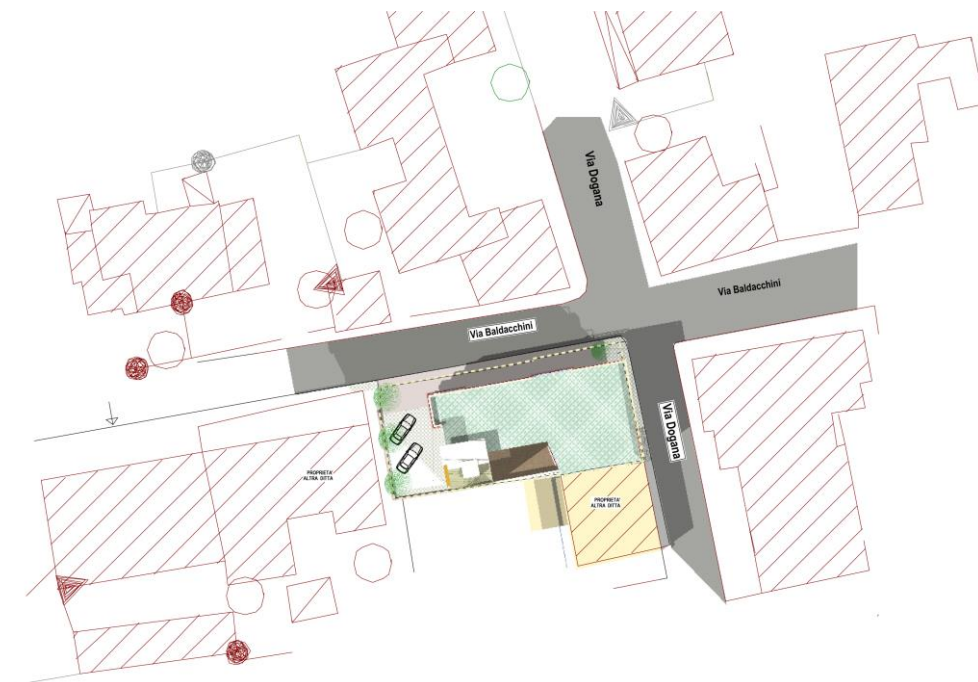


Figura 1 Planimetria generale

## 2 STATO DI FATTO

### 2.1 PROGETTO ARCHITETTONICO

L'edificio è organizzato in modo tale da sistemare al piano terra i locali destinati a posti auto e relativi spazi di manovra, mentre ai piani superiori sono collocate le Unità Abitative che hanno accesso da un ballatoio sistemato sul fronte sud dell'edificio. La sistemazione decentrata del fabbricato rispetto all'area è dettata dalla sagoma del lotto e dalle preesistenze edilizie limitrofe, le quali hanno portato alla definizione plano-volumetrica dell'edificio ad avere un'estensione di forma a "C".

L'accesso al fabbricato, sia pedonale che carrabile, è garantito dalla via Baldacchini; ambedue gli accessi, pur collocati separatamente, confluiscono nel corpo scala che, sistemato sul fronte sud-ovest dell'immobile, garantisce il raggiungimento dei piani superiori, anche attraverso l'uso di un impianto ascensore, collocato centralmente al vano scala.

I vari piani sono così articolati:

Il piano terra è destinato a box-auto, alcuni dei quali hanno accesso direttamente da via Baldacchini, mentre i restanti box sono raggiungibili mediante un percorso interno veicolare con doppio senso di marcia avente ingresso principale direttamente da un'apertura sul fronte nord del fabbricato. Attraverso tale percorso interno si raggiunge il corpo scala dal quale, su ogni piano si raggiungeranno le U.A. attraverso un pianerottolo/ballatoio sistemato su tutto il fronte sud dell'edificio.

I piani primo, secondo, terzo sono destinati a civili abitazioni, le cui unità abitative hanno una collocazione tale da avere tutti gli ambienti illuminati ed areati naturalmente, favoriti dal loro orientamento verso zone soleggiate.

L'interpiano del suddetto edificio è fissato da progetto pari a:

2,45 m per il piano terra;

2,70 m per i piani primo, secondo e terzo.

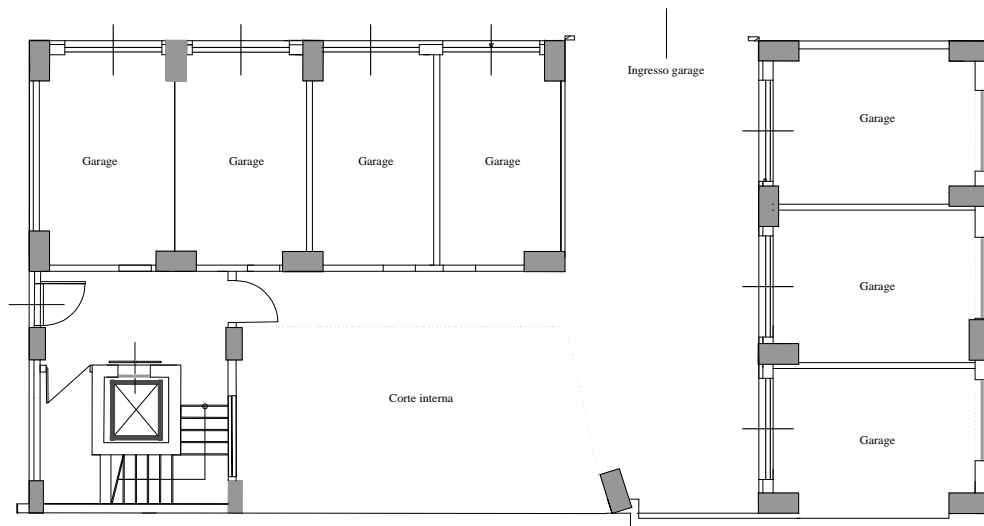


Figura 2 Pianta architettonica Piano Terra

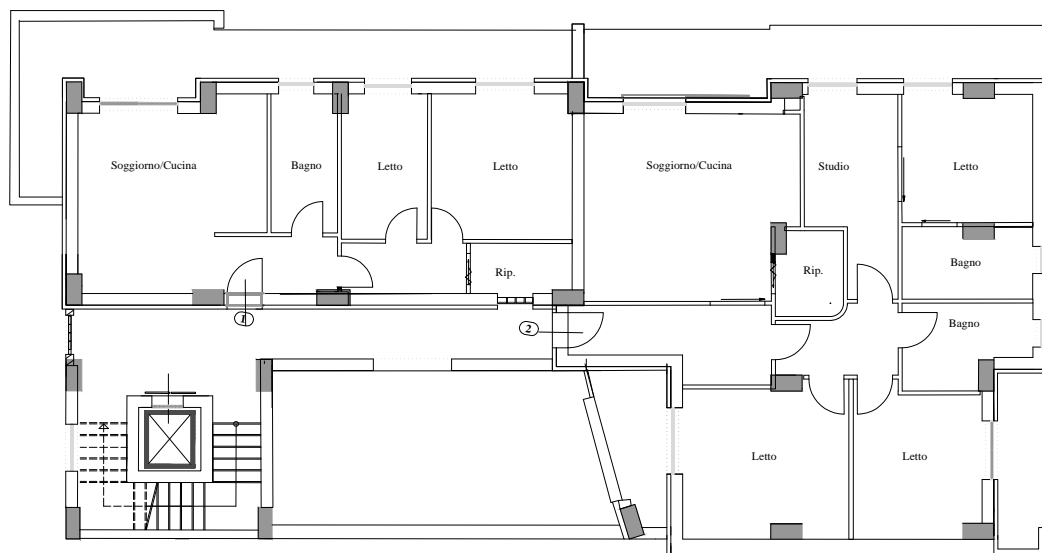


Figura 3 Pianta architettonica Piano Tipo

## 2.2 MATERIALI

La struttura dell'intero edificio è costituita da uno scheletro portante in calcestruzzo armato con telai piani verticali tessuti secondo le due direzioni principali dell'edificio, opportunamente collegati ed interagenti tra loro. I materiali e le tecnologie utilizzate garantiscono sia prestazioni energetico-ambientali nel rispetto dei parametri stabiliti dalla normativa vigente, sia la realizzazione di un'opera ecologicamente compatibile.

Le opere di fondazione sono realizzate con travi rovesce in c.a. ordite nelle due direzioni ortogonali, capaci di assorbire eventuali cedimenti differenziali, previo scavo di

sbancamento e sopra un getto di calcestruzzo magro. Il piano di posa delle fondazioni è ricavato ad una profondità di almeno 2,00 m al di sotto del piano di campagna naturale.

I solai d'interpiano sono realizzati con spessore maggiore in rispetto ai principi fondamentali della normativa sull'isolamento termo-acustico in edilizia (Decr. Lgs n° 311/06) secondo il quale si definiscono i valori limite che deve possedere il fabbricato in merito a:

Isolamento dei rumori tra differenti unità immobiliari

Isolamento dai rumori di calpestio

Essi sono realizzati mediante travetti in c.a. e laterizi con soprastante getto di completamento in calcestruzzo; al disopra di essi è posto uno strato di massetto alleggerito sul quale è sistemato uno strato di fibra fonoassorbente per ottenere un elevato comfort abitativo riducendo il livello sonoro dell'ambiente. Il tutto è completato con la messa in opera del pavimento previo posa di massetto in sabbia e cemento.

Le pareti verticali costituenti l'edificio in esame, sono realizzate in ottemperanza ai principi fondamentali della normativa sull'isolamento termo-acustico in edilizia (Decr. Lgs n° 311/06). Le pareti interne sono realizzate con muratura in forati dello spessore di cm 8 intonacati e tinteggiati con idropittura lavabile.

Il solaio di copertura, di tipo piano, è realizzato con struttura in c.a., con e soprastante materiale isolante e pavimentazione antisdrucchiolo.

I pavimenti ed i rivestimenti delle pareti della cucina e dei servizi igienici sono realizzati in piastrelle di ceramica, mentre le scale e le soglie con pietra da taglio. Gli infissi sono realizzati in pvc con vetrocamera e vetri stratificati di sicurezza. La colorazione delle facciate è realizzata con pittura silossanica aventi tonalità chiare, in armonia con quella degli edifici esistenti circostanti, inserendosi senza traumi nel contesto urbano.

### **2.3 STRATIGRAFIE**

Si riportano le stratigrafie esistenti con i relativi valori di trasmittanza e sfasamento dell'edificio in c.a., al fine di poterli utilizzare come parametri di riferimento per la nuova progettazione.

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 <sup>12</sup> [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130
2	Cartongesso in lastre	24	0.210	8.750	21.60	23.000	1000	0.114
3	Fibre di vetro - pannelli semirigidi - appl. interne - mv.16.	80	0.046	0.578	1.28	150.000	1000	1.732
4	Mattone semipieno di laterizio (280**250*250) spessore 280	280		2.174	385.00	20.570	840	0.460
5	Polistirene espanso in lastre stampate -	50	0.039	0.770	1.25	3.750	1200	1.299
6	Malta di calce o di calce e cemento.	15	0.900	60.000	27.00	8.500	1000	0.017
7	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040
RESISTENZA = 3.791 m²K/W		CAPACITA' TERMICA AREICA (int) = 20.646 kJ/m²K				TRASMITTANZA = 0.264 W/m²K		
SPESSORE = 449 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA (int) = 20.646 kJ/m²K				MASSA SUPERFICIALE = 409 kg/m²		
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.01 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.03				SFASAMENTO = -10.98 h		

Figura 4 Parete esterna

	(da superiore a inferiore)	[mm]	[W/mK]	[W/m²K]	[kg/m²]	[kg/msPa]	[J/kgK]	[m²K/W]
1	Adduttanza Superiore	0		7.700			0	0.130
2	Piastrelle.	10	1.000	100.000	23.00	0.940	840	0.010
3	Malta di cemento.	50	1.400	28.000	100.00	8.500	1000	0.036
4	Bitume.	8	0.170	21.250	9.60	0.000	1000	0.047
5	Polistirene espanso in lastre stampate - mv.30	120	0.039	0.321	3.60	3.150	1200	3.117
6	Bitume.	8	0.170	21.250	9.60	0.000	1000	0.047
7	Malta di cemento.	60	1.400	23.333	120.00	8.500	1000	0.043
8	Blocco da solaio di laterizio (495*160*250) spessore 180	180		3.333	171.00	19.000	840	0.300
9	Intonaco di calce e gesso.	15	0.700	46.667	21.00	18.000	1000	0.021
10	Adduttanza Inferiore	0		25.000			0	0.040
RESISTENZA = 3.791 m²K/W		CAPACITA' TERMICA AREICA (sup) = 74.513 kJ/m²K				TRASMITTANZA = 0.264 W/m²K		
SPESSORE = 451 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA (inf) = 73.880 kJ/m²K				MASSA SUPERFICIALE = 437 kg/m²		
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.03 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.11				SFASAMENTO = -11.31 h		

Figura 5 Solaio di copertura

### 3 RIPORGETTAZIONE

La nuova progettazione prevede l'utilizzo di un sistema misto legno-calcestruzzo. Nel dettaglio, il piano terra, adibito a garage, si realizza in c.a. con solaio di tipo predalles, mentre per i piani superiori si impiegano due tipologie di sistemi costruttivi: pareti X-LAM a strati incrociati e sistema a telaio in legno lamellare. Il solaio di interpiano si realizza con travetti in legno di conifera e soletta collaborante, mentre per la copertura si prevede un classico tetto a due falde con travetti in legno lamellare e doppio tavolato. Il vano scala si realizza in c.a. al piano terra e in X-LAM ai piani superiori; la copertura anch'essa in X-LAM.

La sovrapposizione delle piante architettoniche del piano terra e del piano tipo ha permesso l'individuazione della posizione delle pareti portanti (setti in c.a. al piano terra e pareti in X-LAM ai piani superiori) e dei pilastri (in c.a. al piano terra e in legno lamellare ai piani superiori) al fine di poter definire la maglia strutturale.

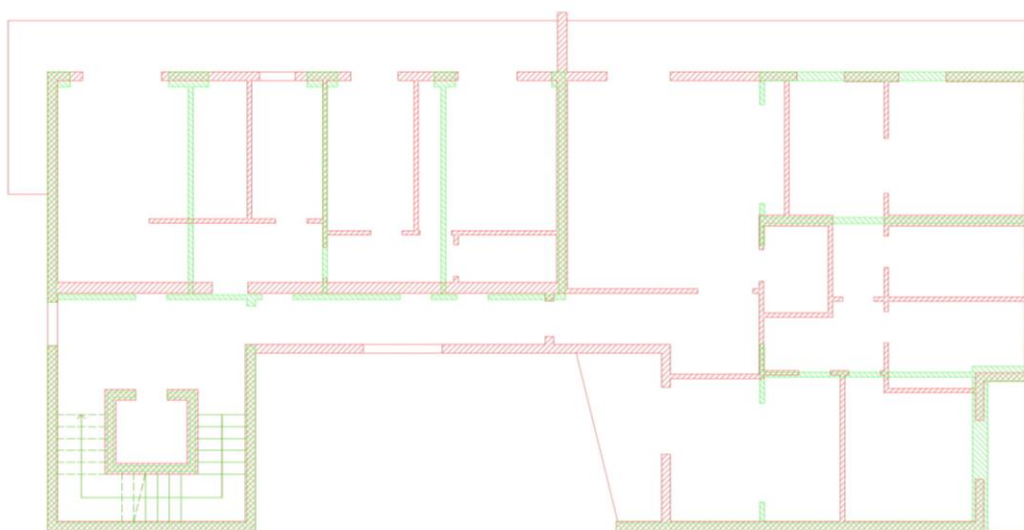


Figura 6 Sovrapposizione piante architettoniche



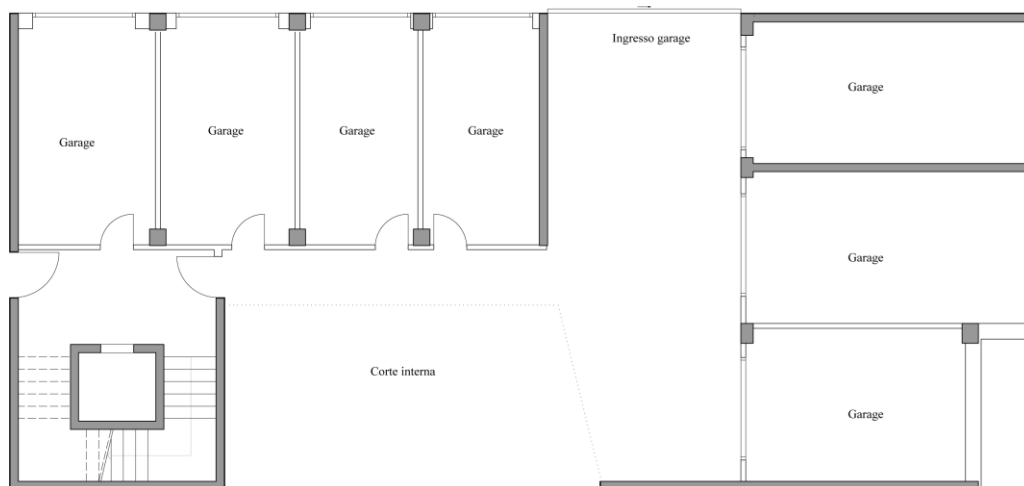


Figura 7 Pianta Garage

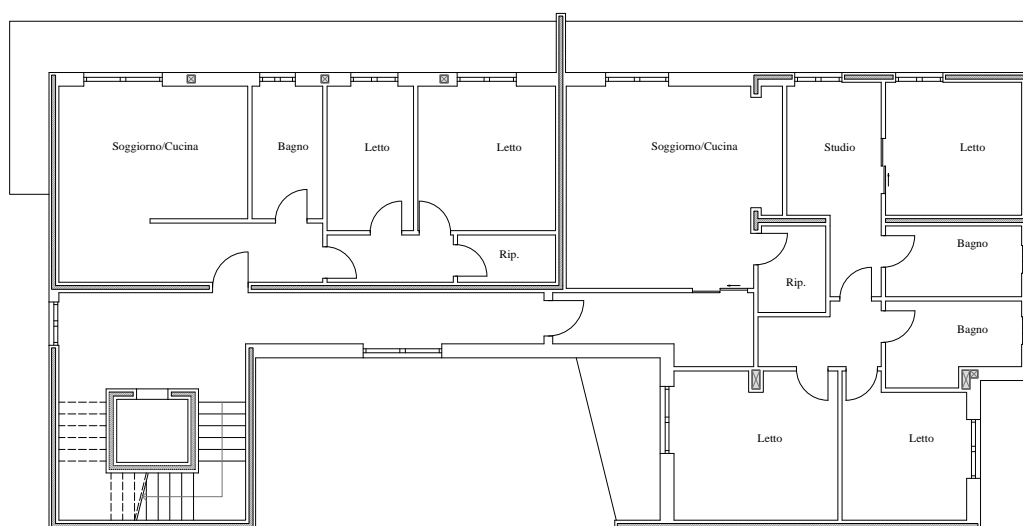


Figura 8 Pianta Piano Tipo

### 3.1 I MATERIALI

#### 3.1.1 IL LEGNO: MASSICCIO E LAMELLARE

Il legno massiccio è quella porzione di legno che viene ricavata da un unico tronco. Ne consegue che ogni tipo di legno avrà caratteristiche proprie a seconda del tipo di pianta da cui è stato ricavato. Distinguiamo due specie legnose utilizzate nelle strutture: conifere e latifoglie.

Il legno lamellare incollato è invece, un prodotto industriale ottenuto tramite l'incollaggio di due o più lamelle; le lamelle sono formate da tavole incollate di testa tramite i giunti a dita. Distinguiamo due tipologie di legno lamellare incollato: tipo omogeneo "h", la cui

sezione è formata da lamelle tutte della stessa classe e tipo combinato “c”, la cui sezione è composta da lamelle di classe migliore ai lembi estremi e lamelle di qualità inferiori nella parte centrale.

Gli standard di produzione sono:

lamelle di spessore 40 mm, pertanto l’altezza della sezione è un multiplo di 40 mm;

base della sezione (larghezza della lamella) multiplo di 20 mm con un minimo di 60mm ed un massimo di 260 mm; lunghezze superiori a 260 mm si possono ottenere utilizzando lamelle composte da tavole affiancate, comunque non sono produzioni standard.

Si riportano le caratteristiche di resistenza dei materiali utilizzati:

LL GL24h	
Proprietà di resistenza	
$f_{m,k} [N/mm^2]$	24
$f_{t,0,k} [N/mm^2]$	19,2
$f_{t,90,k} [N/mm^2]$	0,5
$f_{c,0,k} [N/mm^2]$	24
$f_{c,90,k} [N/mm^2]$	2,5
$f_{v,k} [N/mm^2]$	3,5
$f_{r,k} [N/mm^2]$	1,2
Proprietà di rigidezza	
$E_{0,mean} [N/mm^2]$	11500
$E_{0,k} [N/mm^2]$	9600
$E_{90,mean} [N/mm^2]$	300
$E_{90,k} [N/mm^2]$	250
$G_{mean} [N/mm^2]$	650
$G_k [N/mm^2]$	540
$G_{rol,mean} [N/mm^2]$	65
$G_{rol,k} [N/mm^2]$	54
Massa volumica	
$\rho_k [kg/m^3]$	385
$\rho_{mean} [kg/m^3]$	420

LM C24	
Proprietà di resistenza	
$f_{m,k} [N/mm^2]$	24
$f_{t,0,k} [N/mm^2]$	14,5
$f_{t,90,k} [N/mm^2]$	0,4
$f_{c,0,k} [N/mm^2]$	21
$f_{c,90,k} [N/mm^2]$	2,5
$f_{v,k} [N/mm^2]$	4,0
Proprietà di rigidezza	

$E_{0,mean} [N/mm^2]$	11000
$E_{0,05} [N/mm^2]$	7400
$E_{90,mean} [N/mm^2]$	370
$G_{mean} [N/mm^2]$	690
Massa volumica	
$\rho_k [kg/m^3]$	350
$\rho_{mean} [kg/m^3]$	420

### 3.1.2 X-LAM

Gli elementi in X-LAM sono composti da tavole in legno massiccio disposte a strati incrociati (cioè con direzione delle fibre alternata), incollate insieme sotto grandi pressioni per formare un unico elemento massiccio piano, con capacità portante in entrambe le direzioni. La struttura di tali pannelli si compone di un minimo di tre pannelli monostrato e sono impiegati come elemento solaio e/o parete. La larghezza massima è di 2,95 m (normalmente si tende ad utilizzare una dimensione di 2,45 m) e la lunghezza massima è di 16 m.

Le proprietà meccaniche del materiale si rifanno a quelle delle tavole utilizzate per realizzare il pannello. Si rimanda dunque alle proprietà del legno C24.

### 3.1.3 CALCESTRUZZO

Si utilizza un calcestruzzo di classe C25/30 con i seguenti valori caratteristici:

$R_{ck}$	Resistenza caratteristica a compressione assiale (provino cubico)	30 MPa
$f_{ck}$	Resistenza caratteristica a compressione assiale (provino cilindrico)	$0,83R_{ck} = 25MPa$
$f_{ctm}$	Resistenza media a trazione assiale	$0,30 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2}$ $= 2,56 MPa$
$f_{ctk}$	Resistenza caratteristica a trazione assiale	$0,7 \cdot f_{ctm} = 1,8 MPa$
$f_{cfm}$	Resistenza media a trazione per flessione	$1,2 \cdot f_{ctk} = 2,16 MPa$
$f_{cd}$	Resistenza di calcolo a compressione	$\frac{0,85}{1,5} \cdot f_{ck}$ $= 14,11 MPa$

$f_{ctd}$	Resistenza di calcolo a trazione	$\frac{f_{ctk}}{1,5} = 1,2 \text{ MPa}$
$\varepsilon_{cu}$	Deformazione ultima	0,35 %

### 3.1.4 ACCIAIO PER C.A.

Si utilizza acciaio B450C con i seguenti valori caratteristici:

$f_{yk}$	Resistenza a snervamento	$450 \text{ N/mm}^2$
$F_{tk}$	Resistenza a rottura	$540 \text{ N/mm}^2$
$f_{yd}$	Resistenza di progetto	$f_{yk}/1,15 = 391,3 \text{ N/mm}^2$
$E$	Modulo elastico	$210000 \text{ N/mm}^2$

## 4 ANALISI DEI CARICHI

### 4.1 CARICO DA NEVE

Il carico provocato dalla neve sulle coperture si calcola mediante la seguente espressione:

$$q_s = q_{sk} \cdot \mu_i \cdot C_E \cdot C_t$$

Il carico della neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona.

L'edificio oggetto di studio si trova ad Amantea (CS) che ricade nella zona III con:

$$q_{sk} = 0,6 \text{ kN/m}^2;$$

$$a_s = 50\text{m} (\leq 200\text{m});$$

$$\mu_i = 0,8 \text{ (Tab. 3.4.II – Valori del coefficiente di forma NTC 2018);}$$

$$C_E = 1 \text{ (Tab. 3.4.I – Valori di } C_E \text{ per diverse classi di esposizione NTC 2018);}$$

$$C_t = 1 \text{ (§ 3.4.5. NTC 2018).}$$

$$q_s = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,48 \text{ kN/m}^2$$

### 4.2 AZIONE DEL VENTO

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulla struttura azioni che nel tempo e nello spazio variano provocando, in generale, effetti dinamici.

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$K_s$
3	27	500	0,37
$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])			50
$T_R$ (Tempo di ritorno)			50
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$			
$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
$\underline{v}_b$ ( $T_R = 50$ [m/s])			27
$c_R$ ( $T_R$ )			1,00073
$v_T$ ( $T_R$ ) = $v_b \times c_R$ [m/s]			27,020

La pressione cinetica di riferimento  $q_r$  è pari a:

$$q_r = \frac{1}{2} \rho \cdot v_r^2 = 456,29 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Il coefficiente di esposizione  $c_e$  dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione.

Cat. Esposizione	$K_r$	$z_0$ [m]	$z_{\min}$ [m]	$c_t$
III	0,2	0,1	5	1

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_e \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) [7 + c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)] \quad \text{per } z \leq z_{\min}$$

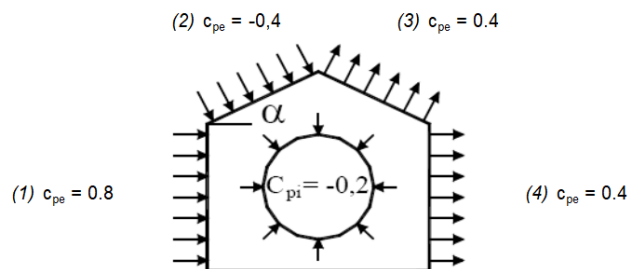
$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z > z_{\min}$$

Si riportano in tabella i valori di  $c_e$  ottenuti per le altezze in corrispondenza degli impalcati:

$z$ [m]	$c_e$
2,93	2,42
6,13	2,28
9,32	2,09
12,51	1,83
15,38	1,71

Il coefficiente dinamico tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura. Esso può essere assunto cautelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

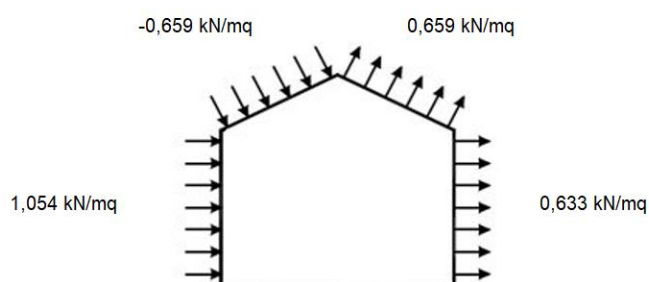
Il coefficiente di pressione dipende dalla tipologia, dalla geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Si riportano di seguito tali valori:



La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r c_e c_p c_d$$

Si ottiene la combinazione più gravosa:



### 4.3 PESI PROPRI PERMANENTI E SOVRACCARICHI

#### 4.3.1 PARETE ESTERNA IN X-LAM

Elemento	Spessore [m]	Peso unitario [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso effettivo [kN/m <sup>2</sup> ]
Lastra in cartongesso	0,0125	8,83	0,11
Lastra in cartongesso	0,0125	8,83	0,11
Lana di roccia	0,06	1,72	0,10
X-LAM	0,1	4,90	0,49
Fibra di legno a bassa densità	0,04	1,57	0,06
Fibra di legno ad alta densità	0,02	2,45	0,05
Rasante + primer	0,007	15	0,105
Tot. Carichi permanenti strutturali			0,49
Tot. Carichi permanenti non strutturali			0,535

#### 4.3.2 PARETE ESTERNA NEL SISTEMA TRAVI E PILASTRI

Elemento	Spessore [m]	Peso unitario [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso effettivo [kN/m <sup>2</sup> ]
Lastra in cartongesso	0,0125	8,83	0,11

Lastra in cartongesso	0,0125	8,83	0,11
Lana di roccia	0,06	1,72	0,10
Fibra di legno mineralizzata	0,075	3,92	0,294
Fibra di legno a bassa densità	0,04	1,57	0,06
Fibra di legno ad alta densità	0,02	2,45	0,05
Rasante + primer	0,007	15	0,105
Tot. Carichi permanenti non strutturali			0,829

#### 4.3.3 PARETE INTERNA IN X-LAM

Elemento	Spessore [m]	Peso unitario [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso effettivo [kN/m <sup>2</sup> ]
Lastra in cartongesso	0,0125	8,83	0,11
Lastra in cartongesso	0,0125	8,83	0,11
Lana di roccia	0,06	1,72	0,10
X-LAM	0,1	4,90	0,49
Lana di roccia	0,06	1,72	0,10
Lastra in cartongesso	0,0125	8,83	0,11
Lastra in cartongesso	0,0125	8,83	0,11
Tot. Carichi permanenti strutturali			0,49
Tot. Carichi permanenti non strutturali			0,64

#### 4.3.4 PARETE INTERNA IN CARTONGESSO

Il peso effettivo di una parete in cartongesso con doppia lastra è pari a 0,44 kN/m<sup>2</sup>.



#### 4.3.5 SOLAIO MISTO LEGNO-CLS DI INTERPIANO

Elemento	Spessore [m]	Peso unitario [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso effettivo [kN/m <sup>2</sup> ]
Tavolato in legno	0,025	4,41	0,11
Telo impermeabilizzante	0,002	11,17	0,023
Soletta in C.A.	0,05	24	1,2
Freno a vapore	0,004	8,92	0,03
Isolante XPS	0,04	0,294	0,01
Isolante acustico	0,007	0,294	0,002
Massetto porta impianti	0,07	18	1,26
Pavimento	0,02	22	0,44
Tot. Carichi permanenti strutturali			1,33
Tot. Carichi permanenti non strutturali			1,742

#### 4.3.6 SOLAIO DI COPERTURA IN LEGNO

Elemento	Spessore [m]	Peso unitario [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso effettivo [kN/m <sup>2</sup> ]
Tavolato in legno	0,02	4,41	0,088
Tavolato in legno	0,02	4,41	0,088
Freno a vapore	0,004	8,92	0,03
Fibra di legno a bassa densità	0,08	1,57	0,12
Fibra di legno ad alta densità	0,06	2,45	0,14
Guaina impermeabilizzante	0,004	11,72	0,03
Doppia listellatura	0,04x0,05	4,41	0,05
Tegole marsigliesi		0,45	0,45
Tot. Carichi permanenti strutturali			0,176
Tot. Carichi permanenti non strutturali			0,82

#### 4.3.7 SOLAIO DI INTERPIANO TIPO PREDALLES

Elemento	Spessore [m]	Peso unitario [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso effettivo [kN/m <sup>2</sup> ]
Solaio tipo predalles	0,026	4,41	3,96
Freno a vapore	0,004	8,92	0,03
Isolante XPS	0,12	0,294	0,03
Isolante acustico	0,007	0,294	0,002
Massetto porta impianti	0,07	18	1,26
Pavimento	0,02	22	0,44
Tot. Carichi permanenti strutturali			3,96
Tot. Carichi permanenti non strutturali			1,76

#### 4.3.8 BALCONE IN LEGNO

Elemento	Spessore [m]	Peso unitario [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso effettivo [kN/m <sup>2</sup> ]
Tavolato in legno	0,025	4,41	0,11
Telo impermeabilizzante	0,002	11,17	0,023
Soletta in C.A.	0,05	24	1,2
Guaina impermeabilizzante	0,004	11,72	0,05
Massetto delle pendenze	0,05	18	0,9
Pavimento	0,02	22	0,44
Tot. Carichi permanenti strutturali			1,33
Tot. Carichi permanenti non strutturali			1,39

#### 4.3.9 BALCONE IN C.A.

Elemento	Spessore [m]	Peso unitario [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso effettivo [kN/m <sup>2</sup> ]
----------	--------------	---------------------------------------	--

Intonaco	0,015	15	0,225
Soletta in C.A.	0,15	25	3,75
Guaina impermeabilizzante	0,004	11,72	0,047
Massetto delle pendenze	0,04	18	0,72
Pavimento	0,02	22	0,44
Tot. Carichi permanenti strutturali			3,75
Tot. Carichi permanenti non strutturali			1,43

#### 4.3.10 PIANEROTTOLO IN C.A.

Elemento	Spessore [m]	Peso unitario [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso effettivo [kN/m <sup>2</sup> ]
Intonaco	0,01	15	0,15
Soletta in C.A.	0,20	25	5,0
Massetto	0,05	18	0,90
Pavimento	0,02	22	0,40
Tot. Carichi permanenti strutturali			5,0
Tot. Carichi permanenti non strutturali			1,45

#### 4.3.11 PIANEROTTOLO IN LEGNO

Elemento	Spessore [m]	Peso unitario [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso effettivo [kN/m <sup>2</sup> ]
Pannello X-LAM	0,20	4,9	0,98
Lastra in fibrocemento	0,02	16	0,32
Pavimento	0,02	22	0,44
Tot. Carichi permanenti strutturali			0,98
Tot. Carichi permanenti non strutturali			0,76

#### 4.3.12 SOLAIO DI COPERTURA VANO SCALA

Elemento	Spessore [m]	Peso unitario [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso effettivo [kN/m <sup>2</sup> ]
Pannello X-LAM	0,12	4,9	0,59
Freno a vapore	0,004	8,92	0,03
Fibra di legno a bassa densità	0,06	1,57	0,09
Fibra di legno ad alta densità	0,05	2,45	0,12
Guaina impermeabilizzante	0,004	11,72	0,03
Pannello ISOPAN		0,103	0,103
Tot. Carichi permanenti strutturali			0,59
Tot. Carichi permanenti non strutturali			0,373

#### 4.3.13 SOVRACCARICO D'USO

Categoria	Ambienti	q <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>k</sub> [kN]	H <sub>k</sub> [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale	2,00	2,00	1,00
H	Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
C	Balconi, ballatoi, scale comuni	4,00	4,00	2,00

## 5 DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

La progettazione è stata realizzata applicando le “Norme tecniche per le costruzioni 17/1/2018”. Il metodo di verifica utilizzato è stato il “Metodo agli stati limite” con verifiche agli “Stati limite ultimi” ed agli “Stati limite di esercizio” di cui al §2.5.3 della suddetta normativa.

### 1. Combinazione fondamentale (SLU):

$$\gamma G_1 \cdot G_1 + \gamma G_2 \cdot G_2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q_1 \cdot Q_{K1} + \gamma Q_1 \cdot \Psi_{02} \cdot Q_{K2} + \gamma Q_1 \cdot \Psi_{03} \cdot Q_{K3} + \dots$$

### 2. Combinazione caratteristica “rara” (SLE):

$$G_1 + G_2 + P + Q_{K1} + \Psi_{02} \cdot Q_{K2} + \Psi_{03} \cdot Q_{K3} + \dots;$$

### 3. Combinazione “frequente” (SLE):

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{K1} + \Psi_{22} \cdot Q_{K2} + \Psi_{23} \cdot Q_{K3} + \dots;$$

### 4. Combinazione “quasi permanente” (SLE):

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{K1} + \Psi_{22} \cdot Q_{K2} + \Psi_{23} \cdot Q_{K3} + \dots;$$

### 5. Combinazione “sismica”:

$$E + G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{K1} + \Psi_{22} \cdot Q_{K2} + \Psi_{23} \cdot Q_{K3} + \dots;$$

### 6. Combinazione “eccezionale”:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \Psi_{21} \cdot Q_{K1} + \Psi_{22} \cdot Q_{K2} + \Psi_{23} \cdot Q_{K3} + \dots.$$

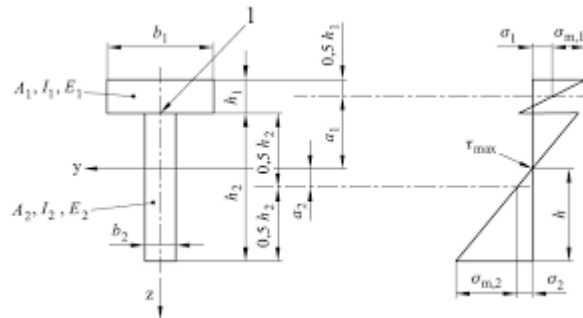
Oltre alle NTC18, si progetta applicando la Norma Europea “Eurocodice 5. Progettazione delle strutture in legno. Parte 1-1: Regole generali- Regole comuni e regole per gli edifici” che fornisce le regole generali di progettazione delle strutture di legno.

### 5.1 SOLAIO MISTO LEGNO-CLS

Il calcolo delle strutture miste legno-calcestruzzo si basa sulla teoria delle travi composte di Möhler, tale teoria è adottata nell’Eurocodice 5 (APPENDICE B).

Il metodo considera la deformabilità dell’unione fra legno e calcestruzzo; tale deformabilità consente lo scorrimento relativo per taglio fra legno e calcestruzzo pur

contrastandolo con la rigidezza a taglio propria dell'unione. Viene abbandonata l'ipotesi di conservazione delle sezioni piane per la sezione composta e tale ipotesi resta valida per la sola sezione di legno e la sola sezione di calcestruzzo: il legno lavora a tensoflessione mentre il calcestruzzo a pressoflessione. Ai fini della rigidezza, la sezione di calcestruzzo è considerata interamente reagente qualora sia soggetta a tensioni di trazione è necessario disporre un'armatura in grado di assorbire tali sforzi.



La rigidezza efficace del sistema misto si determina dalla seguente espressione:

$$(EJ)_{ef} = \sum_{i=1}^3 (E_i J_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2)$$

Una volta determinata la rigidezza efficace della membratura è possibile determinare, per mezzo delle seguenti espressioni, le sollecitazioni normali e flessionali agenti:

$$\sigma_i = \frac{\gamma_i E_i a_i M}{(EJ)_{ef}}$$

$$\sigma_{m,i} = \frac{0,5 E_i h_i M}{(EJ)_{ef}}$$

Da esse è possibile ricavare le tensioni agenti ai lembi dell'elemento: essendo  $\sigma_i$  la tensione baricentrica e  $\sigma_m$  la componente flessionale di tensione da sommare o sottrarre alla tensione baricentrica per ottenere le tensioni ai lembi degli elementi costituenti.

Si calcolano il massimo sforzo di taglio agente nell'elemento d'anima e la forza a cui è sottoposto ciascun connettore, tramite le successive espressioni:

$$T_{2,max} = \frac{\gamma_3 E_3 A_3 a_3 + 0,5 E_2 b_2 h^2}{b_2 (EJ)_{ef}}$$

$$F_i = \frac{\gamma_i E_i A_i a_i s_i}{(EJ)_{ef}} V$$

VERIFICHE SLU A TEMPO ZERO: sono forniti i risultati relativi alle verifiche a breve termine.

**CLS – tensione superiore, max:** tensione nel calcestruzzo al lembo superiore, confrontata con la resistenza di progetto.

$$\sigma_{c,max} \leq f_{c,d}$$

**CLS – tensione inferiore, min:** tensione nel calcestruzzo al lembo inferiore confrontata con la resistenza di progetto. Tale valore può risultare negativo, in tal caso le tensioni di trazione saranno assorbite da apposita armatura.

$$\sigma_{c,min} \leq f_{c,t,d}$$

**LEGNO - tensoflessione:** risultato della verifica a tensoflessione nel legno, la verifica è soddisfatta se il risultato è minore di 1.

$$\frac{\sigma_i}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,i}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

**LEGNO - taglio:** tensione di taglio massima nel legno confronta con la resistenza a taglio di progetto.

$$T_{2,max} \leq f_{v,d}$$

**CONNETTORE - taglio:** Verifica connettore: sforzo di taglio massimo sul connettore confronto con la resistenza di progetto.

$$F_i \leq R_d$$

VERIFICHE SLU A TEMPO INFINITO: sono forniti i risultati relativi alle verifiche a lungo termine, cioè considerando il fenomeno della viscosità.

Le verifiche di resistenza sono effettuate con la combinazione di carico allo SLU.

## VERIFICHE SLE

Nel caso di calcolo della deformata come da *DM 17/01/2018* vengono riportate:

**Freccia iniziale:** valore dell'abbassamento massimo in mezzeria confrontato con il valore di progetto. Le componenti di tale valore sono: carico variabile. Tale deformata rappresenta la massima deformata per carichi di breve durata.

**Freccia attiva:** valore dell'abbassamento massimo in mezzeria espresso confrontato con il valore di progetto. Le componenti di tale valore sono: carico variabile per effetto iniziale, carico variabile per effetto viscosità, carico peso proprio e permanenti per effetto

viscosità. Tale deformata rappresenta la massima deformata che si può avere oltre a quella che si manifesta all'inizio sotto carichi permanenti.

**Freccia totale:** valore dell'abbassamento massimo in mezzeria espresso confrontato con il valore di progetto. Le componenti di tale valore sono: carico variabile per effetto iniziale, carico variabile per effetto viscosità, carico peso proprio e permanenti per effetto iniziale e per effetto viscosità. Tale deformata rappresenta la massima deformata totale.

Tali valori, sono confrontati con i valori limite imposti dalla normativa (*Eurocodice 5*), che nel caso di solai con pavimenti e/o tramezzi rigidi vale:

$$u_{ist} = L/500$$

$$u_{fin} = L/350$$

### 5.1.1 SOLAIO DI INTERPIANO

Il calcolo dei solai misti si effettua tramite l'utilizzo del software *TECNARIA*, il quale permette di eseguire le verifiche di resistenza e deformabilità per la sezione in questione e fornisce il numero di connettori necessari oltre all'armatura trasversale da inserire e all'eventuale armatura aggiuntiva corrente per trave.

Si utilizza:

Tipo di legno: classe C24 secondo *EN338:2016*

Tipo di calcestruzzo: classe C25/30

Connettore *TECNARIA* BASE con piastre 50x50 mm e viti  $\phi 8$  mm

Il software permette il dimensionamento delle travi secondarie inserendo manualmente i soli carichi permanenti non strutturali del solaio mentre i carichi permanenti strutturali (peso proprio della trave, soletta e tavolato) sono calcolati in automatico.

Le luci per cui si effettua il dimensionamento del solaio sono differenti ( $l_1 = 5,45$  m;  $l_2 = 3,90$  m;  $l_3 = 7,85$  m) considerando un interasse  $i = 80$  cm, mentre per i balconi, in continuo col solaio, si inserisce il valore della luce moltiplicato per due, così come previsto dall'*Eurocodice 5*.

Si riporta di seguito la schermata tipo:



Solaio legno-cls\_int80\_luce545 - Tecnarìa

TECNARIA® [Visita il sito](#) [Scarica disegni](#) [Scarica certificati](#) [Scrivi a Tecnarìa](#) **Versione 4.30**

**File**

**Dati**

**Calcola**

**Guida**

**Riepilogo dati**

Trave puntellata D.M. 17/01/2018

Calcestruzzo C25/30 - Rck30

Legno C24 secondo EN338:2016

Connettore Base sulla trave

**Carchi portati per metro quadrato**

Perm. strutturali  $G_{k,1} = 1.56$  kN/m<sup>2</sup>

Perm. non strutturali  $G_{k,2} = 2.17$  kN/m<sup>2</sup>

Variabili  $Q_k = 2.00$  kN/m<sup>2</sup>

**Geometria**

Spessore assito **2.5** cm

Spessore isolante **0** cm

Spessore CLS **5** cm

Interasse travi **80** cm

Base travi **16** cm

Altezza travi **18** cm

Luce travi **545** cm

Interasse travetti  cm

Base travetti  cm

Altezza travetti  cm

**Carichi portati**

Iniziali **1.26** kN/m<sup>2</sup> (Sottofondo)

Iniziali **0** kN/m<sup>2</sup> (Massetto)

1° di tipo fragile **0.44** kN/m<sup>2</sup> (Tramezzi)

Successivi **0.471** kN/m<sup>2</sup> (Pavimento)

Sovraccarichi **2.00** kN/m<sup>2</sup>

**A Ambienti ad uso residenziale**

**Rapporto adm. L / freccia**

Iniziale solo var. **500**

Attiva **1: Finiture fragili**

Finale **350**

**Calcolo di solaio a singola orditura**

Luce della trave = 545 N.B.: Misure espresse in cm

**Materiali strutturali**

Peso spec. assito  Valore **4.20** kN/m<sup>3</sup>

Peso spec. isolante  Valore **0.25** kN/m<sup>3</sup>

Classe CLS strutturale **C25/30 - Rck30**

Tipo di legno **C24 secondo EN338:2016**

Umidità del legno **<= 20%**

Tipologia connettore **Base sulla trave**

Tavolato  Carotato  Interrotto

Spaziatura connettori  Costante  Variabile

Trave **puntellata o tirantata**

**Inserimento Avanzato Caratteristiche Meccaniche**

**CLS** **Legno** **Altri**

Figura 9 Interfaccia software Tecnarìa

Solaio legno-cls\_int80\_luce545 - Tecnarìa

TECNARIA® [Visita il sito](#) [Scarica disegni](#) [Scarica certificati](#) [Scrivi a Tecnarìa](#) **Versione 4.30**

**File**

**Dati**

**Calcola**

**Guida**

**Riepilogo dati**

Trave puntellata D.M. 17/01/2018

Calcestruzzo C25/30 - Rck30

Legno C24 secondo EN338:2016

Connettore Base sulla trave

**Carchi portati per metro quadrato**

Perm. strutturali  $G_{k,1} = 1.56$  kN/m<sup>2</sup>

Perm. non strutturali  $G_{k,2} = 2.17$  kN/m<sup>2</sup>

Variabili  $Q_k = 2.00$  kN/m<sup>2</sup>

**RISULTATI DELLE VERIFICHE**

Connettore tipo CTL BASE 12/60

Spaziatura variabile - ai quarti estremi della trave **4.6** cm

- nella metà centrale della trave **9.2** cm

Numero connettori: - per trave **91** - a metro quadro **20.87**

Beff: 80.0 cm  $M = 0.00 + 23.31$  kNm  $EJ_{t0} = 4996$  kN m<sup>2</sup>

Btav: 6.5 cm  $V = 0.00 + 17.11$  kN  $EJ_{tinf} = 2643$  kN m<sup>2</sup>

**Verifiche SLU a tempo ZERO**

CLS - tensione sup.  $\sigma_{c,max} = 7.13 <= 14.17$  N/mm<sup>2</sup>

CLS - tensione inf.  $\sigma_{c,min} = -0.88$  N/mm<sup>2</sup>

LEGNO - tensoflessione **0.97 <= 1.00**

LEGNO - taglio  $\tau_{l,max} = 0.86 <= 2.13$  N/mm<sup>2</sup>

CONNETTORE - taglio  $F_{oon,max} = 4215 <= 9173$  N

**Verifiche SLU a tempo INFINITO**

CLS - tensione sup  $\sigma_{c,max} = 5.96 <= 14.17$  N/mm<sup>2</sup>

CLS - tensione inf  $\sigma_{c,min} = 0.30$  N/mm<sup>2</sup>

LEGNO - tensoflessione **1.00 <= 1.00**

LEGNO - taglio  $\tau_{l,max} = 0.87 <= 2.13$  N/mm<sup>2</sup>

CONNETTORE - taglio  $F_{oon,max} = 4227 <= 9173$  N

**Verifiche SLE**  $Fr_{,iniziale\ solo\ Q}$   $Fr_{max} = 3.68 <= 10.90$  mm

Freccia attiva  $Fr_{max} = 9.06 <= 10.45$  mm

Freccia totale  $Fr_{max} = 15.05 <= 15.57$  mm

**Armatura corrente per trave**

$A_{inf} = 0.00$  cm<sup>2</sup> nel raccordo, in basso.

$A_{inf} = 0.00$  cm<sup>2</sup> nella soletta, in basso.

**Arm. trasversale**

$A_{tr} = 0.88$  cm<sup>2</sup>/m

Verifica puntone: **0.18 <= 1**

**Staffe**

Calcolo eseguito senza staffe

**Ricalcola con staffe**

**Calcolo di solaio a singola orditura**

Luce della trave = 545 N.B.: Misure espresse in cm

**Imp. stampante** **STAMPA**

Figura 10 Risultati delle verifiche tramite software Tecnarìa

Si riportano la pianta e la tabella riassuntiva del dimensionamento del solaio:

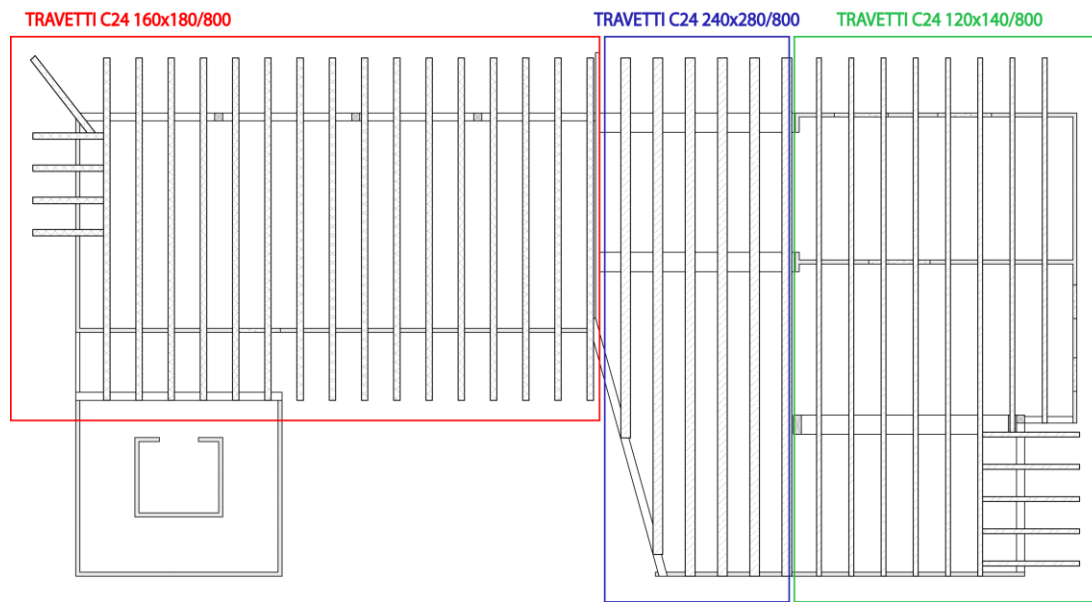


Figura 11 Disposizione travetti C24

Luce [m]	Dimensioni trave (base x altezza) [mm]	Armatura trasversale	Armatura corrente per trave	Numero connettori per trave
5,45	160 x 180	Rete $\phi 5$ maglia 20x20	-	91
3,90	120 x 140	Rete $\phi 5$ maglia 20x20	2 $\phi 8$ nella soletta, in basso	28
7,85	240 x 280	Rete $\phi 5$ maglia 20x20	-	61
2,36	160 x 180	Rete $\phi 5$ maglia 20x20	2 $\phi 8$ nella soletta, in basso	106

## 5.2 SOLAIO PREDALLES

Il solaio dei garage, al fine di garantire determinate caratteristiche REI, si realizza mediante lastre predalle: pannello prefabbricato costituito da tralicci in acciaio annegati in una suola di calcestruzzo armato e vibrato, opportunamente distanziati tra loro tramite l'interpolazione di elementi di alleggerimento in polistirene espanso.

Si utilizza un solaio con tali caratteristiche:

Spessore solaio [cm]	Spessore lastra [cm]	Altezza polistirolo [cm]	Spessore cappa [cm]	Peso solaio [daN/m <sup>2</sup> ]
20	5	10	6	396

### 5.3 TRAVI IN LEGNO DI INTERPIANO

Lo schema statico è quello di una trave in semplice appoggio sia per le travi di spina che per le travi di bordo. Per le verifiche si fa riferimento al §4.4. *Costruzioni di legno* delle “*Norme tecniche per le costruzioni 17/1/2018*”.

Prima di procedere con il dimensionamento degli elementi in legno è necessario definire: *il coefficiente di sicurezza* sul materiale:

$\gamma_m = 1,45$  Legno lamellare incollato

$\gamma_m = 1,50$  Legno massiccio

*la classe di servizio* (definisce la dipendenza delle resistenze di progetto e dei moduli elastici del legno derivati dalle condizioni ambientali).

Classe di servizio 1	È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65%, se non per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 2	È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa dell'aria circostante che superi l'85% solo per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 3	È caratterizzata da un'umidità più elevata di quella di classe di servizio 2.

*la classe di durata del carico:*

Classe di durata del carico	Durata del carico
Permanente	Più di 10 anni
Lunga durata	6 mesi – 10 anni
Media durata	1 settimana – 6 mesi
Breve durata	Meno di una settimana
Istantaneo	-

In funzione del tipo di materiale, della classe di servizio e della classe di durata del carico è possibile definire i valori di  $K_{mod}$  e  $K_{def}$ . Di seguito, si riportano i valori relativi al solo legno lamellare:

$K_{mod}$ :

Classe di servizio	Classe di durata del carico				
	Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantanea
1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

Se la combinazione di carico prevede carichi di durata differente si utilizza il  $K_{mod}$  relative alla durata più breve.

$K_{def}$ :

Classe di servizio		
1	2	3
0,60	0,80	2,00

Nel caso in esame:

Edificio di tipo residenziale per cui in CLASSE DI SERVIZIO 1 (esclusi i balconi e il sottotetto in CLASSE DI SERVIZIO 2)

La classe di durata del carico è variabile:

Pesi propri: PERMANENTE

Sovraccarico d'uso: MEDIA DURATA

Carico neve: BREVE DURATA

Azione del vento e del sisma: ISTANTANEO

**Verifiche di resistenza SLU:**

FLESSIONE SEMPLICE:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} \leq \frac{K_{mod} K_h f_{m,k}}{\gamma_M} = f_{m,d}$$

TAGLIO:

$$T_{max} = 1,5 \frac{T}{b_{ef} h} \leq \frac{K_{mod} f_{v,k}}{\gamma_M} = f_{v,d}$$

### Verifiche SLE:

DEFORMABILITÀ (SLE RARA):

Tale verifica è da eseguire a tempo zero e a tempo infinito in maniera tale da considerare gli effetti viscosi: si calcola la freccia istantanea dovuta ai soli carichi permanenti e separatamente la freccia istantanea dovuta ai soli carichi variabili e allo stesso modo la freccia finale.

$$u = \frac{5}{384} \frac{q l^4}{E J} + \chi \frac{q l^2}{8 G A}$$

La freccia totale (sia istantanea che finale), data dalla somma delle frecce dovute ai carichi permanenti e a quelli variabili, dovrà essere confrontata con il valore limite di normativa:

$$u_{tot} = u_G + u_Q \leq u_{lim}$$

dove  $u_{lim}$  nel caso in esame vale:

$$u_{ist} = 1/500$$

$$u_{fin} = 1/300$$

### Verifiche di resistenza al fuoco:

Si effettua nuovamente la verifica a flessione considerando la sezione ridotta e come resistenza il frattile 20%, come indicato nel §4.4.14. del D.M. 17 gennaio 2018. Nel caso di combinazioni eccezionali il coefficiente di sicurezza  $\gamma_M = 1$ .

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} \leq \frac{K_{mod,fi} f_{20}}{\gamma_{M,fi}} = f_{d,fi}$$

Si definiscono i lati di esposizione al fuoco dell'elemento strutturale e si stabilisce il valore di stabilità R (nel caso in esame R60): si calcola la sezione efficace riducendo la sezione iniziale, su ciascun lato esposto, della profondità di carbonatazione efficace  $d_{ef}$ :

$$d_{ef} = d_{char,0} + k_0 d_0$$

$$d_{char,0} = \beta_n t$$

dove

$$\beta_n \text{ (velocità di carbonatazione convenzionale)} = 0,7 \text{ per legno lamellare}$$

$$d_0 = 7 \text{ mm}$$

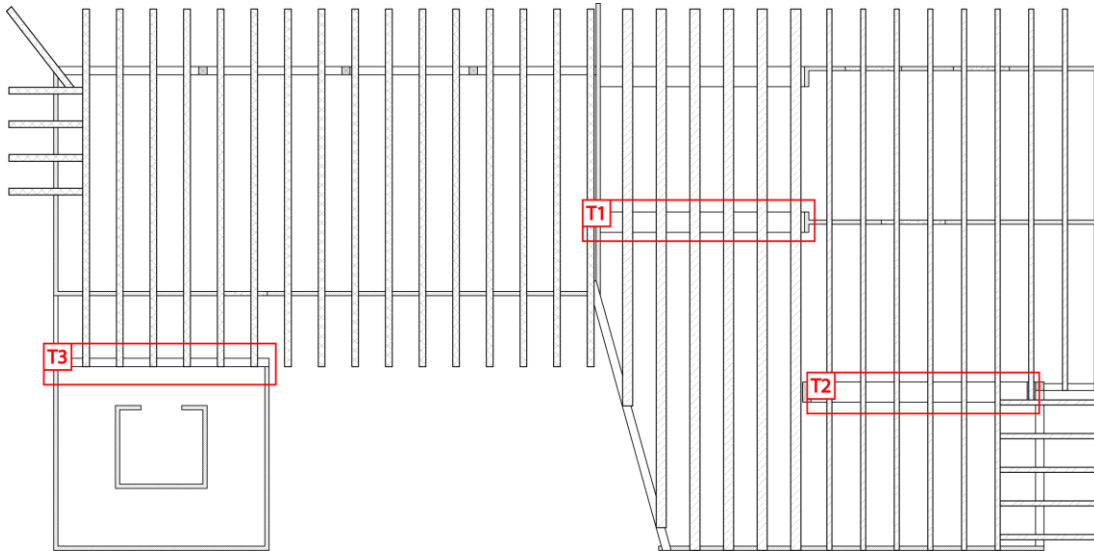
Calcolato il valore di  $d_{ef}$  è possibile definire le nuove dimensioni sezione della trave così da procedere al calcolo di  $\sigma_{m,d}$ . Analogamente alle sezioni a freddo, le resistenze di

progetto del materiale si calcolano moltiplicando le resistenze per il coefficiente di modificazione e dividendo per il coefficiente di sicurezza del materiale.

Come anticipato, si considera come resistenza il frattile 20% e non il valore caratteristico.

$f_{20} = k_{fi} f_k$  con  $k_{fi} = 1,15$  per legno lamellare.

### 5.3.1 TRAVI DI SPINA



Le travi di spina si realizzano in legno lamellare GL24h. Nel calcolo si considerano le azioni agenti sulla struttura:

- Peso proprio della trave principale ( $G_1$ )
- Peso proprio della trave secondaria ( $G_2$ )
- Peso del solaio ( $G_2$ )
- Sovraccarico accidentale ( $Q_k$ )

Si definiscono, per il caso in esame:

$$\gamma_m = 1,45$$

Classe di servizio:1

Durata di carico: media

$$K_{mod}: 0,8$$

$$K_{def}: 0,6$$

Si considera l'esposizione al fuoco su tre lati e si effettua la verifica per R60.

Si riportano in tabella i dati necessari per effettuare le verifiche:

Travi	b[mm]	h [mm]	L [m]	q <sub>SLU</sub> [kN/m]	q <sub>SLE rara</sub> (perm.) [kN/m]	q <sub>SLE rara</sub> (var.) [kN/m]	q <sub>eccezionale</sub> [kN/m]
T1	480	440	4,975	50,77	23,54	11,72	30,46
T2	480	400	5,10	32,12	14,60	7,64	19,27
T3	200	320	4,92	6,52	3,02	1,5	3,91

### 5.3.1.1 TRAVE DI SPINA T1

#### Verifiche di resistenza SLU:

FLESSIONE SEMPLICE:

$$\sigma_{m,d} = 11,18 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{m,d} = 13,24 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \text{ VERIFICATO}$$

TAGLIO:

$$T_{max} = 1,31 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{v,d} = 1,93 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{max} \leq f_{v,d} \text{ VERIFICATO}$$

#### Verifiche SLE:

DEFORMABILITÀ (SLE RARA):

$$u_{tot,ist} = 9,77 \text{ mm};$$

$$u_{lim,ist} = 10,44 \text{ mm}$$

$$u_{tot,ist} \leq u_{lim,ist} \text{ VERIFICATO}$$

$$u_{tot,fin} = 14,28 \text{ mm};$$

$$u_{lim,fin} = 14,92 \text{ mm}$$

$$u_{tot,fin} \leq u_{lim,fin} \text{ VERIFICATO}$$

#### Verifiche di resistenza al fuoco:

FLESSIONE SEMPLICE:

$$\sigma_{m,d} = 13,95 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{m,d} = 27,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \text{ VERIFICATO}$$

### 5.3.1.2 TRAVE DI SPINA T2

#### Verifiche di resistenza SLU:

FLESSIONE SEMPLICE:

$$\sigma_{m,d} = 8,99 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{m,d} = 13,24 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \text{ VERIFICATO}$$

TAGLIO:

$$T_{\max} = 0,94 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{v,d} = 1,93 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{\max} \leq f_{v,d} \text{ VERIFICATO}$$

#### Verifiche SLE:

DEFORMABILITÀ (SLE RARA):

$$u_{\text{tot,ist}} = 8,85 \text{ mm};$$

$$u_{\text{lim,ist}} = 10,71 \text{ mm}$$

$$u_{\text{tot,ist}} \leq u_{\text{lim,ist}} \text{ VERIFICATO}$$

$$u_{\text{tot,fin}} = 12,89 \text{ mm};$$

$$u_{\text{lim,fin}} = 15,30 \text{ mm}$$

$$u_{\text{tot,fin}} \leq u_{\text{lim,fin}} \text{ VERIFICATO}$$

#### Verifiche di resistenza al fuoco:

FLESSIONE SEMPLICE:

$$\sigma_{m,d} = 13,95 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{m,d} = 27,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \text{ VERIFICATO}$$

### 5.3.1.3 TRAVE DI SPINA T3

#### Verifiche di resistenza SLU:

FLESSIONE SEMPLICE:

$$\sigma_{m,d} = 6,36 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{m,d} = 13,24 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \text{ VERIFICATO}$$



TAGLIO:

$$T_{\max} = 0,55 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{v,d} = 1,93 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{\max} \leq f_{v,d} \text{ VERIFICATO}$$

**Verifiche SLE:**

DEFORMABILITÀ (SLE RARA):

$$u_{\text{tot,ist}} = 7,11 \text{ mm};$$

$$u_{\text{lim,ist}} = 10,39 \text{ mm}$$

$$u_{\text{tot,ist}} \leq u_{\text{lim,ist}} \text{ VERIFICATO}$$

$$u_{\text{tot,fin}} = 10,33 \text{ mm};$$

$$u_{\text{lim,fin}} = 14,76 \text{ mm}$$

$$u_{\text{tot,fin}} \leq u_{\text{lim,fin}} \text{ VERIFICATO}$$

**Verifiche di resistenza al fuoco:**

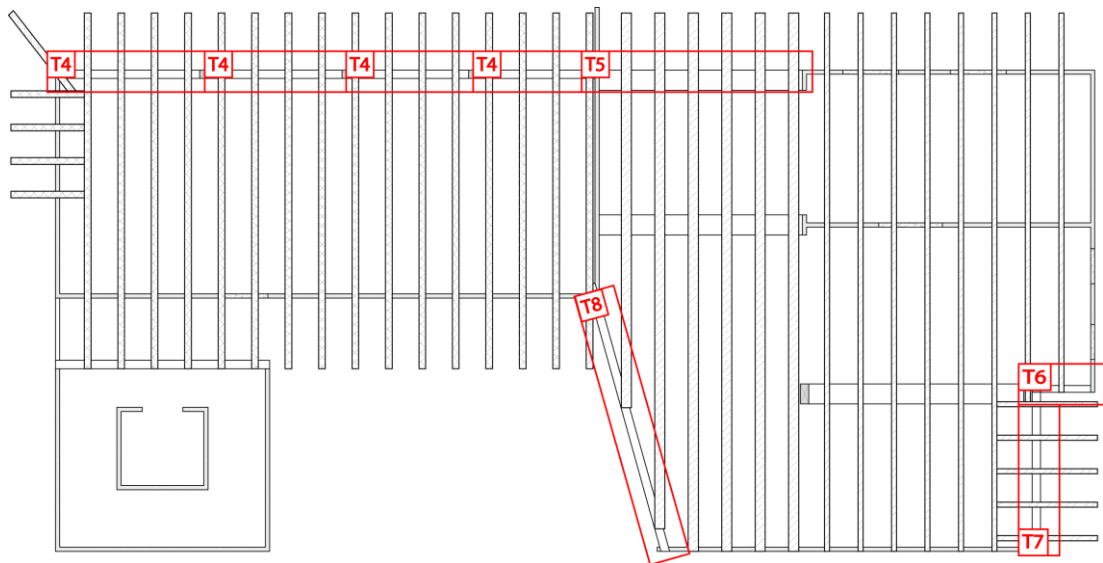
FLESSIONE SEMPLICE:

$$\sigma_{m,d} = 15,54 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{m,d} = 27,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \text{ VERIFICATO}$$

### 5.3.2 TRAVI DI BORDO



Le travi di bordo sono realizzate in legno lamellare GL24h. Nel calcolo si considerano tutte le azioni agenti sulla struttura:

- Peso proprio della trave principale ( $G_1$ )
- Peso proprio della trave secondaria ( $G_2$ )
- Peso del solaio ( $G_2$ )
- Sovraccarico accidentale ( $Q_k$ )

Si definiscono per il caso in esame:

$$\gamma_m = 1,45$$

Classe di servizio: 1

Durata di carico: media

$$K_{mod}: 0,8$$

$$K_{def}: 0,6$$

Si considera l'esposizione al fuoco su tre lati e si effettua la verifica per R60.

