



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PERUGIA

## RIPARTIZIONE TECNICA

Piazza Università 1 - 06123 Perugia

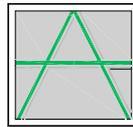
**OGGETTO:**

ADEGUAMENTO DI ALCUNI LOCALI A SERVIZIO DELL'OSPEDALE VETERINARIO  
QUALI LOCALI FARMACIA, REPARTO ISOLAMENTO PICCOLI ANIMALI E LOCALE  
MANIPOLAZIONE FARMACI ANTIBLASTICI  
CODICE EDIFICIO: P05-E04

- PROGETTO ESECUTIVO -

**PROGETTISTI:**

Architetto:  
SUBICINI ROBERTO



Ingegnere:  
ANTONELLI ROBERTO

### STUDIO A

SOCIETA' DI PROGETTAZIONE S.S.  
VIA TIBERINA N° 36/E 06050 COLLEPEPE (PG)  
TEL. e FAX 075/8789540 e-mail: info@studioa.perugia.it  
p.i. 02487360543

Perito Industriale:  
FRATI ENDRIO

Ingegnere:  
ANTONINI SARA

Ingegnere:  
FAINA FRANCESCO

R.U.P.:  
FABIO PRESCIUTTI

*CODICE COMMESSA:*

*FASE PROGETTO:*

*CODICE TECNOLOGIA:*

*REVISIONE:*

*NUMERO ELABORATO:*

**17-01**

**PE**

**ST**

**00**

**02**

*ELABORATO:*

RELAZIONE DI CALCOLO

*CARTELLA: 1326 - 17*

*DATA: NOVEMBRE 2018*

*SCALA:*

*Revisioni:*

	Data:	Descrizione:	
1			
2			
3			

## RELAZIONE DI CALCOLO

### NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per il calcolo del solaio è stato fatto riferimento alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 17-01-2018 e alle EN 1994-1-1:2004

In relazione alla resistenza e la duttilità dei connettori ci si riferisce alle Approvazioni Tecniche SOCOTEC.

### DESCRIZIONE DELLA PROCEDURA DI CALCOLO

L'intervento localizzato di progetto non prevede il calcolo sismico globale della struttura. Pertanto si procederà alla sola esecuzione dei calcoli locali del nuovo elemento strutturale.

Si riporta l'analisi dei carichi del solaio allo stato attuale e di progetto al fine di evidenziare il non aumento del peso proprio del solaio di progetto e la non variazione dei carichi accidentali sostenibili.

### ANALISI DEI CARICHI PROPRI DEL SOLAIO

Per la sola comparazione dei carichi si tiene conto del peso delle travi IPE 180 per quali è previsto il riuso ma si escludono i carichi accidentali, per i quali viene in seguito riportata un'analisi specifica.

#### Stato attuale

Peso proprio:

Pignatte (20x48x25).....	85 kg/m <sup>2</sup>
IPE180 (i=1.545).....	18.8 kg/ml
Soletta s=6 cm.....	120 kg/m <sup>2</sup>

Peso permanente:

Intonaco s=3 cm.....	60 kg/m <sup>2</sup>
----------------------	----------------------

TOTALE 274 kg/m<sup>2</sup>

#### Stato di progetto

Peso proprio solaio collaborante:

IPE180 (i=1.545) e lamiera grecata SOLAC 55 (s = 1 mm) con soletta 5.5 cm e connettori.....	226 kg/m <sup>2</sup>
---	-----------------------

Peso permanente:

Controsoffitto s=15 mm.....	20 kg/m <sup>2</sup>
-----------------------------	----------------------

TOTALE 246 kg/m<sup>2</sup>

Dall'analisi dei carichi si nota come il nuovo solaio ha un peso di poco inferiore, rispetto al solaio esistente.

### ANALISI DEI CARICHI ACCIDENTALI

Relativamente alla portanza, nel caso del solaio esistente in latero-cemento, si fa riferimento alla destinazione d'uso per la quale era stato progettato:

considerando il peso del fieno di 6 mesi in fienile pari a  $100 \text{ kg/m}^3$  e un'altezza d'interpiano pari a 2.16 m, il carico sostenuto dal solaio esistente è  $100 \times 2.16 = 216 \text{ kg/m}^2$ .

