

# Insonorizzazione per la casa

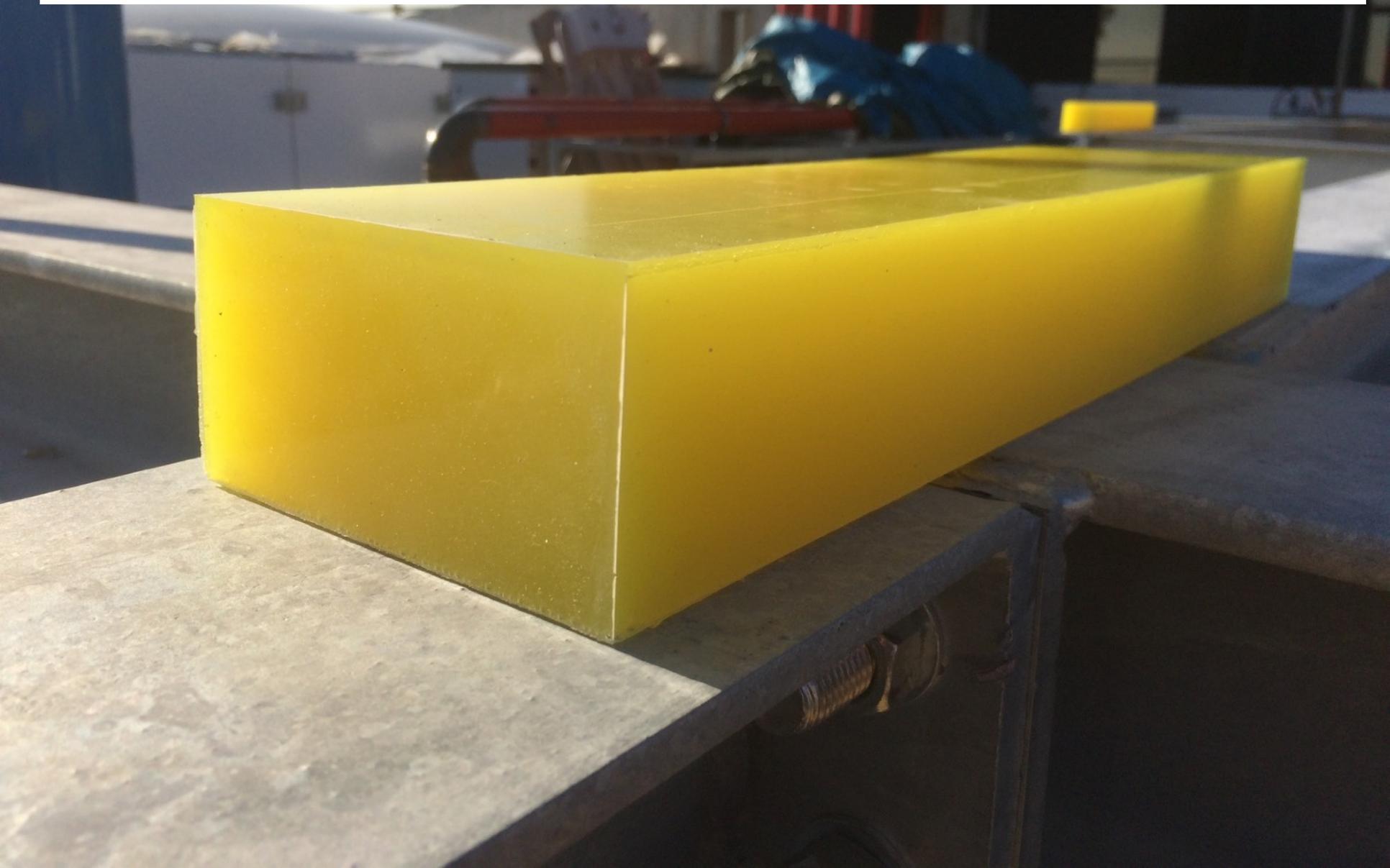
A hand is shown in the foreground, palm up, holding a glowing, multi-colored sound wave. The sound wave is composed of many thin, curved lines that create a sense of motion and energy. The background is a deep blue with a starry, nebula-like pattern, suggesting a cosmic or futuristic theme. The overall image conveys the idea of sound being captured or controlled, which is the focus of the text.