Si riportano in tabella i dati necessari per effettuare le verifiche:

Travi	b[mm]	h [mm]	L [m]	q <sub>SLU</sub> [kN/m]	q <sub>SLE rara</sub> (perm.) [kN/m]	q <sub>SLE rara</sub> (var.) [kN/m]	q <sub>eccezionale</sub> [kN/m]
T4	200	400	3,35	39,908	16,847	10,618	23,944
T5	480	400	5,05	34,36	14,83	8,918	20,619
T6	160	200	1,20	19,642	9,714	3,75	11,785
T7	200	320	3,70	18,265	7,014	5,467	10,959
T8	200	400	6,10	38,205	14,719	11,68	22,923

### 5.3.2.1 TRAVE DI BORDO T4

**Verifiche SLU:**

FLESSIONE SEMPLICE:

$$\sigma_{m,d} = 11,57 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{m,d} = 13,24 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \text{ VERIFICATO}$$

TAGLIO:

$$T_{max} = 1,84 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{v,d} = 1,93 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{max} \leq f_{v,d} \text{ VERIFICATO}$$

**Verifiche SLE:**

DEFORMABILITÀ (SLE RARA):

$$u_{tot,ist} = 5,44 \text{ mm};$$

$$u_{lim,ist} = 7,82 \text{ mm}$$

$$u_{tot,ist} \leq u_{lim,ist} \text{ VERIFICATO}$$

$$u_{tot,fin} = 7,035 \text{ mm};$$

$$u_{lim,fin} = 10,05 \text{ mm}$$

$$u_{tot,fin} \leq u_{lim,fin} \text{ VERIFICATO}$$

**Verifiche di resistenza al fuoco:**

FLESSIONE SEMPLICE:

$$\sigma_{m,d} = 16,13 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{m,d} = 27,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \text{ VERIFICATO}$$

**5.3.2.2 TRAVE DI BORDO T5****Verifiche SLU:**

FLESSIONE SEMPLICE:

$$\sigma_{m,d} = 9,43 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{m,d} = 13,24 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \text{ VERIFICATO}$$

TAGLIO:

$$T_{max} = 0,99 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{v,d} = 1,93 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{max} \leq f_{v,d} \text{ VERIFICATO}$$

**Verifiche SLE:**

DEFORMABILITÀ (SLE RARA):

$$u_{tot,ist} = 9,107 \text{ mm};$$

$$u_{lim,ist} = 13,135 \text{ mm}$$

$$u_{tot,ist} \leq u_{lim,ist} \text{ VERIFICATO}$$

$$u_{tot,fin} = 10,605 \text{ mm};$$

$$u_{lim,fin} = 15,15 \text{ mm}$$

$$u_{tot,fin} \leq u_{lim,fin} \text{ VERIFICATO}$$

### **Verifiche di resistenza al fuoco:**

FLESSIONE SEMPLICE:

$$\sigma_{m,d} = 11,06 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{m,d} = 27,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \text{ VERIFICATO}$$

### **5.3.2.3 TRAVE DI BORDO T6**

#### **Verifiche SLU:**

FLESSIONE SEMPLICE:

$$\sigma_{m,d} = 4,5 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{m,d} = 13,24 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \text{ VERIFICATO}$$

TAGLIO:

$$T_{max} = 0,90 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{v,d} = 1,93 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{max} \leq f_{v,d} \text{ VERIFICATO}$$

#### **Verifiche SLE:**

DEFORMABILITÀ (SLE RARA):

$$u_{tot,ist} = 0,66 \text{ mm};$$

$$u_{lim,ist} = 0,98 \text{ mm}$$

$$u_{tot,ist} \leq u_{lim,ist} \text{ VERIFICATO}$$

$$u_{tot,fin} = 2,52 \text{ mm};$$

$$u_{lim,fin} = 3,6 \text{ mm}$$

$$u_{tot,fin} \leq u_{lim,fin} \text{ VERIFICATO}$$

### **Verifiche di resistenza al fuoco:**

FLESSIONE SEMPLICE:

$$\sigma_{m,d} = 18,80 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{m,d} = 27,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \text{ VERIFICATO}$$

#### 5.3.2.4 TRAVE DI BORDO T7

##### Verifiche SLU:

FLESSIONE SEMPLICE:

$$\sigma_{m,d} = 10,09 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{m,d} = 13,24 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \text{ VERIFICATO}$$

TAGLIO:

$$T_{\max} = 1,16 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{v,d} = 1,93 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{\max} \leq f_{v,d} \text{ VERIFICATO}$$

##### Verifiche SLE:

DEFORMABILITÀ (SLE RARA):

$$u_{\text{tot,ist}} = 6,57 \text{ mm};$$

$$u_{\text{lim,ist}} = 9,31 \text{ mm}$$

$$u_{\text{tot,ist}} \leq u_{\text{lim,ist}} \text{ VERIFICATO}$$

$$u_{\text{tot,fin}} = 7,77 \text{ mm};$$

$$u_{\text{lim,fin}} = 11,1 \text{ mm}$$

$$u_{\text{tot,fin}} \leq u_{\text{lim,fin}} \text{ VERIFICATO}$$

##### Verifiche di resistenza al fuoco:

FLESSIONE SEMPLICE:

$$\sigma_{m,d} = 16,67 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{m,d} = 27,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \text{ VERIFICATO}$$

#### 5.3.2.5 TRAVE DI BORDO T8

##### Verifiche SLU:

FLESSIONE SEMPLICE:

$$\sigma_{m,d} = 10,63 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{m,d} = 13,24 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \text{ VERIFICATO}$$

**TAGLIO:**

$$T_{max} = 1,11 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{v,d} = 1,93 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{max} \leq f_{v,d} \text{ VERIFICATO}$$

**Verifiche SLE:**

**DEFORMABILITÀ (SLE RARA):**

$$u_{tot,ist} = 12,45 \text{ mm};$$

$$u_{lim,ist} = 17,61 \text{ mm}$$

$$u_{tot,ist} \leq u_{lim,ist} \text{ VERIFICATO}$$

$$u_{tot,fin} = 12,81 \text{ mm};$$

$$u_{lim,fin} = 18,30 \text{ mm}$$

$$u_{tot,fin} \leq u_{lim,fin} \text{ VERIFICATO}$$

**Verifiche di resistenza al fuoco:**

**FLESSIONE SEMPLICE:**

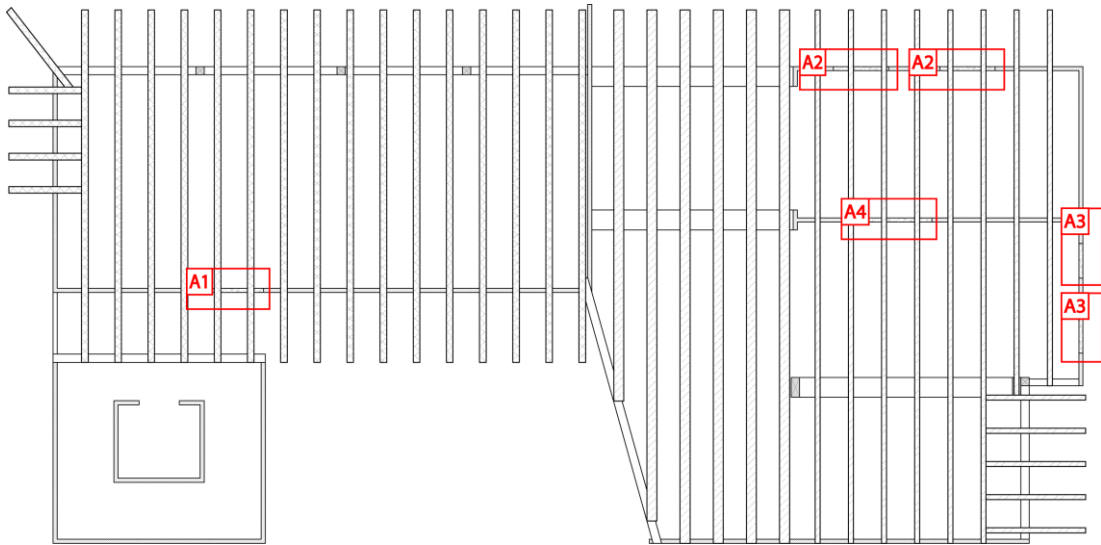
$$\sigma_{m,d} = 11,21 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{m,d} = 27,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \text{ VERIFICATO}$$

## **5.4 ARCHITRAVE**

In un edificio multipiano in legno a pannelli portanti in X-LAM è possibile ricavare l'architrave dalla parete intera semplicemente eliminando la porzione dell'apertura, inserendo un pannello con fibre ortogonali a quelle dei pannelli di parete o, ancora, inserendo una trave in legno o acciaio.



Nel caso in esame, considerando di realizzare l'architrave con un pannello con fibre orizzontali, lo schema statico è di trave in semplice appoggio e la sezione su cui effettuare le verifiche è la seguente:



Le verifiche di resistenza e deformabilità sono condotte tramite il programma online "Calculatis by Stora Enso".

**Verifiche di resistenza SLU:**

FLESSIONE SEMPLICE:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} \leq f_{m,d,xtam}$$

TAGLIO NEL PIANO:

$$\tau_{v,d} = 2 \frac{n_{xy,d}}{\sum t_i} \leq \frac{K_{mod} f_{v,k}}{\gamma_M} = f_{v,d}$$

TORSIONE NEL PIANO:

$$\tau_{T,d} = 3 \frac{n_{xy,d} t_i}{\sum t_i a} \leq \frac{K_{mod} f_{T,k}}{\gamma_M} = f_{T,d}$$

**Verifiche SLE:**

DEFORMABILITÀ

$$u_{tot,ist} \leq u_{lim,ist}$$

$$u_{tot,fin} \leq u_{lim,fin}$$

### Verifiche di resistenza al fuoco:

Si conducono nuovamente le verifiche condotte agli SLU ma con sezione ridotta e considerando una protezione al fuoco ottenuta tramite due lastre di cartongesso tipo A (12,5 mm) + isolante termico in lana di roccia (60 mm).

Gli architravi 1,3,4 sono così progettati, mentre l'architrave 2 essendo realizzato con una trave in legno lamellare GL24h è progettata come nel §5.3.

Si riportano in tabella i dati relativi agli elementi per cui le verifiche precedenti sono soddisfatte:

	Lunghezza [m]	Altezza [mm]	Spessore [mm]	Materiale
Architrave 1	1,05	850	100 (5 x 20)	X-LAM 5s abete C24
Architrave 2	1,50	280	100	GL24h
Architrave 3	1,30	850	100 (5 x 20)	X-LAM 5s abete C24
Architrave 4	0,85	850	100 (5 x 20)	X-LAM 5s abete C24

### 5.5 TRAVE DI INTERPIANO IN C.A.

Le travi si realizzano in calcestruzzo armato di classe C25/30 e armatura B450C. Per le verifiche si fa riferimento al §4.1. *Costruzioni di calcestruzzo delle "Norme tecniche per le costruzioni 17/1/2018"*.

#### Verifiche di resistenza SLU:

FLESSIONE SEMPLICE:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

TAGLIO:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

#### Verifiche SLE:

TENSIONI DI ESERCIZIO:



$$\sigma_{c,max} \leq 0,6 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica}$$

$$\sigma_{c,max} \leq 0,45 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente}$$

$$\sigma_{s,max} \leq 0,8 f_{yk} \text{ per combinazione caratteristica}$$

FESSURAZIONE:

$$w_k = 1,7 \varepsilon_{sm} \Delta_{sm} \leq w_2 \text{ per combinazione quasi permanente}$$

$$w_k = 1,7 \varepsilon_{sm} \Delta_{sm} \leq w_3 \text{ per combinazione frequente}$$

DEFORMAZIONE:

$$\lambda = k \left[ 11 + \frac{0,0015 \cdot f_{ck}}{\rho + \rho'} \right] \cdot \left[ \frac{500 \cdot A_{s,eff}}{f_{yk} \cdot A_{s,calc}} \right] \geq \frac{l}{h}$$

Nel calcolo si considerano tutte le azioni agenti sulla struttura:

- Peso proprio della trave principale ( $G_1$ )
- Peso del solaio ( $G_1$ )
- Carico permanente non strutturale ( $G_2$ )
- Sovraccarico accidentale ( $Q_k$ )

Si riportano le sezioni e le armature delle travi (in mezzeria e all'appoggio) per cui risultano soddisfatte le verifiche precedentemente elencate.

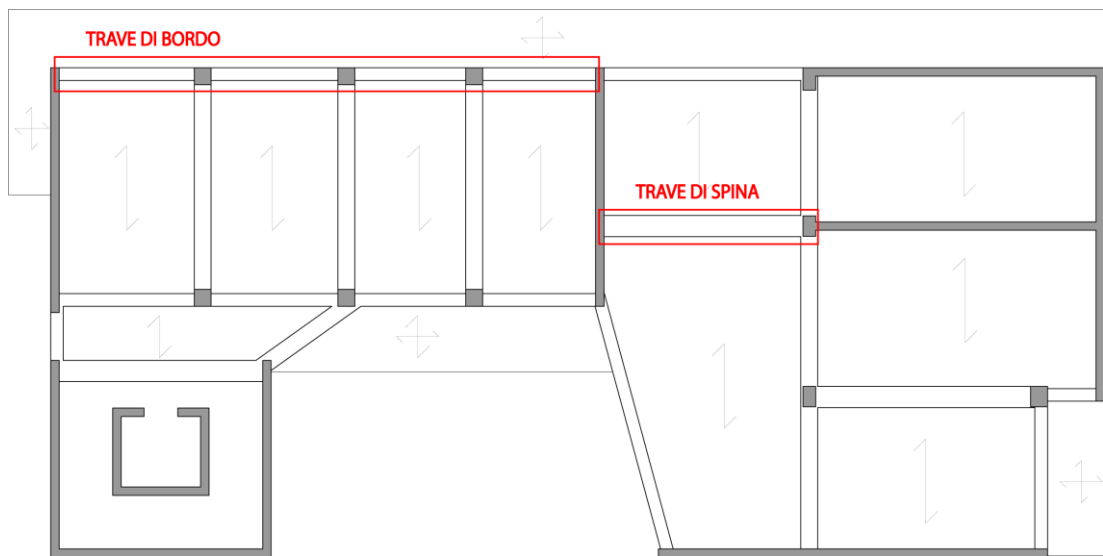


Figura 12 Pianta strutturale piano Garage

Trave	Base [mm]	Altezza [mm]	Armatura Sez. di mezzeria	Armatura Sez. all'appoggio	Staffe

Spina	500	260	Tesa: 4 $\phi$ 20 Compressa: 4 $\phi$ 20	Tesa: 7 $\phi$ 20 Compressa: 4 $\phi$ 20	4braccia $\phi$ 8/200
Bordo	300	400	Tesa: 2 $\phi$ 14 Compressa: 2 $\phi$ 14	Tesa: 4 $\phi$ 14 Compressa: 2 $\phi$ 14	2braccia $\phi$ 8/200

## 5.6 COPERTURA

La copertura si compone di una trave di colmo principale su cui poggiano una serie di travi secondarie, a formare le due falde del tetto. La trave di colmo poggia sulle pareti in X-LAM e su una capriata triangolare semplice (puntoni e catena); l'inserimento di quest'ultima è stato necessario per creare un terzo appoggio alla trave di colmo che altrimenti avrebbe avuto una luce eccessivamente grande. Non sono inserite travi di bordo, bensì dormienti in legno sui quali sono appoggiati e collegati le travi secondarie. Infine, è previsto l'inserimento di un passa fuori.

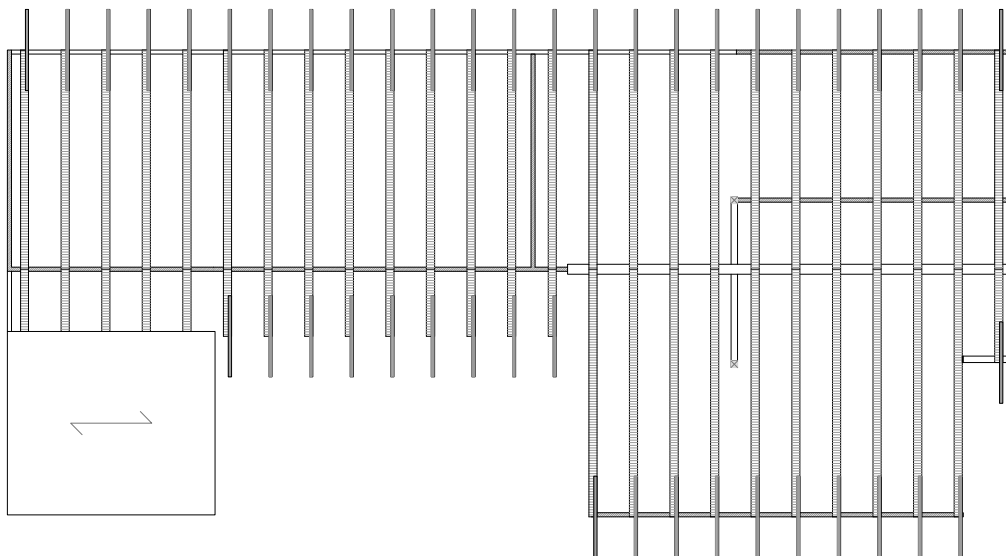


Figura 13 Pianta strutturale di copertura

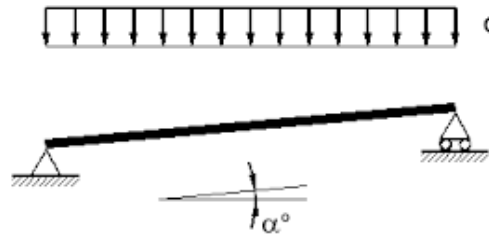
### 5.6.1 TRAVE SECONDARIA

Nel calcolo si considerano tutte le azioni agenti sulla struttura:

- Peso proprio della trave secondaria ( $G_1$ )
- Peso del pacchetto di copertura ( $G_2$ )

- Carico dovuto all'azione della neve
- Carico dovuto all'azione del vento
- Sovraccarico accidentale ( $Q_k$ )

Nel caso in esame, le travi secondarie hanno pendenze differenti ( $\alpha = 17^\circ$ ;  $\beta = 19^\circ$ ) e luci differenti. Si riporta, per semplicità, il calcolo della trave secondaria di inclinazione  $\alpha$  pur sapendo che in egual modo è calcolata la trave di inclinazione  $\beta$ .



Materiale: legno lamellare GL24h

Sezione: 200x280 mm

Interasse: 1 m

Luce: 6,00 m

Per determinare le azioni interne sulla trave inclinata si procede scomponendo i carichi agenti in direzione ortogonale e parallela alla trave stessa, eseguendo il calcolo delle azioni e delle deformate su una trave di lunghezza avente luce pari  $l' = l/\cos \alpha$  caricata dall'azione  $q$  ortogonale.

Si osserva che l'entità del vento in depressione non è in grado di sollevare la struttura e quindi non si considerano combinazioni di tale tipo.

Si riportano i valori delle combinazioni di carico:

$q_{SLU}^{\#}$ [kN/m]	$q_{SLU}^+$ [kN/m]	$q_{SLE}^+$ rara (perm.) [kN/m]	$q_{SLE}^+$ rara (var.) [kN/m]	$q_{eccezionale}$ [kN/m]
0,85	2,78	1,16	0,74	1,66

#### Verifiche di resistenza SLU:

FLESSIONE SEMPLICE (essendo il contributo dovuto allo sforzo normale molto piccolo si esegue la sola verifica flessione semplice):

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = 5,677 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = \frac{K_{mod} K_h f_{m,k}}{\gamma_M} = 14,89 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \text{ VERIFICATO}$$

## TAGLIO

$$T_{max} = 1,5 \frac{T}{b_{ef}h} = 0,34 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = \frac{K_{mod} f_{v,k}}{Y_M} = 2,17 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{max} \leq f_{v,d} \text{ VERIFICATO}$$

## Verifiche di deformabilità SLE:

Si procede con il calcolo della freccia al tempo zero e al tempo infinito così da considerare gli effetti viscosi.

Freccia dovuta ai carichi permanenti:

$$u_{G,ist} = \frac{5}{384} \frac{q l^4}{E J} + \chi \frac{q l^2}{8 G A} = 8,17 \text{ mm}$$

$$u_{G,fin} = \frac{5}{384} \frac{q l^4}{E J} + \chi \frac{q l^2}{8 G A} = 14,7 \text{ mm}$$

Freccia dovuta ai carichi variabili:

$$u_{Q,ist} = \frac{5}{384} \frac{q l^4}{E J} + \chi \frac{q l^2}{8 G A} = 5,16 \text{ mm}$$

$$u_{Q,fin} = \frac{5}{384} \frac{q l^4}{E J} + \chi \frac{q l^2}{8 G A} = 6,40 \text{ mm}$$

Freccia totale:

$$u_{tot,ist} = u_{G,ist} + u_{Q,ist} = 13,33 \text{ mm}$$

$$u_{tot,fin} = u_{G,fin} + u_{Q,fin} = 21,11 \text{ mm}$$

$$u_{tot,ist} \leq u_{lim,ist} = \frac{l}{300} = 21,77 \text{ mm VERIFICATO}$$

$$u_{tot,fin} \leq u_{lim,fin} = \frac{l}{250} = 26,13 \text{ mm VERIFICATO}$$

## Verifiche al fuoco:

Si effettua nuovamente la verifica a flessione considerando la sezione ridotta e come resistenza il frattile 20%, come indicato al §4.4.14. del D.M. 17 gennaio 2018.

Nel caso in esame si considera l'esposizione al fuoco su 3 lati e lo si verifica per R60:

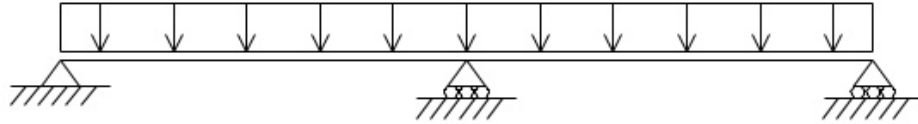
$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W_{ef}} = 9,86 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{d,fi} = \frac{K_{mod,fi} K_h f_{20}}{Y_M} = 27,60 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{d,fi} \text{ VERIFICATO}$$

### 5.6.2 TRAVE DI COLMO

Si tratta di una trave con giacitura orizzontale su tre appoggi.



Le azioni agenti sulla trave sono dovute alle reazioni di appoggio delle travi secondarie. Per semplicità di calcolo, commettendo un errore del tutto trascurabile, i carichi vengono assunti come uniformemente ripartiti sulla trave (anziché come forze concentrate agenti sulla trave a interasse 1 m).

Il calcolo dei carichi agenti sulla trave di colmo viene eseguito in modo semplificato considerando la lunghezza di influenza pari a 5,75 m e trascurando l'effetto del vento mentre si considerano:

- Peso proprio della trave di colmo ( $G_1$ )
- Peso proprio della trave secondaria ( $G_2$ )
- Peso del pacchetto di copertura ( $G_2$ )
- Carico dovuto all'azione della neve
- Sovraccarico accidentale ( $Q_k$ ).

Materiale: legno lamellare GL24h

Sezione: 200x440 mm

Luce: 11,75 m

Si riportano i valori delle combinazioni di carico:

q <sub>SLU+</sub> [kN/m]	q <sub>SLE+</sub> rara (perm.) [kN/m]	q <sub>SLE+</sub> rara (var.) [kN/m]	q <sub>eccezionale</sub> [kN/m]
16,04	7,02	2,74	9,62

**Verifiche di resistenza SLU:**

FLESSIONE SEMPLICE:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = 11,23 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = \frac{K_{mod} K_h f_{m,k}}{\gamma_M} = 14,89 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \text{ VERIFICATO}$$

TAGLIO:

$$T_{max} = 1,5 \frac{T}{b_{ef} h} = 0,71 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = \frac{K_{mod} f_{v,k}}{\gamma_M} = 2,17 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{max} \leq f_{v,d} \text{ VERIFICATO}$$

### Verifiche di deformabilità SLE:

Si procede con il calcolo della freccia al tempo zero e al tempo infinito così da considerare gli effetti viscosi.

Freccia dovuta ai carichi permanenti:

$$u_{G,ist} = 6,52 \text{ mm}$$

$$u_{G,fin} = 11,7 \text{ mm}$$

Freccia dovuta ai carichi variabili:

$$u_{Q,ist} = 2,55 \text{ mm}$$

$$u_{Q,fin} = 3,16 \text{ mm}$$

Freccia totale:

$$u_{tot,ist} = u_{G,ist} + u_{Q,ist} = 9,07 \text{ mm}$$

$$u_{tot,fin} = u_{G,fin} + u_{Q,fin} = 14,9 \text{ mm}$$

$$u_{tot,ist} \leq u_{lim,ist} = \frac{l}{500} = 23,66 \text{ mm VERIFICATO}$$

$$u_{tot,fin} \leq u_{lim,fin} = \frac{l}{350} = 33,8 \text{ mm VERIFICATO}$$

### Verifiche al fuoco:

Si effettua nuovamente la verifica a flessione considerando la sezione ridotta e come resistenza il frattile 20%, come indicato al §4.4.14. del D.M. 17 gennaio 2018. Nel caso di combinazioni eccezionali il coefficiente di sicurezza  $\gamma_M = 1$ .

Nel caso in esame si considera l'esposizione al fuoco su 3 lati:

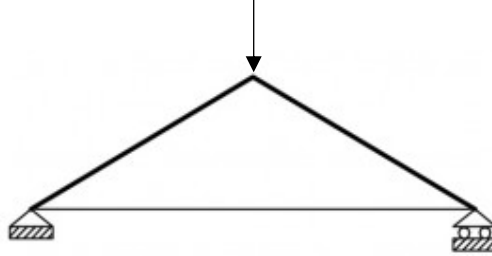
$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = 16,69 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{d,fi} = \frac{K_{mod,fi} K_h f_{20}}{\gamma_M} = 27,60 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{d,fi} \text{ VERIFICATO}$$

### 5.6.3 CAPRIATA

La capriata è soggetta al carico concentrato trasmesso dalla trave di colmo pari a 119,4 kN. Si procede con la progettazione di una capriata triangolare semplice in cui i puntone hanno inclinazione differente ( $\alpha = 29^\circ$ ;  $\beta = 21^\circ$ ).



Materiale: legno lamellare GL24h

Sezione catena: 160x200 mm

Sezione puntone: 160x160 mm

Risolvendo la struttura (trascurando il peso proprio degli elementi) si ricavano i valori dello sforzo normale su singoli elementi:

- Puntone 1: sforzo normale di compressione pari a 128,8 kN;
- Puntone 2: sforzo normale di compressione pari a 146,5 kN;
- Catena: sforzo normale di trazione pari a 137,7 kN.

#### Verifiche:

##### VERIFICA DI STABILITÀ DEL PUNTONE:

In generale lo sbandamento può avvenire in entrambe le direzioni principali dell'elemento e quindi la verifica prevede la seguente disuguaglianza:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} \leq k_c f_{c,0,d}$$

con  $k_c = \min(k_{c,y}; k_{c,z})$

Dove:

$$k_{c,y(z)} = \frac{1}{k_{y(z)} + \sqrt{k_{y(z)}^2 + \lambda_{rel,y(z)}^2}} \leq 1$$

$k_{y(z)} = 0,5 (1 + \beta_c (\lambda_{rel,y(z)} - 0,3)) + \lambda_{rel,y(z)}^2$  con  $\beta_c = 0,1$  per legno lamellare

$$\lambda_{rel,y(z)} = \frac{\lambda_{y(z)}}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

La lunghezza di libera inflessione del puntone in entrambe le direzioni y e z è pari alla lunghezza dell'elemento ( $l_{0y} = l_{0z} = l_0$ ) e quindi, dato che l'inerzia minima si ha in direzione trasversale z questa sarà la direzione in cui l'elemento tende a sbandare ( $k_c = k_{c,z}$ ).

I puntone hanno rispettivamente lunghezza:

$$l_1 = 2,55 \text{ m}$$

$$l_2 = 1,86 \text{ m}$$

Avendo scelto come materiale il legno lamellare GL24h è stato possibile valutare velocemente se si avessero o meno problemi di stabilità calcolando la snellezza geometrica:

$$\lambda_z = 3,46 \frac{l_{0,z}}{b}$$

Poiché la snellezza geometrica, per entrambi i puntone, risulta maggiore di 18 si è proceduto con la verifica di stabilità:

Puntone 1:

$$\sigma_{c,0,d} = 5,02 \text{ N/mm}^2$$

$$k_c f_{c,0,d} = 12,73 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_c f_{c,0,d} \text{ VERIFICATO}$$

Puntone 2:

$$\sigma_{c,0,d} = 5,72 \text{ N/mm}^2$$

$$k_c f_{c,0,d} = 14,11 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_c f_{c,0,d} \text{ VERIFICATO}$$

**VERIFICA A TRAZIONE PARALLELA ALLA FIBRATURA DELLA CATENA:**

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_d}{A} \leq \frac{k_{mod} k_h f_{t,0,d}}{\gamma_M} = f_{t,0,d}$$

La catena ha una luce pari a 4 m.

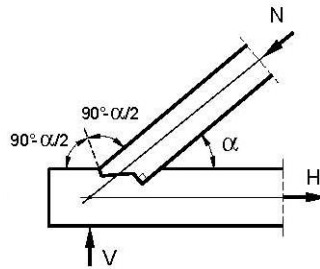
$$\sigma_{t,0,d} = 5,3 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,d} = 11,91 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d} \text{ VERIFICATO}$$

**Verifiche unione catena puntone:**





VERIFICA A COMPRESSIONE:

Lato puntone:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_p}{b c} \leq f_{c,0,d}$$

Puntone 1:

$$\sigma_{c,0,d} = 6,69 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = 14,89 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d} \text{ VERIFICATO}$$

Puntone 2:

$$\sigma_{c,0,d} = 9,15 \text{ N/mm}^2$$

$$k_c f_{c,0,d} = 14,89 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d} \text{ VERIFICATO}$$

Lato catena:

$$\sigma_{c,\alpha,d} = \frac{N_c}{b c} \leq \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

Si riporta il caso più sfavorevole  $\alpha = 29^\circ$ :

$$\sigma_{c,\alpha,d} = 6,69 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = 7,24 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \text{ VERIFICATO}$$

VERIFICA A TRAZIONE:

Lato catena:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_c}{b h_{min}} \leq \frac{k_{mod} k_h f_{t,0,d}}{\gamma_M} = f_{t,0,d}$$

$$\sigma_{t,0,d} = 9,56 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,d} = 11,91 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d} \text{ VERIFICATO}$$

VERIFICA A TAGLIO (sul dente):

$$T_{max} = 1,5 \frac{N_c}{0,67 b a} \leq \frac{K_{mod} f_{v,k}}{\gamma_M} = f_{v,d}$$

$$T_{max} = 0,096 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = 2,17 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{max} \leq f_{v,d} \text{ VERIFICATO}$$

#### 5.6.4 PASSAFUORI

Il passafuori è calcolato come una mensola, il cui incastro è fornito dalle viti fissate alla trave secondaria inferiore.

Nel calcolo si considerano i medesimi carichi agenti sulla trave secondaria.

Materiale: legno lamellare GL24h

Sezione: 80x140 mm

Luce di calcolo: 1 m

Si riportano i valori delle combinazioni di carico:

q <sub>SLU</sub> <sup>//</sup> [kN/m]	q <sub>SLU</sub> <sup>+</sup> [kN/m]	q <sub>SLE</sub> <sup>+</sup> rara (perm.) [kN/m]	q <sub>SLE</sub> <sup>+</sup> rara (var.) [kN/m]
0,78	2,56	0,99	0,74

**Verifiche di resistenza SLU:**

FLESSIONE SEMPLICE:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = 5,91 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = \frac{K_{mod} K_h f_{m,k}}{\gamma_M} = 14,89 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \text{ VERIFICATO}$$

TAGLIO

$$T_{max} = 1,5 \frac{T}{b_{ef} h} = 0,528 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = \frac{K_{mod} f_{v,k}}{\gamma_M} = 2,17 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{max} \leq f_{v,d} \text{ VERIFICATO}$$

### Verifiche di deformabilità SLE:

Si procede con il calcolo della freccia al tempo zero e al tempo infinito così da considerare gli effetti viscosi.

Freccia dovuta ai carichi permanenti:

$$u_{G,ist} = 1,06 \text{ mm}$$

$$u_{G,fin} = 1,91 \text{ mm}$$

Freccia dovuta ai carichi variabili:

$$u_{Q,ist} = 0,79 \text{ mm}$$

$$u_{Q,fin} = 0,98 \text{ mm}$$

Freccia totale:

$$u_{tot,ist} = u_{G,ist} + u_{Q,ist} = 1,85 \text{ mm}$$

$$u_{tot,fin} = u_{G,fin} + u_{Q,fin} = 2,89 \text{ mm}$$

$$u_{tot,ist} \leq u_{lim,ist} = \frac{l}{300} = 3,65 \text{ mm VERIFICATO}$$

$$u_{tot,fin} \leq u_{lim,fin} = \frac{l}{250} = 4,39 \text{ mm VERIFICATO}$$

## 5.7 VANO SCALA

Le residenze di ciascun piano sono servite da un vano scala e ascensore. La scala si realizza in legno, dal piano primo fino al sottotetto: in particolare la trave in legno lamellare GL24h, avvitata alle pareti in X-LAM, è sagomata in maniera tale che gli elementi X-LAM che costituiscono il gradino possono essere ad essa avvitate.

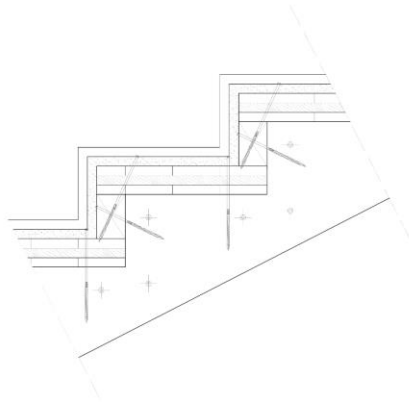
Ciascun gradino ha alzata  $a_g = 16 \text{ cm}$  e pedata  $p_g = 30 \text{ cm}$ , in modo che venga rispettato il criterio di buona progettazione in base al quale deve essere:

$$62 \leq 2 \cdot a_g + p_g \leq 64$$

Le scale al piano terra si realizzano invece in c.a. con solette rampanti che seguono la tipologia a ginocchio.

### 5.7.1 SCALA IN LEGNO

Lo schema statico della trave inclinata su cui poggiano i gradini è di semplice appoggio; per cui si rimanda alle verifiche effettuate nel capitolo travi, considerando, in questo caso, una sezione ridotta dovuto al taglio realizzato per i gradini.



I gradini e il pianerottolo si realizzano con un pannello X-LAM 3s 60 mm (elemento inflesso).

Le verifiche di resistenza e deformabilità sono condotte tramite il programma online “*Calculatis by Stora Enso*”.

**Verifiche di resistenza SLU:**

FLESSIONE SEMPLICE:

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d,xtlam}$$

TAGLIO NEL PIANO:

$$T_{v,d} \leq f_{v,d,xtlam}$$

TAGLIO TRASVERSALE (ROLLING-SHEAR):

$$T_{v,d} \leq f_{vr,d}$$

**Verifiche SLE:**

DEFORMABILITÀ

$$u_{tot,ist} \leq u_{lim,ist}$$

$$u_{tot,fin} \leq u_{lim,fin}$$

**Verifiche di resistenza al fuoco:**

Si conducono nuovamente le verifiche condotte agli SLU ma con sezione ridotta.

Nel calcolo si considerano tutte le azioni agenti sulla struttura:

- Peso proprio dell'elemento strutturale ( $G_1$ )
- Carichi permanenti non strutturali ( $G_2$ )
- Sovraccarico accidentale ( $Q_k$ )

Si riportano in tabella le informazioni relative agli elementi:

Elemento	Base [mm]	Altezza [mm]	Lunghezza [m]	Materiale
Trave	120	120	2,00	GL24h
Pedata	300	60	1,20	X-LAM 60 3s
Pianerottolo	1,10	200	5,00	X-LAM 200 5s

### 5.7.2 SCALA IN C.A.

Per le solette rampanti, che seguono la tipologia a ginocchio, si studiano i due schemi limite di trave doppiamente appoggiata e trave doppiamente incastrata, in modo tale da ottenere il massimo valore del momento flettente sia in mezzeria che agli estremi. Si utilizza calcestruzzo di classe C25/30 e armatura B450C.



Per le verifiche si fa riferimento al §4.1. *Costruzioni di calcestruzzo delle “Norme tecniche per le costruzioni 17/1/2018”*.

#### Verifiche di resistenza SLU:

##### TENSO E PRESSO FLESSIONE:

Occorre determinare il dominio di resistenza della sezione e verificare poi che i punti di coordinate (N,M) ottenuti nelle situazioni limite siano interni al dominio.

L'insieme delle coppie ( $N_{rdu}$ ,  $M_{rdu}$ ) che costituiscono situazioni di rottura per la sezione rappresentano la frontiera di un dominio che, nel piano (N, M), delimita la zona sicura di utilizzo della sezione (punti interni al dominio o al massimo punti sul dominio) rispetto a punti in cui la sezione non risulterebbe verificata (punti esterni alla frontiera del dominio).

Per la suddetta verifica si è utilizzato il software *VcaSLU*.

##### TAGLIO:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

#### Verifiche SLE:

##### TENSIONI DI ESERCIZIO:

$$\sigma_{c,max} \leq 0,6 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica}$$

$$\sigma_{c,max} \leq 0,45 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente}$$

$$\sigma_{s,max} \leq 0,8 f_{yk} \text{ per combinazione caratteristica}$$

FESSURAZIONE:

$$w_k = 1,7 \varepsilon_{sm} \Delta_{sm} \leq w_2 \text{ per combinazione quasi permanente}$$

$$w_k = 1,7 \varepsilon_{sm} \Delta_{sm} \leq w_3 \text{ per combinazione frequente}$$

Si riporta la sezione e le armature delle travi per cui risultano soddisfatte le verifiche precedentemente elencate:

	Base [mm]	Altezza [mm]	Armatura superiore	Armatura superiore	Staffe
Soletta rampante	1300	200	10 $\phi$ 14	10 $\phi$ 14	4braccia $\phi$ 8/200

### 5.7.3 COPERTURA VANO SCALA

La copertura del vano scala si realizza con pannello X-LAM (elemento inflesso). Anche in questo caso le verifiche di resistenza e deformabilità sono condotte tramite il programma online “*Calculatis by Stora Enso*”.

Nel calcolo si considerano tutte le azioni agenti sulla struttura:

- Peso proprio del pannello ( $G_1$ )
- Peso del pacchetto di copertura ( $G_2$ )
- Carico dovuto all'azione della neve
- Carico dovuto all'azione del vento
- Sovraccarico accidentale ( $Q_k$ )

Si riporta in tabella le informazioni relative al solaio:

	Base [mm]	Altezza [mm]	Lunghezza [m]	Materiale
Solaio	4560	200	5,10	X-LAM 5s 200

## 5.8 PILASTRI E PARETI

I pilastri in legno si realizzano con materiale GL24h e hanno sezione variabile a seconda della trave che vi poggia. In generale, si considera una sezione 200x200 mm poi modificata a seconda delle circostanze.

Le pareti in X-LAM si realizzano con pannelli CLT di “*Stora Enso*” con una dimensione massima di 2,45m x 3,19 m (altezza di piano) e spessore pari a 100 mm (5 strati).

I pilastri in c.a. si realizzano invece con calcestruzzo C25/30 e armatura B450C con sezione variabile anche in funzione dei pilastri in legno dei piani superiori, mentre i setti in c.a. hanno uno spessore di 200 mm così come indicato nel paragrafo delle limitazioni geometriche del §7.4.6.2.4 delle NTC18.

Tali elementi, le cui dimensioni sono state stabilite in una fase precedente alla modellazione, sono verificati successivamente, in funzione delle sollecitazioni fornite dal modello agli elementi finiti.

## 6 MODELLAZIONE AGLI ELEMENTI FINITI

### 6.1 RFEM 5 – DLUBAL SOFTWARE

Il gruppo *Dlubal Software*, fin dalla sua nascita nel 1987, si occupa dello sviluppo di potenti programmi user-friendly di calcolo strutturale, analisi dinamica e strutture intelaiate.

Il programma principale *RFEM* è utilizzato per definire le strutture, i materiali ed i carichi per sistemi strutturali planari e spaziali costituiti da piastre, pareti, gusci ed aste. Il programma permette anche di creare strutture combinate così come modelli solidi ed elementi di contatto.

*RFEM* determina le forze interne, gli spostamenti generalizzati e le reazioni vincolari, ed i coefficienti del suolo.

Tale software è integrato con dei moduli aggiuntivi specifici per i diversi materiali (acciaio, calcestruzzo armato, legno) che facilitano l'inserimento dei dati per la generazione automatica di strutture e collegamenti oppure possono essere utilizzati per eseguire ulteriori analisi e progetti secondo diverse norme.

Il modulo *RF-LAMINATE* esegue l'analisi della deformazione e la verifica alle tensioni dei laminati, ad esempio pannelli X-LAM in legno a strati incrociati.

Il modulo *RF-TIMBER PRO* progetta aste e set di aste in legno e oltre all'analisi tensionale esegue l'analisi di stabilità.

Il modulo *RF-CONCRETE Members* progetta elementi aste in calcestruzzo armato.

Il modulo *RF-CONCRETE Columns* esegue il progetto allo stato limite ultimo per elementi compressi a sezione rettangolare o circolare.

Il modulo *RF-CONCRETE Surfaces* progetta piastre, pareti, strutture piane e gusci allo stato limite ultimo e di esercizio.

Nel modulo aggiuntivo *RF-DYNAM PRO* è possibile eseguire analisi sismiche modali con spettro di risposta. Gli spettri possono essere creati in accordo alla normativa o definiti manualmente dall'utente.

### 6.2 MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

La struttura dimensionata ai soli carichi verticali è modellata nei suoi elementi più elementari: travi, pilastri, pareti e solaio.



Il programma *CAD* permette di creare file del tipo \*.dxf che può essere aperto nel programma *RFEM*, con la possibilità di importarlo come “*layer guida*”, mostrando quindi un modello a fil di ferro nell’area di lavoro da usare per definire nodi, linee, aste, ecc.

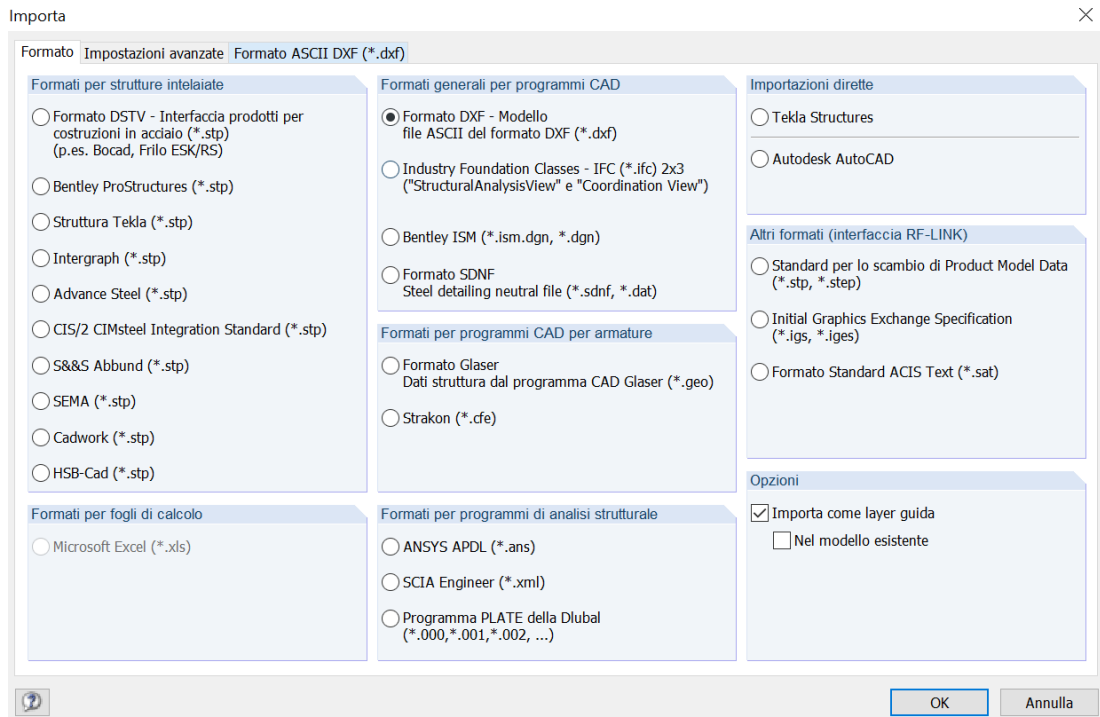


Figura 14 Importazione file .dxf come layer guida

Utilizzando la pianta di riferimento, si disegnano nodi e linee la cui estrusione permette di creare rispettivamente aste (pilastri) e superfici (pareti).

In particolare, i pilastri si modellano disegnando un nodo e utilizzando il comando “*Muovi/Copia*” si imposta il numero di nodi da copiare (ad es. 1) e la distanza a cui disegnarli rispetto a quello di riferimento (ad es. impostando l’altezza di interpiano in direzione z).

Per generare l’asta tra i due nodi è necessario cliccare l’icona



**Collegando**

Linee tra i nodi  
 Crea nuove linee tra i nodi selezionati e le loro copie

Aste tra i nodi  
 Crea nuove aste tra i nodi selezionati e le loro copie

Asta modello nr.:  
 Template

Superfici tra le linee  
 Crea nuove superfici tra le linee selezionate e le loro copie

Superficie modello nr.:  
 Nessuno

Solidi tra le superfici  
 Crea nuovi solidi tra le superfici selezionate e le loro copie

Solido modello nr.:  
 Nessuno

Dopo ruota, crea tra i nodi selezionati e le loro copie:

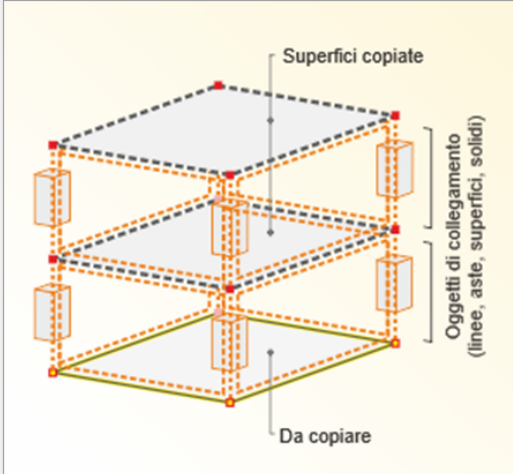
Linee dritte  
 Linee curve

**Duplicità**  
 Consenti aste doppie

**Sistema di coordinate locali**  
 Modifica sistema di coordinate locali dopo Ruota o Specchia  
 Linee  
 Aste

**Casi di carico**  
 Copia includendo i carichi  
 Modifica i carichi dei nodi dopo Ruota o Specchia

**Collega automaticamente**  
 Collega linee/aste se sono in contatto



Superfici copiate


Da copiare

Oggetti di collegamento (linee, aste, superfici, solidi)

OK Annulla

Figura 15 Generazione asta

Spuntando le prime due caselle, si generano in automatico la linea e l'asta tra i due nodi.

A questo punto si definiscono le caratteristiche dell'asta da creare tramite l'icona 

È possibile definire il tipo di asta, il materiale (scelto direttamente dalla libreria del software), la sezione e il tipo di vincolo interno.

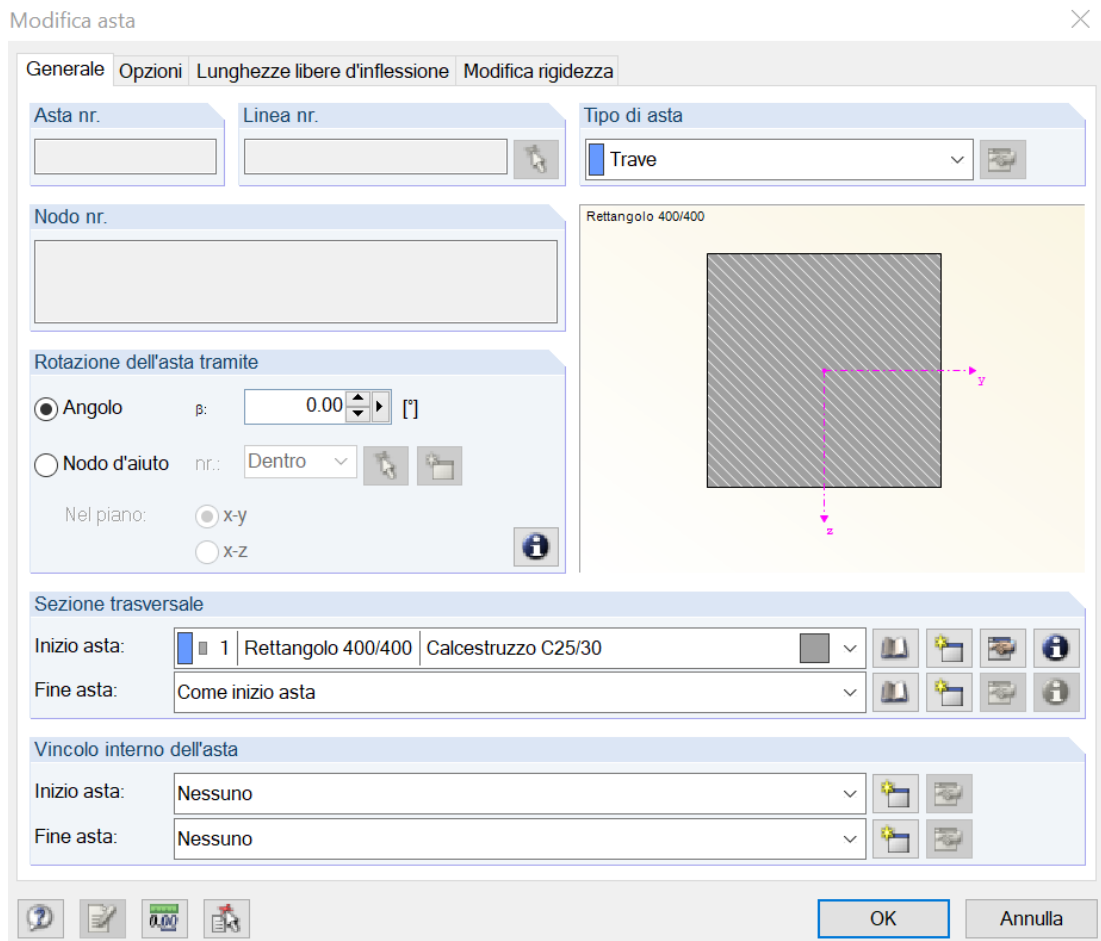


Figura 16 Definizione materiale, sezioni e vincoli aste in c.a.

Quest'ultima interfaccia è identica per la creazione delle travi, le quali vengono però generate selezionando direttamente la linea creata collegando i nodi estremali dei pilastri e utilizzando il comando "Nuova asta".

La procedura è valida sia per la creazione degli elementi in calcestruzzo armato impostando come materiale il calcestruzzo C25/30 e come vincolo interno "nessuno" come raffigurato nell'immagine precedente; sia per la creazione degli elementi in legno selezionando come materiale legno lamellare GL24h e come vincolo interno delle cerniere:

Generale Opzioni Lunghezze libere d'inflessione Modifica rigidezza

Asta nr. 51 Linea nr. 326 Tipo di asta Trave

Nodo nr. 156,155

L-Rettangolare 200/400

Rotazione dell'asta tramite

Angolo  $\beta$ : 0.00 [°]

Nodo d'aiuto nr.: Dentro

Nel piano:  x-y  x-z

Sezione trasversale

Inizio asta: 10 L-Rettangolare 200/400 Legno lamellare incollato GL24h

Fine asta: Come inizio asta

Vincolo interno dell'asta

Inizio asta: 1 Locale

Fine asta: 1 Locale

OK Annulla

Figura 17 Definizione materiale, sezione, vincoli interni delle aste in legno

Le pareti, invece, si generano mediante il comando “*Estrudi linea in una superficie*” definendo materiale, spessore e altezza della parete.



Figura 18 Definizione materiale e dimensioni setti in c.a.

Tale procedura è valida per i setti in c.a. mentre deve essere modificata per la modellazione delle pareti in X-LAM.

In particolare, prima di procedere con la modellazione dei pannelli a strati incrociati, è necessario suddividere le pareti in moduli affiancati connessi tra loro tramite unione chiodata. Questo influisce sul comportamento globale della struttura che risulterà meno rigida rispetto a considerare pareti monolitiche per tutta la lunghezza della parete.

In riferimento all'azienda *Stora Enso* la dimensione massima producibile è di 2,95 x 16 m, si sceglie di utilizzare principalmente pannelli da 2,45 m e altezza pari al valore necessario a realizzare la parete di piano (3,19 m). Il vantaggio di tali dimensioni è il trasporto del materiale che può essere organizzato in modo più funzionale ed economico, cercando inoltre di ridurre il numero dei tagli e quindi il costo del materiale in quanto la produzione standard prevede appunto pannelli da 2,45 m.

Di seguito si riporta una parte della suddivisione dei pannelli costituenti l'intera struttura.

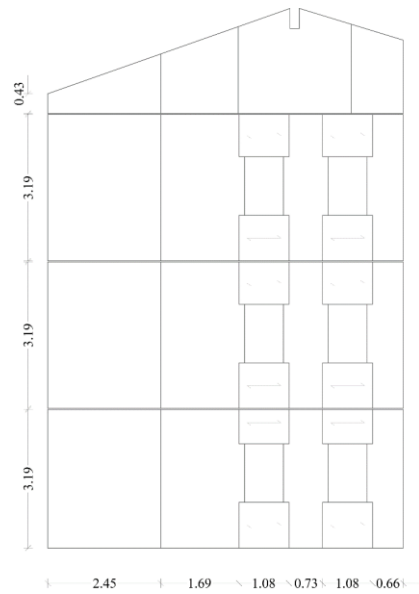


Figure 1 Suddivisione delle pareti in pannelli

Per la modellazione dei pannelli X-LAM si utilizza il modulo aggiuntivo *RF-LAMINATE*, il quale, provvisto di libreria, permette di scegliere il produttore, il tipo di elemento (parete o solaio) e lo spessore. In pratica, in *RF-LAMINATE* si definiscono i singoli strati del pannello i quali hanno delle caratteristiche meccaniche specifiche al fine di creare prima la matrice di rigidezza di ogni strato e poi la matrice di rigidezza totale che viene quindi esportata in *RFEM*, in modo tale da avere una corretta rigidezza delle superfici.

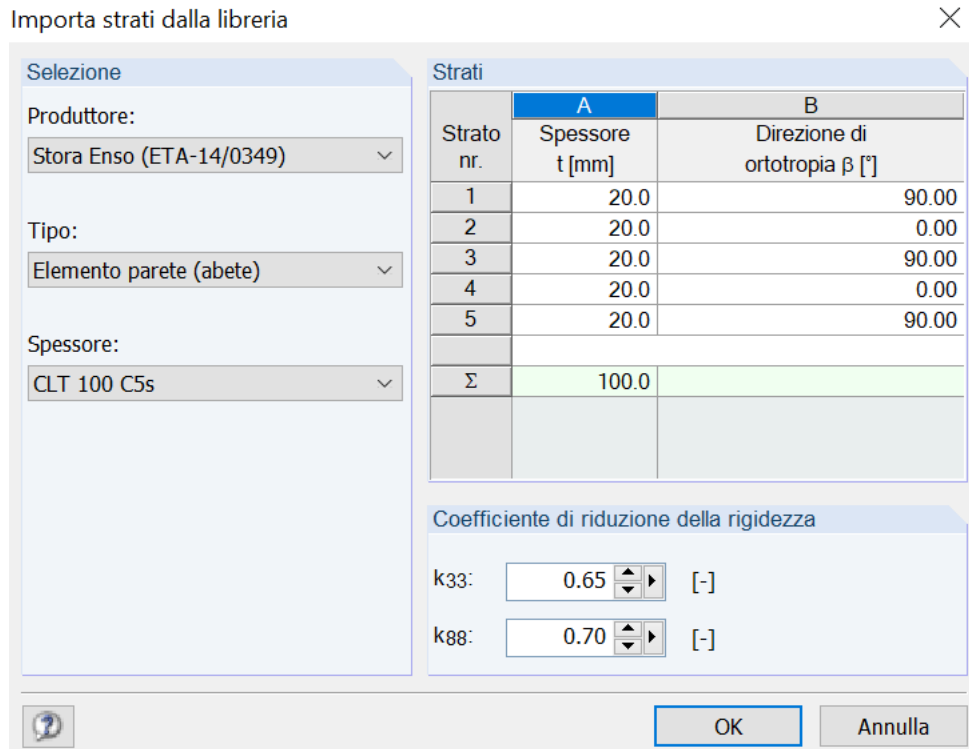


Figura 19 Definizione pannello X-LAM

Successivamente, sul programma *RFEM*, si inseriscono i vincoli lungo le linee di congiunzione tra le pareti attraverso il comando “*Vincoli interni delle linee*” tramite cui è possibile bloccare o rilasciare traslazioni e rotazioni intorno alla linea. Si è impostato il rilascio rotazionale  $\varphi_x$  e il rilascio traslazionale  $u_x$ , la rigidezza è poi modificata in una fase successiva.

Nuovo vincolo interno della linea



nr.  Sulla linea nr.  Sulla superf. nr.  Lato della linea  Sinistro  Destro

**Rilascio traslazionale**

Costante della molla

$u_x$   $C_N$  :  [kN/m<sup>2</sup>]

$u_y$   $C_{V_y}$  :  [kN/m<sup>2</sup>]

$u_z$   $C_{V_z}$  :  [kN/m<sup>2</sup>]

**Rilascio rotazionale**

Costante della molla

$\phi_x$   $C_M$  :  [kNm/rad/m]

Commento

Figura 20 Nuovo vincolo interno della linea

Allo stesso modo si modella il solaio di copertura del vano scala e i pianerottoli, mentre per la modellazione del solaio misto legno-calcestruzzo si sceglie, per semplicità computazionale, di non considerare i travetti ma solo la soletta.

Per quest'ultima si crea un nuovo materiale "C25/30 soletta" con peso specifico pari a zero in maniera tale da considerare il suo peso direttamente come carico successivamente inserito. La soletta si modella come superficie ortotropa di spessore pari a 50 mm.



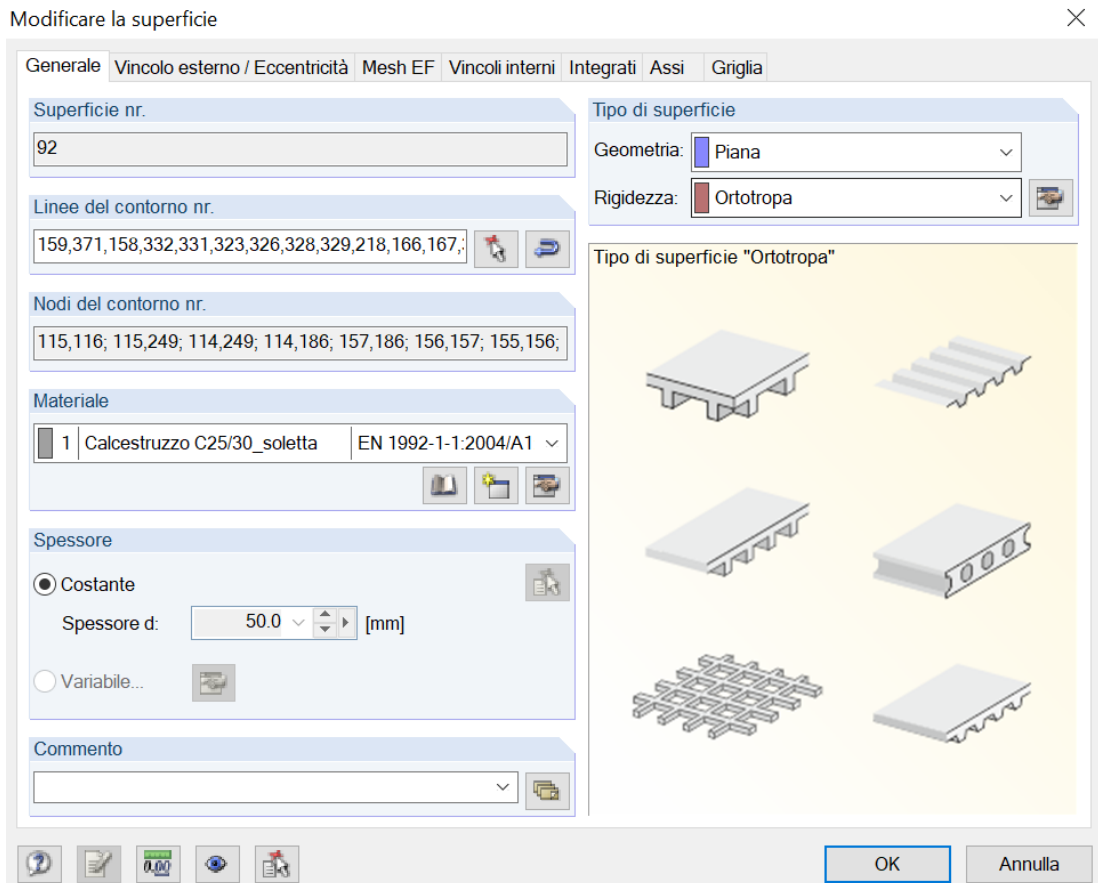


Figura 21 Modellazione della soletta

Questo permette di modificare i coefficienti moltiplicativi di rigidezza e di conseguenza la matrice di rigidezza trasformata; in particolare, si inseriscono dei valori molto piccoli di  $k_{44}$ ,  $k_{55}$  e  $k_b$  in modo da “annullare” la rigidezza a taglio nei piani x-z e y-z e la rigidezza a flessione.

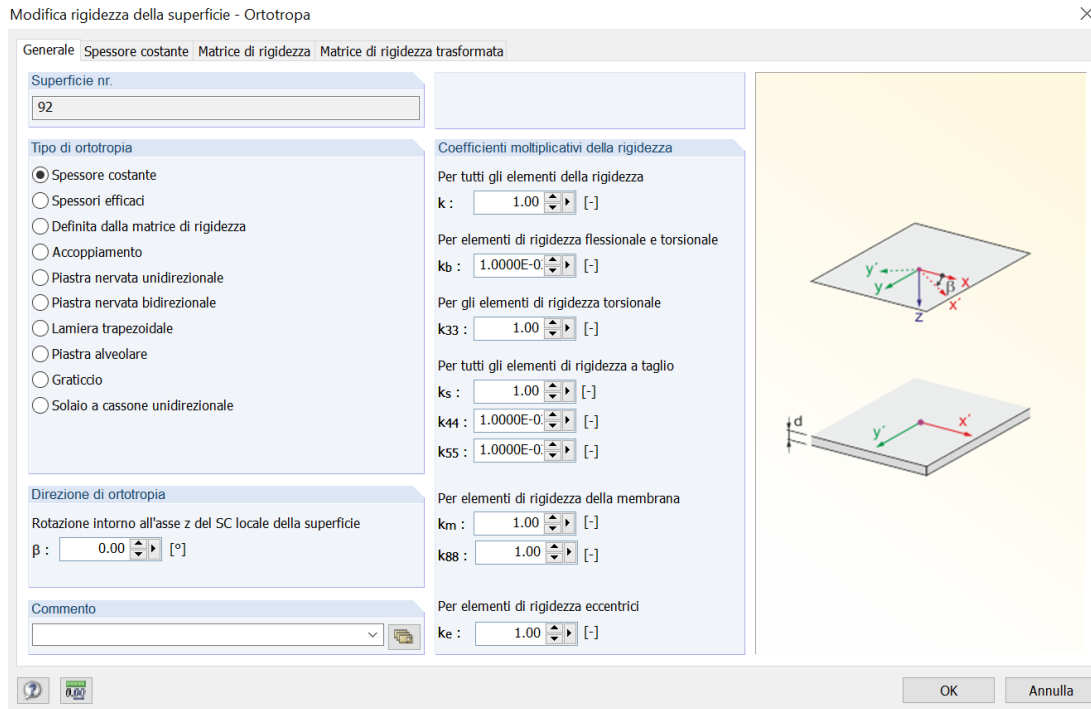


Figura 22 Modifica rigidezza della superficie (soletta)

Per la copertura si crea un nuovo materiale “*legno C24 Copertura*” con peso specifico pari a zero e si modella scegliendo come superficie quella ortotropa e modificando la voce *Modello del materiale* → *Ortotropo elastico 2D*. Anche in questo caso è possibile modificare la matrice di rigidezza così da avere un comportamento membranale della copertura. In particolare, solo i coefficienti  $k_m$  e  $k_{88}$  sono posti pari a 1.

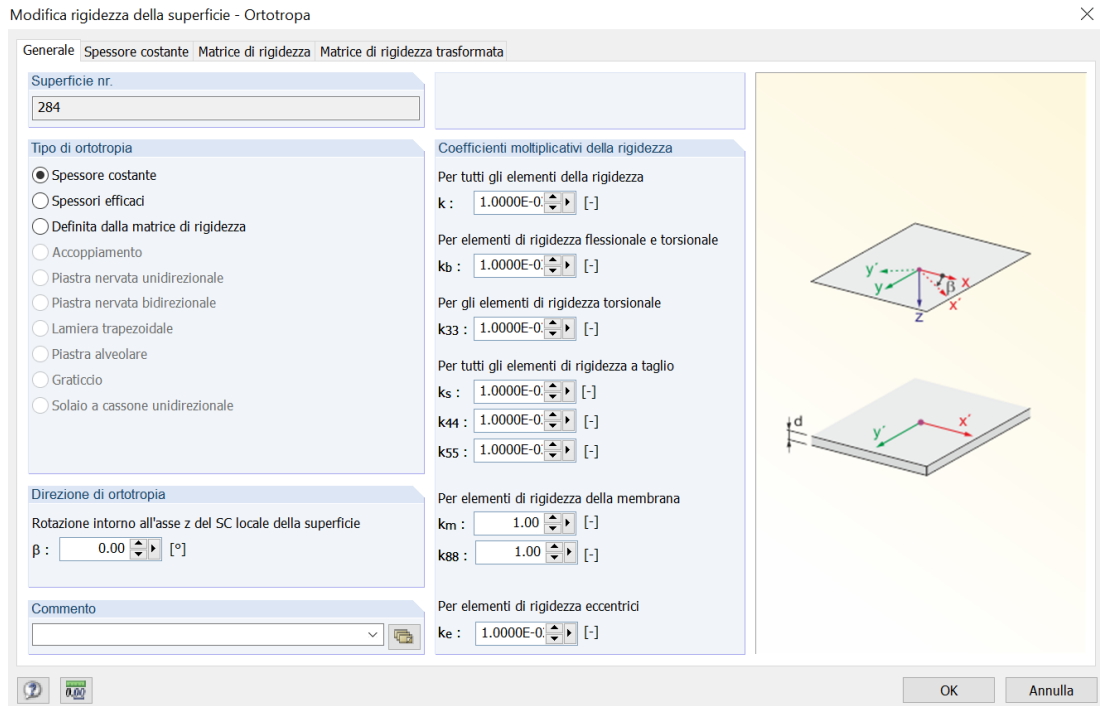


Figura 23 Modifica rigidezza della superficie (copertura)

## 6.2.1 MODELLAZIONE CONNESSIONI MECCANICHE

Le strutture in X-LAM necessitano di diverse tipologie di connessioni:

- hold-down, presidio al ribaltamento: contrastano la trazione dovuta al sollevamento dei pannelli;
- angolari, presidio allo scorrimento: contrastano l'azione di taglio;
- viti inclinate tra pannello e cordolo in larice: contrastano l'azione di taglio;
- unione verticale tra pannelli mediante chiodi.

Si decide di non modellare le connessioni atte a contrastare la trazione ma solo le connessioni che hanno la funzione di sopportare sforzi taglienti: angolari poste alla base del pannello, unione verticale tra pannelli (chiodi) e viti che collegano la parete in X-LAM e il cordolo.

Questa tipologia di connessione (a taglio) si modella in *RFEM* come cerniera cilindrica scorrevole elasticamente in direzione dell'asse della cerniera, così come mostrato in *figura 20*. Per ogni tipo di connessione è stato sempre impostato il rilascio rotazionale  $\varphi_x$  e il rilascio traslazionale  $u_x$ , con un valore della costante della molla che dipende dalla tipologia di connessione e dal passo con cui è stata progettata.

I passi utilizzati per il calcolo delle rigidzze delle varie connessioni e il numero dei mezzi di unione, inizialmente sono stati di tentativo, ipotizzati per una prima analisi delle sollecitazioni sulla base delle quali si è fatto il dimensionamento.

Si descrivono le tipologie di connessioni utilizzate nella struttura e i metodi per il calcolo della rigidezza a scorrimento assegnata al programma:

- Giunto verticale mediante chiodi Ring  $\phi 3.1 \text{ mm} \times 80 \text{ mm}$

La connessione verticale tra pannelli si esegue mediante tavola coprigiunto chiodata (striscia di pannello multistrato) e mezzi di unione quali chiodi Ring  $\phi 3.1 \text{ mm} \times 80 \text{ mm}$ .

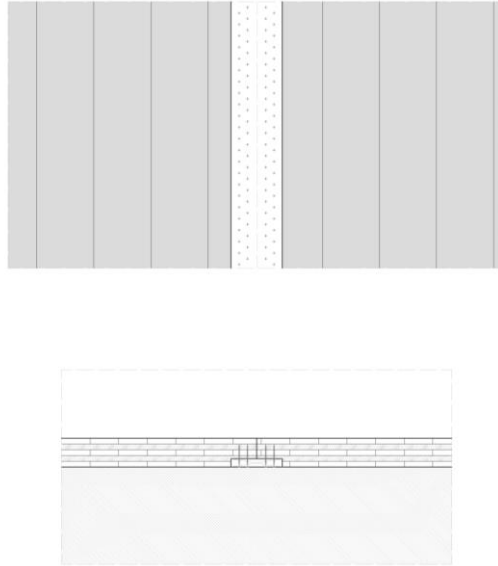


Figura 24 Connessione verticale tra pannelli X-LAM

- Giunto al solaio di base mediante angolari fissati con chiodi Anker  $\phi 4 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}$
- L'unione al solaio inferiore si realizza mediante angolari collegati alla parete con un fissato numero di chiodi Anker e al solaio con ancoranti per calcestruzzo.

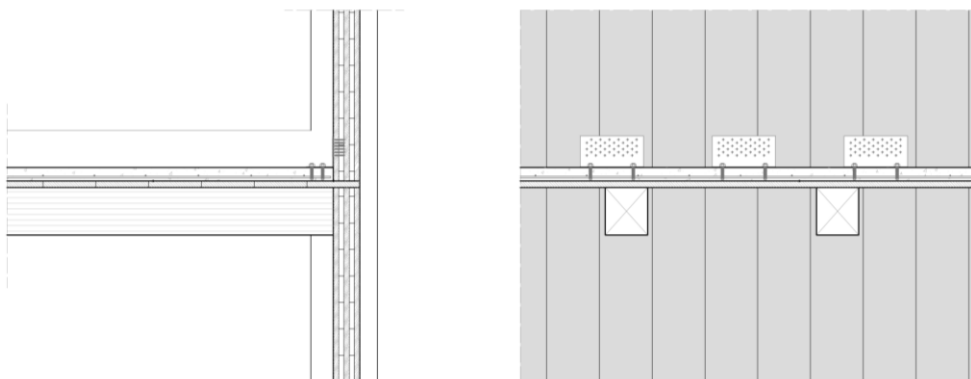


Figura 25 Connessione parete XLAM-solaio

- Giunto al cordolo in larice mediante viti a filetto parziale  $\phi 8$  mm x 160 mm inclinate di  $30^\circ$

L'unione tra i pannelli del piano primo e il cordolo in larice si realizza mediante viti a testa svasata con punta autoforante  $\phi 8$  mm x 160.

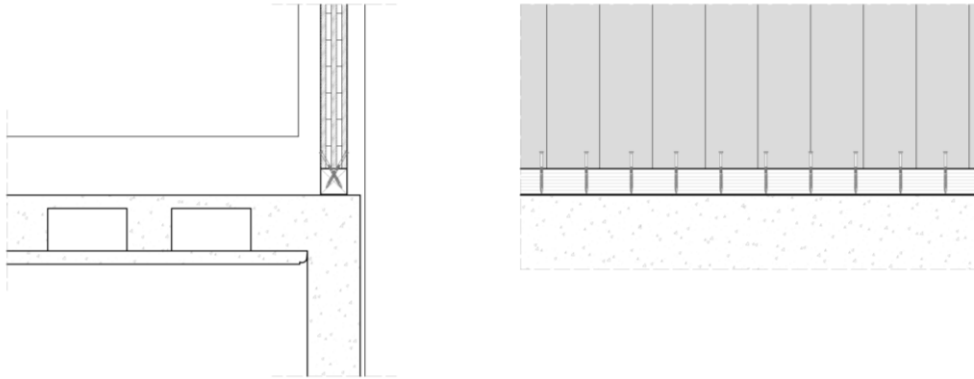


Figura 26 Connessione parete XLAM-cordolo in larice

### 6.2.1.1 CALCOLO DELLE RIGIDENZE

La struttura di nuova progettazione è di tipo non dissipativo.

In generale, la gerarchia delle resistenze prevede che gli elementi non dissipativi siano provvisti di una sovreresistenza sufficiente a poter sviluppare la duttilità negli elementi ad essa preposti. Per gli elementi dissipativi si dovrebbe considerare la rigidezza ultima  $k_u$  e per gli elementi non dissipativa una rigidezza  $k_{ser}$ .

Da tale considerazione, considerando di non progettare secondo la gerarchia delle resistenze in quanto la struttura è di tipo non dissipativo, si procede ad una modellazione di tutte le unioni utilizzando la rigidezza  $k_{ser}$  (modulo di scorrimento di servizio) sia per gli SLV che per gli SLD.

L'*Eurocodice 5* riporta le formule per il calcolo del valore di  $K_{ser}$  in funzione del tipo di unione, del mezzo di unione e della massa volumica del legno. Per il caso in esame:

- Giunto verticale mediante chiodi Ring:

$$k_{ser} = \rho_m^{1,5} d^{0,8} / 30$$

- Giunto al solaio di base mediante squadrette e chiodi Anker:

$$k_{ser} = 2 \rho_m^{1,5} d^{0,8} / 30$$

- Giunto al cordolo in larice mediante viti:

$$k_{ser} = \rho_m^{1,5} d / 23$$

I valori ottenuti da tali espressioni si riferiscono sempre al singolo piano di taglio (sezione resistente) del singolo mezzo di unione.