Per il nuovo solaio collaborante, la destinazione d'uso cambia da fienile a vano tecnico. Tale solaio dovrà quindi sostenere macchine specifiche per il condizionamento e ricircolo dell'aria, sistemi di cablaggio e tubazioni, per il quale si prevede un carico accidentale non superiore al  $200 \text{ kg/m}^2$ .

### VERIFICA DEL PROFILO IPE180

I profili IPE180 già presenti in loco, verranno riutilizzati come supporto al nuovo solaio collaborante, dunque non verranno rimossi con la demolizione.

La disposizione delle travi d'acciaio non verrà modificata in quanto la presenza delle finestre della facciata Nord - Est ne limita la redistribuzione. L'interasse delle travi è variabile e dunque, a scopo cautelativo, le verifiche di resistenza verranno eseguite considerando il massimo interasse presente (1.545 m).

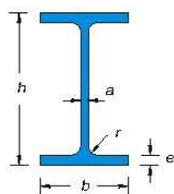
### Fase di costruzione

Considerando che la trave, durante la maturazione del getto, verrà opportunamente puntellata con una puntellazione di tipo continua, le sollecitazioni sul profilo verranno completamente annullate; per tale motivo, per questa prima fase di costruzione, non verranno eseguite né le verifiche di resistenza a taglio e a flessione, né la verifica all'instabilità flesso-torsionale (svergolamento) in quanto si assume che la lamiera grecata, solidarizzata alla trave dai pioli, sia sufficiente per controventare le travi in fase di costruzione.

### Fase con soletta collaborante

Caratteristiche di calcolo del solaio:

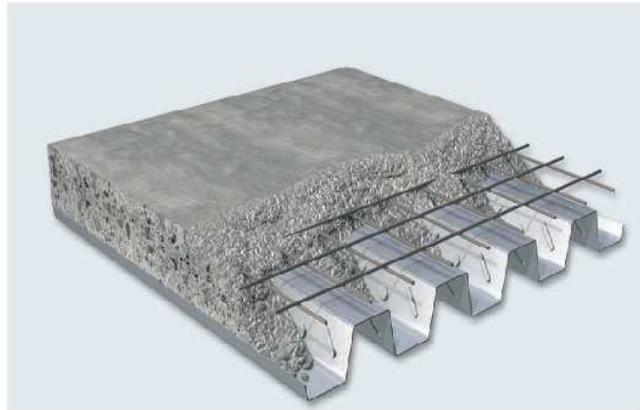
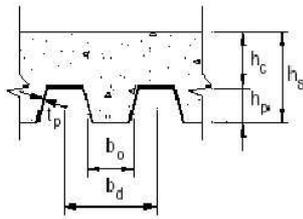
- IPE180, semplicemente appoggiata, con carichi uniformemente distribuiti.



h mm	b mm	a mm	e mm	r mm	Peso kg/m	Sezione cm <sup>2</sup>	Momenti di inerzia		Moduli di resistenza		Raggi di inerzia	
							Jx cm <sup>4</sup>	Jy cm <sup>4</sup>	Wx cm <sup>3</sup>	Wy cm <sup>3</sup>	ix cm	iy cm
180	91	5,3	8,0	9	18,8	23,95	1.317	100,9	146,3	22,16	7,42	2,05

- interasse massimo = 154.5 cm
- luce netta = 6.25 m

- luce di calcolo = 6.56 m
- spessore soletta in cls = 5.5 cm
- lamiera grecata tipo SOLAC 55 Elcom
  - altezza lamiera ( $h_p$ ) = 5.5 cm
  - interasse tra le nervature ( $b_d$ ) = 15 cm
  - larghezza media di una gola ( $b_0$ ) = 7.5 cm
  - larghezza della base inferiore ( $b_{inf}$ ) = 6.15 cm



