

**ISOLGOMMA**  
\*\*\*\*\*



Acoustic Isolation & Vibration Control



ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI VENEZIA

**FONDAZIONE INGEGNERI VENEZIANI**



# Isolamento delle vibrazioni

Progettazione di interventi di isolamento  
Su macchinari, impianti e strutture



**COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA**

**Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale**

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 2

# SOMMARIO

- **Sorgenti di vibrazione**
- **Modelli di analisi**
- **Esempi di dimensionamento**
- **Casi pratici**
- **Considerazioni sulla posa**



# Che cos'è la vibrazione?

La vibrazione è oscillazione meccanica attorno ad una posizione di riferimento



E' un fenomeno quotidiano, nelle nostre case, durante il trasporto e nel lavoro.

La vibrazione è spesso un effetto collaterale distruttivo e fastidioso di un utile processo, ma a volte è generato intenzionalmente per eseguire un lavoro.



COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA

**Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale**

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 4

# Le vibrazioni

*-Vibrazioni "desiderate" (per ottenere un risultato)*



*-Vibrazioni "indesiderate" (non volute, conseguenza di azioni o operazioni)*



-In entrambi i casi... Possono causare danni o disturbi alle persone, cose ed edifici !

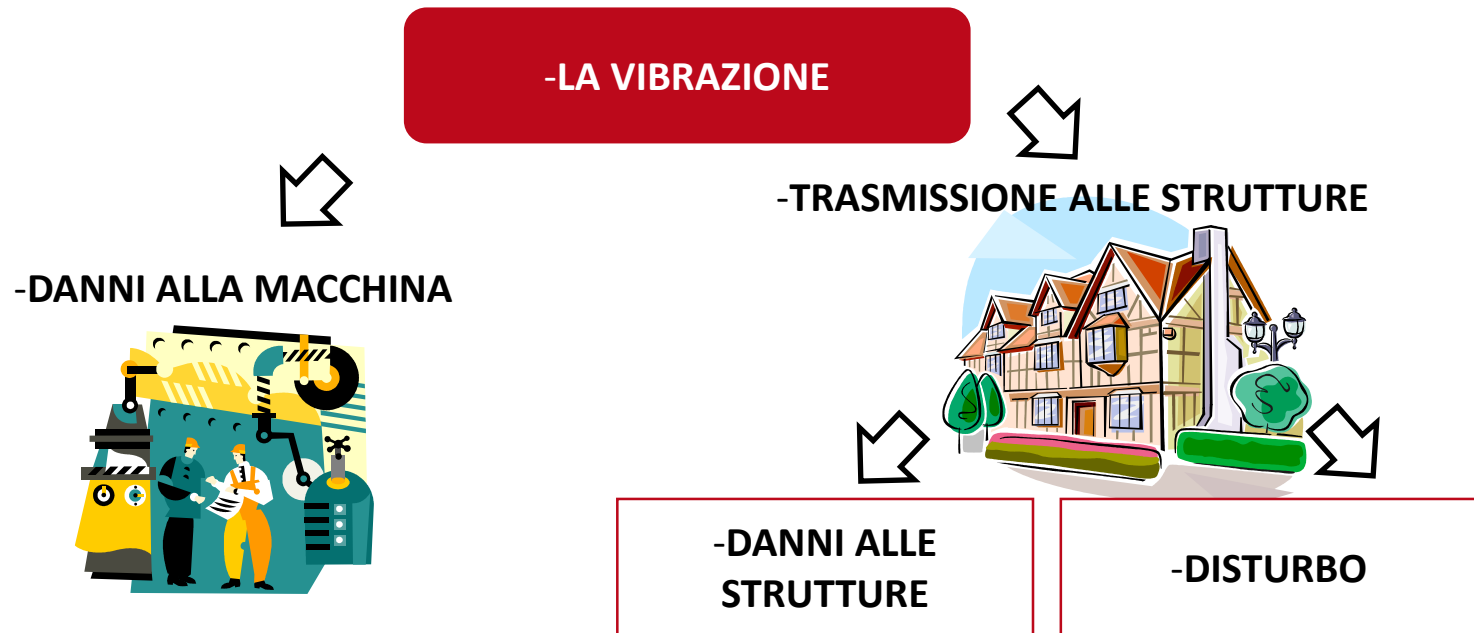


COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA

**Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale**

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 5

# Danno e disturbo



La vibrazione delle macchine è il risultato di una forza dinamica (a causa di parti in movimento) che si trasmette alle strutture collegate alla macchina.

Diverse parti della macchina vibrano con varie frequenze e ampiezze. Le vibrazioni possono causare l'usura e la fatica. Spesso è responsabile dell'usura e rottura definitiva della macchina.



# Le macchine vibranti

Esistono molteplici macchinari che devono essere isolati in ambito civile e industriale

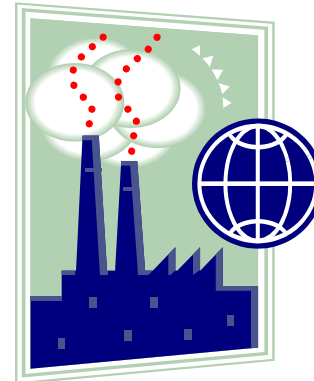
## EDILIZIA CIVILE

- Unità di trattamento aria
- Generatori
- Pompe



## INDUSTRIA

- Presse, magli, trance
- Telai
- Rotative di stampa
- Macchinari industriali vibranti



# Edilizia: UTA

Le macchine di trattamento aria sono di molti tipi :

1. **CHILLER**: gruppi refrigeratori d'acqua a compressione
2. **ROOF TOP**: differiscono dai chiller nel fatto che utilizzano l'aria sia dal lato condensatore che quello dell'evaporatore
3. **CONDIZIONATORI DI PRECISIONE**: sono ad aria o acqua; usati nelle strutture di elaborazione dati
4. **SHELTER**: condizionatori di precisione per centrali telefoniche non presidiate
5. **CENTRALI DI TRATTAMENTO ARIA**: sono composte di sezioni differenti, ognuna delle quali svolge una funzione di trattamento dell'aria





# Edilizia: Generatori

## -GEN SET: Engine Generator (Gruppo Elettrogeno)

In ingegneria meccanica ed elettrica il gruppo elettrogeno è una macchina costituita da un motore termico accoppiato ad un generatore elettrico (alternatore), atta a produrre energia elettrica a partire da energia termica di combustione tramite opportuna conversione passando attraverso una conversione intermedia in energia meccanica.



# Edilizia: Pompe

Una **pompa** è un dispositivo meccanico usato per spostare liquidi o gas. Si intende normalmente per pompa il dispositivo usato per spostare liquidi, mentre si designa solitamente come **compressore** il dispositivo destinato allo spostamento di fluidi gassosi.



COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA

Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 10

# Industria: Presse, Magli, Trance

La **pressa** è una macchina utensile atta alla compressione di un materiale.

Le presse si differenziano per principio di funzionamento, per costruzione meccanica e per il materiale che lavorano.



La **trancia** (o cesoia) è un utensile che serve per tagliare lamiera.

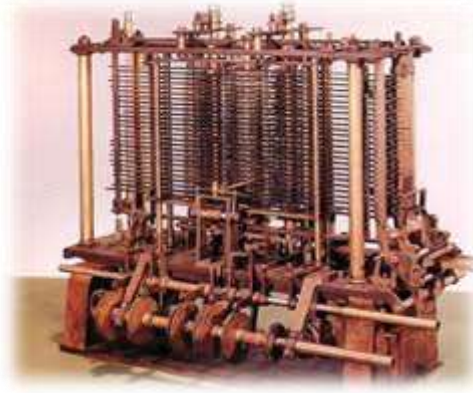
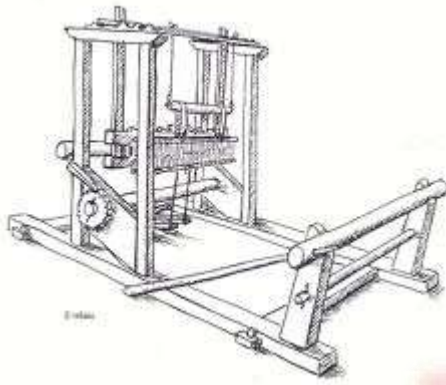


Il **maglio** è un dispositivo meccanico per lavorazioni di fucinatura o stampaggio che deforma plasticamente un pezzo sotto l'azione di una pressione.



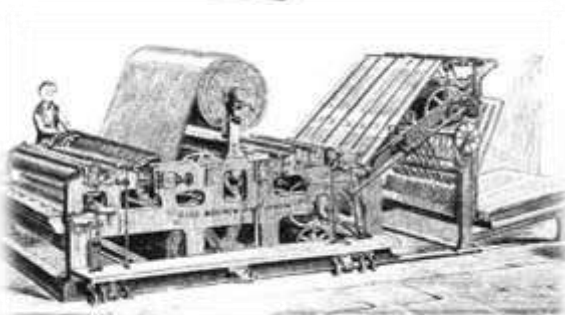
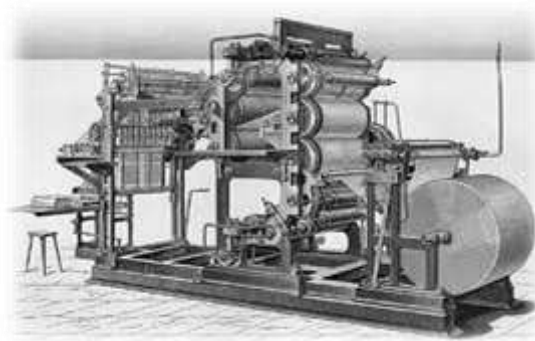
# Industria: Telai

Il telaio è la macchina utilizzata per la produzione di tessuti, ottenuti tramite opportuno intreccio di due serie di fili tra loro perpendicolari, denominati trama ed ordito.



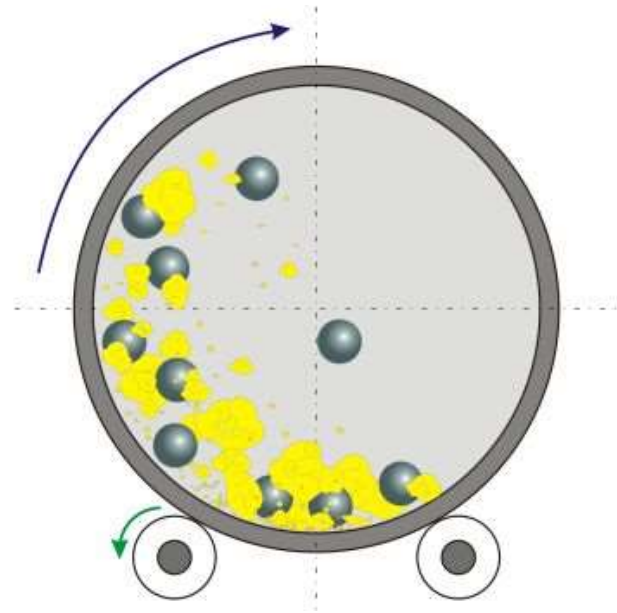
# Industria: Rotative di stampa

Una rotativa è una macchina per la stampa nella quale le immagini da stampare sono incurvate intorno ad un cilindro. La stampa può essere effettuata su diversi tipi di supporti: carta, cartone e plastica, in fogli o su rulli continui.



# Industria: Mulino a Sfere

Un mulino a sfere è un macchinario utilizzato per la macinazione di diversi tipi di sostanze, in genere minerali, che sfrutta sfere di materiale molto duro in caduta all'interno di un cilindro in rotazione contenente anche il materiale da macinare. Ha frequenze di rotazione basse (fino ad 1 Hz).



# Nell'edificio



COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA

**Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale**

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 15

# Isolamento delle vibrazioni

Principali modelli di analisi per le vibrazioni



**COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA**

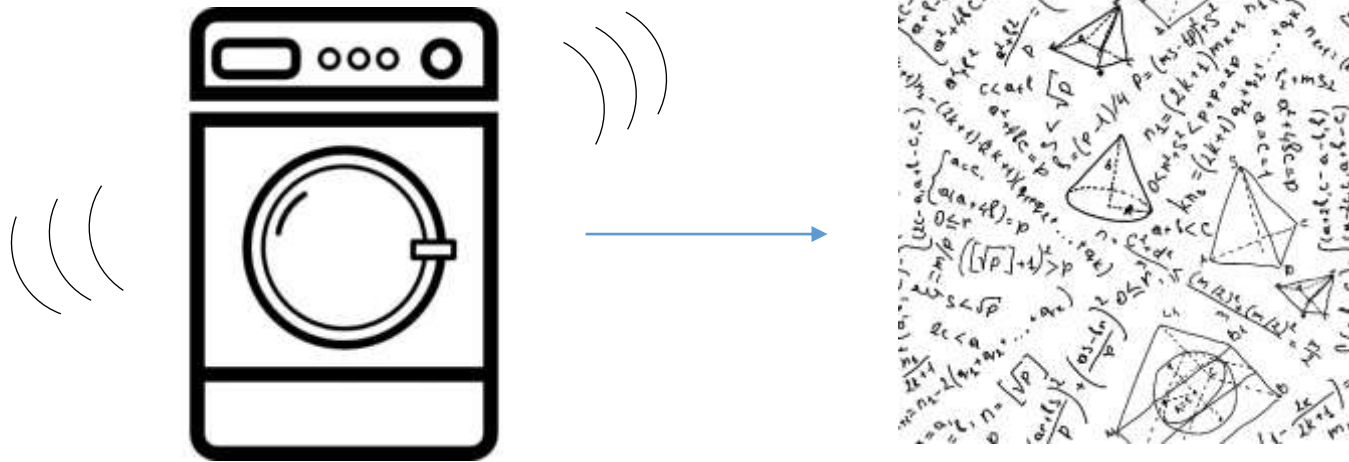
**Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale**

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 16



# Modello

Come costruire un modello di analisi del fenomeno vibratorio ?



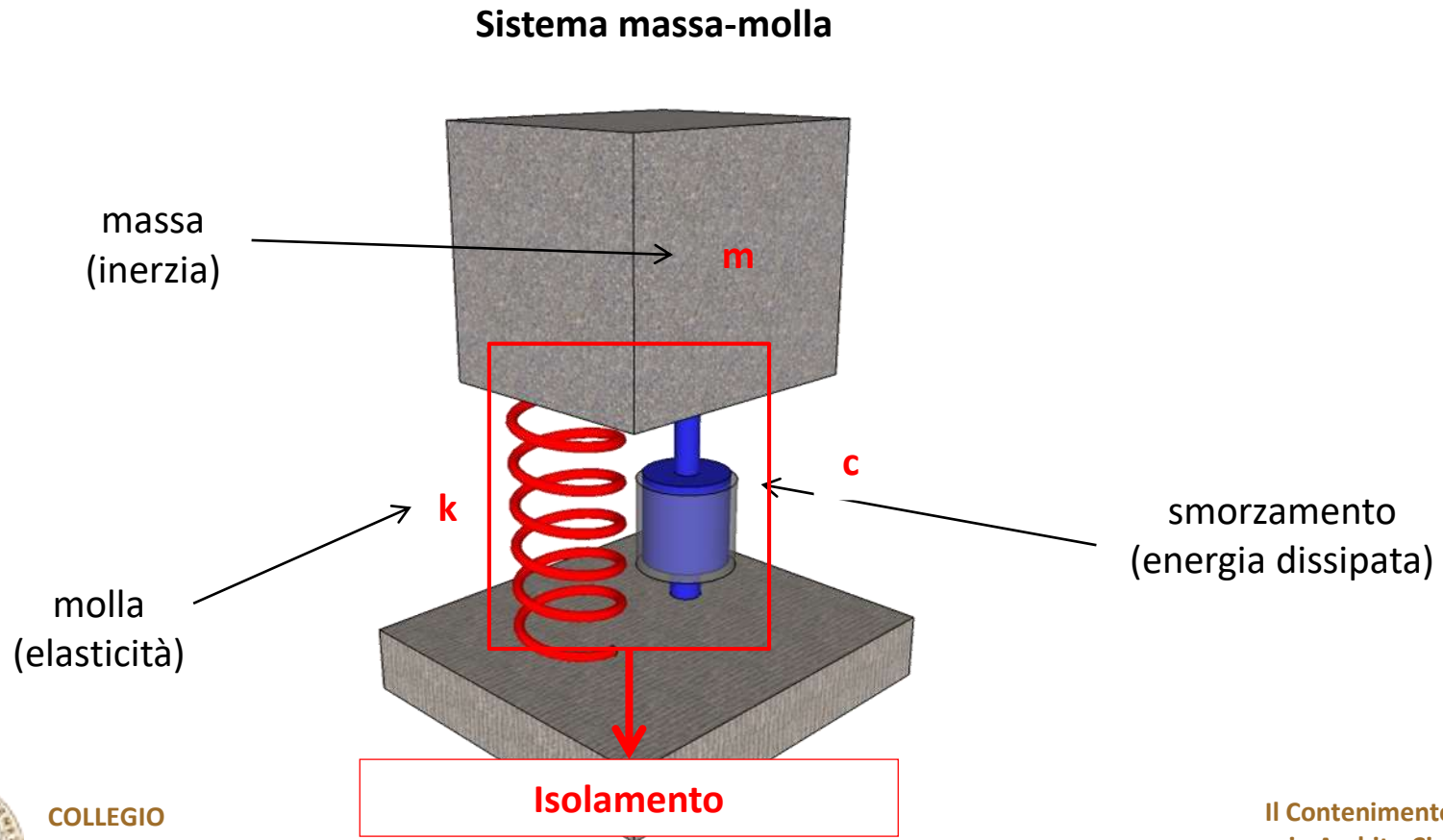
COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA

**Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale**

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 17

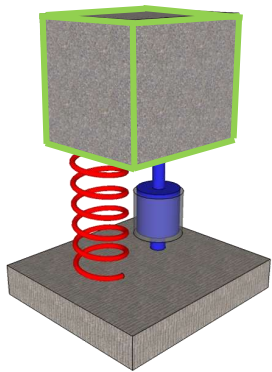
# Il sistema massa-molla

Nella maggior parte dei casi (semplici e complessi), un sistema di vibrazione può essere rappresentato da un particolare modello fisico, chiamato



# Massa

La **MASSA** rappresenta la componente inerziale del sistema; in genere è identificabile con il peso della macchina da isolare, incluso eventualmente il peso del basamento se previsto.



Macchinari domestici  
**50-100 kg**

Unità di ventilazione e  
trattamento aria  
**100 - 3000 kg**



Impianti industriali  
**20 – 100 Ton**

-Edifici  
-Peso variabile

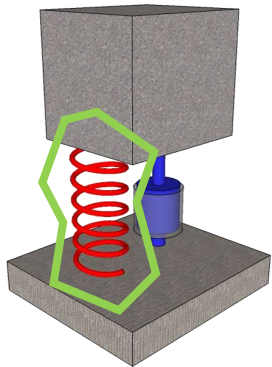


# Molla

La **MOLLA** è un elemento elastico capace di accumulare energia se sottoposto a deformazione, caratterizzato da una

**COSTANTE ELASTICA  $k$**

La costante elastica di una molla rappresenta il rapporto tra la forza impressa e la conseguente deflessione



Supporti a molla in acciaio

Supporti in elastomero



Materassini in gomma, poliuretano espanso, neoprene espanso, sughero, fibre, ...

Supporti pneumatici



# Supporti elastici

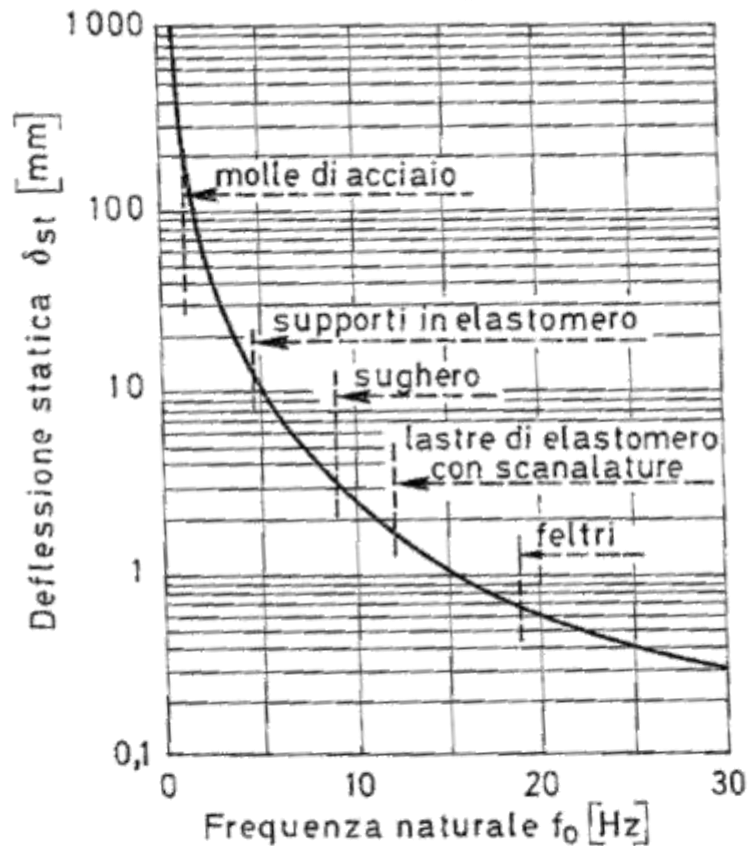


Fig. II.2-3 - Campo d'impiego pratico di vari tipi di supporti elastici (da /8/).

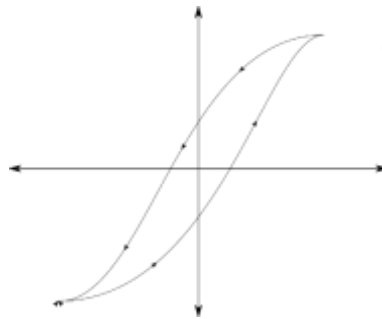
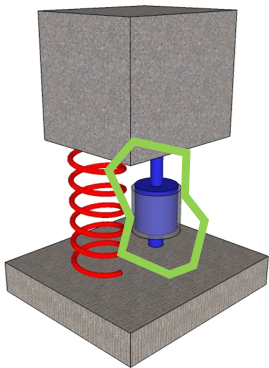


# Smorzatore

Lo **SMORZATORE** è un elemento capace di dissipare energia, è caratterizzato da un

## COEFFICIENTE DI SMORZAMENTO $c$

che misura il rapporto tra la forza resistente al moto e la velocità del movimento stesso



Isteresi - dissipazione di energia interna al materiale



-Dissipatore viscoso



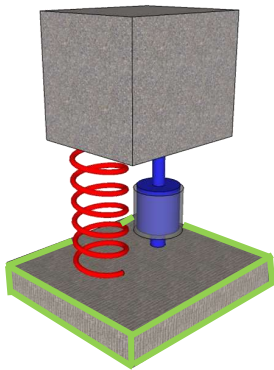
COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA

Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 22

# Telaio – Base di Supporto

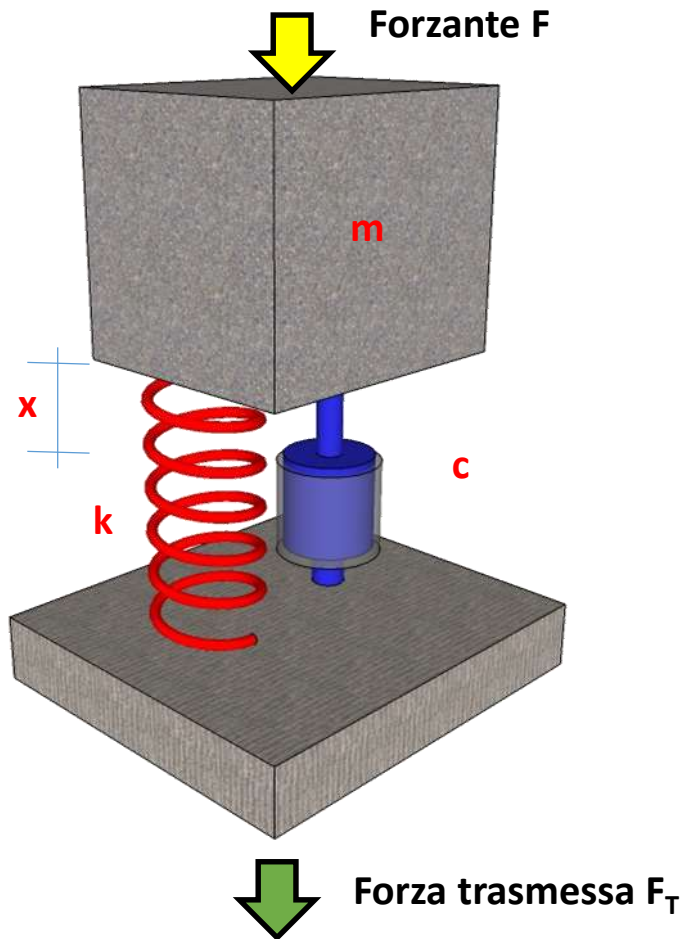
La **BASE DI SUPPORTO** è un elemento fondamentale, a volte trascurato, a seconda della tipologia e rigidezza/flessibilità può determinare trasmissione ed amplificazione di vibrazioni negli edifici e nell'ambiente.