 Arcoacustica

The logo for Arcoacustica features a stylized letter 'A' that is filled with a rainbow gradient. The rest of the word 'Arcoacustica' is written in a white, serif font.

# Evoluzione del sistema anti-vibranti

Diagnosi del problema ed introduzione alla metodologia per la gestione rumore da vibrazioni



# Evoluzione dei sistemi anti-vibranti

Valori/limiti di riferimento nell'ambito dei "Requisiti acustici passivi degli edifici"

AMBIENTE ABITATIVO	PARAMETRI DI RIFERIMENTO D.P.C.M. 5-12-1997				
	R'w	D2m,nT,w	L'nw	LASmax	LAeq
Adibiti a residenza o assimilabili	≥ 50.0 dB	≥ 40.0 dB	≤ 63.0 dB	≤ 35.0 dB	≤ 25.0 dB
Adibiti ad uffici e assimilabili	≥ 50.0 dB	≥ 42.0 dB	≤ 55.0 dB	≤ 35.0 dB	≤ 25.0 dB
Adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili	≥ 50.0 dB	≥ 40.0 dB	≤ 63.0 dB	≤ 35.0 dB	≤ 25.0 dB
Adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	≥ 55.0 dB	≥ 45.0 dB	≤ 58.0 dB	≤ 35.0 dB	≤ 25.0 dB
Adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	≥ 50.0 dB	≥ 48.0 dB	≤ 58.0 dB	≤ 35.0 dB	≤ 25.0 dB
Adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili	≥ 50.0 dB	≥ 42.0 dB	≤ 55.0 dB	≤ 35.0 dB	≤ 25.0 dB
Adibiti ad attività commerciali o assimilabili	≥ 50.0 dB	≥ 42.0 dB	≤ 55.0 dB	≤ 35.0 dB	≤ 25.0 dB

Tabella riassuntiva riferimenti numerici per categoria di appartenenza dei cinque parametri del Decreto

CLASSE DI APPARTENENZA	R'w	D2m,nT,w	L'nw	LASmax	LAeq
PRIMA (I)	≥ 56.0 dB	≥ 43.0 dB	≤ 53.0 dB	≤ 30.0 dB	≤ 25.0 dB
SECONDA (II)	≥ 53.0 dB	≥ 40.0 dB	≤ 58.0 dB	≤ 33.0 dB	≤ 28.0 dB
TERZA (III)	≥ 50.0 dB	≥ 37.0 dB	≤ 63.0 dB	≤ 37.0 dB	≤ 32.0 dB
QUARTA (IV)	≥ 45.0 dB	≥ 32.0 dB	≤ 68.0 dB	≤ 42.0 dB	≤ 37.0 dB

# Cenni/concetti di base fenomeno fisico

Catena di connessioni tra i componenti del sistema che “dialogano” acusticamente



# Cenni/concetti di base fenomeno fisico

Catena di connessioni tra i componenti del sistema che “dialogano” acusticamente tra loro

① **Caratteristiche forzante sistema**



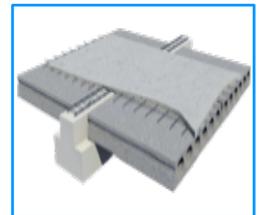
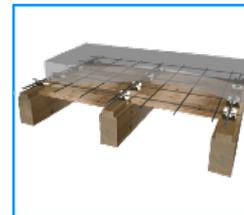
PRIMO FILTRO