- connettore tipo CTF in acciaio S275
- calcestruzzo C25/30

### Stato limite ultimo

Le azioni dei carichi caratteristici del solaio di progetto, sono:

- 1) peso proprio ( $G_1$ ) = 2.26 kN/m<sup>2</sup>
- 2) peso permanente ( $G_2$ ) = 0.2 kN/m<sup>2</sup>
- 3) carico accidentale ( $Q_k$ ) = 2 kN/m<sup>2</sup>

Queste vengono combinate secondo le prescrizioni delle NTC18 Cap.2, Par. 2.5.3 per la combinazione fondamentale impiegata agli stati limite (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

dove i valori dei coefficienti parziali per le azioni allo SLU sono riportate in Tab. 2.6.I e per i quali risulta  $\gamma_{G1} = 1.3$ ,  $\gamma_{G2} = 1.5$ ,  $\gamma_{Qk} = 1.5$ .

$$q_{ed} = (1.3 \times 2.26 + 1.5 \times 0.2 + 1.5 \times 2) \times 1.545 = 9.64 \text{ kN/m}$$

I valori massimi delle sollecitazioni di momento e taglio sono:

$$M_{ed} = \frac{9.64 \times 6.56^2}{8} = 51.8 \text{ kNm}$$

$$V_{ed} = \frac{9.64 \times 6.56}{2} = 31. \text{ kN}$$

Di seguito si riporta una schermata del programma di calcolo utilizzato per il dimensionamento dei solai collaboranti in acciaio e calcestruzzo ([Programma di calcolo connettori per solai in acciaio](#)), nella quale compaiono i dati di progetto e le verifiche di resistenza e di deformabilità.

Successivamente si riportano gli input/ output del software e quindi i risultati delle verifiche e la tipologia di connettore ottimale.

The screenshot shows a software interface with several panels:

- Lavoro:** Project name, designer, and slab name fields.
- Dati geometrici:** Calculation length (656 cm), beam spacing (154.5 cm), slab thickness (5.5 cm), and metal profile (IPE 180).
- Materiali:** Steel (S275) and concrete (C25/30).
- Carichi:** Self-weight (2.26 kN/m²), other loads, and permanent loads.
- Limiti di deformabilità:** Deflection limits for general slabs (L/300) and final deflection (L/250).
- Results (Disegni | Risultati):**
  - Phase 1: Steel beam in simple support. Moment and shear verification: -.
  - Phase 1+2: Steel-concrete composite slab - Ultimate Limit State.
 

Classe: 1	Beff (cm): 154.5	MEd (kNm): 51.8	Verifica Momento: <b>0.59</b>
Calcolo plastico	x (cm): 11.6	MRd (kNm): 88.3	Verifica Taglio: <b>0.22</b>
  - Phase 1+2: Composite slab - Service Limit State.
 

Altezza conn.: 9.0 cm	Distribuzioni ammesse: NB nerv. n.conn.	passo (cm)
Connessione duttile	Uniforme: <b>44</b>	<b>33</b>
Resistenza PRd: 19.4 kN	Variable:	
Nc: 320 kN k: 0.61	Quarto di trave a sx: <b>11</b>	-
Nc,f: 627 kN PRd2: 13.7 kN	Metà centrale: <b>22</b>	-
Nc,el: 368 kN k2: 0.43	Quarto di trave a dx: <b>11</b>	-

### Tipologia:

- Soletta collaborante su lamiera grecata perpendicolare alla trave
- Trave puntellata
- Trave in semplice appoggio con carichi uniformemente distribuiti
- Ambiente secco

### Coefficienti di sicurezza:

Azioni - Permanenti strutturali:	1.30
Azioni - Permanenti non strutturali:	1.50
Azioni - Variabili:	1.50
Materiali - Acciaio:	1.05
Materiali - Calcestruzzo:	1.50
Materiali - Connettori:	1.25
Materiali - Lamiera grecata:	1.10
Materiali - Acciaio per barre:	1.15