- Fondazioni flottanti a livello terra
- Solai leggeri
- Solai di copertura
- Strutture metalliche
- ...



# Tipologia di vibrazione - FORZATE



-Tipico problema reale  
di controllo delle vibrazioni

-Equazione del moto:

$$ma + cv + kx = Fe^{i\omega t}$$

-Se la forza  $F$  è oscillatoria (è una funzione sinusoidale), il moto del sistema è anche sinusoidale, con la stessa frequenza della forza di eccitazione, ma l'ampiezza della forza trasmessa dipende dalle caratteristiche del sistema e dei suoi componenti. Il movimento della massa può essere sfasato, a seconda dello smorzamento del sistema.





# Considerazioni sulla Trasmissibilità

La trasmissione della forza di sollecitazione dipende dalle caratteristiche fisiche del sistema vibrante, in particolare:

**FREQUENZA NATURALE**  $f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$

**SMORZAMENTO**  $c, c_c, \zeta$

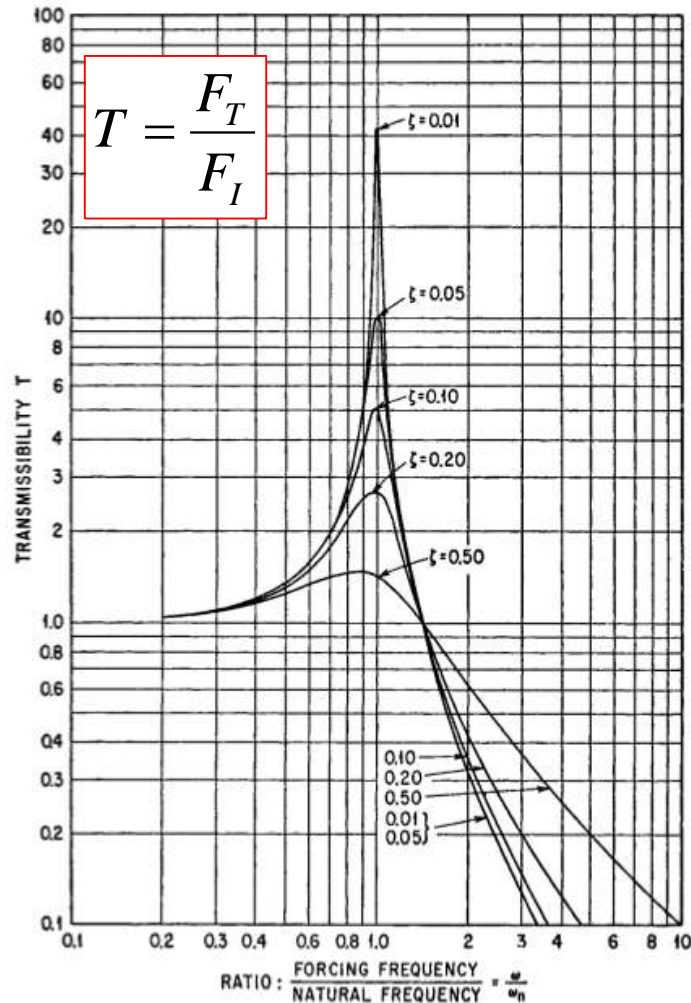
La frequenza naturale  $f_n$  deve essere inferiore della frequenza della forza eccitante  $f_i$ . Più bassa è la frequenza naturale, maggiore sarà l'isolamento

$$f_n < f_i$$

$f_i / f_n$	Attenuazione
1.41	0 %
2	66 %
3	87 %
4	93 %
5	96 %



# Trasmissibilità



## Trasmissibilità

$T < 1$  , riduzione delle vibrazioni  
 $T \geq 1$  , amplificazione delle vibrazioni

Sistema non smorzato ( $c=0$ )

$$T = \frac{1}{\left(1 - \frac{f^2}{f_n^2}\right)}$$

Sistema smorzato ( $c>0$ )

$$T = \sqrt{\frac{1 + \left(2\zeta \frac{f}{f_n}\right)^2}{\left(1 - \frac{f^2}{f_n^2}\right)^2 + \left(2\zeta \frac{f}{f_n}\right)^2}}$$



# Trammissibilità

$$T = \frac{1 + \left(2\xi \cdot \frac{f}{f_0}\right)^2}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right]^2 + \left(2\xi \cdot \frac{f}{f_0}\right)^2}} < 1$$

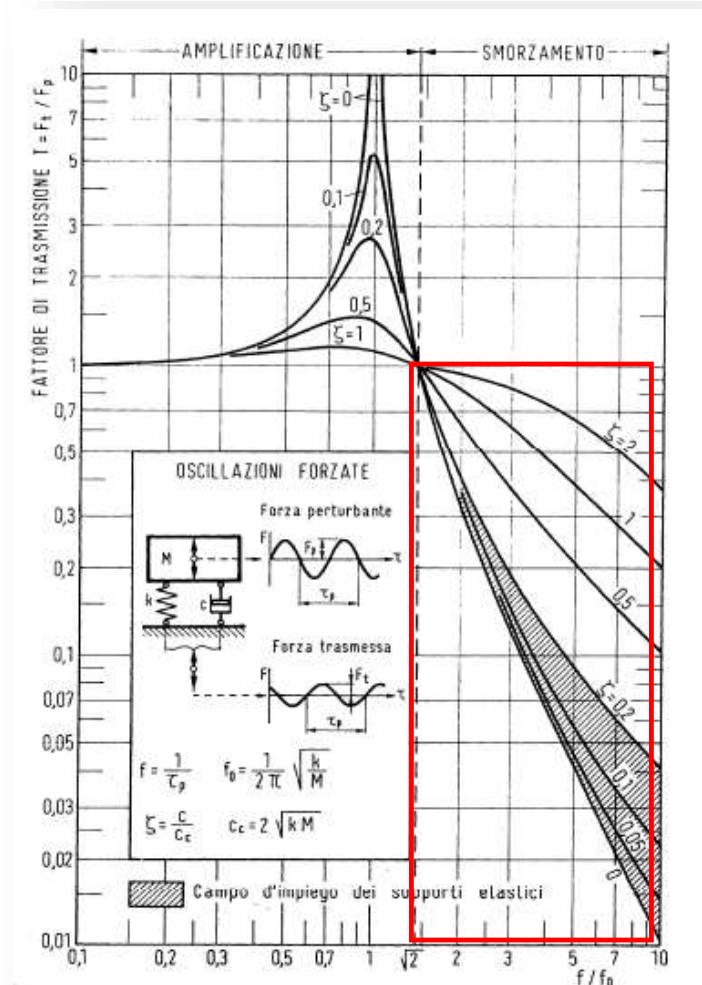
$f$  frequenza disturbante

$f_n$  frequenza naturale del sistema

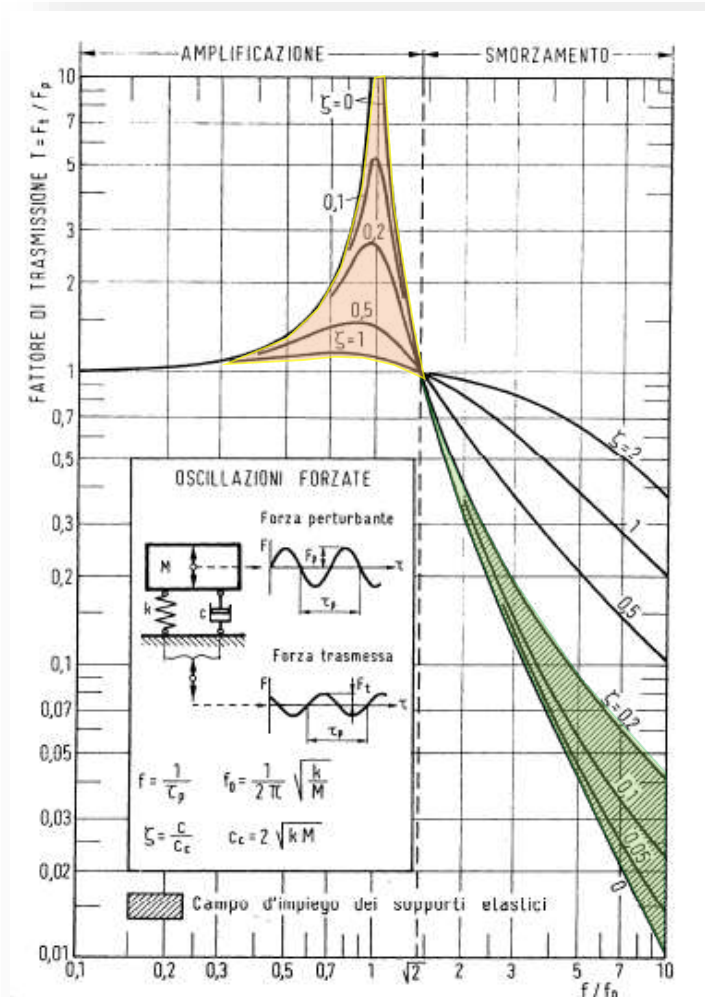
$\xi$  rapporto di smorzamento

**Il sistema è efficiente se:**  
 $f > 1.41 f_n$

$$f / f_0 > \sqrt{2}$$



# Considerazioni sulla Trasmissibilità



La **risonanza** è l'amplificazione della vibrazione, quando la frequenza Della forza di sollecitazione si avvicina alla frequenza naturale del sistema

Lo **smorzamento** è necessario per evitare il pericolo di funzionamento in risonanza, ma alle alte frequenze riduce l'isolamento.

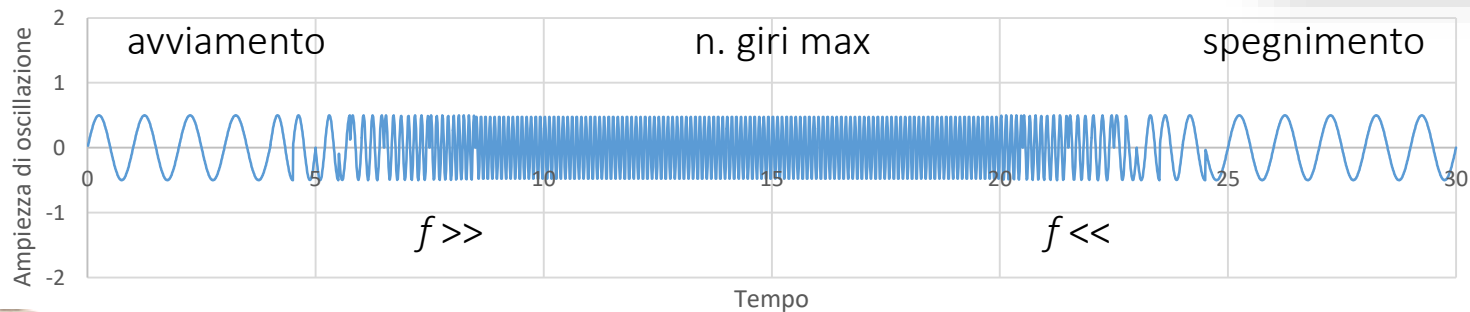
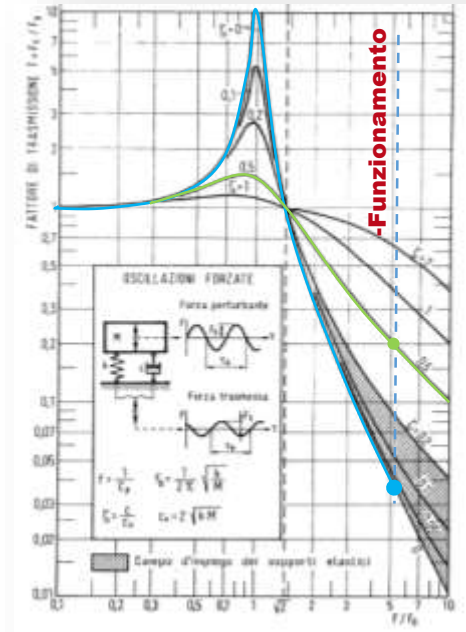


# Considerazioni sulla Trasmissibilità

## AVVIAMENTO dei macchinari

Anche se la frequenza naturale è inferiore alla frequenza della forza di eccitazione, amplificazione e risonanza devono essere considerate durante l'avviamento della macchina

1200 rpm



**COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA**

**Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale**

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 29

# Progettazione di interventi di isolamento

## Esempi di dimensionamento



**COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA**

**Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale**

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 30

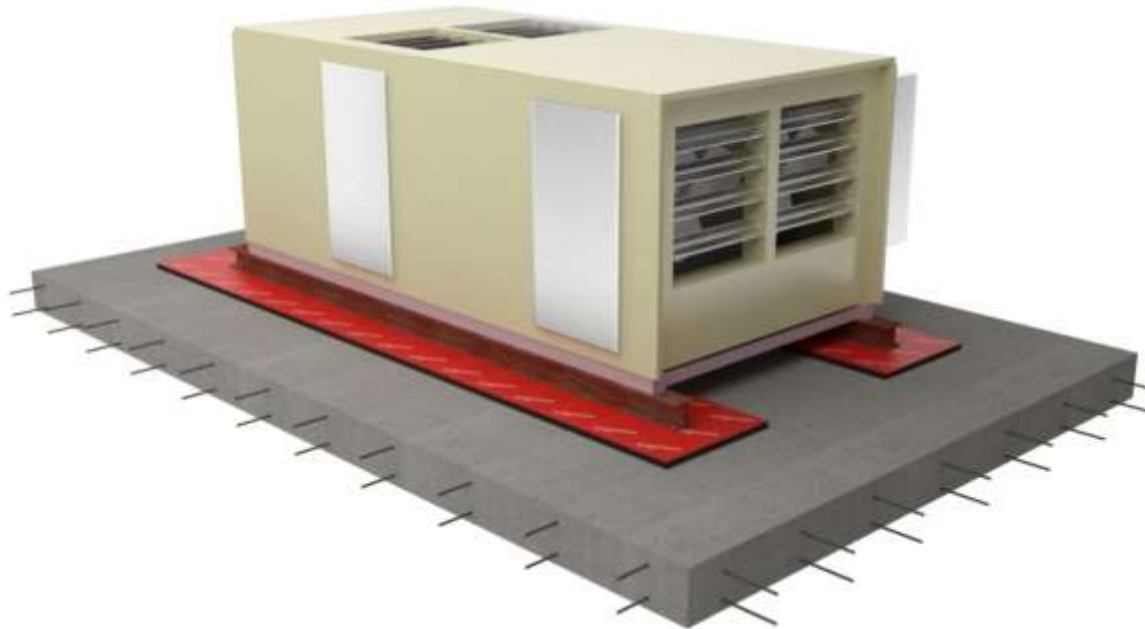
# Esempi di Calcolo



# 1. ISOLAMENTO DI MACCHINE

## ESEMPIO n. 1

### Isolamento di una U.T.A.





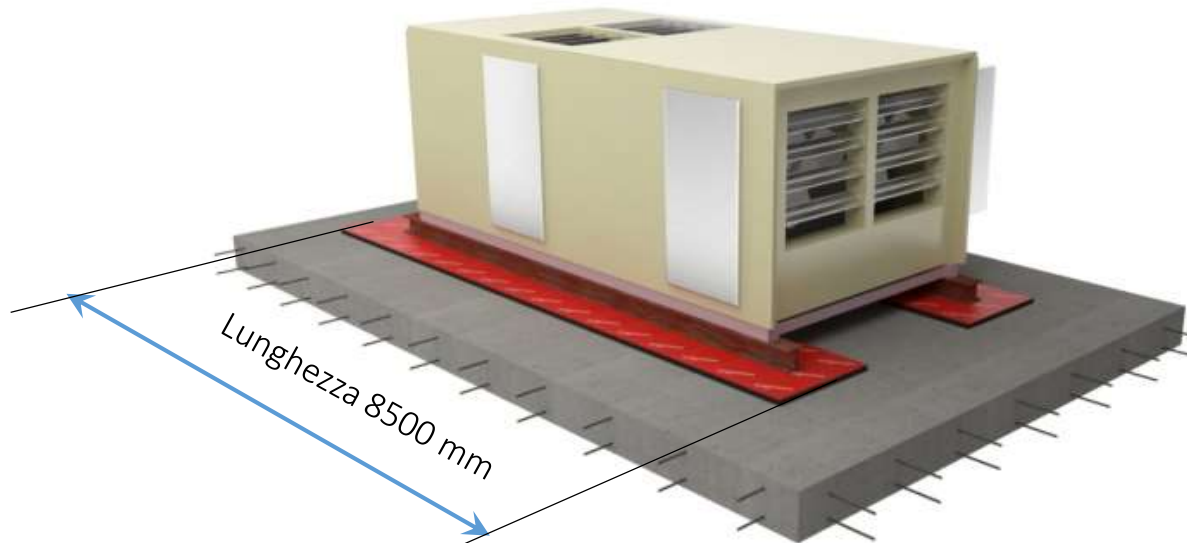
# Esempio n. 1

## UNITA' DI TRATTAMENTO ARIA

Massa della macchina: 6700 kg

Macchina fissata su travi 2 IPE 140 (base 73 mm)

Velocità di rotazione: 1500 rpm



COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA

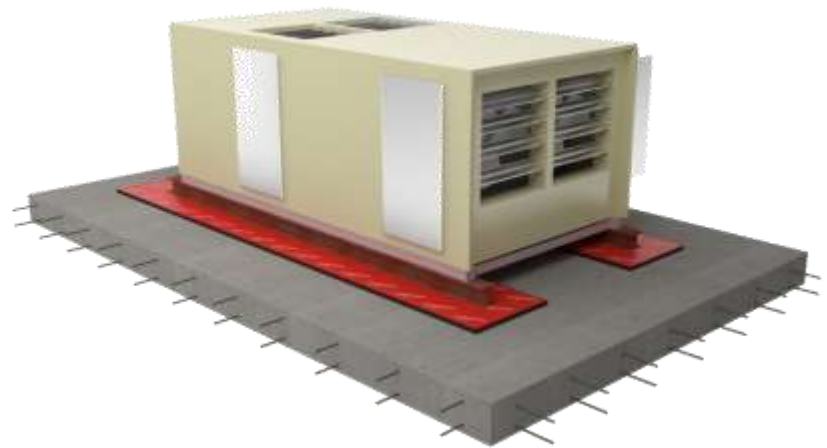
**Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale**

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 33

# Esempio n. 1

**Superficie di appoggio:**

$$\begin{aligned} \text{Superficie} &= \text{Area appoggio trave} \cdot n.\text{travi} = \text{Lunghezza} \cdot \text{base} \cdot n.\text{travi} = \\ &= 8500\text{mm} \cdot 73\text{mm} \cdot 2 = 1241000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



**Carico sul materassino:**

$$\begin{aligned} \text{Pressione} &= \frac{\text{Peso macchina} \cdot g(\text{acc. gravità})}{\text{superficie di appoggio}} = \\ &= \frac{6700 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2}{1241000 \text{ mm}^2} = 0.053 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \end{aligned}$$



COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA

**Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale**

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 34

# Esempio n. 1

$$T = \frac{1 + \left(2\xi \cdot \frac{f}{f_0}\right)^2}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right]^2 + \left(2\xi \cdot \frac{f}{f_0}\right)^2}} < 1$$

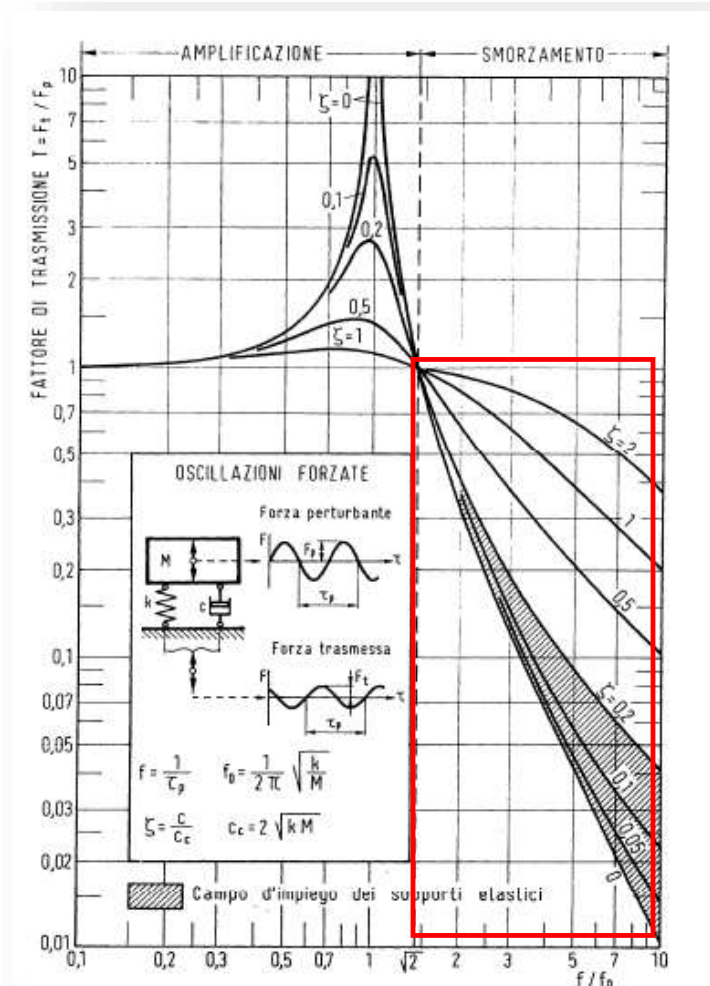
$f$  frequenza disturbante

$f_n$  frequenza naturale del sistema

$\xi$  rapporto di smorzamento

**Il sistema è efficiente se:  
 $f > 1.41 f_n$**

$$f / f_0 > \sqrt{2}$$



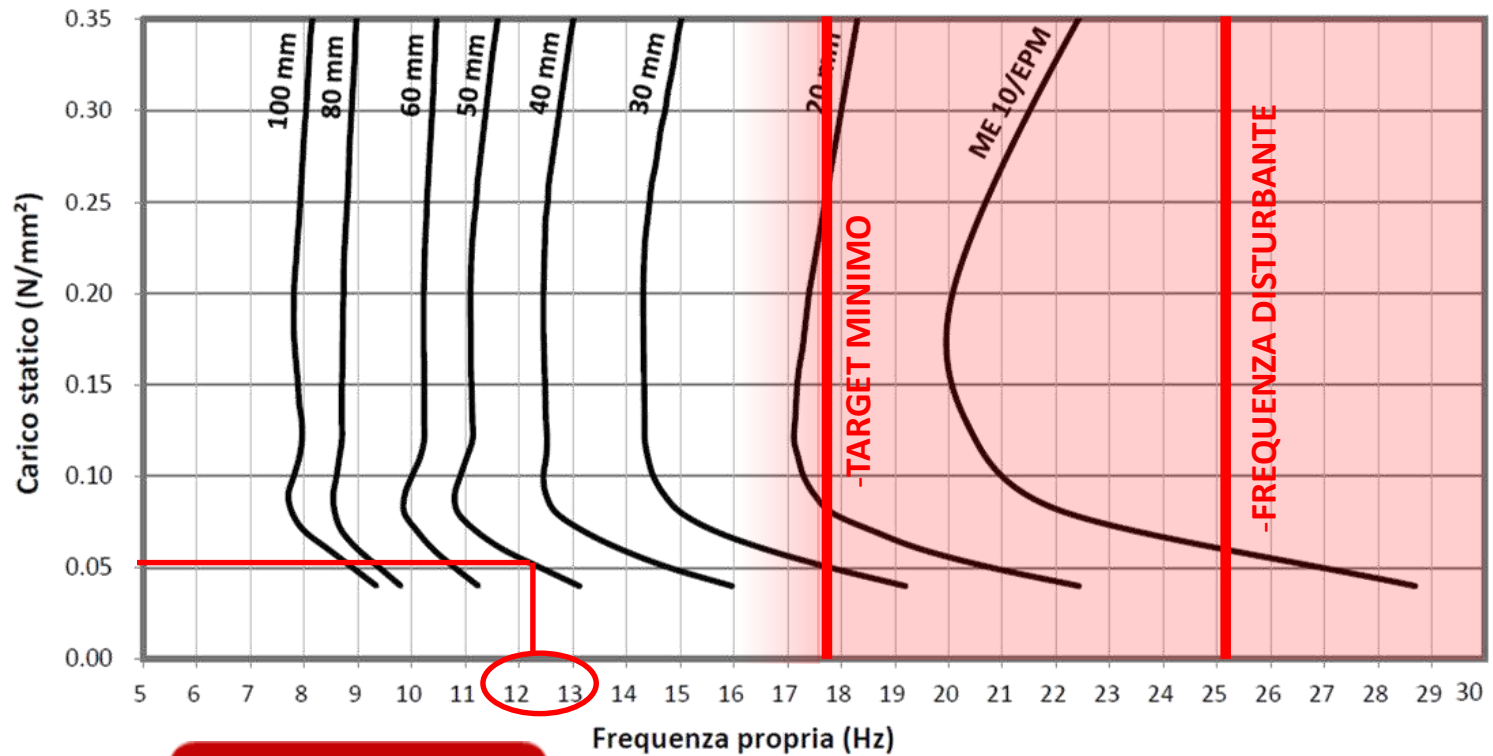
# Esempio n. 1

Condizione critica: frequenza della forza eccitante **1500 rpm** (25 Hz)