I chiodi, in entrambi i casi, utilizzati per una “doppia unione” (nel collegamento tra le pareti vi sono due file di chiodi che collegano il coprigiunto con i due pannelli adiacenti), lavorano in serie, per cui la rigidezza totale della connessione si calcola:

$$k_{chiodi} = n_{chiodi} \frac{k_{ser}}{2} = \frac{l}{i} \frac{k_{ser}}{2}$$

Dove  $n_{chiodi}$  è il numero di chiodi presente su una fila, ottenuto dividendo la lunghezza della connessione ( $l$ ) per l’interasse ( $i$ ).

Il valore della costante elastica da inserire nel programma come rilascio traslazionale è pari a:

$$k_{RFEM,chiodi} = \frac{k_{chiodi}}{l}$$

La rigidezza totale dell’unione mediante viti si calcola:

$$k_{viti} = n_{viti} k_{ser} = \frac{l}{i} k_{ser}$$

Il valore della costante elastica da inserire nel programma come rilascio traslazionale è pari a:

$$k_{RFEM,viti} = \frac{k_{viti}}{l}$$

### 6.3 CASI DI CARICO E COMBINAZIONI DI CARICO

Al fine di poter creare le combinazioni di carico è necessario prima creare i casi di carico. Tramite il comando *Inserisci* → *Carichi* → *Casi di carico* si definiscono i carichi individuando la “*Categoria di azioni*” presente nel programma mentre la classe di durata del carico è automatica.

In particolare, nel caso in esame, si generano 10 casi di carico.

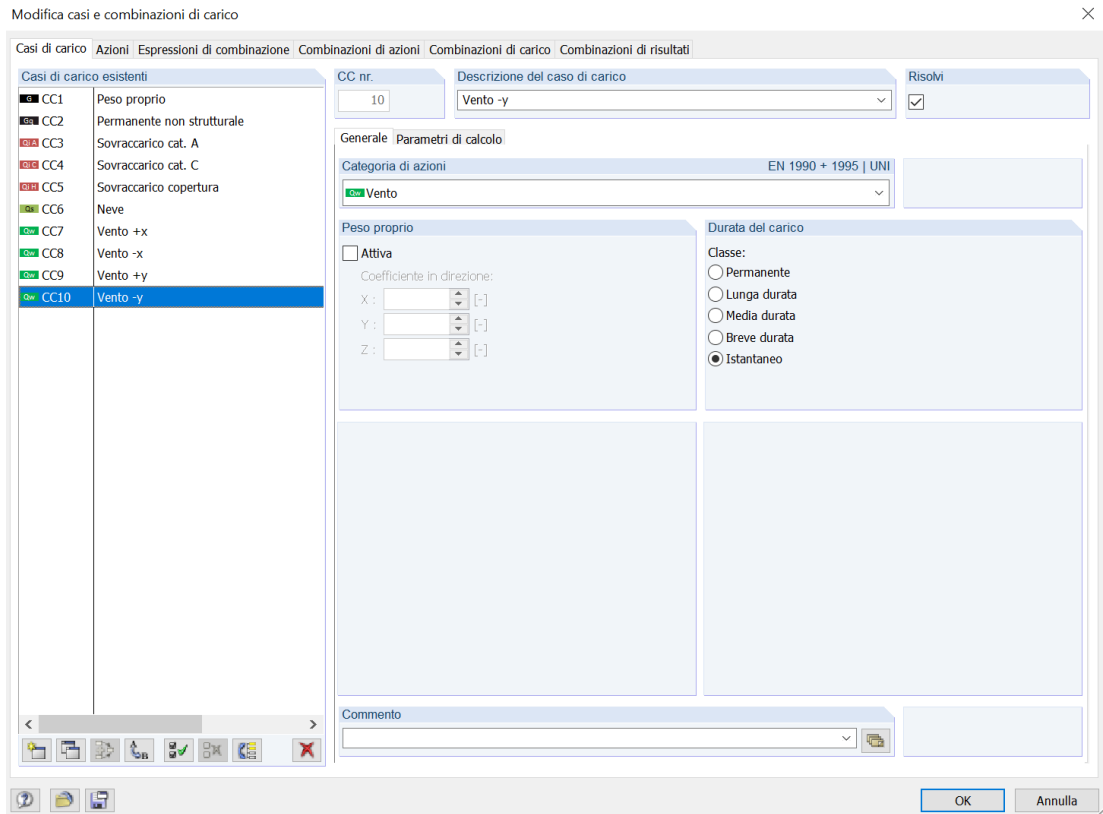


Figura 27 Casi di carico

Successivamente si definiscono le espressioni di combinazione e si lascia al programma la generazione delle combinazioni delle azioni includendo tutte le possibilità di combinazione dei casi di carico nell'azione (ad esempio nel caso in esame si generano allo SLU 162 combinazioni). Da qui si genera poi la combinazione dei risultati (l'involuppo) che permetterà di individuare le sollecitazioni massime per effettuare le verifiche.

## 7 VERIFICHE SLU AI CARICHI VERTICALI

Completato il modello, è possibile effettuare l'analisi così da leggere i valori delle sollecitazioni ed eseguire le verifiche di tutti gli elementi secondo la normativa vigente (*NTC18* ed *EC5*).

Si effettuano le verifiche allo SLU anche degli elementi già dimensionati e verificati manualmente in quanto si ritengono maggiormente corretti i valori delle sollecitazioni ottenuti tramite software.

### 7.1 TRAVI E PILASTRI IN LEGNO LAMELLARE

Tali elementi si verificano mediante l'utilizzo del modulo aggiuntivo *RF-TIMBER PRO*, che esegue l'analisi tensionale, l'analisi di stabilità, il progetto allo stato limite ultimo e di esercizio ed il progetto della resistenza al fuoco delle aste secondo l'*Eurocodice 5*. Tramite fogli excel, creati manualmente, è stato possibile validare ulteriormente i valori ottenuti utilizzando il modulo aggiuntivo.

Nel caso in esame si utilizza legno lamellare GL24h per tutti gli elementi e si effettuano le sole verifiche allo SLU:

#### **PILASTRO PRESSOINFLESSO:**

STABILITÀ (EC5):

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{K_c f_{c,0,d}} + \frac{K_m \sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$
$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{K_c f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{K_m \sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

TAGLIO:

$$T_{max} = 1,5 \frac{T}{b_{ef} h} \leq \frac{K_{mod} f_{v,k}}{\gamma_M} = f_{v,d}$$

#### **PILASTRO COMPRESSO:**

STABILITÀ:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} \leq k_c f_{c,0,d}$$

**TRAVI:**

FLESSIONE SEMPLICE:



$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} \leq \frac{K_{mod} K_h f_{m,k}}{\gamma_M} = f_{m,d}$$

TAGLIO:

$$T_{max} = 1,5 \frac{T}{b_{ef} h} \leq \frac{K_{mod} f_{v,k}}{\gamma_M} = f_{v,d}$$

PUNTO:

STABILITÀ:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} \leq k_c f_{c,0,d}$$

CATENA:

TRAZIONE:

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$$

Nel modulo aggiuntivo, al fine di poter verificare tutti gli elementi in legno modellati come aste (travi e pilastri), si seleziona nella scheda "Dati generali" la normativa di riferimento, le aste e la combinazione di carico da considerare durante la fase di calcolo.

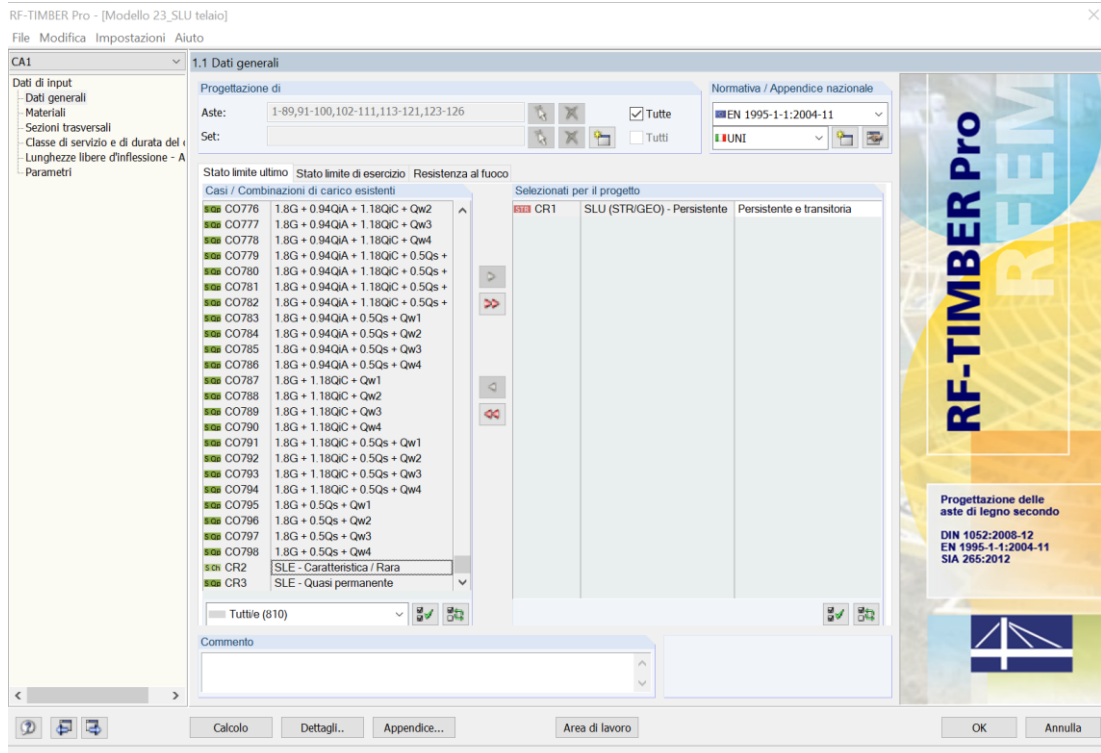


Figura 28 Scheda "Dati generali" RF-Timber PRO

Affinché le verifiche, effettuate mediante tale modulo aggiuntivo, possano essere considerate soddisfatte i rapporti delle tensioni devono risultare  $\leq 1$ . Rispetto alle dimensioni ottenute dai calcoli a mano l'unico elemento da modificare in quanto non soddisfa la verifica è la trave di colmo (la sezione 200x440 mm si sostituisce con una 240x480 mm).

Di seguito si riportata la schermata tipo in cui sono inseriti gli elementi per cui tutte le verifiche risultano soddisfatte.

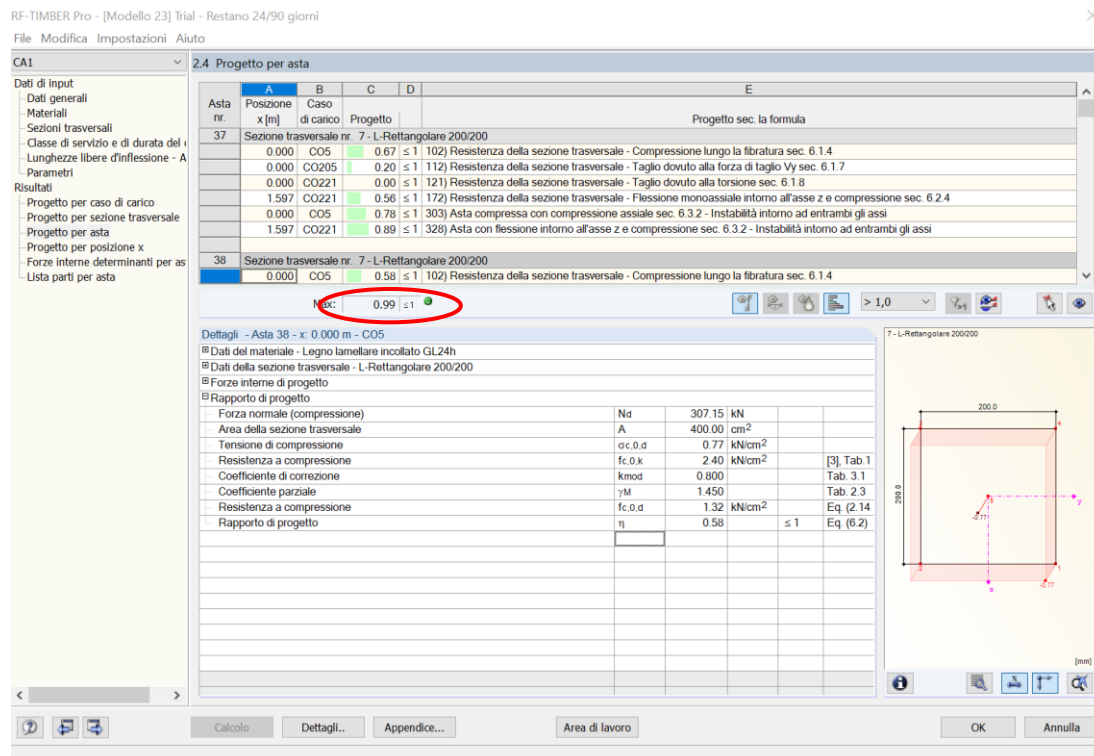


Figura 29 Risultati verifiche TIMBER PRO

Inoltre, al fine di validare i risultati ottenuti si mettono a confronto i valori dati dal modulo aggiuntivo e quelli ottenuti mediante foglio excel.

Si riporta per semplicità la verifica a pressoflessione di un pilastro di bordo GL24h 200x200 mm posto al piano primo.

Valori ottenuti dal programma *DLUBAL Software*:

Forza normale (compressione)	N <sub>d</sub>	330.90	kN		
------------------------------	----------------	--------	----	--	--

Area della sezione trasversale	$A$	400.00	$\text{cm}^2$		
Tensione di compressione	$\bar{\sigma}_{c,0,d}$	0.83	$\text{kN/cm}^2$		
Lunghezza dell'asta equivalente	$l_{cr,y}$	3.193	m		
Lunghezza dell'asta equivalente	$l_{cr,z}$	3.193	m		
Raggio d'inerzia	$i_y$	57.7	mm		
Raggio d'inerzia	$i_z$	57.7	mm		
Snellezza	$\lambda_y$	55.304			
Snellezza	$\lambda_z$	55.304			
Resistenza a compressione	$f_{c,0,k}$	2.40	$\text{kN/cm}^2$		[3], Tab.1
Modulo di elasticità	$E_{0,05}$	960.00	$\text{kN/cm}^2$		[3], Tab.1
Snellezza relativa	$\lambda_{rel,y}$	0.880		> 0.30	Eq. (6.21)
Snellezza relativa	$\lambda_{rel,z}$	0.880		> 0.30	Eq. (6.22)
Coefficiente	$\beta_c$	0.100			Eq. (6.29)
Coefficiente d'instabilità	$k_y$	0.916			Eq. (6.27)
Coefficiente d'instabilità	$k_z$	0.916			Eq. (6.28)
Coefficiente di imbozzamento	$k_{c,y}$	0.854			Eq. (6.25)
Coefficiente di imbozzamento	$k_{c,z}$	0.854			Eq. (6.26)

Coefficiente di correzione	$k_{mod}$	1.000			Tab. 3.1
Coefficiente parziale	$\gamma_M$	1.450			Tab. 2.3
Resistenza a compressione	$f_{c,0,d}$	1.66	kN/cm <sup>2</sup>		Eq. (2.14)
Momento flettente	$M_{z,d}$	6.77	kNm		
Modulo resistente	$S_z$	1333.33	cm <sup>3</sup>		
Tensione flettente	$\sigma_{m,z,d}$	0.51	kN/cm <sup>2</sup>		
Resistenza a flessione	$f_{m,z,k}$	2.40	kN/cm <sup>2</sup>		[3], Tab.1
Resistenza a flessione	$f_{m,z,d}$	1.66	kN/cm <sup>2</sup>		Eq. (2.14)
Coefficiente di riduzione	$k_m$	0.700			6.1.6
Progetto 1	$\eta_1$	0.80		$\leq 1$	Eq. (6.23)
Progetto 2	$\eta_2$	<b>0.89</b>		$\leq 1$	Eq. (6.24)

Valori ottenuti dal foglio excel creato manualmente:

CARICHI E SOLLECITAZIONI	
Sforzo normale [N]	330900
Momento SLU [N mm]	6770000
Taglio SLU [N]	8480

VERIFICHE SLU	
Verifica di stabilità	
$I_z$ [mm <sup>4</sup> ]	133333333,3
$I_y$ [mm <sup>4</sup> ]	133333333,3
$l_{oz}$ [mm]	3193
$l_{oy}$ [mm]	3193
$\lambda_z$	55,2389
$\lambda_y$	55,2389
PER GL24h SE $\lambda > 18$ si hanno problemi di stabilità	
IN QUESTO CASO SI HA PROBLEMA DI STABILITA'	

$\lambda_{rel,z}$	0,879600318
$\lambda_{rel,y}$	0,879600318
$\lambda_{rel}$	0,879600318
$\beta_c$	0,1
$k_z$ (o $K_y$ )	0,915828376
$K_{c,z}$ (o $K_{c,y}$ )	0,85406769
$f_{c,0,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	16,551724414
$\bar{\sigma}_{c,0,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	8,2725
$\bar{\sigma}_{m,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	5,0775
$f_{m,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	16,551724414
Verifica di stabilità a pressoflessione EC5	<b>0,89</b>

I risultati ottenuti possono quindi essere considerati corretti.

Le dimensioni dei singoli elementi si riportano nelle tavole in allegato.

## 7.2 PARETI XLAM

Tali elementi si verificano mediante l'utilizzo del modulo aggiuntivo *RF-LAMINATE*. Si utilizzano pannelli *CLT di Stora Enso*, per cui i valori di resistenza del materiale sono quelli forniti dal produttore. Le verifiche che il modulo aggiuntivo permette di effettuare sono:

FLESSIONE PARALLELA ALLA FIBRATURA:

$$\frac{\bar{\sigma}_{b,0,d}}{f_{b,0,d}} \leq 1$$

TENSIONE NORMALE ORTOGONALE ALLA FIBRATURA:

$$\frac{\bar{\sigma}_{b,90,d}}{f_{b,90,d}} \leq 1$$

TRAZIONE/COMPRESSIONE PARALLELA ALLA FIBRATURA:

$$\frac{\bar{\sigma}_{t/c,0,d}}{f_{t/c,0,d}} \leq 1$$

TRAZIONE/COMPRESSIONE ORTOGONALE ALLA FIBRATURA:

$$\frac{\bar{\sigma}_{t/c,90,d}}{f_{t/c,90,d}} \leq 1$$

TENSOFLESSIONE/PRESSOFLESSIONE PARALLELA ALLA FIBRATURA:

$$\frac{\sigma_{t/c,0,d}}{f_{t/c,0,d}} + \frac{\sigma_{b,0,d}}{f_{b,0,d}} \leq 1$$

TENSOFFLESSIONE/PRESSOFFLESSIONE ORTOGONALE ALLA FIBRATURA:

$$\frac{\sigma_{t/c,90,d}}{f_{t/c,90,d}} + \frac{\sigma_{b,90,d}}{f_{b,90,d}} \leq 1$$

TAGLIO NEL PIANO DEL PANNELLO:

$$\frac{T_{xy}}{f_{xy,d}} \leq 1$$

TENSIONE TANGENZIALE:

$$\frac{T_R}{f_{R,d}} \leq 1$$

Per i pannelli (già definiti nella fase di modellazione) si sceglie di non considerare, durante la fase di calcolo, l'involuppo delle combinazioni di carico ma di effettuare il calcolo per tutte le combinazioni di carico al fine di utilizzare il corretto  $k_{mod}$  per ogni combinazione. Nel caso in esame, su 287 pannelli a 5 strati di spessore pari a 100 mm, le verifiche effettuate risultano non soddisfatte per un numero di pannelli pari a 9, così come mostrato di seguito:

Superf. nr.	Punto nr.	Coordinate del punto [m]			Carico	Strato			Tensioni [N/mm <sup>2</sup> ]			Rapporto [-]
		X	Y	Z		nr.	z [mm]	Lato	Simbolo	Esistente	Limite	
65	878	12,875	-11,450	-2,934	CO45	2	20,0	Superiore	$\sigma_{t/c,0}$	-15,35	12,00	1,28
	878	12,875	-11,450	-2,934	CO45	2	20,0	Superiore	$\sigma_{b+t/c,0}$	-15,35		1,28
113	113	0,000	-11,525	-6,127	CO5	2	20,0	Superiore	$\sigma_{t/c,0}$	11,36	8,00	1,42
	113	0,000	-11,525	-6,127	CO5	2	20,0	Superiore	$\sigma_{b+t/c,0}$	17,15		1,84
	2021	0,000	-11,475	-6,127	CO5	5	100,0	Inferiore	$\tau_{xy}$	-2,40	2,00	1,20
	2021	0,000	-11,475	-6,127	CO5	5	90,0	Medio	$\text{int}(\tau_{xz} + \tau_{xy})$			1,01
146	143	17,835	-11,450	-6,127	CO45	4	60,0	Superiore	$\sigma_{t/c,0}$	-14,11	12,00	1,18
	143	17,835	-11,450	-6,127	CO45	4	60,0	Superiore	$\sigma_{b+t/c,0}$	-12,76		1,27
181	308	0,000	-11,525	-9,320	CO5	2	20,0	Superiore	$\sigma_{t/c,0}$	12,15	8,00	1,52
	308	0,000	-11,525	-9,320	CO5	2	20,0	Superiore	$\sigma_{b+t/c,0}$	17,97		1,94
	4379	0,000	-11,475	-9,320	CO5	5	100,0	Inferiore	$\tau_{xy}$	-2,28	2,00	1,14
192	1138	1,445	-1,545	-12,513	CO216	2	20,0	Superiore	$\sigma_{t/c,0}$	12,07	10,00	1,21

	1138	1,445	-1,545	-12,513	CO216	2	20,0	Superiore	$\sigma_{b+t/c,0}$	12,18		1,21
216	698	17,835	-7,825	-12,513	CO4	4	60,0	Superiore	$\sigma_{t/c,0}$	-17,58	12,00	1,46
	698	17,835	-7,825	-12,513	CO4	4	60,0	Superiore	$\sigma_{b+t/c,0}$	-17,56		1,47
	698	17,835	-7,825	-12,513	CO5	1	0,0	Superiore	$\tau_{x'y'}$	-5,07	2,00	2,53
	698	17,835	-7,825	-12,513	CO5	1	10,0	Medio	$\text{int}(\tau_{x'z'}+\tau_{x'y'})$			6,22
217	1204	17,835	-7,825	-12,513	CO4	4	60,0	Superiore	$\sigma_{t/c,0}$	-12,10	12,00	1,01
	1204	17,835	-7,825	-12,513	CO4	4	60,0	Superiore	$\sigma_{b+t/c,0}$	-12,05		1,01
262	270	12,875	-10,600	-12,513	CO5	1	0,0	Superiore	$\tau_{x'y'}$	-2,64	2,00	1,32
	270	12,875	-10,600	-12,513	CO5	1	10,0	Medio	$\text{int}(\tau_{x'z'}+\tau_{x'y'})$			1,23
283	535	0,000	-11,425	-12,513	CO5	4	60,0	Superiore	$\sigma_{b+t/c,0}$	3,83		1,06
	535	0,000	-11,425	-12,513	CO5	5	100,0	Inferiore	$\tau_{x'y'}$	-2,92	2,00	1,46
	535	0,000	-11,425	-12,513	CO5	5	90,0	Medio	$\text{int}(\tau_{x'z'}+\tau_{x'y'})$			1,50

RF-LAMINATE - [Modello 23] Trial - Restano 23/90 giorni

File Impostazioni Aiuto

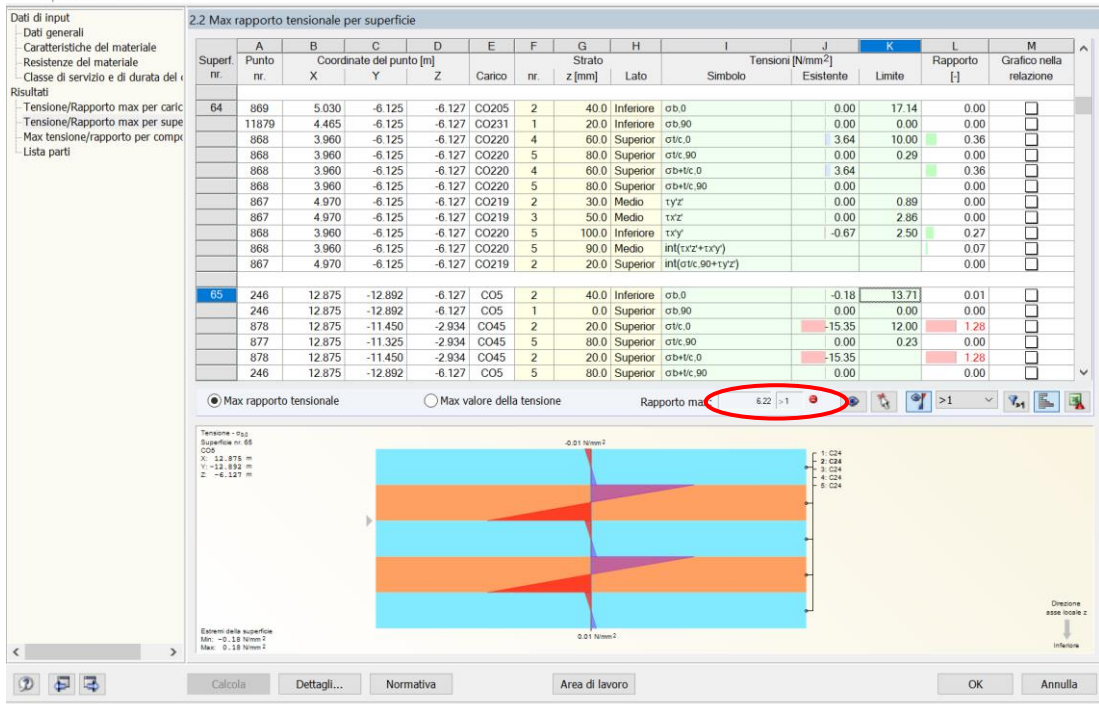


Figura 30 Risultati RF-LAMINATE

Tuttavia, si nota che tali verifiche risultano non soddisfatte per motivi legati alla modellazione: le travi, infatti, sono modellate come aste e producono, nei punti in cui sono collegate ai pannelli, una concentrazione delle tensioni che nella realtà non è presente.

Per tale motivo, le verifiche si considerano soddisfatte.

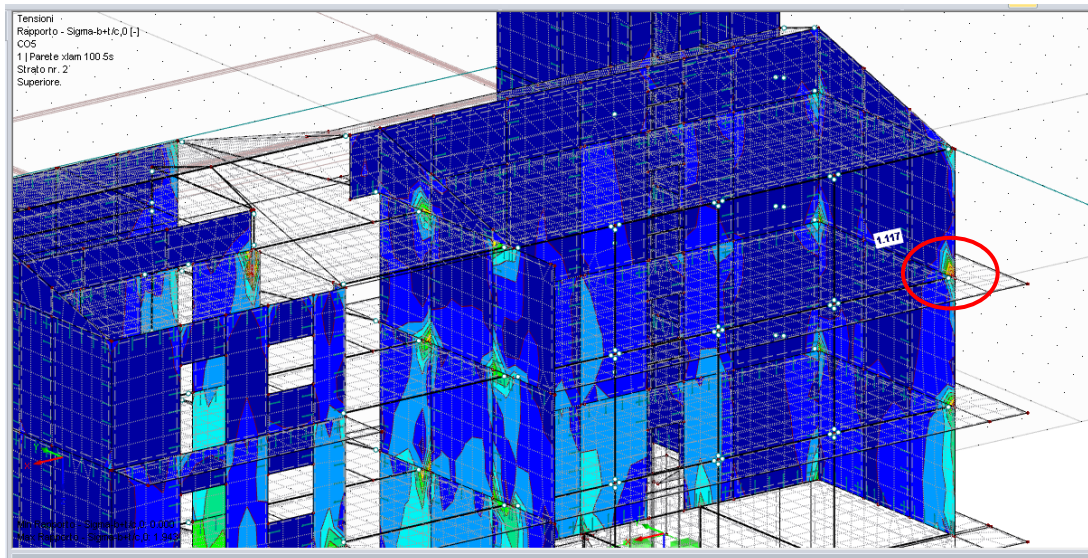


Figura 31 Zona in cui non risultano soddisfatte le verifiche

Il modulo *RF-LAMINATE* non permette però di effettuare verifiche di stabilità ma solo di resistenza, si procede quindi alla verifica di stabilità di alcuni pannelli mediante foglio excel e in riferimento alla teoria di Möhler riportata nell'*Appendice B* dell'*EC5*:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{b,0,d}}{f_{b,0,d}} \leq 1$$

In particolare, si considerano i valori delle tensioni dati dal programma e si determina il coefficiente  $k_c$  considerando per il calcolo della snellezza la formula dell'*Appendice C* dell'*EC5*:

$$\lambda_{ef} = l \sqrt{\frac{A_{tot}}{J_{ef}}}$$

dove  $J_{ef}$  si determina dalla seguente espressione:

$$J_{ef} = \sum_{i=1}^3 (J_i + Y_i A_i a_i^2)$$

Tale verifica, effettuata per alcuni pannelli del piano primo, risulta soddisfatta mentre la si trascura per i pannelli X-LAM dei piani superiori, la cui verifica di resistenza risulta comunque soddisfatta.

Si riporta per semplicità la verifica di stabilità per uno dei pannelli (superficie 44):



DATI	
B [m]	1,8
H [mm]	100
l [m]	3,193
l <sub>0</sub> [m]	3,193
h <sub>1</sub> =h <sub>2</sub> =h <sub>3</sub> [mm]	20
g <sub>1</sub> =g <sub>2</sub> [mm]	20
Classe di servizio	1
Durata carico	media
Y <sub>M</sub>	1,5
K <sub>sys</sub>	1,1

TEORIA DI MÖHLER	
$k_1/s_1=K_2/s_2=G_{rt}*b/g_1$ [N/mm/mm]	6210
A <sub>1</sub> =A <sub>2</sub> =A <sub>3</sub> [mm <sup>2</sup> ]	36000
A <sub>tot</sub> [mm <sup>2</sup> ]	108000
J <sub>1</sub> =J <sub>2</sub> =J <sub>3</sub> [mm <sup>4</sup> ]	1200000
Y <sub>1</sub> =Y <sub>3</sub>	0,941913392
Y <sub>2</sub>	1
a <sub>2</sub> [mm]	0
a <sub>1</sub> [mm]	40
a <sub>1</sub> [mm]	40
J <sub>ef</sub> [mm <sup>4</sup> ]	112108422,8

VERIFICA	
$\sigma_{b,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1,14
$f_{m,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	17,14
$\sigma_{c,0,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	3,71
$f_{c,0,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	15
$\lambda_{ef}$	99,10411212
$\lambda_{rel}$	1,681341042
$\beta_c$	0,2
k	2,051587954
k <sub>c</sub>	0,309864433
Esito	<b>VERIFICATO</b>

### 7.3 TRAVI IN C.A.

Le travi in c.a. modellate sul software presentano delle sollecitazioni leggermente superiori rispetto al calcolo effettuato manualmente. Si ritiene opportuno effettuare nuovamente le verifiche allo SLU ed eventualmente modificare il numero e/o il diametro dei ferri.

Per fare ciò si utilizza il modulo aggiuntivo *RF-CONCRETE Members*. Come in tutti i moduli aggiuntivi nella scheda “*Dati generali*” si sceglie la normativa di riferimento, le aste (travi) e la combinazione di carico (involuppo SLU) da considerare durante la fase di calcolo. In alcuni casi, è necessario creare un “*set di aste*” al fine di poter avere la disposizione dei ferri per intere campate e non solo per la singola trave.

La scheda più importante è quella relativa all’armatura in cui è necessario selezionare i diametri possibili sia per l’armatura longitudinale che per le staffe, il copriferro, il tipo di riduzione, l’armatura di base disposta, il passo massimo tra le staffe e il numero di bracci.

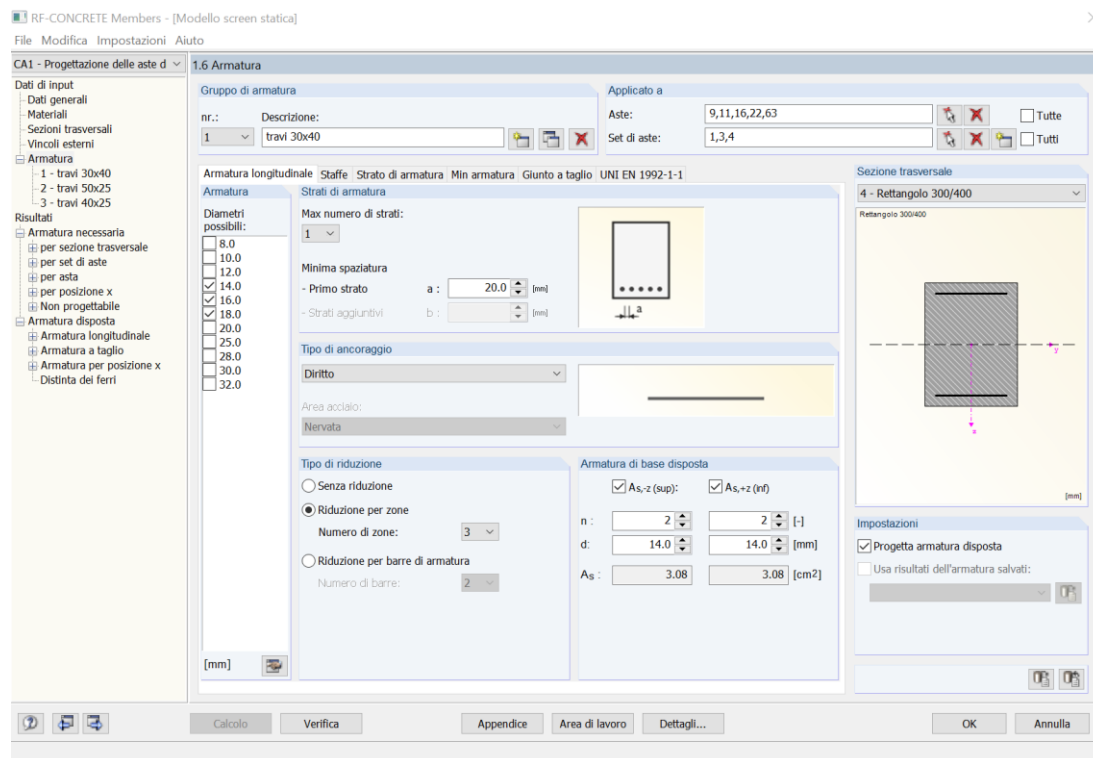


Figura 32 Scheda "Armatura" RF-CONCRETE Members

Si verifica che l’armatura di base disposta inizialmente soddisfi le limitazioni del §4.1.6 “*Dettagli Costruttivi*” delle *NTC18*.

Si riporta per semplicità solo quella relativa alla trave di bordo 200x400, considerando che è però stata effettuata per tutte le tipologie di travi presenti.

Dati geometrici e meccanici	
h [mm]	400
B [mm]	300
d [mm]	265
d' [mm]	35

$A_c$ [mm <sup>2</sup> ]	120000
$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	14,11
$f_{ctm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2,56
$\epsilon_{cu}$	0,0035
$A_s$ [mm <sup>2</sup> ] (tesa)	308
$A_s'$ [mm <sup>2</sup> ]	308
$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	450
$f_{yd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	391,3
$\epsilon_{yd}$	0,002
$E_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	210000
n	15

LIMITAZIONI GEOMETRICHE cap.4	
Armatura longitudinale	
B [mm]	300
h [mm]	400
$A_c$ [mm <sup>2</sup> ]	120000
$A_s$ [mm <sup>2</sup> ] (tesa)	308
$A_s'$ [mm <sup>2</sup> ]	308
$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	450
$f_{ctm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2,56
$A_{s,min}$ (tesa)	117,5893333
$A_s > A_{s,min}$	<b>VERIFICATO</b>
$A_s > 0,0013 * b_t d$	<b>VERIFICATO</b>
$A_{s,max}$	4800
$A_s < A_{s,max}$	<b>VERIFICATO</b>

Armatura trasversale			
Armatura minima			
Numero braccia staffe	$\Phi$ [mm]	$A_s$ [mm <sup>2</sup> ]	passo [mm]
2,0000	8	101	200

$A_s > 1,5 b$	<b>VERIFICATO</b>
passo max [mm]	212
passo < passo max [mm]	<b>VERIFICATO</b>

Effettuato il calcolo si ottiene, in funzione dei dati di input inseriti, la disposizione delle armature longitudinale e delle staffe.

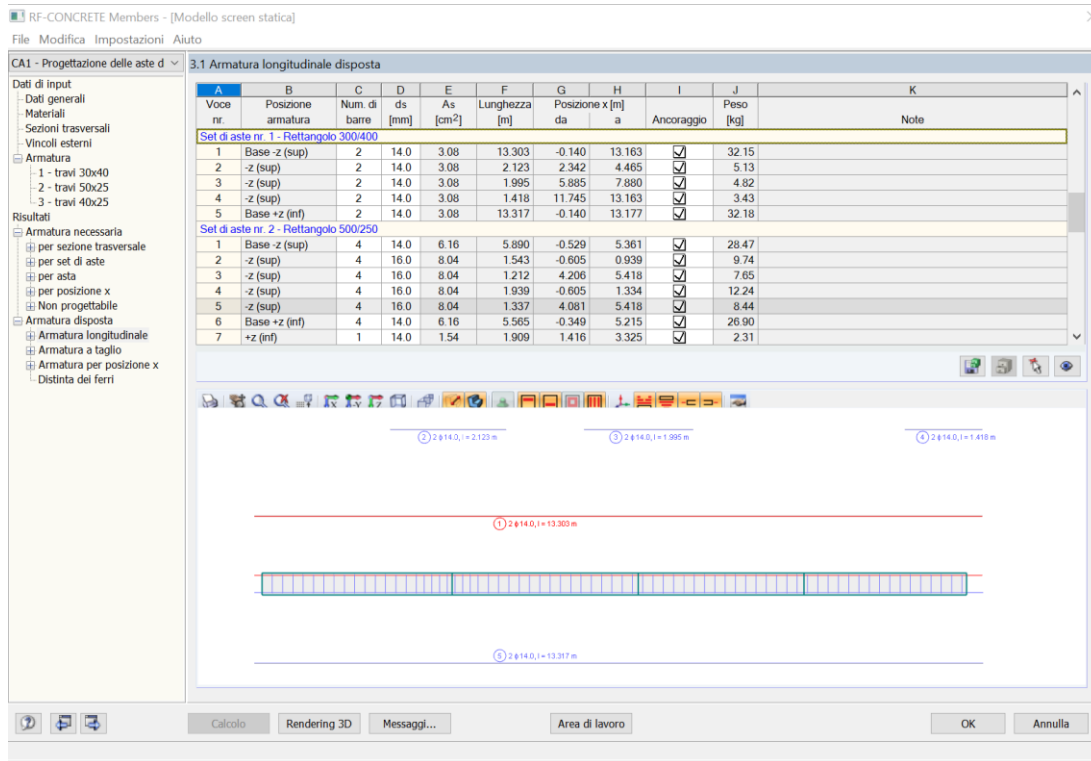


Figura 33 Disposizione armatura longitudinale RF-CONCRETE Members

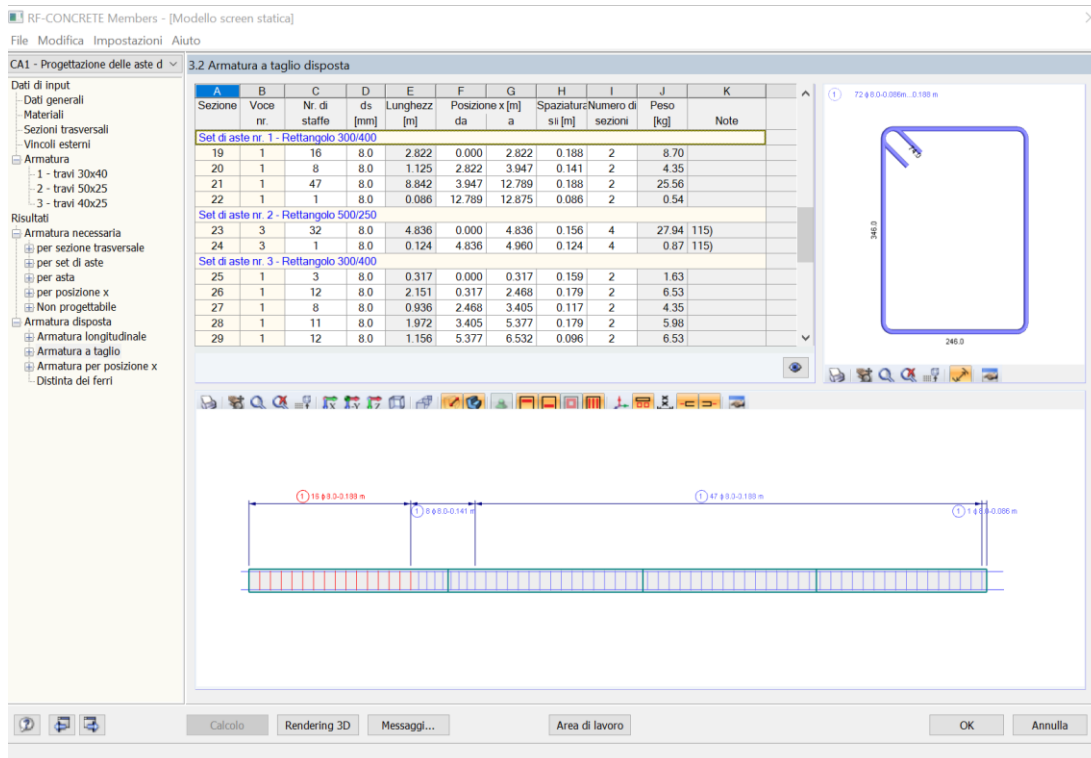


Figura 34 Disposizione staffe RF-CONCRETE Members

## 7.4 PILASTRI IN C.A.

Il dimensionamento e la verifica dei pilastri si esegue mediante il modulo aggiuntivo *RF-CONCRETE Columns*.

Nella scheda “*Dati generali*” si sceglie la normativa di riferimento, le aste (pilastri) e la combinazione di carico (involuppo SLU) da considerare durante la fase di calcolo.

La scheda più importante è quella relativa all’armatura in cui è necessario selezionare i diametri possibili sia per l’armatura longitudinale che per le staffe, il copriferro.

Effettuato il calcolo si ottiene, in funzione dei dati di input inseriti, la disposizione delle armature longitudinale e delle staffe e i risultati delle verifiche.

RF-CONCRETE Columns - [Modello screen statica]

File Modifica Impostazioni Aiuto

CA1

Dati di input

- Dati generali
- Materiali
- Sezioni trasversali
- Armatura
  - 1 - pilastri
  - Parametri - per asta
  - Verifica
    - Aste
    - Armatura necessaria
      - per sezione trasversale
      - per asta
    - Armatura disposta
      - Armatura longitudinale
      - Armatura a taglio
      - Distinta dei ferri

- Risultati

4.1 Armatura longitudinale disposta

Sezione	A	B	C	D	E	F	G	H
Voce nr.	Numero di Aste	ds [mm]	As [cm <sup>2</sup> ]	Posizione x [mm] da	a	Ancoraggio	Messaggio	
Asta nr. 1 - Rettangolo 400/400								
1	1	8	18.0	20.36	-0.185	3.119	<input checked="" type="checkbox"/>	
Asta nr. 2 - Rettangolo 400/400								
1	1	8	18.0	20.36	-0.185	3.119	<input checked="" type="checkbox"/>	
Asta nr. 3 - Rettangolo 400/400								
1	1	8	18.0	20.36	-0.185	3.119	<input checked="" type="checkbox"/>	
Asta nr. 4 - Rettangolo 400/400								
1	1	8	18.0	20.36	-0.185	3.119	<input checked="" type="checkbox"/>	
Asta nr. 5 - Rettangolo 400/400								

Dimensioni armatura longitudinale:  
 2.334: sovrapposizione 0.1558; sovrapposizione 0.105 m  
 Lunghezza: 3.303 m, Lunghezza totale: 26.424 m  
 Peso: 6.60 kg, Peso totale: 52.79 kg

Calcolo Vista 3D Messaggi... Area di lavoro OK Annulla

Figura 35 Disposizione armatura longitudinale RF-CONCRETE Members

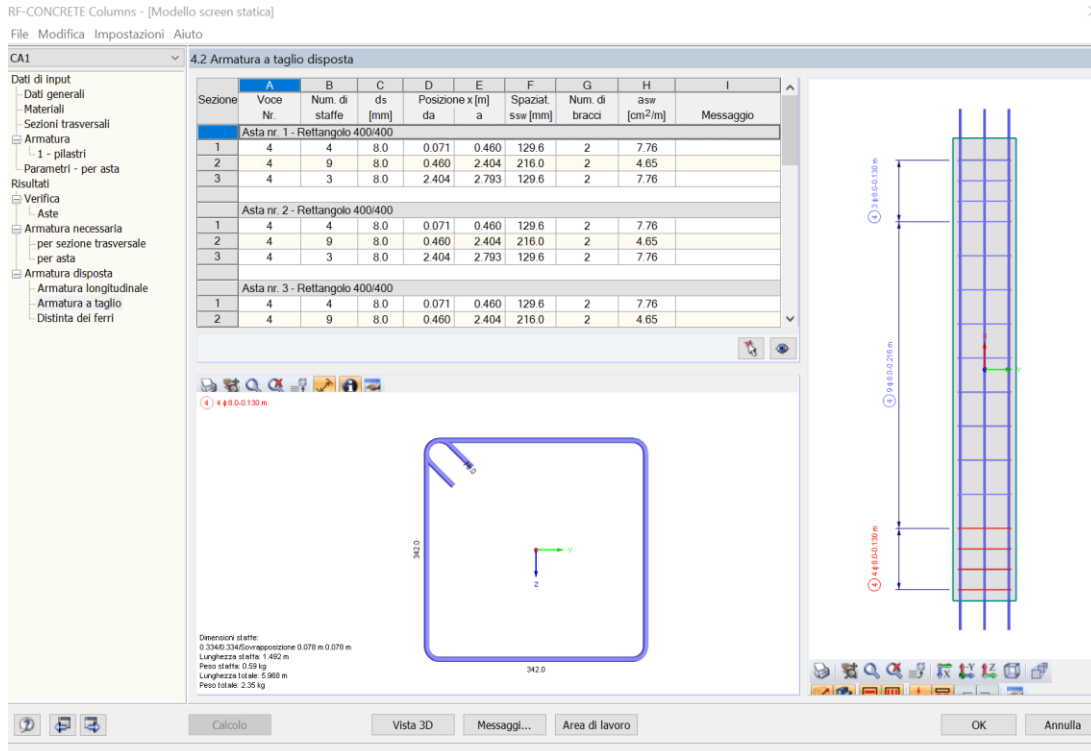


Figura 36 Disposizione staffe RF-CONCRETE Members

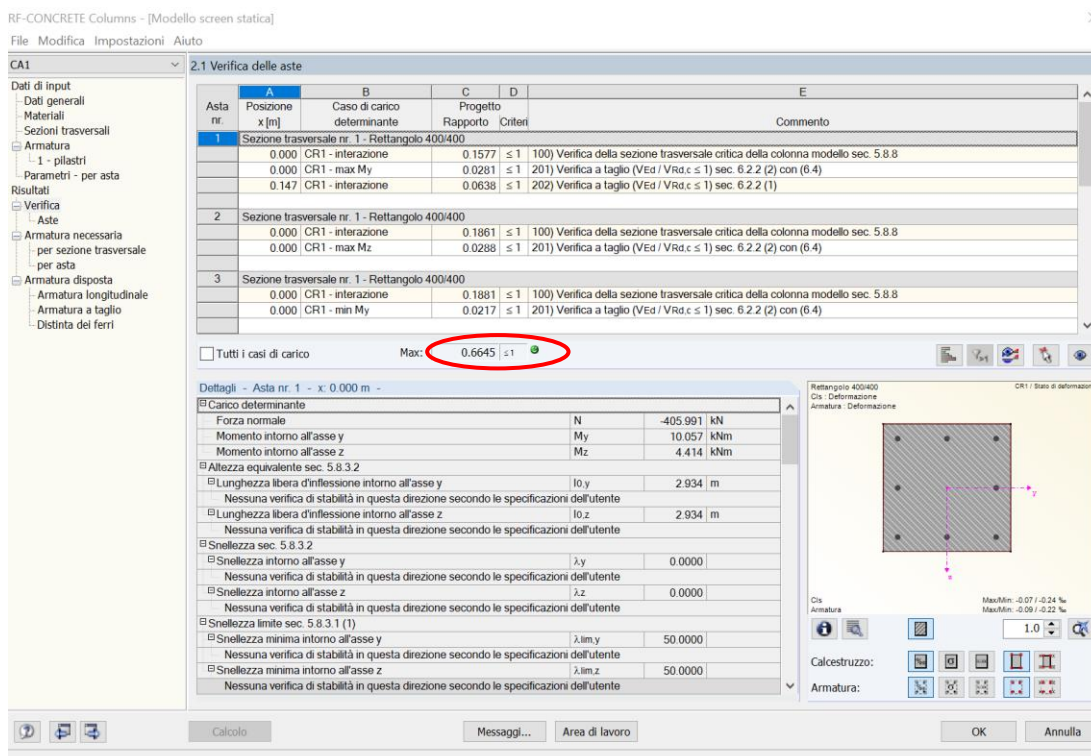


Figura 37 Verifiche SLU dei pilastri RF-CONCRETE Columns

In questo caso, non potendo inserire l'armatura minima, si è controllato a posteriori che le limitazioni geometriche del §4.1.6 "Dettagli Costruttivi" delle NTC18 fossero soddisfatte. Si riporta per semplicità solo quella relativa al pilastro di bordo 400x400 mm, considerando che è però stata effettuata per tutte le tipologie di pilastri presenti.

Dati geometrici e meccanici	
h [mm]	400
B [mm]	400
d [mm]	365
d' [mm]	35
$A_c$ [mm <sup>2</sup> ]	160000
$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	14,11
$f_{ctm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2,56
$\epsilon_{cu}$	0,0035
$A_s$ [mm <sup>2</sup> ] (tesa)	2036
$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	450
$f_{yd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	391,3
$\epsilon_{yd}$	0,002
$E_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	210000
n	15

LIMITAZIONI GEOMETRICHE cap.4		
Armatura longitudinale		
B [mm]	400	
h [mm]	400	
$A_c$ [mm <sup>2</sup> ]	160000	
$A_s$ [mm <sup>2</sup> ] (tesa)	2036	
$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	450	
$f_{ctm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2,56	
$N_{Ed}$	588130	
$A_{s,min}$	150,3015589	
$A_s > A_{s,min}$	<b>VERIFICATO</b>	
$A_s > 0,003 * A_c$	<b>VERIFICATO</b>	
$\Phi$	18	<b>VERIFICATO</b>
$A_{s,max}$	6400	<b>VERIFICATO</b>

Armatura trasversale			
Armatura minima			
Numero braccia staffe	$\Phi$ [mm]	$A_s$ [mm <sup>2</sup> ]	passo (mm)

2,0000	8	101	200
--------	---	-----	-----

$\Phi$	<b>VERIFICATO</b>
passo max [mm]	250
passo [mm]	<b>VERIFICATO</b>

Per validare ulteriormente i risultati ottenuti si utilizza il software *VcaSlu* che permette di determinare il dominio di resistenza della sezione e verificare che i punti di coordinate (N, M) nel caso di pressoflessione retta e  $(M_x, M_y)$  nel caso di pressoflessione deviata siano interni al dominio.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti da *VcaSlu* per il pilastro 400x400 mm, per il quale si effettua una verifica a pressoflessione deviata.

**Verifica C.A. S.L.U. - File: Verifica pilastro di bordo 40x40\_SLU**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo:** Verifica pilastro bordo 40x40

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 3 Zoom

N°	b [mm]	h [mm]
1	400	400

N°	As [mm²]	d [mm]
1	603	45
2	402	200
3	603	355

**Tipologia Sezione:**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni:**  
 S.L.U. Metodo n  
 N<sub>Ed</sub>: 588,1 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 22,72 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 7,25 kNm

**P.to applicazione N:**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[mm] xN: 0 yN: 0

**Tipologia rottura:**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Metodo di calcolo:**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipologia flessione:**  
 Retta  Deviate

**Materiali:**  
 B450C C25/30  
 ε<sub>su</sub>: 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
 f<sub>yd</sub>: 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub>: 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub>: 14,17 N/mm²  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0,8  
 ε<sub>syd</sub>: 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 9,75 N/mm²  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm² τ<sub>co</sub>: 0,6  
 τ<sub>c1</sub>: 1,829

**Risultati:**  
 M<sub>xRd</sub>: 140,5 kNm  
 M<sub>yRd</sub>: 46,31 kNm  
 σ<sub>c</sub>: -14,17 N/mm²  
 σ<sub>s</sub>: 391,3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub>: 3,5 ‰  
 ε<sub>s</sub>: 2,104 ‰  
 d: 406,7 mm  
 x: 254 mm x/d: 0,6246  
 δ: 1

**Parametri aggiuntivi:**  
 N° rett.: 100  
 angolo asse neutro θ°: 327  
 Precompresso

Calcola MRd Dominio Mx-My

Figura 38 Interfaccia VcaSlu



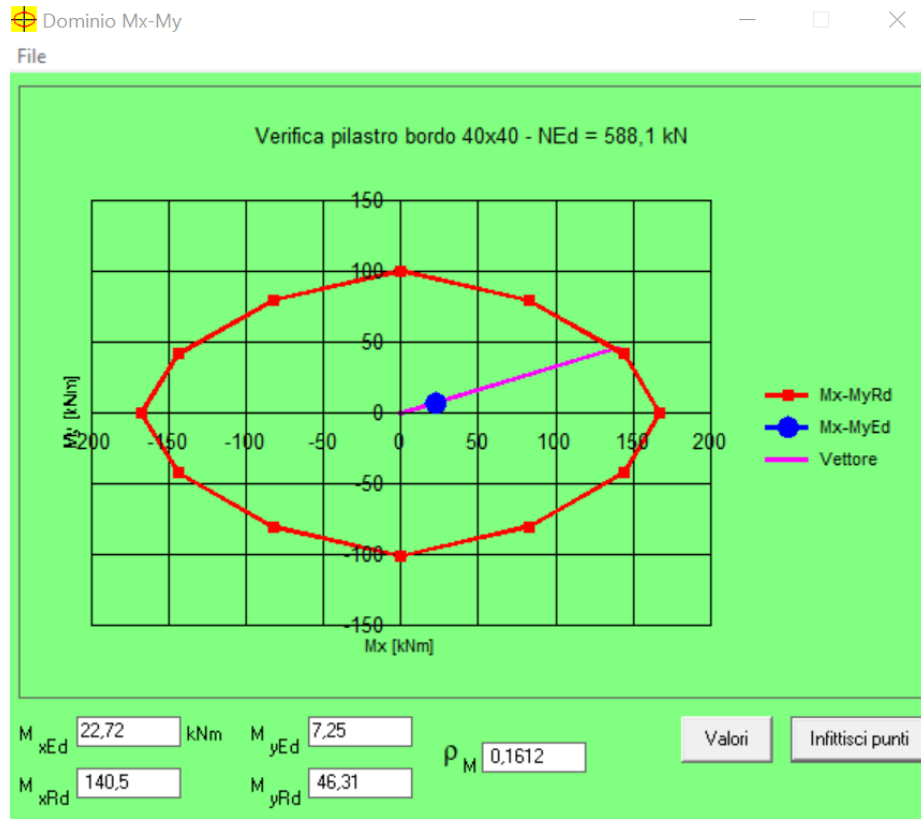


Figura 39 Dominio di resistenza

## 8 PROGETTAZIONE SISMICA

L'edificio è analizzato e verificato secondo le prescrizioni del *D.M. 17/01/2018* "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" e in riferimento alla *Circolare esplicativa 21/01/2019*.

L'analisi dinamica lineare è il tipo di analisi di riferimento che si utilizza per la stima degli effetti delle azioni orizzontali variabili nel tempo come il sisma, questo metodo consiste nei seguenti passi:

- Determinazione dei modi di vibrare della struttura attraverso l'analisi modale;
- Calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare;
- Combinazione degli effetti del punto precedente.

Dai risultati di questa analisi si ottengono i valori di sollecitazione cui sono soggetti gli elementi della struttura. In questo tipo di analisi si opera in campo elastico lineare, e le non linearità del materiale vengono considerate attraverso l'uso di un opportuno spettro di risposta e del fattore di comportamento  $q$ .

Il comportamento strutturale dell'edificio analizzato è di tipo non dissipativo.

Si riporta quindi l'estratto della *Circolare del 21 gennaio 2019 (C. 7.2.2)* in merito:

*"Il comportamento strutturale non dissipativo richiede che la struttura abbia resistenza tale da rimanere in campo sostanzialmente elastico per tutti gli stati limite considerati."*

*"Nel caso di comportamento strutturale non dissipativo la risposta sismica della struttura dipende, essenzialmente, dalle sue caratteristiche di rigidità e resistenza."*

*"Quando si opta per il comportamento non dissipativo le azioni sismiche di progetto sono più elevate ma la duttilità necessaria è molto più contenuta e dunque non è richiesta la progettazione in capacità e l'adozione dei dettagli costruttivi riportati nel Capitolo 7 delle NTC2018."*

Quando si sceglie un comportamento strutturale non dissipativo, non va applicato il principio di gerarchia delle resistenze e di conseguenza il concetto di progettazione in capacità definito nelle *NTC2018*.

Le sezioni e i quantitativi di armatura per le strutture in cemento armato non dissipative saranno dimensionate e verificate sulla base delle sollecitazioni derivanti dall'analisi della struttura, senza considerare i momenti resistenti delle sezioni amplificati per i fattori di

sovraresistenza, come accade per le strutture dissipative, nel rispetto del principio di gerarchia delle resistenze.

Stesso ragionamento è valido per le strutture in legno: *“la capacità delle membrature e dei collegamenti deve essere valutata in accordo con le regole di cui al capitolo 4.4. delle NTC2018, senza nessun requisito aggiuntivo.”*

In conclusione, il comportamento strutturale dissipativo si basa sulla duttilità e presuppone l'accettazione del danneggiamento strutturale come strategia di protezione passiva dal sisma. Nel caso di comportamento strutturale non dissipativo la risposta sismica della struttura dipende dalla sua rigidezza e resistenza.

L'edificio in esame si compone di un piano terra in c.a. e di piani superiori in legno (travi, pilastri, pareti X-LAM), per cui trattandosi di una struttura mista prima di procedere con l'analisi modale si riporta la risposta al quesito 1/2013 dalla *“Raccolta pareri del Comitato Tecnico Scientifico in materia di rischio sismico della Regione Toscana”*:

*“Si ritiene che la norma consenta la realizzazione di un piano in c.a. con comportamento prevalentemente scatolare, sovrastato da struttura in muratura portante, sia che si parli di fondazione "alta" (punto 7.8.1.8.), sia che si parli di prima elevazione (punto 4.5.4.). Per il calcolo della struttura, dai due punti sopra citati, emergono due possibilità:*

- *considerare il piano in c.a. come prima elevazione calcolare l'intera struttura con un modello unico, facendo partire l'azione sismica dalla base. In tal caso il fattore di struttura dovrà essere assunto minore o uguale al più basso tra quello della parte in muratura e quello della parte in c.a.. Si ritiene che in questo caso non si possano considerare resistenti al sisma le porzioni di muratura della parte in elevazione che non abbiano continuità attraverso le pareti in c.a. fino alla fondazione;*
- *considerare il piano in c.a. tutto come fondazione (sempre che sia interrato o seminterrato), con la possibilità quindi di far partire l'azione sismica dalla quota dove inizia la muratura, a condizione che il piano di fondazione abbia una rigidezza tale da comportarsi effettivamente come una struttura monolitica.*

*Questo presupposto si ritiene verificato se:*

- *Le aperture sono opportunamente distribuite;*
- *Le pareti in muratura del primo livello sono poste sopra pareti in c.a. per almeno il 75% del loro sviluppo totale.*

*Se queste condizioni non sono rispettate occorre verificare che:*

- *La differenza tra gli spostamenti orizzontali di un punto di controllo, preso in sommità all'edificio, tra il caso in cui il piano in c.a. sia interamente costituito da pareti continue e il caso in cui siano invece presenti le aperture di progetto, sia < 10%;*
- *L'ordine e le forme modali dei due modelli strutturali di cui al punto precedente siano simili.*

*Qualora il piano in c.a. possa essere assimilato a fondazione, si possono considerare resistenti al sisma anche le pareti in muratura della parte in elevazione che non abbiano continuità fino alla base della fondazione a causa della presenza di aperture nel piano in c.a., purché la deformabilità verticale delle travi poste al di sotto dei maschi murari sia inferiore ad 1/500 della luce per la combinazione allo Stato Limite di Danno.*

*Analoghe considerazioni si possono esprimere per le costruzioni con struttura in elevazione a pareti in legno.”*

Alla luce di ciò si sceglie di considerare il piano in c.a. tutto come fondazione con la possibilità di far partire l'azione sismica dalla quota in cui inizia la struttura in legno.

## **8.1 ANALISI MODALE**

Il primo passo dell'analisi dinamica lineare consiste nell'analisi modale, attraverso la quale si possono individuare le particolari configurazioni deformate che costituiscono i modi naturali di vibrazione della struttura. Questi modi di vibrare si possono individuare indipendentemente dalla presenza di una forzante esterna, poiché costituiscono una caratteristica naturale della struttura. Essi sono molto importanti, poiché ogni condizione deformata reale della struttura può essere espressa come combinazione lineare di questi modi naturali.

Per ogni modo di vibrare si definisce una massa partecipante, la quale definisce la quota parte delle forze sismiche di trascinamento che il modo individuato è in grado di descrivere. Sarà dunque sufficiente controllare le prime forme modali ed il periodo ad essa associato, che fa oscillare la struttura in funzione della sua minor rigidità, per poter fare delle prime stime sul funzionamento strutturale.

Si considera un modello differente rispetto a quello utilizzato per le verifiche statiche, in quanto il modello creato in precedenza potrebbe comportare l'attivazione di modi locali e non globali.

Si sostituisce quindi la soletta di piano con una modellata come “standard” e si elimina la copertura creando il diaframma mediante il comando “*restrizioni nodali*”.

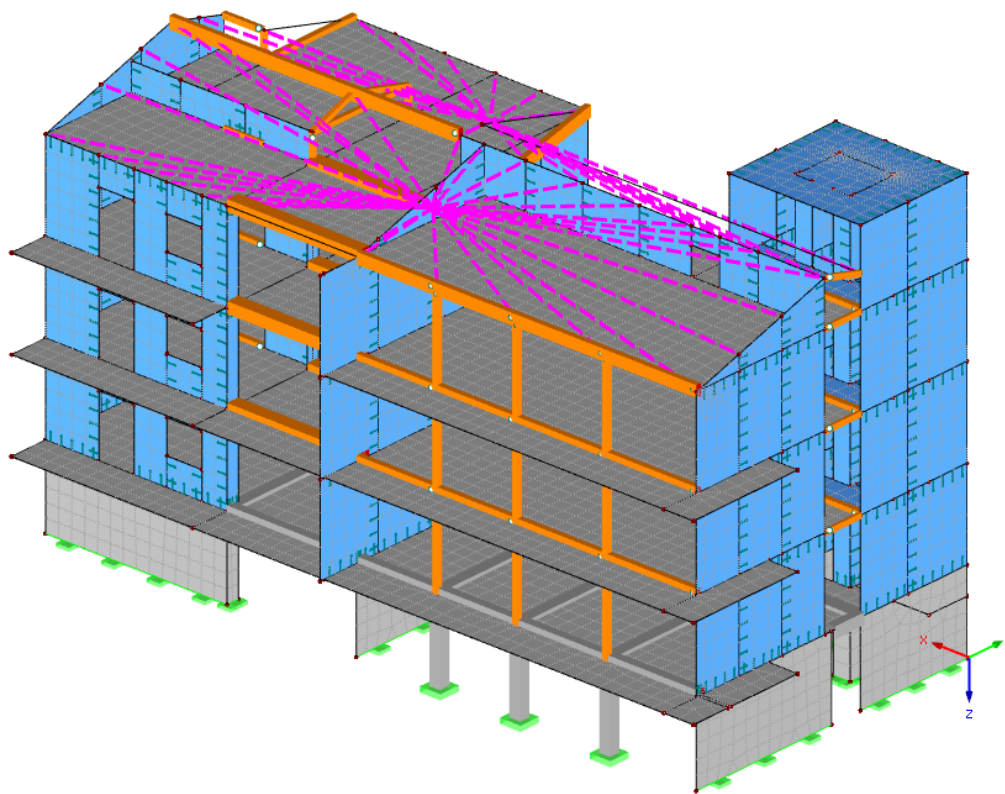


Figura 40 Modello per analisi dinamica lineare

L'analisi modale si esegue mediante il modulo aggiuntivo *RF-DYNAM PRO*. Al fine di effettuare tale analisi nel modulo bisogna spuntare le opzioni: “*Oscillazioni libere e Combinazioni di massa*” nella “*Scheda Generale*”.

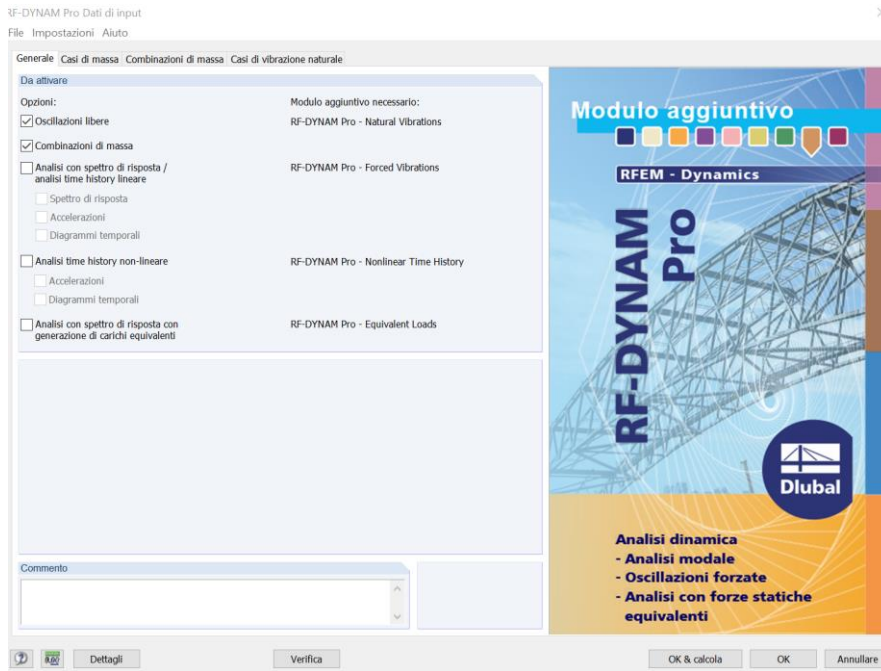


Figura 41 Interfaccia RF-DYNAM PRO

Nella scheda “*Casi di massa*” si impostano i casi di carico da considerare nel calcolo delle masse sismiche del modello. Nel caso in esame, si generano i seguenti casi di massa: pesi propri  $G_1$ , Pesi propri  $G_2$ , Sovraccarico A e C. Il peso proprio della struttura modellata si considera nel caso di massa dei pesi propri  $G_1$ .

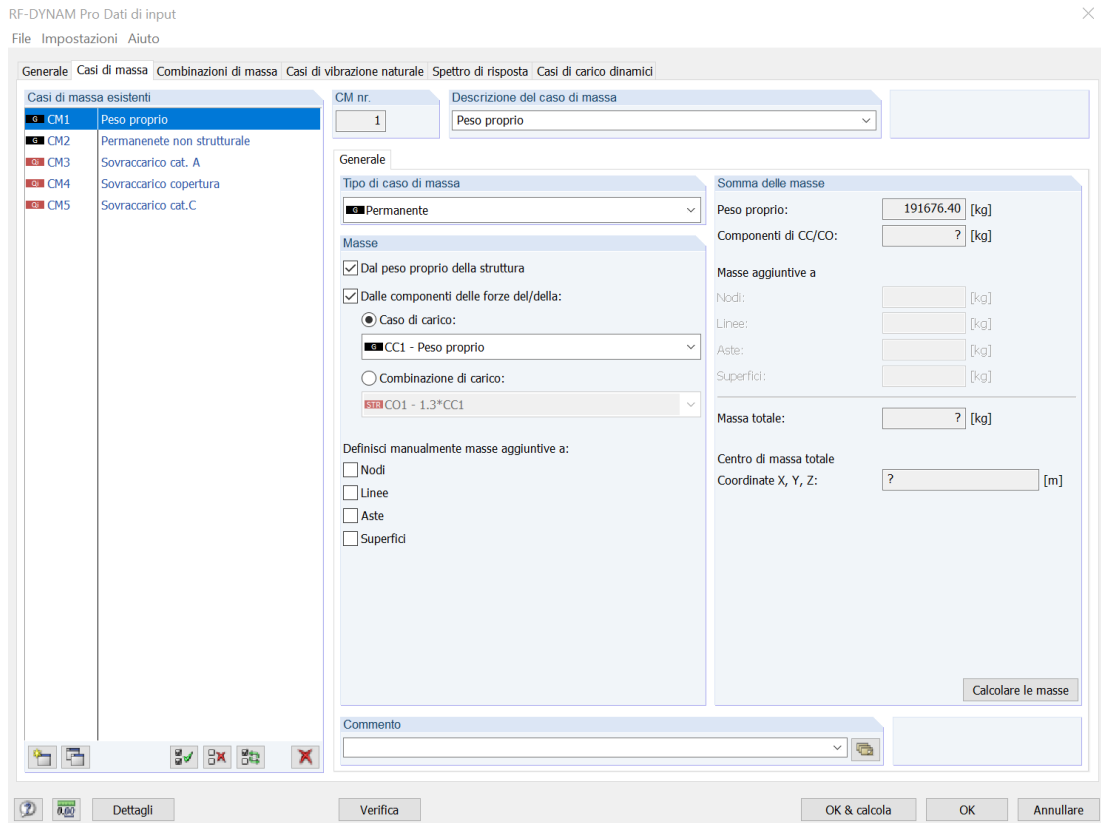


Figura 42 Scheda Casi di massa di RF-DYNAM PRO

Nella scheda successiva, “*Combinazioni di massa*”, si stabilisce come combinare i casi di massa precedentemente creati. In accordo con la combinazione sismica di normativa (*NTC2018*) si impostano i valori dei coefficienti che moltiplicano i diversi casi di massa.