Limite all'inflexione delta 2:  $L / 300$

Limite all'inflexione finale:  $L / 250$

**Geometria:**

Luce di calcolo: 656.0 cm

Interasse travi: 154.5 cm

Spessore soletta: 5.5 cm

Base efficace: 154.5 cm

Altezza lamiera grecata (hp): 5.50 cm

Larghezza media nervatura (b0): 7.50 cm

Larghezza base inf. nervatura - binf: 6.15 cm

Interasse nervature - bd: 15.00 cm

**Profilo:** IPE 180

ha: 180.0 mm

bf: 91.0 mm

tf: 8.0 mm

bfi: 91.0 mm

tfi: 8.0 mm

tw: 5.3 mm

r0: 9.0 mm

r1: 0.0 mm

**Area:** 2395.0 mm<sup>2</sup>Iy: 1317.0 cm<sup>4</sup>Wy Sup: 146300.0 mm<sup>3</sup>Wy Inf: 146300.0 mm<sup>3</sup>W Ply: 166400.0 mm<sup>3</sup>**Acciaio :** S275fy: 275 N/mm<sup>2</sup>Es: 210000 N/mm<sup>2</sup>**Calcestruzzo:** C25/30fck: 25 N/mm<sup>2</sup>Rck: 30 N/mm<sup>2</sup>Densità: 24.00 kN/m<sup>3</sup>E cm: 31476 N/mm<sup>2</sup>**Carichi:**Peso proprio: 2.26 kN/m<sup>2</sup>Altri p.p.: 0.00 kN/m<sup>2</sup>Sottofondo: 0.00 kN/m<sup>2</sup>Pavimento: 0.00 kN/m<sup>2</sup>

Tramezzi:	0.00 kN/m <sup>2</sup>
Altri perm.:	0.20 kN/m <sup>2</sup>
Variabili:	2.00 kN/m <sup>2</sup>

---

### *Verifiche di resistenza*

Fase 1+2 - sezione mista - SLU - STATO LIMITE ULTIMO

Classe sezione mista: 1

#### **Calcolo plastico**

Azioni:	9.63 kN/m
Posizione asse neutro:	11.65 cm
Altezza totale:	29.00 cm
Momento sollecitante - MEd:	51.8 kNm
Momento resistente - MRd:	88.3 kNm
<b>Verifica momento:</b>	<b>0.59</b>

Taglio sollecitante - VEd:	31.6 kNm
Taglio resistente - VRd:	144.3 kN
<b>Verifica taglio:</b>	<b>0.22</b>

---

### *Verifiche di deformabilità*

Fase 1+2 - SLS - STATO LIMITE DI SERVIZIO

Delta 0 - pre-monta iniziale:	0.0 mm
Delta 1 - Sezione: mista - Carichi: P.p. + Perm.:	5.7 mm
Delta 2 - Sezione: mista - Carichi: Var.+ viscosità:	6.2 mm
Delta 2 da ritiro:	5.3 mm

Delta 2 totale: **11.5 mm = L / 573**

Delta finale totale: **17.2 mm = L / 382**

Asse neutro elastico dall'estradosso:	7.5 cm
Coefficiente di omogeneizzazione istantaneo:	6.67
Momento di inerzia sezione omog. istantaneo:	7636.7 cm <sup>4</sup>
Coefficiente di omogeneizzazione - n:	13.34
Momento di inerzia sezione omog.:	6656.5 cm <sup>4</sup>
Incremento freccia per interazione incompleta - i:	1.00
Frequenza fondamentale naturale:	6.5 Hz
calcolata con combinazione frequente. Psi1=	0.5

---

## Verifiche di resistenza della connessione

Fase 1+2 - sezione mista - Connessione

Connessione a parziale ripristino di resistenza

Compressione nella soletta in calcestruzzo:

Nc data dai connettori posizionati(kN): 320

Nc,f relativa al completo ripristino di resistenza(kN): 627

Nc,el relativa al massimo momento elastico Mel,Rd (kN): 368

Tipo Connettore: CTF 12/90

Altezza: 90 mm

Resistenza del connettore - Prd: 31.90 kN

Coeff. riduttivo relativo ad 1 conn. per nerv. k: 0.61

Coeff. riduttivo relativo a 2 o + conn. per nerv. k2: 0.43

Resistenza connessione, 1 conn. per nerv. PRd \* k : 19.38 kN

Resistenza connessione, >1 conn. per nerv. PRd \* k2: 13.70 kN

Connettore duttile.