② **Caratteristiche Anti-vibrante**



SECONDO FILTRO

③ **Caratteristiche Riscontro fisso**



TERZO FILTRO

④ **Percezione Vs. prestazione**



# Cenni/concetti di base fenomeno fisico

Definizione differenza tra **sistemi discreti** e **sistemi continui**

## Cenni o indicazioni di massima

- Sistemi nei quali le variabili che lo costituiscono hanno tra loro dei legami
- Discreti quei sistemi nei quali le variabili sono lineamenti INDIPENDENTI [f0 = 160 \* rad2 (s'/m')]
- Continui quei sistemi nei quali le variabili sono lineamenti DIPENDENTI
- Classificazione in differenti ambiti: matematica, fisica, filosofica, finanza ecc.
- Modelli di calcolo previsionale sono associati ai sistemi nell'ambito della rispettiva condizione

# Cenni/concetti di base fenomeno fisico

## Significato e definizione di **filtro acustico**

### **Filtro passa-basso**

- Sistemi che “filtrano” solo le onde di pressione che hanno frequenza superiore a quella del filtro ( $f_0$ );
- Le onde di pressione che hanno frequenza coincidente a quella del filtro subiscono incremento (risonanza);
- Suddivisi in 1°/2°/3° ordine in funzione del loro rendimento acustico per decade successiva rispetto ad  $f_0$ ;
- Classificati attivi oppure passivi in funzione dei dispositivi di cui essi sono dotati;
- Sussiste una proporzionalità inversa tra qualità del filtro e frequenza di risonanza  $f_0$  del medesimo.

# Cenni/concetti di base fenomeno fisico

Esempio pratico di filtri per prodotti in commercio nella grande distribuzione



# Cenni/concetti di base fenomeno fisico

Significato e definizione di **oscillatore armonico semplice smorzato**

## Oscillatore armonico semplice smorzato

- Sistema meccanico che reagisce ad una perturbazione del suo equilibrio (pendolo oppure altalena);
- Il moto descritto dall'oscillatore è di tipo armonico (sinusoidale);
- Le forze che descrivono tale moto sono, Forza richiamo Elastico, Forza smorzamento e Forza - Inerzia;
- La somma delle tre forze è uguale a zero per l'oscillatore semplice smorzato;
- La somma delle tre forze è uguale ad  $F$  per l'oscillatore semplice smorzato forzato.

# Cenni/concetti di base fenomeno fisico

Significato pratico del concetto di **ordine di grandezza** nell'ambito del "progetto acustico"