Frequenza calcolata  
Frequenza del sistema

$$f_n = \frac{f}{\sqrt{2}} = \frac{25}{\sqrt{2}} = 17.7 \text{ Hz}$$

Frequenza  
disturbante



COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA

Spessore 50 mm

Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017

Slide 36

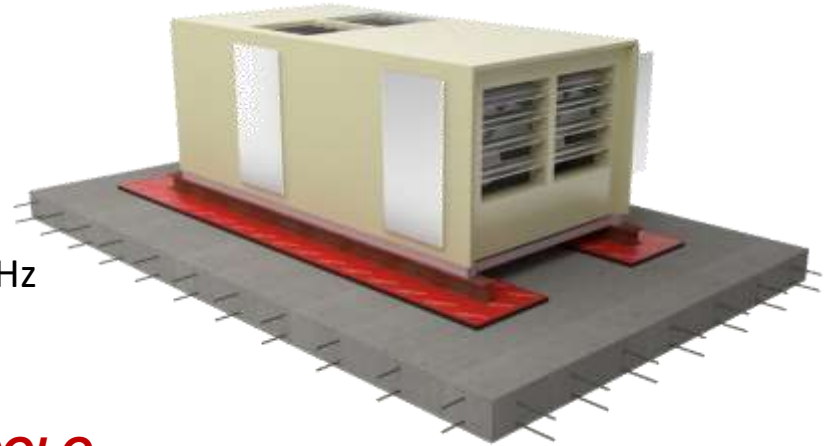
# Esempio n. 1

**Prodotto scelto**  
**Pannello sp. 50 mm**

$f$  frequenza disturbante = 25 Hz

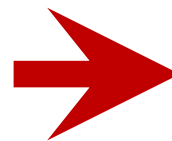
$f_n$  frequenza naturale del sistema = 12.5 Hz

$\eta$  fattore di perdita = 0.143



**CALCOLO:**

$$T = \frac{1 + \left(2\xi \cdot \frac{f}{f_0}\right)^2}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right]^2 + \left(2\xi \cdot \frac{f}{f_0}\right)^2}} < 1$$



**T = 0.343**



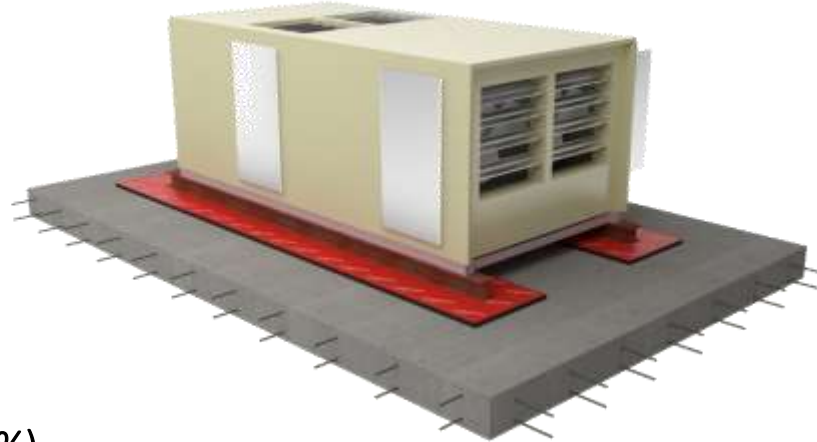
COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA

Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 37

# Esempio n. 1

$$T = 0.343$$



Efficienza di isolamento percentuale (%)

$$A_{\%} = 100 ( 1 - T ) = 100 (1-0.343) = 66\%$$

Valore di attenuazione (dB)

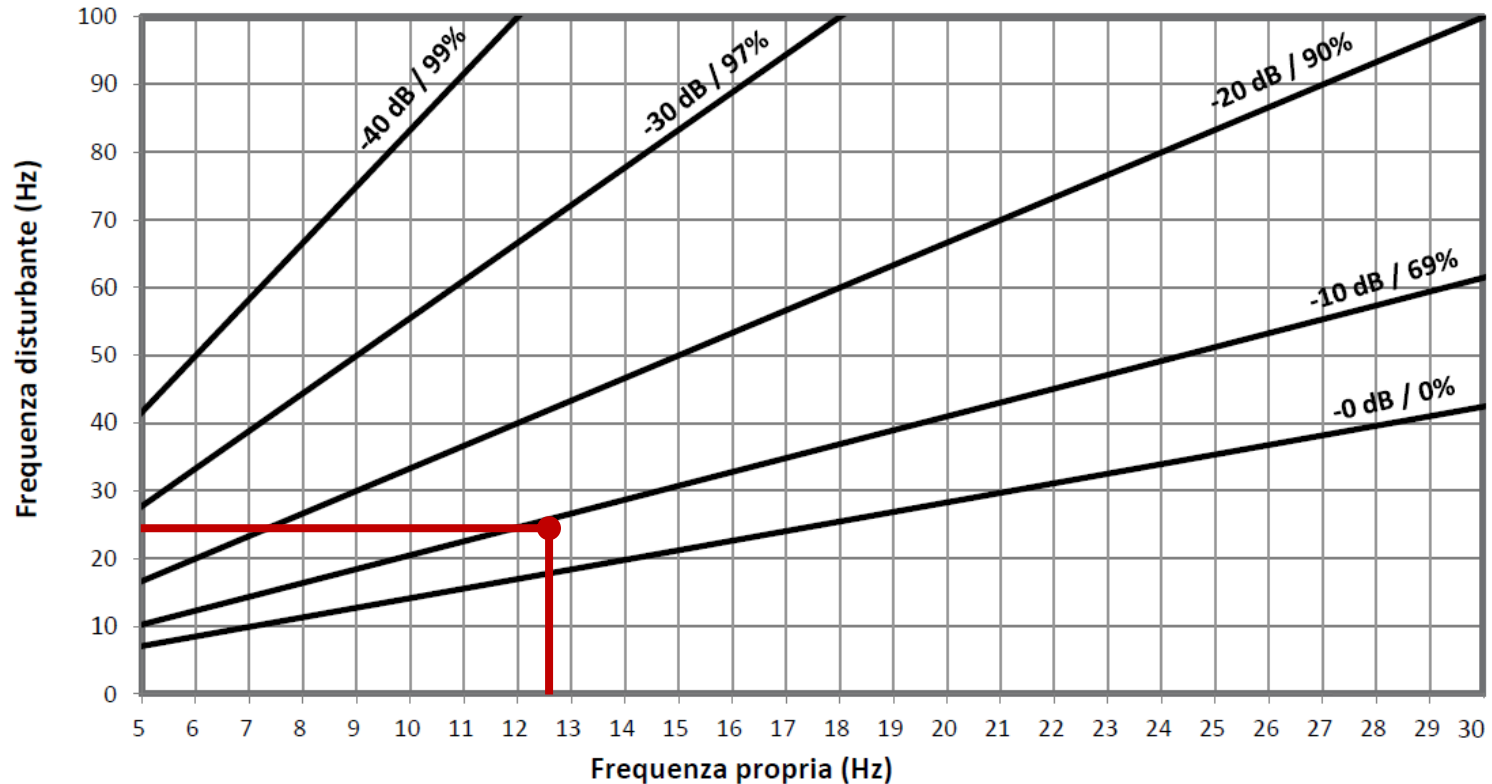
$$A_{dB} = 20 \log ( T ) = 20 \log (0.343) = -9.27 \text{ dB}$$



# Esempio n. 1

$f$  frequenza disturbante = 25 Hz

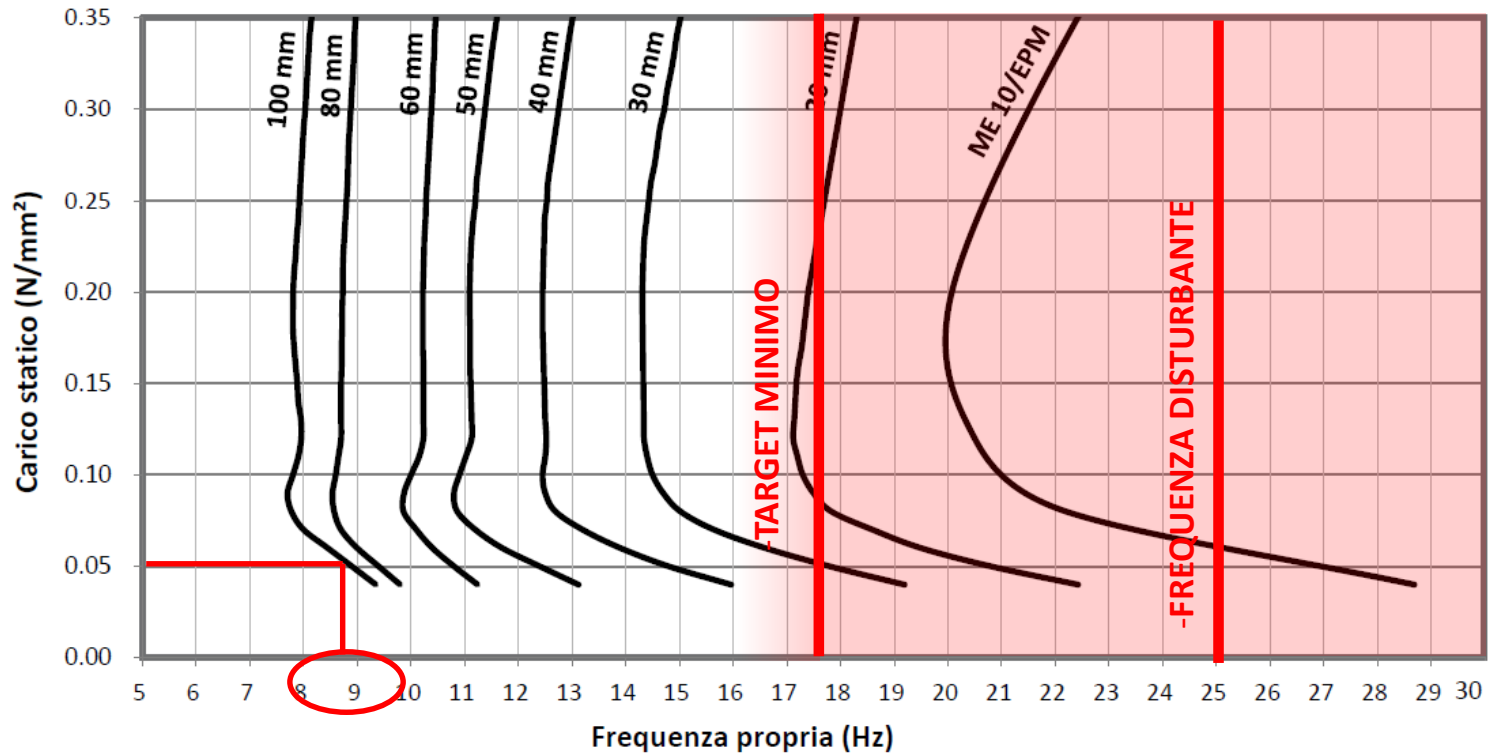
$f_n$  frequenza naturale del sistema = 12.5 Hz



# Esempio n. 1

Se raddoppio lo spessore di isolante ...

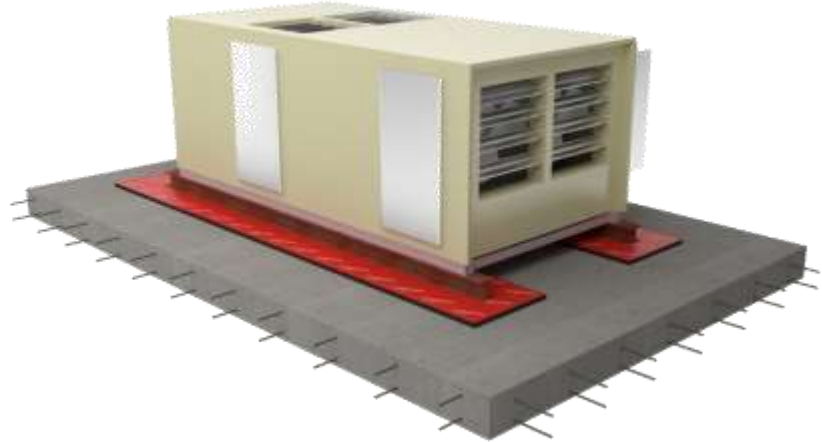
Pannello densità  $500 \text{ kg/m}^3$  e sp.  
100 mm (doppio strato 50 mm)





# Esempio n. 1

$$T = 0.154$$



Efficienza di isolamento percentuale (%)

$$A_{\%} = 100 ( 1 - T ) = 100 ( 1 - 0.154 ) = 85\%$$

Valore di attenuazione (dB)

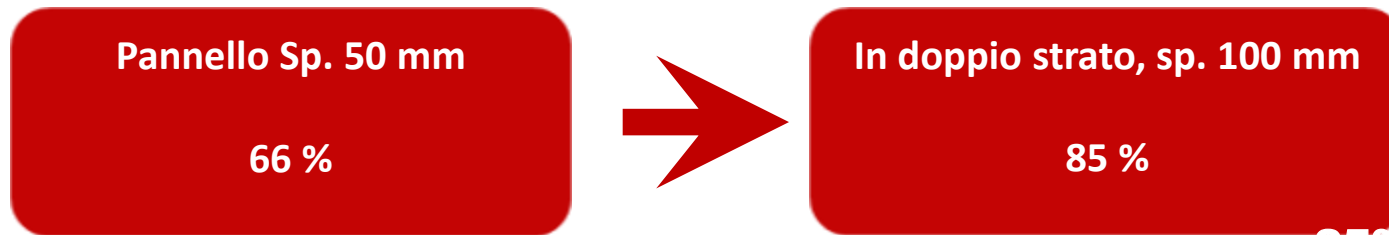
$$A_{dB} = 20 \log ( T ) = 20 \log ( 0.154 ) = -16.2 \text{ dB}$$



# Esempio n. 1 - Considerazioni

Raddoppiando lo spessore del prodotto isolante si migliora la prestazione di isolamento

Efficienza di isolamento percentuale (%)



*Raddoppiare lo spessore significa ridurre la frequenza propria del sistema; ci si allontana maggiormente dalla frequenza disturbante con conseguente aumento del grado di isolamento*



# ISOLAMENTO DI MACCHINE

## ESEMPIO n. 2

### Isolamento di un generatore



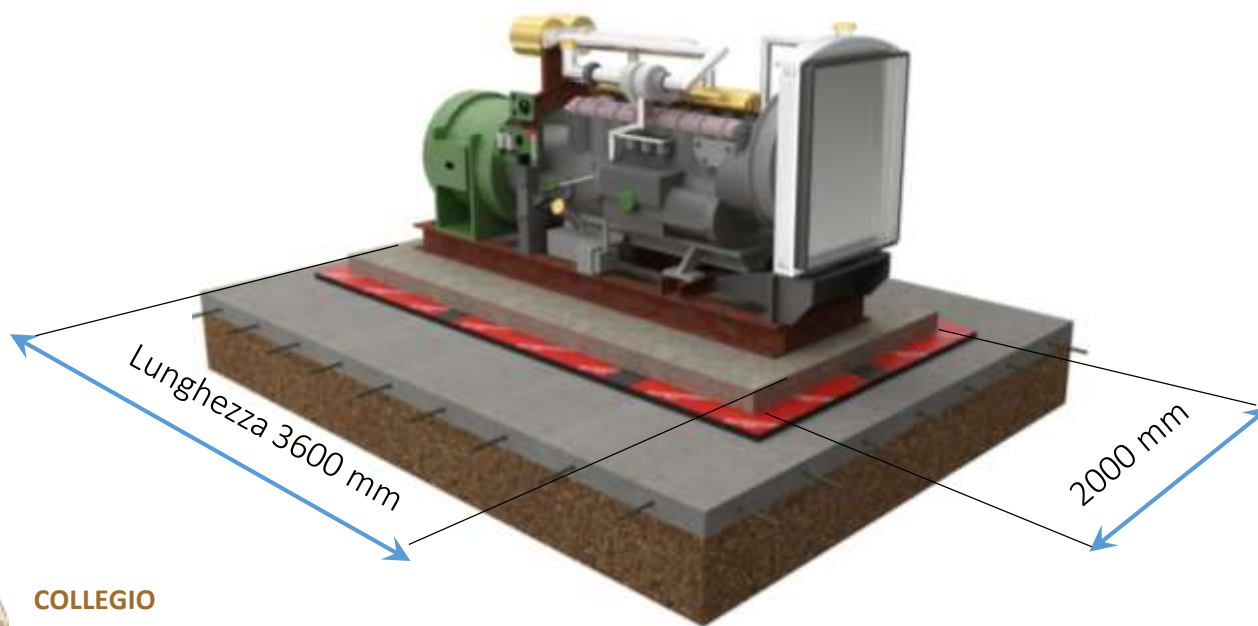
# Esempio n. 2

## GEN-SET

Massa della macchina: 5000 kg

Generatore fissato ad una base inerziale in c.a. - spessore 30 cm

Velocità di rotazione: 1800 rpm



**COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA**

**Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale**

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 44

# Esempio n. 2

**Superficie di appoggio:**

$$\begin{aligned} \text{Superficie} &= \text{Lunghezza} \cdot \text{Larghezza} = \\ &= 3600\text{mm} \cdot 2000\text{mm} = 7200000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**Carico sul materassino:**

$$\begin{aligned} \text{Peso basamento} &= \text{Lunghezza} \cdot \text{Larghezza} \cdot \text{altezza} \cdot \text{densità c.a.} = \\ &= 3.6\text{m} \cdot 2.0\text{m} \cdot 0.3\text{m} \cdot 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 5400 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Pressione} = \frac{(\text{Peso macchina} + \text{Peso basamento}) \cdot g(\text{acc.gravit\`a})}{\text{superficie di appoggio}} =$$

$$= \frac{(5000 \text{ kg} + 5400 \text{ kg}) \cdot 9.81 \text{ m/s}^2}{7200000 \text{ mm}^2} = 0.014 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



# Esempio n. 2

$$T = \frac{1 + \left(2\xi \cdot \frac{f}{f_0}\right)^2}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right]^2 + \left(2\xi \cdot \frac{f}{f_0}\right)^2}} < 1$$

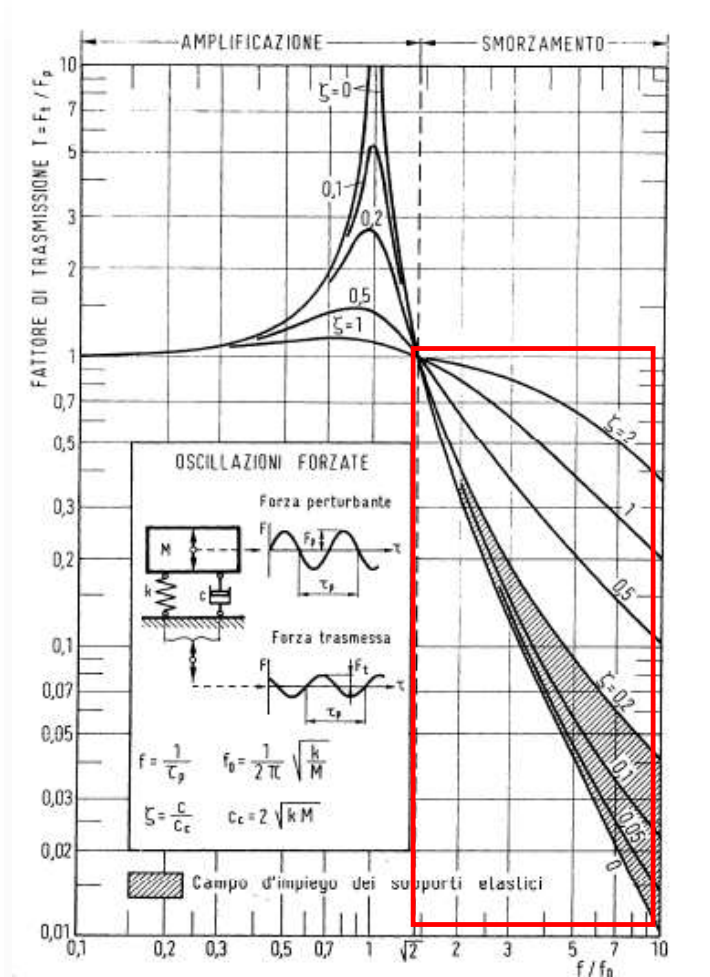
$f$  frequenza disturbante

$f_n$  frequenza naturale del sistema

$\xi$  rapporto di smorzamento

**Il sistema è efficiente se:  
 $f > 1.41 f_n$**

$$f / f_0 > \sqrt{2}$$



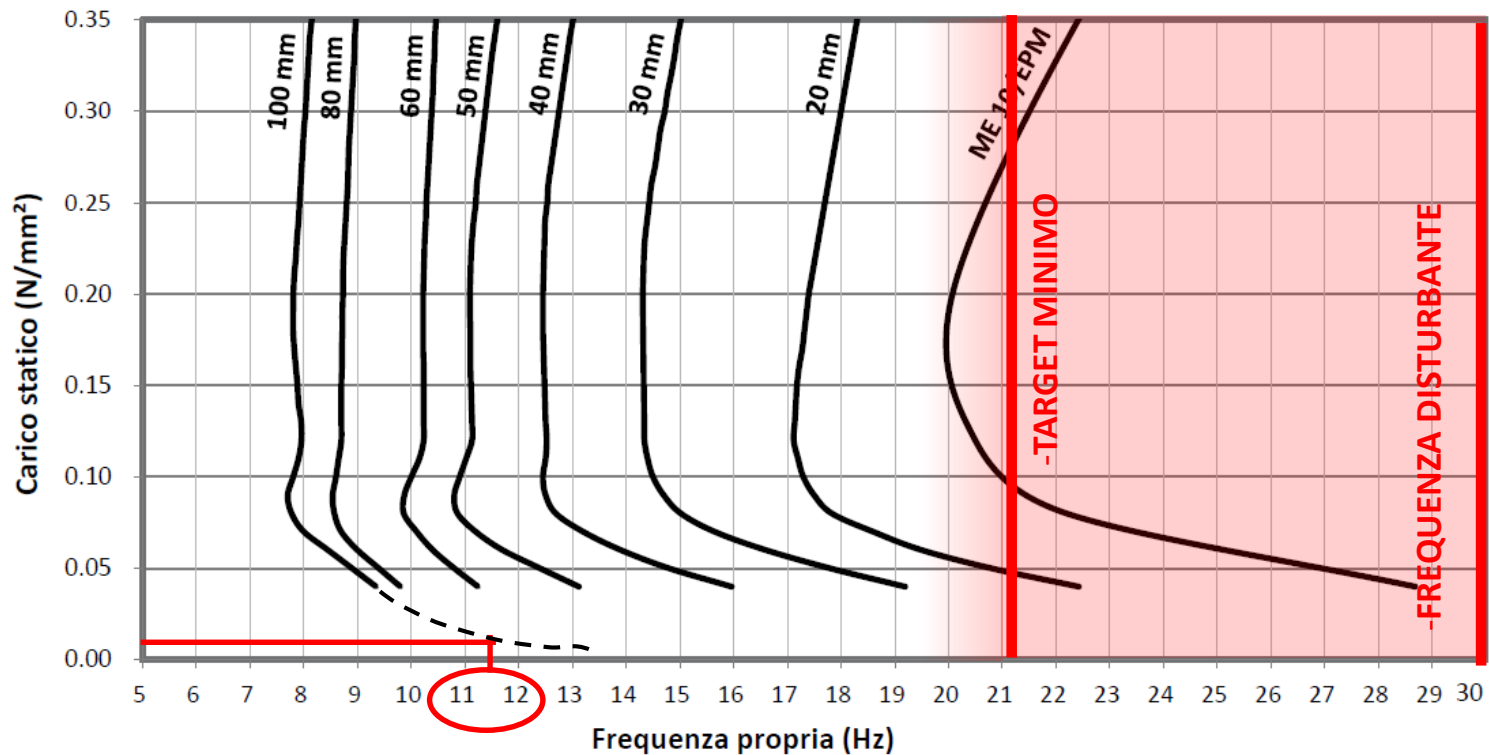
# Esempio n. 2

Condizione critica: frequenza della forza eccitante **1800 rpm (30 Hz)**

Frequenza calcolata  
Frequenza del sistema

$$f_n = \frac{f}{\sqrt{2}} = \frac{30}{\sqrt{2}} = 21.2 \text{ Hz}$$

-Frequenza  
-disturbante



COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA

Sp. 100 mm  
(50 mm x2)

Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 47

# Esempio n. 2

**Prodotto scelto  
MEGAMAT ME 50/500**

$f$  frequenza disturbante = 30 Hz

$f_n$  frequenza naturale del sistema = 11.5 Hz

$\eta$  fattore di perdita = 0.143



**CALCOLO:**

$\xi$  rapporto di smorzamento = fattore di perdita  $\eta / 2 = 0.143 / 2 = 0.0715$

$$T = \frac{1 + \left(2\xi \cdot \frac{f}{f_0}\right)^2}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right]^2 + \left(2\xi \cdot \frac{f}{f_0}\right)^2}} < 1$$



**T = 0.181**



**COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA**

**Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale**

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 48



# Esempio n. 2

$$T = 0.181$$



Efficienza di isolamento percentuale (%)

$$A_{\%} = 100 ( 1 - T ) = 100 (1-0.181) = 82\%$$

Valore di attenuazione (dB)

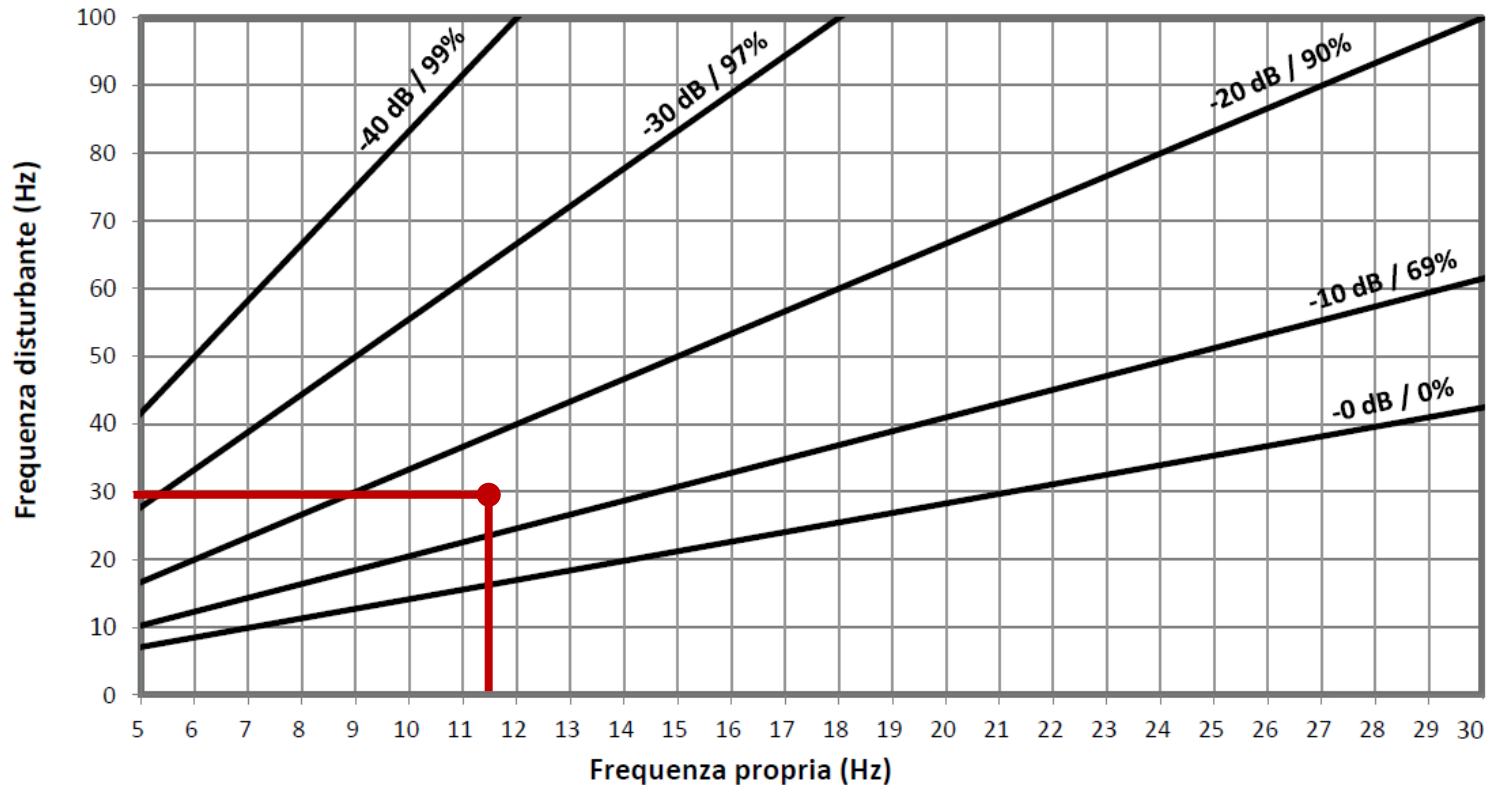
$$A_{dB} = 20 \log ( T ) = 20 \log (0.181) = -14.8 \text{ dB}$$



# Esempio n. 2

f frequenza disturbante = 30 Hz

$f_n$  frequenza naturale del sistema = 11.5 Hz



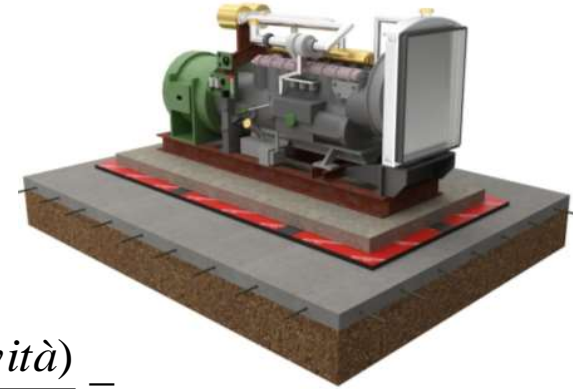
# Esempio n. 2

## RADDOPPIO IL BASAMENTO

$$\begin{aligned} \text{Peso basamento} &= \text{Lunghezza} \cdot \text{Larghezza} \cdot \text{altezza} \cdot \text{densità c.a.} = \\ &= 3.6m \cdot 2.0m \cdot 0.6m \cdot 2500 \frac{kg}{m^3} = 10800 \text{ kg} \end{aligned}$$

Carico sul materassino:

$$\begin{aligned} \text{Pressione} &= \frac{(\text{Peso macchina} + \text{Peso basamento}) \cdot g(\text{acc.gravit\`a})}{\text{superficie di appoggio}} = \\ &= \frac{(5000 \text{ kg} + 10800 \text{ kg}) \cdot 9.81 \text{ m/s}^2}{7200000 \text{ mm}^2} = 0.022 \frac{N}{\text{mm}^2} \end{aligned}$$



# Esempio n. 2

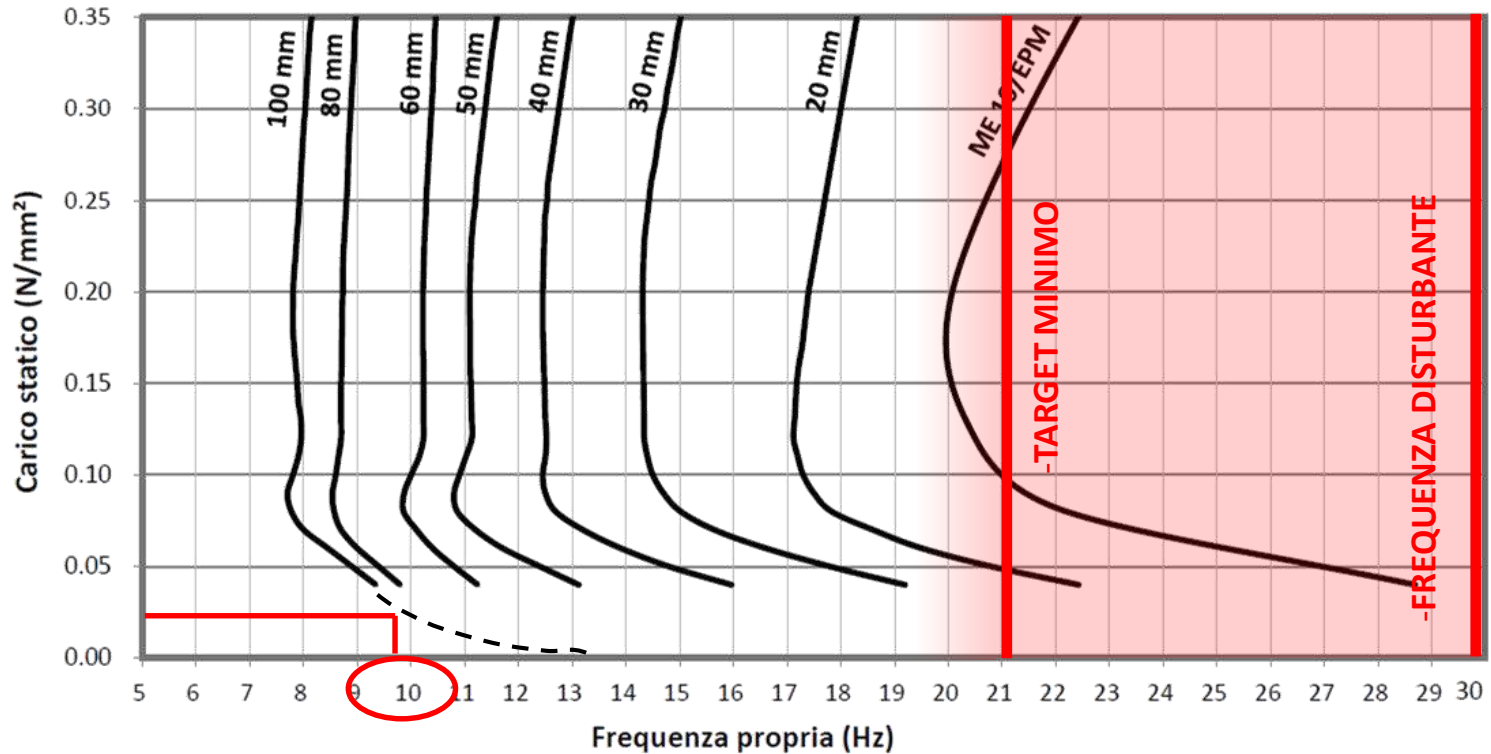
Condizione critica:

frequenza della forza eccitante **1800 rpm (30 Hz)**

Frequenza calcolata  
Frequenza del sistema

$$f_n = \frac{f}{\sqrt{2}} = \frac{30}{\sqrt{2}} = 21.2 \text{ Hz}$$

Frequenza  
disturbante



# Esempio n. 2

$$T = 0.123$$



Efficienza di isolamento percentuale (%)

$$A_{\%} = 100 ( 1 - T ) = 100 (1-0.123) = 88\%$$

Valore di attenuazione (dB)

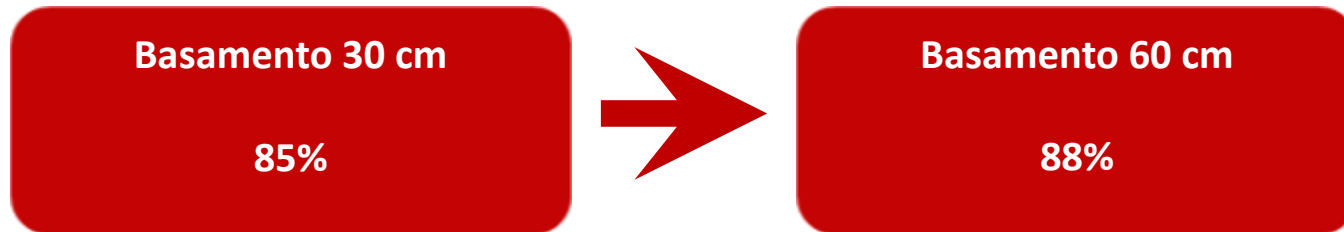
$$A_{dB} = 20 \log ( T ) = 20 \log (0.123) = -18.2 \text{ dB}$$



# Esempio n. 2 - Considerazioni

**Raddoppiando il basamento si migliora la prestazione di isolamento**

Efficienza di isolamento percentuale (%)



*Raddoppiare il basamento significa ridurre la frequenza propria del sistema; ci si allontana maggiormente dalla frequenza disturbante con conseguente aumento del grado di isolamento*



# Isolamento di edifici

## ESEMPIO n. 3

### Isolamento di un edificio con appoggi



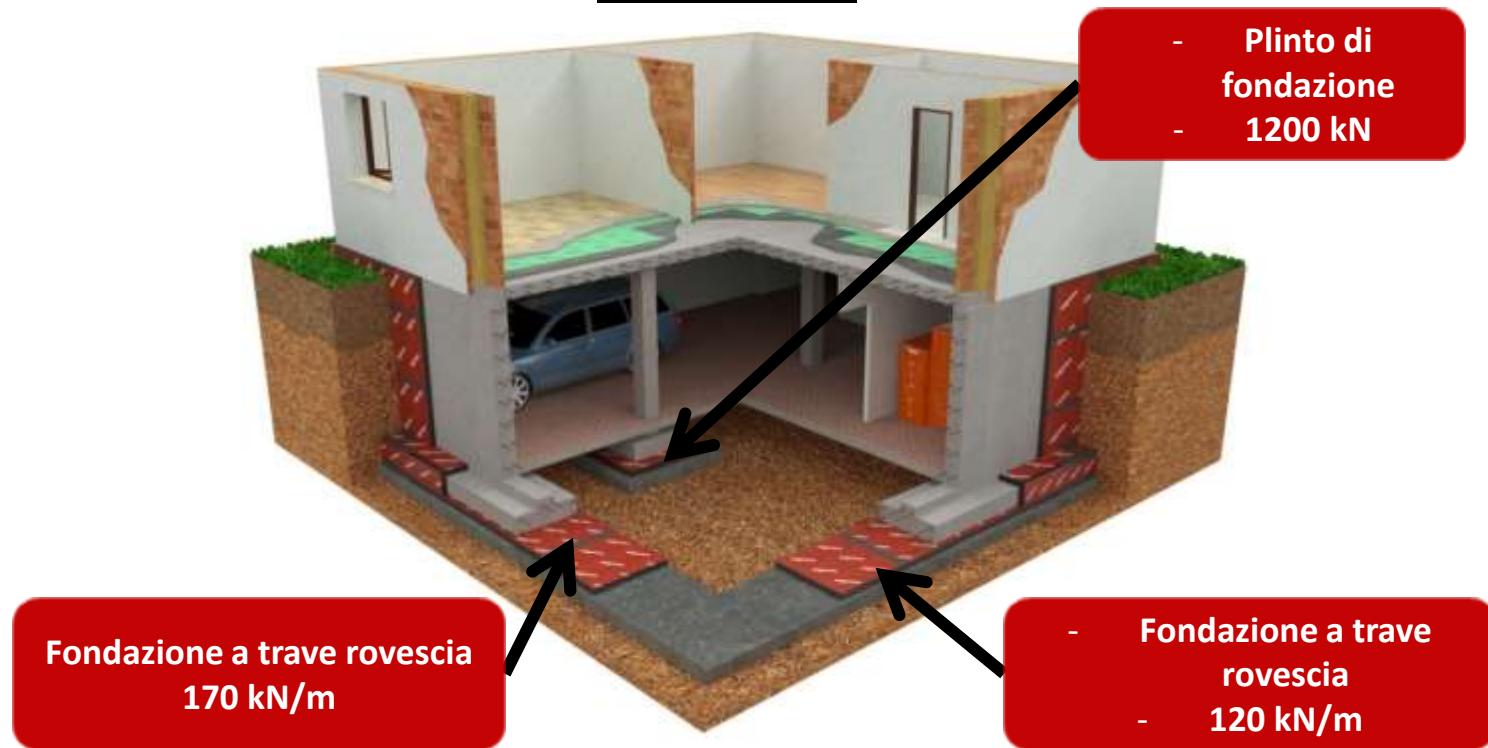
# Esempio n. 3

L'ingegnere strutturista prevede i seguenti scarichi sulla fondazione

Lateralmente c'è una fondazione a trave rovescia di larghezza 1 m

Al centro è previsto un plinto di fondazione di dimensione 1.5 m x 1.5 m

Disturbo 50 Hz





# Esempio n. 3

**Superficie di appoggio trave rovescia:**

$$\text{Superficie} = \text{Lunghezza} \cdot \text{Larghezza} = 1000\text{mm} \cdot 1000\text{mm} = 1000000 \text{ mm}^2$$

**Carico sul materassino con travi rovesce:**

$$\text{Pressione}_1 = \frac{\text{Carico fondazione}}{\text{superficie di appoggio}} = \frac{170\text{kN} \cdot 10^3}{1000000 \text{ mm}^2} = 0.17 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Pressione}_2 = \frac{\text{Carico fondazione}}{\text{superficie di appoggio}} = \frac{120\text{kN} \cdot 10^3}{1000000 \text{ mm}^2} = 0.12 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

**Superficie di appoggio plinto di fondazione:**

$$\text{Superficie} = \text{Lunghezza} \cdot \text{Larghezza} = 1500\text{mm} \cdot 1500\text{mm} = 2250000 \text{ mm}^2$$

**Carico sul materassino con plinto di fondazione:**

$$\text{Pressione}_3 = \frac{\text{Carico fondazione}}{\text{superficie di appoggio}} = \frac{1200\text{kN} \cdot 10^3}{2250000 \text{ mm}^2} = 0.53 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



# Esempio n. 3

$$T = \frac{1 + \left(2\xi \cdot \frac{f}{f_0}\right)^2}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right]^2 + \left(2\xi \cdot \frac{f}{f_0}\right)^2}} < 1$$

$f$  frequenza disturbante

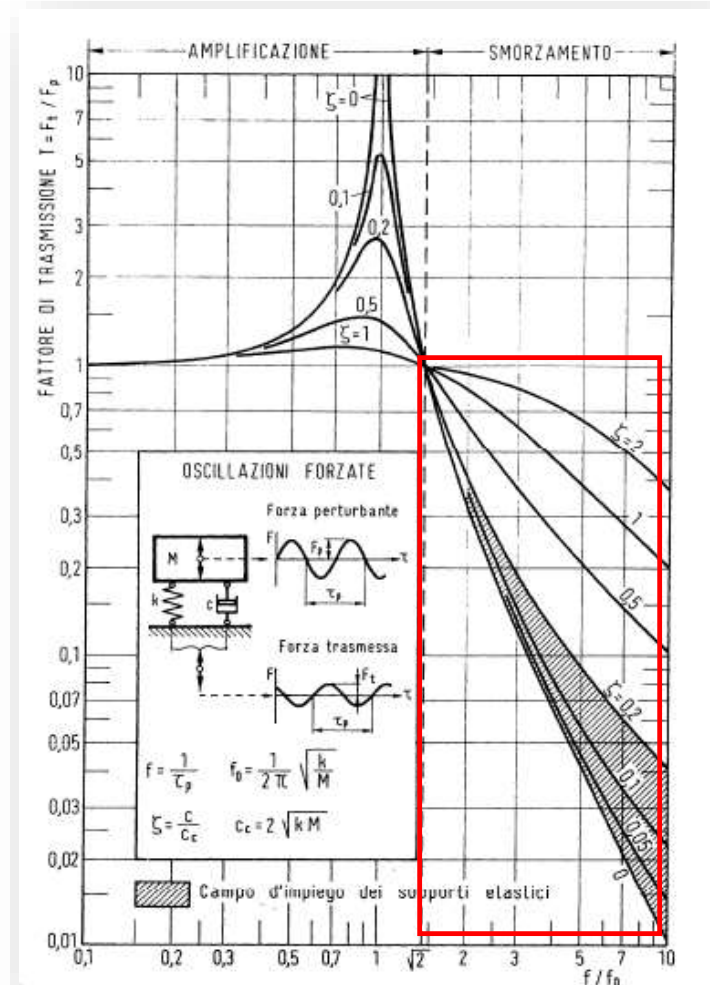
$f_n$  frequenza naturale del sistema

$\xi$  rapporto di smorzamento

**Il sistema è efficiente se:**

$$f > 1.41 f_n$$

$$f / f_0 > \sqrt{2}$$



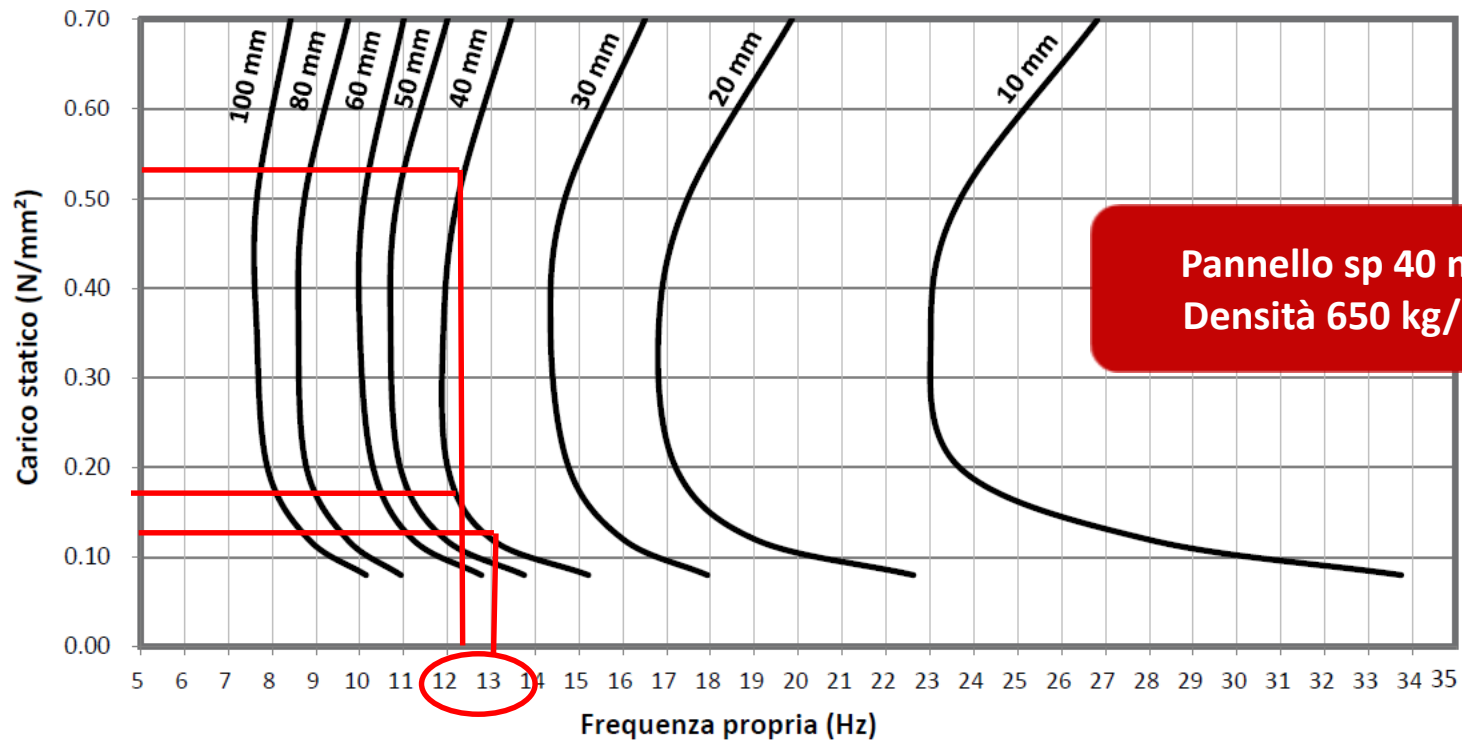
# Esempio n. 3

Condizione critica: frequenza disturbante 50 Hz

Frequenza calcolata  
Frequenza del sistema

$$f_n = \frac{f}{\sqrt{2}} = \frac{50}{\sqrt{2}} = 35.4 \text{ Hz}$$

Frequenza  
disturbante



# Esempio n. 3

Scelto pannello sp 40 mm  
Densità 650 kg/mc

$\eta$  fattore di perdita = 0.140

$\xi$  rapporto di smorzamento = fattore di perdita  $\eta / 2 = 0.140 / 2 = 0.07$

$$T = \frac{1 + \left(2\xi \cdot \frac{f}{f_0}\right)^2}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right]^2 + \left(2\xi \cdot \frac{f}{f_0}\right)^2}} < 1$$