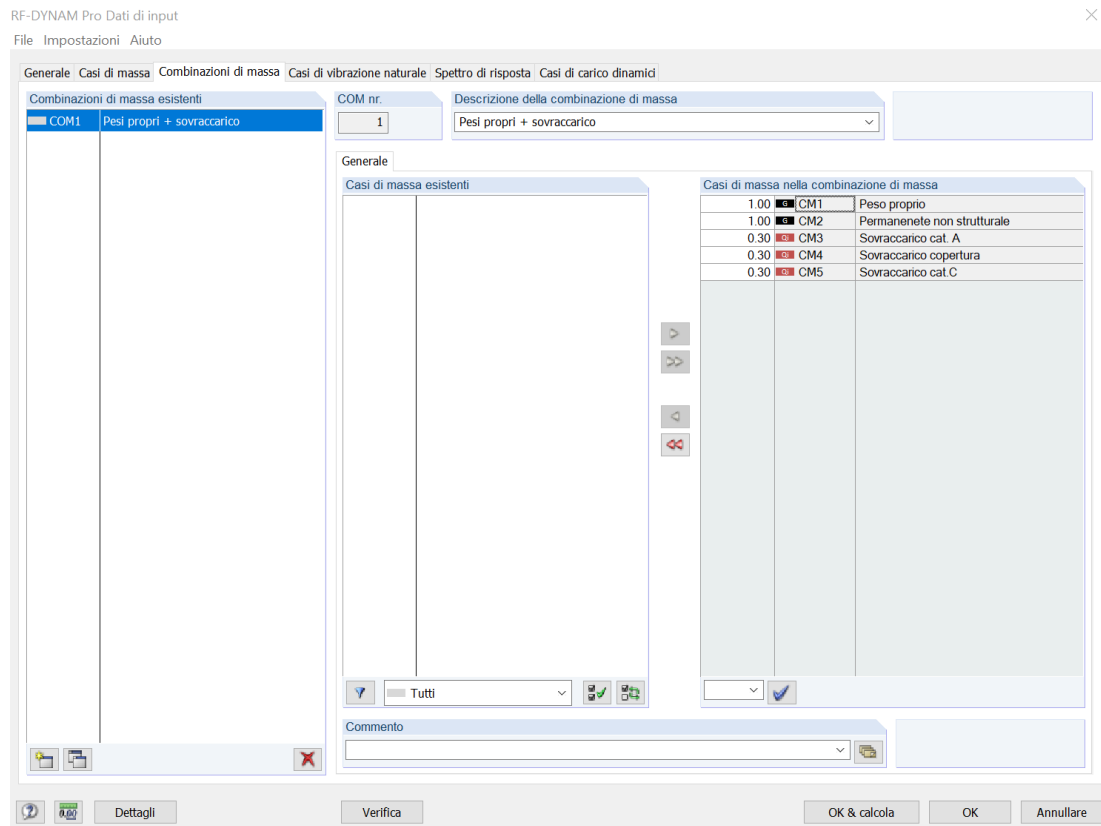



Figura 43 Scheda Combinazioni di massa di RF-DYNAM PRO

Prima di passare all'ultima scheda, si esclude dal calcolo il piano in c.a.. Mediante il comando "Dettagli" è possibile escludere aste e superfici selezionando l'icona 



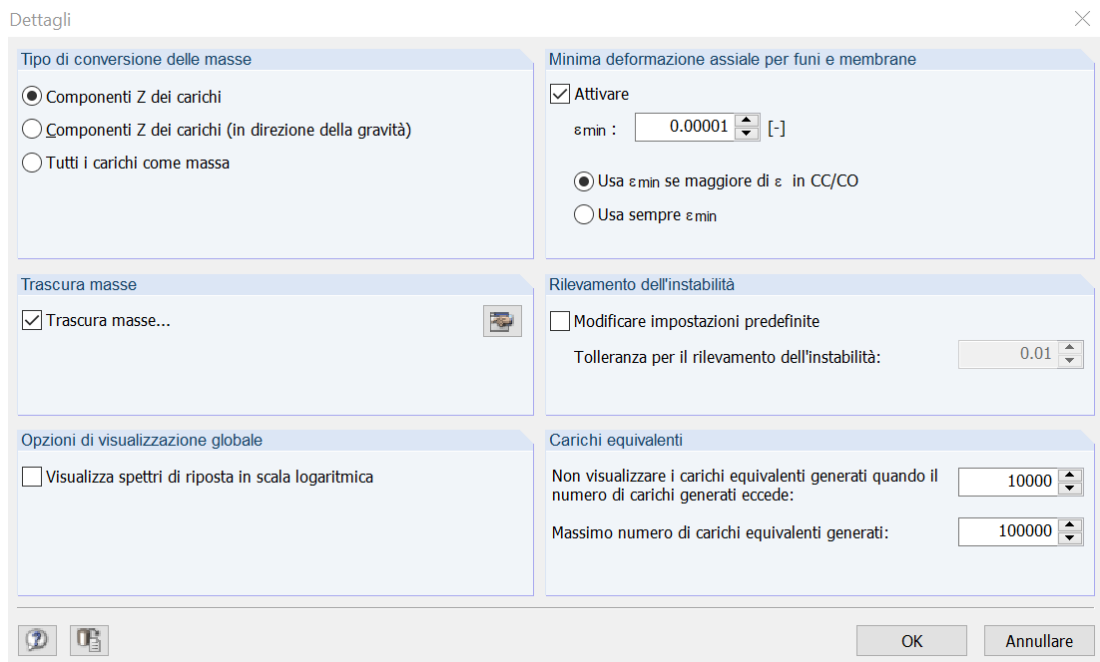


Figura 44 Trascura masse in RF-DYNAM PRO

Infine, nella scheda “*Casi di vibrazione naturale*” si impostano i parametri di calcolo. I dati input richiesti:

- Numero di autovalori più basso da calcolare;
- Scala delle forme modali;
- Masse agenti e direzione;
- Tipo di matrice delle masse;
- Metodo di risoluzione del problema agli autovalori;
- Modifiche delle rigidezze.

### 8.1.1 RISULTATI DELL'ANALISI MODALE

Come chiarito nel §7.3.3.1 delle *NTC2018*, si devono considerare tutti quei modi di vibrare che coinvolgono una massa partecipante significativa dell'edificio, cioè quelli che coinvolgono una massa superiore al 5% della massa totale e un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%. Si nota come un numero pari a 15 di modi di vibrare sia sufficiente per descrivere il comportamento globale dell'edificio.

La prima forma modale è puramente traslazionale in direzione y con massa partecipante pari al 73,4%, la seconda forma è puramente traslazionale in direzione x con il 70,8% di massa partecipante e la terza è rotazionale intorno a z.

Mod o nr.	Massa modale M <sub>i</sub> [kg]	Massa modale efficace						Coefficiente di massa modale efficace			Periodo proprio T [s]
		m <sub>ex</sub> [kg]	m <sub>ey</sub> [kg]	m <sub>ez</sub> [kg]	mφ <sub>x</sub> [kg.m <sup>2</sup> ]	mφ <sub>y</sub> [kg.m <sup>2</sup> ]	mφ <sub>z</sub> [kg.m <sup>2</sup> ]	f <sub>mex</sub> [-]	f <sub>meY</sub> [-]	f <sub>mez</sub> [-]	
1	122247,86	19303,04	334380,87	0,00	486096,46	22335,52	2776564,06	0,042	0,734	0,000	0,428
2	136788,26	322660,39	35389,40	0,00	70824,12	427710,74	2078012,37	0,708	0,078	0,000	0,379
3	71391,44	47170,95	14505,32	0,00	78916,40	75734,56	22418367,35	0,103	0,032	0,000	0,294
4	11648,98	535,36	2,69	0,00	60,77	177244,24	132934,22	0,001	0,000	0,000	0,184
5	6617,40	3022,23	35257,26	0,00	1849068,39	135411,01	339553,92	0,007	0,077	0,000	0,149
6	2043,78	133,21	1966,95	0,00	104388,13	7007,57	58497,01	0,000	0,004	0,000	0,141
7	2041,02	8355,19	57,66	0,00	582,03	433574,79	182230,33	0,018	0,000	0,000	0,140
8	940,80	3170,23	1349,50	0,00	73498,39	172963,45	34843,95	0,007	0,003	0,000	0,139
9	101,39	17,51	38,08	0,00	1816,89	1089,82	827,35	0,000	0,000	0,000	0,138
10	289,09	125,49	0,05	0,00	0,01	6596,00	3832,28	0,000	0,000	0,000	0,138
11	901,34	1298,78	3,71	0,00	179,45	69437,51	9437,01	0,003	0,000	0,000	0,137
12	695,20	0,33	0,05	0,00	2,93	16,45	5,16	0,000	0,000	0,000	0,137
13	712,30	180,59	286,84	0,00	19721,73	9291,62	12587,30	0,000	0,001	0,000	0,136
14	942,21	169,94	513,50	0,00	33134,11	8964,12	2188,83	0,000	0,001	0,000	0,136
15	716,80	2098,15	1242,88	0,00	65233,48	115300,26	22889,64	0,005	0,003	0,000	0,135
Somma	358077,88	408241,39	424994,77	0,00	2783523,29	1662677,66	28072770,77	0,896	0,932	0,000	

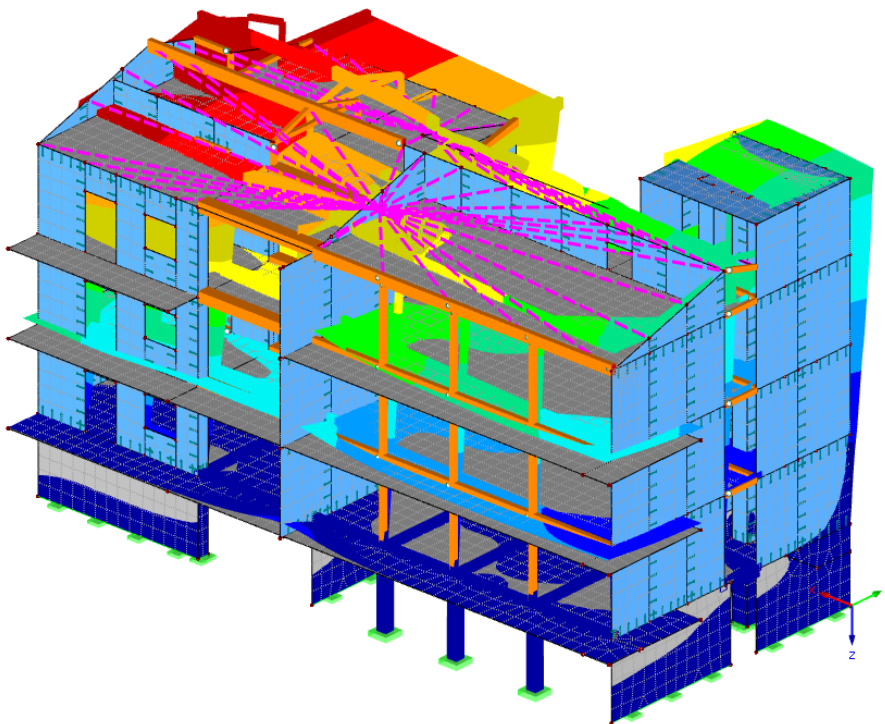


Figura 45 Primo modo di vibrare, T = 0,428 s

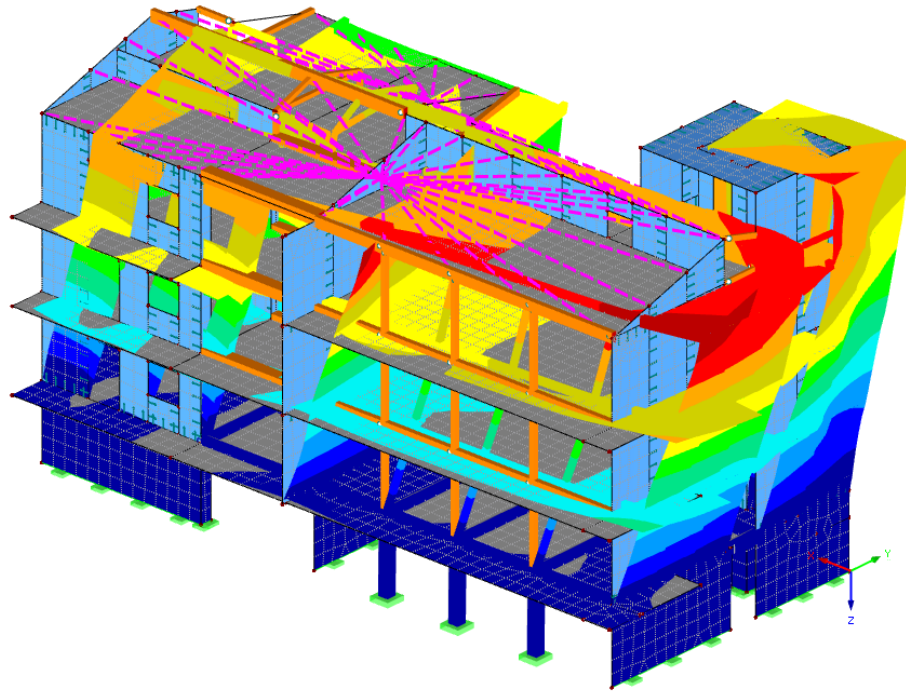


Figura 46 Secondo modo di vibrare,  $T = 0,379$  s

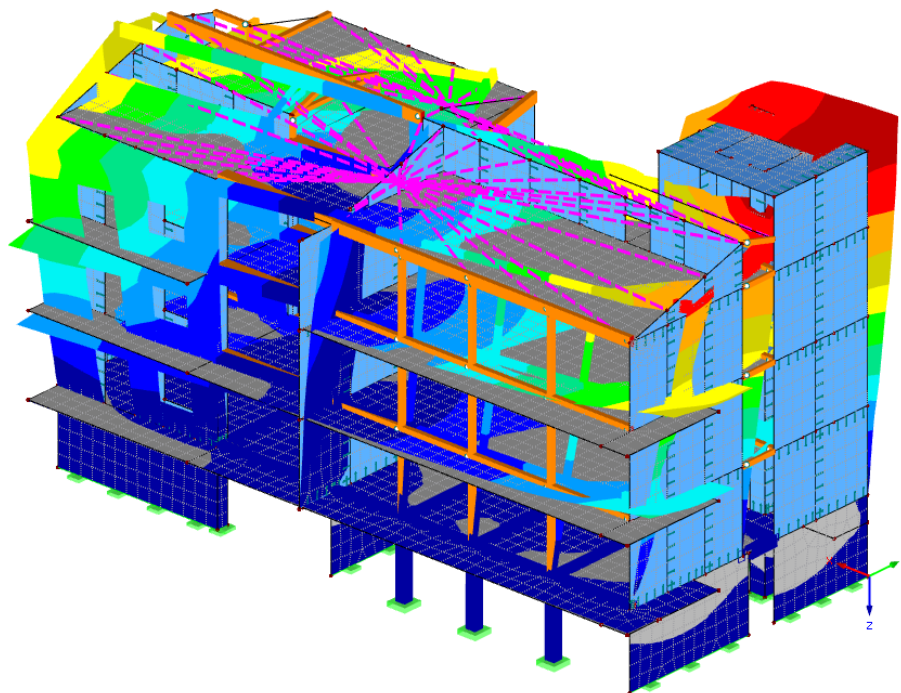


Figura 47 Terzo modo di vibrare,  $T = 0,294$  s

## 8.2 ANALISI DINAMICA LINEARE

L'analisi sismica si effettua con un'analisi dinamica modale con spettro di progetto. Per eseguire le verifiche gli stati limite ultimi (SLV) e di esercizio (SLD) è necessario fornire spettri di progetto differenti.

Secondo il §3.2. delle NTC2018, "le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_o$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$  valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale."

Nel caso in esame,  $V_R = 50$  anni per cui si ottiene:

SLO	30
SLD	50
SLV	475
SLC	975

In funzione di  $T_R$  appena ricavato e della latitudine e longitudine del posto (39,13420; 16,07540) si ricavano i valori  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$  per lo stato limite ultimo e di esercizio.

Nel programma è necessario inserire quest'ultimi tre parametri, la categoria del sottosuolo, la categoria topografica e il fattore di comportamento  $q$ .

Nel caso in esame, trattandosi di una struttura non dissipativa, si adotta un fattore  $q_{ND}$  ridotto rispetto al valore minimo relativo alla CD "B" secondo l'espressione:

$$1 \leq q_{ND} = \frac{2}{3} q_{CD"B"} \leq 1,5$$

In particolare, si definiscono tre spettri di progetto:

1. SLV con  $q_{ND} = 1,5$ , utilizzato per il dimensionamento e la verifica delle connessioni della struttura in legno;
2. SLD con  $q=1$ , utilizzato per la verifica in termini di spostamenti;
3. SLV con  $q_{ND} = 1$ , utilizzato per il dimensionamento e la verifica di pilastri e setti in c.a.

Utilizzando il modulo aggiuntivo *RF-DYNAM PRO* è necessario spuntare la voce “*Analisi con spettro di risposta con generazione di carichi equivalenti*”, in cui, oltre alle schede relative all’analisi modale, ne compariranno altre due in cui inserire lo spettro di progetto e i casi di carico.

Nella scheda “*Spettro di risposta*” si inseriscono i dati necessari alla definizione dello spettro.

### 1. SLV<sub>q</sub>=1,5

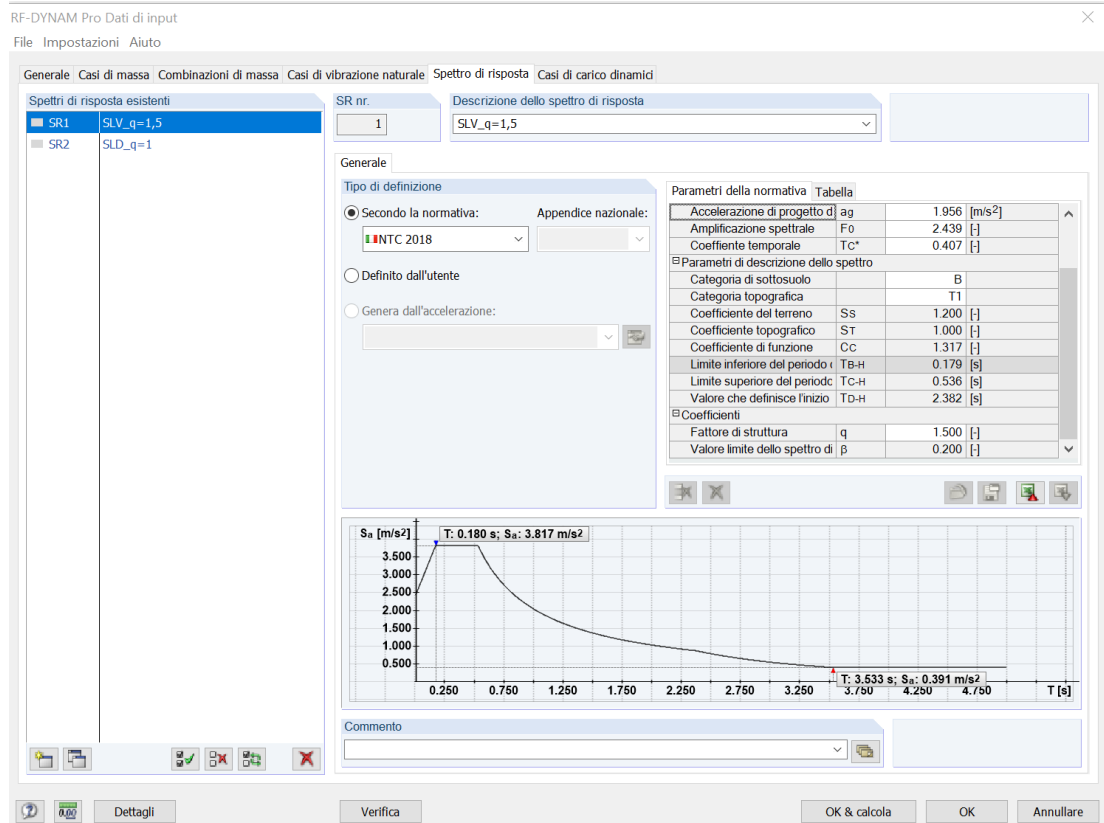


Figura 48 Spettro di progetto SLV con fattore di comportamento pari a 1,5

### 2. SLD<sub>q</sub>=1

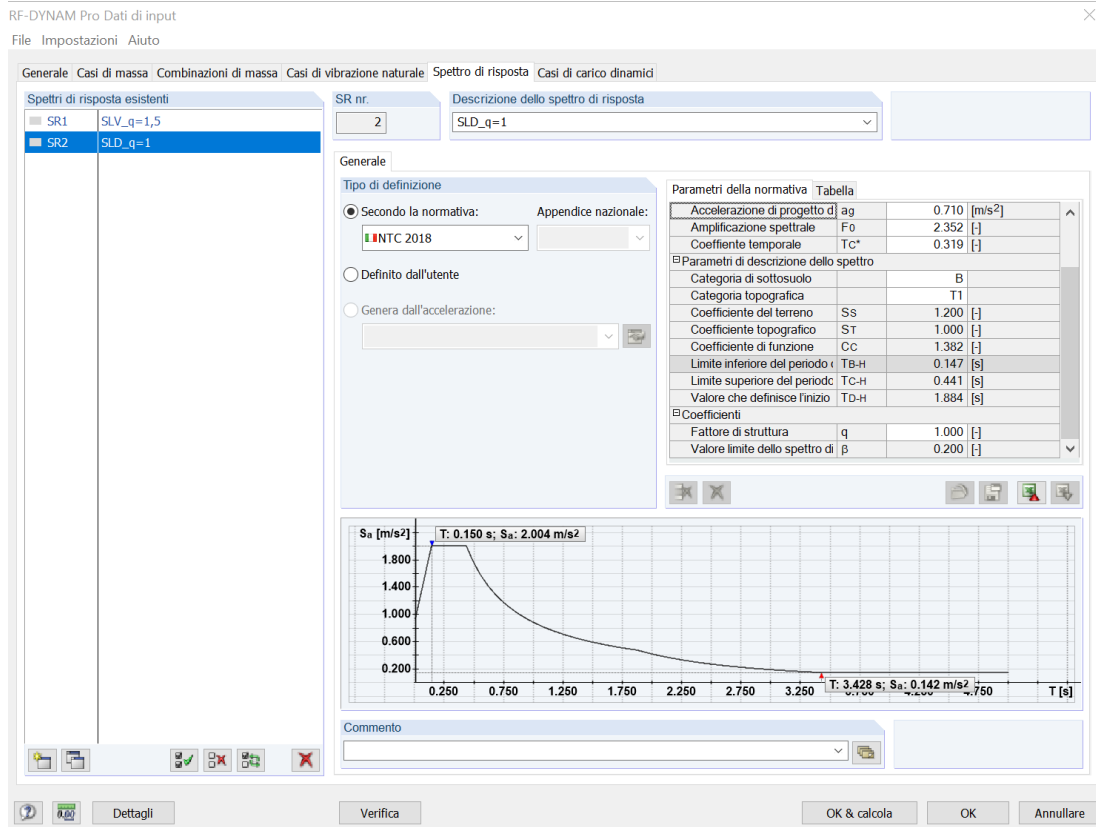


Figura 49 Spettro di progetto SLD

### 3. SLV\_q=1

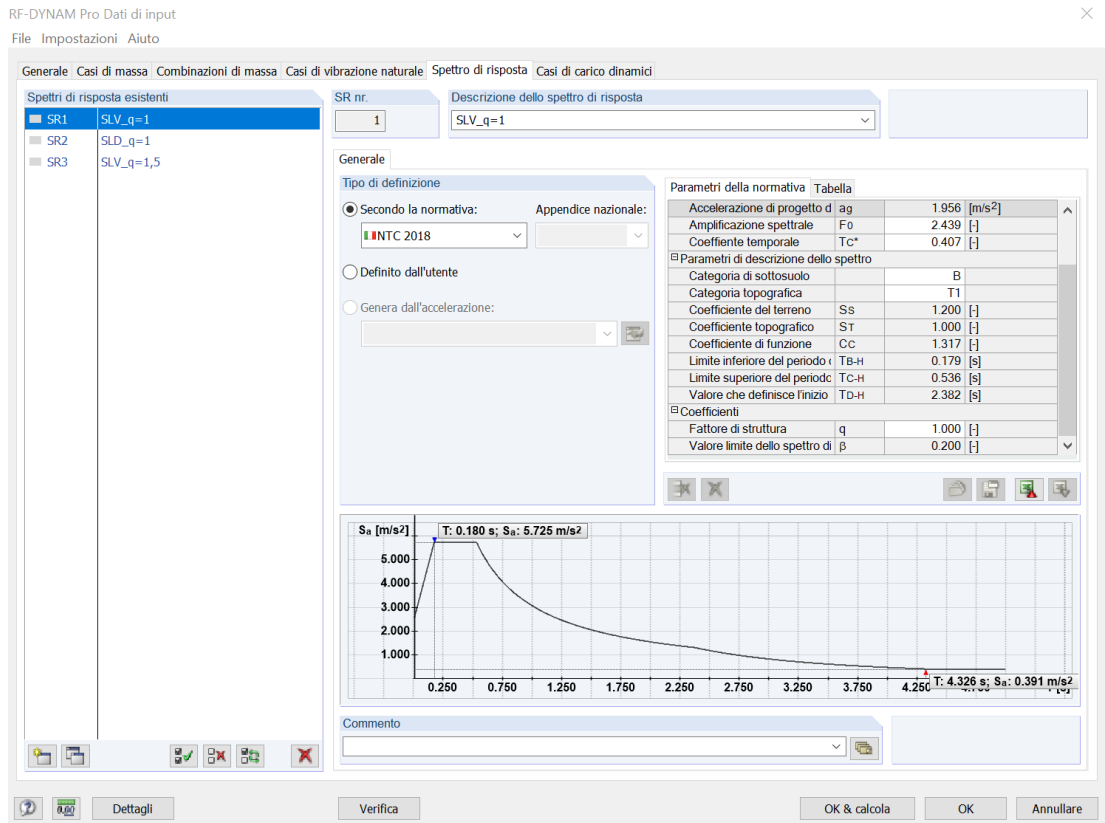


Figura 50 Spettro di progetto SLV con fattore di comportamento pari a 1

Nella scheda “*casi di carico dinamici*” è necessario:

- Assegnare la direzione dello spettro;
- Considerare gli effetti torsionali mediante l’inserimento dell’eccentricità;
- Scegliere la combinazione delle risposte modali;
- Selezionare le forme modali da prendere in considerazione.

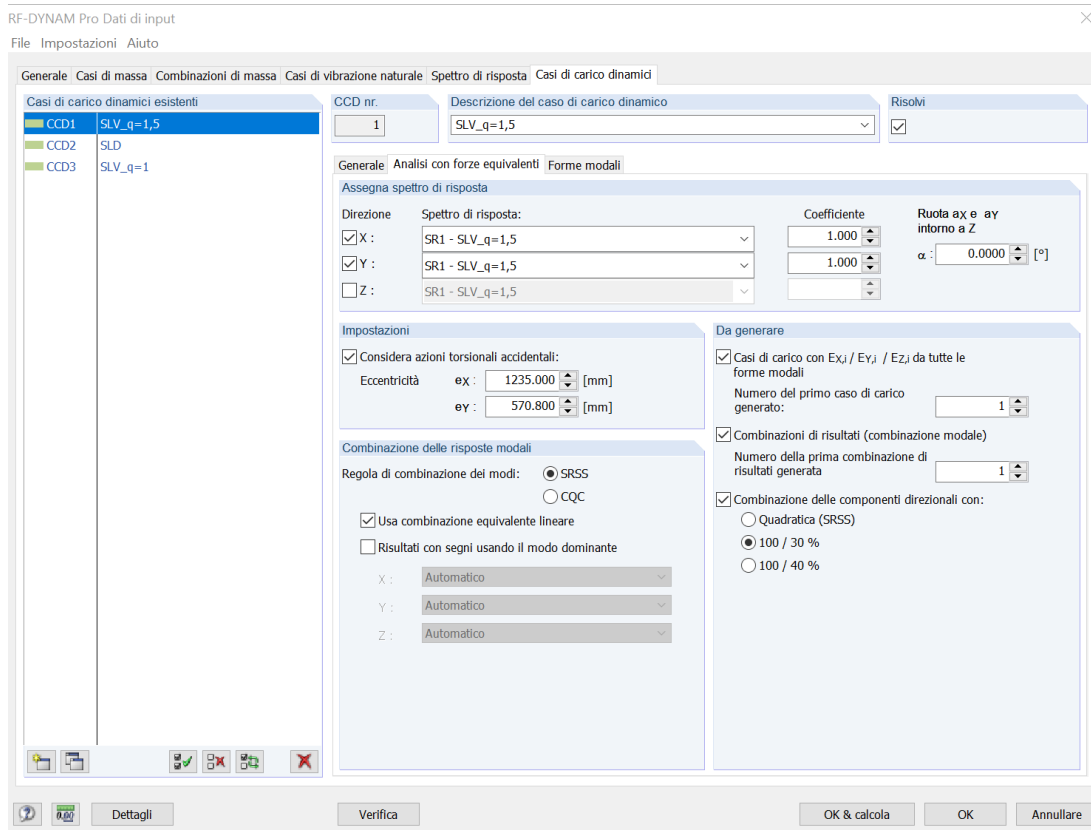


Figura 51 Scheda Casi di carico dinamici RF-DYNAM PRO

Lanciando il calcolo di tale modulo aggiuntivo, compaiono in *RFEM* nuovi casi di carico definiti autonomamente in funzione delle impostazioni assegnate in *RF-DYNAM PRO*.

L'ultimo passaggio riguarda quindi la creazione della combinazione di carico sismica.

Il software *RFEM*, utilizzando i casi di carico appena generati, per ogni stato limite crea una combinazione di risultati in direzione x e y, e sempre autonomamente, crea l'involuppo dei risultati definito precedentemente nel modulo aggiuntivo (100% x / 30% y e 30% x / 100% y).

A questo punto è possibile creare la combinazione allo SLV e allo SLD così come indicata in normativa:

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{21} Q_{k1} + \dots$$



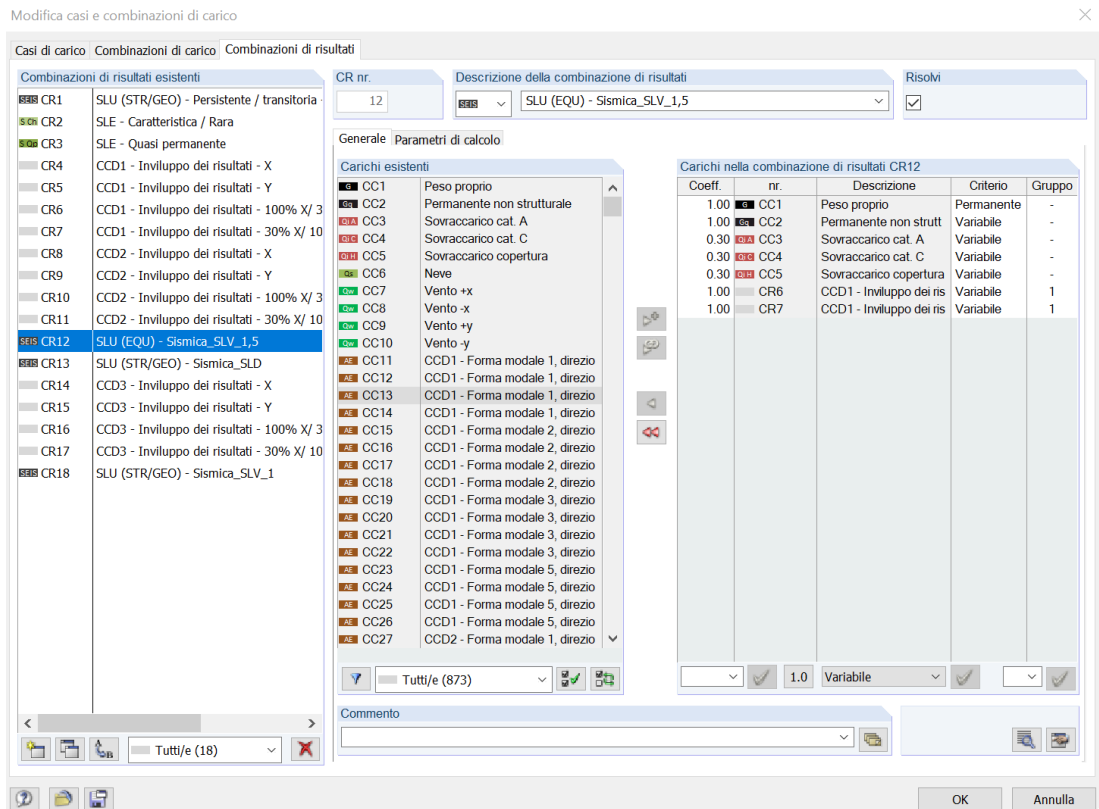


Figura 52 Combinazione sismica

## 8.2.1 STATO LIMITE DI DANNO

Per le costruzioni ricadenti in classe d'uso I e II, come quella in esame, si deve verificare che l'azione sismica di progetto non produca agli elementi costruttivi senza funzione strutturale danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile. Qualora la temporanea inagibilità in edifici civili ed industriali sia causata da spostamenti interpiano, questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto relativa alle SLD siano inferiori al seguente limite:

$$dr < 0,005h$$

dove  $dr$  è lo spostamento interpiano, ovvero la differenza tra gli spostamenti al solaio superiore ed inferiore, e dove  $h$  è l'altezza di piano. Questa verifica si conduce considerando piano per piano i punti estremali del fabbricato, i quali per loro natura risulteranno quelli con spostamenti maggiori.

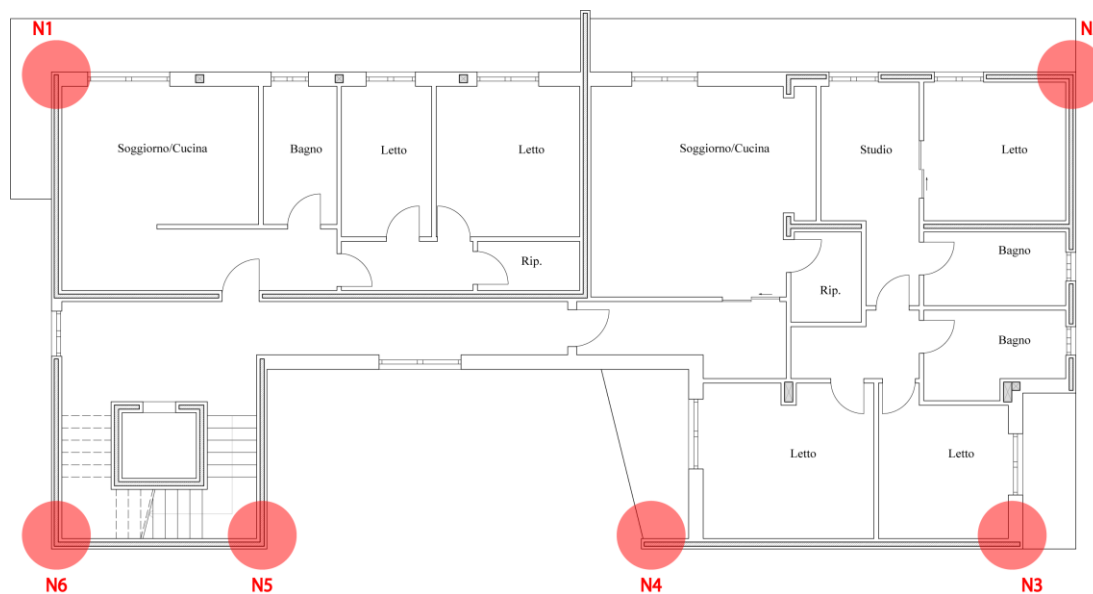


Figura 53 Individuazione in pianta dei nodi verificati

NODO 1 - VERIFICA SLD								
h [m]	PIANO	U1	$\Delta U1$	U2	$\Delta U2$	0,005*h	$\Delta U1 < 0,005h$	$\Delta U2 < 0,005h$
2,93	1°-T	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,01465	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>
3,19	2°-1°	0,0044	0,0042	0,0034	0,0033	0,01595	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>
3,19	3°-2°	0,0088	0,0044	0,0072	0,0038	0,01595	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>
3,19	4°-3°	0,012	0,0032	0,0105	0,0033	0,01595	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>

NODO 2 - VERIFICA SLD								
h [m]	PIANO	U1	$\Delta U1$	U2	$\Delta U2$	0,005*h	$\Delta U1 < 0,005h$	$\Delta U2 < 0,005h$
2,93	1°-T	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,01465	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>
3,19	2°-1°	0,0043	0,0042	0,0069	0,0067	0,01595	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>
3,19	3°-2°	0,0086	0,0043	0,0134	0,0065	0,01595	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>
3,19	4°-3°	0,012	0,0034	0,0185	0,0051	0,01595	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>

NODO 3 - VERIFICA SLD								
h [m]	PIANO	U1	$\Delta U1$	U2	$\Delta U2$	0,005*h	$\Delta U1 < 0,005h$	$\Delta U2 < 0,005h$
2,93	1°-T	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,01465	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>
3,19	2°-1°	0,003	0,0029	0,0067	0,0066	0,01595	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>
3,19	3°-2°	0,0057	0,0027	0,0129	0,0062	0,01595	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>
3,19	4°-3°	0,0075	0,0018	0,0177	0,0048	0,01595	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>

NODO 4 - VERIFICA SLD								
h [m]	PIANO	U1	$\Delta U1$	U2	$\Delta U2$	0,005*h	$\Delta U1 < 0,005h$	$\Delta U2 < 0,005h$
2,93	1°-T	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,01465	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>
3,19	2°-1°	0,003	0,0029	0,0049	0,0048	0,01595	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>
3,19	3°-2°	0,0057	0,0027	0,0095	0,0046	0,01595	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>
3,19	4°-3°	0,0079	0,0022	0,013	0,0035	0,01595	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>

NODO 5 - VERIFICA SLD								
h [m]	PIANO	U1	$\Delta U1$	U2	$\Delta U2$	0,005*h	$\Delta U1 < 0,005h$	$\Delta U2 < 0,005h$
2,93	1°-T	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,01465	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>
3,19	2°-1°	0,0015	0,0014	0,0033	0,0032	0,01595	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>
3,19	3°-2°	0,0032	0,0017	0,007	0,0037	0,01595	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>
3,19	4°-3°	0,0048	0,0016	0,0102	0,0032	0,01595	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>
4,19	4°- copertura	0,0059	0,0011	0,0122	0,002	0,02095	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>

NODO 6 - VERIFICA SLD								
h [m]	PIANO	U1	$\Delta U1$	U2	$\Delta U2$	0,005*h	$\Delta U1 < 0,005h$	$\Delta U2 < 0,005h$
2,93	1°-T	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,01465	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>
3,19	2°-1°	0,0016	0,0015	0,0032	0,0031	0,01595	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>
3,19	3°-2°	0,0033	0,0017	0,0069	0,0037	0,01595	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>
3,19	4°-3°	0,0049	0,0016	0,01	0,0031	0,01595	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>
4,19	4°-copertura	0,0059	0,001	0,012	0,002	0,02095	<b>VERIFICATO</b>	<b>VERIFICATO</b>

## 8.2.2 STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (q=1,5)

Il dimensionamento di tutte le connessioni a taglio presenti si effettua in maniera iterativa: nel modello iniziale si ipotizzano delle connessioni di tentativo delle quali si definisce il valore della rigidità inserita poi nel modello, come descritto nel paragrafo “*Modellazione connessioni meccaniche*”.

Dalla prima analisi, si ottengono le sollecitazioni su cui si effettua un primo dimensionamento delle unioni. Calcolando il nuovo valore delle rigidità e inserendole nuovamente nel modello, si esegue l’analisi al fine di leggere le nuove sollecitazioni ed effettuare quindi le verifiche, così da ottenere il corretto dimensionamento delle connessioni.

Per poter leggere le sollecitazioni di linea è necessario creare delle sezioni fittizie mediante il comando “*Crea nuova sezione numericamente*”. Inoltre, al fine di dimensionare

correttamente l'unione si considera il valore medio della sollecitazione e non il valore massimo.

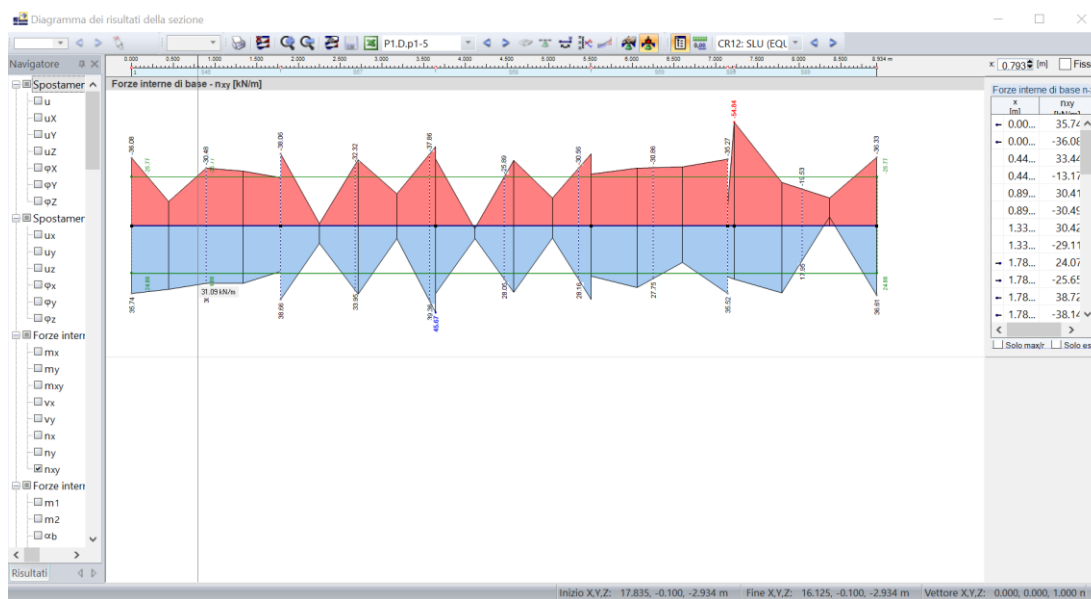


Figura 54 Diagramma dei risultati della sezione fittizia

Per le seguenti verifiche a taglio si considera lo scorrimento alla base dei pannelli  $n_{xy}$  e lo scorrimento verticale tra le pareti affiancate  $n_{xy}$ .

### 8.2.2.1 CONNESSIONE A TAGLIO TRA PANNELLO X-LAM E CORDOLO

Gli sforzi di taglio sono assorbiti da viti a filetto parziale  $\phi 8$  mm x 160 mm inclinate di  $30^\circ$ .

Il valore della resistenza dell'unione di ogni parete si calcola moltiplicando la resistenza del singolo mezzo d'unione per il numero di elementi presenti. La capacit  laterale caratteristica della vite si calcola in riferimento all'*Eurocodice 5*, nel caso di connessione legno-legno con una sola superficie di taglio:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{1 + \beta} \left[ \sqrt{\beta + 2 \beta^2 \left[ 1 + \frac{t_1}{t_2} + \left( \frac{t_1}{t_2} \right)^2 \right] + \beta^2 \left( \frac{t_1}{t_2} \right)^2} - \beta \left( 1 + \frac{t_1}{t_2} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ \frac{1,05 f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[ \sqrt{2 \beta (1 + \beta) \frac{4 \beta (2 + \beta) M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ \frac{1,05 f_{h,1,k} t_2 d}{1 + 2 \beta} \left[ \sqrt{2 \beta^2 (1 + \beta) \frac{4 \beta (1 + 2 \beta) M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,15 \sqrt{\frac{2 \beta}{1 + \beta}} \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$

Con:

$F_{v,Rk}$ , capacità caratteristica del singolo mezzo d'unione e del singolo piano di taglio;

$f_{h,1,k}$  e  $f_{h,2,k}$  resistenza rifollamento dei legni;

$t_1$  e  $t_2$  spessore dei legni;

$d$  diametro del mezzo d'unione;

$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$  rapporto tra le resistenze a rifollamento dei due legni;

$M_{y,Rk}$  momento caratteristico di snervamento del mezzo d'unione;

$F_{ax,Rk}$  capacità caratteristica assiale a estrazione del mezzo di unione.

Si ottiene:

$$F_{v,Rk} = 3,046 \text{ kN}$$

La capacità portante di progetto è:

$$F_{v,Rd} = \frac{K_{mod} F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 2,23$$

Con:

$$K_{mod} = 1,1$$

$$\gamma_M = 1,5 \text{ (unione non dissipativa)}$$

La resistenza dell'unione si ottiene:

$$R_d = F_{v,Rd} n_{tot} s_r$$

Con:

$n_{tot}$ , numero totale dei mezzi di unione;

$s_r$ , sezioni resistenti

Si riporta in tabella il dimensionamento finale del numero di viti necessarie a soddisfare la verifica ( $n_{xy} < R_d$ ).

Pannello/i	$n_{xy}$ [kN/m]	Tipo di unione	Fv,Rd [kN]	interasse [cm]	interasse sulla stessa fila [cm]	n viti fissato/ m	Rd [kN/m]	VERIFICA < 100%
P1.A.p1-2	46,42	viti $\phi 8 \times 160$ .	2,23	3,85	8	26	58,09	79,9%
P1.A.p3-6	42,41	viti $\phi 8 \times 160$ .	2,23	5,00	10	20	44,68	94,9%
P1.B.p1	101,21	viti $\phi 8 \times 160$ .	2,23	1,85	4	54	120,64	83,9%
P1.B.p2	31,93	viti $\phi 8 \times 160$ .	2,23	5,56	11	18	40,21	79,4%
P1.B.p3	65,91	viti $\phi 8 \times 160$ .	2,23	2,94	6	34	75,96	86,8%
P1.B.p4	74,17	viti $\phi 8 \times 160$ .	2,23	2,63	5	38	84,90	87,4%
P1.C.p1	44,63	viti $\phi 8 \times 160$ .	2,23	3,85	8	26	58,09	76,8%
P1.C.p2-3	44,63	viti $\phi 8 \times 160$ .	2,23	3,85	8	26	58,09	76,8%
P1.D.p1-5	25,77	viti $\phi 8 \times 160$ .	2,23	6,25	13	16	35,75	72,1%
P1.E.p1-3	34,49	viti $\phi 8 \times 160$ .	2,23	5,56	11	18	40,21	85,8%
P1.F.p1-2	35,03	viti $\phi 8 \times 160$ .	2,23	5,56	11	18	40,21	87,1%
P1.G.p1-3	53,74	viti $\phi 8 \times 160$ .	2,23	3,85	8	26	58,09	92,5%
P1.H.p1-3	21,25	viti $\phi 8 \times 160$ .	2,23	8,33	17	12	26,81	79,3%
P1.I.p1	31,9	viti $\phi 8 \times 160$ .	2,23	5,56	11	18	40,21	79,3%
P1.L.p1	18,91	viti $\phi 8 \times 160$ .	2,23	10,00	20	10	22,34	84,6%
P1.M.p1	111,18	viti $\phi 8 \times 160$ .	2,23	1,72	3	58	129,58	85,8%
P1.N.p1	12,36	viti $\phi 8 \times 160$ .	2,23	12,50	5	8	17,87	69,2%
P1.O.p1	33,23	viti $\phi 8 \times 160$ .	2,23	5,56	11	18	40,21	82,6%
P1.P.p1-2	95,77	viti $\phi 8 \times 160$ .	2,23	1,61	3	62	138,52	69,1%
P1.P.p3	93,58	viti $\phi 8 \times 160$ .	2,23	2,08	4	48	107,24	87,3%
P1.P.p4	136,72	viti $\phi 8 \times 160$ .	2,23	1,22	2	82	183,20	74,6%

P1.P.p5	68,64	viti φ8x160.	2,23	2,38	5	42	93,83	73,2%
P1.P.p6	109,65	viti φ8x160.	2,23	1,67	3	60	134,05	81,8%

### 8.2.2.2 CONNESSIONE A TAGLIO TRA PANNELLI X-LAM

Gli sforzi di taglio della connessione verticale tra pannelli X-LAM sono assorbiti da chiodi Ring 3.1 disposti su due o più file a seconda dei limiti imposti nel *prospetto* 8.2. “Spaziature e distanze da bordi ed estremità, valori minimi per chiodi” dell’Eurocodice 5.

Il valore della resistenza della connessione si calcola moltiplicando la resistenza del singolo mezzo d’unione per il numero degli elementi presenti. La capacità caratteristica del chiodo si calcola in riferimento in riferimento all’Eurocodice 5, nel caso di connessione legno-legno con una sola superficie di taglio:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,1,k}t_1d}{1+\beta} \left[ \sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[ 1 + \frac{t_1}{t_2} + \left(\frac{t_1}{t_2}\right)^2 \right] + \beta^2 \left(\frac{t_1}{t_2}\right)^2} - \beta \left( 1 + \frac{t_1}{t_2} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ \frac{1,05 f_{h,1,k}t_1d}{2+\beta} \left[ \sqrt{2\beta(1+\beta) \frac{4\beta(2+\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k}dt_1^2} - \beta} \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ \frac{1,05 f_{h,1,k}t_2d}{1+2\beta} \left[ \sqrt{2\beta^2(1+\beta) \frac{4\beta(1+2\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k}dt_2^2} - \beta} \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1+\beta}} \sqrt{2M_{y,Rk}f_{h,1,k}d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$

Con:

$F_{v,Rk}$ , capacità caratteristica del singolo mezzo d’unione e del singolo piano di taglio;

$f_{h,1,k}$  e  $f_{h,2,k}$  resistenza rifollamento dei legni;

$t_1$  e  $t_2$  spessore dei legni;

$d$  diametro del mezzo d’unione;

$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$  rapporto tra le resistenze a rifollamento dei due legni;

$M_{y,Rk}$  momento caratteristico di snervamento del mezzo d’unione;

$F_{ax,Rk}$  capacità caratteristica assiale a estrazione del mezzo di unione.

Si ottiene:

$$F_{V,Rk} = 0,99 \text{ kN}$$

La capacità portante di progetto è:

$$F_{V,Rd} = \frac{K_{mod} F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 0,73$$

Con:

$$K_{mod} = 1,1$$

$$\gamma_M = 1,5 \text{ (unione non dissipativa)}$$

La resistenza dell'unione si ottiene:

$$R_d = F_{V,Rd} n_{tot} s_r$$

Con:

$n_{tot}$ , numero totale dei mezzi di unione;

$s_r$ , sezioni resistenti

Si riporta in tabella il dimensionamento finale del numero di chiodi necessarie a soddisfare la verifica ( $n_{xy} < R_d$ ).

Pannello/i	$n_{xy}$ [kN/m]	Tipo di unione	$F_{v,Rd}$ [kN]	interasse [cm]	interasse stessa fila [cm]	n chiodi fissato/m	$R_d$ [kN/m]	VERIFICA < 100%
P1.A.p 1-2	45,34	Ch. ring $\phi 3.1/1sr$	0,73	1,56	3	64	46,78	96,9%
P1.A.p 3-4	40,13	Ch. ring $\phi 3.1/1sr$	0,73	1,79	4	56	40,94	98,0%
P1.A.p 4-5	47,01	Ch. ring $\phi 3.1/1sr$	0,73	1,52	3	66	48,25	97,4%
P1.A.p 5-6	45,79	Ch. ring $\phi 3.1/1sr$	0,73	1,59	3	63	46,05	99,4%
P1.C.p 2-3	44,26	Ch. ring $\phi 3.1/1sr$	0,73	1,61	3	62	45,32	97,7%
P1.D.p 1-2	29,39	Ch. ring $\phi 3.1/1sr$	0,73	2,44	5	41	29,97	98,1%
P1.D.p 2-3	27,66	Ch. ring $\phi 3.1/1sr$	0,73	2,56	5	39	28,51	97,0%
P1.D.p 3-4	31,28	Ch. ring $\phi 3.1/1sr$	0,73	2,27	5	44	32,16	97,3%
P1.D.p 4-5	29,38	Ch. ring $\phi 3.1/1sr$	0,73	2,44	5	41	29,97	98,0%
P1.E.p 1-2	40,24	Ch. ring $\phi 3.1/1sr$	0,73	1,79	4	56	40,94	98,3%
P1.E.p 2-3	44,21	Ch. ring $\phi 3.1/1sr$	0,73	1,64	3	61	44,59	99,1%
P1.F.p 1-2	28,62	Ch. ring $\phi 3.1/1sr$	0,73	2,50	5	40	29,24	97,9%



P1.G.p 1-2	54,61	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	1,32	3	76	55,56	98,3%
P1.G.p 2-3	57,77	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	1,12	2	89	65,06	88,8%
P1.H.p 1-2	15,99	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	4,00	8	25	18,28	87,5%
P1.H.p 2-3	12,93	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	4,76	10	21	15,35	84,2%
P1.P.p 1-2	113,58	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	0,64	1	156	114,04	99,6%
P2.A.p 1-2	39,78	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	1,72	3	58	42,40	93,8%
P2.A.p 3-4	45,57	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	1,56	3	64	46,78	97,4%
P2.A.p 4-5	46,43	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	1,56	3	64	46,78	99,2%
P2.A.p 5-6	47,49	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	1,52	3	66	48,25	98,4%
P2.C.p 2-3	40,51	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	1,64	3	61	44,59	90,8%
P2.D.p 1-2	29,77	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	2,38	5	42	30,70	97,0%
P2.D.p 2-3	33,28	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	2,13	4	47	34,36	96,9%
P2.D.p 2-4	35,89	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	2,00	4	50	36,55	98,2%
P2.D.p 4-5	28,43	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	2,50	5	40	29,24	97,2%
P2.E.p 1-2	41,91	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	1,67	3	60	43,86	95,6%
P2.E.p 2-3	49,33	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	1,43	3	70	51,17	96,4%
P2.F.p 1-2	28	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	2,56	5	39	28,51	98,2%
P2.G.p 1-2	52,95	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	1,33	3	75	54,83	96,6%
P2.G.p 2-3	72,52	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	0,98	2	102	74,56	97,3%
P2.H.p 1-2	15,81	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	4,17	8	24	17,54	90,1%
P2.H.p 2-3	12,62	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	4,76	10	21	15,35	82,2%
P2.P.p 1-2	106,15	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	0,68	1	147	107,46	98,8%
P3.A.p 1-2	29,49	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	1,09	2	92	67,25	43,8%
P3.A.p 3-4	26,79	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	2,63	5	38	27,78	96,4%
P3.A.p 4-5	26,44	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	2,63	5	38	27,78	95,2%
P3.A.p 5-6	28,07	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	2,44	5	41	29,97	93,7%
P3.C.p 2-3	18,09	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	3,23	6	31	22,66	79,8%
P3.D.p 1-2	18,69	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	3,85	8	26	19,01	98,3%
P3.D.p 2-3	24,35	Ch. ring ø3.1/1sr	0,73	2,86	6	35	25,59	95,2%

P3.D.p 2-4	26,03	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	2,78	6	36	26,32	98,9%
P3.D.p 4-5	17,85	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	4,00	8	25	18,28	97,7%
P3.E.p 1-2	27,52	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	2,50	5	40	29,24	94,1%
P3.E.p 2-3	37,24	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	1,89	4	53	38,74	96,1%
P3.F.p 1-2	16,54	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	4,17	8	24	17,54	94,3%
P3.G.p 1-2	31,31	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	2,22	4	45	32,90	95,2%
P3.G.p 2-3	46,7	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	1,52	3	66	48,25	96,8%
P3.H.p 1-2	11,7	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	5,26	11	19	13,89	84,2%
P3.H.p 2-3	10,33	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	5,56	11	18	13,16	78,5%
P3.P.p 1-2	60,07	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	1,11	2	90	65,79	91,3%
P4.A.p 1-2	9,18	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	6,25	13	16	11,70	78,5%
P4.A.p 3-4	6,96	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	7,69	15	13	9,50	73,2%
P4.A.p 4-5	7,09	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	7,69	15	13	9,50	74,6%
P4.A.p 5-6	10,65	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	5,88	12	17	12,43	85,7%
P4.C.p 1-2	48,71	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	1,28	3	78	57,02	85,4%
P4.C.p 2-3	6,78	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	9,09	18	11	8,04	84,3%
P4.E.p 1-2	20,2	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	3,45	7	29	21,20	95,3%
P4.E.p 2-3	16,31	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	4,17	8	24	17,54	93,0%
P4.F.p 1-2	19,09	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	3,33	7	30	21,93	87,0%
P4.G.p 2-3	25,85	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	2,38	5	42	30,70	84,2%
P4.H.p 1-2	8,8	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	7,14	14	14	10,23	86,0%
P4.H.p 2-3	15,2	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	4,35	9	23	16,81	90,4%
P4.P.p 1-2	16,05	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	3,13	6	32	23,39	68,6%
P4.P.p 2-3	14,46	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	4,35	9	23	16,81	86,0%
P4.P.p 3-4	17,24	Ch. ring φ3.1/1sr	0,73	3,85	8	26	19,01	90,7%

In riferimento al *Prospetto 8.2 dell'Eurocodice 5*, si riporta il calcolo della spaziatura minima “a<sub>1</sub>” parallela alla fibratura.

Dato  $420 \text{ kg/m}^3 < \rho_k \leq 500 \text{ kg/m}^3$  si ha:

$$a_1 = (7 + 8 | \cos \alpha |) d = (7 + 8 | \cos 0 |) d = 15 d$$

In riferimento al *Capitolo 8.3.1.3 “Connessioni pannello-legno con chiodi” (EC5)* le spaziature minime di chiodi per il caso in esame sono fornite dalla relazione precedente moltiplicata per un coefficiente 0,85:

$$a_1 = 0,85 (15 d) = 0,85 * 15 * 3,1 = 39,5 \text{ mm} \simeq 4 \text{ cm}$$

Nel caso in cui il valore dell'interesse riportato in tabella sia inferiore a 4 cm è necessario aumentare il numero delle file inserendo una doppia tavola in X-LAM.

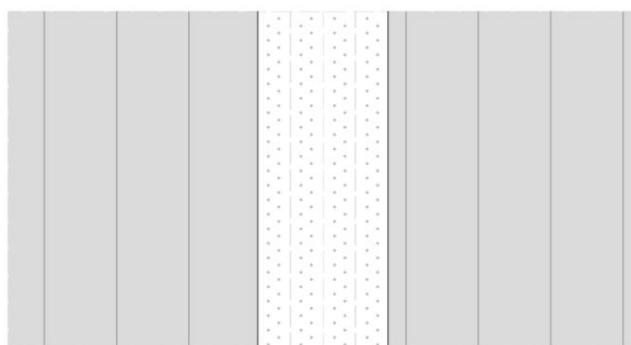


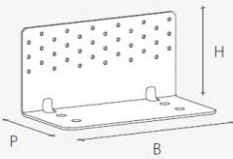
Figura 55 Connessione verticale tra pannelli

### 8.2.2.3 CONNESSIONE A TAGLIO TRA PANNELLO X-LAM E SOLAIO

Gli sforzi di taglio della connessione tra pannelli XLAM e solaio sono assorbiti da angolari “*TITAN N-TCN*” dell'azienda *Rothoblass* e chiodi Anker  $\phi 4 \times 60$  mm.

Il numero massimo dei chiodi da utilizzare è pari a 36; si stabilisce, al fine di evitare l'effetto gruppo, di utilizzare un numero di chiodi pari a 30.

TITAN N - TCN



codice	tipo	B [mm]	P [mm]	H [mm]	fori [mm]	n <sub>v</sub> Ø5 [pz]	s [mm]	■	pz/conf
TCN200	TCN200	200	103	120	Ø13	30	3	•	10
TCN240	TCN240	240	123	120	Ø17	36	3	•	10

Il valore della resistenza della connessione si calcola moltiplicando la resistenza del singolo mezzo d'unione per il numero degli elementi presenti. La capacità caratteristica del chiodo si calcola in riferimento in riferimento all'*Eurocodice 5*, nel caso di connessione legno-acciaio in piastra sottile con una sola superficie di taglio:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,4 f_{h,k} t_1 d \\ 1,15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,k} d + \frac{F_{ax,Rk}}{4}} \end{array} \right.$$

Con:

$F_{v,Rk}$ , capacità caratteristica del singolo mezzo d'unione e del singolo piano di taglio;

$f_{h,1,k}$  resistenza rifollamento del legno;

$t_1$  spessore del legno;

$d$  diametro del mezzo d'unione;

$t_s$  spessore della piastra d'acciaio

$M_{y,Rk}$  momento caratteristico di snervamento del mezzo d'unione;

$F_{ax,Rk}$  capacità caratteristica assiale a estrazione del mezzo di unione.

Si ottiene:

$$F_{v,Rk} = 1,46 \text{ kN}$$

La capacità portante di progetto è:

$$F_{V,Rd} = \frac{K_{mod} F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 1,08$$

Con:

$$K_{mod} = 1,1$$

$$\gamma_M = 1,5 \text{ (unione non dissipativa)}$$

La resistenza dell'unione si ottiene:

$$R_d = F_{v,Rd} n_{tot} s_r$$

Con:

$n_{tot}$ , numero totale dei mezzi di unione;

$s_r$ , sezioni resistenti

Si riporta in tabella il dimensionamento finale del numero di angolari necessari a soddisfare la verifica ( $n_{xy} < R_d$ ).

Pannello/i	$n_{xy}$ [kN/m]	Tipo di unione	$F_{v,Rd}$ [kN]	n chiodi/m fissato	n piastre fissato/m	Interasse [cm]	$R_d$ [kN/m]	VERIFICAZIONE A < 100%
P2.A .p1-2	48,9	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi$ 4x60.	1,08	60	2	50	64,55	75,8%
P2.A .p3-6	49,79	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi$ 4x60.	1,08	60	2	50	64,55	77,1%
P2.B .p1	92,57	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi$ 4x60.	1,08	120	4	25	129,10	71,7%
P2.B .p2	61,74	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi$ 4x60.	1,08	90	3	33	96,82	63,8%
P2.B .p3	67,77	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi$ 4x60.	1,08	90	3	33	96,82	70,0%
P2.B .p4	76,21	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi$ 4x60.	1,08	90	3	33	96,82	78,7%
P2.C .p1	33,36	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi$ 4x60.	1,08	60	2	50	64,55	51,7%
P2.C .p2-3	40,96	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi$ 4x60.	1,08	60	2	50	64,55	63,5%
P2.D .p1-5	29,61	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi$ 4x60.	1,08	30	1	100	32,27	91,7%
P2.E .p1-3	40,99	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi$ 4x60.	1,08	60	2	50	64,55	63,5%
P2.F .p1-2	29,64	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi$ 4x60.	1,08	30	1	100	32,27	91,8%
P2.G .p1-3	49,99	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi$ 4x60.	1,08	60	2	50	64,55	77,4%
P2.H .p1-3	21,31	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi$ 4x60.	1,08	30	1	100	32,27	66,0%
P2.I .p1	21,48	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi$ 4x60.	1,08	30	1	100	32,27	66,6%
P2.L .p1	22,51	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi$ 4x60.	1,08	30	1	100	32,27	69,7%
P2.M .p1	10,97	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi$ 4x60.	1,08	30	1	100	32,27	34,0%
P2.N .p1	7,99	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi$ 4x60.	1,08	30	1	100	32,27	24,8%
P2.O .p1	22,92	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi$ 4x60.	1,08	30	1	100	32,27	71,0%
P2.P .p1-2	83,76	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi$ 4x60.	1,08	90	3	33	96,82	86,5%
P2.P .p3	126,59	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi$ 4x60.	1,08	120	4	25	129,10	98,1%
P2.P .p4	81,46	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi$ 4x60.	1,08	120	4	25	129,10	63,1%

P2.P. p5	72,75	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	90	3	33	96,82	75,1%
P2.P. p6	26,13	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	60	2	50	64,55	40,5%
P3.A .p1-2	35,62	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	60	2	50	64,55	55,2%
P3.A .p3-6	32,81	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	60	2	50	64,55	50,8%
P3.B .p1	47,87	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	60	2	50	64,55	74,2%
P3.B .p2	37,48	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	60	2	50	64,55	58,1%
P3.B .p3	49,71	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	60	2	50	64,55	77,0%
P3.B .p4	47,38	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	60	2	50	64,55	73,4%
P3.C .p1	31,89	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	60	2	50	64,55	49,4%
P3.C .p2-3	23,7	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	30	1	100	32,27	73,4%
P3.D .p1-5	19,77	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	30	1	100	32,27	61,3%
P3.E. p1-3	30,86	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	30	1	100	32,27	95,6%
P3.F. p1-2	21,6	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	30	1	100	32,27	66,9%
P3.G .p1-3	30,04	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	30	1	100	32,27	93,1%
P3.H .p1-3	19,11	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	30	1	100	32,27	59,2%
P3.I. p1	16,12	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	30	1	100	32,27	49,9%
P3.L. p1	10,37	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	30	1	100	32,27	32,1%
P3. M.p1	9,31	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	30	1	100	32,27	28,8%
P3.N .p1	24,84	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	30	1	100	32,27	77,0%
P3.O .p1	16,66	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	30	1	100	32,27	51,6%
P3.P. p1-2	50,22	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	60	2	50	64,55	77,8%
P3.P. p3	89,38	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	90	3	33	96,82	92,3%
P3.P. p4	53,54	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	90	3	33	96,82	55,3%
P3.P. p5	41,35	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	60	2	50	64,55	64,1%
P3.P. p6	35,83	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	60	2	50	64,55	55,5%
P4.A .p1-2	20,9	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	30	1	100	32,27	64,8%
P4.A .p3-6	14,4	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	30	1	100	32,27	44,6%
P4.C .p1-3	25,73	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	30	1	100	32,27	79,7%
P4.E. p1-3	20,41	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\varnothing$ 4x60.	1,08	30	1	100	32,27	63,2%

P4.F. p1-2	17,92	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi 4 \times 60$ .	1,08	30	1	100	32,27	55,5%
P4.G. p1-3	26,74	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi 4 \times 60$ .	1,08	30	1	100	32,27	82,9%
P4.H. p1-3	14,15	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi 4 \times 60$ .	1,08	30	1	100	32,27	43,8%
P4. M.p1	8,82	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi 4 \times 60$ .	1,08	30	1	100	32,27	27,3%
P4.P. p1-4	21,32	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi 4 \times 60$ .	1,08	30	1	100	32,27	66,1%
P4.I. p1	13,23	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi 4 \times 60$ .	1,08	30	1	100	32,27	41,0%
P4.L. p1	6,48	Ang. 240x120x123 (36x2 fori) Ch. Anker $\phi 4 \times 60$ .	1,08	30	1	100	32,27	20,1%

Ulteriori verifiche sono condotte sull'acciaio del mezzo di unione e sulle piastre; tali verifiche si conducono con riferimento alla norma tecnica per le costruzioni metalliche (NTC18):

- Verifica a taglio del mezzo d'unione:

$$F_{v,Rd-taglio} = 0,6 \frac{f_{t,b}}{\gamma_{M2}} A_{res}$$

- Verifica a rifollamento della piastra d'acciaio:

$$F_{v,Rd-rifollamento} = K \alpha \frac{f_{t,k}}{\gamma_{M2}} d t$$

Bisogna calcolare che la capacità portante di progetto  $F_{v,Rd}$  dell'unione sia non superiore ai valori anzi calcolati.

Verifiche lato acciaio	
Verifica a taglio del mezzo di unione	
$f_{t,b}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	600
$d_N$ [mm]	4
$A_{res}$ [mm <sup>2</sup> ]	12,56
$\gamma_{M2}$	1,25
$F_{v,Rd-taglio}$ [kN]	3,61728
Verifica a rifollamento della piastra	
K	2,5
$\alpha$	0,5
$f_{t,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	360
d [mm]	4
t [mm]	3
$\gamma_{M2}$	1,25
$F_{v,Rd-rifollamento}$ [kN]	4,32

$F_{v,Rd} \leq F_{v,Rd-taglio}$   
**VERIFICATO**

$F_{v,Rd} \leq F_{v,Rd-rifollamento}$   
**VERIFICATO**

### **8.2.3 STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (q=1)**

A seguito delle precedenti considerazioni il piano in c.a. si considera tutto come fondazione. Secondo il §7.2.5 “*Requisiti strutturali degli elementi di fondazione*” delle *NTC18* si assume come azione quella derivante dall’analisi strutturale eseguita ipotizzando comportamento strutturale non dissipativo. Le verifiche allo SLV sugli elementi in c.a. si eseguono quindi considerando la combinazione sismica ottenuta utilizzando uno spettro di progetto con un fattore di comportamento pari a 1.

A seguito dell’analisi è possibile verificare travi e pilastri in c.a. (precedentemente calcolati e verificati ai carichi verticali) e dimensionare e verificare i setti in c.a., considerando di non dover far riferimento al §7 delle *NTC18* in quanto struttura non dissipativa.

Le sollecitazioni sulle travi per la combinazione sismica risultano inferiori rispetto a quelle ottenute per i carichi verticali, si ritiene quindi opportuno non ripetere le verifiche in quanto sicuramente soddisfatte; mentre si effettuano nuovamente le verifiche per i pilastri le cui sollecitazioni risultano leggermente maggiori.

#### **8.2.3.1 PILASTRI IN C.A.**

Si utilizza anche in questo caso il modulo aggiuntivo *RF-CONCRETE Columns* inserendo nella scheda “*Dati generali*” la combinazione sismica per cui effettuare le verifiche.