Distribuzione connettori plastica uniforme

Distribuzione uniforme:

Numero nervature per trave= 44

Numero connettori= 33

Distribuzione variabile (in alternativa):

Settore a sinistra:

Nervature per settore= 11

Numero connettori= (-)

Settore centrale:

Nervature per settore= 22

Numero connettori= (-)

Settore a destra:

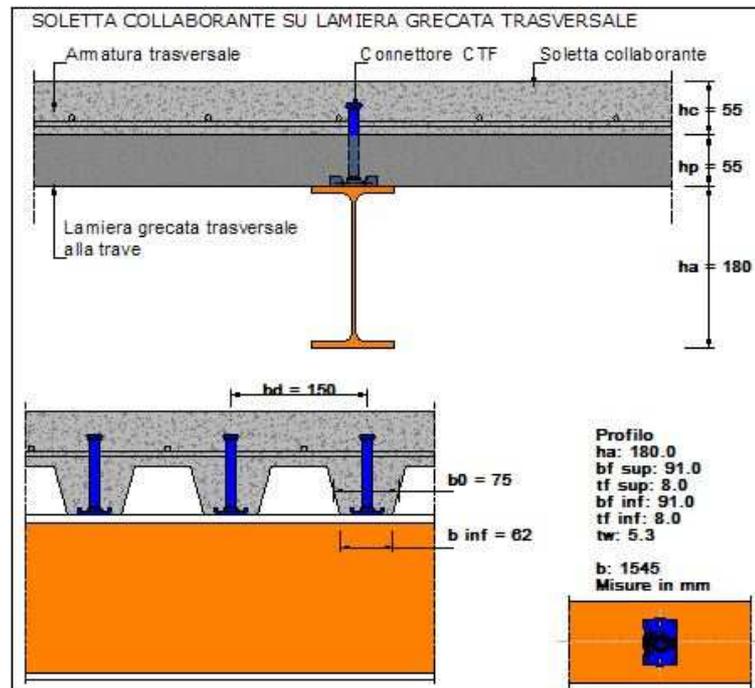
Nervature per settore= 11

Numero connettori= (-)

-----

Fase 1+2 - sezione mista - Armatura trasversale in acciaio B450C

Soletta: 1.2 cm<sup>2</sup>/m



Sulla base dei dati di input inseriti e delle verifiche svolte (resistenza delle sezioni trasversali critiche (SLU); deformazione della trave (SLS); resistenza e distribuzione dei connettori (Resistenza allo scorrimento; calcolo minima armatura trasversale da posizionare nella soletta), si può affermare che il solaio soddisfa tutte le verifiche imposte, con una condizione di carico accidentale pari a  $200 \text{ kg/m}^2$  (carico stimato, per eccesso, dell'attrezzatura tecnica che vi verrà poggiata).

Considerando però che il solaio sarà maggiormente caricato in determinate zone e che il carico incidente potrà essere anche due volte tanto il carico accidentale posto in calcolo, mediante il software si è voluto dimostrare che il solaio verifica ugualmente ed ampiamente tutte le condizioni sopracitate anche ponendo un carico accidentale pari a  $350 \text{ kg/m}^2$ .

Di seguito una schermata del software che conferma le verifiche.