**-CALCOLO:**

	Pressione N/mm <sup>2</sup>	Frequenza propria	Frequenza disturbante	Trasmissibilità
Fondazione trave 1	0.17	12.7	50	0.078
Fondazione trave 2	0.12	13.6	50	0.090
Plinto di fondazione	0.53	12.7	50	0.079



COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA

Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 60

# Esempio n. 3

	Trasmissibilità
Fondazione trave 1	0.078
Fondazione trave 2	0.090
Plinto di fondazione	0.079

$$A_{\%} = 100 ( 1 - T )$$



$$A_{dB} = 20 \log ( T )$$

	Grado isolamento (%)
Fondazione trave 1	92.2
Fondazione trave 2	91.0
Plinto di fondazione	92.1

	Attenuazione (dB)
Fondazione trave 1	-22.1
Fondazione trave 2	-21.0
Plinto di fondazione	-22.1



# Esempio n. 3

Ma attenzione ...

... non abbiamo considerato i cedimenti !

	Pressione N/mm <sup>2</sup>	Sp prodotto mm	Modulo Statico MPa	Deflessione mm
Fondazione trave 1	0.17	40	1.267	5.4
Fondazione trave 2	0.12	40	1.230	3.9
Plinto di fondazione	0.53	40	1.807	11.7

Densità 650 kg/m<sup>3</sup>

~ 8 mm di variazione di deflessione statica.  
È accettabile ?



# Esempio n. 3

Proviamo a scegliere materiali di densità differenziata

	Pressione N/mm <sup>2</sup>	Sp prodotto mm	Densità Kg/m <sup>3</sup>	Modulo Statico MPa	Deflessione mm
Fondazione trave 1	0.17	40	650	1.267	5.4
Fondazione trave 2	0.12	40	650	1.230	3.9
Plinto di fondazione	0.53	40	<b>950</b>	4.255	4.9

~ **1.5 mm** di variazione di deflessione statica.

~ Cosa succede all'attenuazione ?



# Esempio n. 3

Scelto pannello sp 40 mm  
Densità 650 kg/mc  
Densità 950 kg/mc

$\eta$  fattore di perdita = 0.140 (650)  
= 0.137 (950)

$$T = \frac{\sqrt{1 + \left(2\xi \cdot \frac{f}{f_0}\right)^2}}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right]^2 + \left(2\xi \cdot \frac{f}{f_0}\right)^2}} < 1$$

**-CALCOLO:**

	Pressione N/mm <sup>2</sup>	Frequenza propria	Frequenza disturbante	Trasmissibilità
Fondazione trave 1	0.17	12.7	50	0.078
Fondazione trave 2	0.12	13.6	50	0.090
Plinto di fondazione	0.53	13.2	50	0.084





# Esempio n. 3

	Trasmissibilità
Fondazione trave 1	0.078
Fondazione trave 2	0.090
Plinto di fondazione	0.084

$$A_{\%} = 100 ( 1 - T )$$



$$A_{dB} = 20 \log ( T )$$

	Grado isolamento (%)
Fondazione trave 1	92.2
Fondazione trave 2	91.0
Plinto di fondazione	91.6

	Attenuazione (dB)
Fondazione trave 1	-22.1
Fondazione trave 2	-21.0
Plinto di fondazione	-21.5



# Esempio n. 3

In questo caso aver scelto materiali a densità variabile ha permesso di:

- Mantenere la stessa attenuazione
- Ottimizzare i cedimenti contenendo le differenze di deflessione statica

**Generalmente accade che scegliendo le densità in funzione del carico si accetta una minore attenuazione localizzata, preferendo la limitazione delle tensioni delle strutture in appoggio sui materassini resilienti.**



# Isolamento delle vibrazioni

Casi pratici sull'utilizzo dei materiali antivibranti



**COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA**

**Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale**

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 67

# Casi Pratici



1. **Isolamento di un macchinario per la verifica del bilanciamento rotativo (presso forgia)**
2. **Mulino a sfere**
3. **Unità Trattamento Aria**
4. **UTA su copertura**
5. **Protezione di una pressa punzonatrice**
6. **Pressa bilanciata**



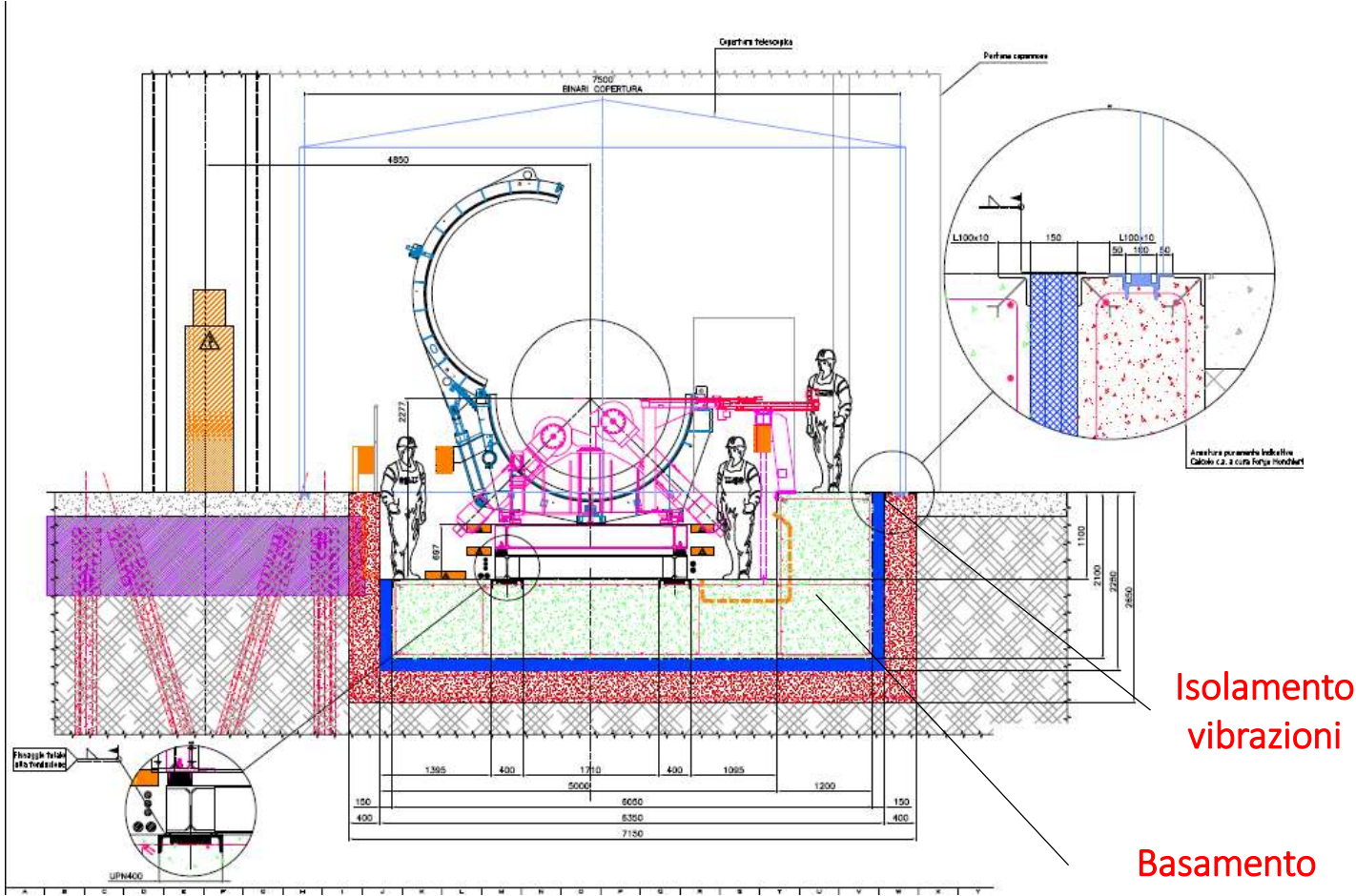
# 1

## CONTESTO:

- **installazione di un macchinario per la verifica della stabilità rotante presso una forgia.**
- **La macchina è già installata nelle vicinanze di una pressa e l'operatività non è idonea, rilevate vibrazioni che falsano le prove**
- **Spostamento a 100 dall'attuale posizione e realizzazione di idonee fondazioni**
- **Disponibile rilievo delle vibrazioni ambientali**



# 1. Verifica bilanciamento prodotti da Forgia



# 1. Verifica bilanciamento prodotti da Forgia

## VALUTAZIONI:

- ✓ Frequenza disturbante, in base ai rilievi:

$$f > 20 \text{ Hz.}$$

- ✓ Soluzione scelta:

rivestimento continuo di fondazione

- ✓ Carico sul materassino:

0.05 – 0.2 MPa

- ✓ Possibili soluzioni di prodotto (Megamat 50):

singolo strato ->  $f_n \sim 11 - 12 \text{ Hz}$

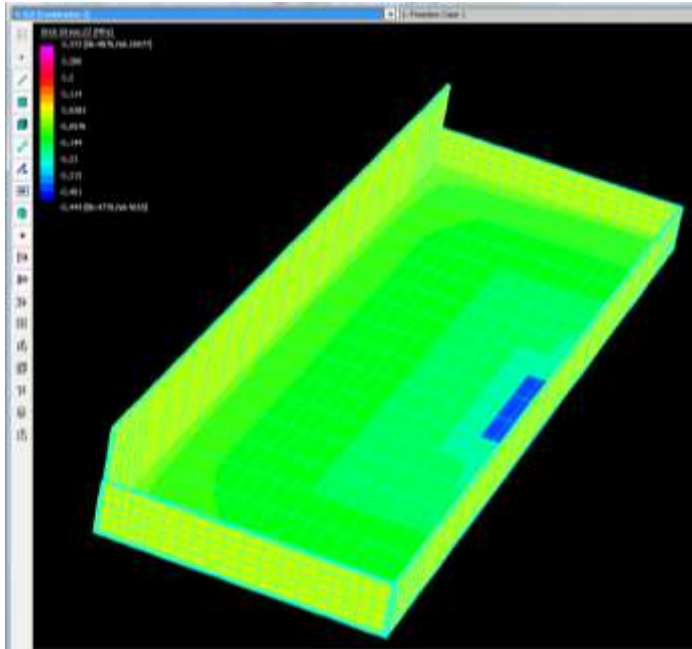
doppio strato ->  $f_n \sim 8 - 9 \text{ Hz}$

triplo strato ->  $f_n \sim 7 - 8 \text{ Hz}$

**SCelta:** Antivibrante di densità spessore 50 mm in doppio strato,  $H_{\text{tot}} = 100 \text{ mm}$

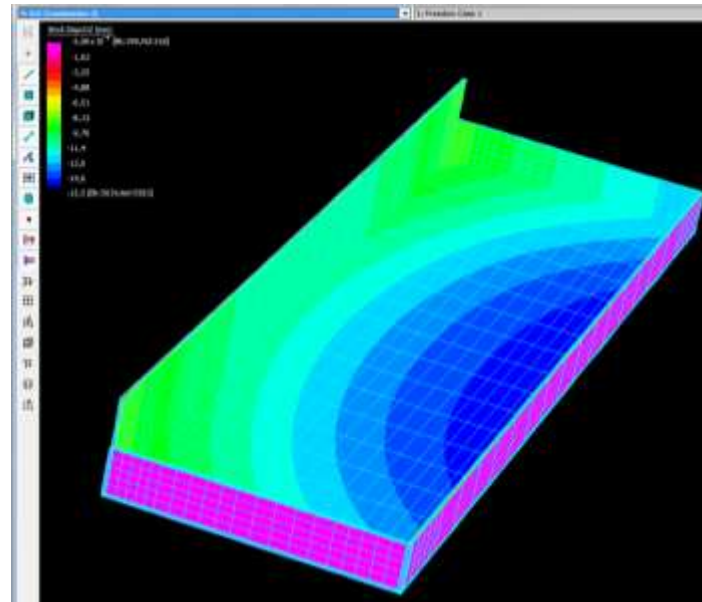


# 1. Verifica bilanciamento prodotti da Forgia



## ANALISI FEM:

- Distribuzione non omogenea dei carichi sulla fondazione



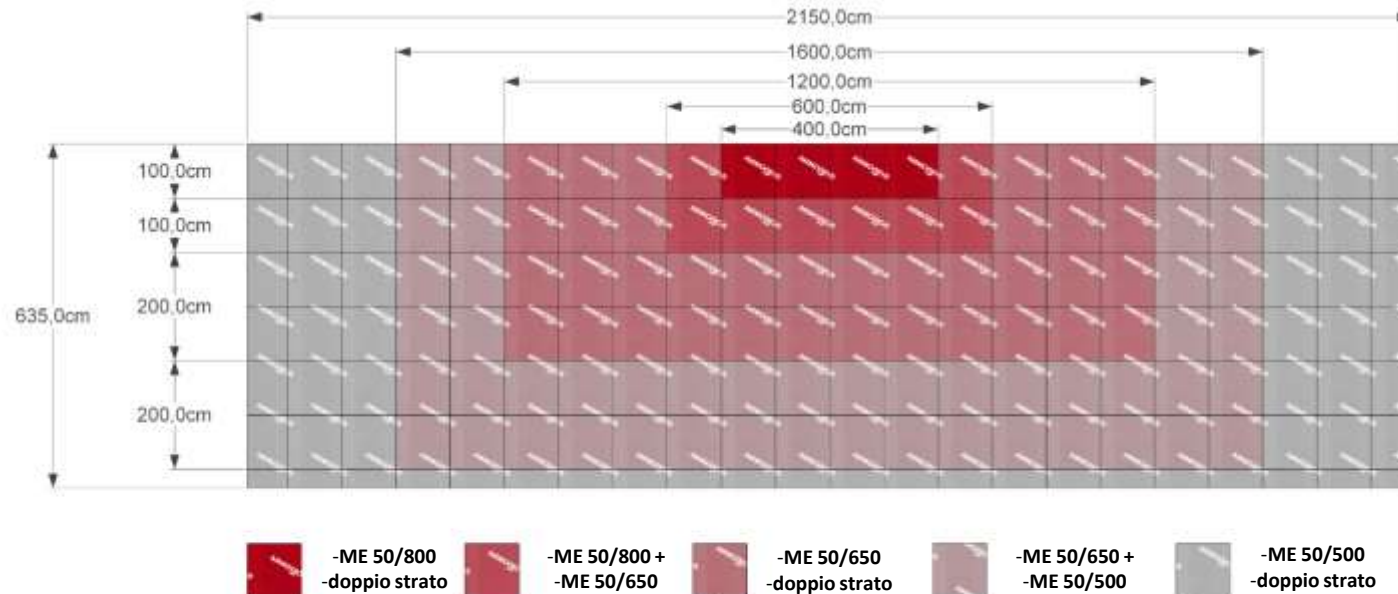
- Diversificazione dello strato resiliente antivibrante





# 1. Verifica bilanciamento prodotti da Forgia

Disposizione dei pannelli sulla fondazione



- Limitazione delle differenze di deflessione in funzione dei carichi
- Omogeneità di frequenza naturale



# 1. Verifica bilanciamento prodotti da Forgia

## Risultati

<i>Selezione del prodotto in funzione dei carichi agenti sullo strato resiliente</i>							
<i>Carico</i>	<i>Prodotto</i>	<i>Spessore</i>	<i>Modulo Statico</i>	<i>Modulo Dinamico</i>	<i>Deflessione</i>	<i>Frequenza Naturale</i>	<i>Attenuaz.</i>
<i>[Mpa]</i>	<i>[dens.]</i>	<i>[mm]</i>	<i>[N/mm<sup>2</sup>]</i>	<i>[N/mm<sup>2</sup>]</i>	<i>[mm]</i>	<i>[Hz]</i>	<i>[%]</i>
0.197	<b>ME 800</b>	100	2.43	7.30	8.1	9.6	69
0.173	<b>ME 800 +</b>	50	2.46	7.00	10.3	8.9	74
	<b>ME 650</b>	50	1.27	4.44			
0.149	<b>ME 650</b>	100	1.25	4.05	11.9	8.2	78
0.125	<b>ME 650</b>	100	1.23	3.65	10.1	8.5	77
0.101	<b>ME 650 +</b>	50	1.23	3.36	11.8	8.4	77
	<b>ME 500</b>	50	0.65	2.48			
0.077	<b>ME 650 +</b>	50	1.24	3.12	9.2	8.7	75
	<b>ME 500</b>	50	0.63	1.90			
0.053	<b>ME 500</b>	100	0.63	1.59	8.5	8.6	76

- Deflessione media 10 mm ( ± 1.9 mm )

- Attenuazione media 74 % ( ± 5 % )



# 1. Verifica bilanciamento prodotti da Forgia



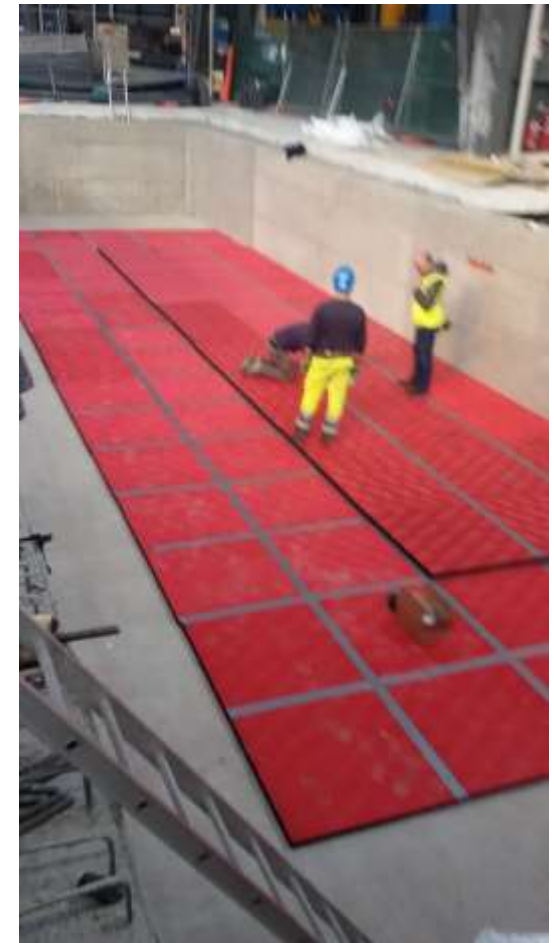
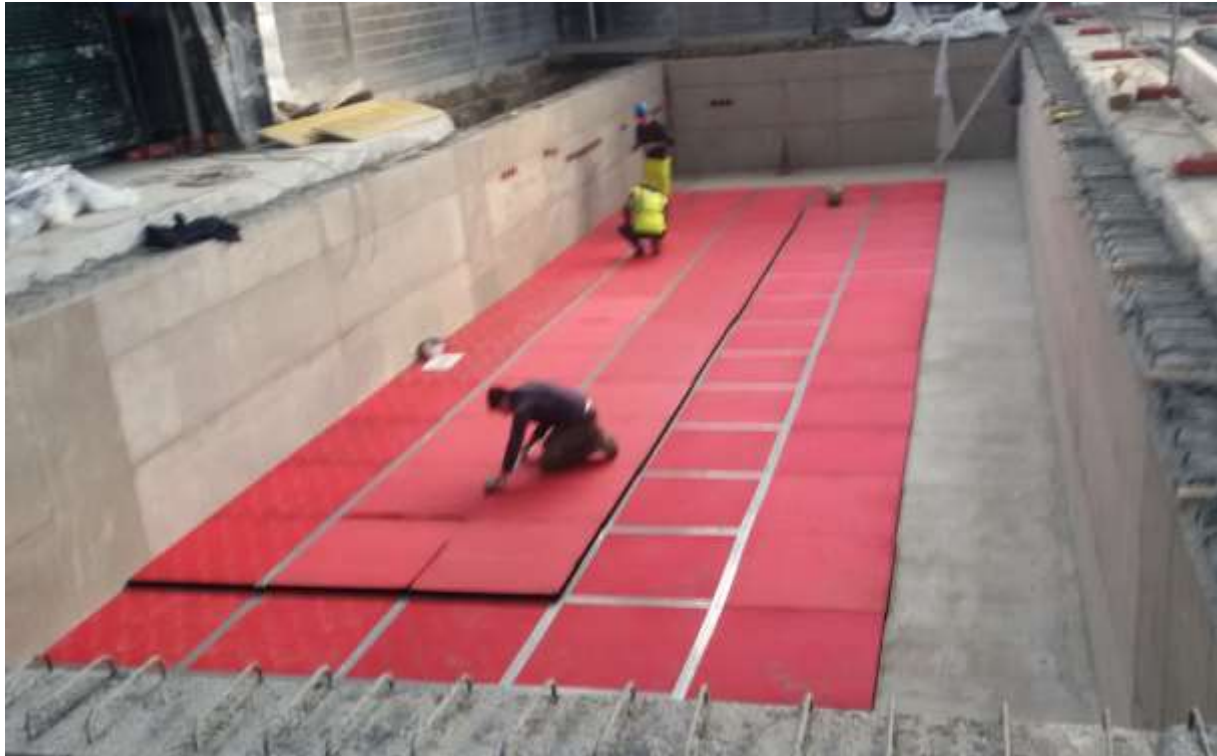
**Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale**