## Importanza ordine di grandezza in acustica

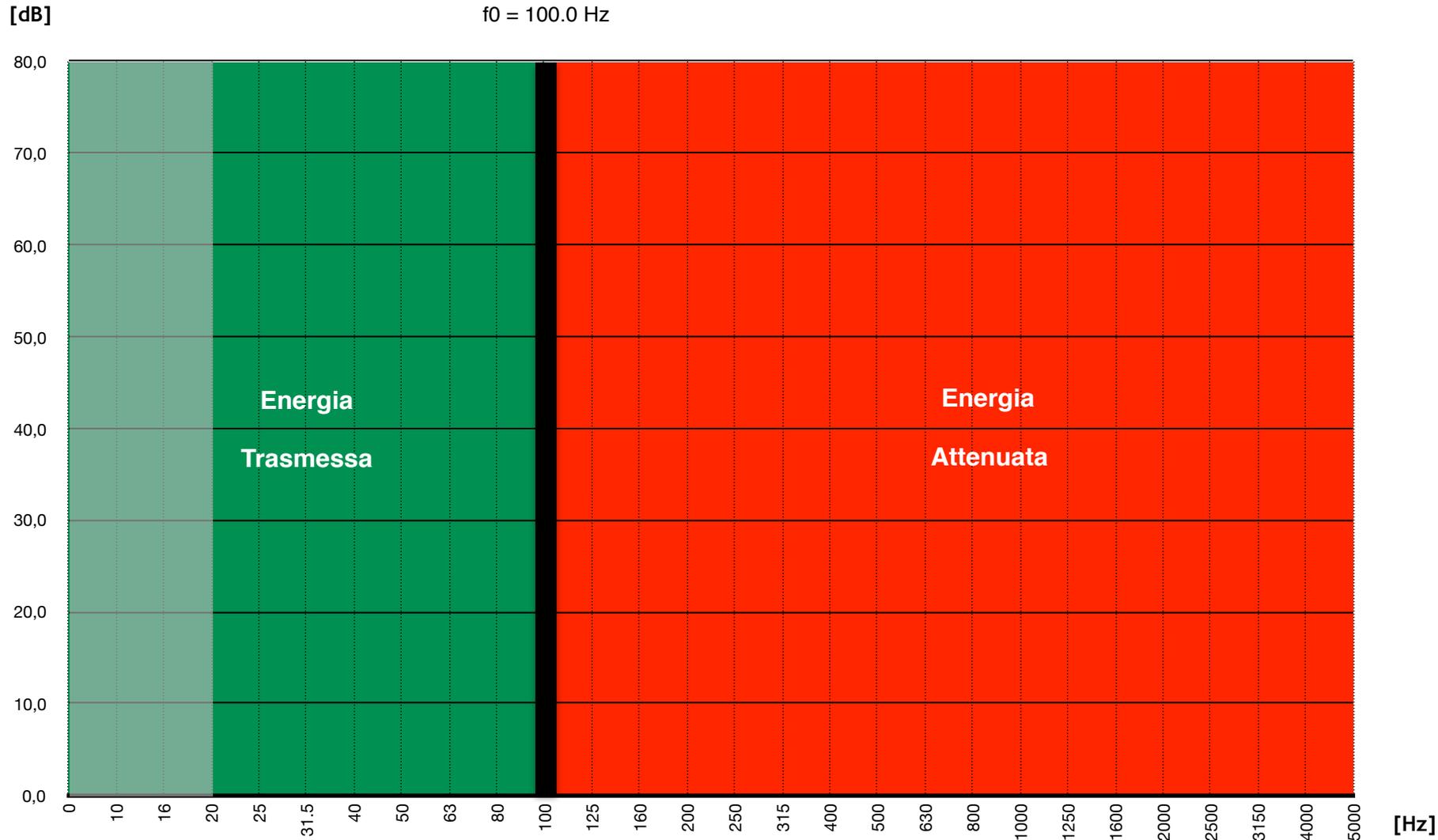
Potenze di DIECI	0,001	0,01	0,1	1	10	100	1000	10000	100000
Ordine GRANDEZZA	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5

- Ordine di grandezza è la scala o la grandezza della quantità in oggetto
- La somma di valori di ordine grandezza differente "è poco significativa" [63.0 dB + 53.0 dB = 63.1 dB]
- Il rendimento di due filtri in serie, si capitalizza solo per filtri dello stesso ordine di grandezza [f01=f02]