The screenshot displays a software interface for structural design, divided into several sections:

- Lavoro (Work):** Fields for Progetto, Progettista, and Solaio.
- Dati geometrici (Geometric Data):**
  - Luce di calcolo: 656 cm
  - Interasse travi b: 154.5 cm
  - Spessore soletta hc: 5.5 cm
  - Profilo metallico: IPE 180
  - Options: Soletta piena (unchecked), Soletta su lamiera grecata (checked), Lamiera grecata trasversale/parallela (checked), Trave puntellata (checked).
  - Solac 55 Elcom (selected)
  - Altezza lamiera hp: 5.5 cm
  - Interasse bd: 15 cm
  - Larghezza b0: 7.5 cm
  - Larghezza inf. binf: 6.15 cm
  - Larghezza raccordo br: 15 cm
- Materiali (Materials):** Acciaio: S275, Calcestruzzo: C25/30, CONNETTORE: CTF, DIAPASON.
- Carichi (Loads):**
  - Peso proprio: 2.26 kN/m<sup>2</sup>
  - Altri di 1° fase: 0 kN/m<sup>2</sup>
  - Sottofondo: 0 kN/m<sup>2</sup>
  - Pavimento: 0 kN/m<sup>2</sup>
  - Tramezzi: 0 kN/m<sup>2</sup>
  - Altri permanenti: 0.2 kN/m<sup>2</sup>
  - Var. utente: 3.5 kN/m<sup>2</sup> (circled in red)
- Limiti di deformabilità (Limits of deformability):** Solai in generale.
- Connettori (Connectors):** Fields for +, -, and n.
- Disegni Risultati (Design Results):**
  - Fase 1 - Trave in acciaio in semplice appoggio - Verifica Momento: -, Verifica Taglio: -
  - Fase 1+2 Trave acciaio-ds - Stato Limite Ultimo:
    - Classe: 1, Beff (cm): 154.5, MED (kNm): 70.5, Verifica Momento: **0.80**
    - Calcolo plastico: x (cm): 11.6, MRd (kNm): 88.3, Verifica Taglio: **0.30**
  - Fase 1+2 Trave acciaio-ds - Stato Limite Ultimo - CONNESSIONE:
    - Altezza conn.: 9.0 cm, Distribuzioni ammesse: NB nerv. n.conn. passo (cm)
    - Connessione duttile: Uniforme: 44, 33
    - Resistenza PRd: 19.4 kN, Variabile:
    - Nc: 320 kN, k: 0.61, Quarto di trave a sx: 11, -
    - Nc,f: 627 kN, PRd2: 13.7 kN, Metà centrale: 22, -
    - Nc,el: 368 kN, k2: 0.43, Quarto di trave a dx: 11, -
  - Fase 1+2 Trave acciaio-ds - Stato Limite di Servizio:
    - Delta 0 (mm): 0.0, x el. (cm): 7.5, Frequenza:
    - Delta 1 (mm): 0.0 + 5.7, n (Coeff. omo.): 13.3, 5.5 Hz
    - Delta 2 (mm): 10.2, = L / 425, i: 1.00
    - Delta 2 ritiro (mm): 5.3, Rete (cm2/m): 1.25, -
    - Delta max (mm): 21.2, = L / 310, Staffe (cm2/m): -, -
  - Table with columns Tipo and nota:
    - Nota: Si ricorda che il solaio nella direzione trasversale alle travi va verificato a parte
    - Nota: Per il calcolo della frequenza si utilizza un coefficiente di comb. frequente = 0.

Al fine di garantire il collegamento tra il solaio e le pareti in muratura, si prevede un profilato angolare rettangolare in acciaio posizionato lungo il tre lati del sopalco. Il profilato avrà dimensioni 50x100x8 e verrà collegato alla muratura mediante barre ad aderenza migliorata tipo B450C Ø12 penetranti a 45° per i 2/3 dello spessore del muro; i perfori nei quali verranno inserite le barre avranno un diametro pari a 16 mm e l'elemento di unione chimica tra muratura e barra è resina epossidica. I perfori verranno realizzati con interasse 50 cm; Le barre ad aderenza migliorata, saranno prolungate nella soletta per 110 cm.

Il profilato verrà inoltre saldato con l'estradosso dell'ala superiore dell' IPE180 così da garantire l'efficacia del collegamento.

Perugia, novembre 2018

Il progettista delle strutture