Ing. Leonardo Luison

26 ottobre 2017

Slide 75

# 1. Verifica bilanciamento prodotti da Forgia



COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA

**Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale**

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 76

# 1. Verifica bilanciamento prodotti da Forgia

## Considerazioni:

- **Differenziazione degli strati di isolamento aiuta a contenere le differenze di deflessione statica, in presenza di carichi non uniformemente distribuiti.**
- **In questo caso, se si fosse utilizzato lo stesso prodotto su tutto il basamento, si sarebbero ottenuti valori di attenuazioni leggermente più elevati, a scapito però della deflessione, che avrebbe raggiunto valori massimi di ~ 24 mm, con differenze (teoriche) di 16 mm tra i diversi punti del basamento.**



# 2. Mulino a sfere

## 2

### CONTESTO:

- ✓ **Impianto produzione vernici per il settore automotive.**
- ✓ **Contenimento di vibrazioni prodotte da un mulino a sfere.**
- ✓ **Frequenze di rotazione molto basse 29 rpm ( ~ 0.5 Hz )**
- ✓ **Disponibilità di misurazioni in situ e di reale valutazione del disturbo**
- ✓ **Disponibilità a rimuovere macchinario e costruire una fondazione flottante**



## 2. Mulino a sfere

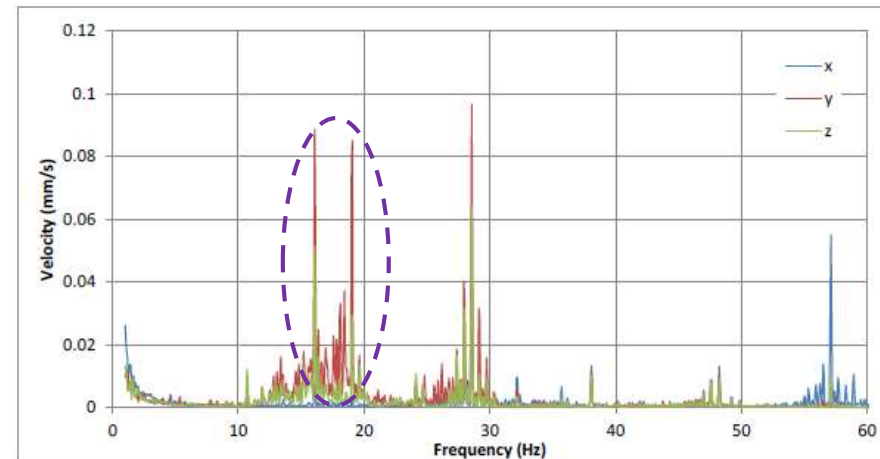


**Vibrazione rilevata:**

**Disturbo a ~ 15 Hz (e armoniche superiori)**

**Reale causa del disturbo:**

**Gear box / meccanismo di riduzione**



**COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA**

**Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale**

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 79

## 2. Mulino a sfere

### VALUTAZIONI:

- ✓ Frequenza disturbante, in base ai rilievi:

$$f > 15 \text{ Hz.}$$

- ✓ Pesi:

- mulino + sfere e materiale: 25000 kg
- basamento: ~ 35000 kg

- ✓ Carico :

0.02 Mpa

- ✓ Incremento del carico -> diminuzione superficie di incidenza ->

appoggi discreti sotto basamento

- ✓ Soluzione:

30 appoggi (lato 50 cm,  $H_{\text{tot}}$  15 cm)

carico 0.08 Mpa

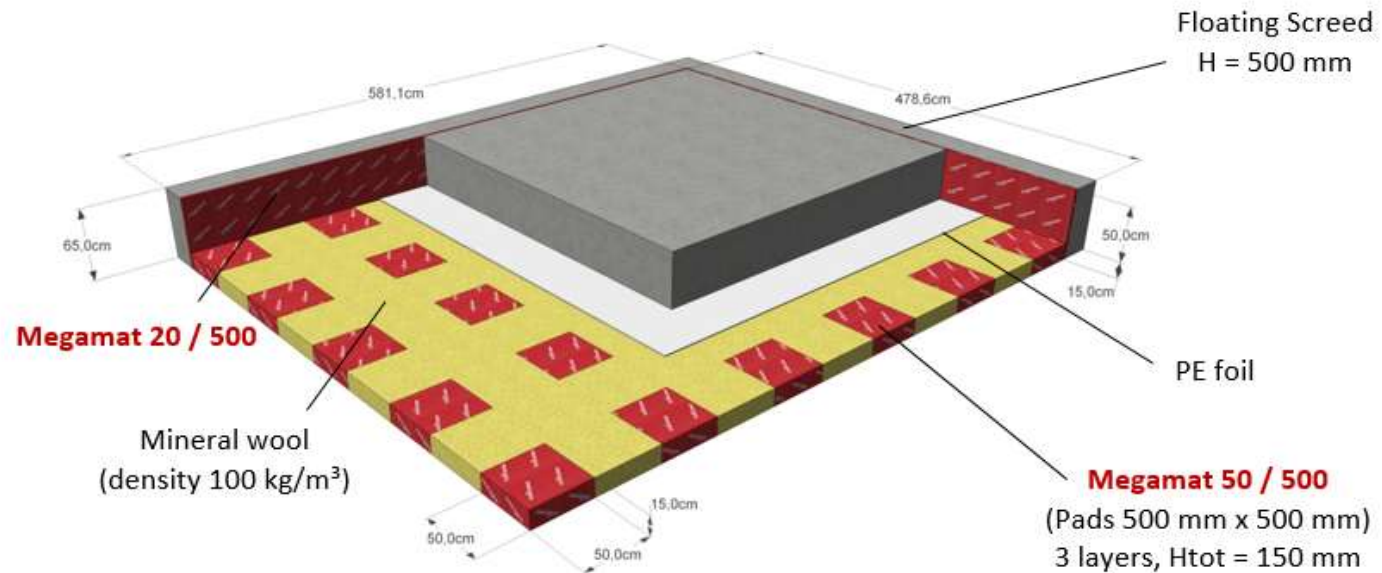
$f_n \sim 6 \text{ Hz}$





## 2. Mulino a sfere

SOLUZIONE:



# 2. Mulino a sfere

## RISULTATI:

**Suggested product:** Pads (500 mm x 500 mm) of Megamat 50/500 in 3 layers

Product thickness: 150 mm      Static Young modul: 0.631 N/mm<sup>2</sup>

Loss factor: 0.143      Dynamic Young modul: 1.912 N/mm<sup>2</sup>

### Results

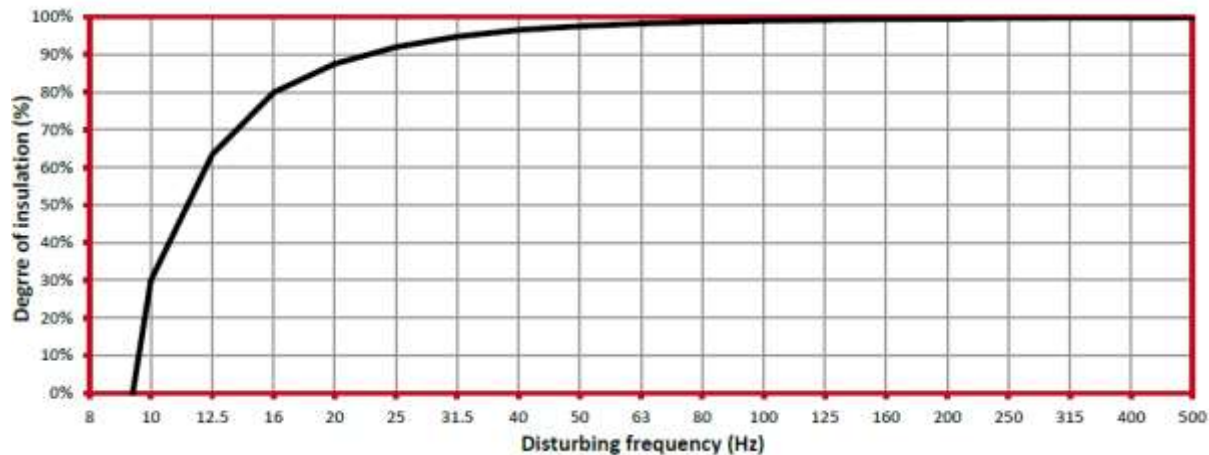
Pressure on product: 0.078 N/mm<sup>2</sup>      Natural frequency: 6.4 Hz

Static displacement: 18.5 mm      Disturbing frequency: 15 Hz

Dynamic displacement: 6.1 mm      Transmission factor T: 0.233 < 1

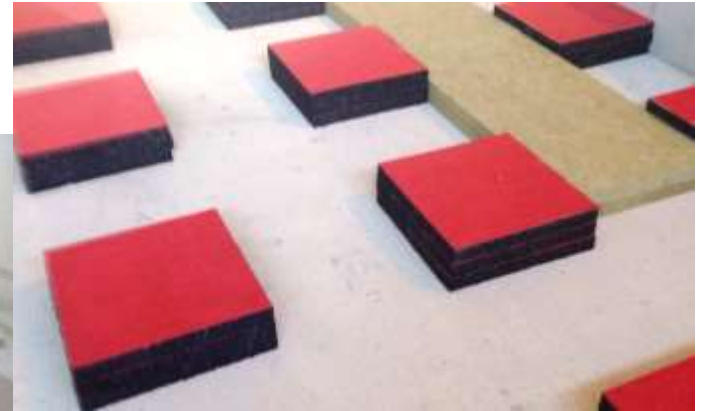
**DEGREE OF INSULATION**      76.7 %

**TRANSMISSION REDUCTION**      -12.6 dB



## 2. Mulino a sfere

POSA:



COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA

**Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale**

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 83

## 2. Mulino a sfere

POSA:



COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA

**Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale**

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 84

## 2. Mulino a sfere

POSA:



COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA

Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 85

## 2. Mulino a Sfere

### Considerazioni:

- **Non sempre la frequenza di rotazione principale è la diretta responsabile del disturbo. Una misurazione in situ delle vibrazioni a volte permette di valutare la soluzione più ragionevole.**
- **Soluzione ad appoggi molto flessibile per la progettazione dell'isolamento.**
- **Opportunità di installazione senza cassero a perdere.**



# 3. UTA - ospedale

## 3

### CONTESTO:

- ✓ Ospedale Civile.
- ✓ Controllo delle vibrazioni emesse da Unità Trattamento Aria.
- ✓ Installazione al piano terra, possibilità di realizzare basamenti pesanti
- ✓ Carichi molto bassi



# 3. UTA - ospedale

## VALUTAZIONI:

- ✓ Carichi :

~ 0.007 Mpa

- ✓ Incremento del carico -> diminuzione superficie di incidenza -> appoggi discreti sotto basamento

- ✓ Soluzione:

Antivibrante in strisce (largh 20 cm,  $H_{tot}$  5 cm)

carico ~ 0.035 Mpa

$f_n \sim 14$  Hz

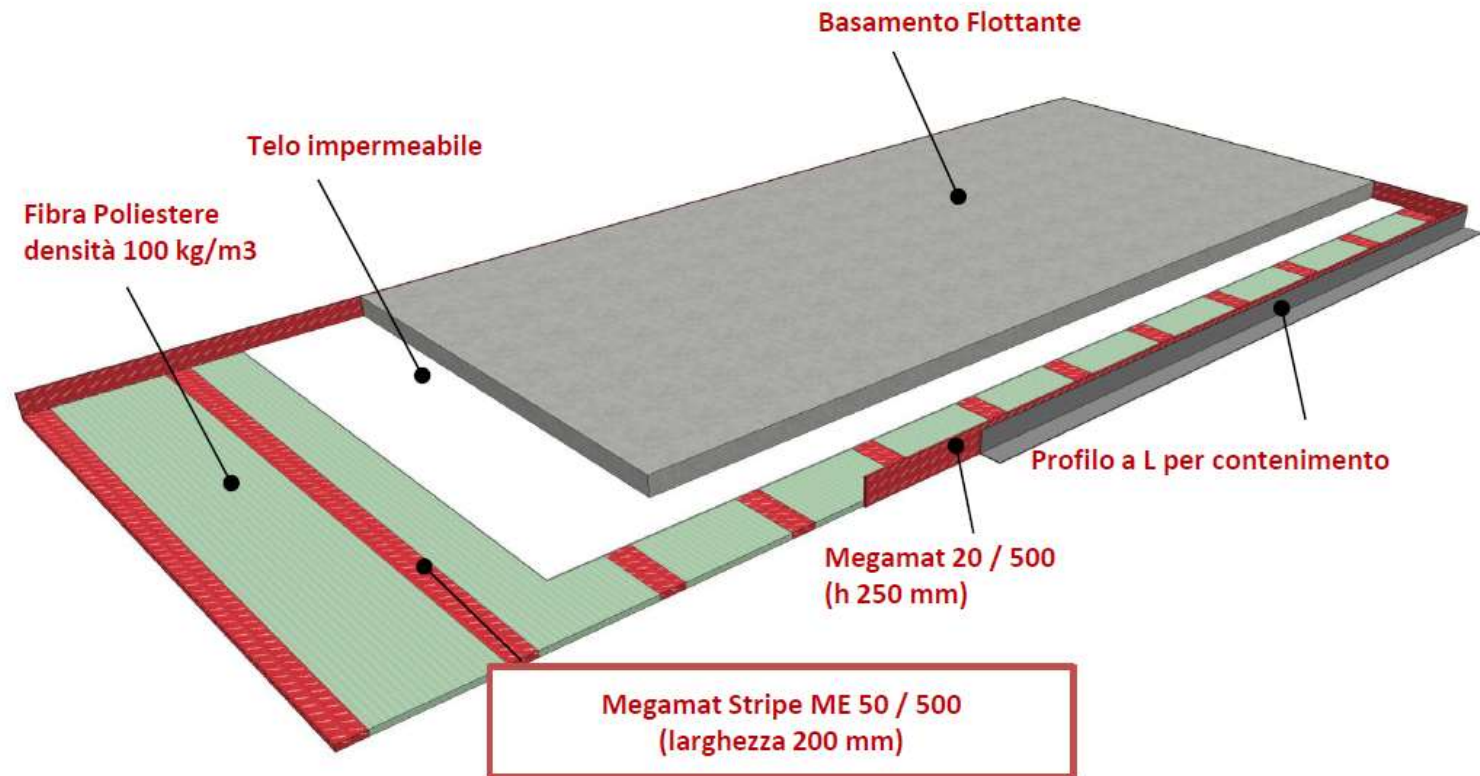
- ✓ Riempimento in fibra di poliestere, di opportuna densità





# 3. UTA - ospedale

SOLUZIONE:



COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA

Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 89

# 3. UTA - ospedale

**Prodotto suggerito: Megamat 50/500 Stripe (200 x 1000 mm)**

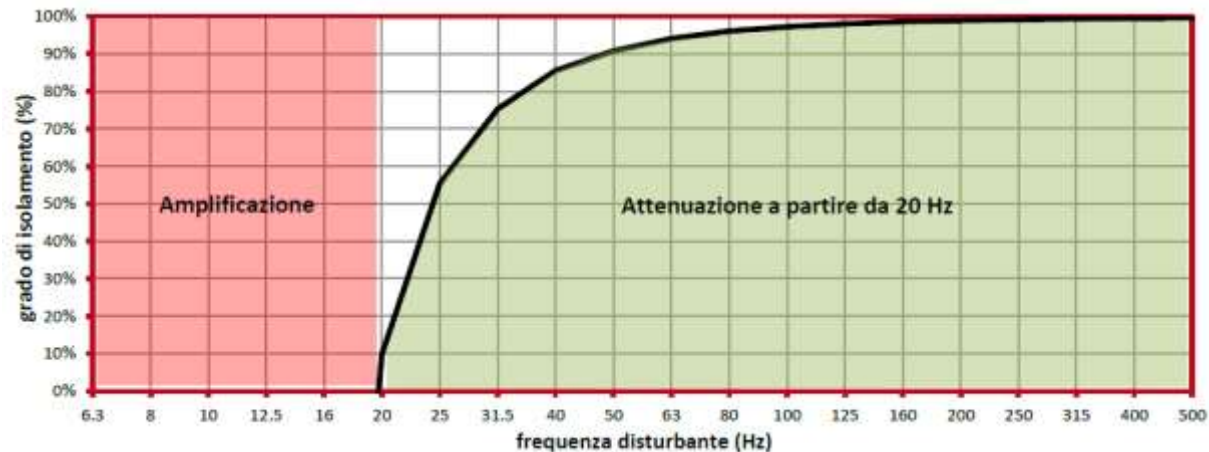
Spessore prodotto antivibrante:	50 mm	Modulo elastico statico:	0.653 N/mm <sup>2</sup>
Fattore di perdita:	0.143	Modulo elastico dinamico:	1.355 N/mm <sup>2</sup>

## Risultati

Pressione su antivibrante:	0.036 N/mm <sup>2</sup>	Frequenza propria del sistema:	13.8 Hz
Abbassamento statico:	2.7 mm	Frequenza disturbante:	50 Hz
Abbassamento dinamico:	1.3 mm	Fattore di trasmissione T:	0.092 < 1

**GRADO DI ISOLAMENTO 90.8 %**

**VALORE DI ATTENUAZIONE -20.7 dB**



COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA

Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 90

# 3. UTA - ospedale



COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA

**Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale**

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 91

# 3. UTA - ospedale



COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA

**Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale**

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 92

# 4. UTA – su tetto

## 4

### CONTESTO:

- ✓ Edificio adibito ad Hotel
- ✓ Controllo delle vibrazioni emesse da Unità Trattamento Aria.
- ✓ Installazione su tetto, necessità di contenere il peso dell'intervento      impossibilità utilizzo basi inerziali
- ✓ Carichi molto bassi e asimmetrici



# 4. UTA

## VALUTAZIONI:

- ✓ Carichi :

~ 0.003 Mpa

- ✓ Incremento del carico -> diminuzione superficie di incidenza

- ✓ Soluzione:

Appoggi discreti distribuiti lungo travi in acciaio (HEA 100)

(dimensioni appoggi 20 cm x 20 cm), **sp 100 mm d 500**

carico ~ 0.06 Mpa

$f_n \sim 8.4$  Hz

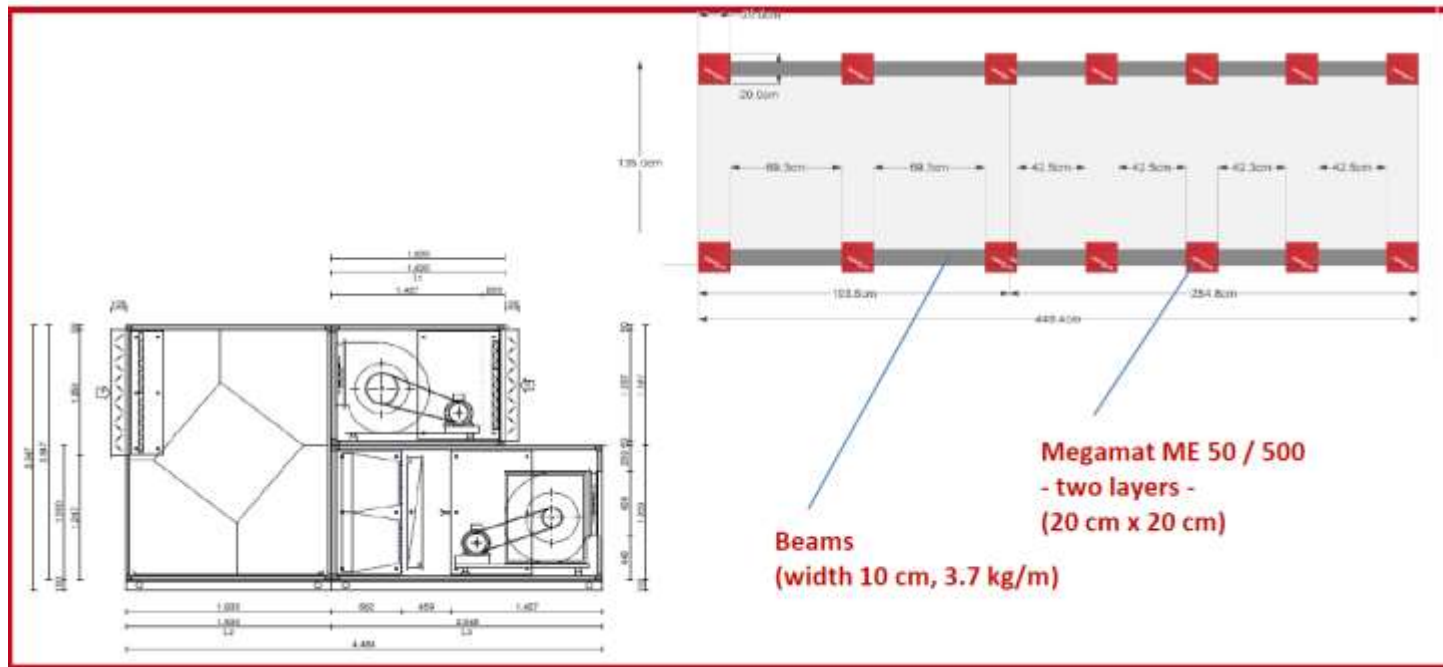
- ✓ Posizionamento differenziato a compensazione dello sbilanciamento del carico del macchinario vibrante



# 4. UTA

## Requirements

Work frequency	23.3 Hz	Degree of insulation	max %
Maximum displacement	- mm	Transmission reduction	max dB



# 4. UTA

<b>Product suggest:</b>		<b>Megamat ME 50 / 500 - two layers</b>		
Product thichness:	100 mm	Static Young modul:	0.625 N/mm <sup>2</sup>	
Loss factor:	0.143	Dynamic Young modul:	1.674 N/mm <sup>2</sup>	
<b>Results</b>				
Pressure on product:	0.060 N/mm <sup>2</sup>	Natural frequency:	8.4 Hz	
Static displacement:	9.6 mm	Disturbing frequency:	23.3 Hz	
Dynamic displacement:	3.6 mm	Transmission factor T:	0.158 < 1	
<b>DEGREE OF INSULATION</b>		<b>84.2 %</b>	<b>TRANSMISSION REDUCTION</b>	<b>-16.0 dB</b>

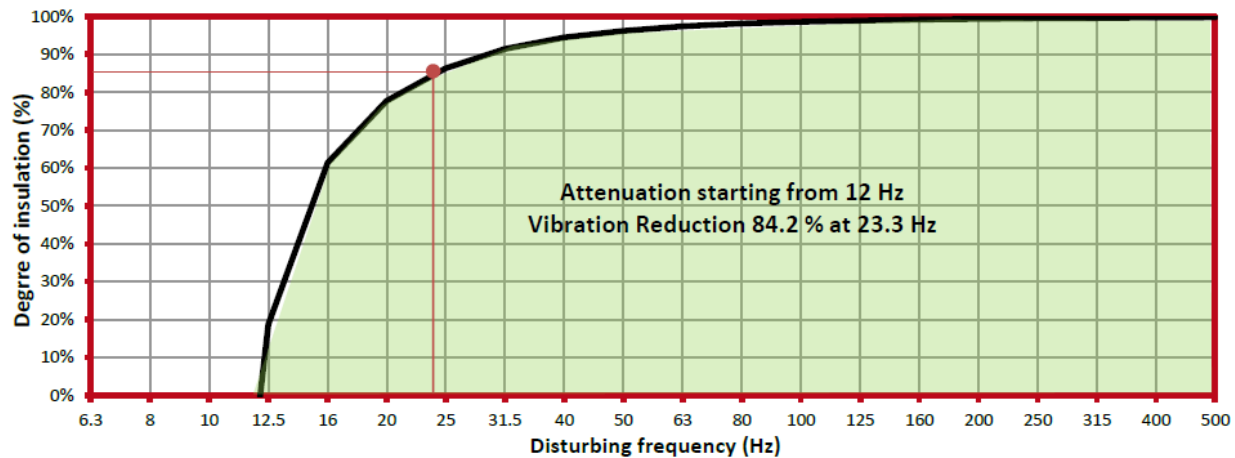
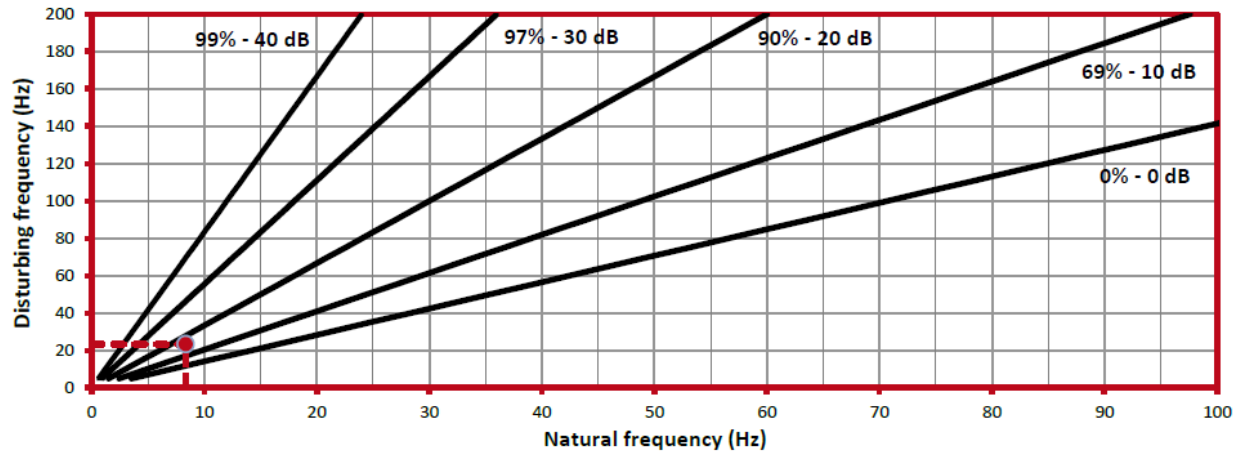
Isolamento > 80%