# Cenni/concetti di base fenomeno fisico

Analisi grafica principio di funzionamento del filtro acustico

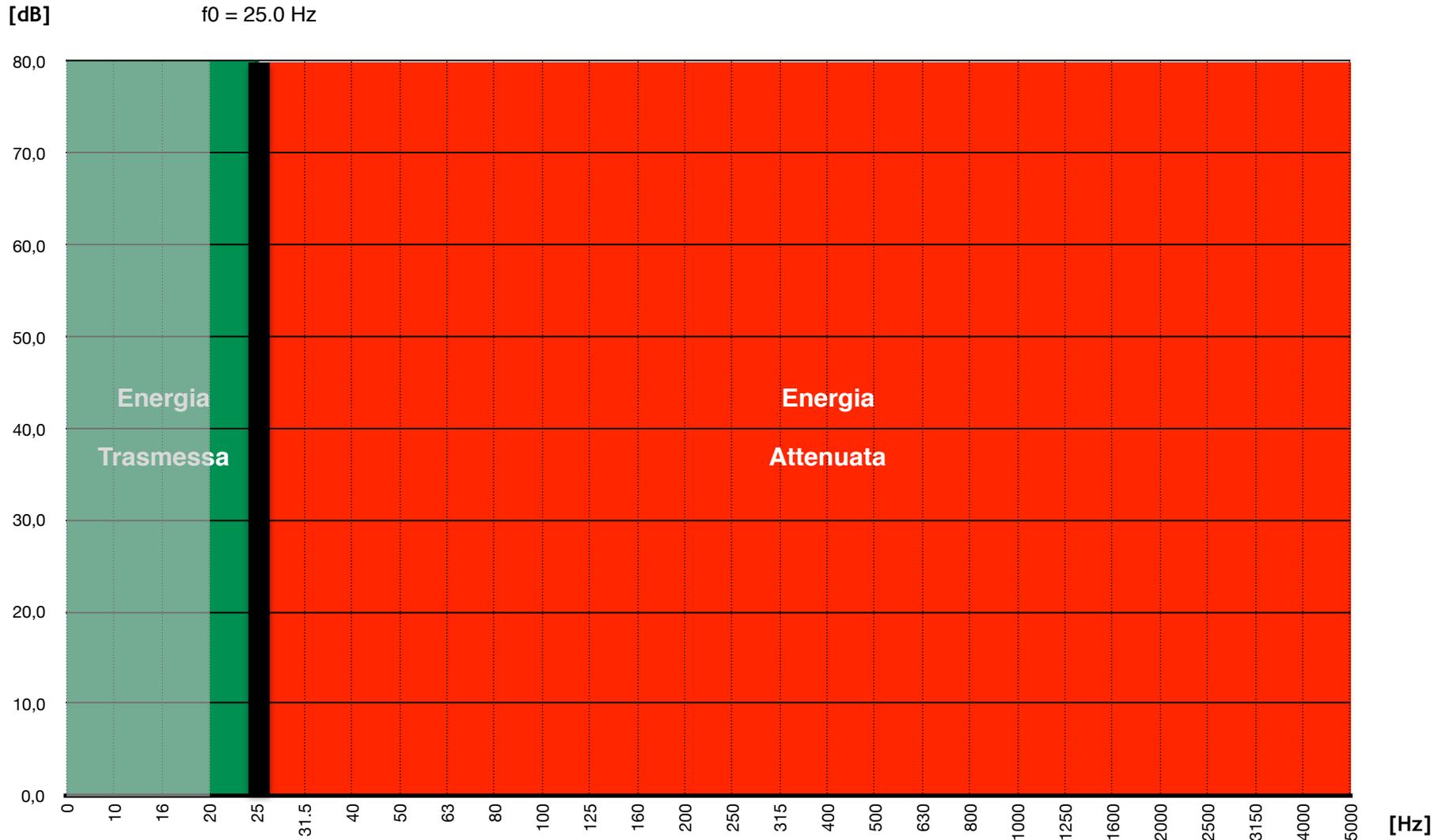
Considerazioni generiche funzionamento filtro passa basso