Si ottiene la medesima armatura longitudinale calcolata in precedenza e la stessa disposizione delle staffe. Si riporta quindi la sola schermata relativa alle verifiche:



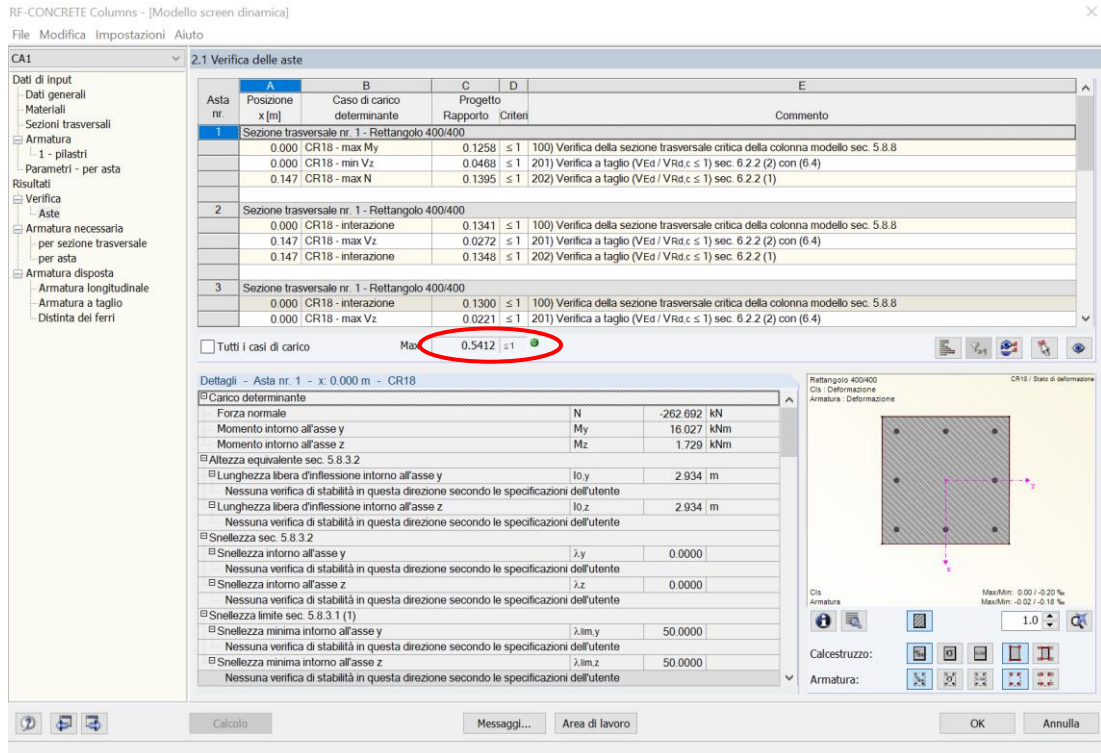


Figura 56 Verifiche SLV dei pilastri RF-CONCRETE Columns

### 8.2.3.2 SETTI IN C.A.

Per dimensionare e verificare i setti in c.a. si utilizza il modulo aggiuntivo *RF-CONCRETE Surfaces*. Le pareti, inizialmente, sono modellate tutte con spessore pari a 200 mm; a seguito del calcolo delle armature sarà necessario sostituirne una con uno spessore pari a 300 mm. Di seguito si riporta il dimensionamento dell'armatura considerando già tale modifica.

Nella scheda “*Dati generali*” si sceglie la normativa di riferimento, le superfici (setti) e la combinazione di carico (inviluppo SLV) da considerare durante la fase di calcolo.

La scheda più importante è quella relativa all'armatura in cui è necessario definire il numero di direzioni di armatura, il copriferro e l'armatura di base disposta.

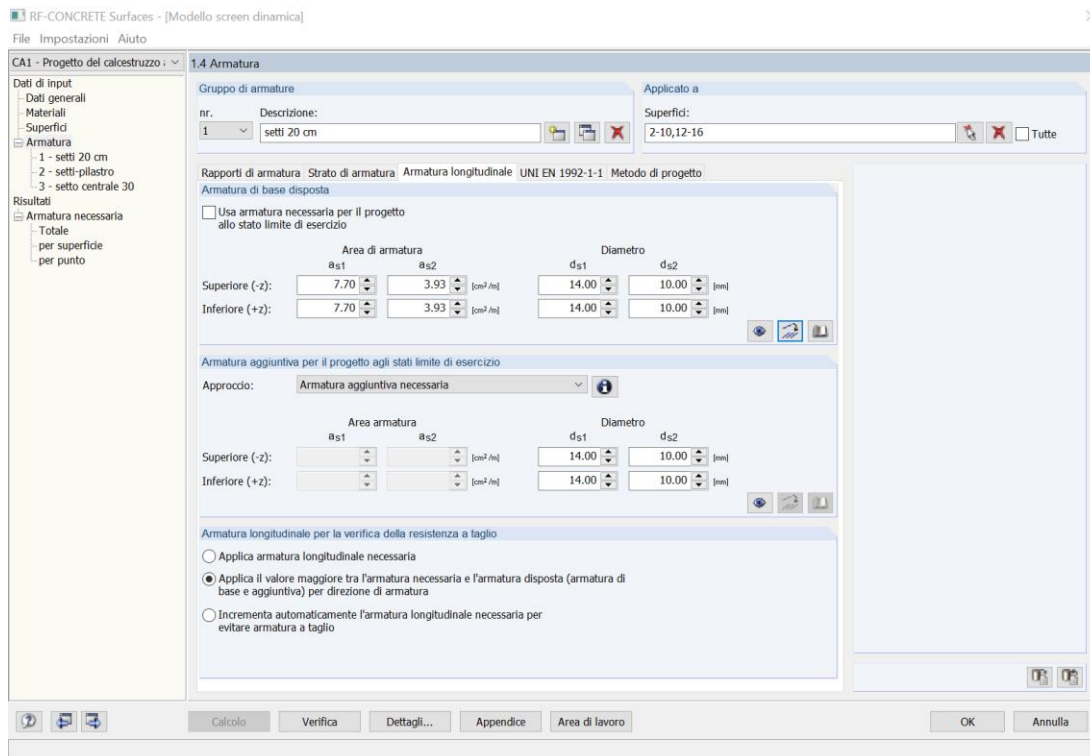


Figura 57 Schermata "Armatura" RF-CONCRETE Surfaces

Per definire l'area dell'armatura di base [cm<sup>2</sup>/m] nelle due direzioni si inseriscono il diametro dei ferri e la spaziatura ed autonomamente il programma calcola l'area necessaria.

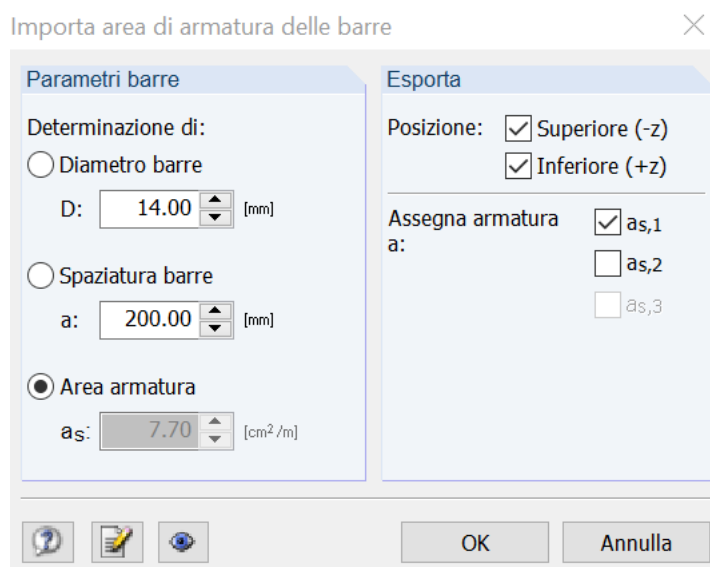


Figura 58 Importazione area di armatura delle barre RF-CONCRETE Surfaces

Si utilizzano barre  $\phi 14$  con spaziatura pari a 200 mm per l'armatura verticale e barre  $\phi 10$  con spaziatura pari a 200 mm per quella orizzontale. Tali valori di partenza si ottengono considerando le limitazioni geometriche per i setti riportate nel §7.4.6.1 delle *NTC18*.

LIMITAZIONI GEOMETRICHE	
Dimensioni	
$l_w$ [mm]	1000
$b_w$ [mm]	200
$h_w$ [mm]	1000
$h_s$ [mm]	1000

Geometria	
$b_w \geq 150$ mm	<b>VERIFICATO</b>
$b_w \geq 1/20 h_s$ mm	<b>VERIFICATO</b>

Armatura longitudinale		
$\Phi$	14	154
n° ferri	7	<b>VERIFICATO</b>
$\rho \geq 0,2\%$	1078	
$\Phi < 1/10 b_w$	14	
interasse armatura < 300 mm	260	

Armatura trasversale		
$\Phi$	10	154
n° ferri	7	<b>VERIFICATO</b>
$\rho \geq 0,2\%$	1078	
$\Phi < 1/10 b_w$	10	
interasse armatura < 300 mm	260	

Dall'analisi si ottiene l'armatura necessaria per ogni setto. In particolare, nella colonna "F" si riporta l'armatura necessaria totale, nella colonna "G" l'armatura di base data come input e nella colonna "H" l'armatura aggiuntiva necessaria.

RF-CONCRETE Surfaces - [Modello screen dinamica]

File Impostazioni Aiuto

CA1 - Progetto del calcestruzzo

2.2 Armatura necessaria per superficie

Dati di Input

- Dati generali
- Materiali
- Superfici
- Armatura
  - 1 - setti 20 cm
  - 2 - setti-pilastro
  - 3 - setto centrale 30
- Risultati
  - Armatura necessaria
    - Totale
    - per superficie
    - per punto

Superf. nr.	Punto nr.	Coordinate punto [m]	Simbolo	Armatura necessaria	Armatura di base	Armatura aggiuntiva Necessaria	Disposta	Unità	Note
		X Y Z							
2	M10024	0.000 -4.131 -2.934	as.1-z (sup)	7.70	7.70	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
	M10024	0.000 -4.131 -2.934	as.2-z (sup)	3.93	3.93	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
	M24	0.000 -4.591 -2.934	as.1+z (inf)	10.23	7.70	2.53	2.53	cm <sup>2</sup> /m	
	M24	0.000 -4.591 -2.934	as.2+z (inf)	4.00	3.93	0.07	0.07	cm <sup>2</sup> /m	
3	M24	0.000 -4.591 -2.934	asw	13.69	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	
	M23	0.000 -0.100 -2.934	as.1-z (sup)	4.55	7.70	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
	M23	0.000 -0.100 -2.934	as.2-z (sup)	1.51	3.93	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
	M1	0.000 -0.100 0.000	as.1+z (inf)	4.00	7.70	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
4	M2470	0.357 -0.100 -2.934	as.2+z (inf)	1.72	3.93	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
	M1	0.000 -0.100 0.000	asw	0.00	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	
	M2323	4.970 -4.131 -2.934	as.1-z (sup)	4.78	7.70	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
	M27	4.970 -0.100 -2.934	as.2-z (sup)	3.05	3.93	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
5	M2	4.970 -0.100 0.000	as.1+z (inf)	4.00	7.70	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
	M27	4.970 -0.100 -2.934	as.2+z (inf)	3.67	3.93	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
	M2	4.970 -0.100 0.000	asw	0.00	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	
	M89	0.000 -6.125 -2.934	as.1-z (sup)	5.76	7.70	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
6	M30	0.000 -5.825 -2.934	as.2-z (sup)	3.93	3.93	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
	M30	0.000 -5.825 -2.934	as.1+z (inf)	7.70	7.70	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
	M5044	0.000 -5.825 -2.445	as.2+z (inf)	4.63	3.93	0.71	0.71	cm <sup>2</sup> /m	
	M89	0.000 -6.125 -2.934	asw	15.48	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	
7	M6	2.085 -3.415 0.000	as.1-z (sup)	4.00	7.70	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
	M25	1.445 -3.415 -2.934	as.2-z (sup)	1.30	3.93	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
	M6	2.085 -3.415 0.000	as.1+z (inf)	4.00	7.70	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
	M25	1.445 -3.415 -2.934	as.2+z (inf)	2.24	3.93	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
8	M6	2.085 -3.415 0.000	asw	0.00	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	
	M7	1.445 -3.415 0.000	as.1-z (sup)	4.00	7.70	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
	M4678	1.445 -2.100 -2.934	as.2-z (sup)	1.43	3.93	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
	M7	1.445 -3.415 0.000	as.1+z (inf)	4.00	7.70	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
9	M25	1.445 -3.415 -2.934	asw	2.65	3.93	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
	M25	1.445 -3.415 -2.934	asw	8.89	-	-	-	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	
	M8	1.445 -1.545 0.000	as.1-z (sup)	4.00	7.70	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
	M8	1.445 -1.545 0.000	as.2-z (sup)	1.00	3.93	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
10	M8	1.445 -1.545 0.000	as.1+z (inf)	4.00	7.70	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
	M71-E3	1.445 -1.545 -1.956	as.2+z (inf)	2.04	3.93	0.00	0.00	cm <sup>2</sup> /m	

In i nodi della mesh EF
  Punti della griglia

Armatura necessaria per: SLU

Calcolo Messaggi... Area di lavoro OK Annulla

Figura 59 Armatura necessaria nei setti in c.a. RF-CONCRETE Surfaces

A differenza del modulo *RF-CONCRETE Members* ed *RF-CONCRETE Columns* non si ottiene la disposizione dell'armatura ma è possibile leggere i risultati nel modello *RFEM*.

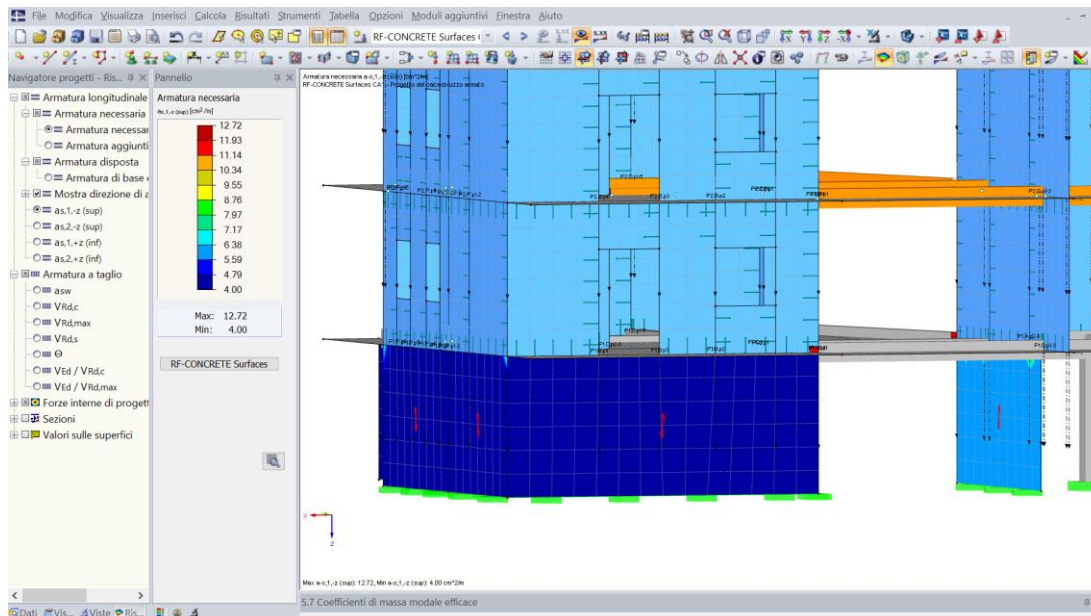


Figura 60 Rappresentazione dell'armatura in RFEM

## 9 PROGETTAZIONE TECNOLOGICA

Il legno grazie alla sua inerzia termica garantisce ottime prestazioni in termini di isolamento, ciò che si cerca di ottenere in fase progettuale è una bassa trasmittanza termica (U) per proteggersi dal freddo ed un alto sfasamento termico ( $\phi$ ) per proteggersi dal caldo. Un altro aspetto che contribuisce al comfort abitativo è l'isolamento acustico: eliminazione di rumori trasmessi per via aerea (onde sonore trasmesse attraverso pareti) e di rumori di tipo impattivo (legati al calpestio sulla superficie o allo spostamento di mobili e oggetti che vanno ad impattare sui piani sottostanti).

Accorgimenti e scelte dei materiali in fase progettuale sono essenziali per garantire un buon isolamento termico e acustico. In particolare, è opportuno evitare materiali isolanti troppo leggeri come la fibra di vetro, privilegiando la fibra di legno ad alta densità, che ha ottime prestazioni termiche e acustiche. I rumori da calpestio invece è possibile, solitamente, risolverli mediante l'interposizione di un materassino isolante acustico.

Le nuove stratigrafie sono progettate in riferimento ai valori di trasmittanza dell'edificio in c.a., al fine di poter successivamente effettuare un attendibile confronto economico tra i due edifici.

### 9.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si verifica che i valori di trasmittanza soddisfino le limitazioni imposte dal *D.M. 26/06/2015, Criteri generali e requisiti delle prestazioni energetiche degli edifici*, il valore di sfasamento risulti circa pari a 12h al fine di ottenere ottime/buone prestazioni così come indicato nel *D.M. 26/06/2009, Linee nazionali per la certificazione energetica degli edifici* e i parametri acustici soddisfino le limitazioni imposte dal *D.P.C.M. 5 Dicembre 1997, Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici*.

Si riportano i valori limite di trasmittanza termica U ( $W/m^2K$ ) di normativa per l'edificio in questione.

La città di Amantea (CS), rientra in zona climatica C (913 gradi giorno):

	U( $W/m^2K$ )	
	2015	2019/2021
Strutture opache verticali, verso l'esterno, gli ambienti non climatizzati o contro terra	0,38	0,34

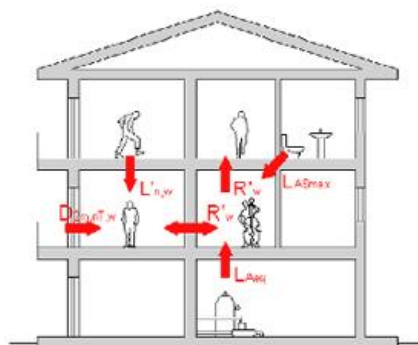
Strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno e gli ambienti non climatizzati	0,36	0,33
Strutture opache orizzontali di pavimento, verso l'esterno, gli ambienti non climatizzati o contro terra	0,4	0,38
Chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati	2,4	2,2
strutture opache verticali e orizzontali di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti	0,8	0,8

Lo sfasamento, cioè il ritardo temporale tra il massimo flusso termico entrante nell'ambiente ed il massimo della temperatura dell'ambiente esterno, è così classificato per tutte le destinazioni d'uso:

Sfasamento (ore)	Attenuazione	Prestazioni	Qualità prestazionale
$S > 12$	$Fa < 0,15$	ottime	I
$12 \geq S > 10$	$0,15 \leq fa < 0,30$	buone	II
$10 \geq S > 8$	$0,30 \leq fa < 0,40$	medie	III
$8 \geq S > 6$	$0,40 \leq fa < 0,60$	sufficienti	IV
$6 \geq S$	$0,60 \leq fa$	mediocri	V

Si riportano i valori dei parametri acustici per edifici adibiti a residenza (categoria A):

Indice del poter fonoisolante	$R_w$	$\geq 50$
Indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata	$D_{2m,nT,w}$	$\geq 40$
Indice del livello di calpestio di solai normalizzato	$L_{n,w}$	$\leq 63$
Livello massimo di pressione sonora ponderata A	$L_{ASmax}$	$\leq 35$
Livello continuo equivalente di pressione sonora	$L_{Aeq}$	$\leq 35$



## 9.2 SRATIGRAFIE

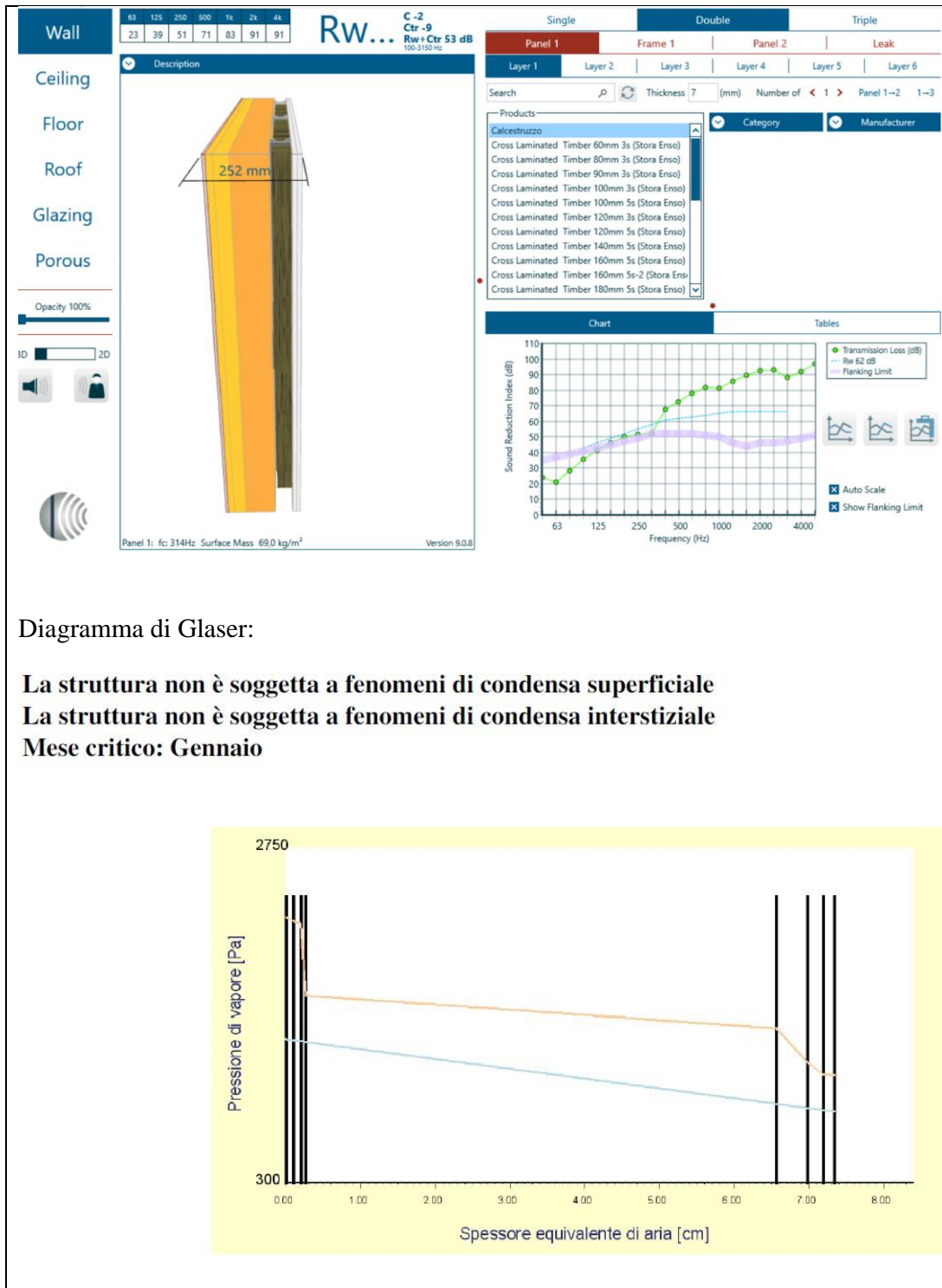
Le stratigrafie sono progettate per garantire benessere e comfort per merito dell'utilizzo di un ottimo isolamento termico e acustico ottenuto, il più possibile, con materiali naturali e non dannosi per la salute.

La progettazione deve soddisfare i criteri generali e i requisiti delle prestazioni energetiche degli edifici contenute nel *DM 26/05/2015* e nel *DM 26/06/09* e i requisiti acustici passivi riportati nel *D.P.C.M. 5/12/1997*.

### 9.2.1 PARETE ESTERNA IN X-LAM

Descrizione degli strati	Spessore [m]	Conduttività termica $\lambda$ [W/m K]	Calore specifico c [J/kg K]	Densità $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Laste in cartongesso	0,0125	0,21	840	900
Laste in cartongesso	0,0125	0,21	840	900
Lana di roccia	0,06	0,038	1030	40
XLAM	0,1	0,13	1600	500
Fibra di legno a bassa densità	0,04	0,039	2100	160
Fibra di legno ad alta densità	0,02	0,048	2100	250
Rasante + primer	0,007	0,9	1000	1800
Trasmittanza $U = 0,245 \text{ W/m}^2\text{K}$ Sfasamento $\phi = 11,72 \text{ h}$ Potere fonoisolante $R_w' = 62 \text{ dB}$				





## 9.2.2 PARETE ESTERNA NEL SISTEMA TRAVI E PILASTRI IN LEGNO

Descrizione degli strati	Spessore [m]	Conduttività termica $\lambda$ [W/m K]	Calore specifico c [J/kg K]	Densità $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
--------------------------	--------------	--	-----------------------------	-------------------------------------



Laste in cartongesso	0,0125	0,21	840	900
Laste in cartongesso	0,0125	0,21	840	900
Lana di roccia	0,06	0,038	1030	70
Intercapedine d'aria	0,125	-	1000	1
Fibra di legno mineralizzata	0,075	0,065	1810	400
Fibra di legno a bassa densità	0,04	0,039	2100	160
Fibra di legno ad alta densità	0,02	0,048	2100	250
Rasante + primer	0,007	0,9	1000	1800

Trasmittanza  $U = 0,215 \text{ W/m}^2\text{K}$

Sfasamento  $\phi = 11,76 \text{ h}$

Potere fonoisolante  $R_w' = 69 \text{ dB}$

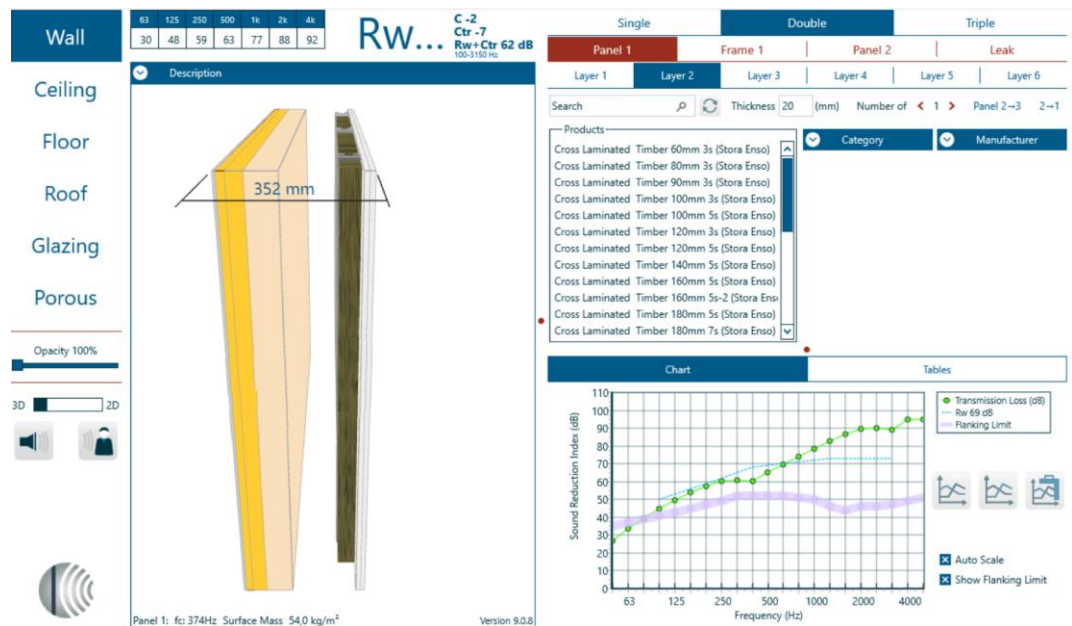
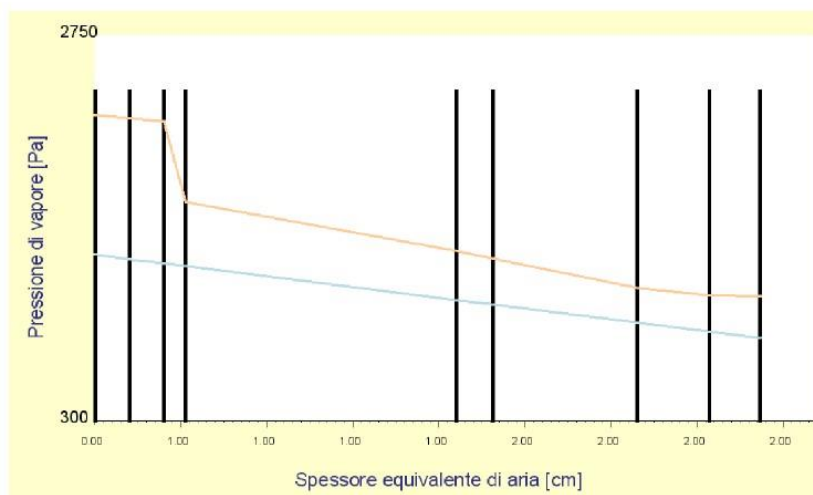


Diagramma di Glaser:

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale  
 La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale  
 Mese critico: Gennaio



### 9.2.3 PARETE ESTERNA IN C.A.

Descrizione degli strati	Spessore [m]	Conduttività termica $\lambda$ [W/m K]	Calore specifico c [J/kg K]	Densità $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Setto in c.a.	0,20	2,3	1000	2400
Intonaco	0,017	0,9	1000	1800

### 9.2.4 PARETE ESTERNA NEL SISTEMA TRAVI E PILASTRI IN C.A.

Descrizione degli strati	Spessore [m]	Conduttività termica $\lambda$ [W/m K]	Calore specifico c [J/kg K]	Densità $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Intonaco	0,01	0,9	1000	1800
Poroton da 35 cm	0,35	0,23	1000	860
Intonaco	0,007	0,9	1000	1800

## 9.2.5 PARETE INTERNA IN X-LAM

Descrizione degli strati	Spessore [m]	Conduttività termica $\lambda$ [W/m K]	Calore specifico c [J/kg K]	Densità $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Laste in cartongesso	0,0125	0,21	840	900
Laste in cartongesso	0,0125	0,21	840	900
Lana di roccia	0,06	0,038	1030	70
XLAM	0,1	0,13	1600	500
Lana di roccia	0,06	0,038	1030	70
Laste in cartongesso	0,0125	0,21	840	900
Laste in cartongesso	0,0125	0,21	840	900

Trasmittanza  $U = 0,226 \text{ W/m}^2\text{K}$

Potere fonoisolante  $R_w' = 69 \text{ dB}$

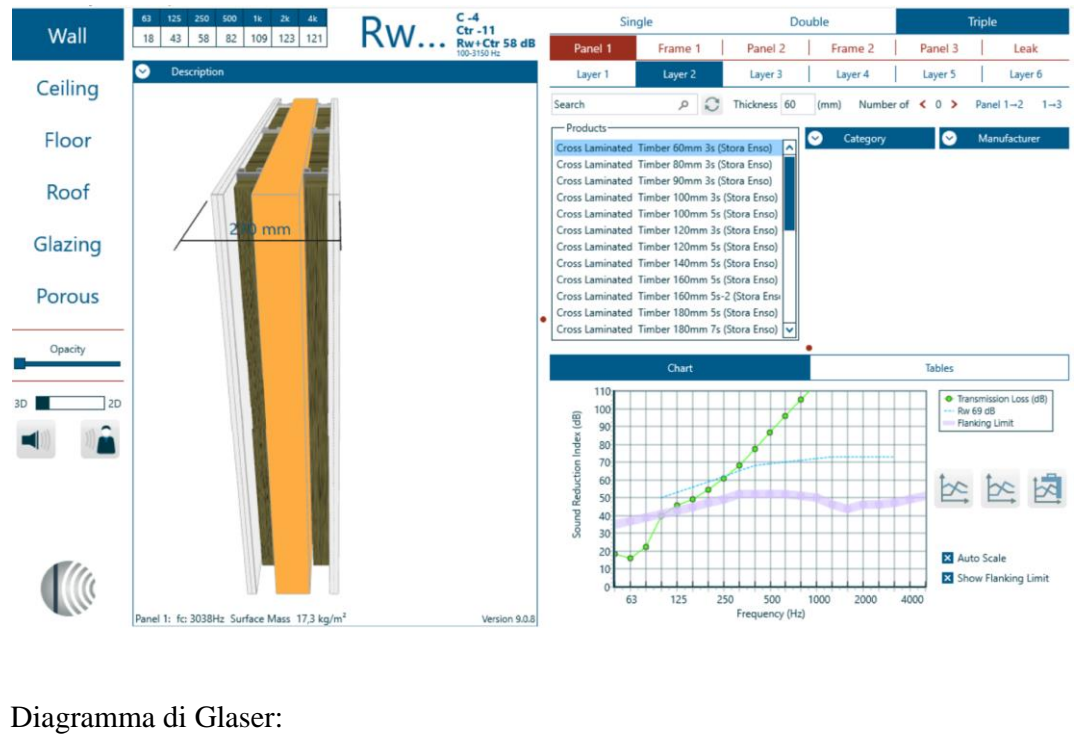
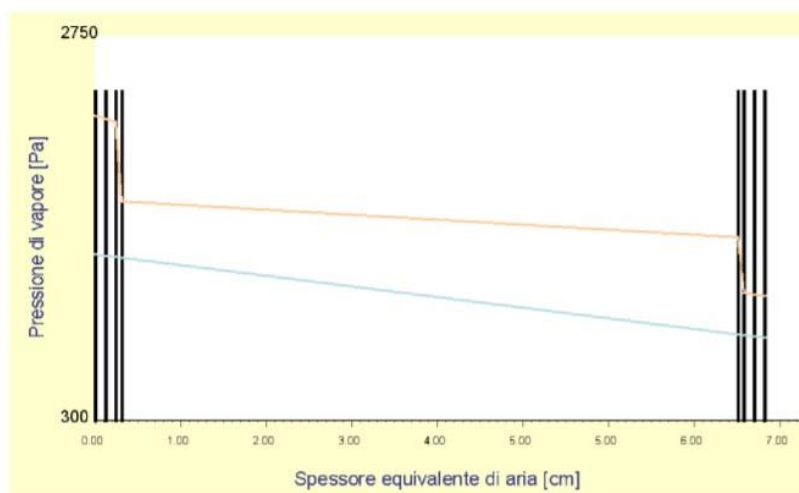


Diagramma di Glaser:

**La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale**  
**La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale**  
**Mese critico: Gennaio**



### 9.2.6 PARETE INTERNA NON PORTANTE

Le partizioni interne dei piani primo, secondo e terzo sono realizzate con pareti in cartongesso con singola orditura metallica e doppio rivestimento, mentre quelle del piano terra, adibito a garage, sono realizzate con blocchi in cemento vibrato facciavista.

### 9.2.7 PARETE INTERNA IN C.A.

Le pareti portanti interne del piano terra sono realizzate con setti in c.a. lasciati a vista.

### 9.2.8 SOLAIO MISTO LEGNO-CALCESTRUZZO DI INTERPIANO

Descrizione degli strati	Spessore [m]	Conduktività termica $\lambda$ [W/m K]	Calore specifico c [J/kg K]	Densità $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Tavolato in legno	0,025	0,12	2700	450
Telo impermeabilizzante	0,002	0,17	1000	1200
Soletta in c.a.	0,05	1,4	1000	2000
Freno a vapore	0,004	0,022	840	910
XPS	0,04	0,036	1200	30

Isolante acustico	0,007	0,036	1400	30
Massetto porta impianti	0,07	1,4	1000	2000
Pavimento in ceramica	0,02	1,0	835	2300

Trasmittanza U = 0,513 W/m<sup>2</sup>K

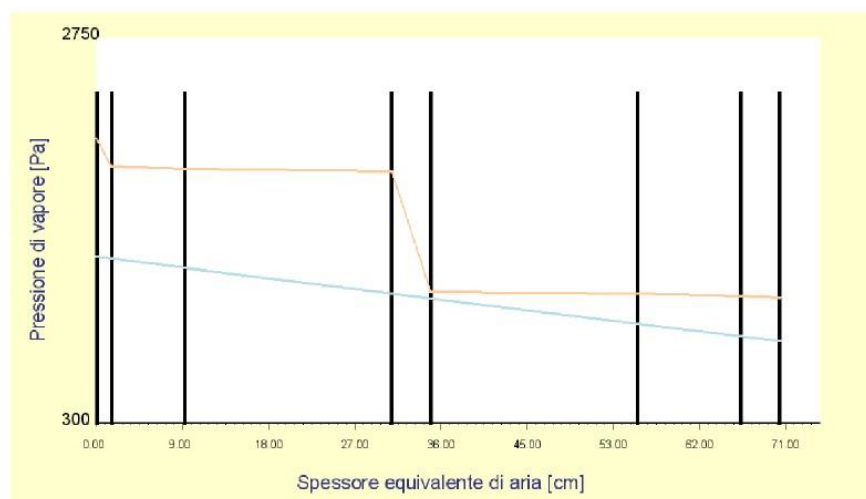
Livello di calpestio L<sub>w</sub>' = 48 dB

Diagramma di Glaser:

**La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale**

**La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale**

**Mese critico: Gennaio**



## 9.2.9 SOLAIO TIPO PREDALLES DI INTERPIANO

Descrizione degli strati	Spessore [m]	Conduttività termica $\lambda$ [W/m K]	Calore specifico c [J/kg K]	Densità $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Predalles	0,26	1,25	900	1500
Freno a vapore	0,004	0,022	840	910
XPS	0,12	0,036	1200	30
Isolante acustico	0,007	0,036	1400	30
Massetto porta impianti	0,07	1,4	1000	2000
Pavimento in ceramica	0,02	1,0	835	2300

Trasmittanza  $U = 0,242 \text{ W/m}^2\text{K}$

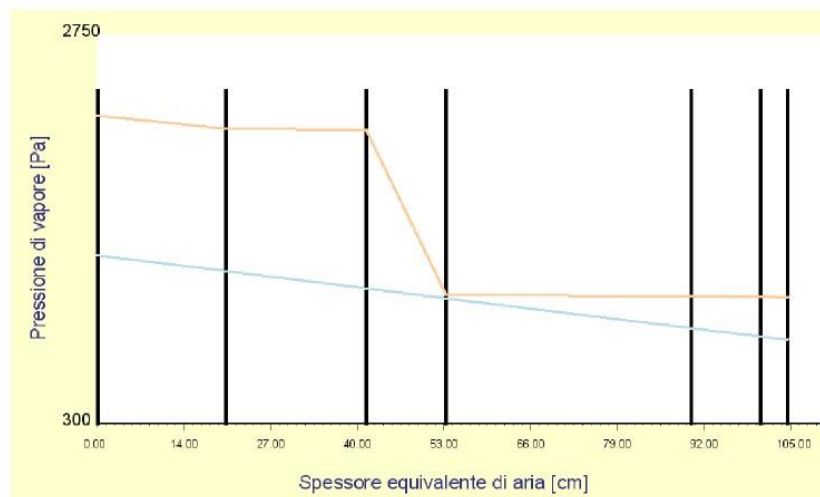
Potere fonoisolante  $R_w' = \text{dB}$

Diagramma di Glaser:

**La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale**

**La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale**

**Mese critico: Gennaio**



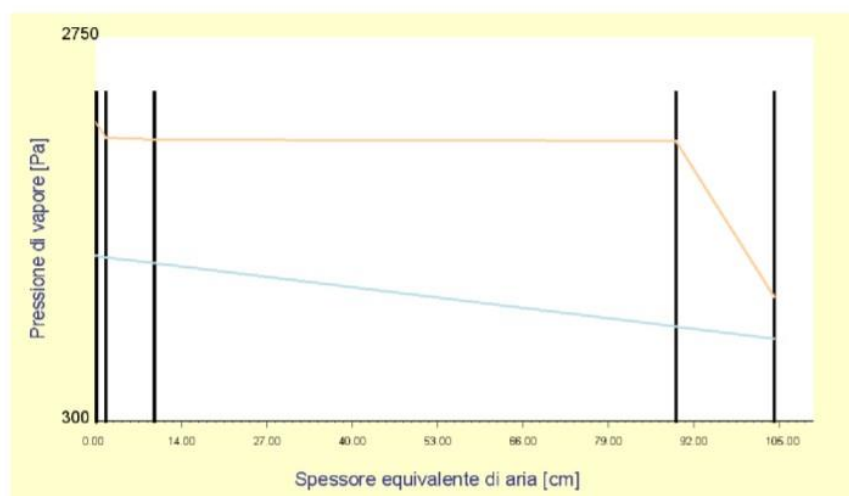
### 9.2.10 SOLAIO ULTIMO IMPALCATO (PIANO SOTTOTETTO)

Descrizione degli strati	Spessore [m]	Conduktività termica $\lambda$ [W/m K]	Calore specifico c [J/kg K]	Densità $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Tavolato in legno	0,025	0,12	2700	450
Telo impermeabilizzante	0,002	0,17	1000	1200
Soletta in c.a.	0,05	1,4	1000	2000
Freno a vapore	0,004	0,022	840	910
XPS	0,10	0,036	1200	30

Trasmittanza U = 0,298 W/m<sup>2</sup>K

Diagramma di Glaser:

**La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale**  
**La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale**  
**Mese critico: Gennaio**



### 9.2.11 SOLAIO CONTROTERRA

Descrizione degli strati	Spessore [m]	Conduktività termica $\lambda$ [W/m K]	Calore specifico c [J/kg K]	Densità $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Pavimento industriale	0,15	1,4	1000	2000
Guaina	0,004	0,17	1000	1200

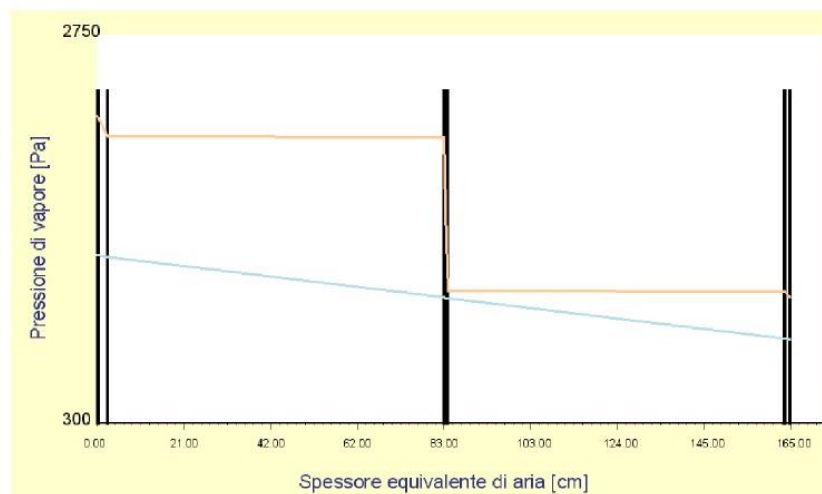
Soletta in c.a.	0,05	1,4	1000	2000
Cupolex (aria)	0,55		1000	2000
Fondazione	0,6	1,4	1000	2000
Magrone	0,1	0,7	835	1600
Trasmittanza U = 0,783 W/m <sup>2</sup> K				

### 9.2.12 SOLAIO DI COPERTURA IN LEGNO

Descrizione degli strati	Spessore [m]	Conducibilità termica $\lambda$ [W/m K]	Calore specifico c [J/kg K]	Densità $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Tavolato in legno	0,02	0,12	2700	450
Tavolato in legno	0,02	0,12	2700	450
Freno a vapore	0,004	0,22	840	910
Fibra di legno a bassa densità	0,08	0,039	2100	160
Fibra di legno ad alta densità	0,06	0,048	2100	250
Guaina vapotraspirante	0,004	0,17	1000	1200
Trasmittanza U = 0,262 W/m <sup>2</sup> K				
Sfasamento $\phi$ = 12,12 h				
Diagramma di Glaser:				



La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale  
 La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale  
 Mese critico: Gennaio

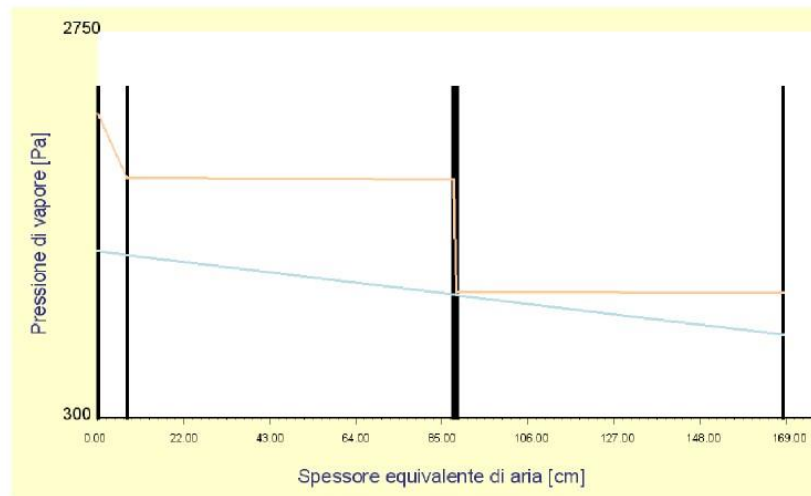


### 9.2.13 SOLAIO DI COPERTURA VANO SCALA

Descrizione degli strati	Spessore [m]	Conducibilità termica $\lambda$ [W/m K]	Calore specifico c [J/kg K]	Densità $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
XLAM	0,12	0,13	1600	500
Freno a vapore	0,004	0,022	840	910
Fibra di legno a bassa densità	0,06	0,039	2100	160
Fibra di legno ad alta densità	0,05	0,048	2100	250
Guaina	0,004	0,17	1000	1200

Trasmittanza  $U = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 Sfasamento  $\phi = 12,82 \text{ h}$   
 Diagramma di Glaser:

**La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale**  
**La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale**  
**Mese critico: Gennaio**



## **10 MONITORAGGIO DELLE STRUTTURE IN LEGNO**

Il legno è un materiale di origine biologica e come tale è soggetto al decadimento in presenza di agenti di degrado che possono essere biotici (principalmente funghi e insetti) e/o abiotici (condizioni ambientali in cui è mantenuto).

In verità tutti i materiali da costruzione sono soggetti a degrado, cioè perdita delle proprie caratteristiche fino a diventare inutilizzabili dal punto di vista strutturale, anche se in tempi e forme diverse; ad esempio per strutture in calcestruzzo armato il degrado è dovuto all'ingresso di sostanze aggressive che generano un'intensa corrosione delle armature metalliche e la conseguente espulsione del copriferro; nel §11.2.11 delle NTC2018 sono infatti indicati i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario o precompresso.

Tuttavia, nell'immaginario collettivo, il legno è considerato il materiale meno durevole per marcescenza e/o attacco da insetti. In primo luogo, bisogna distinguere il diverso comportamento che le varie specie legnose, per loro propria natura, hanno nei confronti del degrado e successivamente bisogna riconoscere la differenza tra durabilità naturale del legno e durabilità delle costruzioni in legno. Quest'ultime possono avere vita molto lunga, ne sono un esempio le pagode giapponesi o le numerose chiese presenti in tutto il mondo, solo se in fase di progettazione la possibilità di degrado, e quindi ciò che lo provoca, viene presa in considerazione.

Le moderne costruzioni in legno non sono esposte direttamente agli agenti atmosferici e questo comporta una duplice considerazione: le strutture sono protette da un pacchetto di copertura nel caso di un tetto o da un cappotto nel caso di parete e questo permette in parte una protezione del materiale e una riduzione di problematiche legate alla durabilità; ma dall'altra, trattandosi di strutture in cui il legno non è a vista, la possibile tardiva individuazione di problemi biotici e meccanici. Proprio per questo motivo, il ricorso ad una rete di monitoraggio può rappresentare una soluzione funzionale al mantenimento dell'integrità dei manufatti.

### **10.1 IL DEGRADO DA FUNGHI E INSETTI**

Il legno non subisce alcun degrado semplicemente dovuto al passare del tempo ma il degrado biologico, causato da funghi della carie e/o insetti, avviene solo in certe condizioni, per cui risultano molto importanti le scelte del progettista: scelta della specie

legnosa in funzione delle condizioni ambientali in cui si troverà l'elemento, trattamenti preservanti, dettagli costruttivi.

### 10.1.1 INSETTI XILOFAGI

Gli insetti che attaccano il legno sono svariati; in generale (escluse le termiti) il ciclo di vita di un insetto inizia dalla deposizione delle uova da parte dell'insetto adulto (farfalla) su fessure del legno, dopodiché l'uovo schiudendosi dà vita alla larva che penetra nel legno scavando delle gallerie. Diventando poi farfalla abbandona il legno creando i cosiddetti *fori di sfarfallamento* e depositando nuovamente le uova dà origine ad un nuovo ciclo di vita.



Figura 61 larva

Gli insetti mangiano solo l'alburno (parte periferica del tronco) perché più ricco di amidi e zuccheri; il durame (parte centrale del tronco), se differenziato, è povero di sostanze gradite agli insetti (sono presenti i tannini) per cui è immune all'attacco. Se il durame non è differenziato come nell'abete gli insetti attaccano indistintamente alburno e durame. Tuttavia, gli amidi e gli zuccheri, nel tempo, si trasformano rendendo il legno sgradevole agli insetti e quindi immune dal loro attacco.

L'attacco da insetti è subordinato alla possibilità dell'insetto adulto di depositare uova nelle fessure del legno: il legno lamellare ha molte meno fessure rispetto al legno massiccio e sicuramente di ampiezza inferiore, per tale motivo l'insetto ha difficoltà nel deporre le uova e di conseguenza questi attacchi sono molto limitati in tali elementi. Inoltre, i trattamenti superficiali (impregnanti, vernici, sostanze preservanti) ed i rivestimenti (ad esempio le pareti in legno rivestite con cappotti, cartongessi) impediscono la deposizione delle uova e quindi l'attacco da insetti.

### 10.1.2 FUNGHI DELLA CARIE

I funghi della carie si diffondono nell'aria mediante le spore (cellule riproduttrici che germinando producono un nuovo individuo), che germinano solo se l'umidità del legno è maggiore del 20% e la temperatura è compresa tra 3 e 40 °C. I funghi si diffondono per mezzo delle ife che degradano chimicamente il legno (cellulosa, legnina o entrambi) provocando immediatamente una riduzione della resistenza meccanica del legno, quando ancora il fenomeno della marcescenza non è visibile.



Figura 62 Attacco fungino da carie bianca

L'attacco fungino permane se l'umidità del legno è maggiore del 20% e cessa se l'umidità scende al di sotto di tale valore, tuttavia i danni causati permangono e l'attacco riprende se l'umidità riprende ad essere superiore del 20%. L'attacco fungino interessa sia l'alburno che il durame, ma esistono alcune specie legnose (castagno e querce) il cui durame è più resistente. Inoltre, è possibile proteggere il legno mediante dei trattamenti chimici e/o con la corretta progettazione dei dettagli costruttivi.

Riguardo all'umidità, il legno si trova a lavorare in tre tipi di ambienti chiamati classi di servizio:

Classe di servizio 1: ambiente chiuso, riscaldato d'inverno; umidità del legno  $\leq 12\%$ ; temperatura media di 20 °C e umidità relativa dell'aria del 65% solo per poche settimane all'anno;

Classe di servizio 2: ambiente chiuso, non riscaldato d'inverno; umidità del legno  $\leq 20\%$ ; temperatura media di 20 °C e umidità relativa dell'aria del 85% solo per poche settimane all'anno;

Classe di servizio 3: ambiente in cui le strutture sono esposte alle intemperie o d inumidimento; umidità del legno > 20%; temperatura media di 20 °C e umidità relativa dell'aria del 65% solo per poche settimane all'anno.

È evidente come per gli elementi in classe di servizio 3 ci sia maggiore possibilità di attacco fungino, ma questo non è da escludere per le altre due classi di servizio. L'aumento di umidità nel legno può essere, infatti, provocato da percolazioni, infiltrazioni, condense, ristagni di umidità e l'attacco fungino avviene all'interno degli elementi in legno in quanto l'esterno ha quasi sempre la possibilità di asciugarsi.

A seguito di tali descrizioni si può affermare che nelle moderne realizzazioni a struttura in legno, che si stanno diffondendo per i numerosi vantaggi quali la modularità e la prefabbricazione, l'elevato grado di isolamento termico e sicurezza nei confronti dell'azione sismica, è possibile che si inneschino con più facilità fenomeni di degrado dovuti all'azione di funghi (umidità del legno > 20%) piuttosto che quelli dovuti agli insetti, questo perché le tecnologie utilizzate riguardano sempre di più il sistema a pannelli CLT (Cross Laminated Timber o X-LAM), il sistema platform frame e/o il sistema a telaio con travi e pilastri in legno lamellare, in cui il legno è quasi sempre non a vista.

## **10.2 LEGNO LAMELLARE E UMIDITÀ**

Le criticità del legno lamellare si possono riscontrare in corrispondenza degli appoggi degli elementi se utilizzati in strutture in muratura (travi, catene, puntoni), laddove per risalita, per accumulo di umidità e soprattutto per l'impossibilità di asciugarsi si creano delle condizioni favorevoli allo sviluppo di funghi. Inoltre, il legno lamellare presenta un altro problema che è la *delaminazione*, distacco delle lamelle causato da alternanza di umido e secco e gradienti di umidità che provocano ritiri e rigonfiamenti spesso non uniformi nella sezione.

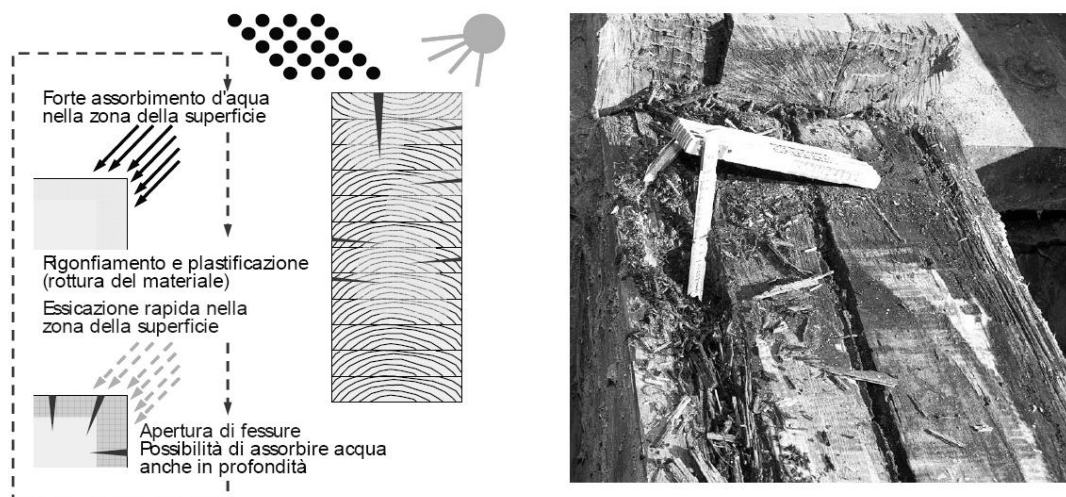


Figura 63 Delaminazione

È quindi importante la tipologia di incollaggio e la scelta della specie legnosa in funzione delle condizioni determinate dalle classi di utilizzo della struttura.

### 10.3 PANNELLI A STRATI INCROCIATI E UMIDITÀ

Le strutture realizzate con pannelli X-LAM possono presentare i rischi dovuti all'umidità in diverse fasi della loro realizzazione:

- Nel corso della realizzazione, nonostante si tratti di cantieri più veloci di quelli tradizionali, gli imprevisti possono provocare ritardi nel completamento della copertura o nel montaggio di infissi e/o nella realizzazione di cappotti esterni: il legno non adeguatamente protetto, esposto agli agenti atmosferici può risentire di un accumulo di umidità; è dunque necessario controllare l'umidità del materiale prima di procedere con le finiture e delle stratificazioni di solai e pareti.
- L'appoggio sulle fondazioni o sui livelli sottostanti dove sono posizionati tappetini acustici rappresenta un pericolo per l'ingresso di umidità.
- Terrazze e balconi realizzati in continuità con il solaio sono soggetti a infiltrazioni di acqua che, se non contrastate adeguatamente, possono provocare un cedimento della struttura.
- Nel corso della vita di un edificio devono essere presi in considerazione eventi accidentali (rotture di tubazioni, sversamenti) che possono provocare un aumento di umidità del legno e anche in questi casi l'intervento deve essere rapido.
- L'utilizzo di tetti piani, l'inserimento di calate dell'acqua piovana all'interno della struttura dovrebbero, per buona norma, essere evitati.

## 10.4 I SISTEMI DI MONITORAGGIO

I sistemi di monitoraggio nascono con l'obiettivo di garantire e ottimizzare la qualità delle strutture in legno permettendo di individuare eventuali condizioni critiche legate alle condizioni di umidità della struttura così da intervenire rapidamente.

Esistono diversi sistemi di monitoraggio in funzione del fine, della complessità dell'opera, della disponibilità economica e delle esigenze della committenza. Si può parlare di:

- *monitoraggio occasionale*, in cui vengono effettuate delle misurazioni istantanee;
- *monitoraggio periodico*, in cui il sistema è installato per periodi brevi e poi disinstallato con cadenze predeterminate;
- *monitoraggio continuo*, in cui il sistema è installato sulla struttura in modo permanente con lo scopo di rimanere funzionante per l'intera vita dell'opera.

A seconda del tipo di monitoraggio si distinguono diversi strumenti.

### 10.4.1 IGROMETRI AD INFISSIONE (O A RESISTENZA)



Figura 64 Igrometro a infissione

Sono utilizzati nel monitoraggio occasionale. Questi sfruttano il principio della resistività elettrica del materiale. Sono i più utilizzati in tutto il mondo e sono composti da due o più "pin" da inserire nel materiale da misurare. In generale avremo che più è umido il corpo, meno resistenza si avrà fra i due pin, in una logica di proporzionalità inversa.



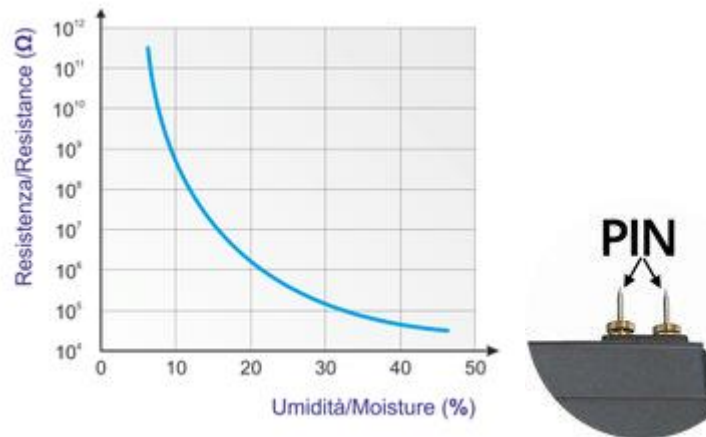


Figura 65 legame tra resistenza e umidità

Gli igrometri ad infissione hanno al loro interno delle scale di conversione che traducono il dato elettrico ricevuto, la resistenza, in percentuale di acqua nel materiale. Queste scale di conversione si basano principalmente sul tipo di materiale (legno) e sulla sua densità. Il valore misurato corrisponde all'umidità riscontrata tra gli elettrodi, in corrispondenza delle sole punte scoperte, in modo da escludere l'influenza degli strati superficiali. Gli elettrodi in commercio sono di diverse lunghezze così da poter scegliere il più adatto in funzione delle dimensioni dell'elemento in cui misurare l'umidità.

#### 10.4.2 IGROMETRI AD ONDE ELETTROMAGNETICHE (O A CONTATTO)

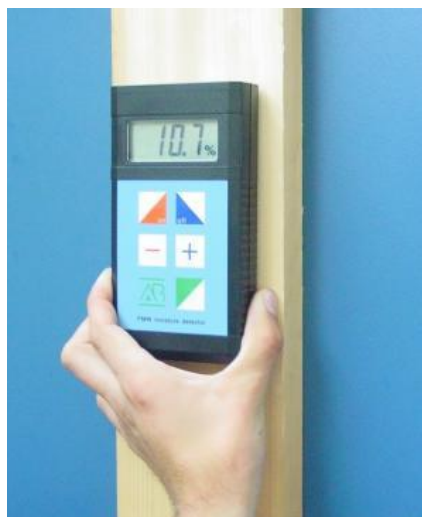


Figura 66 Igrometro a contatto

Sono utilizzati nel monitoraggio occasionale e forniscono una misurazione più approssimata rispetto a quelli ad infissione in quanto non si conosce il reale volume ispezionato; per tale motivo sono generalmente sfruttati nelle aziende che producono e forniscono elementi in legno poiché si tratta di uno strumento facile e veloce da manovrare.

Chiamati anche igrometri a contatto, possono misurare l'umidità di un materiale senza che lo stesso debba essere forato con i pin: per questo motivo sono considerati come un tipo di strumentazione totalmente non distruttiva.

Gli igrometri a contatto emettono onde elettromagnetiche ad alta frequenza nel materiale attraverso il sensore appoggiato sul materiale. Il campo generato reagisce diversamente a seconda dell'umidità presente nel materiale. La misura avviene sulla capacità elettrica che varia a seconda del tenore di acqua presente nel materiale e il valore misurato è una media del valore di umidità misurato, calcolata con sensibilità decrescente all'aumentare della profondità.

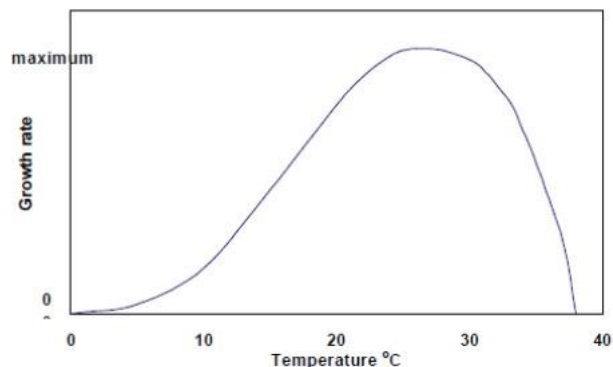
#### **10.4.3 MONITORAGGIO S.A.L.E.**

Tale sistema di monitoraggio è collocato all'interno del *Protocollo S.A.L.E.*, cioè uno schema di certificazione di *FederlegnoArredo* e *Conlegno* finalizzato alla realizzazione di strutture in legno di qualità che permette ai committenti particolari forme di mutuo e assicurazioni dedicate alle strutture realizzate con tecniche di bioedilizia.

Il sistema è utilizzato nel monitoraggio periodico (gli elettrodi permanentemente infissi nel legno sono saltuariamente collegati all'apparecchio di lettura) e continuo.

Il monitoraggio continuo permette di monitorare l'umidità nei punti più sensibili dell'edificio in maniera completamente automatica, effettuando in autonomia le misure ed inviando report e messaggi di allarme qualora i parametri rilevati superino i livelli di soglia definiti: si utilizzano sonde igrometriche di tipo resistivo infisse nel legno collegate, tramite cavi, ad una centralina; si ha quindi una registrazione del segnale che viene poi riportato e mostrato su un raccogliore di informazioni (Touch Pad).

Come già descritto in precedenza, il rischio di attacco fungino nel legno si ha per un'umidità  $> 20\%$  ed è direttamente correlato al tempo entro cui il materiale mantiene tale situazione; inoltre, la crescita del micelio fungino è anche in funzione della temperatura (alle nostre temperature di comfort corrispondono maggiori crescite del micelio).



Nel dettaglio, i livelli di soglia definiti per tale sistema e per i quali viene inviato un messaggio di “alert” perché condizioni favorevoli allo sviluppo dell’attacco fungino, sono:

1.  $U (\% \text{ legno}) \geq 20\%$  per un tempo  $t$  inferiore a 1 giorno;
2.  $U (\% \text{ legno}) \geq 20\%$  per un tempo  $t$  compreso tra 1 e 5 giorni;
3.  $U (\% \text{ legno}) \geq 20\%$  per un tempo  $t$  compreso tra 5 e 10 giorni;
4.  $U (\% \text{ legno}) \geq 20\%$  per un tempo  $t$  compreso tra 10 e 15 giorni.

In funzione di ciò, quindi del tempo in cui permane una situazione favorevole all’attacco fungino, è necessario che la figura professionale interessata, intervenga con azioni finalizzate al ripristino del corretto status della struttura. Se la problematica dell’innalzamento dell’umidità è invece dovuta ad una non corretta progettazione e/o realizzazione dei nodi costruttivi è necessario intervenire per ripristinare lo stato dell’arte. Questo permette di sottolineare come il sistema di monitoraggio non è da sostituire a scelte progettuali mirate a preservare la durabilità dell’edificio.

Per “figura professionale interessata” non si intende un’unica figura, in quanto al processo di monitoraggio partecipano diversi attori:

- Committente: commissiona il processo;
- Progettista strutturale: si occupa dell’esecuzione del progetto e del loro ripristino;
- Costruttore: responsabile del costruito;
- Progettista del sistema di monitoraggio: definisce la posizione, il numero e la tipologia di sensori da utilizzare. Può coincidere con la figura del progettista strutturale e dell’ispettore di cantiere, il quale sovrintende l’installazione del sistema.

In funzione della soluzione costruttiva (sistema X-LAM, platform frame, ...), dell’importanza dell’opera, delle condizioni ambientali si dimensiona correttamente il sistema di monitoraggio. In generale questo si compone:

- Una serie di sonde igrometriche (per un edificio residenziale di circa 150 m<sup>2</sup> si utilizzano 4 sonde);
- Una centralina di raccolta dati;

- Un Touch Pad per la visualizzazione in loco dei dati raccolti dalle sonde;
- Un concentratore per l'elaborazione e per inoltrare i dati in posti remoti (componente opzionale)

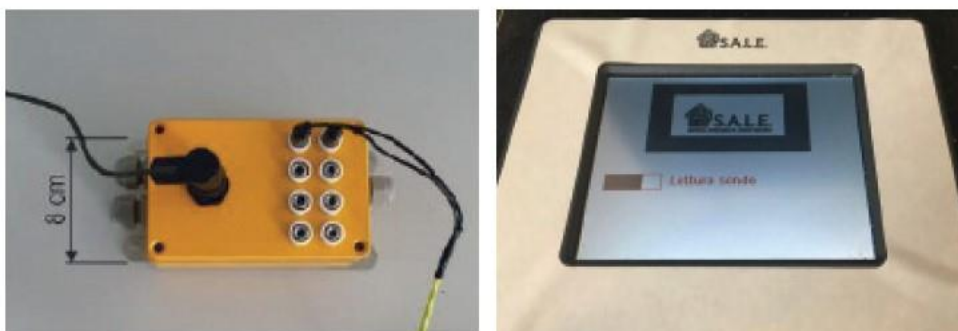


Figura 67 Centralina di raccolta dati e Touch Pad

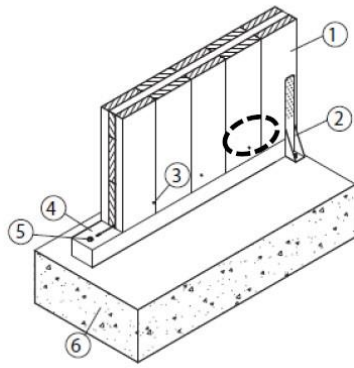
Il sistema, formato da sensori di misura dell'umidità del legno, basati sulla misura della resistenza elettrica offerta dal legno che è correlata al contenuto di umidità del materiale, è gestito da un apposito software che deve essere in grado di archiviare almeno due anni di acquisizione dati; gli stessi devono essere esportabili su una memoria esterna (USB).

L'aspetto fondamentale affinché l'utilizzo di tale sistema risulti attendibile riguarda la scelta del numero e della posizione dei punti di misura. I fattori da considerare sono:

- Esposizione del fabbricato;
- Venti dominanti;
- Pioggia di stravento;
- Superfici piane.

È opportuno disporre le sonde nell'intorno dell'attacco a terra, nodo parete-solaio, nodo parete-solaio di copertura, nelle zone umide (in corrispondenza dei bagni – piatto doccia), nei balconi. Di particolare attenzione è la posa di guaine e di freni a vapore in quanto si potrebbero provocare dei percorsi per l'accumulo di acqua.

Si riportano degli esempi di posizionamento delle sonde nel caso di tecnologia X-LAM:

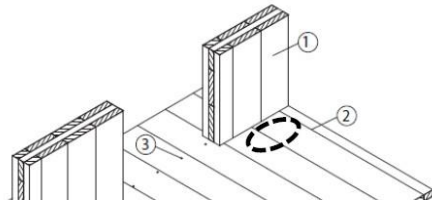


**Legenda**

- 1 - Pannello di parete in XLAM
- 2 - Angolare per forze di trazione
- 3 - Viti di ancoraggio incrociate
- 4 - Soglia in legno
- 5 - Tassello di ancoraggio della soglia
- 6 - Fondazione

**Descrizione:**

Appoggio della parete in fondazione tramite soglia in legno  
 Collegamenti resistenti a trazione mediante hold-down  
 Collegamenti resistenti a taglio tra parete e soglia mediante viti incrociate  
 Collegamenti resistenti a taglio tra soglia e fondazione mediante tasselli



**Legenda**

- 1 - Pannello di parete in XLAM
- 2 - Pannello di solaio in XLAM
- 3 - Viti di ancoraggio

**Descrizione:**

Balcone realizzato come elemento di continuità del solaio  
 Collegamenti alla parete sottostante tramite viti di ancoraggio

In definitiva, si tratta di un sistema molto flessibile, gli elettrodi hanno dimensioni variabili (da 1,5 cm fino a 15 cm) e in termini di nuove costruzioni non ci sono vincoli nella scelta dei materiali di finitura. È possibile usare il sistema in edifici già realizzati ma con limitazioni relative al posizionamento dei sensori (impossibilità di forare la guaina), in quel caso entra in gioco la disponibilità del proprietario nell'effettuare i lavori. Sicuramente è più conveniente pensare ad un sistema di monitoraggio nella fase progettuale.

**10.4.3.1 ALLOGGI NELL'AREA EX-LONGINOTTI**

Il fabbricato in viale Giannotti a Firenze è un edificio di sei piani interamente in X-LAM realizzato dalla società *CASA S.p.A.* ed è uno dei primi esempi di applicazione del sistema di monitoraggio *S.A.L.E.*

Le sonde sono state inserite nei punti più sensibili quali attacco a terra, copertura (piana), all'interno dei bagni e in corrispondenza degli attacchi impiantistici (impianto idrico). I dati rilevati dalle sonde sono visualizzati in 4 touch screen e successivamente elaborati dal concentratore e da esso inviati via mail ai tecnici di *CASA S.p.A.* settimanalmente. Nel caso di anomalie relative al contenuto di umidità, il software invia in tempo reale specifici "alert", tramite mail e tramite sms, ad una mailing list definita, indicando la durata dell'anomalia e la sonda coinvolta.

#### 10.4.4 MONITORAGGIO SPERIMENTALE MEDIANTE PIASTRE

Si tratta di un sistema sperimentale usato in un processo di riqualificazione urbana della società *CASA S.p.A.* in via Torre degli Agli a Firenze. Il fabbricato, interamente in X-LAM (escluso il piano terra in c.a.), si compone di un totale di 88 alloggi.