Frequenza naturale ~ 1/3  
della frequenza di  
sollecitazione





# 4. UTA



# 5. Isolamento Pressa Punzonatrice

## 5

### DATI DI INGRESSO:

✓ Protezione di un macchinario da vibrazioni esterne

✓ Pesi:

pressa punzonatrice: 11000 kg

basamento: 36000 kg

✓ Carichi:

0.031 Mpa (superficie 2.5 m x 6 m, h 1 m)

✓ Soluzione:

- materassino continuo in doppio strato
- Antivibrante di spessore 40 mm densità 500 kg/m<sup>3</sup> in gomma



# 5. Pressa / Bilanciere

## 5

### CONTESTO:

- ✓ **Ricollocazione pressa in nuovo stabilimento.**
- ✓ **Necessità di proteggere gli uffici e gli ambienti circostanti dalle vibrazioni trasmesse.**
- ✓ **Necessità di proteggere gli altri macchinari dalle vibrazioni impulsive prodotte dalla pressa**



# 5. Pressa - bilanciere

## VALUTAZIONI:

### ✓ Dati pressa:

peso statico	80 kN
spinta dinamica	150 kN
Carico totale	230 kN
+ Carico torsionale dinamico	215 kNm

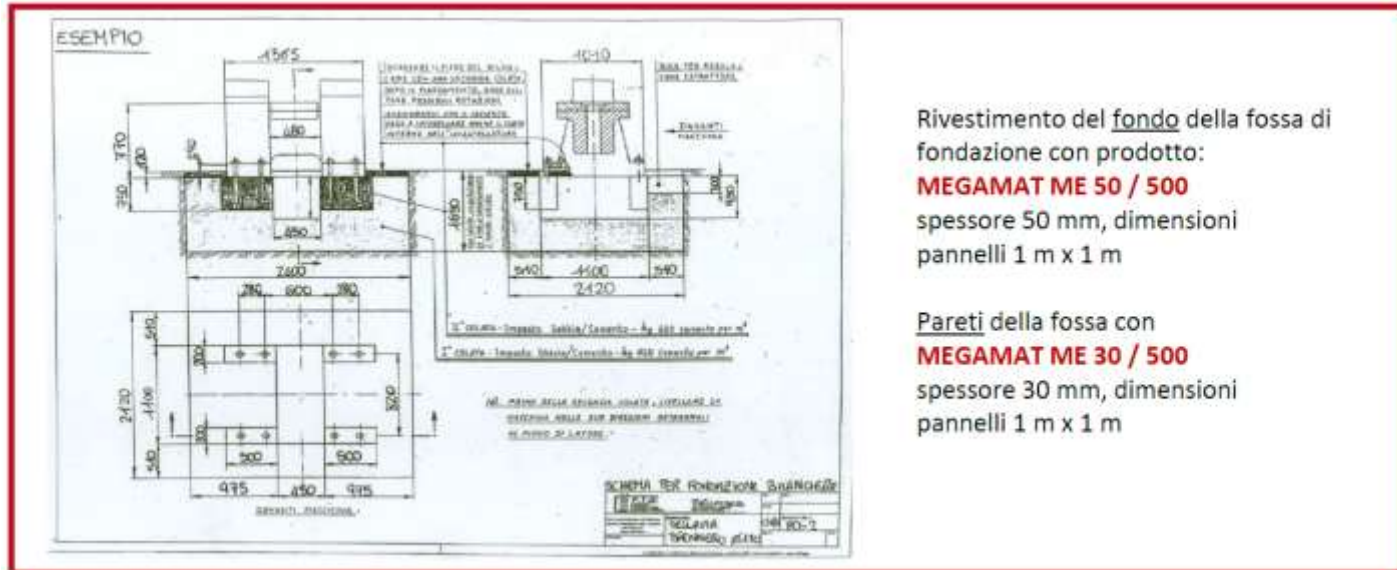
### ✓ Dati del basamento:

Peso	21000 kg
Dimensioni	2.4 m x 2.1 m x 1.65 m (h)

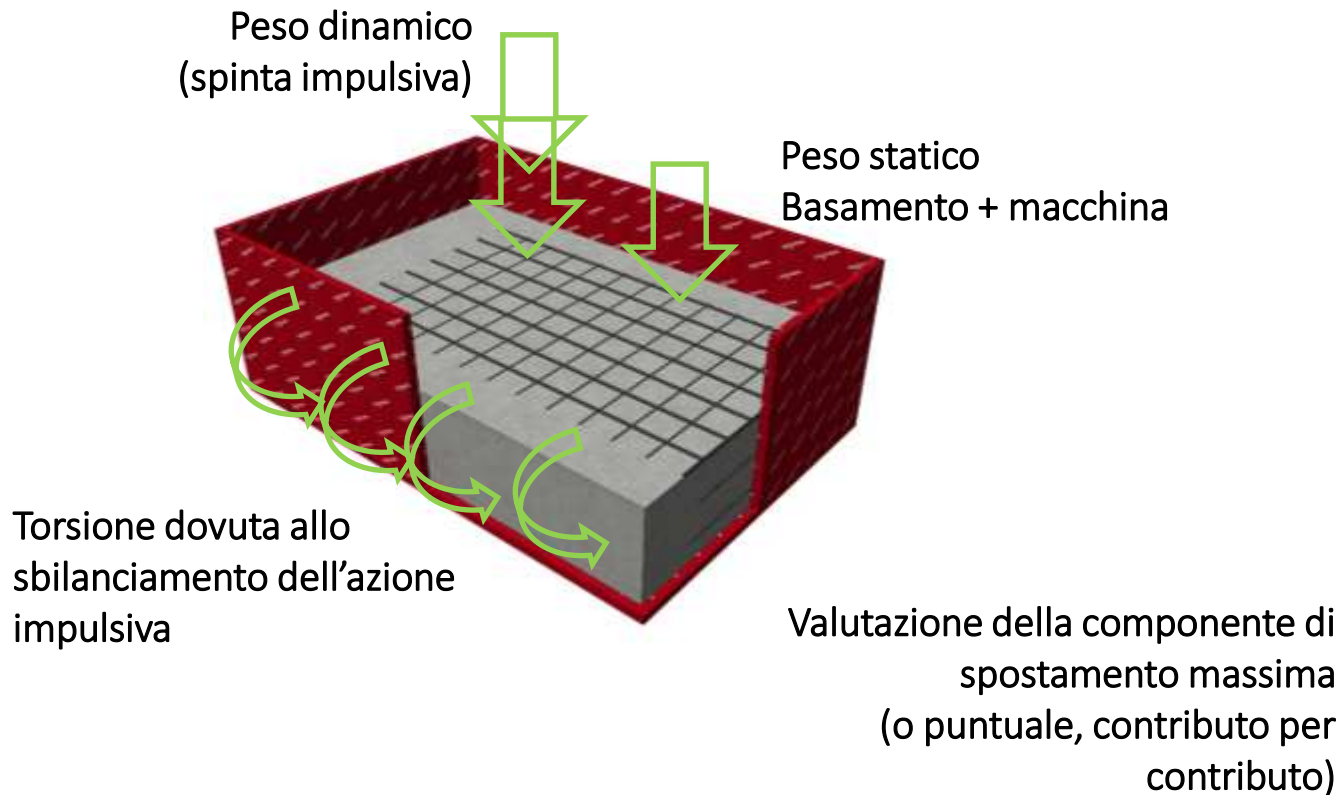
### ✓ Soluzione: rivestimento della fossa e realizzazione di una fondazione flottante



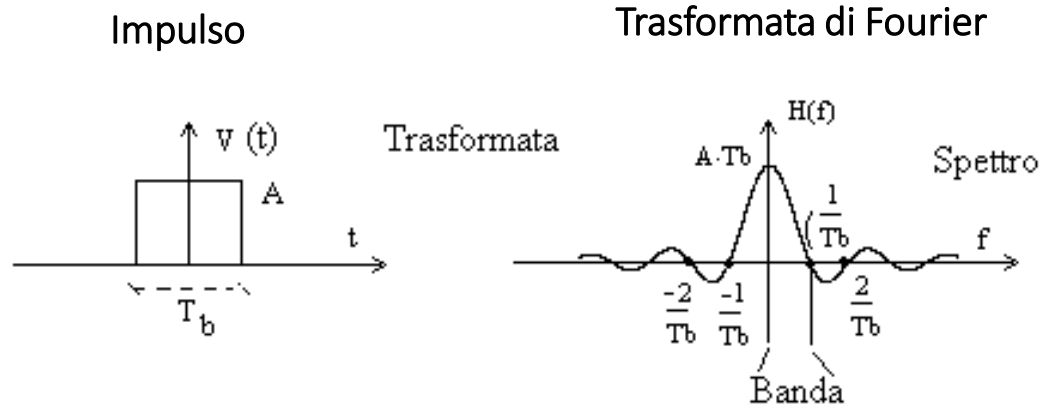
# 5. Pressa / Bilanciere



# 5. Pressa / Bilanciere



# 5. Pressa / Bilanciere



- Più piccola è la durata dell'impulso, più «piatta» è la sua trasformata di Fourier
- Lo spettro di un impulso (distribuzione energetica delle forze in frequenza) è una funzione che ha valori positivi su tutte le frequenze e tende a zero alle alte frequenze.
- Molto differente isolare una pressa rispetto a macchine con una forzante armonica !!! (es macchine rotative, pompe, compressori, ..)



# 5. Pressa / Bilanciere

**Prodotto suggerito: Megamat 50/500**

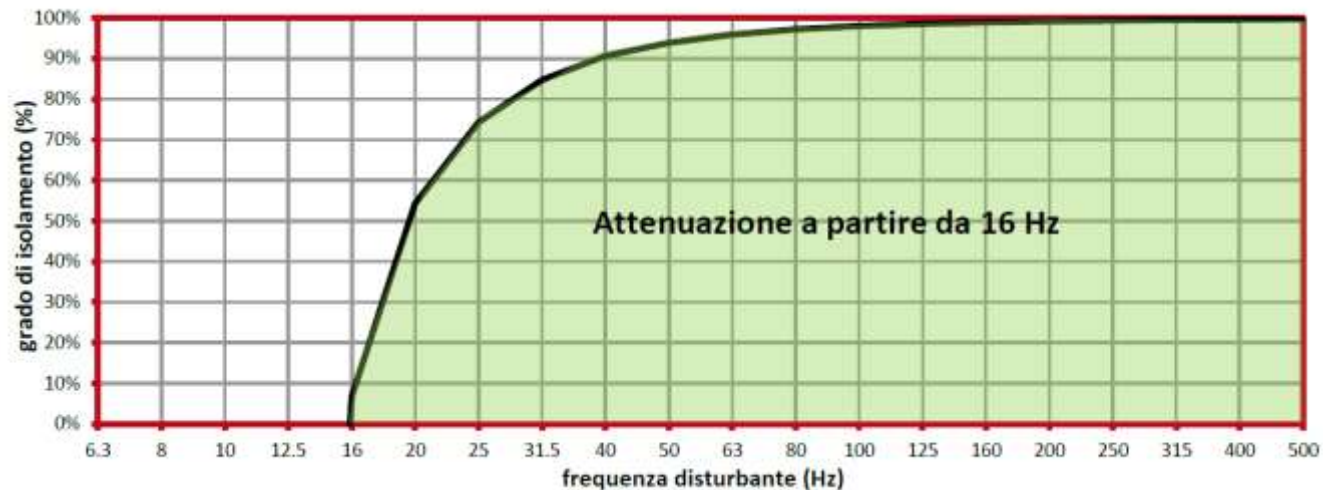
Spessore prodotto antivibrante:	50 mm	Modulo elastico statico:	0.660 N/mm <sup>2</sup>
Fattore di perdita:	0.143	Modulo elastico dinamico:	2.613 N/mm <sup>2</sup>

## Risultati

Pressione su antivibrante:	0.106 N/mm <sup>2</sup>	Frequenza propria del sistema:	11.1 Hz
Abbassamento statico:	8.0 mm		
Abbassamento dinamico:	2.0 mm		

**GRADO DI ISOLAMENTO**

**in funzione della frequenza (v. sotto)**



COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA

Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 104



# Isolamento delle vibrazioni

Posa dei prodotti



**COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA**

**26/10/2017**

**Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale**

Ing. Leonardo Luison

26 ottobre 2017

Slide 105

# SOMMARIO

- 1. Posa ad appoggi**
- 2. Basamento flottante**
- 3. Fondazione isolata**
- 4. Sistema ad appoggi con riempimento**



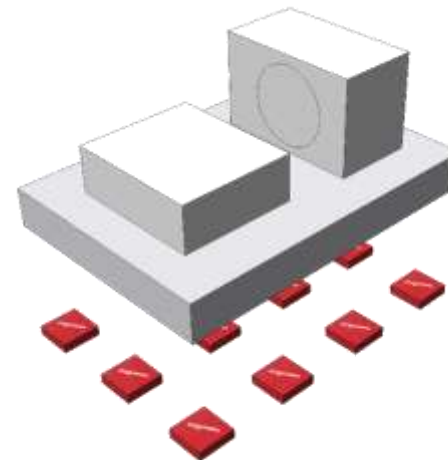
# 1. Posa ad appoggi



# Posa ad Appoggi

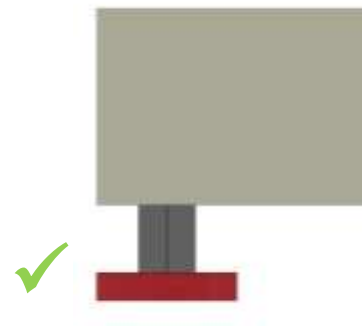
La posa ad appoggi si utilizza:

- **Direttamente sotto piedini di macchine vibranti (unità di ventilazione, ...)**
- **Sotto sistemi prefabbricati che non necessitano di costruzione in opera**



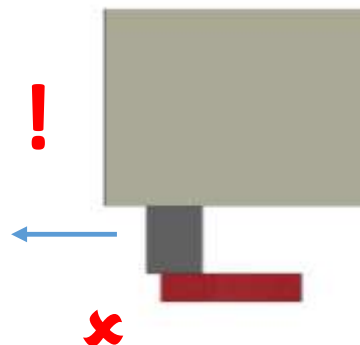
# Posa ad Appoggi

Se non sono previsti **spostamenti orizzontali** la posa può avvenire per semplice posizionamento degli appoggi in corrispondenza ai piedini del macchinario



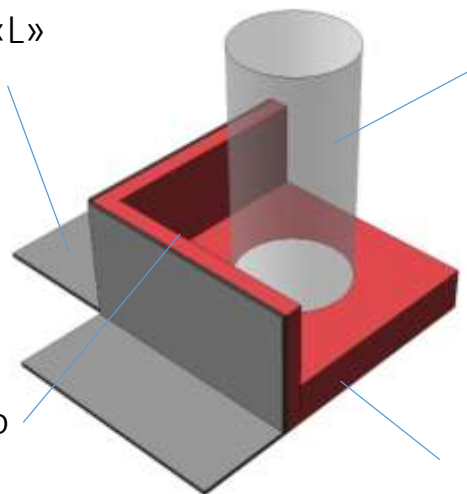
# Posa ad Appoggi

Se sono previsti **spostamenti orizzontali**  
bisogna limitare la traslazione lungo le  
direzioni non verticali, confinando  
l'appoggio



Piedino del  
macchinario

Profilo ad «L»



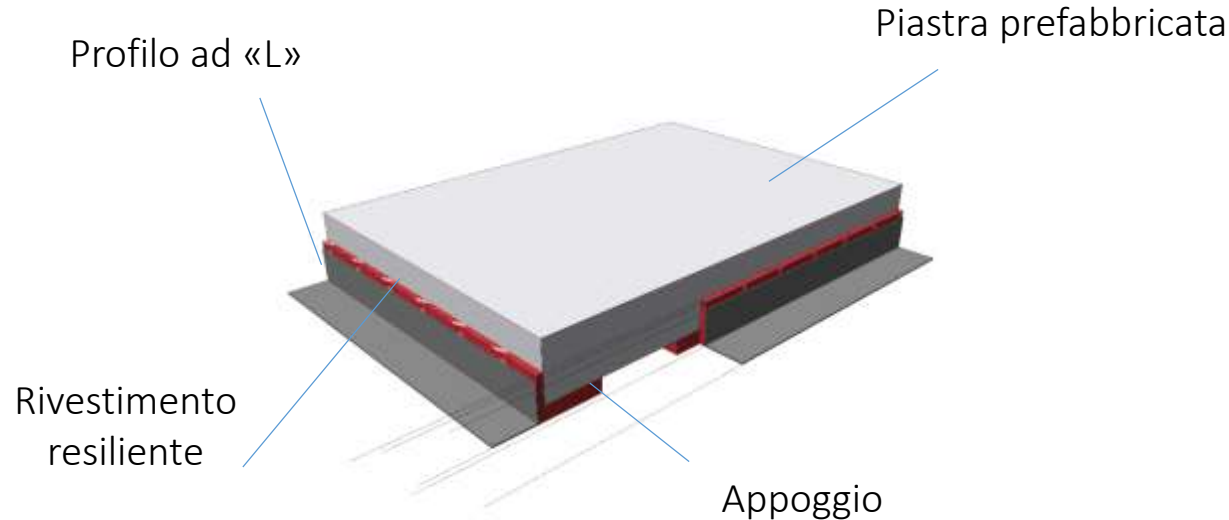
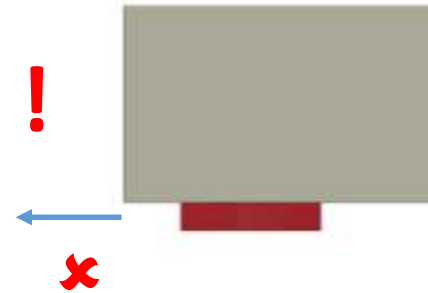
Rivestimento  
resiliente

Appoggio



# Posa ad Appoggi (piastra prefabbricata)

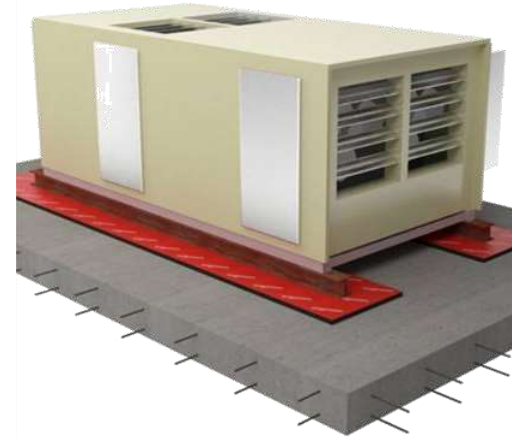
Se sono previsti **spostamenti orizzontali**  
bisogna limitare la traslazione lungo le  
direzioni non verticali, confinando  
l'appoggio ed il basamento



# Posa ad Appoggi con struttura

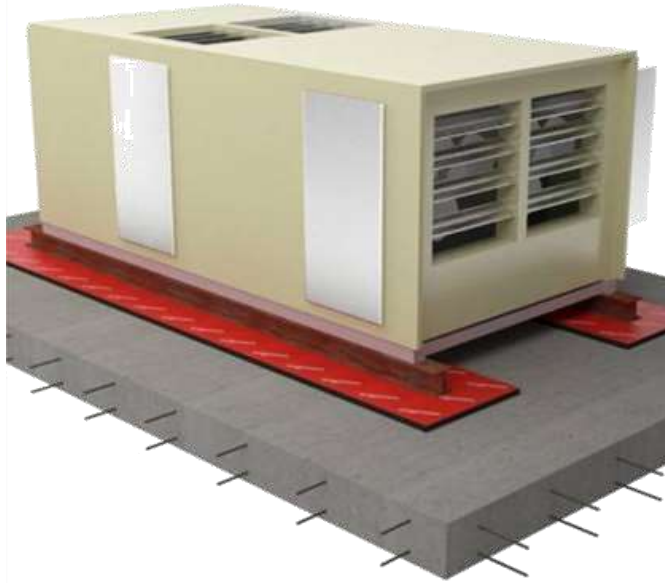
La posa ad appoggi con struttura interposta  
si utilizza:

- Per incrementare il carico sul materassino, laddove non sia possibile usare masse (basamento) elevate
- Per macchinari che necessitano di assemblaggio in opera (ad esempio UTA ...)