# Cenni/concetti di base fenomeno fisico

Analisi grafica principio di funzionamento del filtro acustico

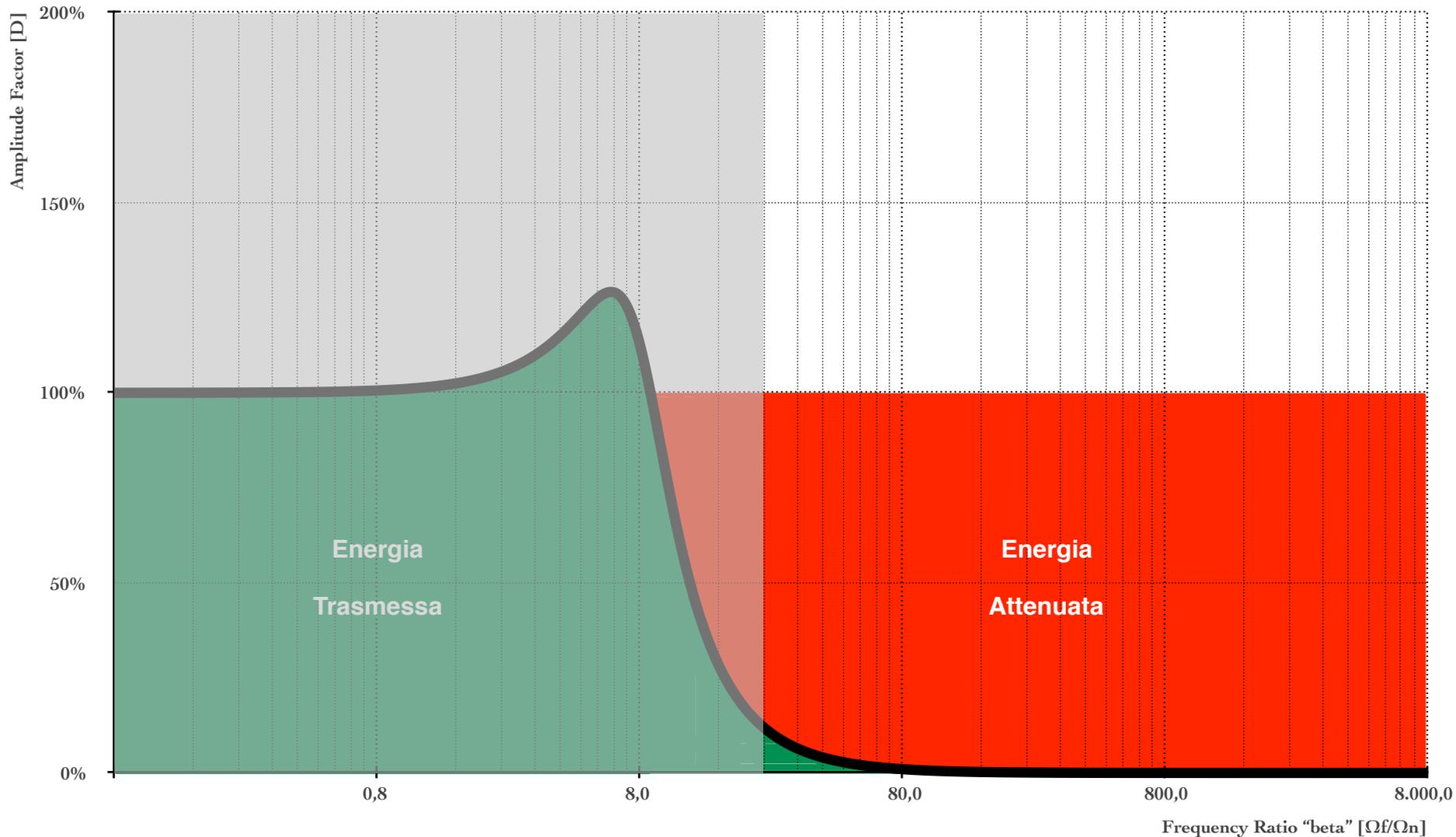
Considerazioni generiche funzionamento filtro passa basso