Anche in tale sistema di monitoraggio, l'aspetto fondamentale riguarda il numero e la posizione dei punti di misura; in questo caso posti in corrispondenza di termoconvettori, balconi, copertura, locali umidi (bagno-piatto doccia e cucina).

In generale il sistema si compone di:

- Sonde igrometriche utilizzate per la misurazione dell'umidità;
- Circuito finalizzato al controllo di eventuali allagamenti;
- Centralina;
- Touch screen per la visualizzazione in loco dei dati raccolti;
- Un dispositivo per l'elaborazione e per inoltrare i dati in posti remoti.



Figura 68 Piastra sperimentale per monitoraggio

Si tratta di piastre costituite da due elettrodi in grado di misurare puntualmente l'umidità del legno (in funzione della resistenza elettrica offerta dal materiale) e da un circuito in grado di rilevare eventuali allagamenti. Le singole piastre del singolo alloggio sono collegate tra loro mediante dei cavi che terminano poi in una centralina disposta nel vano scala, così da raccogliere tutti i dispositivi del piano. La lettura dei dati avviene mediante monitor posizionato anch'esso nel vano scala; inoltre, via mail, vengono inviati messaggi di "alert" qualora si verifichi il fenomeno di allagamento e/o i valori di umidità siano superiori della soglia limite (20%); in maniera tale da poter rapidamente intervenire limitando i possibili danni.

## 11 COMPUTO METRICO ESTIMATIVO

Il computo metrico estimativo è il documento che permette di definire il costo di costruzione di un'opera edilizia. Si riporta in allegato il computo relativo all'edificio di nuova progettazione (struttura mista legno-calcestruzzo) e quello relativo all'edificio esistente (struttura in c.a.) al fine di effettuare una comparazione economica tra i due edifici.

In un primo momento, nel calcolo si tiene conto della struttura e di una parte delle finiture escludendo dal computo tutto ciò che è comune ai due edifici, tra cui il piano terra e le fondazioni (che per semplicità si presuppongono uguali), ponteggi, pavimentazioni, ecc. Per svolgere tale lavoro si utilizza il programma *PRIMUS* dell'azienda italiana *ACCA software*.

In riferimento agli *ALLEGATI A e B*, a seguito dell'analisi dei prezzi si evince come l'edificio di nuova progettazione abbia un costo superiore.

*ALLEGATO A*: Costo dell'edificio tradizionale in c.a.: 423 249,50 €

*ALLEGATO B*: Costo dell'edificio misto legno-calcestruzzo: 554 636,08 €

Differenza di costo tra i due edifici: 131 386,58 €

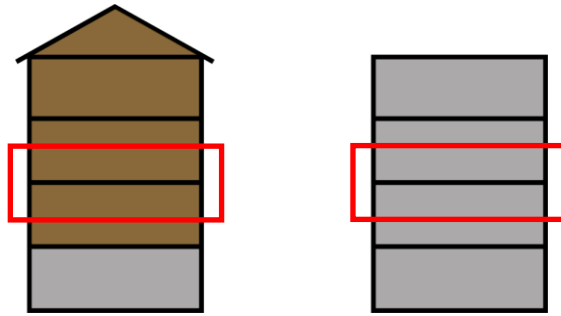
Percentuale di differenza:

$$\Delta = \frac{131\,386,58}{423\,249,50} = 31\%$$

Tale risultato, a sfavore dell'edificio di nuova progettazione, è dovuto a diversi fattori:

- l'edificio di nuova progettazione presenta un sottotetto, quindi un solaio in più che ha un costo di circa 200 €/m<sup>2</sup>.
- l'isolante per il cappotto esterno ha un costo maggiore per l'edificio di nuova realizzazione (si utilizza fibra di legno in confronto all' EPS di quello esistente);
- tipologia di copertura completamente differente;
- esclusione delle fondazioni dal computo, il cui costo sarà sicuramente inferiore per la struttura mista legno-calcestruzzo.

A fronte di tale considerazione si decide di computare il singolo piano dei due edifici includendo nel calcolo la struttura e una parte delle finiture:



- Prima fase: si esaminano i valori ottenuti dal computo (che vedono l'esclusione di infissi, pavimentazioni, ponteggi, fondazioni e impianti);
- Seconda fase: si computano le componenti escluse in precedenza presupponendole uguali in entrambi gli edifici e si confrontano i costi del piano finito.

In riferimento agli *ALLEGATI C* e *D* si effettua un primo confronto:

*ALLEGATO C*: Costo del piano dell'edificio tradizionale in c.a.: 128 248,46 €

*ALLEGATO D*: Costo del piano dell'edificio misto legno-calcestruzzo: 149 526,63 €

Differenza di costo tra i due edifici: 21 278,17 €

Percentuale di differenza:

$$\Delta = \frac{21\,278,17}{128\,248,46} = 16,6\%$$

La percentuale di differenza si è dimezzata rispetto a quella dell'intero edificio.

Si calcola quindi il costo a m<sup>2</sup> per le due strutture:

Edificio tradizionale in c.a.: 513 €/m<sup>2</sup>

Edificio misto legno-calcestruzzo: 589,10 €/m<sup>2</sup>

Si considera che il costo dell'opera finita in c.a. a m<sup>2</sup> sia di 1300 €, per cui per differenza si valuta ciò che non è stato computato in precedenza (impianti, fondazioni, infissi, ecc.) ottenendo un valore di 787 €/m<sup>2</sup>.

Ipotizzando tale valore uguale per l'edificio misto legno-calcestruzzo si ottiene un costo dell'opera finita pari a 1385 €/m<sup>2</sup>.

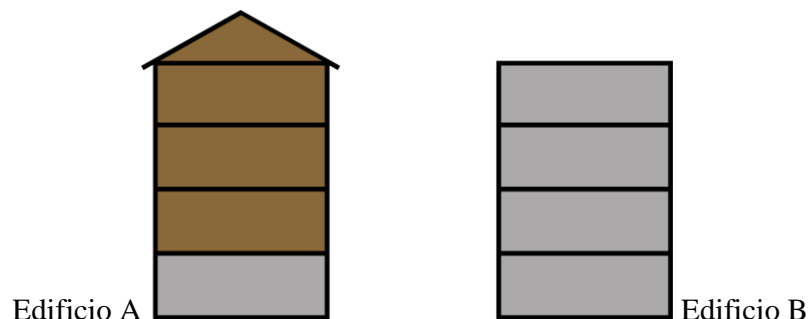
Si calcola quindi la percentuale di differenza relativamente all'opera finita:

$$\Delta = \frac{1385 - 1300}{1300} = 6,5\%$$



La percentuale ottenuta tende a ridursi ulteriormente considerando l'effettivo contributo economico delle fondazioni, per l'edificio con struttura in legno saranno necessarie delle travi di fondazione di dimensioni inferiori e/o con minore quantità di armatura.

Per avvalorare tale considerazione si riporta il peso proprio ( $G_1$ ) delle due strutture:



Peso della sola struttura:

	Edificio A	Edificio B	Differenza
Peso totale (tonnellate)	370	715	345
Peso totale dei piani differenti per materiali usati (tonnellate)	260	515	255
Peso dei singoli piani (tonnellate)	55,5	170	114,5

Dalla tabella si nota come il peso dell'edificio di nuova progettazione sia circa la metà di quello tradizionale, tenendo in considerazione inoltre che il piano terra in c.a. contribuisce sul totale con un peso di circa 200 tonnellate.

Si ottiene quindi la differenza in percentuale:

$$\Delta = \frac{345}{715} = 48 \%$$

Inoltre, esaminando il peso del singolo piano nelle due tipologie edilizie si evince come il piano in legno pesi circa 1/3 di quello in c.a.

Si ottiene quindi la differenza in percentuale:

$$\Delta = \frac{114,5}{170} = 67 \%$$

## CONCLUSIONI

L'edificio di nuova progettazione risulta avere un costo superiore rispetto al tradizionale edificio in c.a., questo è dovuto ad alcune scelte strutturali e tecnologiche che risultano essere più costose per la nuova struttura ma anche all'esclusione dal computo metrico estimativo di aspetti quali fondazioni e impianti.

Riconducendo il calcolo al piano tipo ed includendo gli aspetti inizialmente esclusi (fondazioni, impianti, ecc.) si nota come il costo delle due opere non si discosti di molto. Inoltre, bisogna tener presente che in una struttura con pannelli X-LAM questi elementi non hanno solo funzione strutturale ma anche di tamponamento, per cui considerando solo il costo della struttura portante l'opera in legno risulta più costosa di quella in c.a. ma in quest'ultima ci saranno le tamponature da aggiungere che faranno aumentare il costo dell'opera finita.

Oltre a ciò, un vantaggio dell'edificio misto legno-calcestruzzo riguarda i tempi di realizzazione che si presuppongono inferiori rispetto a quello in c.a. in quanto, in parte, si vede l'utilizzo di sistemi a secco.

Dal punto di vista termico invece, si nota come il legno, materiale isolante, contribuisca in maniera positiva nel calcolo della trasmittanza tanto da presentare un cappotto esterno di spessore ridotto, mentre per quanto riguarda l'aspetto acustico si riconosce la problematica in cui per ridurre la propagazione del suono è necessario scegliere un isolante massivo per il cappotto esterno ed inserire internamente una controparte in cartongesso.

Al contrario, i tamponamenti di edifici in c.a. prevedono un cappotto esterno di spessore maggiore ma risultano migliori da un punto di vista acustico, la cui problematica è riconducibile alle sole superfici trasparenti e non a quelle opache.

I solai in legno permettono di porre rimedio al problema dei ponti termici in corrispondenza di sbalzi quali i balconi, che invece si presenta come un problema ricorrente per le strutture in c.a. in cui è necessario, in quei punti, il cappotto esterno.

Da un punto di vista strutturale invece, il legno è un materiale molto più leggero degli altri materiali da costruzione; per esempio la sua massa è circa un quarto di quella del calcestruzzo. È noto che l'azione sismica che agisce su una struttura è direttamente proporzionale alla massa coinvolta e quindi a parità di evento sismico gli edifici leggeri, come quelli in legno, risentono di una forza meno intensa risultando di fatto meno sollecitati.

## BIBLIOGRAFIA

Marco Pio Lauriola, *Dispense ad uso interno per gli Studenti del corso di Costruzioni in Legno*, Università di Firenze, Scuola di Ingegneria, A. A. 2019/20

Marco Pio Lauriola, Maurizio Follesa, *Durabilità e manutenzione delle strutture di legno*, Mario Moschi, Ticom Srl – Piacenza, 2011

Maurizio Piazza, Roberto Tomasi, Roberto Modena, *Strutture in legno: materiale, calcolo e progetto secondo le nuove normative europee*, Hoepli, 2005

*Edifici a struttura di legno progettazione e realizzazione*, Conlegno, Lampi di stampa, 2012

Gianluca Bresciani, *Progettare case in legno con pannello XLAM: esempio di progettazione di una struttura portante in legno in zona sismica*, Flaccovio Dario Editore, 2014

Andrea Bernasconi, *Il calcolo dell'XLAM Basi, normative, progettazione, applicazione*, promo\_legno, 2011

Mauro Andreoli, *Esempio di progettazione di un tetto Disegno e documentazione per l'esecuzione*, promo\_legno, 2009

Michele Brunetti, *Diagnosi e monitoraggio delle strutture in CLT/GLT e in legno massiccio*, CNR-IVALSA, Sesto Fiorentino (FI), 2019

Marco Luchetti, Alberto Cavalli, *Il monitoraggio negli edifici in legno Il sistema S.A.L.E.*,

*Linee guida per il monitoraggio strutturale degli edifici in legno*, Conlegno, FederlegnoArredo

Collegio degli Ingegneri e Architetti di Milano, *Prezzi Tipologie Edilizie*, DEI srl, 2004

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, *Norme tecniche per le costruzioni Approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018*

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, *Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018, Circolare 21 gennaio 2019*

*Eurocodice 5, UNI EN1995:2014, Progettazione delle strutture di legno, Parte 1-1: Regole generali – Regole comuni e regole per edifici*

*D. P. C. M. 5 dicembre 1997, Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici*

*D.M. 26/06/2015, Criteri generali e requisiti delle prestazioni energetiche degli edifici*

*D. M. 26/06/2009, Linee guida per la certificazione energetica degli edifici*

## SITOGRAFIA

Tecnaria, <https://www.tecnaria.com/solai-in-legno/>

Promolegno: Costruire con il legno, <http://www.promolegno.com/>

ASSOLEGNO-

FederlegnoArredo,

<https://www.federlegnoarredo.it/it/associazioni/assolegno>

Stiferite l'isolamento termico,

[http://trasmittanza.stiferite.com/resistenza\\_termica.html?gclid=CjwKCAiA4Y7yBRB8EiwADV1haT3qDynrN5Klg2mhw7LnY92moI0OC2XL7yhR8niA2pusRIWTOdgBoC7NAQAvD\\_BwE](http://trasmittanza.stiferite.com/resistenza_termica.html?gclid=CjwKCAiA4Y7yBRB8EiwADV1haT3qDynrN5Klg2mhw7LnY92moI0OC2XL7yhR8niA2pusRIWTOdgBoC7NAQAvD_BwE)

Dlubal software GmbH, Programma RFEM 5, <https://www.dlubal.com/it/prodotti/fem-structural-analysis-software/che-cosa-e-rfem>

Rothoblass – materiali per l'edilizia in legno, <https://www.rothoblaas.it/>

Stora Enso Wood Products, Building Solutions, <https://www.clt.info/wp-content/uploads/2015/10/Cartella-tecnica-CLT-IT.pdf>

Insul, <http://www.insul.co.nz/>



## **ALLEGATO A**

### **COMPUTO DELL' EDIFICIO ESISTENTE**





Nr. Ord.	TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	MISURAZIONI:				Quantità	IMPORTI	
			Par. ug	Lung.	Larg.	H/pe so		unitario	TOTALE
1	TOS18_01.E01.00 2.001	Intonaco civile per interni su pareti orizzontali eseguito a mano, formato da un primo strato di rinzaffo e da un secondo strato tirato in piano con regolo e fratazzo tra predisposte guide, compreso velo con malta di calce MISURAZIONI: piano tipo  solaio vano scala  SOMMANO m²	3,00	8,80	25,00 0	660,00			
				5,00	4,500	22,50			
						682,50	24,31	16591,58	
2	TOS18_01.B08.01 2.001	Solaio con "travetti a traliccio" a struttura mista in laterocemento costituito da travetti con fondello in laterizio, irrigiditi da traliccio metallico e blocchi collaboranti/non in laterizio, per luci da 4 a 5m. altezza totale 24 cm (20 laterizio + 4 soletta) MISURAZIONI: piano tipo + balcone solaio vano scala  SOMMANO m²	3,00	10,40	25,00 0	780,00			
				5,00	4,500	22,50			
						802,50	43,87	35205,68	

3	TOS18_01.B03.00 1.002	Fornitura e posa in opera di acciaio per cemento armato secondo le norme UNI in vigore rete elettrosaldata formato mt 2.00x3.00, Ø 6 mm, maglia 20x20 M I S U R A Z I O N I: piano tipo + balcone solaio vano scala	3,00	10,40	25,00 0	2,220	1731,60		
				5,00	4,500	2,220	49,95		
		SOMMANO kg					1781,55	1,50	2672,33
4	TOS18_01.B03.00 1.005	Fornitura e posa in opera di acciaio per cemento armato secondo le norme UNI in vigore barre presagomate ad aderenza migliorata (solo nell'ambito di progettazione preliminare) M I S U R A Z I O N I: pilastri pilastri vano scala travi soletta rampante scala	54,40	280,0 0			15232,0 0		
			13,44	280,0 0			3763,20		
			61,96	240,0 0			14870,4 0		
			11,70	240,0 0			2808,00		
		SOMMANO kg					36673,6 0	1,78	65279,0 1
5	TOS18_01.B02.00 2.002	Casseforme di legno. per opere in elevazione travi, pilastri, solette, setti e muri M I S U R A Z I O N I: pilastri pilastri pilastri vano scala pilastri vano scala pilastri vano scala pilastri vano scala trave 25x60 trave 25x60	17,00	0,40	6,000	3,190	130,15		
			17,00	0,80	6,000	3,190	260,30		
			2,00	0,40	8,000	3,190	20,42		
			2,00	0,80	8,000	3,190	40,83		
			2,00	0,40	8,000	3,190	20,42		
			2,00	0,60	8,000	3,190	30,62		
			1,00	0,25	6,000	18,060	27,09		
			1,00	0,60	6,000	18,060	65,02		

		trave 25x70	1,00	0,25	6,000	4,510	6,77		
		trave 25x70	1,00	0,70	6,000	4,510	18,94		
		trave 25x50	1,00	0,25	6,000	13,490	20,24		
		trave 25x50	1,00	0,50	6,000	13,490	40,47		
		trave 40x50	1,00	0,40	6,000	80,150	192,36		
		trave 40x50	1,00	0,50	6,000	80,150	240,45		
		soletta scale	9,00	0,20	2,000	5,000	18,00		
		soletta scale	9,00	1,30	2,000	5,000	117,00		
		SOMMANO m <sup>2</sup>					1249,08	28,36	35423,91
6	TOS18_01.B04.00 4.003	getto in opera di calcestruzzo ordinario, classe di esposizione ambientale XC1, esposto a corrosione da carbonatazione, per ambiente secco o permanentemente bagnato classe di resistenza caratteristica C25/30 - consistenza S5. Compreso di autobetoniera, pompa e manodopera. M I S U R A Z I O N I:							
		pilastr	17,00	0,40	0,800	10,000	54,40		
		pilastr vano scala	2,00	0,40	0,800	12,000	7,68		
		pilastr vano scala	2,00	0,40	0,600	12,000	5,76		
		trave 25x60	3,00	0,25	0,600	18,060	8,13		
		trave 25x70	3,00	0,25	0,700	4,510	2,37		
		trave 25x50	2,00	0,25	0,500	13,490	3,37		
		trave 40x50	3,00	0,40	0,500	80,150	48,09		
		soletta rampante scala	9,00	0,20	1,300	5,000	11,70		
		SOMMANO m <sup>3</sup>					141,50	135,00	19102,50
7	A05.007.015.c	Muratura in elevazione realizzata con blocchi di laterizio alleggerito in pasta, di cui alla norma UNI EN 771, retta o curva ed a qualsiasi altezza, compresi oneri e magisteri per l'esecuzione di ammorsature e quanto altro si renda necessario a							

		realizzare l'opera a perfetta regola d'arte: con blocchi a facce lisce aventi giacitura dei fori verticali e percentuale di foratura <= 45%, per costruzioni di murature portanti simiche: spessore 30 cm							
		M I S U R A Z I O N I:							
		facciata longitudinale	2,00	25,00	10,000	500,00			
		facciata trasversale	2,00	11,00	10,000	220,00			
		rientranze		9,00	10,000	90,00			
		facciata							
		SOMMANO m <sup>2</sup>				810,00	62,09	50292,90	
8	TOS18_01.C02.00 1.001	Pareti divisorie in lastre di cartongesso dello spessore di 12,5 mm., fissate mediante viti autoperforanti a una struttura costituita da profilati in lamiera di acciaio zincato da 0,6 mm. , con montanti ad interasse di 600 mm. e guide al pavimento e soffitto fissate alle strutture, compresa la formazione degli spigoli vivi, retinati o sporgenti, la rete per la stuccatura dei giunti e la sigillatura. L'attacco con il soffitto con nastro vinilico adesivo e la formazione di eventuali vani porta e vani finestra, con i contorni dotati di profilati metallici per il fissaggio dei serramenti.							

		Con una lastra di cartongesso su entrambi i lati della parete						
		MISURAZIONI:						
		facciata trasversale	2,00	11,00	10,000	220,00		
		facciata longitudinale	2,00	25,00	10,000	500,00		
		rientranze facciate		9,00	10,000	90,00		
		SOMMANO m²				810,00	40,86	33096,60
9	TOS18_PR.P18.03 0.001	Fornitura e posa in opera di materiali isolanti di origine minerale: Pannelli rigidi in lana di vetro conforme alla norma UNI EN 13162:2015, senza rivestimento densità 40-60 kg/m3 spessore mm. 50, in classe A1 di reazione al fuoco secondo UNI EN 13501-1.						
		MISURAZIONI:						
		facciata longitudinale	2,00	25,00	10,000	500,00		
		facciata trasversale	2,00	11,00	10,000	220,00		
		rientranze facciate		9,00	10,000	90,00		
		SOMMANO m²				810,00	14,00	11340,00

10	S21.R80.000	<p>Rivestimento isolante termico eseguito all'esterno, a qualsiasi altezza, del tipo a cappotto, applicato su superfici nuove intonacate con finitura fratazzata o staggiata, realizzato nel seguente modo: - collanti o mastici di fondo del tipo acrilico, idraulico, o misti, comunque insaponificabili, stesi su tutta la superficie da trattare, per uno spessore di 2 mm; - applicazione dei pannelli isolanti (questi esclusi dal prezzo in quanto compensati a parte); - fissaggio meccanico con stop ad espansione, con n° 3 al metro quadrato, con piastrina di ripartizione in lamiera zincata, oppure fissaggio eseguito con appositi fermi in plastica; - collanti o mastici di rasatura come sopra, per uno spessore di 1,5 mm; - applicazione di rete di fibra di vetro insaponificabile, maglia 4x4 mm o simile resistenza a trazione 120-150 kg per 5 cm di larghezza; - finitura con collanti o mastici o come</p>								
----	-------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

sopra per uno spessore di 1,5 mm; - applicazione di malta idraulica per finitura con strato rigido, spessore 6-7 mm; oppure malta plastica costituita da polveri di quarzo e leganti acrilici insaponificabili dello spessore di 5 mm; - tinteggio a rullo con pittura a solvente (se necessario), spessore minimo 0,5 mm, 0,5 kg per metro quadrato; - parasigoli; - sigillanti siliconici ove necessario; - lavorazione da eseguire nelle ore non di massima insolazione; - garanzia con polizza di assicurazione; - relazione indicante i componenti impiegati e certificazione delle caratteristiche tecniche degli stessi; - campione per raffronto in sede di collaudo. Sono compresi: le scale; i cavalletti; le opere provvisionali; il tiro in alto dei materiali utilizzabili; il carico, il trasporto e lo scarico a rifiuto, a qualsiasi distanza, del materiale di risulta. E' inoltre compreso quanto altro occorre per dare l'opera finita.

		M I S U R A Z I O N I:							
		facciata longitudinale	2,00	25,00		10,000	500,00		
		facciata trasversale	2,00	11,00		10,000	220,00		
		rientranze facciate		9,00		10,000	90,00		
		balconi	2,00	1,20		33,000	79,20		
		SOMMANO m <sup>2</sup>					889,20	40,01	35576,8 9
11	TOS18_PR.P18.01 7.002	Fornitura e posa in opera di materiali isolanti di origine sintetica: pannelli in polistirene espanso sinterizzato a cellule chiuse (EPS) conforme alla norma UNI EN 13163:2015, ad alta resistenza meccanica, in classe E di reazione al fuoco secondo UNI EN 13501- 1 densità 25 kg/m <sup>3</sup> , spessore 50 mm							
		M I S U R A Z I O N I:							
		facciata longitudinale	2,00	25,00		10,000	500,00		
		facciata trasversale	2,00	11,00		10,000	220,00		
		rientranze facciate		9,00		10,000	90,00		
		balconi	2,00	1,20		33,000	79,20		
		SOMMANO m <sup>2</sup>					889,20	9,00	8002,80
12	TOS18_01.F04.00 4.003	Verniciatura per interni su intonaco nuovo o preparato con idropittura a tempera murale fine							
		M I S U R A Z I O N I:							
		solaio	3,00	8,80	25,00 0		660,00		
		SOMMANO m <sup>2</sup>					660,00	3,42	2257,20
13	TOS18_01.C01.01 3.002	Muratura in elevazione di tramezzi con blocchi in laterizio normale (foratelle),							



		spessore 8 cm eseguita con malta bastarda (M5) M I S U R A Z I O N I: tramezzi	3,00	87,00		3,190	832,59		
		SOMMANO m <sup>2</sup>					832,59	26,38	21963,7 2
14	TOS18_01.E01.00 1.002	Intonaco civile per interni su pareti verticali eseguito a mano, formato da un primo strato di rinzaffo e da un secondo strato tirato in piano con regolo e fratazzo tra predisposte guide, compreso velo con malta bastarda M I S U R A Z I O N I: tramezzi	3,00	87,00	2,000	3,190	1665,18		
		SOMMANO m <sup>2</sup>					1665,18	21,49	35784,7 2
15	A10.016.005.a	Isolamento termico nell'estradosso del primo solaio, eseguito con materiale isolante fissato su piano di posa già preparato, realizzato con pannelli in: polistirene espanso estruso con sola aria nelle celle, rispondente ai CAM (Criteri Ambientali Minimi) di cui al DM Ministero dell'Ambiente 11/10/2017, conduttività termica $\lambda$ 0,034 W/mK, resistenza a compressione $\geq$ 300 kPa, omogeneo monostrato in euroclasse E: spessore 30 mm							

		M I S U R A Z I O N I:							
		piano tipo	2,00	8,80	25,00 0		440,00		
		copertura		8,80	25,00 0		220,00		
		SOMMANO m <sup>2</sup>					660,00	7,75	5115,00
16	A10.016.005.b	Isolamento termico nell'estradosso del primo solaio, eseguito con materiale isolante fissato su piano di posa già preparato, realizzato con pannelli in: polistirene espanso estruso con sola aria nelle celle, rispondente ai CAM (Criteri Ambientali Minimi) di cui al DM Ministero dell'Ambiente 11/10/2017, conduttività termica $\lambda$ 0,034 W/mK, resistenza a compressione $\geq$ 300 kPa, omogeneo monostrato in euroclasse E: sovrapprezzo per ogni cm in più di spessore							
		M I S U R A Z I O N I:							
		piano tipo	2,00	8,80	25,00 0		440,00		
		copertura		8,80	25,00 0	9,000	1980,00		
		SOMMANO m <sup>2</sup>					2420,00	1,83	4428,60
17	A10.028.020.b	Isolamento acustico in rotolo composto da fibre e granuli di gomma SBR con 95% di materiale riciclato ancorati a caldo ad un supporto in tessuto non tessuto antistrappo da 90 g/mq, di dimensioni 500 x 104 cm, di cui							

		4 cm di cimosa per la sovrapposizione e dei rotoli in fase di posa, posati a secco, rigidità dinamica (s') di 50 ÷ 33 MN/mc, attenuazione del livello di rumore da calpestio (ΔLw) certificato 32 ÷ 36 dB (UNI EN ISO 10140), reazione al fuoco classe F (2000/147/CE), esclusi lavori di preparazione del sottofondo e successiva pavimentazione sovrastante: spessore 7 mm M I S U R A Z I O N I: piano tipo	2,00	8,80	25,00 0	440,00		
		SOMMANO m²				440,00	7,47	3286,80
18	TOS18_01.D05.00 1.002	Fornitura e posa in opera di membrana impermeabilizzante elastoplastomerica ad alta concentrazione di bitume e polimeri, armata con t.n.t. a filo continuo poliestere, posta a fiamma flessibilità a freddo -15°C, spessore mm 4, in strato semplice M I S U R A Z I O N I: piano tipo + balcone copertura copertura vano scala	2,00	10,40	25,00 0	520,00		
			1,00	8,80	25,00 0	220,00		
			1,00	5,12	4,520	23,14		
		SOMMANO m²				763,14	9,00	6868,26
19	TOS18_01.E05.00 1.001	Massetto in conglomerato cementizio C12/15 classe di consistenza						

		S3 tirato a regolo; il tutto per dare il titolo compiuto e finito a regola d'arte spessore fino a cm. 5 M I S U R A Z I O N I: pianto tipo	2,00	8,80	25,00 0		440,00		
		copertura		8,80	25,00 0		220,00		
		SOMMANO m²					660,00	14,62	9649,20
20	TOS18_01.E05.00 1.002	Massetto in conglomerato cementizio C12/15 classe di consistenza S3 tirato a regolo; il tutto per dare il titolo compiuto e finito a regola d'arte per ogni cm in più oltre ai 5 cm M I S U R A Z I O N I: pianto tipo	2,00	8,80	25,00 0	2,000	880,00		
		SOMMANO m²					880,00	2,09	1839,20
21	A15.025.005.c	Pavimento di cotto in piastrelle con superficie rustica, per ambienti interni ed esterni, spaccate in opera, spessore 12 ÷ 15 mm, posto in opera con idoneo collante, con giunti in cemento grigio di circa 1 cm, compresi tagli e sfridi, trattamento superficiale da pagarsi a parte: quadrato: 30 x 30 cm M I S U R A Z I O N I: copertura		8,80	25,00 0		220,00		
		SOMMANO m²					220,00	41,34	9094,80
22	B.20.006.0020.00 5	PARAPETTI DI SEMPLICE DISEGNO							

		Parapetti di semplice disegno, h mm 1000 (min. fatturabile 3 m). diritti M I S U R A Z I O N I: copertura		67,70 0		67,70		
		SOMMANO m				67,70	130,00	8801,00
23	A07.016.070.b	Copertura termoisolante costituita da un pannello monolitico coibentato, ottenuto con processo produttivo in continuo, costituito da: rivestimento all'estradosso in materiale metallico sagomato a forma di coppo tradizionale, altezza profilo 51 mm, passo trasversale 197 mm, larghezza utile 985 mm, coibentazione in schiuma poliuretanic a celle chiuse, densità media 38 kg/mc, coefficiente di trasmissione U = 0,515 W/mqK, rivestimento all'intradosso in lamiera zincata preverniciata bianco grigio di spessore 0,4 mm, installati su copertura inclinata con pendenza minima del 13%, esclusi i canali di gronda: rivestimento superiore in lamiera di acciaio preverniciata di spessore 0,5 mm: spessore isolante 50 mm M I S U R A Z I O N I: vano scala		5,00	4,500	22,50		

		SOMMANO m²				22,50	70,08	1576,80
		TOTALE euro						423249, 50
		AGGIUNGE NUOVA VOCE						

documento realizzato con **Primus** for Excel by **ACCA software** S.p.A.

## **ALLEGATO B**

### **COMPUTO DELL'EDIFICIO DI NUOVA PROGETTAZIONE**





Nr. Ord.	TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	MISURAZIONE I:				Quantità	IMPORTI	
			Par. ug	Lung.	Larg.	H/pe so		unitario	TOTALE
1	B.60.001.0095.010	SOLAIO IN LEGNO LAMELLARE CON CAPPА COLLABORANTE Fornitura e posa in opera di solaio in legno lamellare con cappa collaborante in cemento armato, composto da travi classificati fino a classe di resistenza UNI EN 1194 GL24h. La lavorazione comprende la foratura delle pareti con la formazione delle nicchie di alloggio delle teste delle travi e/o la fornitura e la posa di adeguati dispositivi di giunzione in metallo tra la testa delle travi ed il muro a supporto, la fornitura e posa delle travi in legno, la posa di un tavolato in perline di abete di qualità minima A/B con spessore minimo 2 cm, la eventuale posa di adatto foglio impermeabilizzante e protettivo in polietilene o altro idoneo materiale a protezione delle travi dalle gocciolature del getto, la preforatura nelle posizioni progettate per l'alloggio degli spinotti, la resinatura, la posa degli spinotti metallici, la posa							

		dell'armatura della cappa costituita da rete elettrosaldata fi6 o fi8 maglia 20x20 su appositi distanziali, l'eventuale rimozione della freccia istantanea con puntellamento inferiore delle travi in fase di getto, il getto della cappa collaborante con calcestruzzo di definita classe di resistenza, la rimozione dei puntelli a maturazione del getto avvenuta. Non sono previsti sovrapprezzi per spinotti a secco. E' compresa una mano di impregnante incolore all'acqua o al solvente e la perfetta pulizia finale delle travi a vista. Luce netta del solaio da 4 m a 6 m					
		M I S U R A Z I O N I:					
		Piano Tipo + balcone	2,00	10,40	25,00	520,00	
		sottotetto	1,00	8,80	25,00	220,00	
					0		
		SOMMANO m²				740,00	203,00 150220,00

2 A22.028.035.a

Pannello di legno multistrato formato da lamelle giuntate di tavole di legno massello di abete rosso, incollate a strati incrociati ortogonali (X-LAM / CLT), successivamente pressati (con pressa meccanica o sottovuoto), tessitura degli strati superficiali (facce esterne) parallela all'asse trasversale del pannello, larghezza 245 ÷ 300 cm e lunghezza fino a 1600 cm; umidità del legno al momento della posa in opera: 12#piuomeno# 2%; tolleranza #piuomeno# 3% sullo spessore totale e sui singoli strati; classi d'uso 1 e 2 secondo la norma EN 1995-1-1, con tavole di classe di resistenza meccanica pari a C24-S10; qualità della faccia superficiale in classe C (Non a Vista) come definita dalla norma EN 13017-1; colla adesiva delle lamelle priva di formaldeide ai sensi della norma UNI 301. Sono compresi nel prezzo le lavorazioni ordinarie a macchina a Controllo Numerico Computerizzato CNC (tagli, bordi longitudinali con profili standard, bordi trasversali perpendicolari/a d'angolo). Sono inoltre inclusi gli oneri per il trasporto e la movimentazione

		<p>nell'ambito del cantiere, il montaggio a cura di personale specializzato ed ogni altra prestazione compreso il controllo e accettazione di elaborati costruttivi forniti dal produttore o dal progettista, i piani di lavoro interni, la pulizia finale, il trasporto a discarica del materiale di risulta differenziato e quant'altro per dare il lavoro finito a regola d'arte secondo i protocolli di montaggio stabiliti nel C.S.A o dalla D.L.: pannello a cinque strati: spessore totale del pannello pari a 100 mm</p> <p>M I S U R A Z I O N I:</p> <p>Pareti XLAM</p>							
					54,00	15,000	810,00		
					0				
							810,00	110,86	89796,6
									0
3	A22.031.005.a	<p>Pannello di legno multistrato formato da lamelle giuntate di tavole di legno massello di abete rosso, incollate a strati incrociati ortogonali (X-LAM / CLT), successivamente pressati (con pressa meccanica o sottovuoto), tessitura degli strati superficiali (facce esterne) parallela all'asse longitudinale del pannello, larghezza 245 ÷ 300 cm e lunghezza fino a 1600 cm; umidità del legno al momento della posa in opera:</p>							

12#piuomeno#  
2%; tolleranza  
#piuomeno# 3%  
sullo spessore  
totale e sui  
singoli strati;  
classi d'uso 1 e 2  
secondo la  
norma EN 1995-  
1-1, con tavole di  
classe di  
resistenza  
meccanica pari a  
C24-S10; qualità  
della faccia  
superficiale in  
Classe C (Non a  
Vista) come  
definita da EN  
13017-1; colla  
adesiva delle  
lamelle priva di  
formaldeide ai  
sensi della norma  
UNI 301:2006.  
Sono compresi  
nel prezzo le  
lavorazioni  
ordinarie a  
macchina a  
Controllo  
Numerico  
Computerizzato  
CNC (tagli, bordi  
longitudinali con  
profili standard,  
bordi trasversali  
perpendicolari/a  
d angolo). Sono  
inoltre inclusi gli  
oneri per il  
trasporto e la  
movimentazione  
nell'ambito del  
cantiere, il  
montaggio a cura  
di personale  
specializzato ed  
ogni altra  
prestazione  
compreso il  
controllo e  
accettazione di  
elaborati  
costruttivi forniti  
dal produttore o  
dal progettista, i  
piani di lavoro  
interni, la pulizia  
finale, il  
trasporto a  
discarica del  
materiale di  
risultato  
differenziato e  
quant'altro per  
dare il lavoro  
finito a regola  
d'arte secondo i  
protocolli di  
montaggio  
stabiliti nel C.S.A

		o dalla D.L.: pannello a tre strati: spessore totale del pannello pari a 60 mm						
		MISURAZIO N I: Gradini	72,00	1,20	0,300	25,92		
		SOMMANO m²				25,92	74,53	1931,82
4	A22.031.010.b	Pannello di legno multistrato formato da lamelle giuntate di tavole di legno massello di abete rosso, incollate a strati incrociati ortogonali (X- LAM / CLT), successivamente pressati (con pressa meccanica o sottovuoto), tessitura degli strati superficiali (facce esterne) parallela all'asse longitudinale del pannello, larghezza 245 ÷ 300 cm e lunghezza fino a 1600 cm; umidità del legno al momento della posa in opera: 12#piuomeno# 2%; tolleranza #piuomeno# 3% sullo spessore totale e sui singoli strati; classi d'uso 1 e 2 secondo la norma EN 1995- 1-1, con tavole di						

classe di  
 resistenza  
 meccanica pari a  
 C24-S10; qualità  
 della faccia  
 superficiale in  
 Classe C (Non a  
 Vista) come  
 definita da EN  
 13017-1; colla  
 adesiva delle  
 lamelle priva di  
 formaldeide ai  
 sensi della norma  
 UNI 301:2006.  
 Sono compresi  
 nel prezzo le  
 lavorazioni  
 ordinarie a  
 macchina a  
 Controllo  
 Numerico  
 Computerizzato  
 CNC (tagli, bordi  
 longitudinali con  
 profili standard,  
 bordi trasversali  
 perpendicolari/a  
 d angolo). Sono  
 inoltre inclusi gli  
 oneri per il  
 trasporto e la  
 movimentazione  
 nell'ambito del  
 cantiere, il  
 montaggio a cura  
 di personale  
 specializzato ed  
 ogni altra  
 prestazione  
 compreso il  
 controllo e  
 accettazione di  
 elaborati  
 costruttivi forniti  
 dal produttore o  
 dal progettista, i  
 piani di lavoro  
 interni, la pulizia  
 finale, il  
 trasporto a  
 discarica del  
 materiale di  
 risulta  
 differenziato e  
 quant'altro per  
 dare il lavoro  
 finito a regola  
 d'arte secondo i  
 protocolli di  
 montaggio  
 stabiliti nel C.S.A  
 o dalla D.L.:  
 pannello a cinque  
 strati: spessore  
 totale del  
 pannello pari a  
 120 mm  
**MISURAZIONE I:**  
 Copertura vano  
 scala

5,12

4,520

23,14

		SOMMANO m <sup>2</sup>				23,14	114,36	2646,29
5	A22.031.010.g	<p>Pannello di legno multistrato formato da lamelle giuntate di tavole di legno massello di abete rosso, incollate a strati incrociati ortogonali (X-LAM / CLT), successivamente pressati (con pressa meccanica o sottovuoto), tessitura degli strati superficiali (facce esterne) parallela all'asse longitudinale del pannello, larghezza 245 ÷ 300 cm e lunghezza fino a 1600 cm; umidità del legno al momento della posa in opera: 12#piuomeno# 2%; tolleranza #piuomeno# 3% sullo spessore totale e sui singoli strati; classi d'uso 1 e 2 secondo la norma EN 1995-1-1, con tavole di classe di resistenza meccanica pari a C24-S10; qualità della faccia superficiale in Classe C (Non a Vista) come definita da EN 13017-1; colla adesiva delle lamelle priva di formaldeide ai sensi della norma UNI 301:2006. Sono compresi nel prezzo le lavorazioni ordinarie a macchina a Controllo Numerico Computerizzato CNC (tagli, bordi longitudinali con profili standard, bordi trasversali perpendicolari/a d angolo). Sono inoltre inclusi gli</p>						



		oneri per il trasporto e la movimentazione nell'ambito del cantiere, il montaggio a cura di personale specializzato ed ogni altra prestazione compreso il controllo e accettazione di elaborati costruttivi forniti dal produttore o dal progettista, i piani di lavoro interni, la pulizia finale, il trasporto a discarica del materiale di risulta differenziato e quant'altro per dare il lavoro finito a regola d'arte secondo i protocolli di montaggio stabiliti nel C.S.A o dalla D.L.: pannello a cinque strati: spessore totale del pannello pari a 200 mm							
		M I S U R A Z I O N I:							
		Pianerottolo di piano	3,00	4,90	1,300			19,11	
		Pianerottolo mezza altezza	6,00	1,30	1,700			13,26	
		SOMMANO m <sup>2</sup>						32,37	134,52
6	A22.001.005.c	Elementi portanti verticali a sezione rettangolare di legno massello o lamellare, con superfici in vista piallate, di sezione adeguata, opportunamente classificato in base alla norma UNI EN 338 come previsto dalla attuale normativa in materia di progettazione sismica, resistenza caratteristica a flessione 24 MPa, inclusi gli oneri							4354,41

		per il trasporto e la movimentazione nell'ambito del cantiere, il montaggio a cura di personale specializzato ed ogni altra prestazione compreso il controllo e accettazione di elaborati costruttivi forniti dal produttore o dal progettista. Sono compresi nel prezzo i piani di lavoro interni, la pulizia finale, il trasporto a discarica del materiale di risulta differenziato e quant'altro per dare il lavoro finito a regola d'arte secondo i protocolli di montaggio stabiliti nel C.S.A o dalla D.L.: abete e pino lamellare incollato							
		M I S U R A Z I O N I:							
		Pilastrini GL24h 200x200	12,00	0,20	0,200	3,190	1,53		
		Pilastrini GL24h 200x480	6,00	0,20	0,480	3,190	1,84		
		Pilastrini GL24h 160x160	3,00	0,16	0,160	1,000	0,08		
		SOMMANO m³					3,45	1251,38	4317,26
7	A22.004.005.c	Elementi portanti orizzontali a sezione rettangolare di legno massello o lamellare, con superfici in vista piallate, di sezione adeguata, opportunamente classificato in base alla norma UNI EN 338 come previsto dalla attuale normativa in materia di progettazione sismica, resistenza caratteristica a flessione 24 MPa,							

		inclusi gli oneri per il trasporto e la movimentazione nell'ambito del cantiere, il montaggio a cura di personale specializzato ed ogni altra prestazione compreso il controllo e accettazione di elaborati costruttivi forniti dal produttore o dal progettista. Sono compresi nel prezzo i piani di lavoro interni, la pulizia finale, il trasporto a discarica del materiale di risulta differenziato e quant'altro per dare il lavoro finito a regola d'arte secondo i protocolli di montaggio stabiliti nel C.S.A o dalla D.L.: abete e pino lamellare incollato							
		M I S U R A Z I O N I:							
		Trave GL24h 200x400	57,23	0,200	0,400	4,58			
		Trave GL24h 480x400	30,90	0,480	0,400	5,93			
		Trave GL24h 480x440	14,88	0,480	0,440	3,14			
		Trave GL24h 160x200	5,50	0,160	0,200	0,18			
		Trave GL24h 200x320	25,97	0,200	0,320	1,66			
		Trave GL24h 100x200	6,19	0,100	0,200	0,12			
		Trave colmo GL24h 240x480	10,94	0,240	0,480	1,26			
		Puntone-catena GL24h 160x160	8,27	0,200	0,280	0,46			
		Travetti copertura GL24h 200x280	220,75	0,200	0,280	12,36			
		Passafuori GL24h 80x140	45,00	2,00	0,080	1,01			
		Trave scala GL24h 120x120	34,50	0,120	0,120	0,50			
		Puntoni copertura 160x160	16,00	0,80	0,160	0,33			
		Cordolo	81,87	0,100	0,100	0,82			
		SOMMANO m³				32,35	1362,87	44088,84	

8	S21.R80.000	<p>Rivestimento isolante termico eseguito all'esterno, a qualsiasi altezza, del tipo a cappotto, applicato su superfici nuove intonacate con finitura fratazzata o staggiata, realizzato nel seguente modo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- collanti o mastici di fondo del tipo acrilico, idraulico, o misti, comunque insaponificabili, stesi su tutta la superficie da trattare, per uno spessore di 2 mm;</li> <li>- applicazione dei pannelli isolanti (questi esclusi dal prezzo in quanto compensati a parte);</li> <li>- fissaggio meccanico con stop ad espansione, con n° 3 al metro quadrato, con piastrina di ripartizione in lamiera zincata, oppure fissaggio eseguito con appositi fermi in plastica;</li> <li>- collanti o mastici di rasatura come sopra, per uno spessore di 1,5 mm;</li> <li>- applicazione di rete di fibra di vetro insaponificabile, maglia 4x4 mm o simile resistenza a trazione 120-150 kg per 5 cm di larghezza;</li> <li>- finitura con collanti o mastici o come sopra per uno spessore di 1,5 mm;</li> <li>- applicazione di malta idraulica per finitura con strato rigido, spessore 6-7 mm; oppure malta plastica</li> </ul>								
---	-------------	---	--	--	--	--	--	--	--	--

		costituita da polveri di quarzo e leganti acrilici insaponificabili dello spessore di 5 mm; - tinteggio a rullo con pittura a solvente (se necessario), spessore minimo 0,5 mm, 0,5 kg per metro quadrato; - parasigoli; - sigillanti siliconici ove necessario; - lavorazione da eseguire nelle ore non di massima insolazione; - garanzia con polizza di assicurazione; - relazione indicante i componenti impiegati e certificazione delle caratteristiche tecniche degli stessi; - campione per raffronto in sede di collaudo. Sono compresi: le scale; i cavalletti; le opere provvisoriale; il tiro in alto dei materiali utilizzabili; il carico, il trasporto e lo scarico a rifiuto, a qualsiasi distanza, del materiale di risulta. E' inoltre compreso quanto altro occorre per dare l'opera finita.							
		M I S U R A Z I O N I:							
		facciata longitudinale	2,00	25,00	10,000	500,00			
		facciata trasversale	2,00	11,00	12,000	264,00			
		rientranze facciata		9,00	12,000	108,00			
		SOMMANO m²				872,00	40,01	34888,72	
9	A.01.010.0340.050	Fornitura e posa in opera di pannelli fibra di legno Fibra di legno -							

		PANNELLI IN FIBRA DI LEGNO 40mm - 120x62,5cm							
		MISURAZIONI:							
		facciata	2,00	25,00	10,000	500,00			
		longitudinale							
		facciata	2,00	11,00	12,000	264,00			
		trasversale							
		rientranze		9,00	12,000	108,00			
		facciata							
		SOMMANO m²				872,00	14,00	12208,00	
10	A.01.010.0340.025	Fornitura e posa in opera di pannelli fibra di legno							
		Fibra di legno - PANNELLI IN FIBRA DI LEGNO 20 mm - 120x62,5cm							
		MISURAZIONI:							
		facciata	2,00	25,00	10,000	500,00			
		longitudinale							
		facciata	2,00	11,00	12,000	264,00			
		trasversale							
		rientranze		9,00	12,000	108,00			
		facciata							
		SOMMANO m²				872,00	11,00	9592,00	
11	14B.35.009.cl	ISOLANTI PANNELLI IN FIBRA DI LEGNO MINERALIZZATA CON CEMENTO PORTLAND DIM. CM 200X60 SPESSORE CM 8							
		MISURAZIONI:							
		pareti nel sistema a telaio		39,00	10,000	390,00			
		SOMMANO m²				390,00	28,61	11157,90	
12	A10.016.005.a	Isolamento termico nell'estradosso del primo solaio, eseguito con materiale isolante fissato su piano di posa già preparato, realizzato con pannelli in: polistirene espanso estruso con sola aria nelle celle, rispondente ai CAM (Criteri Ambientali Minimi) di cui al							

		DM Ministero dell'Ambiente 11/10/2017, conduttività termica $\lambda$ 0,034 W/mK, resistenza a compressione $\geq$ 300 kPa, omogeneo monostrato in euroclasse E: spessore 30 mm							
		MISURAZIONI:							
		piano tipo	2,00	8,80	25,000			440,00	
		piano sottotetto		8,80	25,000			220,00	
		SOMMANO m <sup>2</sup>						660,00	7,75 5115,00
13	A10.016.005.b	Isolamento termico nell'estradosso del primo solaio, eseguito con materiale isolante fissato su piano di posa già preparato, realizzato con pannelli in: polistirene espanso estruso con sola aria nelle celle, rispondente ai CAM (Criteri Ambientali Minimi) di cui al DM Ministero dell'Ambiente 11/10/2017, conduttività termica $\lambda$ 0,034 W/mK, resistenza a compressione $\geq$ 300 kPa, omogeneo monostrato in euroclasse E: sovrapprezzo per ogni cm in più di spessore							
		MISURAZIONI:							
		piano tipo	2,00	8,80	25,000			440,00	
		piano sottotetto		8,80	25,000	7,000		1540,00	
		SOMMANO m <sup>2</sup>						1980,00	1,83 3623,40
14	TOS18_01.D05.001.002	Fornitura e posa in opera di membrana impermeabilizzante elastoplastomeri							

		ca ad alta concentrazione di bitume e polimeri, armata con t.n.t. a filo continuo poliesteri, posta a fiamma flessibilità a freddo -15°C, spessore mm 4, in strato semplice							
		MISURAZIONI I:							
		piano tipo + balcone	2,00	10,40	25,00		520,00		
		sottotetto	1,00	8,80	25,00		220,00		
		copertura	1,00	10,40	25,00		260,00		
		copertura vano scala	1,00	5,12	4,520		23,14		
		SOMMANO m²					1023,14	9,00	9208,26
15	TOS18_01.E05.00 1.001	Massetto in conglomerato cementizio C12/15 classe di consistenza S3 tirato a regolo; il tutto per dare il titolo compiuto e finito a regola d'arte spessore fino a cm. 5							
		MISURAZIONI I:							
		piano tipo	2,00	8,80	25,00		440,00		
		balcone	2,00	30,00	1,300		78,00		
		SOMMANO m²					518,00	14,62	7573,16
16	TOS18_01.E05.00 1.002	Massetto in conglomerato cementizio C12/15 classe di consistenza S3 tirato a regolo; il tutto per dare il titolo compiuto e finito a regola d'arte per ogni cm in più oltre ai 5 cm							
		MISURAZIONI I:							
		piano tipo	2,00	8,80	25,00	2,000	880,00		
		balcone	2,00	30,00	1,300	2,000	156,00		
		SOMMANO m²					1036,00	2,09	2165,24



17	A10.028.020.b	<p>Isolamento acustico in rotolo composto da fibre e granuli di gomma SBR con 95% di materiale riciclato ancorati a caldo ad un supporto in tessuto non tessuto antistrappo da 90 g/mq, di dimensioni 500 x 104 cm, di cui 4 cm di cimosa per la sovrapposizione dei rotoli in fase di posa, posati a secco, rigidità dinamica (s') di 50 ÷ 33 MN/mc, attenuazione del livello di rumore da calpestio (ΔLw) certificato 32 ÷ 36 dB (UNI EN ISO 10140), reazione al fuoco classe F (2000/147/CE), esclusi lavori di preparazione del sottofondo e successiva pavimentazione sovrastante: spessore 7 mm</p> <p>M I S U R A Z I O N I: piano tipo</p>	2,00	8,80	25,00 0	440,00	440,00	7,47	3286,80
18	TOS18_01.C02.00 1.002	<p>Pareti divisorie in lastre di cartongesso dello spessore di 12,5 mm., fissate mediante viti autoperforanti a una struttura costituita da profilati in lamiera di acciaio zincato da 0,6 mm. , con montanti ad interasse di 600 mm. e guide al pavimento e soffitto fissate alle strutture, compresa la formazione degli spigoli vivi, retinati o sporgenti, la rete per la stuccatura</p>							

		dei giunti e la sigillatura. L'attacco con il soffitto con nastro vinilico adesivo e la formazione di eventuali vani porta e vani finestra, con i contorni dotati di profilati metallici per il fissaggio dei serramenti. Con due lastre di cartongesso su entrambi i lati della parete							
		M I S U R A Z I O N I: pareti interne cartongesso	3,00	62,00		3,190	593,34		
		SOMMANO m²					593,34	56,41	33470,31
19	TOS18_01.C02.00 1.001	Pareti divisorie in lastre di cartongesso dello spessore di 12,5 mm., fissate mediante viti autoperforanti a una struttura costituita da profilati in lamiera di acciaio zincato da 0,6 mm. , con montanti ad interasse di 600 mm. e guide al pavimento e soffitto fissate alle strutture, compresa la formazione degli spigoli vivi, retinati o sporgenti, la rete per la stuccatura dei giunti e la sigillatura. L'attacco con il soffitto con nastro vinilico adesivo e la formazione di eventuali vani porta e vani finestra, con i contorni dotati di profilati metallici per il fissaggio dei serramenti. Con una lastra di cartongesso su entrambi i lati della parete							
		M I S U R A Z I O N I:							

		interno facciata longitudinale	2,00	25,00		10,000	500,00		
		interno facciata trasversale	2,00	11,00		12,000	264,00		
		interno rientranze facciate		9,00		12,000	108,00		
		pareti interne piano tipo	3,00	25,00	2,000	3,190	478,50		
		pareti interne sottotetto	1,00	25,00	2,000	1,650	82,50		
		SOMMANO m²					1433,00	40,86	58552,38
20	TOS18_PR.P18.03 0.001	Fornitura e posa in opera di materiali isolanti di origine minerale: Pannelli rigidi in lana di roccia (MW) conforme alla norma UNI EN 13162:2015, senza rivestimento densità 40-60 kg/m3 spessore mm. 50, in classe A1 di reazione al fuoco secondo UNI EN 13501-1. M I S U R A Z I O N I:							
		pareti interne cartongesso	3,00	62,00		3,190	593,34		
		interno facciata longitudinale	2,00	25,00		10,000	500,00		
		interno facciata trasversale	2,00	11,00		12,000	264,00		
		interno rientranze facciate		9,00		12,000	108,00		
		pareti interne piano tipo	3,00	25,00	2,000	3,190	478,50		
		pareti interne sottotetto	1,00	25,00	2,000	1,650	82,50		
		SOMMANO m²					2026,34	12,00	24316,08
21	14E.20.007.00	Fornitura e posa in opera di tavolato di copertura in legno di abete eseguito con tavole di IVa scelta dello spessore di 20 mm, accostate e chiodate con tre chiodi alla struttura inferiore in corrispondenza di ogni cantere. Nel prezzo si intendono compresi e							

		compensati gli oneri per il taglio, lo sfrido, la chioderia, il puntuale e scrupoloso rispetto delle normative vigenti in materia antinfortunistica nei cantieri edili e quanto altro necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte. FORNITURA E POSA IN OPERA DI TAVOLATO IN LEGNO M I S U R A Z I O N I:						
		doppio tavolato	2,00	8,80	25,00 0	440,00		
		Tavolato 1 strato	1,00	10,40	25,00 0	260,00		
		SOMMANO m²				700,00	11,88	8316,00
22	TOS18_PR.P19.06 5.001	Fornitura e posa in opera di schermo freno vapore sintetico sottotegola multistrato (2 m < Sd = 20 m) a norma UNI EN 13859-1/13859-2 e 11470:2015 tre strati in poliestere tessuto non tessuto elastomerico e rivestito su entrambe le facce con tessuto polipropilenico, classe A >= 200 g/m² M I S U R A Z I O N I:						
		copertura		8,80	25,00 0	220,00		
		copertura vano scala		5,12	4,520	23,14		
		SOMMANO m²				243,14	4,00	972,56
23	A10.007.020.b	Isolamento termico in estradosso di strutture inclinate, già preparate con orditura in legno, eseguito con pannelli di materiale isolante in: fibre di legno in						

		pannelli: spessore 75 mm						
		M I S U R A Z I O N I:						
		isolamento	2,00	8,80	25,00	440,00		
		copertura			0			
		isolamento vano	2,00	5,00	4,500	45,00		
		scala						
		SOMMANO m²				485,00	23,03	11169,5
24	14E.20.009.b	Fornitura e posa in opera di listelli in legno di abete segato, posati ortogonali alla linea di massima pendenza della falda sopra al sottostante tavolato, perlinato o solaio in laterocemento e fissati mediante chiodatura od opportuna tassellatura. Nel prezzo si intendono compresi e compensati gli oneri per il taglio, lo sfrido, il puntuale e scrupoloso rispetto delle normative vigenti in materia antifortunistica nei cantieri edili e quanto altro necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte e conforme al dettaglio fornito dalla D.L.. FORNITURA E POSA IN OPERA DI LISTELLI IN LEGNO sezioni 5x3 cm						
		M I S U R A Z I O N I:						
		listellatura	46,00	25,00		1150,00		
		controlistellatura	75,00	11,00		825,00		
		SOMMANO m				1975,00	2,14	4226,50
25	A07.010.005.c	Manto di copertura a tegole in laterizio, disposto su piani predisposti, compreso murature						

		accessorie di colmi, diagonali, filari saltuari e rasatura perimetrale: con tegole marsigliesi, portoghesi o olandesi						
		MISURAZIONI:	10,40	25,00	260,00			
		SOMMANO m²		0	260,00	27,99	7277,40	
26	TOS18_PR.P20.02 3.003	Fornitura e posa in opera di Accessori per coperture ventilate Sottocolmo rigido metallico in alluminio						
		MISURAZIONI:						
		sottocolmo	25,00		25,00			
		SOMMANO ml			25,00	18,00	450,00	
27	TOS18_PR.P20.02 3.020	Fornitura e posa in opera di Accessori per coperture ventilate Parapasseri universale in lamiera stirata e zincata						
		MISURAZIONI:						
		perimetro copertura	71,60		71,60			
		SOMMANO ml			71,60	4,00	286,40	
28	TOS18_01.C02.01 0.001	Controsoffitto in lastre di cartongesso, fissate mediante viti autoperforanti ad una struttura costituita da profilati in lamiera di acciaio zincato sorretto da pendinature, dello spessore di 6/10 mm. ad interasse di 600 mm.; compreso la fornitura e posa della struttura e la stuccatura dei giunti. spessore lastra in cartongesso mm. 12,5						

		MISURAZIONI:						
		vano scala	5,00	4,500		22,50		
		SOMMANO m²				22,50	33,90	762,75
29	A07.016.070.b	Copertura termoisolante costituita da un pannello monolitico coibentato, ottenuto con processo produttivo in continuo, costituito da: rivestimento all'estradosso in materiale metallico sagomato a forma di coppo tradizionale, altezza profilo 51 mm, passo trasversale 197 mm, larghezza utile 985 mm, coibentazione in schiuma poliuretanic a celle chiuse, densità media 38 kg/mc, coefficiente di trasmissione U = 0,515 W/mqK, rivestimento all'intradosso in lamiera zincata preverniciata bianco grigio di spessore 0,4 mm, installati su copertura inclinata con pendenza minima del 13%, esclusi i canali di gronda: rivestimento superiore in lamiera di acciaio preverniciata di spessore 0,5 mm: spessore isolante 50 mm						
		MISURAZIONI:						
		vano scala	5,00	4,500		22,50		
		SOMMANO m²				22,50	70,08	1576,80
30	TOS18_01.F05.006.002	Fornitura e posa in opera di lattonerie normali accessorie alla copertura quali converse-						

		scossaline con giunte rivettate e sigillate : in rame spess 8/10 mm. M I S U R A Z I O N I: balcone	2,00	34,20	0,350		23,94		
		SOMMANO m²					23,94	43,84	1049,53
31	TOS18_01.D05.00 1.002	Fornitura e posa in opera, sfrido compreso, della membrana traspirante sottotegola USB PROTECTOR HEAD FH 200, composta da uno strato protettivo superiore di elevata qualità in PP (Polipropilene), idrorepellente, stabilizzato ai raggi UV, resistente alle elevate temperature, da un film centrale in PU (Poliuretano resistent) monolitico di elevata qualità (UV 50 PUR monolitico elastico), e da uno strato assorbente inferiore sempre in PP., spessore mm 4, in strato semplice M I S U R A Z I O N I: copertura	1,00	10,40	25,00 0		260,00		
		SOMMANO m²					260,00	9,00	2340,00
32	TOS18_01.D05.00 1.002	Lastra in cemento fibrorinforzato, spessore mm 20 M I S U R A Z I O N I: pedata + pianerottolo alzata	3,00	1,20	0,300	28,000	30,24		
			3,00	1,20	0,160	20,000	11,52		
		SOMMANO m²					41,76	22,00	918,72



33	TOS18_01.D05.00 1.002	Fornitura e posa in opera di malta cementizia bicomponente elastica flessibile fino a -20°C a base di leganti cementizi, aggregati selezionati a grana fine, fibre sintetiche, additivi speciali e polimeri sintetici in dispersione acquosa (tipo Mapelastic della MAPEI S.p.A.) per l'impermeabilizza zione sotto piastrella, spessore mm 4, in strato semplice M I S U R A Z I O N I: balcone	2,00	1,20	34,00 0	81,60		
		SOMMANO m²				81,60	24,00	1958,40
34	TOS18_PR.P26.12 5.001	Pitture speciali Ignifuga intumescente (p.s. 1,20) M I S U R A Z I O N I: piano tipo	2,00		30,00 0	60,00		
		SOMMANO l				60,00	13,65	819,00
		TOTALE euro						554636, 08

documento realizzato con **PriMus** for Excel by **ACCA software**  
S.p.A.



## **ALLEGATO C**

### **COMPUTO PIANO TIPO DELL'EDIFICIO ESISTENTE**



Nr. Ord.	TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	MISURAZIONI:				Quantità	IMPORTI	
			Par. ug	Lun g.	Lar g.	H/pe so		unitario	TOTALE
1	TOS18_01.E01.00 2.001	Intonaco civile per interni su pareti orizzontali eseguito a mano, formato da un primo strato di rinzaffo e da un secondo strato tirato in piano con regolo e fratazzo tra predisposte guide, compreso velo con malta di calce MISURAZIONI: piano tipo	1,00	8,80	25,000		220,00		
		SOMMANO m <sup>2</sup>					220,00	24,31	5348,20
2	TOS18_01.B08.01 2.001	Solaio con "travetti a traliccio" a struttura mista in laterocemento costituito da travetti con fondello in laterizio, irrigiditi da traliccio metallico e blocchi collaboranti/non in laterizio, per luci da 4 a 5m. altezza totale 24 cm (20 laterizio + 4 soletta) MISURAZIONI: piano tipo + balcone	1,00	10,40	25,000		260,00		
		SOMMANO m <sup>2</sup>					260,00	43,87	11406,20
3	TOS18_01.B03.00 1.002	Fornitura e posa in opera di acciaio per cemento armato secondo le norme UNI in							

		vigore rete elettrosaldata formato mt 2.00x3.00, Ø 6 mm, maglia 20x20 M I S U R A Z I O N I: piano tipo + balcone	1,00	10,40	25,0 00	2,220	577,20		
		SOMMANO kg					577,20	1,50	865,80
4	TOS18_01.B03.00 1.005	Fornitura e posa in opera di acciaio per cemento armato secondo le norme UNI in vigore barre presagomate ad aderenza migliorata (solo nell'ambito di progettazione preliminare) M I S U R A Z I O N I: pilastri	16,32	280,0 0			4569,60		
		pilastri vano scala	3,36	280,0 0			940,80		
		travi	21,22	240,0 0			5092,80		
		soletta rampante scala	3,90	240,0 0			936,00		
		SOMMANO kg					11539,2 0	1,78	20539,7 8
5	TOS18_01.B02.00 2.002	Casseforme di legno. per opere in elevazione travi, pilastri, solette, setti e muri M I S U R A Z I O N I: pilastri	17,00	0,40	2,00 0	3,190	43,38		
		pilastri	17,00	0,80	2,00 0	3,190	86,77		
		pilastri vano scala	2,00	0,40	2,00 0	3,190	5,10		
		pilastri vano scala	2,00	0,80	2,00 0	3,190	10,21		
		pilastri vano scala	2,00	0,40	2,00 0	3,190	5,10		
		pilastri vano scala	2,00	0,60	2,00 0	3,190	7,66		
		trave 25x60	1,00	0,25	2,00 0	18,060	9,03		
		trave 25x60	1,00	0,60	2,00 0	18,060	21,67		
		trave 25x70	1,00	0,25	2,00 0	4,510	2,26		
		trave 25x70	1,00	0,70	2,00 0	4,510	6,31		

		trave 25x50	1,00	0,25	2,00	13,490	6,75		
					0				
		trave 25x50	1,00	0,50	2,00	13,490	13,49		
					0				
		trave 40x50	1,00	0,40	2,00	80,150	64,12		
					0				
		trave 40x50	1,00	0,50	2,00	80,150	80,15		
					0				
		soletta scale	3,00	0,20	2,00	5,000	6,00		
					0				
		soletta scale	3,00	1,30	2,00	5,000	39,00		
					0				
		SOMMANO m <sup>2</sup>					407,00	28,36	11542,52
6	TOS18_01.B04.00 4.003	getto in opera di calcestruzzo ordinario, classe di esposizione ambientale XC1, esposto a corrosione da carbonatazione, per ambiente secco o permanentemente bagnato classe di resistenza caratteristica C25/30 - consistenza S5							
		M I S U R A Z I O N I:							
		pilastr	17,00	0,40	0,80	3,000	16,32		
					0				
		pilastr vano scala	2,00	0,40	0,80	3,000	1,92		
					0				
		pilastr vano scala	2,00	0,40	0,60	3,000	1,44		
					0				
		trave 25x60	1,00	0,25	0,60	18,060	2,71		
					0				
		trave 25x70	1,00	0,25	0,70	4,510	0,79		
					0				
		trave 25x50	1,00	0,25	0,50	13,490	1,69		
					0				
		trave 40x50	1,00	0,40	0,50	80,150	16,03		
					0				
		soletta rampante scala	3,00	0,20	1,30	5,000	3,90		
					0				
		SOMMANO m <sup>3</sup>					44,80	135,00	6048,00
7	A05.007.015.c	Muratura in elevazione realizzata con blocchi di laterizio alleggerito in pasta, di cui alla norma UNI EN 771, retta o curva ed a qualsiasi altezza, compresi oneri e magisteri per l'esecuzione di ammorsature e							

		quanto altro si renda necessario a realizzare l'opera a perfetta regola d'arte: con blocchi a facce lisce aventi giacitura dei fori verticali e percentuale di foratura <= 45%, per costruzioni di murature portanti simiche: spessore 30 cm M I S U R A Z I O N I:							
		facciata longitudinale	2,00	25,00		3,000	150,00		
		facciata trasversale	2,00	11,00		3,000	66,00		
		rientranze facciata		9,00		3,000	27,00		
		SOMMANO m <sup>2</sup>					243,00	62,09	15087,8 7
8	TOS18_01.C02.00 1.001	Pareti divisorie in lastre di cartongesso dello spessore di 12,5 mm., fissate mediante viti autoperforanti a una struttura costituita da profilati in lamiera di acciaio zincato da 0,6 mm. , con montanti ad interasse di 600 mm. e guide al pavimento e soffitto fissate alle strutture, compresa la formazione degli spigoli vivi, retinati o sporgenti, la rete per la stuccatura dei giunti e la sigillatura. L'attacco con il soffitto con nastro vinilico adesivo e la formazione di eventuali vani porta e vani finestra, con i contorni dotati di profilati							



		metallici per il fissaggio dei serramenti. Con una lastra di cartongesso su entrambi i lati della parete							
		M I S U R A Z I O N I:							
		facciata trasversale	2,00	11,00	3,000	66,00			
		facciata longitudinale	2,00	25,00	3,000	150,00			
		rientranze facciate		9,00	3,000	27,00			
		SOMMANO m²				243,00	40,86	9928,98	
9	TOS18_PR.P18.03 0.001	Fornitura e posa in opera di materiali isolanti di origine minerale: Pannelli rigidi in lana di roccia (MW) conforme alla norma UNI EN 13162:2015, senza rivestimento densità 40-60 kg/m3 spessore mm. 50, in classe A1 di reazione al fuoco secondo UNI EN 13501-1.							
		M I S U R A Z I O N I:							
		facciata longitudinale	2,00	25,00	3,000	150,00			
		facciata trasversale	2,00	11,00	3,000	66,00			
		rientranze facciate		9,00	3,000	27,00			
		SOMMANO m²				243,00	14,00	3402,00	

10	S21.R80.000	<p>Rivestimento isolante termico eseguito all'esterno, a qualsiasi altezza, del tipo a cappotto, applicato su superfici nuove intonacate con finitura fratazzata o staggiata, realizzato nel seguente modo: - collanti o mastici di fondo del tipo acrilico, idraulico, o misti, comunque insaponificabili, stesi su tutta la superficie da trattare, per uno spessore di 2 mm; - applicazione dei pannelli isolanti (questi esclusi dal prezzo in quanto compensati a parte); - fissaggio meccanico con stop ad espansione, con n° 3 al metro quadrato, con piastrina di ripartizione in lamiera zincata, oppure fissaggio eseguito con appositi fermi in plastica; - collanti o mastici di rasatura come sopra, per uno spessore di 1,5 mm; - applicazione di rete di fibra di vetro insaponificabile, maglia 4x4 mm o simile resistenza a trazione 120-150 kg per 5 cm di larghezza; - finitura con collanti o mastici o come sopra per uno spessore di 1,5 mm; -</p>								
----	-------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

applicazione di malta idraulica per finitura con strato rigido, spessore 6-7 mm; oppure malta plastica costituita da polveri di quarzo e leganti acrilici insaponificabili dello spessore di 5 mm; - tinteggio a rullo con pittura a solvente (se necessario), spessore minimo 0,5 mm, 0,5 kg per metro quadrato; - paraspigoli; - sigillanti siliconici ove necessario; - lavorazione da eseguire nelle ore non di massima insolazione; - garanzia con polizza di assicurazione; - relazione indicante i componenti impiegati e certificazione delle caratteristiche tecniche degli stessi; - campione per raffronto in sede di collaudo. Sono compresi: le scale; i cavalletti; le opere provvisionali; il tiro in alto dei materiali utilizzabili; il carico, il trasporto e lo scarico a rifiuto, a qualsiasi distanza, del materiale di risulta. E' inoltre compreso quanto altro occorre per dare l'opera finita.