# Posa ad Appoggi con struttura

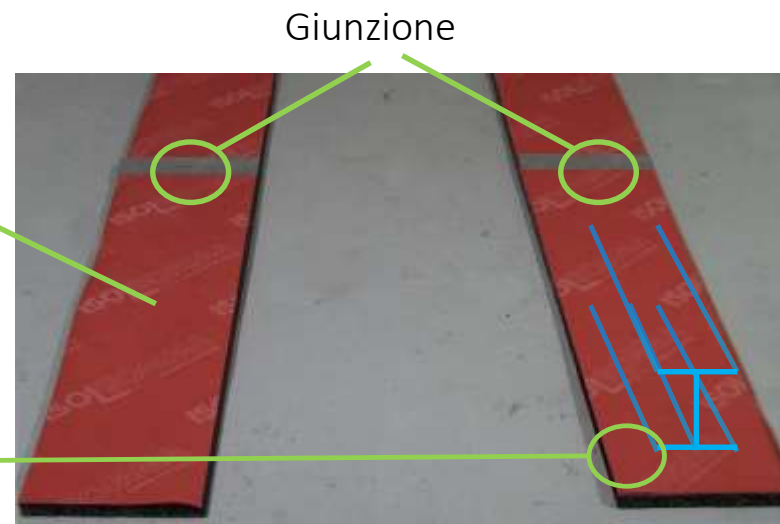


Striscia in materiale elastico resiliente  
(semplice appoggio su pavimentazione)

In eccedenza rispetto alla  
larghezza della trave

Scelta trave di sostegno

- Tipologia
- Peso al metro
- Superficie di appoggio



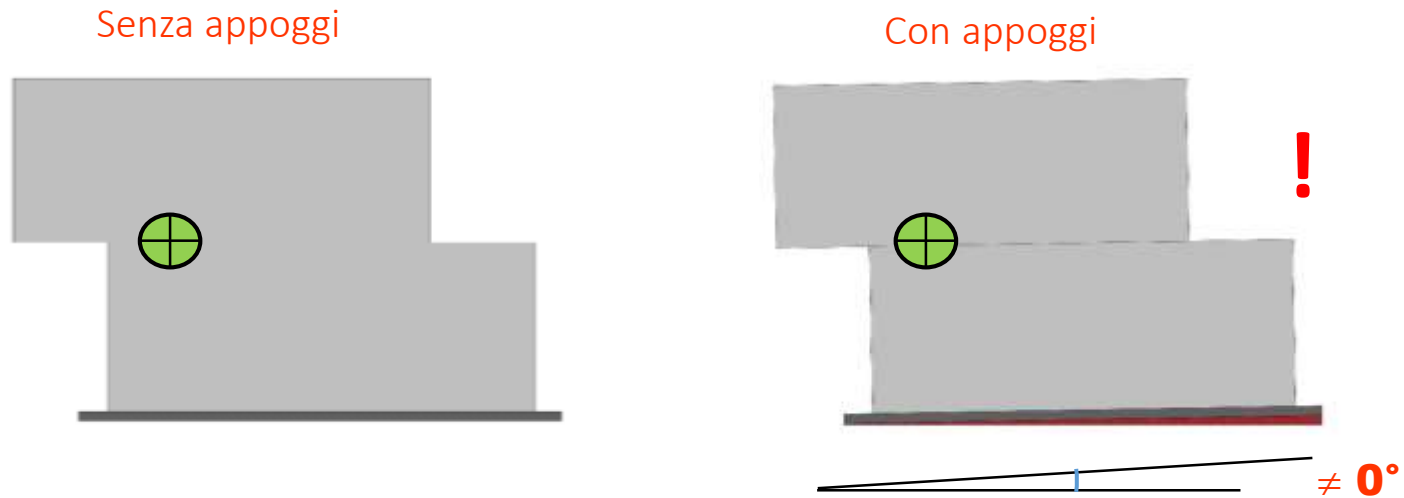
COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA

Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 113

# Posa ad Appoggi - sbilanciamento

In caso di forte sbilanciamento dei carichi, l'utilizzo di appoggi antivibranti potrebbe modificare l'assetto della macchina



Bisogna tenerne conto in fase di progettazione (e quindi di posa) e compensare con

- Diversa disposizione degli appoggi
- Materiali di differenti densità/carichi ottimali





## 2. Basamento Flottante



# Basamento flottante

## Il basamento flottante:

- Viene costruito in opera (getto in situ)
- Incrementa la massa del macchinario  
da isolare e migliora la stabilità ed il bilanciamento  
(abbassamento del baricentro)
- Attenzione ai carichi ammessi, se installato in coperture



# Basamento flottante



- Stendere i pannelli antivibranti sul pavimento

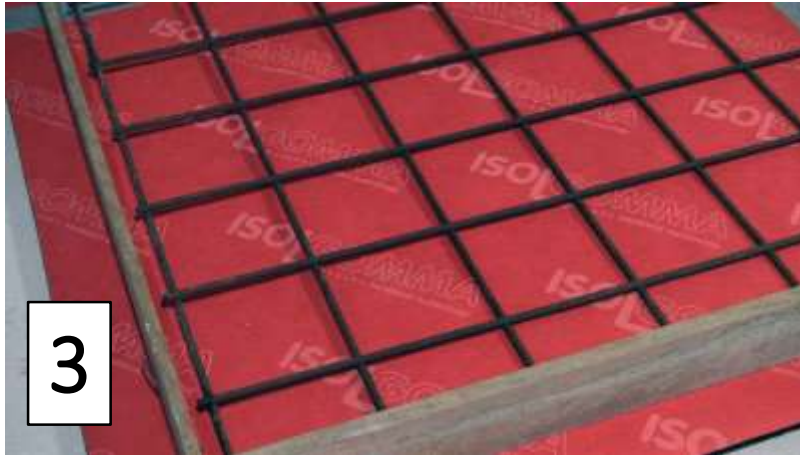
(superficie almeno pari a quella del basamento flottante da realizzare)

- Sigillare le giunture tra i pannelli mediante nastro adesivo sigillante

(evitare che eventuali infiltrazioni di liquido cementizio raggiungano la pavimentazione)



# Basamento flottante

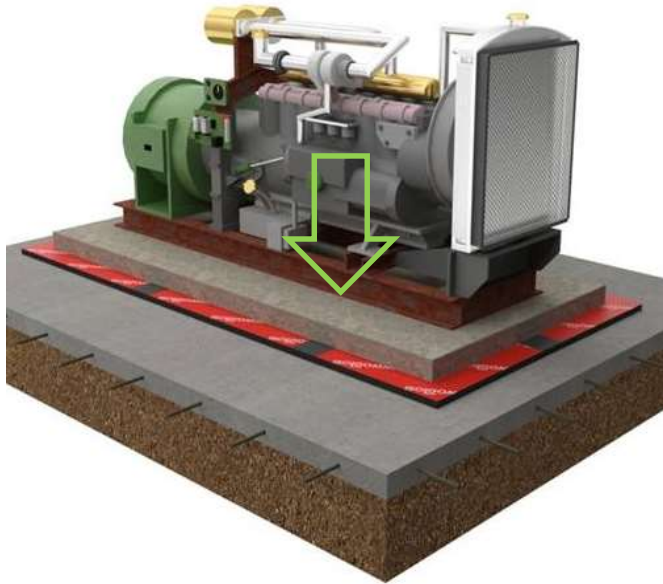


- Costruire il cassero di contenimento
- Posizionare l'armatura del massetto/basamento flottante

- Realizzare il getto di calcestruzzo direttamente sulla superficie dei pannelli antivibranti
- Si consiglia sempre la stesura di un telo impermeabile

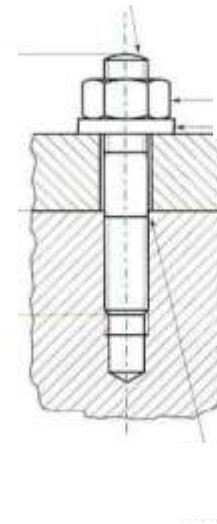


# Basamento flottante



- Il macchinario da isolare va installato per semplice appoggio direttamente sul basamento.

- Soluzione ideale anche per macchinari che necessitano di ancoraggio meccanico (ad esempio prigionieri, ...)
- Attenzione allo spessore di calcestruzzo necessario !





# 3. Fondazione Isolata



# Isolamento di fondazione

## -La fondazione isolata:

- Viene costruita in opera (getto in situ)
- Incrementa la massa del macchinario da isolare e migliora la stabilità ed il bilanciamento (abbassamento del baricentro)
- È necessariamente confinata lateralmente
- Necessita di una progettazione ad hoc (carichi statici, dinamici, azioni dinamiche non bilanciate, ..)



# Isolamento di fondazione



- Realizzare la fossa mediante taglio e scavo della pavimentazione esistente.

- Realizzazione del sottofondo e delle pareti della fossa in calcestruzzo armato, dove poi andrà posato l'antivibrante



# Isolamento di fondazione



- Per fissare i pannelli a parete utilizzare preferibilmente collante a base gesso o poliuretano
- Tempi di presa rapidi!

- Rivestire il fondo della fossa e le pareti con i pannelli antivibranti
- Sigillare le giunzioni orizzontali e verticali con nastro impermeabile



# Isolamento di fondazione

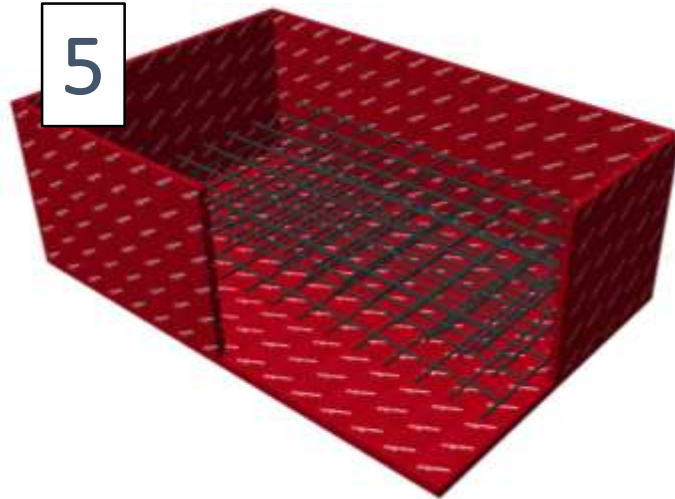
- In talune condizioni, in caso di scarsa adesione dei collanti (condizioni ambientali, irregolarità superfici di posa, ...) per facilitare la sovrapposizione dei pannelli durante la posa del rivestimento verticale si possono installare dei tasselli plastici, da rimuovere prima del getto.



1. Installare il pannello con il collante
2. Posizionare un tassello al centro del pannello e spingerlo con un martello fino alla superficie del pannello
3. Una volta terminata la presa del collante (prima del getto), rimuovere la testa del tassello
4. Nastrare e sigillare il foro con nastro resistente ed impermeabile

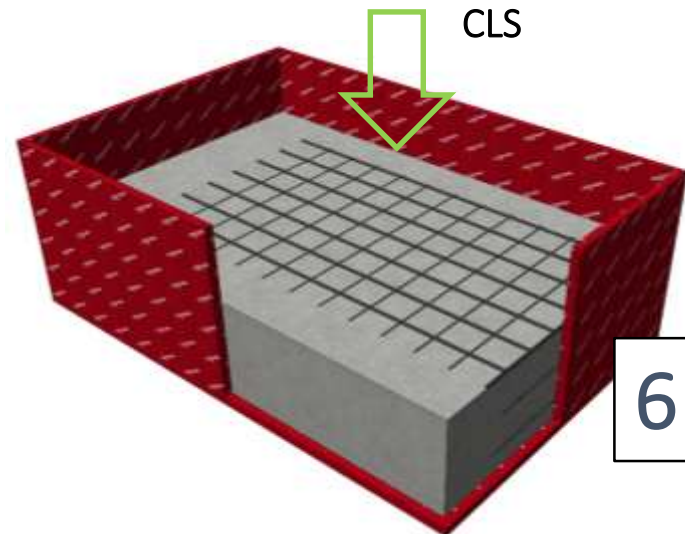


# Isolamento di fondazione



- Realizzare il getto della fondazione in accordo alle specifiche di progettazione e alle istruzioni di posa del macchinario
- La superficie finale deve essere idonea all'installazione della macchina

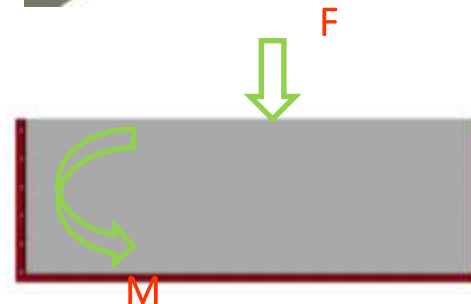
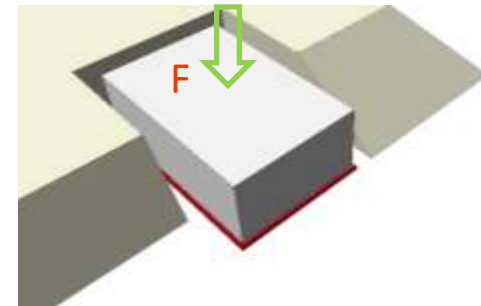
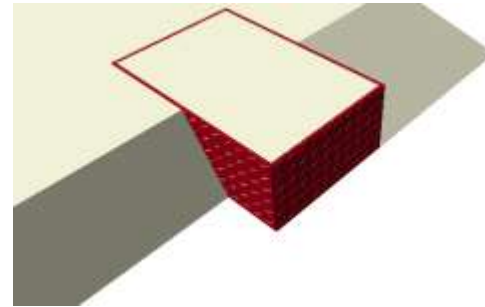
- Installare un telo impermeabile, per protezione da infiltrazioni durante il getto
- Posizionare l'armatura all'interno della fossa



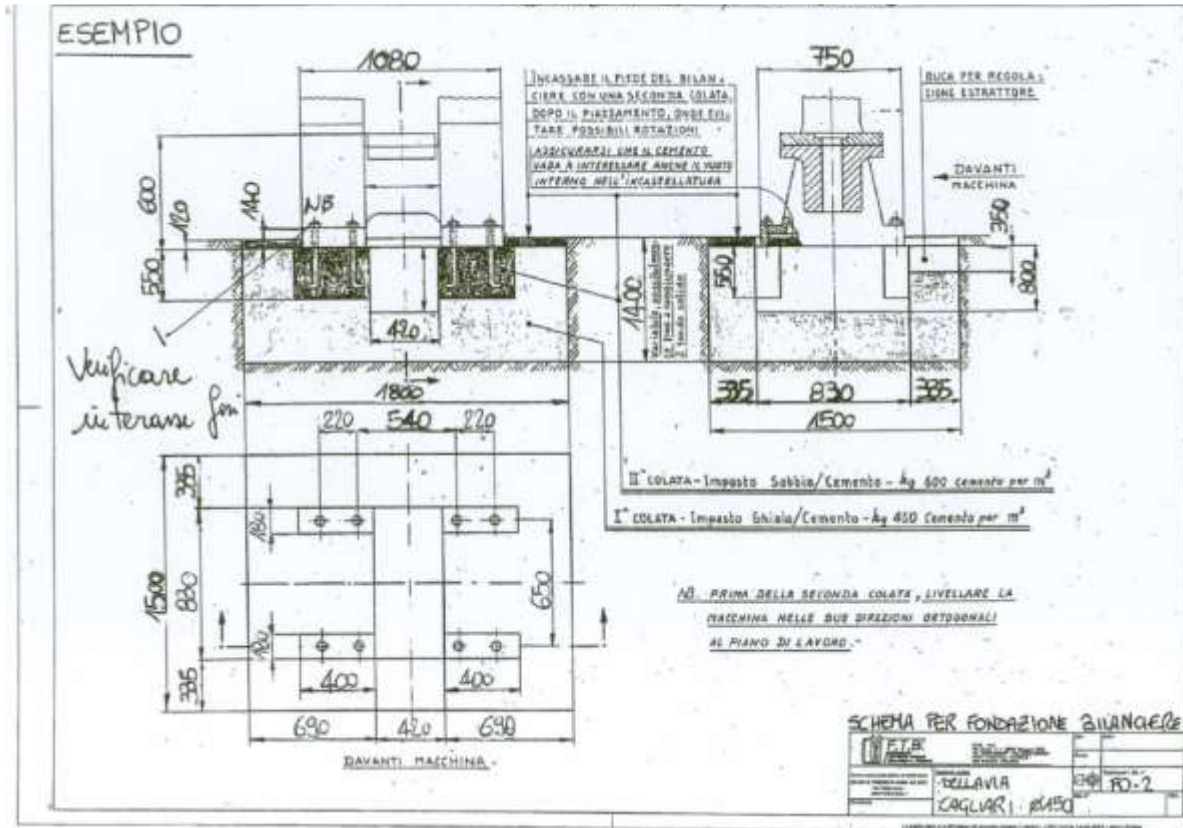
# Isolamento di fondazione

-Il rivestimento delle pareti della fossa:

- È utile ai fini del getto in calcestruzzo della fondazione
- Può non essere realizzato nel caso in cui le forze agiscano esclusivamente lungo la verticale (intercapedine d'aria al posto dei materassini)
- È opportuno nel caso in cui le fondazioni siano soggette a sforzi non assiali o momenti torcenti (bilancieri, presse, ...)



# Isolamento di fondazione



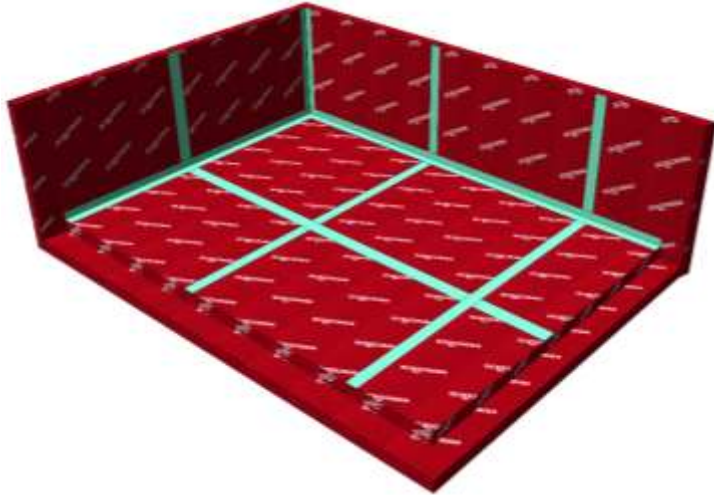
- Dimensioni e geometrie ben definite (funzionalità, buche di ispezione, ...)
- Necessità di progettazione del basamento
- Fissaggio del macchinario





# Isolamento di fondazione

- Nel caso di un doppio strato di isolante alla base della fondazione



- Nastratura sul solo strato a contatto con il getto

- Se possibile installare i due strati sfalsati
- Fondo – bordi – fondo

- Deflessione del fondo durante il getto



# Taglio dei pannelli



- Seghe circolari (manuali o da banco)



- Seghetti alternativi (manuali o da banco)



- Lama / taglierino (più laborioso)



- Pannelli pretagliati in fabbrica



# Isolamento di fondazione

Esempio di fondazione isolata di una costruzione (laboratorio acustico)



1

- Scavo della fossa

- Realizzazione del fondo



2



COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA

**Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale**

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 131

# Isolamento di fondazione



- Posa materiale antivibrante

- Posa dell'armatura



# Isolamento di fondazione



- Allestimento della cassetta

- Getto delle fondazioni



# Isolamento di fondazione



- Fondazione completa



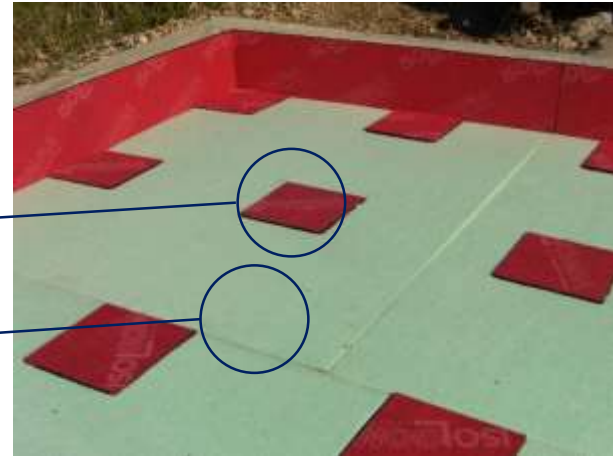
# 4. Sistemi a riduzione della sezione



# Sistemi a riduzione della sezione

**Sistemi di isolamento con riduzione della superficie di incidenza del carico**

- **Appoggi in materiale resiliente**
- **Riempimento in materiale fibroso**



- ✓ **Soluzione utile per macchinari con peso ridotto (o elevata superficie di appoggio con carichi ridotti)**
- ✓ **Il getto del calcestruzzo può avvenire direttamente sulla superficie dello strato assemblato (con telo impermeabile) o con cassero a perdere**





# Isolamento di fondazione



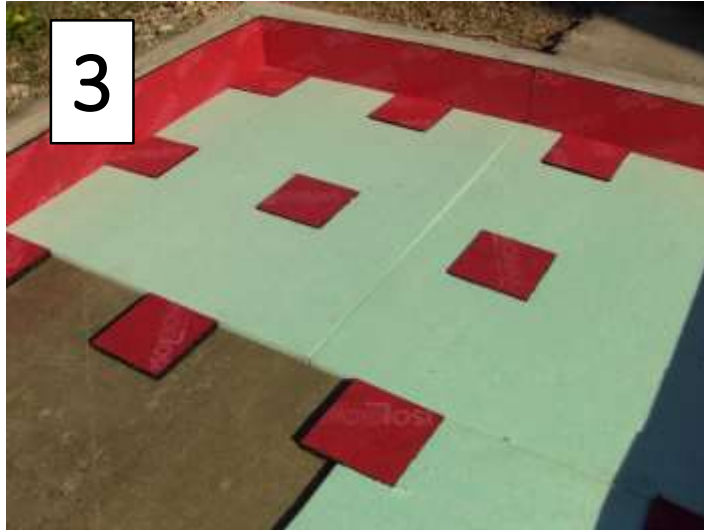
- Preparazione e pulizia della superficie di posa

(attenzione ad asperità, sporcizia, crepe, ...)

- Installazione delle strisce perimetrali antivibranti



# Isolamento di fondazione

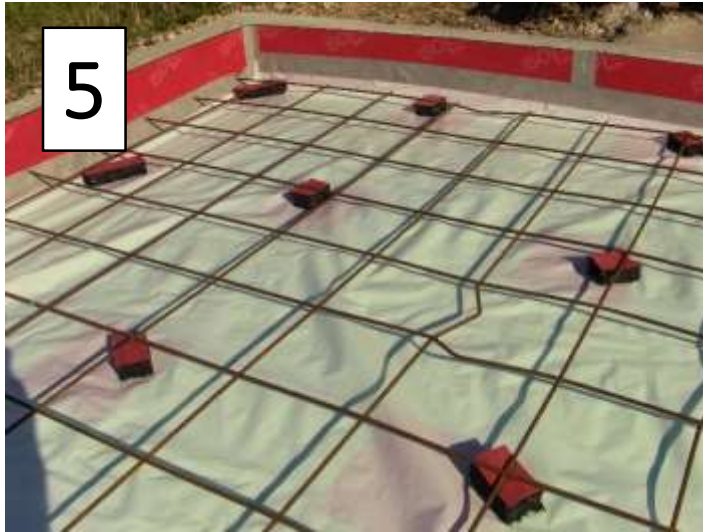


- Posa del telo impermeabile
- Nastratura superficiale mediante nastro impermeabile

- Posa degli appoggi resilienti e del riempitivo fibroso
- Attenzione al quantitativo di appoggi (da progetto)



# Isolamento di fondazione



- Posizionamento dell'armatura

Attenzione agli spessori di copriferro da progetto

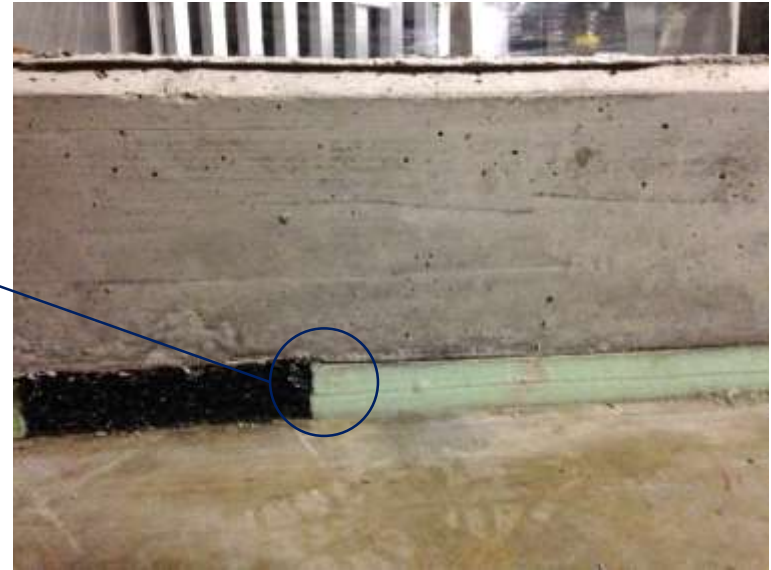
- Getto della fondazione (o stesura del massetto)



# Isolamento di fondazione

Esempio: isolamento UTA di una struttura ospedaliera (BZ)

- Posa senza cassero a perdere
- Abbassamento del riempimento in fibra
- Il supporto in materiale resiliente sopporta il carico incidente



- Il sistema di può installare anche con cassero a perdere in legno (in questo caso si può evitare il riempimento in materiale fibroso)
- La densità del materiale fibroso può essere selezionata in base al carico del basamento soprastante



**Grazie per l'attenzione**



**COLLEGIO  
INGEGNERI  
VENEZIA**

**Il Contenimento delle Vibrazioni  
in Ambito Civile ed Industriale**

Ing. Leonardo Luison  
26 ottobre 2017  
Slide 141

**ISOLGOMMA**  
\*\*\*\*\*



Acoustic Isolation & Vibration Control