# Cenni/concetti di base fenomeno fisico

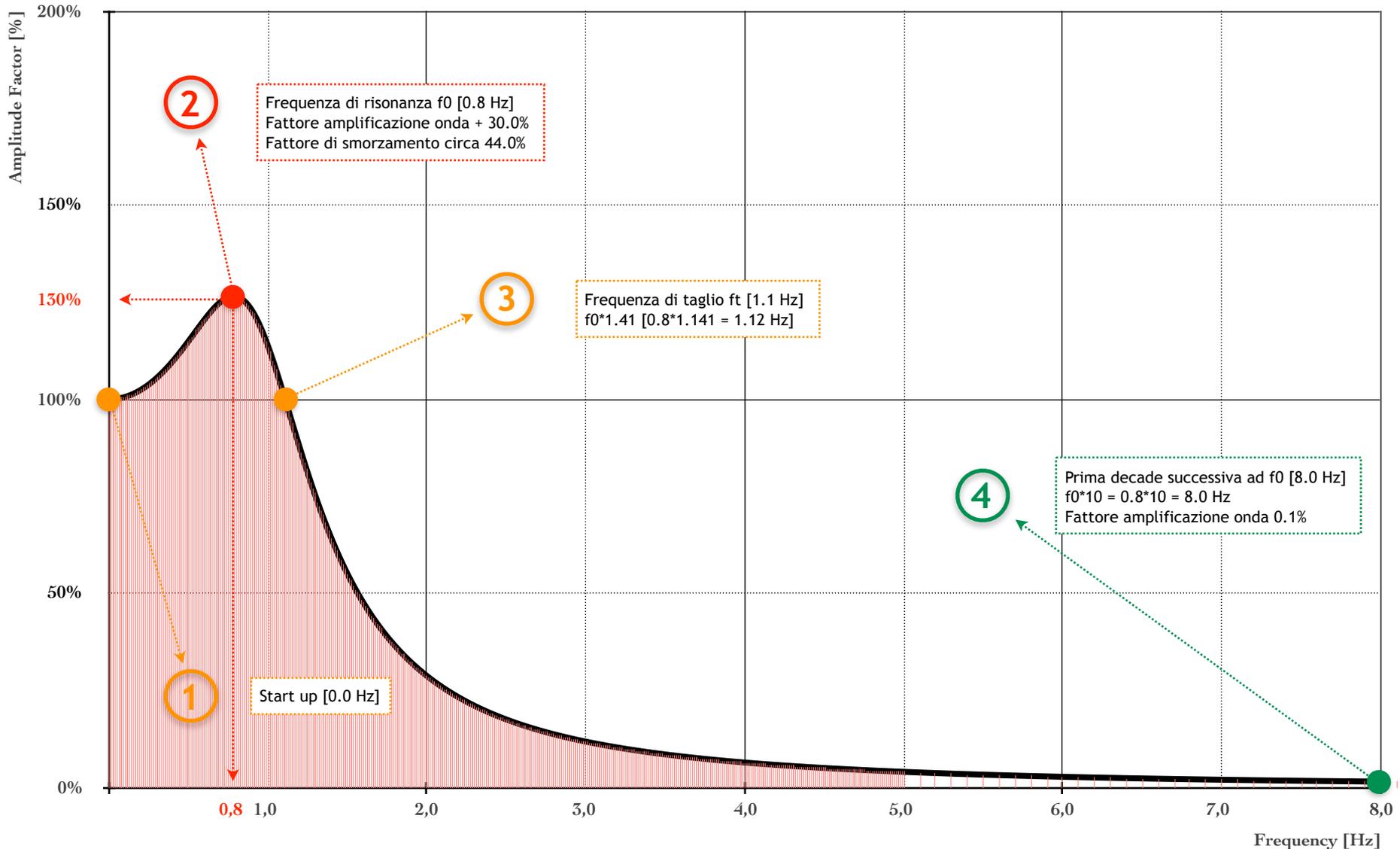
Analisi grafica principio di funzionamento del filtro acustico

Analisi amplificazione d'onda nel dominio delle frequenza per i filtri passa basso