**M I S U R A Z I  
O N I:**

		facciata longitudinale	2,00	25,00		3,000	150,00		
		facciata trasversale	2,00	11,00		3,000	66,00		
		rientranze facciate		9,00		3,000	27,00		
		balconi	1,00	1,20		33,000	39,60		
		SOMMANO m <sup>2</sup>					282,60	40,01	11306,8 3
11	TOS18_PR.P18.01 7.002	Fornitura e posa in opera di materiali isolanti di origine sintetica: pannelli in polistirene espanso sinterizzato a cellule chiuse (EPS) conforme alla norma UNI EN 13163:2015, ad alta resistenza meccanica, in classe E di reazione al fuoco secondo UNI EN 13501- 1 densità 25 kg/m <sup>3</sup> , spessore 50 mm M I S U R A Z I O N I:							
		facciata longitudinale	2,00	25,00		3,000	150,00		
		facciata trasversale	2,00	11,00		3,000	66,00		
		rientranze facciate		9,00		3,000	27,00		
		balconi	1,00	1,20		33,000	39,60		
		SOMMANO m <sup>2</sup>					282,60	9,00	2543,40
12	TOS18_01.F04.00 4.003	Verniciatura per interni su intonaco nuovo o preparato con idropittura a tempera murale fine M I S U R A Z I O N I:							
		solaio	1,00	8,80	25,0 00		220,00		
		SOMMANO m <sup>2</sup>					220,00	3,42	752,40
13	TOS18_01.C01.01 3.002	Muratura in elevazione di tramezzi con blocchi in laterizio normale (foratelle), spessore 8 cm eseguita con							

		malta bastarda (M5) M I S U R A Z I O N I: tramezzi	1,00	87,00		3,190	277,53		
		SOMMANO m <sup>2</sup>					277,53	26,38	7321,24
14	TOS18_01.E01.00 1.002	Intonaco civile per interni su pareti verticali eseguito a mano, formato da un primo strato di rinzafo e da un secondo strato tirato in piano con regolo e fratazzo tra predisposte guide, compreso velo con malta bastarda M I S U R A Z I O N I: tramezzi	1,00	87,00	2,00 0	3,190	555,06		
		SOMMANO m <sup>2</sup>					555,06	21,49	11928,24
15	A10.016.005.a	Isolamento termico nell'estradosso del primo solaio, eseguito con materiale isolante fissato su piano di posa già preparato, realizzato con pannelli in: polistirene espanso estruso con sola aria nelle celle, rispondente ai CAM (Criteri Ambientali Minimi) di cui al DM Ministero dell'Ambiente 11/10/2017, conduttività termica $\lambda$ 0,034 W/mK, resistenza a compressione $\geq$ 300 kPa, omogeneo monostrato in euroclasse E: spessore 30 mm M I S U R A Z I O N I:							

		piano tipo	1,00	8,80	25,000	220,00		
		SOMMANO m <sup>2</sup>				220,00	7,75	1705,00
16	A10.016.005.b	<p>Isolamento termico nell'estradosso del primo solaio, eseguito con materiale isolante fissato su piano di posa già preparato, realizzato con pannelli in: polistirene espanso estruso con sola aria nelle celle, rispondente ai CAM (Criteri Ambientali Minimi) di cui al DM Ministero dell'Ambiente 11/10/2017, conduttività termica <math>\lambda</math> 0,034 W/mK, resistenza a compressione <math>\geq</math> 300 kPa, omogeneo monostrato in euroclasse E: sovrapprezzo per ogni cm in più di spessore</p> <p>M I S U R A Z I O N I:</p>						
		piano tipo	1,00	8,80	25,000	220,00		
		SOMMANO m <sup>2</sup>				220,00	1,83	402,60
17	A10.028.020.b	<p>Isolamento acustico in rotolo composto da fibre e granuli di gomma SBR con 95% di materiale riciclato ancorati a caldo ad un supporto in tessuto non tessuto antistrappo da 90 g/mq, di dimensioni 500 x 104 cm, di cui 4 cm di cimosa per la sovrapposizione e dei rotoli in fase di posa, posati a secco,</p>						

		rigidità dinamica (s') di 50 ÷ 33 MN/mc, attenuazione del livello di rumore da calpestio (ΔLw) certificato 32 ÷ 36 dB (UNI EN ISO 10140), reazione al fuoco classe F (2000/147/CE), esclusi lavori di preparazione del sottofondo e successiva pavimentazione sovrastante: spessore 7 mm M I S U R A Z I O N I: piano tipo	1,00	8,80	25,0 00	220,00		
		SOMMANO m²				220,00	7,47	1643,40
18	TOS18_01.D05.00 1.002	Fornitura e posa in opera di membrana impermeabilizz ante elastoplastome rica ad alta concentrazione di bitume e polimeri, armata con t.n.t. a filo continuo poliestere, posta a fiamma flessibilità a freddo -15°C, spessore mm 4, in strato semplice M I S U R A Z I O N I: piano tipo + balcone	1,00	10,40	25,0 00	260,00		
		SOMMANO m²				260,00	9,00	2340,00
19	TOS18_01.E05.00 1.001	Massetto in conglomerato cementizio C12/15 classe di consistenza S3 tirato a regolo; il tutto per dare il titolo compiuto e finito a regola d'arte spessore fino a cm. 5 M I S U R A Z I O N I:						

		piano tipo	1,00	8,80	25,00		220,00		
		SOMMANO m²					220,00	14,62	3216,40
20	TOS18_01.E05.00 1.002	Massetto in conglomerato cementizio C12/15 classe di consistenza S3 tirato a regolo; il tutto per dare il titolo compiuto e finito a regola d'arte per ogni cm in più oltre ai 5 cm M I S U R A Z I O N I: piano tipo	1,00	8,80	25,00	2,000	440,00		
		SOMMANO m²					440,00	2,09	919,60
		TOTALE euro							128248,46
		AGGIUNGE NUOVA VOCE							

documento realizzato con **PriMus** for Excel by **ACCA software** S.p.A.



## **ALLEGATO D**

### **COMPUTO PIANO TIPO DELL'EDIFICIO DI NUOVA PROGETTAZIONE**



Nr. Ord.	TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	MISURAZIONE I:				Quantità	IMPORTI	
			Par. ug	Lun g.	Larg .	H/pe so		unitario	TOTALE
1	B.60.001.0095.010	SOLAIO IN LEGNO LAMELLARE CON CAPPAB COLLABORANTE Fornitura e posa in opera di solaio in legno lamellare con cappa collaborante in cemento armato, composto da travi classificati fino a classe di resistenza UNI EN 1194 GL24h. La lavorazione comprende la foratura delle pareti con la formazione delle nicchie di alloggiamento delle teste delle travi e/o la fornitura e la posa di adeguati dispositivi di giunzione in metallo tra la testa delle travi ed il muro a supporto, la fornitura e posa delle travi in legno, la posa di un tavolato in perline di abete di qualità minima A/B con spessore minimo 2 cm, la eventuale posa di adatto foglio impermeabilizzante e protettivo in polietilene o altro idoneo materiale a protezione delle travi dalle gocciolature del getto, la prefabbricazione nelle posizioni progettate per l'alloggio degli spinotti, la resinatura, la posa degli spinotti metallici, la posa dell'armatura della cappa							

		costituita da rete elettrosaldata fi6 o fi8 maglia 20x20 su appositi distanziali, l'eventuale rimozione della freccia istantanea con puntellamento inferiore delle travi in fase di getto, il getto della cappa collaborante con calcestruzzo di definita classe di resistenza, la rimozione dei puntelli a maturazione del getto avvenuta. Non sono previsti sovrapprezzi per spinotti a secco. E' compresa una mano di impregnante incolore all'acqua o al solvente e la perfetta pulizia finale delle travi a vista. Luce netta del solaio da 4 m a 6 m M I S U R A Z I O N I: Piano Tipo + balcone	1,00	10,40	25,00 0	260,00		
		SOMMANO m²				260,00	203,00	52780,0 0
2	A22.028.035.a	Pannello di legno multistrato formato da lamelle giuntate di tavole di legno massello di abete rosso, incollate a strati incrociati ortogonali (X-LAM / CLT), successivamente pressati (con pressa meccanica o sottovuoto), tessitura degli strati superficiali (facce esterne) parallela all'asse trasversale del pannello, larghezza 245 ÷ 300 cm e lunghezza fino a 1600 cm; umidità del legno al momento della posa in opera:						

12#piuomeno#  
2%; tolleranza  
#piuomeno# 3%  
sullo spessore  
totale e sui  
singoli strati;  
classi d'uso 1 e 2  
secondo la  
norma EN 1995-  
1-1, con tavole di  
classe di  
resistenza  
meccanica pari a  
C24-S10; qualità  
della faccia  
superficiale in  
classe C (Non a  
Vista) come  
definita dalla  
norma EN  
13017-1; colla  
adesiva delle  
lamelle priva di  
formaldeide ai  
sensi della norma  
UNI 301. Sono  
compresi nel  
prezzo le  
lavorazioni  
ordinarie a  
macchina a  
Controllo  
Numerico  
Computerizzato  
CNC (tagli, bordi  
longitudinali con  
profili standard,  
bordi trasversali  
perpendicolari/a  
d angolo). Sono  
inoltre inclusi gli  
oneri per il  
trasporto e la  
movimentazione  
nell'ambito del  
cantiere, il  
montaggio a cura  
di personale  
specializzato ed  
ogni altra  
prestazione  
compreso il  
controllo e  
accettazione di  
elaborati  
costruttivi forniti  
dal produttore o  
dal progettista, i  
piani di lavoro  
interni, la pulizia  
finale, il  
trasporto a  
discarica del  
materiale di  
risultato  
differenziato e  
quant'altro per  
dare il lavoro  
finito a regola  
d'arte secondo i  
protocolli di  
montaggio

		stabiliti nel C.S.A o dalla D.L.: pannello a cinque strati: spessore totale del pannello pari a 100 mm						
		MISURAZIO N I: Pareti XLAM	54,00 0	3,000	162,00			
		SOMMANO m²			162,00	110,86	17959,3 2	
3	A22.031.005.a	Pannello di legno multistrato formato da lamelle giuntate di tavole di legno massello di abete rosso, incollate a strati incrociati ortogonali (X- LAM / CLT), successivamente pressati (con pressa meccanica o sottovuoto), tessitura degli strati superficiali (facce esterne) parallela all'asse longitudinale del pannello, larghezza 245 ÷ 300 cm e lunghezza fino a 1600 cm; umidità del legno al momento della posa in opera: 12#piuomeno# 2%; tolleranza #piuomeno# 3% sullo spessore totale e sui singoli strati; classi d'uso 1 e 2 secondo la						

norma EN 1995-1-1, con tavole di classe di resistenza meccanica pari a C24-S10; qualità della faccia superficiale in Classe C (Non a Vista) come definita da EN 13017-1; colla adesiva delle lamelle priva di formaldeide ai sensi della norma UNI 301:2006. Sono compresi nel prezzo le lavorazioni ordinarie a macchina a Controllo Numerico Computerizzato CNC (tagli, bordi longitudinali con profili standard, bordi trasversali perpendicolari/a d angolo). Sono inoltre inclusi gli oneri per il trasporto e la movimentazione nell'ambito del cantiere, il montaggio a cura di personale specializzato ed ogni altra prestazione compreso il controllo e accettazione di elaborati costruttivi forniti dal produttore o dal progettista, i piani di lavoro interni, la pulizia finale, il trasporto a discarica del materiale di risulta differenziato e quant'altro per dare il lavoro finito a regola d'arte secondo i protocolli di montaggio stabiliti nel C.S.A o dalla D.L.: pannello a tre strati: spessore totale del pannello pari a 60 mm

**MISURAZIONI:**

		Gradini	20,00	1,20	0,300		7,20		
		SOMMANO m²					7,20	74,53	536,62
4	A22.031.010.g	<p>Pannello di legno multistrato formato da lamelle giuntate di tavole di legno massello di abete rosso, incollate a strati incrociati ortogonali (X-LAM / CLT), successivamente pressati (con pressa meccanica o sottovuoto), tessitura degli strati superficiali (facce esterne) parallela all'asse longitudinale del pannello, larghezza 245 ÷ 300 cm e lunghezza fino a 1600 cm; umidità del legno al momento della posa in opera: 12#piuomeno# 2%; tolleranza #piuomeno# 3% sullo spessore totale e sui singoli strati; classi d'uso 1 e 2 secondo la norma EN 1995-1-1, con tavole di classe di resistenza meccanica pari a C24-S10; qualità della faccia superficiale in Classe C (Non a Vista) come definita da EN 13017-1; colla adesiva delle lamelle priva di formaldeide ai sensi della norma UNI 301:2006. Sono compresi nel prezzo le lavorazioni ordinarie a macchina a Controllo Numerico Computerizzato CNC (tagli, bordi longitudinali con profili standard, bordi trasversali perpendicolari/a d angolo). Sono</p>							



		<p>inoltre inclusi gli oneri per il trasporto e la movimentazione nell'ambito del cantiere, il montaggio a cura di personale specializzato ed ogni altra prestazione compreso il controllo e accettazione di elaborati costruttivi forniti dal produttore o dal progettista, i piani di lavoro interni, la pulizia finale, il trasporto a discarica del materiale di risulta differenziato e quant'altro per dare il lavoro finito a regola d'arte secondo i protocolli di montaggio stabiliti nel C.S.A o dalla D.L.: pannello a cinque strati: spessore totale del pannello pari a 200 mm</p> <p>M I S U R A Z I O N I:</p> <p>Pianerottolo di piano 1,00 4,90 1,300 6,37</p> <p>Pianerottolo mezza altezza 2,00 1,30 1,700 4,42</p> <p>SOMMANO m² 10,79 134,52 1451,47</p>						
5	A22.001.005.c	<p>Elementi portanti verticali a sezione rettangolare di legno massello o lamellare, con superfici in vista piallate, di sezione adeguata, opportunamente classificato in base alla norma UNI EN 338 come previsto dalla attuale normativa in materia di progettazione sismica, resistenza caratteristica a flessione 24 MPa,</p>						

		<p>inclusi gli oneri per il trasporto e la movimentazione nell'ambito del cantiere, il montaggio a cura di personale specializzato ed ogni altra prestazione compreso il controllo e accettazione di elaborati costruttivi forniti dal produttore o dal progettista. Sono compresi nel prezzo i piani di lavoro interni, la pulizia finale, il trasporto a discarica del materiale di risulta differenziato e quant'altro per dare il lavoro finito a regola d'arte secondo i protocolli di montaggio stabiliti nel C.S.A o dalla D.L.: abete e pino lamellare incollato</p> <p><b>M I S U R A Z I O N I:</b></p> <p>Pilastrì GL24h 200x200 4,00 0,20 0,200 3,000 0,48</p> <p>Pilastrì GL24h 200x480 2,00 0,20 0,480 3,190 0,61</p> <p><b>SOMMANO m³</b> 1,09 1251,38 1364,00</p>							
6	A22.004.005.c	<p>Elementi portanti orizzontali a sezione rettangolare di legno massello o lamellare, con superfici in vista piallate, di sezione adeguata, opportunamente classificato in base alla norma UNI EN 338 come previsto dalla attuale normativa in materia di progettazione sismica, resistenza caratteristica a flessione 24 MPa, inclusi gli oneri</p>							

		per il trasporto e la movimentazione nell'ambito del cantiere, il montaggio a cura di personale specializzato ed ogni altra prestazione compreso il controllo e accettazione di elaborati costruttivi forniti dal produttore o dal progettista. Sono compresi nel prezzo i piani di lavoro interni, la pulizia finale, il trasporto a discarica del materiale di risulta differenziato e quant'altro per dare il lavoro finito a regola d'arte secondo i protocolli di montaggio stabiliti nel C.S.A o dalla D.L.: abete e pino lamellare incollato						
		M I S U R A Z I O N I:						
		Trave GL24h 200x400	19,52	0,200	0,400	1,56		
		Trave GL24h 480x400	10,05	0,480	0,400	1,93		
		Trave GL24h 480x440	4,86	0,480	0,440	1,03		
		Trave GL24h 160x200	1,20	0,160	0,200	0,04		
		Trave GL24h 200x320	8,80	0,200	0,320	0,56		
		Trave GL24h 100x200	1,50	0,100	0,200	0,03		
		SOMMANO m³				5,15	1362,87	7018,78

7	S21.R80.000	<p>Rivestimento isolante termico eseguito all'esterno, a qualsiasi altezza, del tipo a cappotto, applicato su superfici nuove intonacate con finitura fratazzata o staggiata, realizzato nel seguente modo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- collanti o mastici di fondo del tipo acrilico, idraulico, o misti, comunque insaponificabili, stesi su tutta la superficie da trattare, per uno spessore di 2 mm;</li> <li>- applicazione dei pannelli isolanti (questi esclusi dal prezzo in quanto compensati a parte);</li> <li>- fissaggio meccanico con stop ad espansione, con n° 3 al metro quadrato, con piastrina di ripartizione in lamiera zincata, oppure fissaggio eseguito con appositi fermi in plastica; - collanti o mastici di rasatura come sopra, per uno spessore di 1,5 mm;</li> <li>- applicazione di rete di fibra di vetro insaponificabile, maglia 4x4 mm o simile resistenza a trazione 120-150 kg per 5 cm di larghezza;</li> <li>- finitura con collanti o mastici o come sopra per uno spessore di 1,5 mm;</li> <li>- applicazione di malta idraulica per finitura con strato rigido, spessore 6-7 mm; oppure malta plastica</li> </ul>								
---	-------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

		costituita da polveri di quarzo e leganti acrilici insaponificabili dello spessore di 5 mm; - tinteggio a rullo con pittura a solvente (se necessario), spessore minimo 0,5 mm, 0,5 kg per metro quadrato; - parasigoli; - sigillanti siliconici ove necessario; - lavorazione da eseguire nelle ore non di massima insolazione; - garanzia con polizza di assicurazione; - relazione indicante i componenti impiegati e certificazione delle caratteristiche tecniche degli stessi; - campione per raffronto in sede di collaudo. Sono compresi: le scale; i cavalletti; le opere provvisoriale; il tiro in alto dei materiali utilizzabili; il carico, il trasporto e lo scarico a rifiuto, a qualsiasi distanza, del materiale di risulta. E' inoltre compreso quanto altro occorre per dare l'opera finita.							
		M I S U R A Z I O N I:							
		facciata longitudinale	2,00	25,00	3,000	150,00			
		facciata trasversale rientranze	2,00	11,00	3,000	66,00			
		facciata		9,00	3,000	27,00			
		SOMMANO m²				243,00	40,01	9722,43	
8	A.01.010.0340.050	Fornitura e posa in opera di pannelli fibra di legno Fibra di legno - PANNELLI IN							

		FIBRA DI LEGNO 40mm - 120x62,5cm M I S U R A Z I O N I: facciata longitudinale	2,00	25,00	3,000	150,00		
		facciata trasversale rientranze facciata	2,00	11,00	3,000	66,00		
				9,00	3,000	27,00		
		SOMMANO m²				243,00	14,00	3402,00
9	A.01.010.0340.02 5	Fornitura e posa in opera di pannelli fibra di legno Fibra di legno - PANNELLI IN FIBRA DI LEGNO 20 mm - 120x62,5cm M I S U R A Z I O N I: facciata longitudinale	2,00	25,00	3,000	150,00		
		facciata trasversale rientranze facciata	2,00	11,00	3,000	66,00		
				9,00	3,000	27,00		
		SOMMANO m²				243,00	11,00	2673,00
10	14B.35.009.cl	ISOLANTI PANNELLI IN FIBRA DI LEGNO MINERALIZZATA CON CEMENTO PORTLAND DIM. CM 200X60 SPESSORE CM 8 M I S U R A Z I O N I: pareti nel sistema a telaio		39,00	3,000	117,00		
		SOMMANO m²				117,00	28,61	3347,37
11	A10.016.005.a	Isolamento termico nell'estradosso del primo solaio, eseguito con materiale isolante fissato su piano di posa già preparato, realizzato con pannelli in: polistirene espanso estruso con sola aria nelle celle, rispondente ai CAM (Criteri Ambientali Minimi) di cui al DM Ministero dell'Ambiente 11/10/2017,						

		conduttività termica $\lambda$ 0,034 W/mK, resistenza a compressione $\geq$ 300 kPa, omogeneo monostrato in euroclasse E: spessore 30 mm M I S U R A Z I O N I: piano tipo	1,00	8,80	25,00 0	220,00		
		SOMMANO m <sup>2</sup>				220,00	7,75	1705,00
12	A10.016.005.b	Isolamento termico nell'estradosso del primo solaio, eseguito con materiale isolante fissato su piano di posa già preparato, realizzato con pannelli in: polistirene espanso estruso con sola aria nelle celle, rispondente ai CAM (Criteri Ambientali Minimi) di cui al DM Ministero dell'Ambiente 11/10/2017, conduttività termica $\lambda$ 0,034 W/mK, resistenza a compressione $\geq$ 300 kPa, omogeneo monostrato in euroclasse E: sovrapprezzo per ogni cm in più di spessore M I S U R A Z I O N I: piano tipo	1,00	8,80	25,00 0	220,00		
		SOMMANO m <sup>2</sup>				220,00	1,83	402,60
13	TOS18_01.D05.00 1.002	Fornitura e posa in opera di membrana impermeabilizzante elastoplastomerica ad alta concentrazione di bitume e polimeri, armata con t.n.t. a filo continuo poliesteri, posta						

		a fiamma flessibilità a freddo -15°C, spessore mm 4, in strato semplice MISURAZIONE I: piano tipo + balcone	1,00	10,40	25,00 0		260,00		
		SOMMANO m²					260,00	9,00	2340,00
14	TOS18_01.E05.00 1.001	Massetto in conglomerato cementizio C12/15 classe di consistenza S3 tirato a regolo; il tutto per dare il titolo compiuto e finito a regola d'arte spessore fino a cm. 5 MISURAZIONE I: piano tipo	1,00	8,80	25,00 0		220,00		
		balcone	1,00	30,00	1,300		39,00		
		SOMMANO m²					259,00	14,62	3786,58
15	TOS18_01.E05.00 1.002	Massetto in conglomerato cementizio C12/15 classe di consistenza S3 tirato a regolo; il tutto per dare il titolo compiuto e finito a regola d'arte per ogni cm in più oltre ai 5 cm MISURAZIONE I: piano tipo	1,00	8,80	25,00 0	2,000	440,00		
		balcone	1,00	30,00	1,300	2,000	78,00		
		SOMMANO m²					518,00	2,09	1082,62
16	A10.028.020.b	Isolamento acustico in rotolo composto da fibre e granuli di gomma SBR con 95% di materiale riciclato ancorati a caldo ad un supporto in tessuto non tessuto antistrappo da 90 g/mq, di dimensioni 500 x 104 cm, di cui 4 cm di cimosa per la sovrapposizione dei rotoli in fase							



		di posa, posati a secco, rigidità dinamica (s') di 50 ÷ 33 MN/mc, attenuazione del livello di rumore da calpestio (ΔLw) certificato 32 ÷ 36 dB (UNI EN ISO 10140), reazione al fuoco classe F (2000/147/CE), esclusi lavori di preparazione del sottofondo e successiva pavimentazione sovrastante: spessore 7 mm							
		M I S U R A Z I O N I: piano tipo	1,00	8,80	25,00 0		220,00		
		SOMMANO m²					220,00	7,47	1643,40
17	TOS18_01.C02.00 1.002	Pareti divisorie in lastre di cartongesso dello spessore di 12,5 mm., fissate mediante viti autoperforanti a una struttura costituita da profilati in lamiera di acciaio zincato da 0,6 mm. , con montanti ad interasse di 600 mm. e guide al pavimento e soffitto fissate alle strutture, compresa la formazione degli spigoli vivi, retinati o sporgenti, la rete per la stuccatura dei giunti e la sigillatura. L'attacco con il soffitto con nastro vinilico adesivo e la formazione di eventuali vani porta e vani finestra, con i contorni dotati di profilati metallici per il fissaggio dei serramenti. Con due lastre di cartongesso su entrambi i lati della parete							

		MISURAZIONI:							
		pareti interne cartongesso	1,00	62,00		3,000	186,00		
		SOMMANO m²					186,00	56,41	10492,26
18	TOS18_01.C02.00 1.001	Pareti divisorie in lastre di cartongesso dello spessore di 12,5 mm., fissate mediante viti auto perforanti a una struttura costituita da profilati in lamiera di acciaio zincato da 0,6 mm. , con montanti ad interasse di 600 mm. e guide al pavimento e soffitto fissate alle strutture, compresa la formazione degli spigoli vivi, retinati o sporgenti, la rete per la stuccatura dei giunti e la sigillatura. L'attacco con il soffitto con nastro vinilico adesivo e la formazione di eventuali vani porta e vani finestra, con i contorni dotati di profilati metallici per il fissaggio dei serramenti. Con una lastra di cartongesso su entrambi i lati della parete							
		MISURAZIONI:							
		interno facciata longitudinale	2,00	25,00		3,000	150,00		
		interno facciata trasversale	2,00	11,00		3,000	66,00		
		interno rientranze		9,00		3,000	27,00		
		facciate pareti interne piano tipo	1,00	25,00	2,000	3,000	150,00		
		SOMMANO m²					393,00	40,86	16057,98
19	TOS18_PR.P18.03 0.001	Fornitura e posa in opera di materiali isolanti di origine minerale:							

		Pannelli rigidi in lana di roccia (MW) conforme alla norma UNI EN 13162:2015, senza rivestimento densità 40-60 kg/m3 spessore mm. 50, in classe A1 di reazione al fuoco secondo UNI EN 13501-1. M I S U R A Z I O N I:							
		pareti interne cartongesso	1,00	62,00		3,000	186,00		
		interno facciata longitudinale	2,00	25,00		3,000	150,00		
		interno facciata trasversale	2,00	11,00		3,000	66,00		
		interno rientranze facciate		9,00		3,000	27,00		
		pareti interne piano tipo	1,00	25,00	2,000	3,000	150,00		
		SOMMANO m²					579,00	12,00	6948,00
20	TOS18_01.F05.00 6.002	Fornitura e posa in opera di lattonerie normali accessorie alla copertura quali converse-scossaline con giunte rivettate e sigillate : in rame spess 8/10 mm. M I S U R A Z I O N I:							
		balcone	1,00	34,20	0,350		11,97		
		SOMMANO m²					11,97	43,84	524,76
21	TOS18_01.D05.00 1.002	Lastra in cemento fibrorinforzato, spessore mm 20 M I S U R A Z I O N I:							
		pedata+ pianerottolo	1,00	1,20	0,300	28,000	10,08		
		alzata	1,00	1,20	0,160	20,000	3,84		
		SOMMANO m²					13,92	22,00	306,24
22	TOS18_01.D05.00 1.002	Fornitura e posa in opera di malta cementizia bicomponente elastica flessibile fino a -20°C a base di leganti cementizi, aggregati selezionati a grana fine, fibre sintetiche, additivi speciali e							

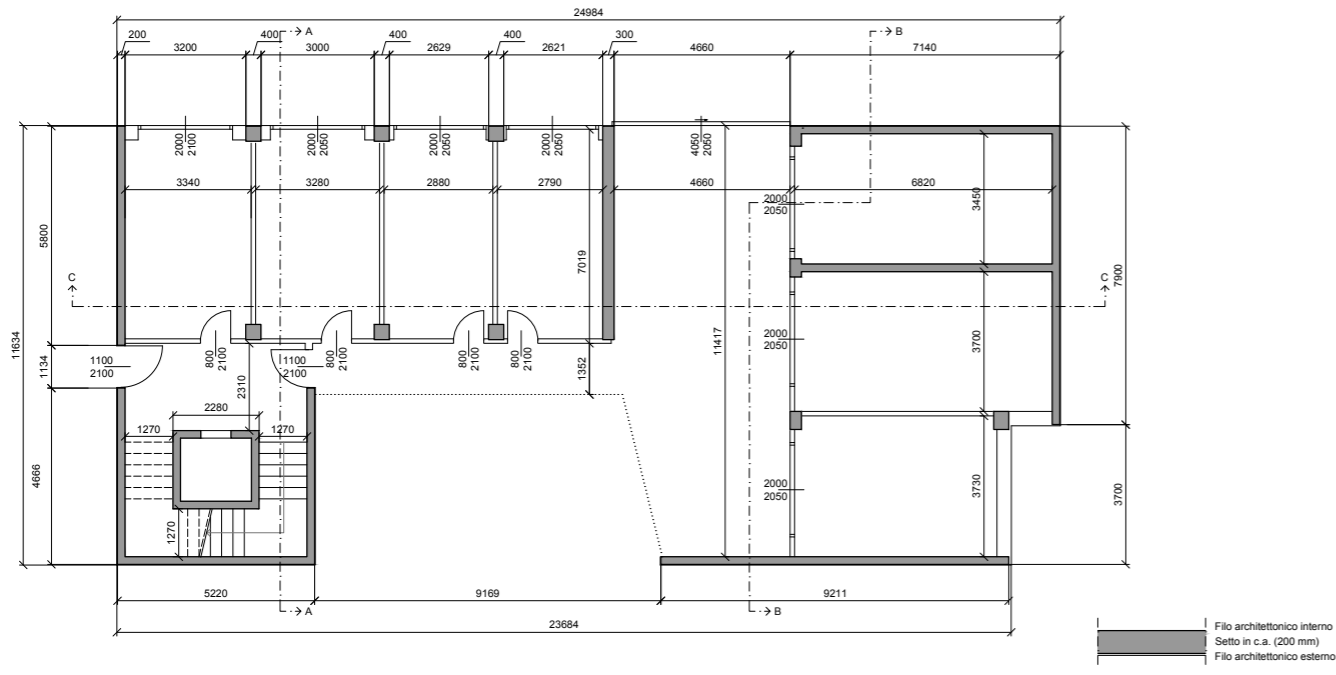
		polimeri sintetici in dispersione acquosa (tipo Mapelastic della MAPEI S.p.A.) per l'impermeabilizza zione sotto piastrella, spessore mm 4, in strato semplice						
		M I S U R A Z I O N I: balcone	1,00	1,20	34,00 0		40,80	
		SOMMANO m²					40,80	24,00 979,20
23	TOS18_PR.P26.12 5.001	Pitture speciali Ignifuga intumescente (p.s. 1,20) M I S U R A Z I O N I: piano tipo	1,00	8,80	25,00 0		220,00	
		SOMMANO I					220,00	13,65 3003,00
		TOTALE euro						149526, 63
		AGGIUNGE NUOVA VOCE						

documento realizzato con **Primus** for Excel by **ACCA software**  
S.p.A.

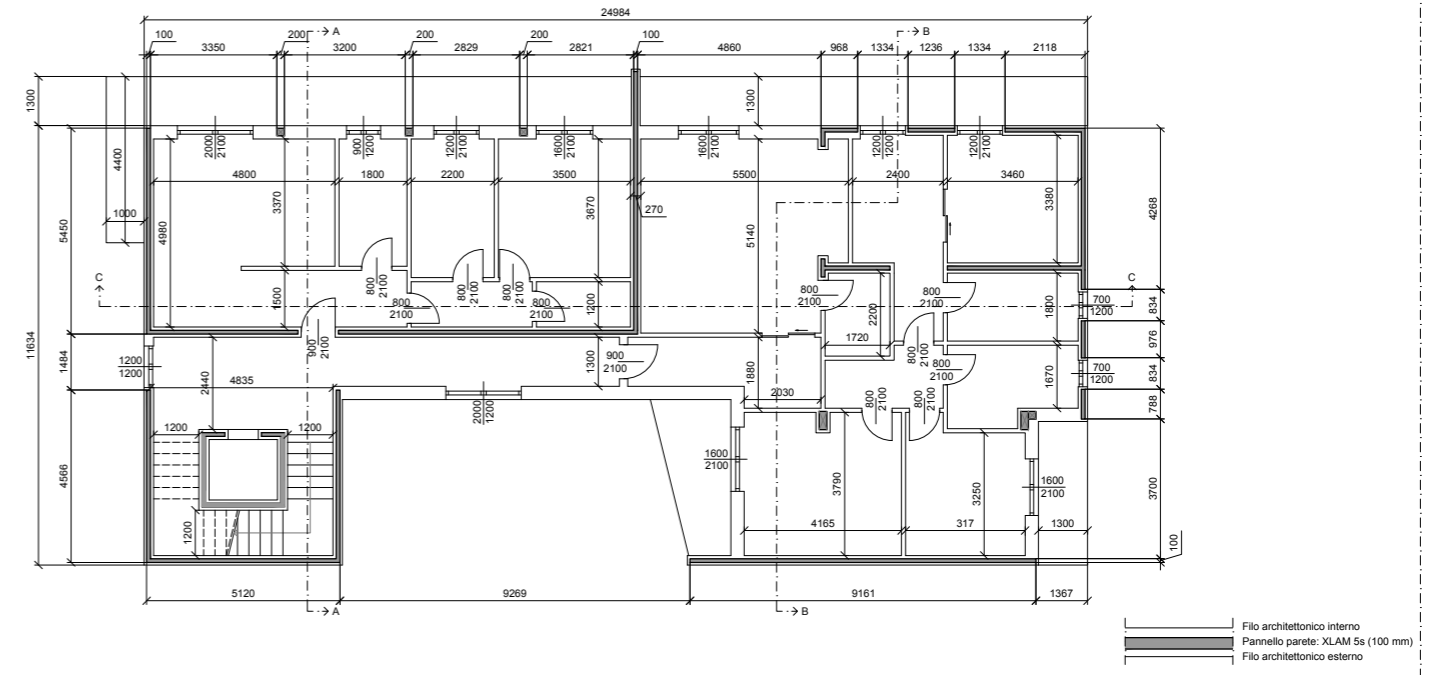
## **12 ALLEGATO E**

### **DETTAGLI STRUTTURALI E PARTICOLARI ESECUTIVI**

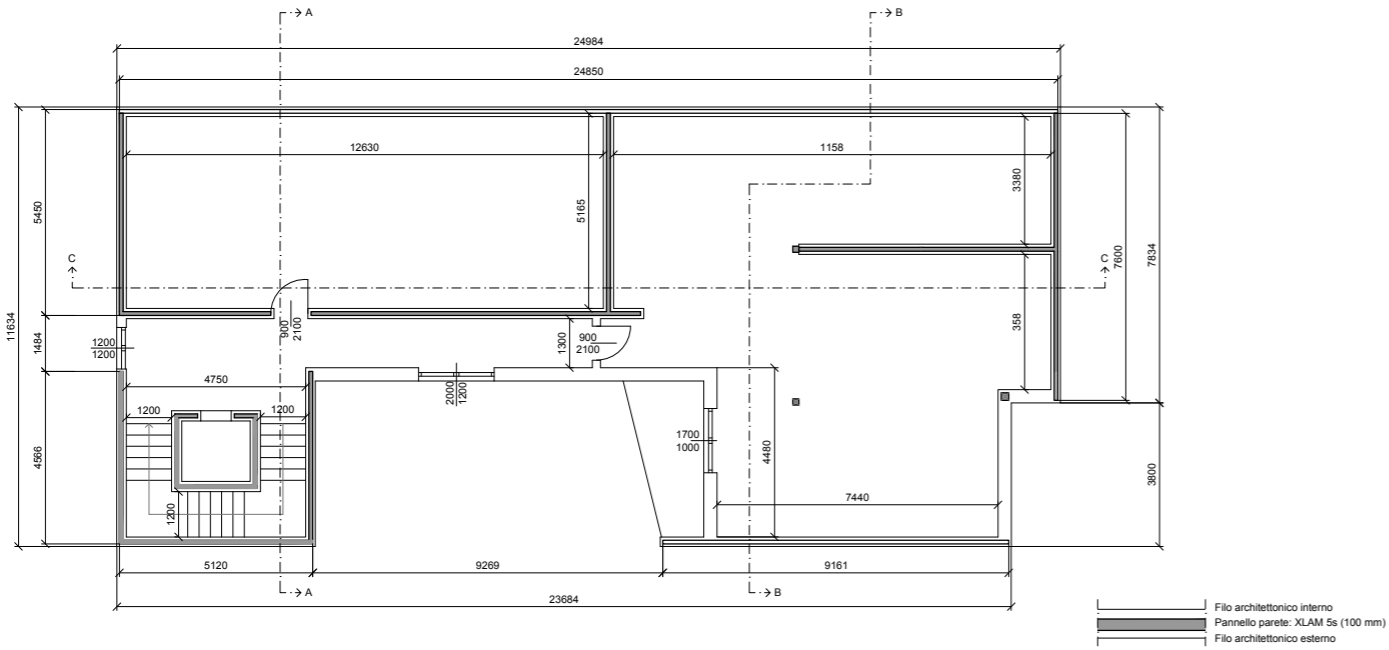
PIANTA PIANO TERRA  
scala 1:100



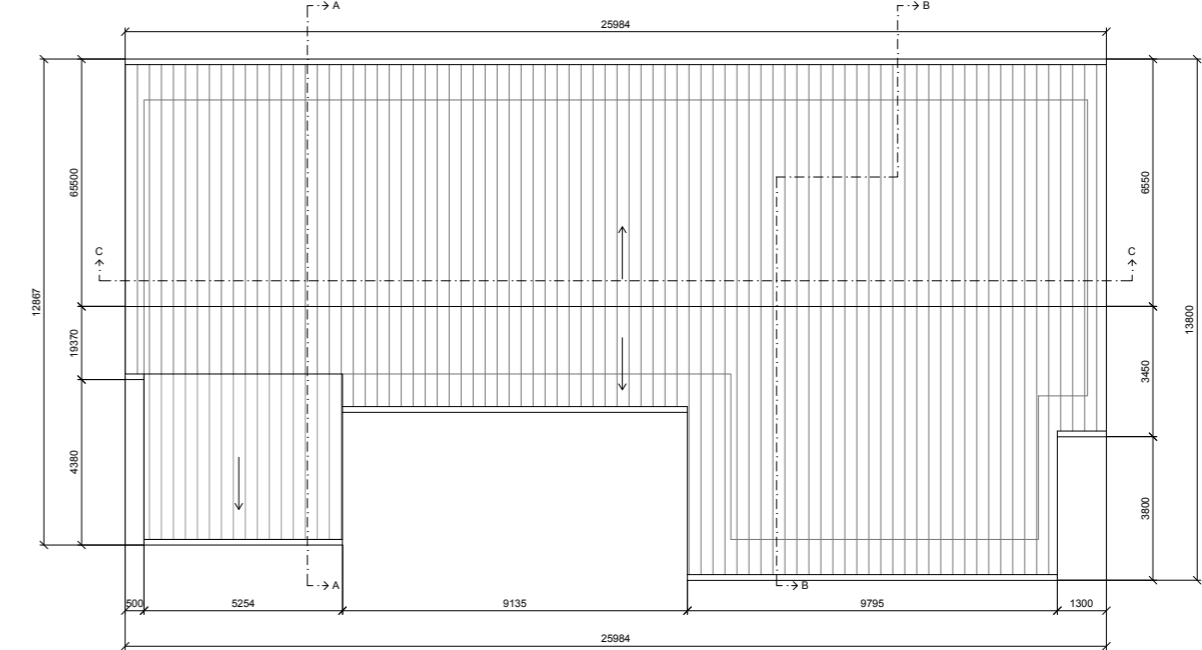
PIANTA PIANO TIPO  
scala 1:100



PIANTA SOTTOTETTO  
scala 1:100

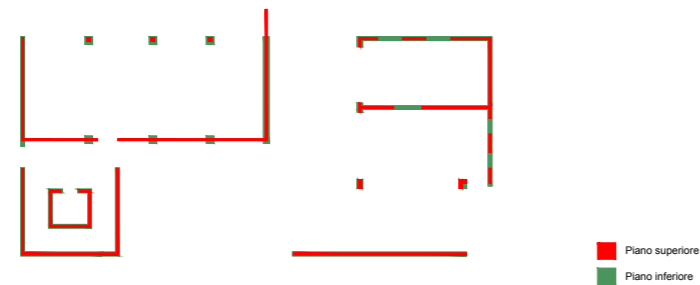


PIANTA COPERTURA  
scala 1:100

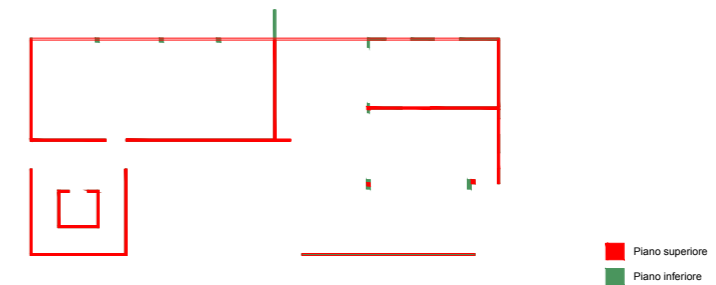


SOVRAPPOSIZIONE STRUTTURALE  
scala 1:200

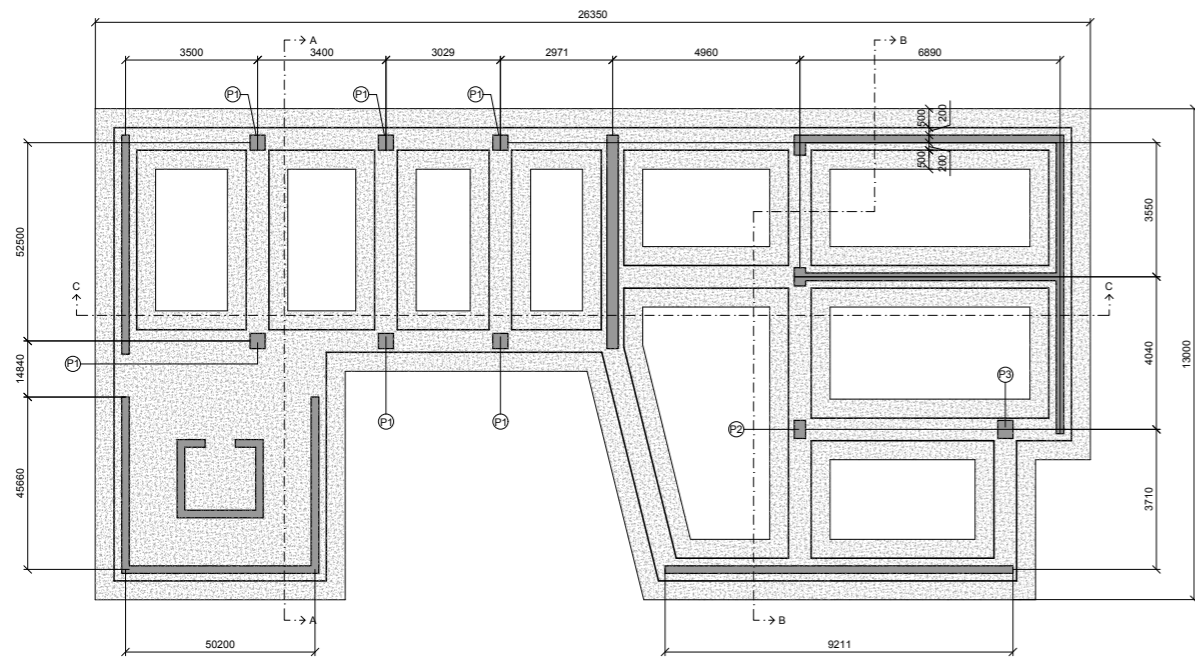
SOVRAPPOSIZIONE PIANO TERRA E PIANO TIPO



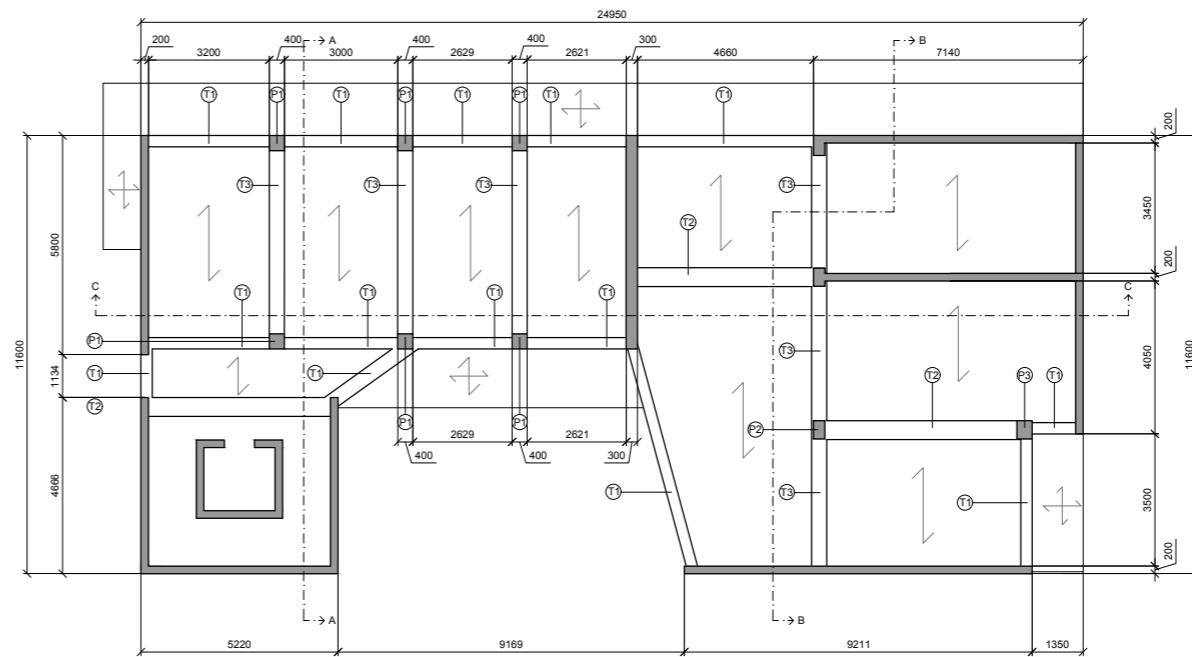
SOVRAPPOSIZIONE PIANO TIPO E PIANO SOTTOTETTO



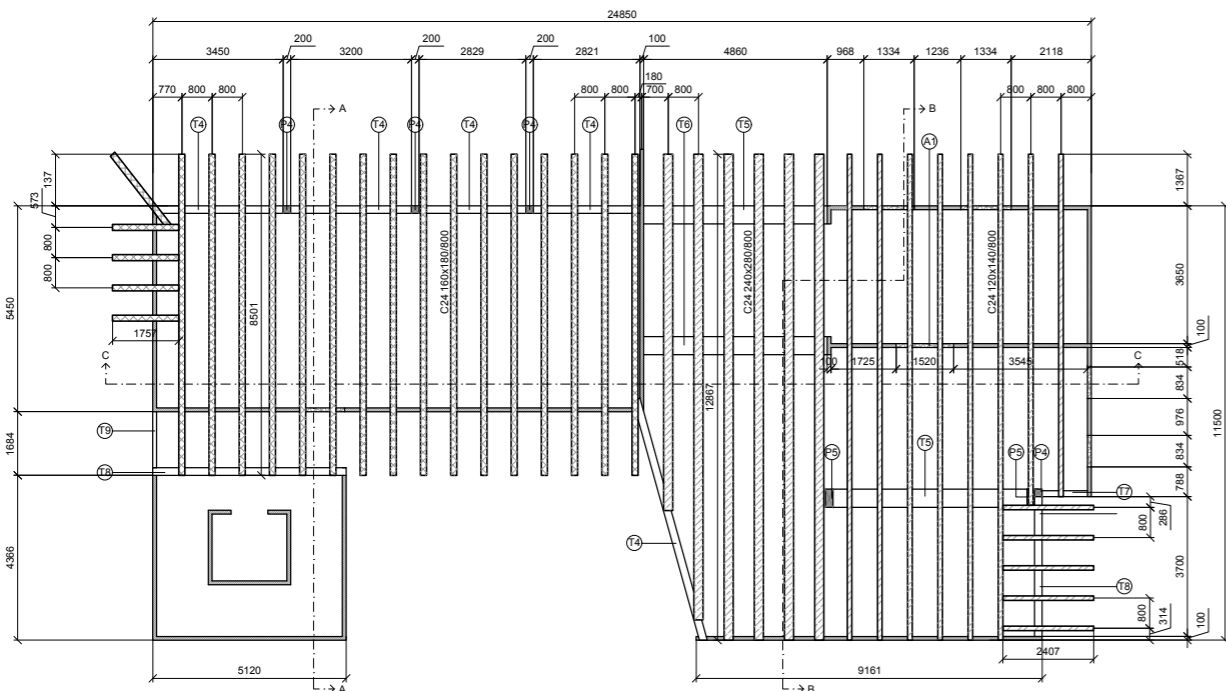
PIANTA FONDAZIONI  
scala 1:100



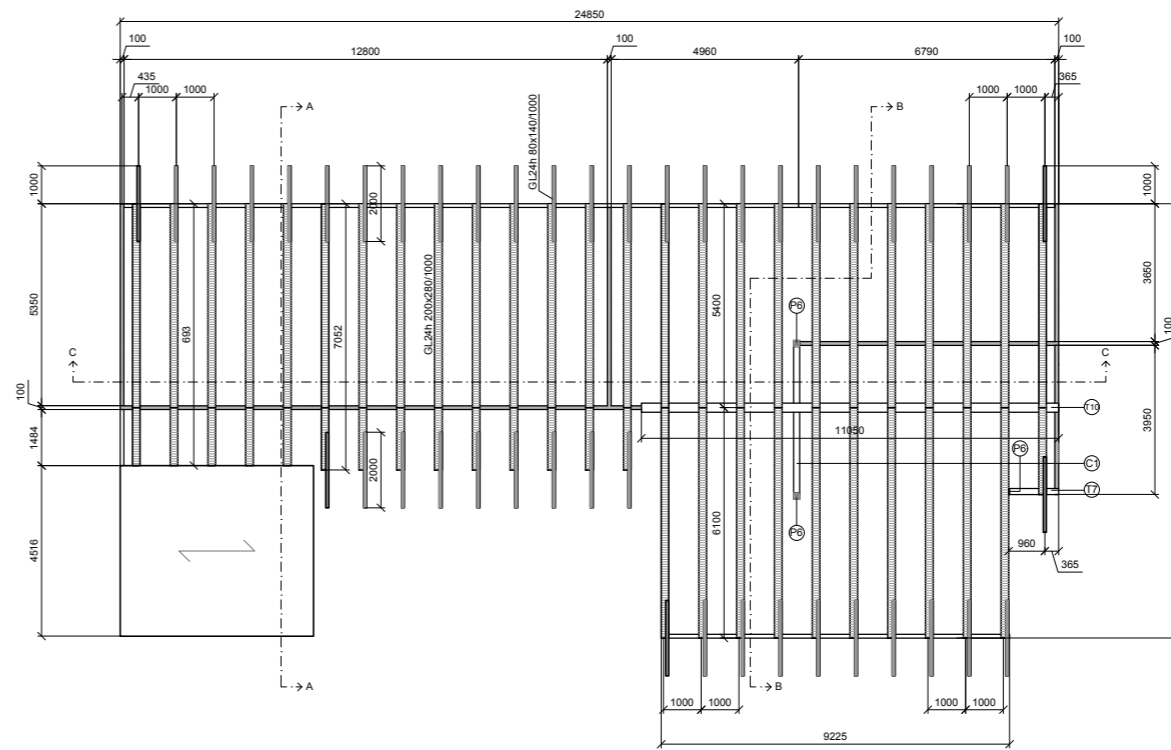
PIANTA 1° IMPALCATO  
scala 1:100



PIANTA 2°- 3°- 4° IMPALCATO  
scala 1:100

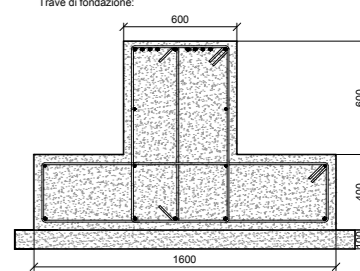


PIANTA COPERTURA  
scala 1:100

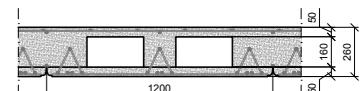


LEGENDA:

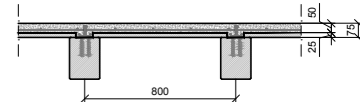
- P1 Pilastro in c.a. 400x400 mm
- P2 Pilastro in c.a. 300x500 mm
- P3 Pilastro in c.a. 400x500 mm
- P4 Pilastro in legno lamellare GL24h 200x200 mm
- P5 Pilastro in legno lamellare GL24h 200x480 mm
- P6 Pilastro in legno lamellare GL24h 160x160 mm
- T1 Trave in c.a. 300x400 mm
- T2 Trave in c.a. 500x250 mm
- T3 Trave in c.a. 400x250 mm
- T4 Trave in legno lamellare GL24h 200x400 mm
- T5 Trave in legno lamellare GL24h 480x400 mm
- T6 Trave in legno lamellare GL24h 160x200 mm
- T7 Trave in legno lamellare GL24h 160x200 mm
- T8 Trave in legno lamellare GL24h 200x320 mm
- T9 Trave in legno lamellare GL24h 100x200 mm
- T10 Trave di colmo in legno lamellare GL24h 240x480 mm
- A Architrave in legno lamellare G24h 100x280 mm
- C Capriata semplice:  
Puntoni in legno lamellare GL24h 160x160 mm  
Catena in legno lamellare GL24h 160x160 mm
- Setto in c.a. s = 200 mm
- Parete in XLAM 5s s=100 mm
- Architrave in XLAM 5s s=100 mm
- Travetti C24 160x180/800 mm con soletta collaborante s=50 mm
- Travetti C24 240x280/800 mm con soletta collaborante s=50 mm
- Travetti C24 120x140/800 mm con soletta collaborante s=50 mm
- Travetti in legno lamellare GL24h 200x280/1000 mm
- Passafori in legno lamellare GL24h 80x140/1000 mm



Solaio 1° impalcato: tipo predalles  
costituito da tralicci in acciaio annessi in una soletta di calcestruzzo armato e vibrato, opportunamente distanziati tra loro tramite l'interposizione di elementi di alleggerimento in polistirene espanso



Solaio 2° - 3° - 4° impalcato: tipo misto legno-calcestruzzo  
costituito da travetti C24, assito interrotto in corrispondenza dei travetti e soletta armata e adeguatamente connessa mediante connettori CTL BASE con viti Ø8. Si interpone un telo impermeabile lato calcestruzzo e trasparente lato cassero tra tavolato e soletta.

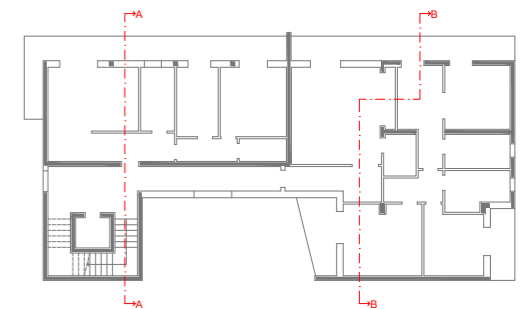
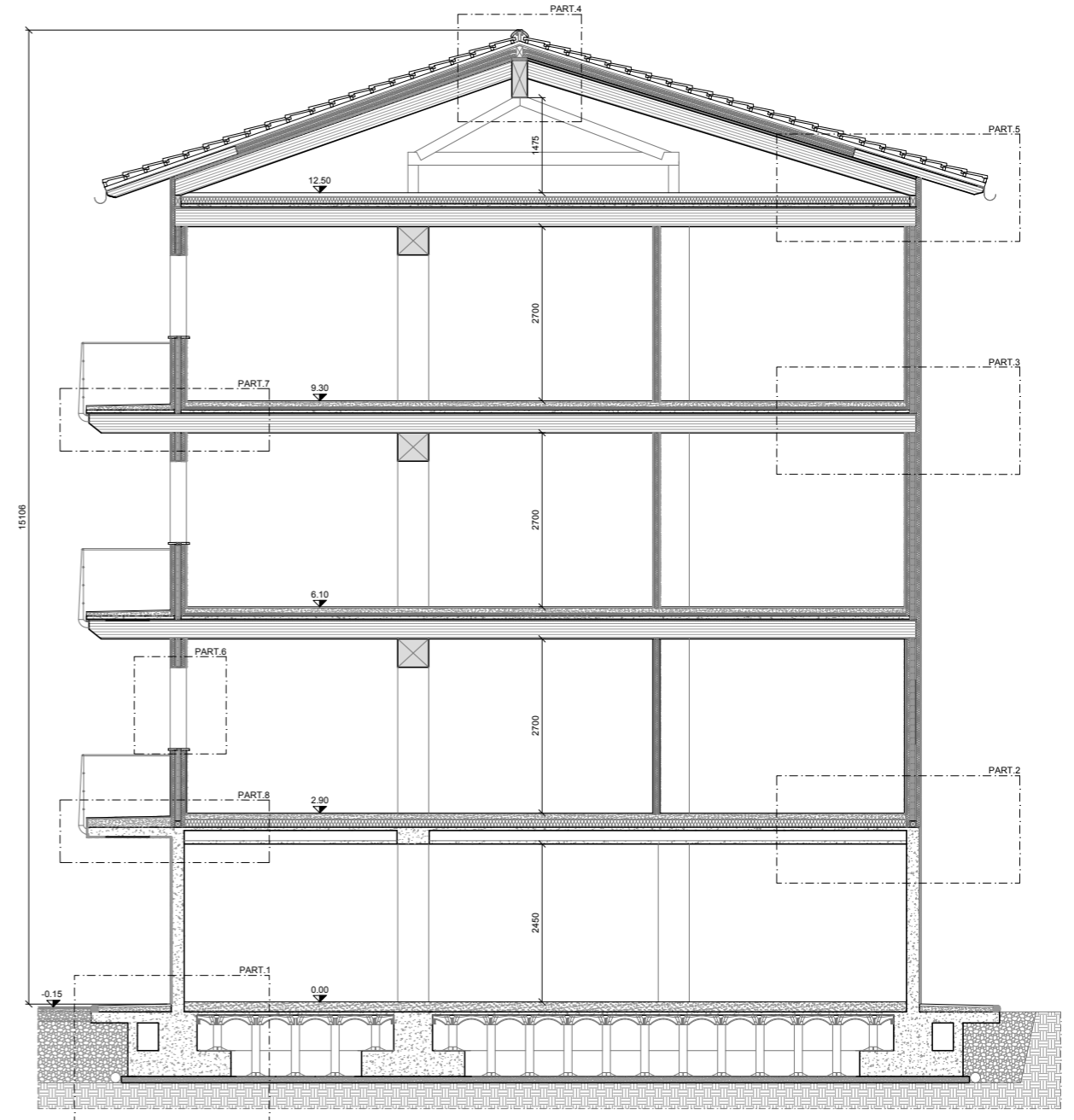
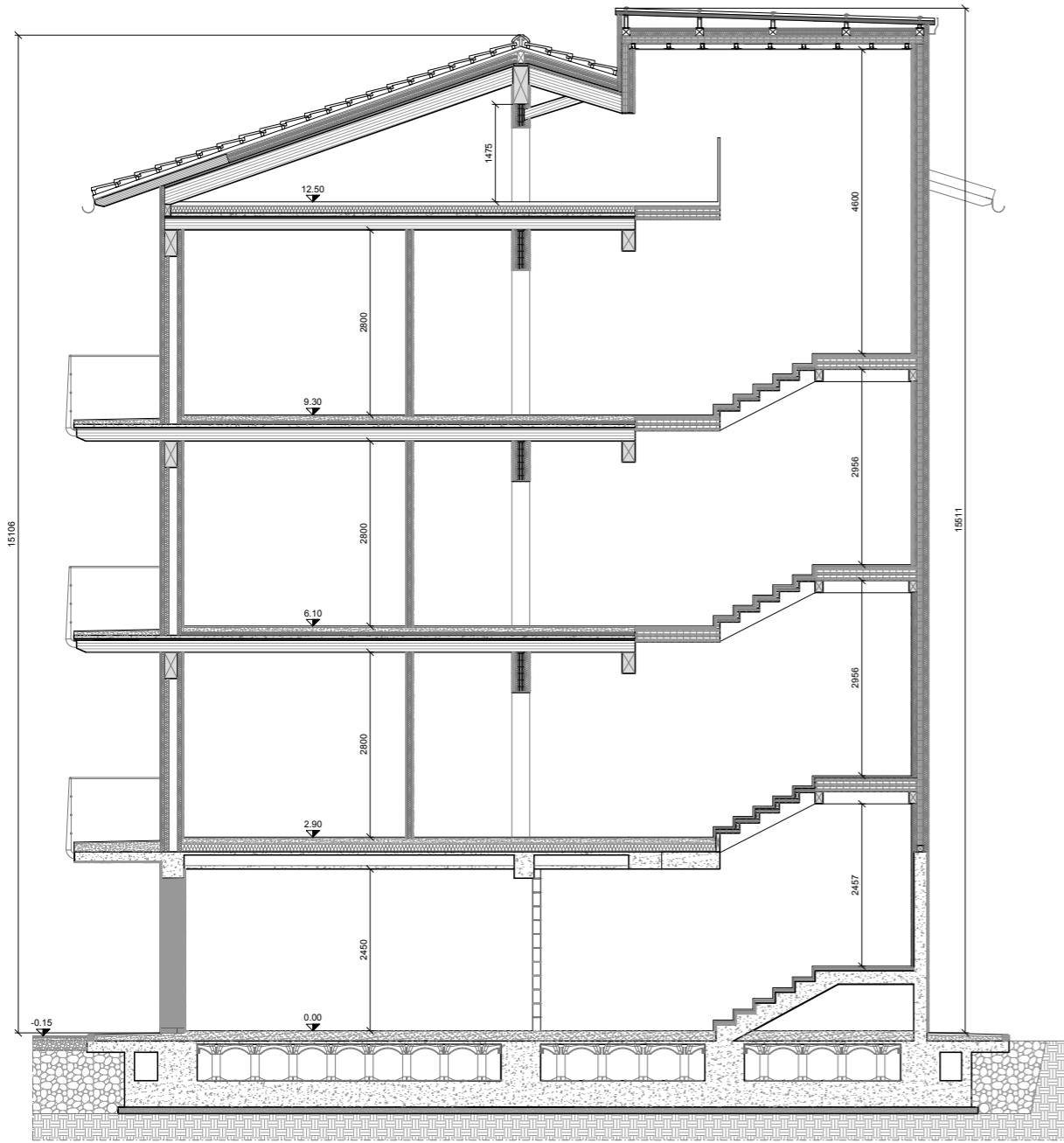


Travetto C24 (mm)	Interasse connettori CTL Base 12/60 (cm)	
	quarti estremi trave	metà centrale trave
160x180	4,6	9,2
240x280	9,9	19,8
120x140	11,1	22,2

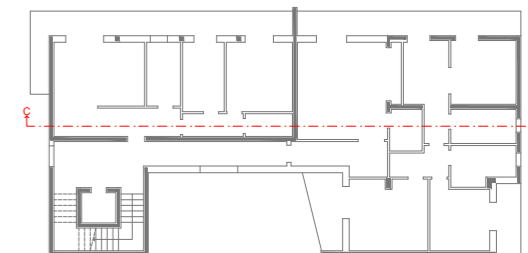
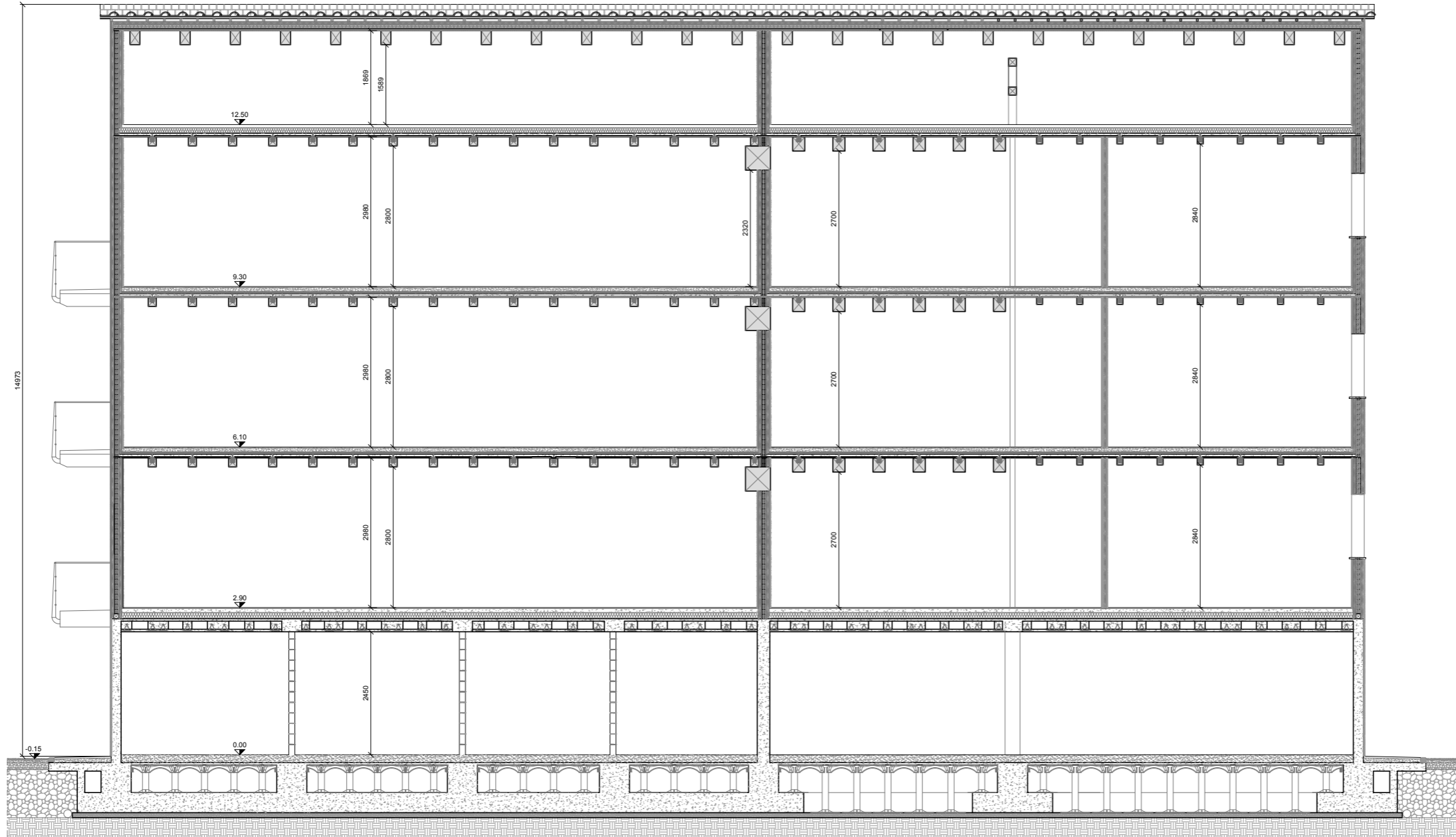
Copertura:  
Travetti in legno lamellare GL24h 240x280 inclinati + doppio tavolato  
Copertura vano scala:  
solaio XLAM 5s s = 120 mm

SEZIONE A-A  
scala 1:50

SEZIONE B-B  
scala 1:50

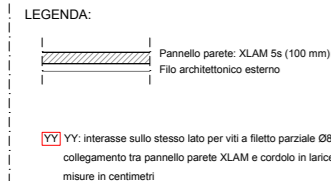
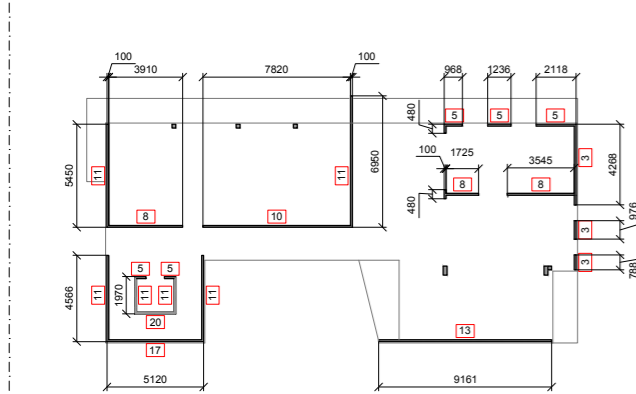






CONNESSIONE PARETE XLAM-CORDOLO

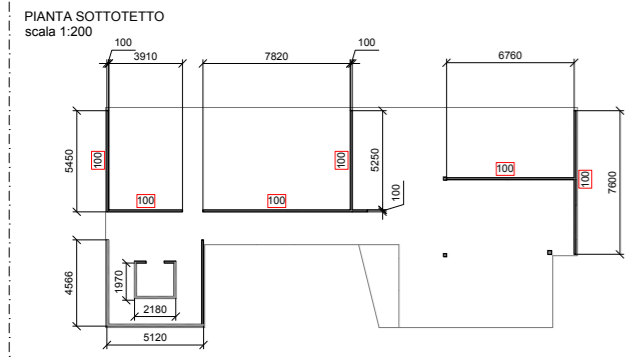
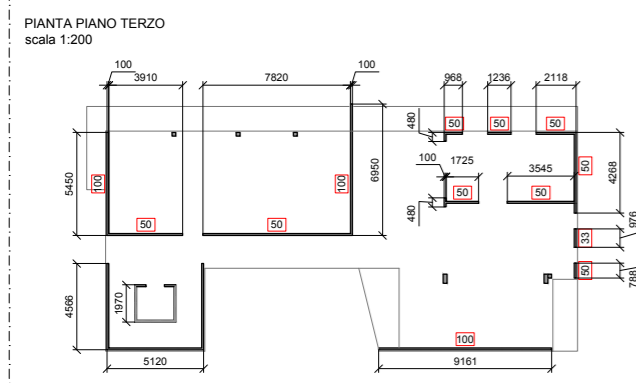
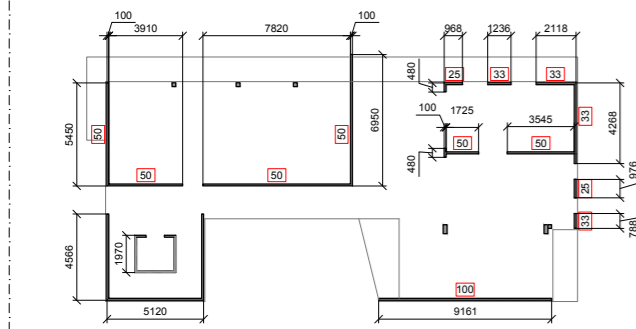
PIANTA PIANO PRIMO  
scala 1:200



LEGENDA:  
Pannello parete: XLAM 5s (100 mm)  
Filo architettonico esterno  
YY: interasse sullo stesso lato per viti a filetto parziale Ø8x160 mm di collegamento tra pannello parete XLAM e cordolo in larice  
misure in centimetri

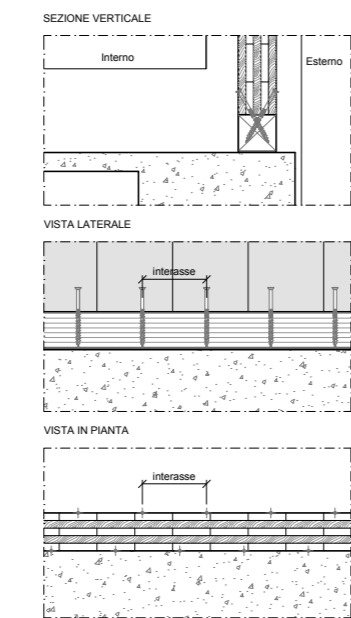
CONNESSIONE PARETE XLAM-SOLAIO

PIANTA PIANO SECONDO  
scala 1:200

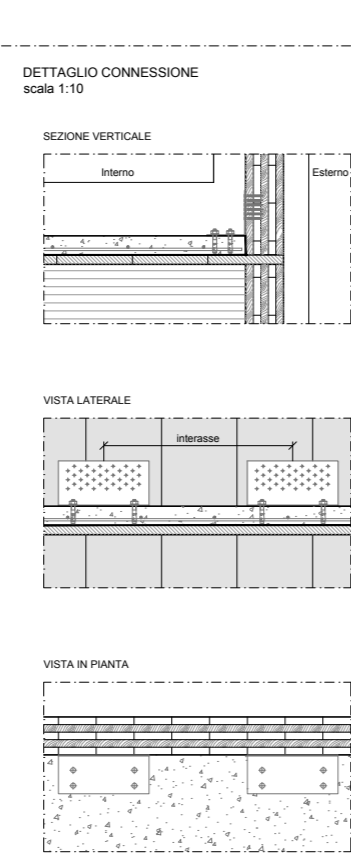


LEGENDA:  
Pannello parete: XLAM 5s (100 mm)  
Filo architettonico esterno  
YY: interasse per angolare TITAN N 240x123x120 mm con chiodi Anker Ø4x60 mm e ancorante meccanico per calcestruzzo M12 di collegamento tra pannello parete XLAM e solaio  
misure in centimetri

DETTAGLIO CONNESSIONE  
scala 1:10



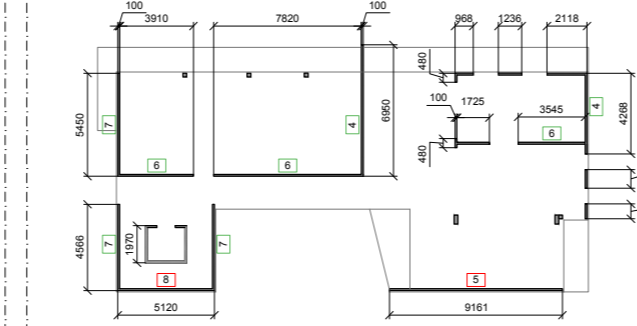
DETTAGLIO CONNESSIONE  
scala 1:10



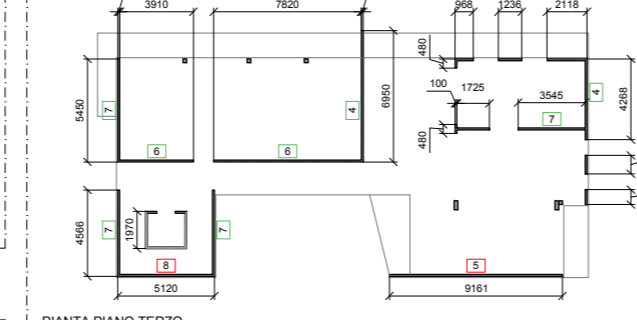
LEGENDA:  
Pannello parete: XLAM 5s (100 mm)  
Filo architettonico esterno  
YY: interasse per angolare TITAN N 240x123x120 mm con chiodi Anker Ø4x60 mm e ancorante meccanico per calcestruzzo M12 di collegamento tra pannello parete XLAM e solaio  
misure in centimetri

CONNESSIONE VERTICALE TRA PANNELLI XLAM

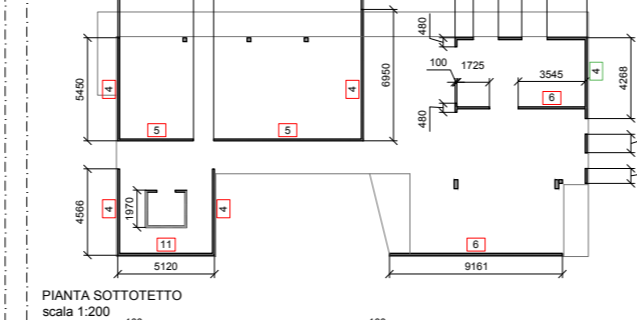
PIANTA PIANO PRIMO  
scala 1:200



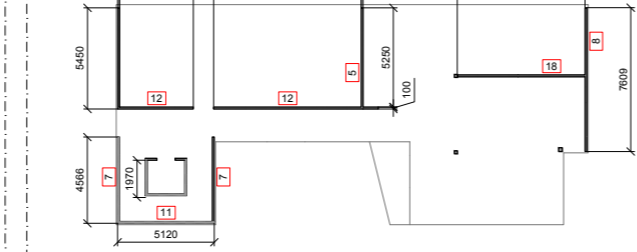
PIANTA PIANO SECONDO  
scala 1:200



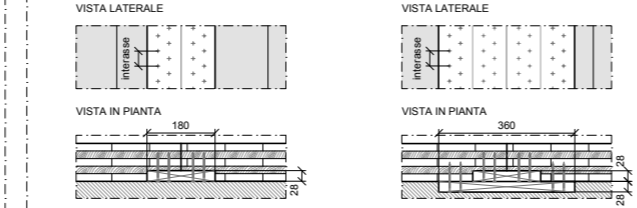
PIANTA PIANO TERZO  
scala 1:200



PIANTA SOTTOTETTO  
scala 1:200

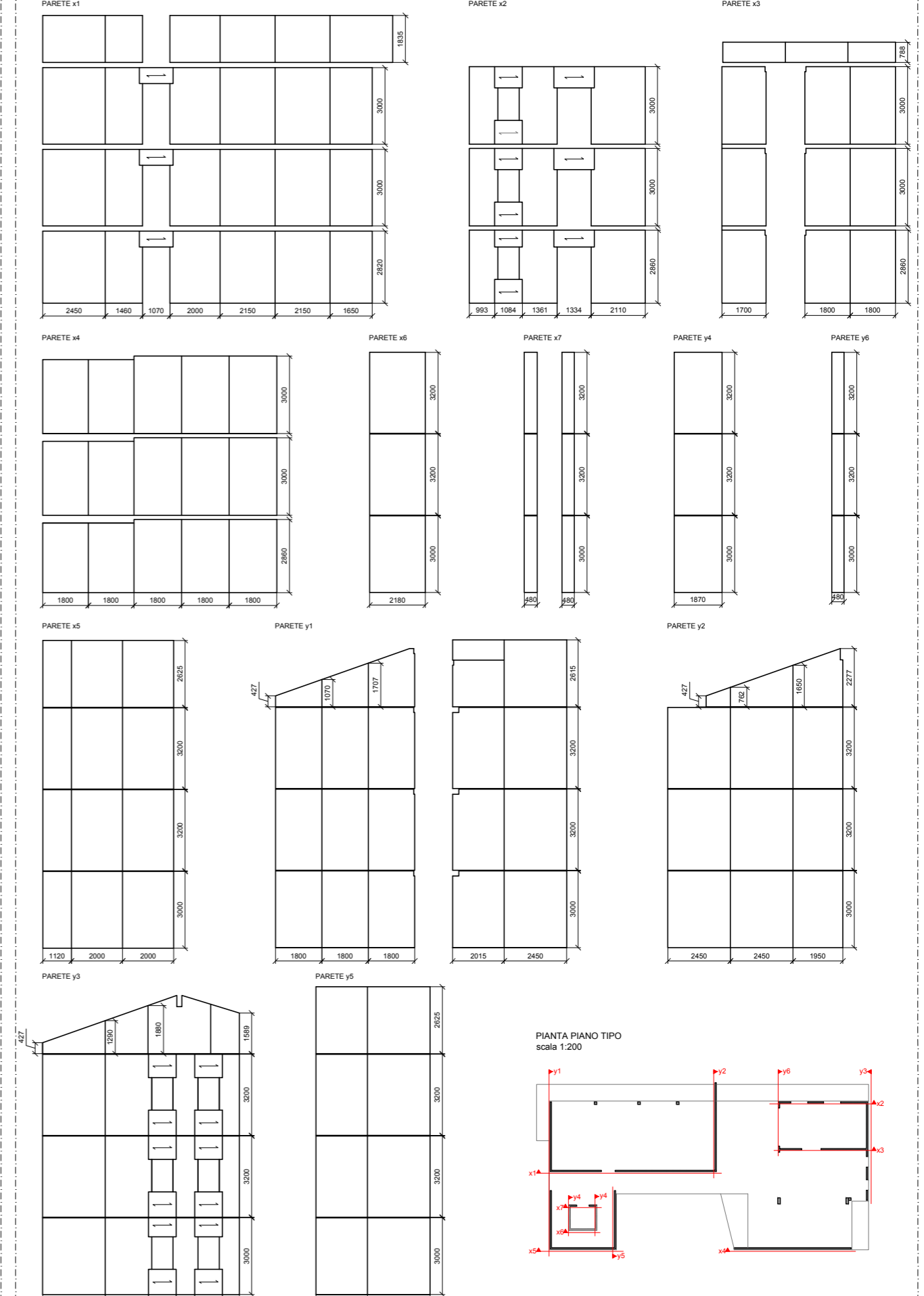


DETTAGLIO CONNESSIONE  
scala 1:10

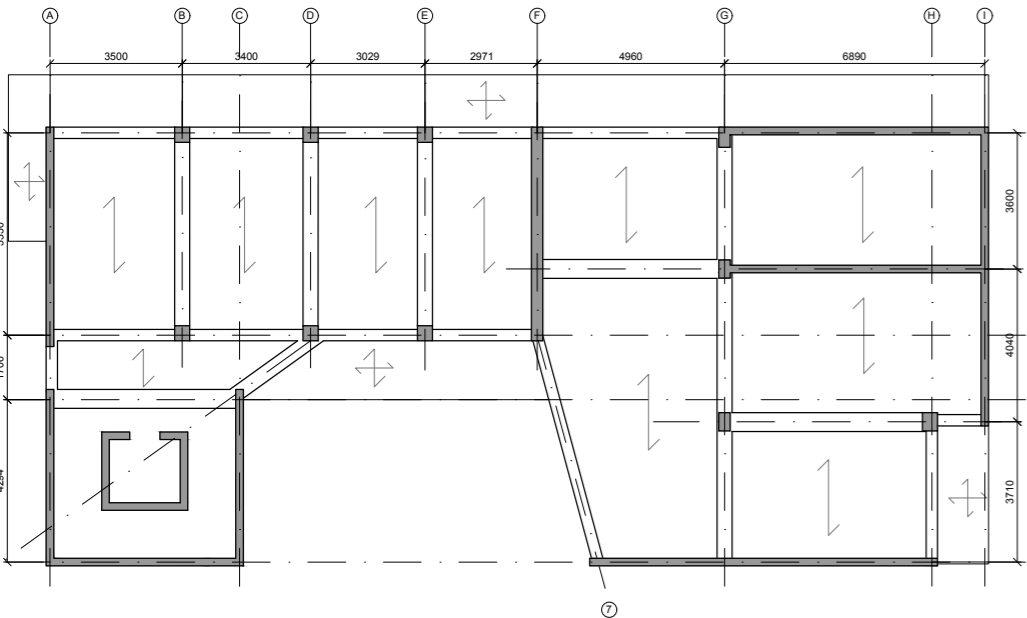


LEGENDA:  
Pannello parete: XLAM 5s (100 mm)  
Filo architettonico esterno  
YY: interasse sulla stessa fila per chiodi Ring Ø3.1x80 mm di collegamento tra pannelli parete XLAM  
Unione con tavola singola  
misure in centimetri  
YY: interasse sulla stessa fila per chiodi Ring Ø3.1x80 mm di collegamento tra pannelli parete XLAM  
Unione con tavola doppia  
misure in centimetri

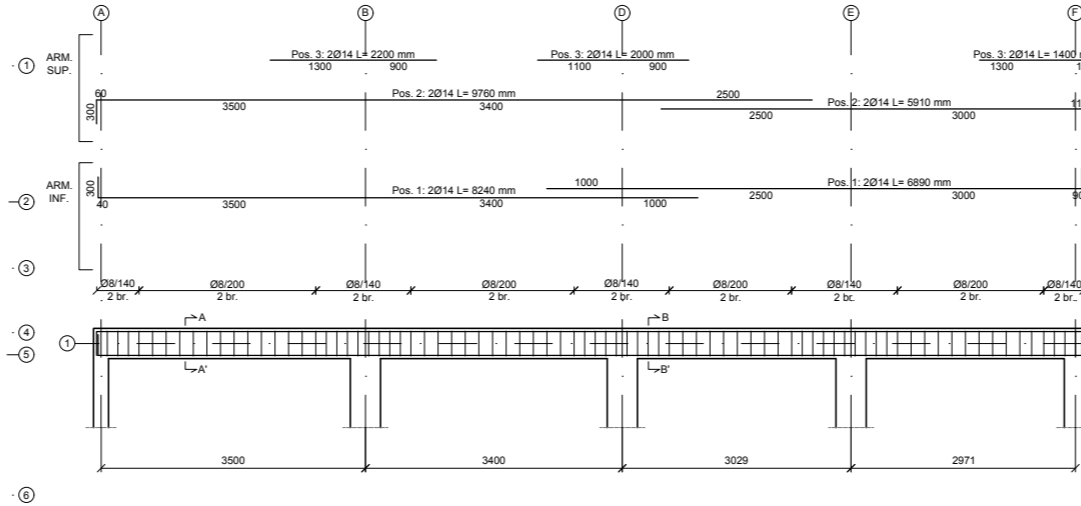
SUDDIVISIONE PANNELLI XLAM



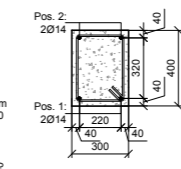
PIANTA FILI FISSI  
scala 1:100



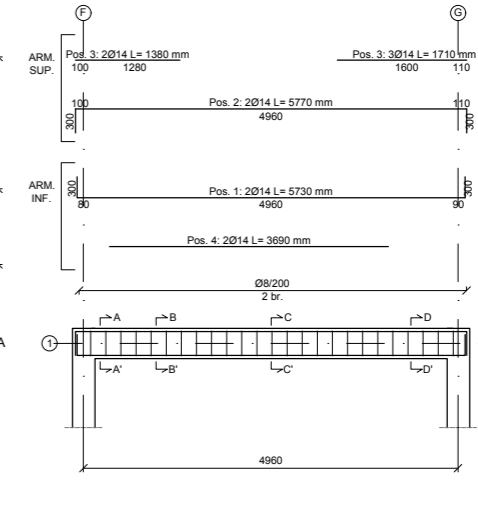
SEZIONE LONGITUDINALE  
scala 1:50



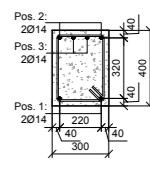
SEZIONE A-A'  
scala 1:20



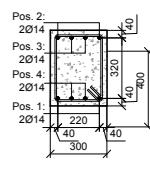
SEZIONE LONGITUDINALE  
scala 1:50



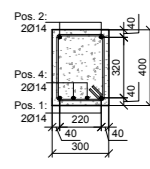
SEZIONE A-A'  
scala 1:20



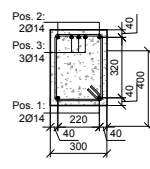
SEZIONE B-B'  
scala 1:20



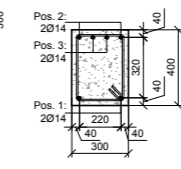
SEZIONE C-C'  
scala 1:20



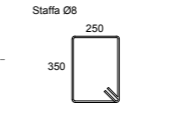
SEZIONE D-D'  
scala 1:20



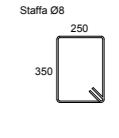
SEZIONE B-B'  
scala 1:20



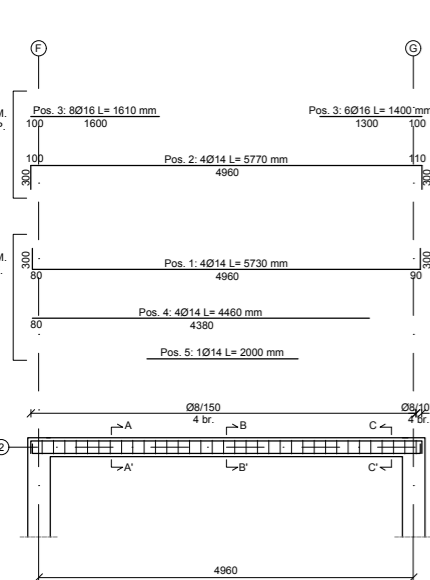
ESPLOSO STAFFATURA  
scala 1:20



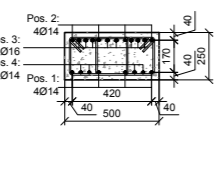
ESPLOSO STAFFATURA  
scala 1:20



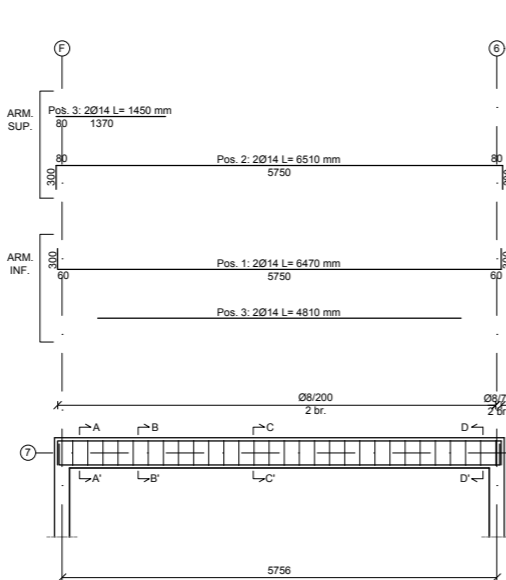
SEZIONE LONGITUDINALE  
scala 1:50



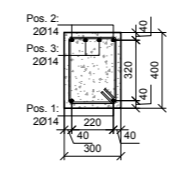
SEZIONE A-A'  
scala 1:20



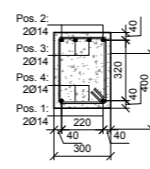
SEZIONE LONGITUDINALE  
scala 1:50



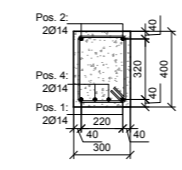
SEZIONE A-A'  
scala 1:20



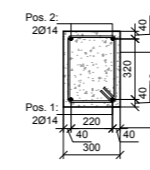
SEZIONE B-B'  
scala 1:20



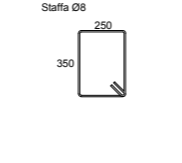
SEZIONE C-C'  
scala 1:20



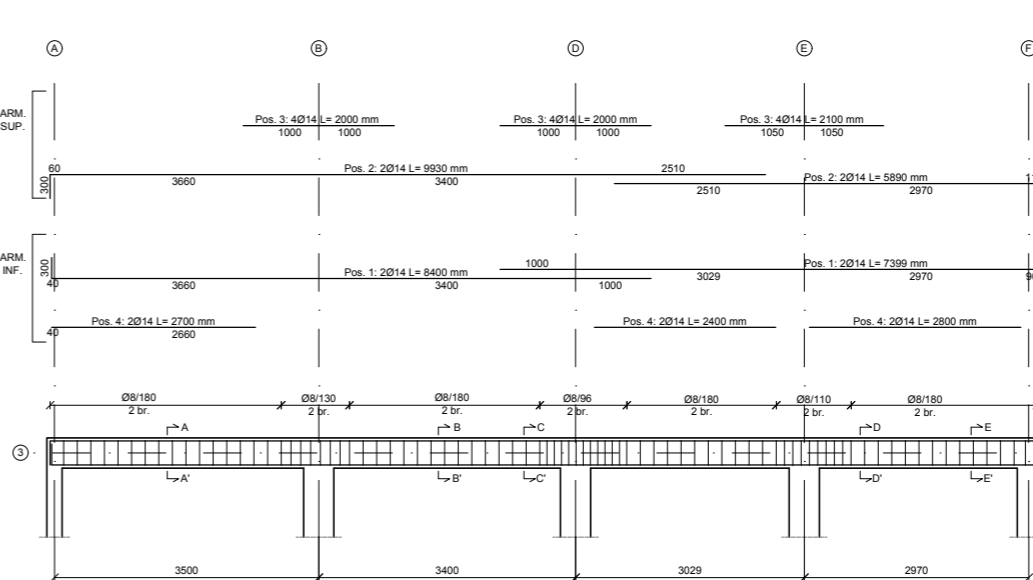
SEZIONE D-D'  
scala 1:20



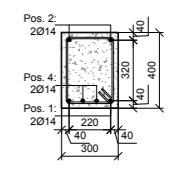
ESPLOSO STAFFATURA  
scala 1:20



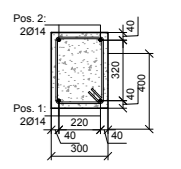
SEZIONE LONGITUDINALE  
scala 1:50



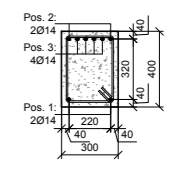
SEZIONE A-A'  
scala 1:20



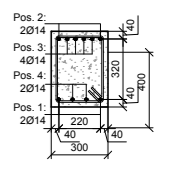
SEZIONE B-B'  
scala 1:20



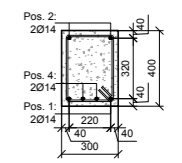
SEZIONE C-C'  
scala 1:20



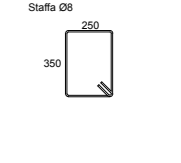
SEZIONE D-D'  
scala 1:20



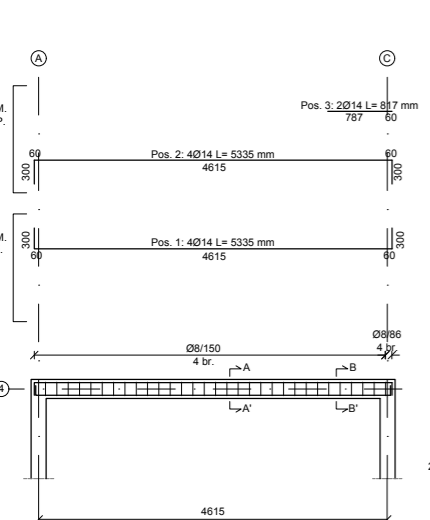
SEZIONE E-E'  
scala 1:20



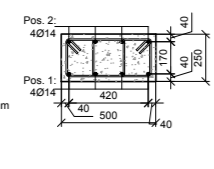
ESPLOSO STAFFATURA  
scala 1:20



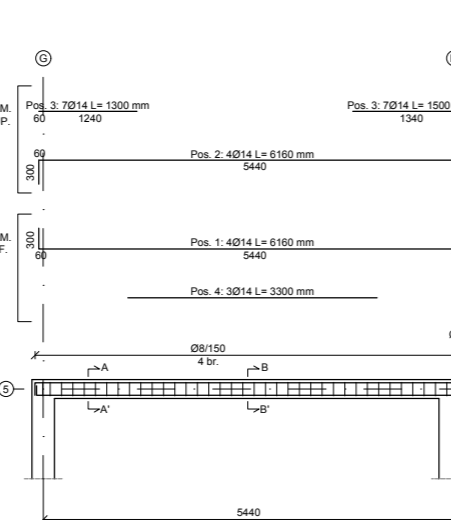
SEZIONE LONGITUDINALE  
scala 1:50



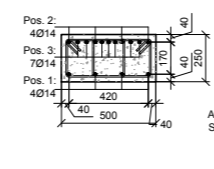
SEZIONE A-A'  
scala 1:20



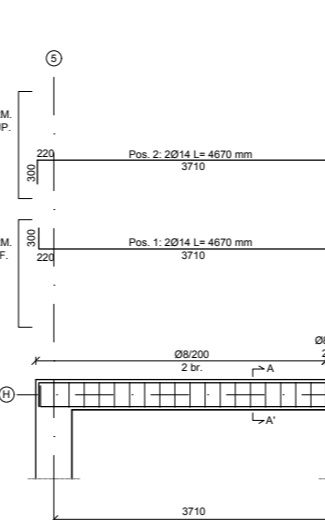
SEZIONE LONGITUDINALE  
scala 1:50



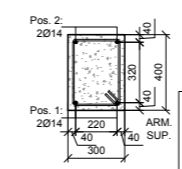
SEZIONE A-A'  
scala 1:20



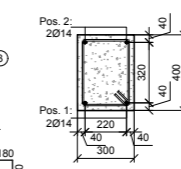
SEZIONE LONGITUDINALE  
scala 1:50



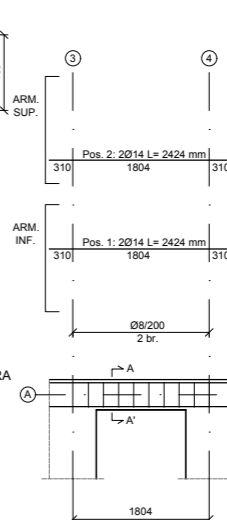
SEZIONE A-A'  
scala 1:20



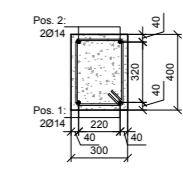
SEZIONE A-A'  
scala 1:20



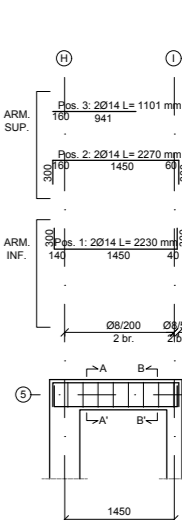
SEZIONE LONGITUDINALE  
scala 1:50



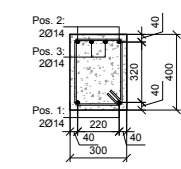
SEZIONE A-A'  
scala 1:20



SEZIONE LONGITUDINALE  
scala 1:50



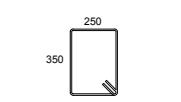
SEZIONE A-A'  
scala 1:20



SEZIONE B-B'  
scala 1:20

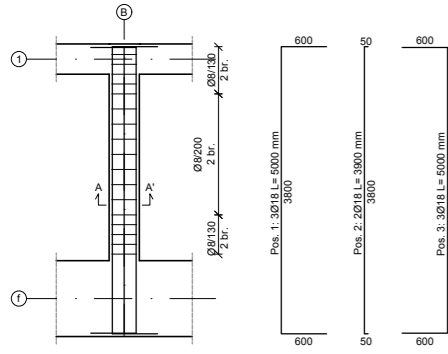


ESPLOSO STAFFATURA  
scala 1:20

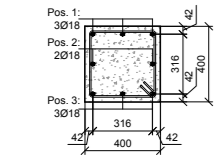


**PILASTRI**

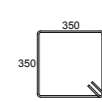
**PILASTRO 40x40**  
SEZIONE LONGITUDINALE  
scala 1:50



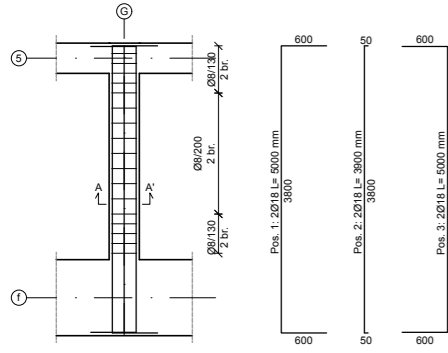
SEZIONE A-A'



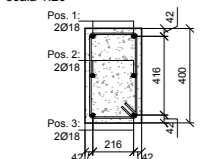
ESPLOSO STAFFATURA



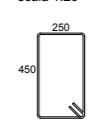
**PILASTRO 30x50**  
SEZIONE LONGITUDINALE  
scala 1:50



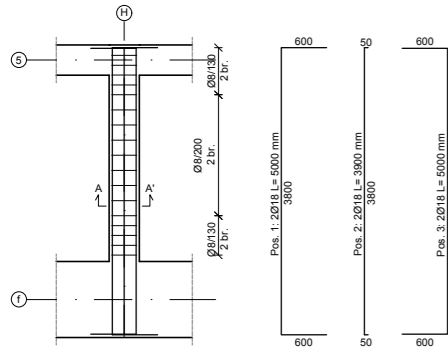
SEZIONE A-A'



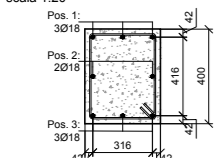
ESPLOSO STAFFATURA



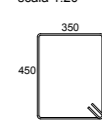
**PILASTRO 40x50**  
SEZIONE LONGITUDINALE  
scala 1:50



SEZIONE A-A'

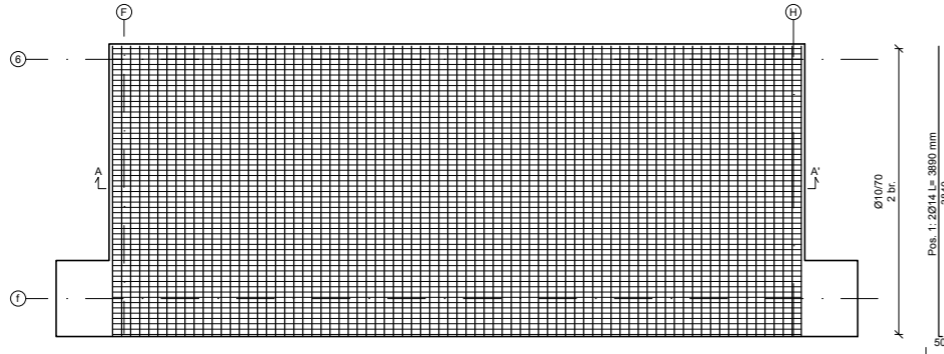


ESPLOSO STAFFATURA

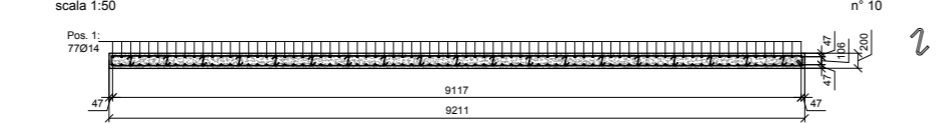


**SETTO C.A.**

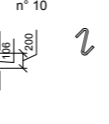
SEZIONE LONGITUDINALE  
scala 1:50



SEZIONE A-A'

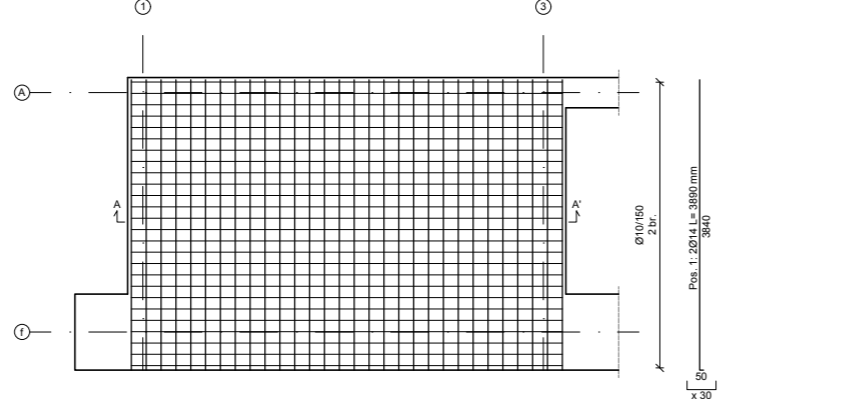


LEGATURE Ø10

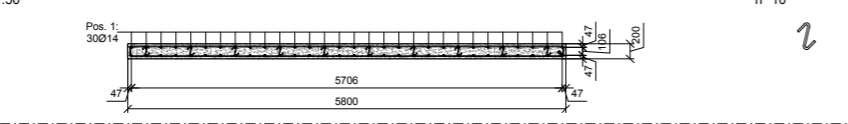


**SETTO C.A.**

SEZIONE LONGITUDINALE  
scala 1:50



SEZIONE A-A'

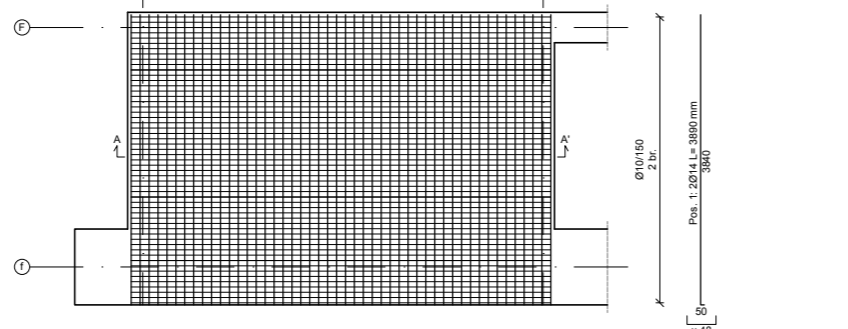


LEGATURE Ø10



**SETTO C.A.**

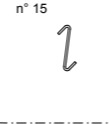
SEZIONE LONGITUDINALE  
scala 1:50



SEZIONE A-A'

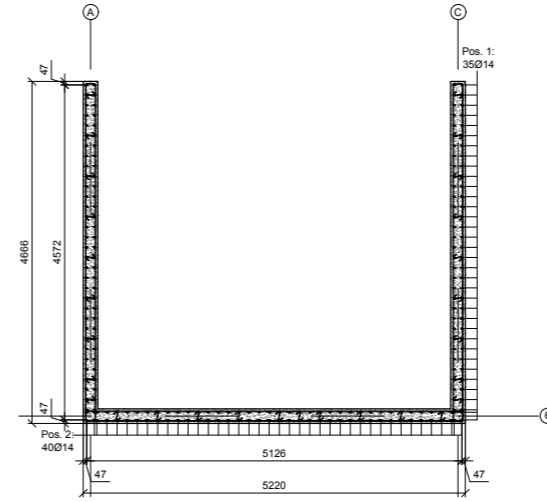


LEGATURE Ø10



**SETTI C.A. VANO SCALA**

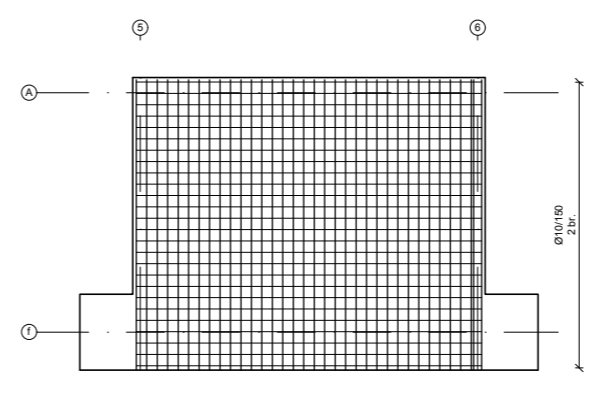
SEZIONE  
scala 1:50



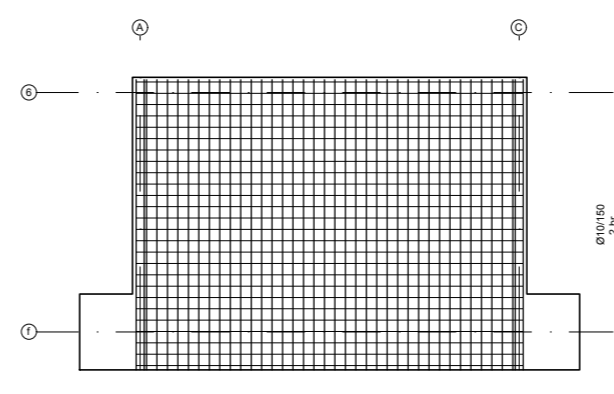
LEGATURE Ø10

Setto in direzione verticale n° legature: 9  
Setto in direzione orizzontale n° legature: 10

SEZIONE LONGITUDINALE  
scala 1:50

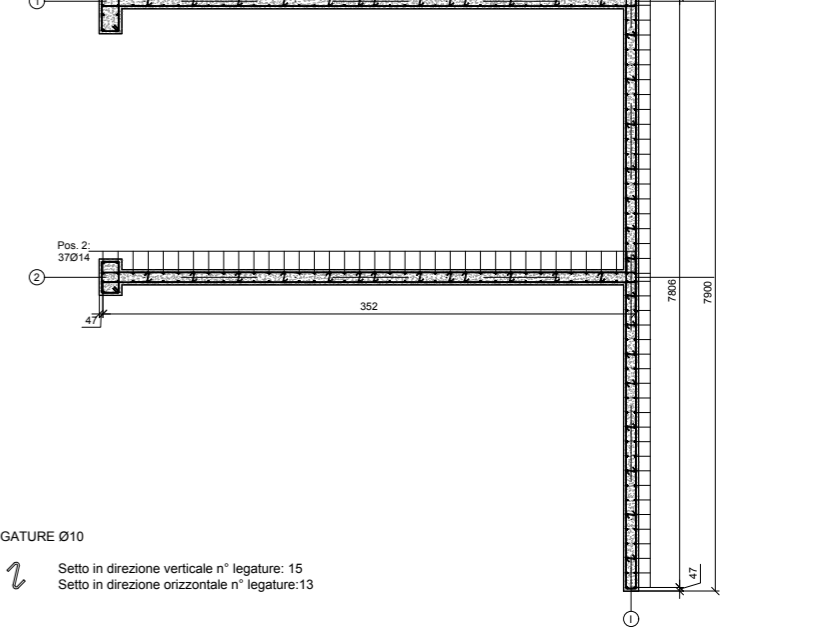


SEZIONE LONGITUDINALE  
scala 1:50



**SETTI C.A.**

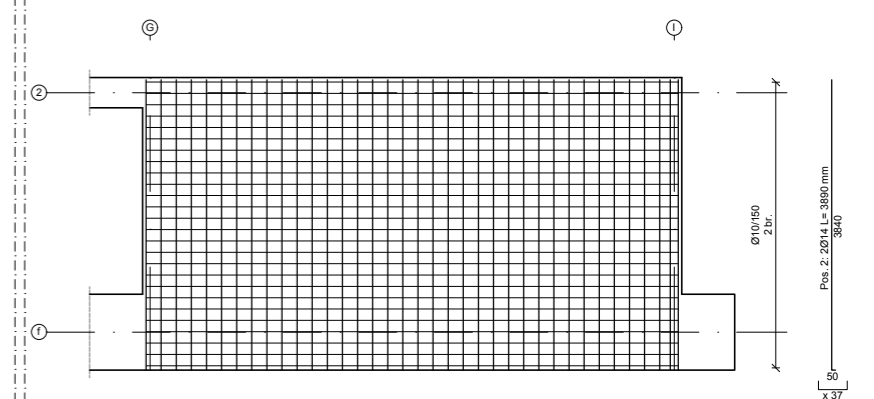
SEZIONE  
scala 1:50



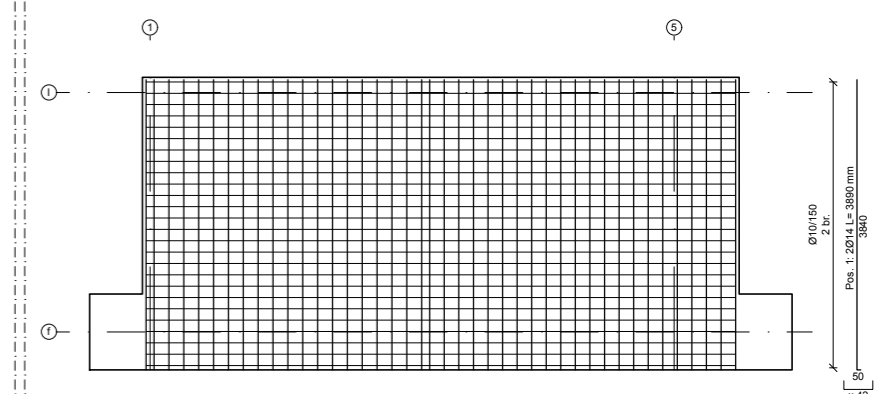
LEGATURE Ø10

Setto in direzione verticale n° legature: 15  
Setto in direzione orizzontale n° legature: 13

SEZIONE LONGITUDINALE  
scala 1:50

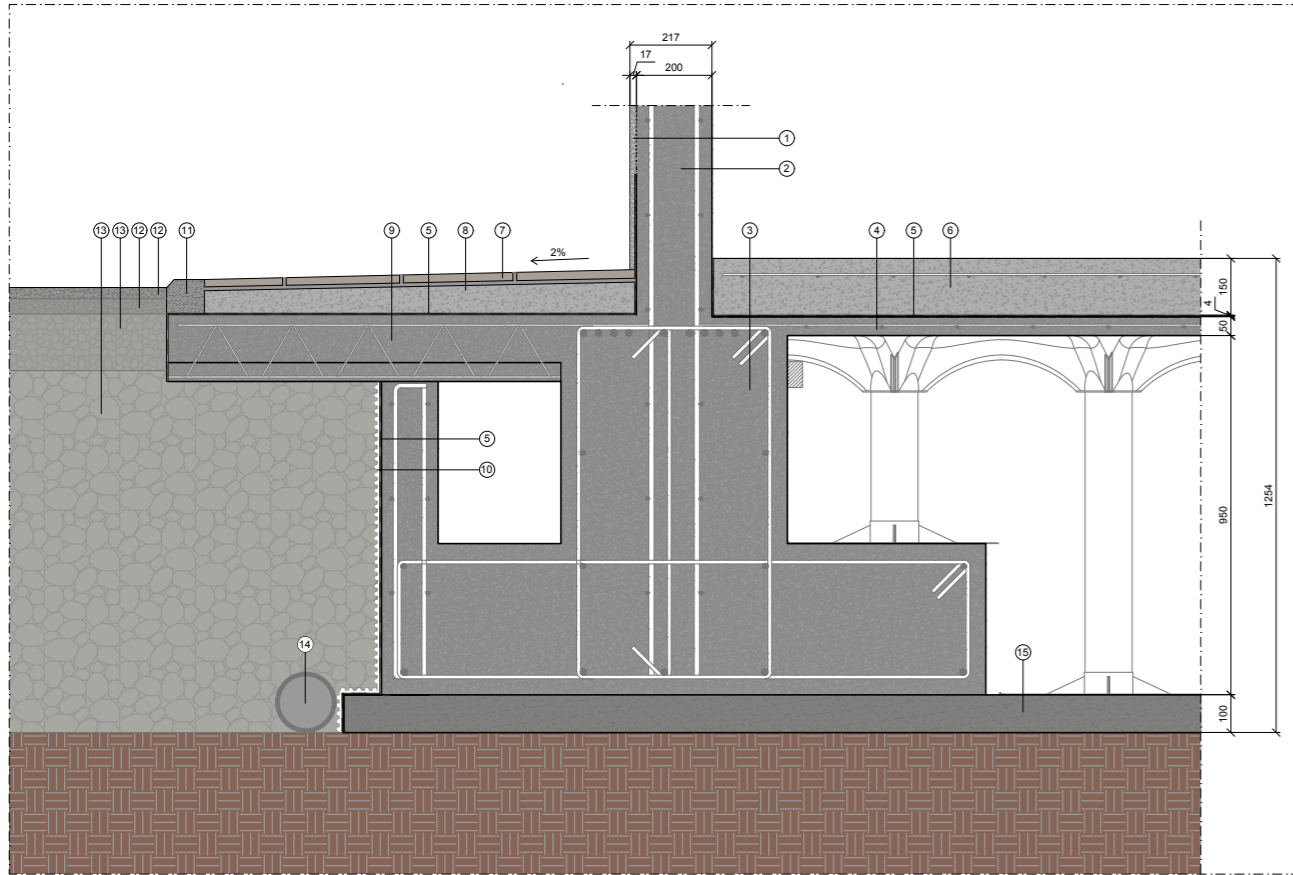


SEZIONE LONGITUDINALE  
scala 1:50

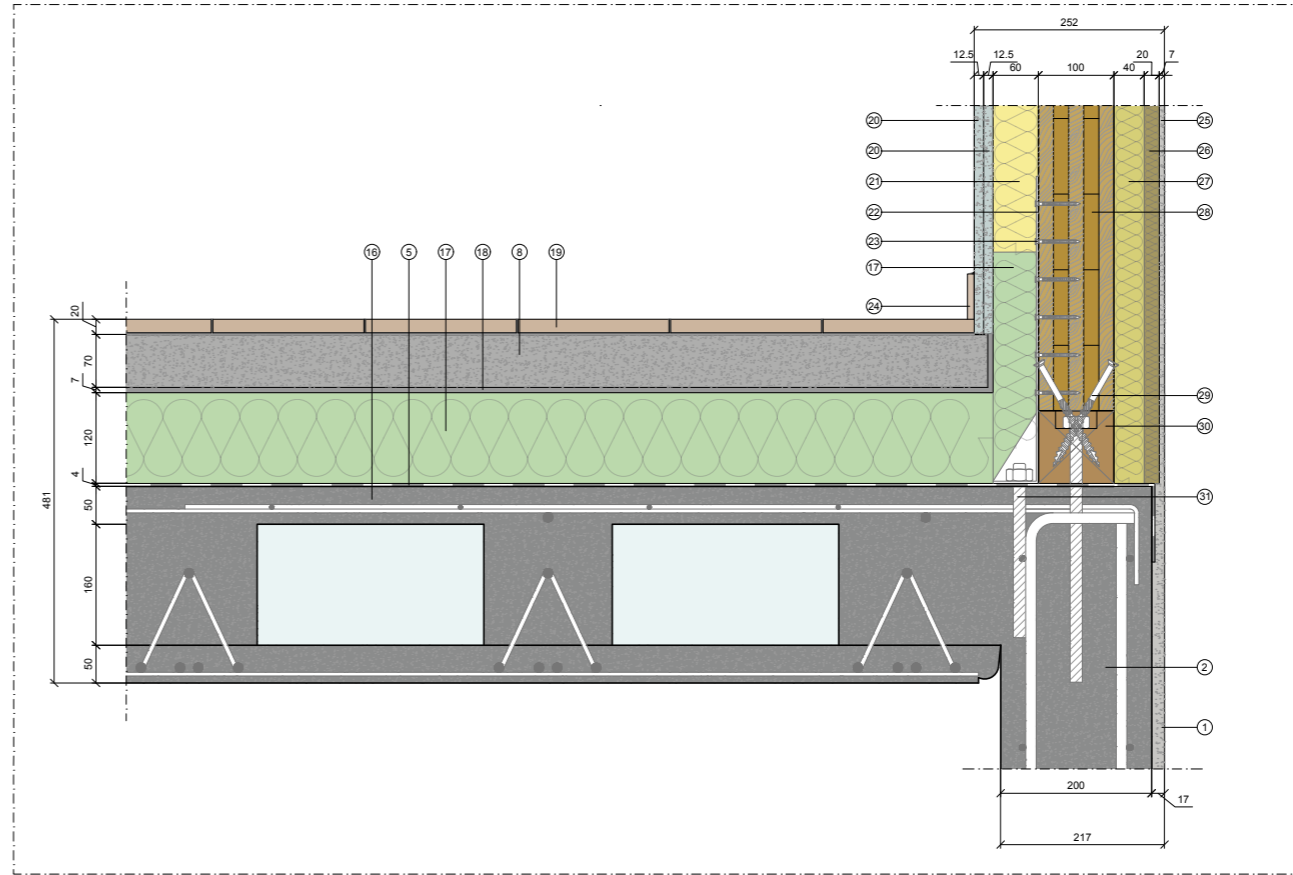




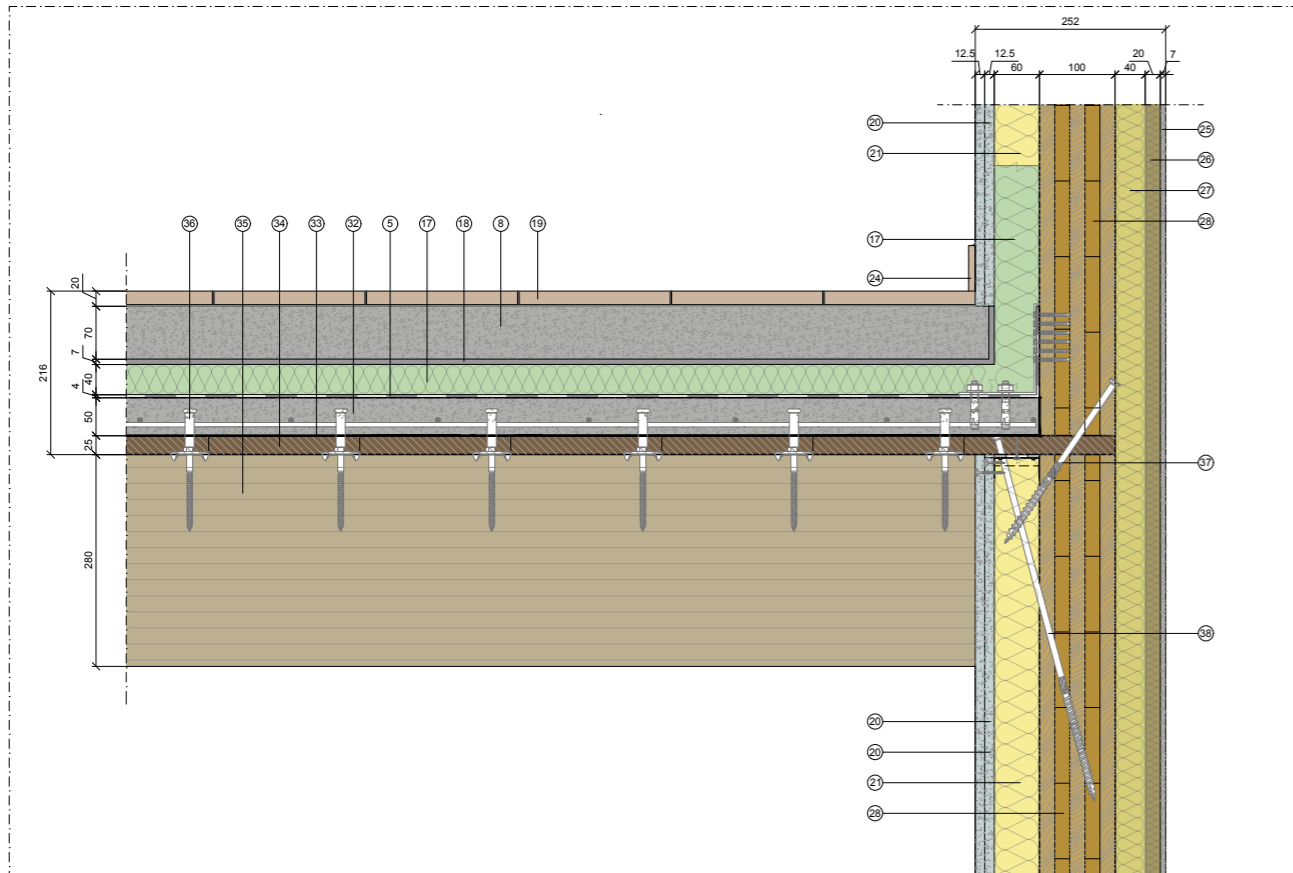
**PARTICOLARE 1**  
scala 1:10



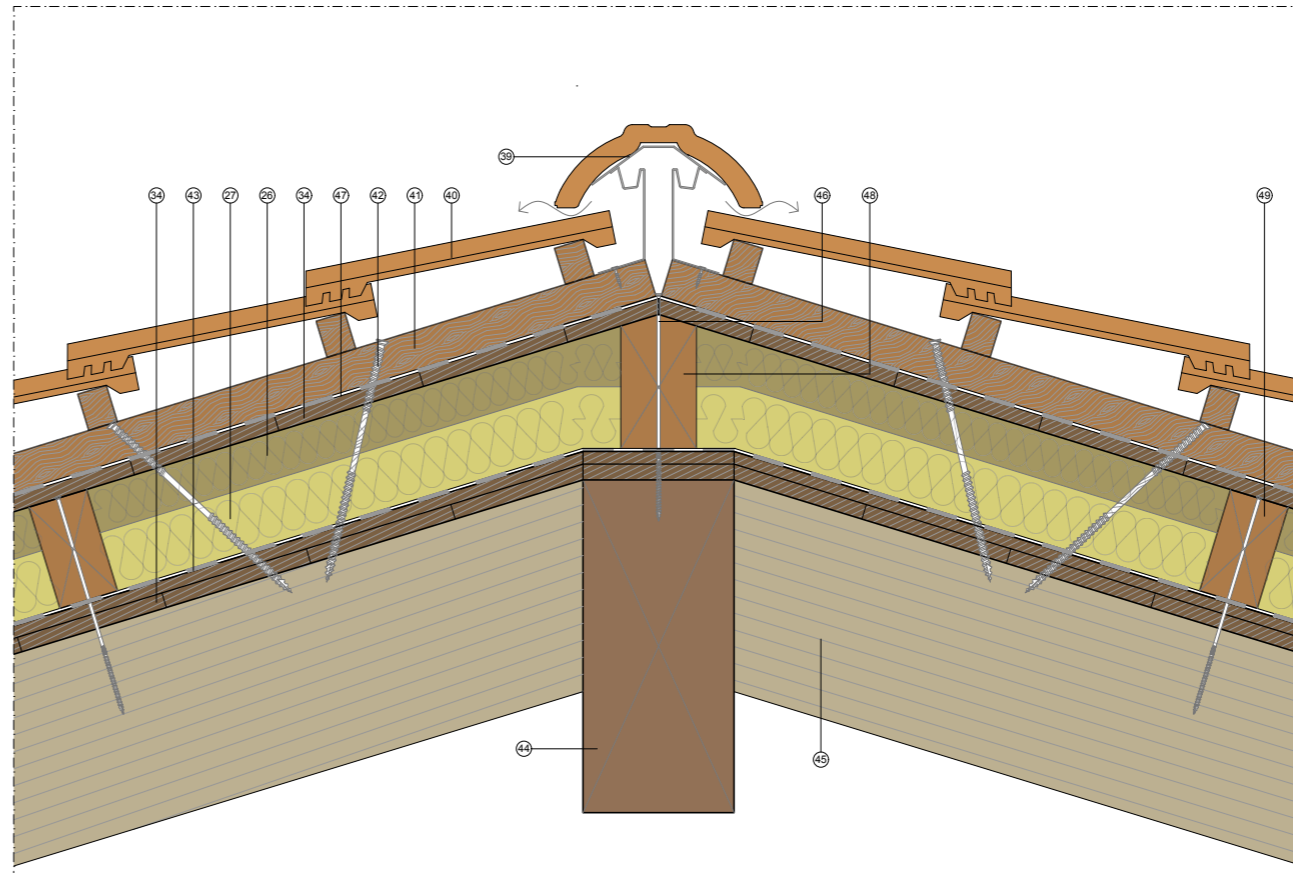
**PARTICOLARE 2**  
scala 1:5



**PARTICOLARE 3**  
scala 1:5

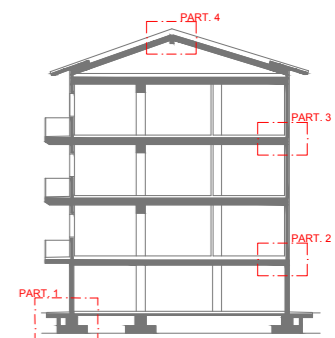


**PARTICOLARE 4**  
scala 1:5

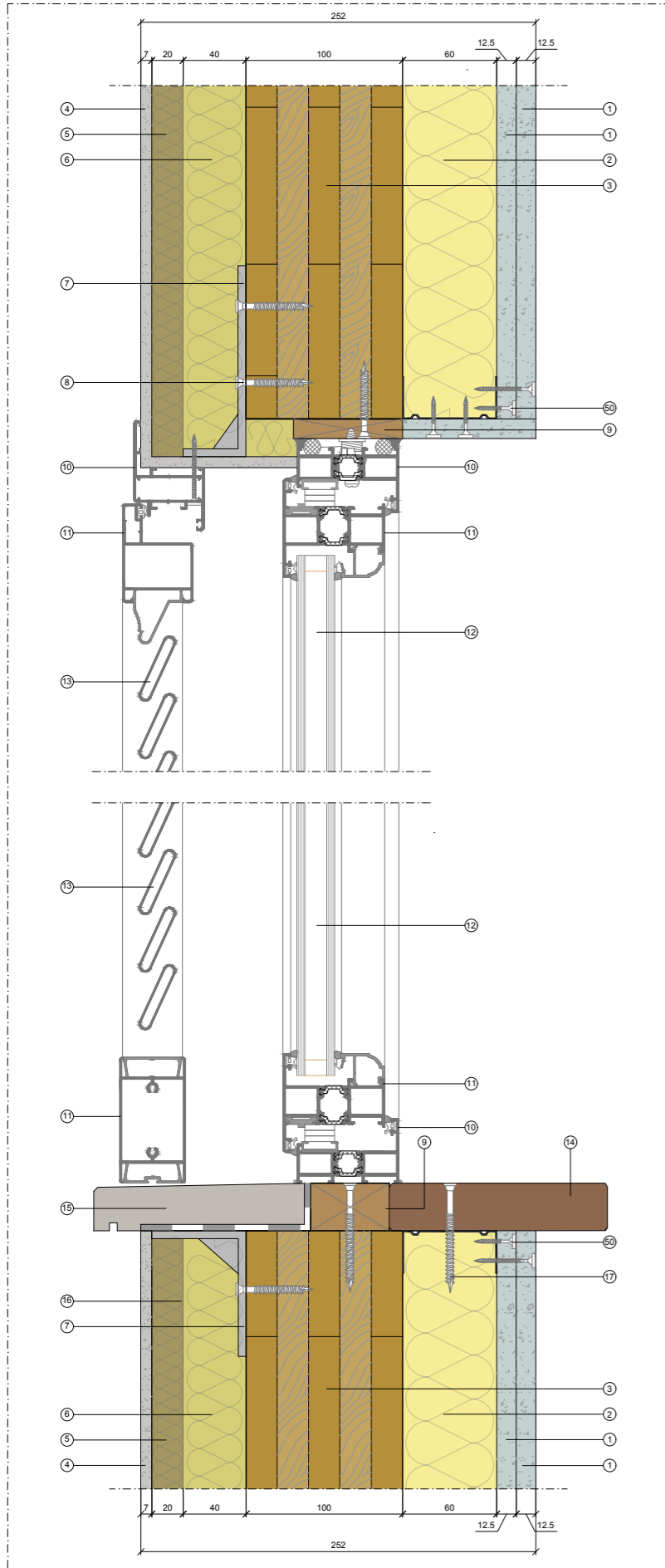


**LEGGENDA:**

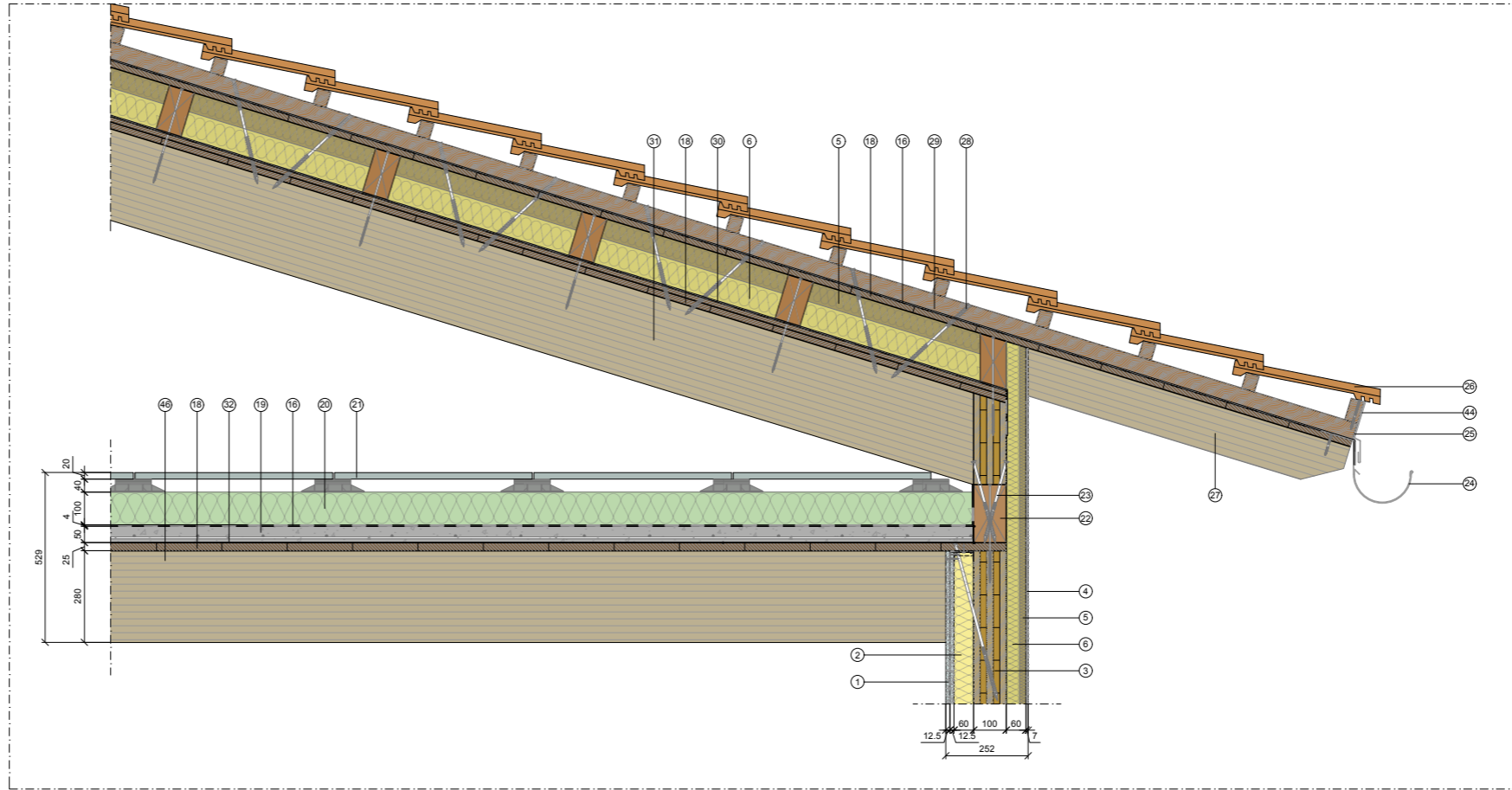
- ① Intonaco esterno
- ② Setto in c.a.
- ③ Trave rovescia: armatura Ø16 staffe Ø10 / 200
- ④ Cupolex rialto + soletta con rete elettrosaldata Ø5/20x20
- ⑤ Guaina impermeabilizzante
- ⑥ Pavimento industriale
- ⑦ Pavimentazione esterna in gres
- ⑧ Massetto delle pendenze
- ⑨ Solaio tipo predalles spessore lastra 50 mm
- ⑩ Membrana bagnata in poltillene
- ⑪ Cordolo in calcestruzzo
- ⑫ Conglomerato bituminoso
- ⑬ Mistro granulare
- ⑭ Tubo corrugato per drenaggio 140 mm
- ⑮ Magrone
- ⑯ Solaio tipo predalles: lastra 50 mm, polistirolo 160 mm, cappa 50 mm
- ⑰ Isolante XPS
- ⑱ Isolante acustico Calpestop
- ⑲ Pavimento interno in cotto
- ⑳ Pannello in cartongesso
- ㉑ Intercapedine per impianti/ Isolante in lana di roccia
- ㉒ Hold-down h=406 mm
- ㉓ Chiodi Anker Ø4x60 mm
- ㉔ Battiscopa
- ㉕ Rasante + primer per cappotti
- ㉖ Isolante in fibra di legno ad alta densità 250 kg/m³
- ㉗ Isolante in fibra di legno a bassa densità 160 kg/m³
- ㉘ Parete X-LAM 100 5s
- ㉙ Viti Ø8x160 mm inclinate
- ㉚ Cordolo in larice
- ㉛ Barra M16 classe 8.8
- ㉜ Soletta collaborante con rete elettrosaldata Ø5/20x20
- ㉝ Telo impermeabile lato calcestruzzo e trasparente lato cassero
- ㉞ Tavolato in legno
- ㉟ Travetto in legno di conifera C24 240x280 mm
- ㊱ Connettore Tecnaria CTL Base
- ㊲ Viti Ø8x280 mm inclinate
- ㊳ Vite Ø8x400 mm inclinata sulla testa di ogni travetto
- ㊴ Sottocolmo di ventilazione
- ㊵ Tegole Marsigliesi
- ㊶ Doppia listellatura 40x50 mm
- ㊷ Vite per pacchetto di isolamento Ø7x330 mm
- ㊸ Freno a vapore 4 mm
- ㊹ Trave di colmo in legno lamellare GL24h
- ㊺ Travetto in legno lamellare GL24h
- ㊻ Vite Ø4x300 mm
- ㊼ Guaina vapor trasparente 4 mm
- ㊽ Listello in legno 100x170 mm
- ㊾ Listello in legno 80x140 mm



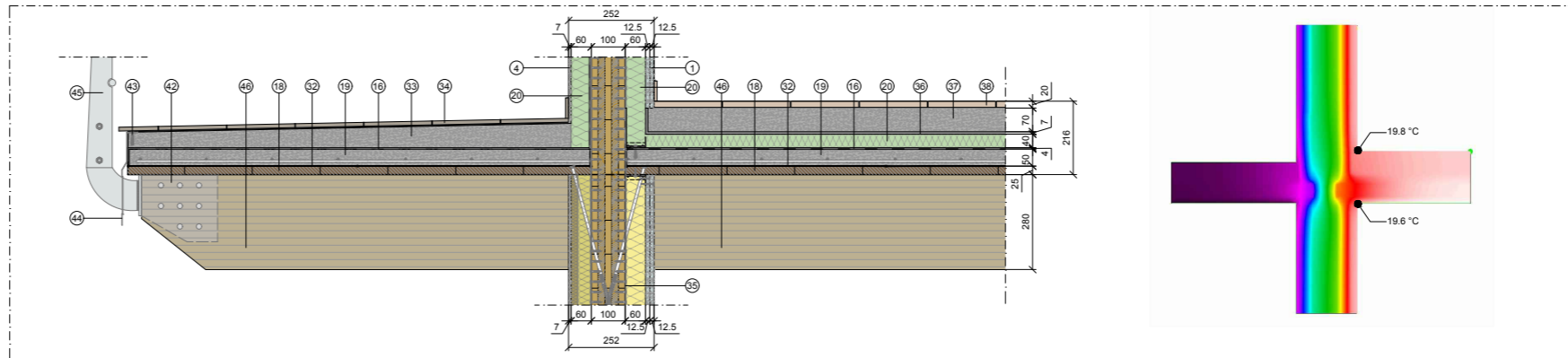
**PARTICOLARE 6**  
scala 1:2



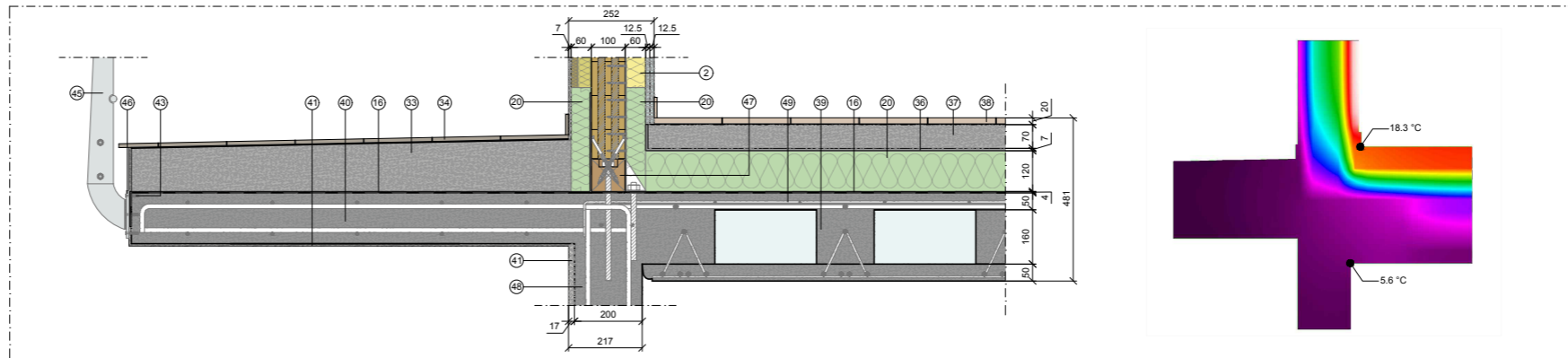
**PARTICOLARE 5**  
scala 1:10



**PARTICOLARE 7**  
scala 1:10



**PARTICOLARE 8**  
scala 1:10



**LEGENDA:**

- 1 Pannello in cartongesso
- 2 Intercapedine per impianti/ Isolante in lana di roccia
- 3 Parete XLAM 100 5s
- 4 Rasante + primer per cappotti
- 5 Isolante in fibra di legno ad alta densità 250 kg/m³
- 6 Isolante in fibra di legno a bassa densità 160 kg/m³
- 7 Staffa a L
- 8 Vite Ø4x500 mm
- 9 Controtelaio in legno
- 10 Telaio fisso in alluminio METRA
- 11 Telaio mobile in alluminio METRA
- 12 Vetrocamera a camera singola
- 13 Ovaline METRA
- 14 Davanzale interno in legno
- 15 Davanzale esterno in marmo
- 16 Guaina impermeabilizzante
- 17 Vite Ø4x700 mm
- 18 Tavolato in legno
- 19 Soletta collaborante con rete elettrosaldata Ø5/20x20
- 20 Isolante XPS
- 21 Pavimento galleggiante
- 22 Dormiente in legno di conifera
- 23 Viti Ø8x260 mm inclinate
- 24 Canale di gronda
- 25 Rete antinsetto
- 26 Tegole Marsigliesi
- 27 Passafori in legno lamellare GL24h 80x140 mm
- 28 Vite per pacchetto di isolamento Ø7x330 mm
- 29 Doppia listellatura 40x50 mm
- 30 Freno a vapore
- 31 Travetto in legno lamellare GL24h 200x280 mm
- 32 Telo impermeabile lato calcestruzzo e traspirante lato cassero
- 33 Massetto delle pendenze
- 34 Pavimentazione esterna in gres
- 35 Banda forata collegata con chiodi anker Ø4x60
- 36 Isolante acustico Calpestop
- 37 Massetto portaimpanti
- 38 Pavimento interno in cotto
- 39 Solaio tipo predalles: lastra 50 mm, polistirolo 160 mm, cappa 50 mm
- 40 Soletta in c.a.
- 41 Intonaco estemo
- 42 Piastra di ancoraggio parapetto con spinotti
- 43 Tassello meccanico
- 44 Scossalina
- 45 Parapetto in acciaio
- 46 Piastra di ancoraggio parapetto
- 47 Cordolo in larice
- 48 Setto in c.a.
- 49 Ferro di ricucitura
- 50 Vite di fissaggio a filetto semplice Ø2