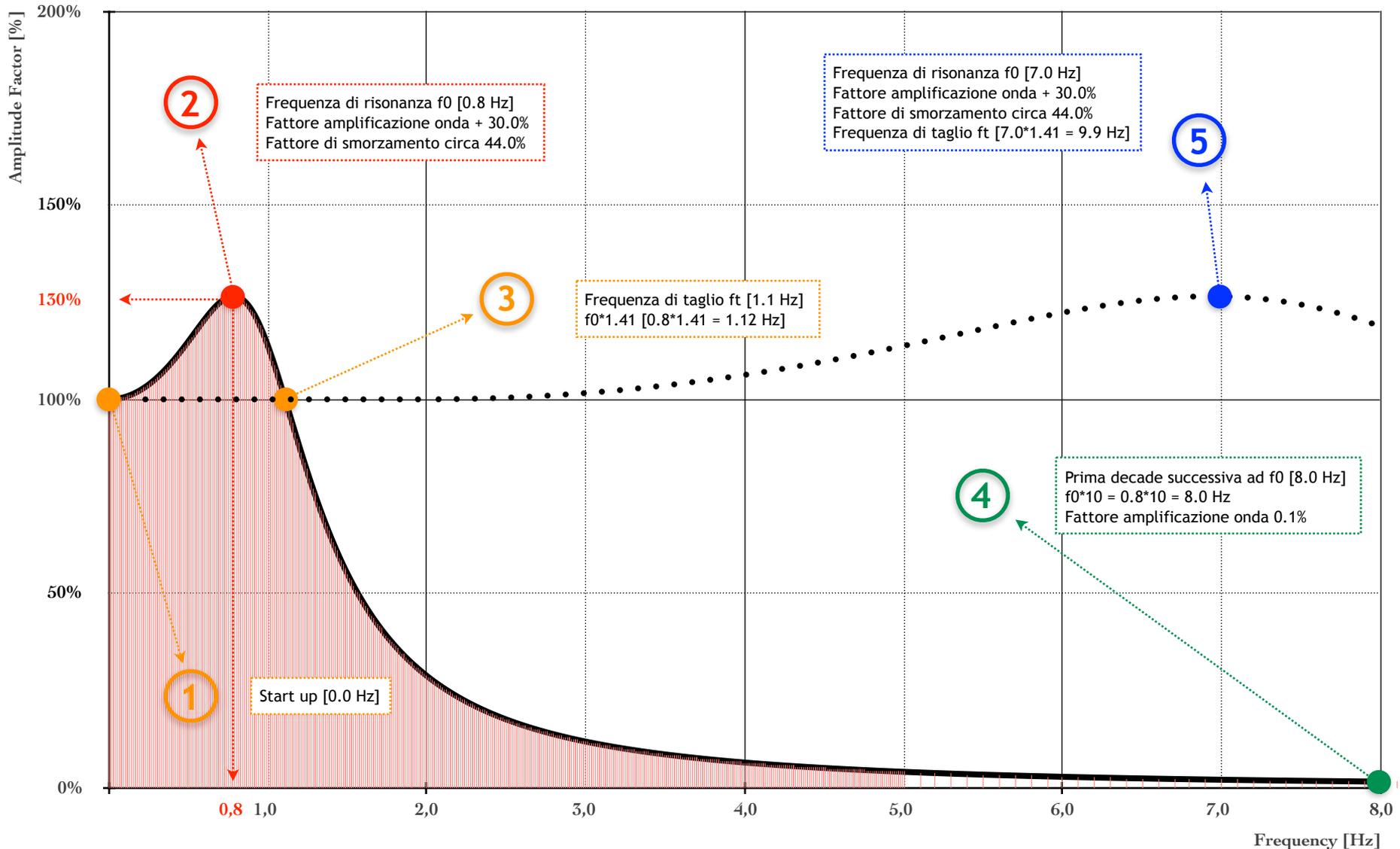
# Cenni/concetti di base fenomeno fisico

Filtro acustico passa-basso: Elementi/parametri caratteristici di tutti i filtri acustici



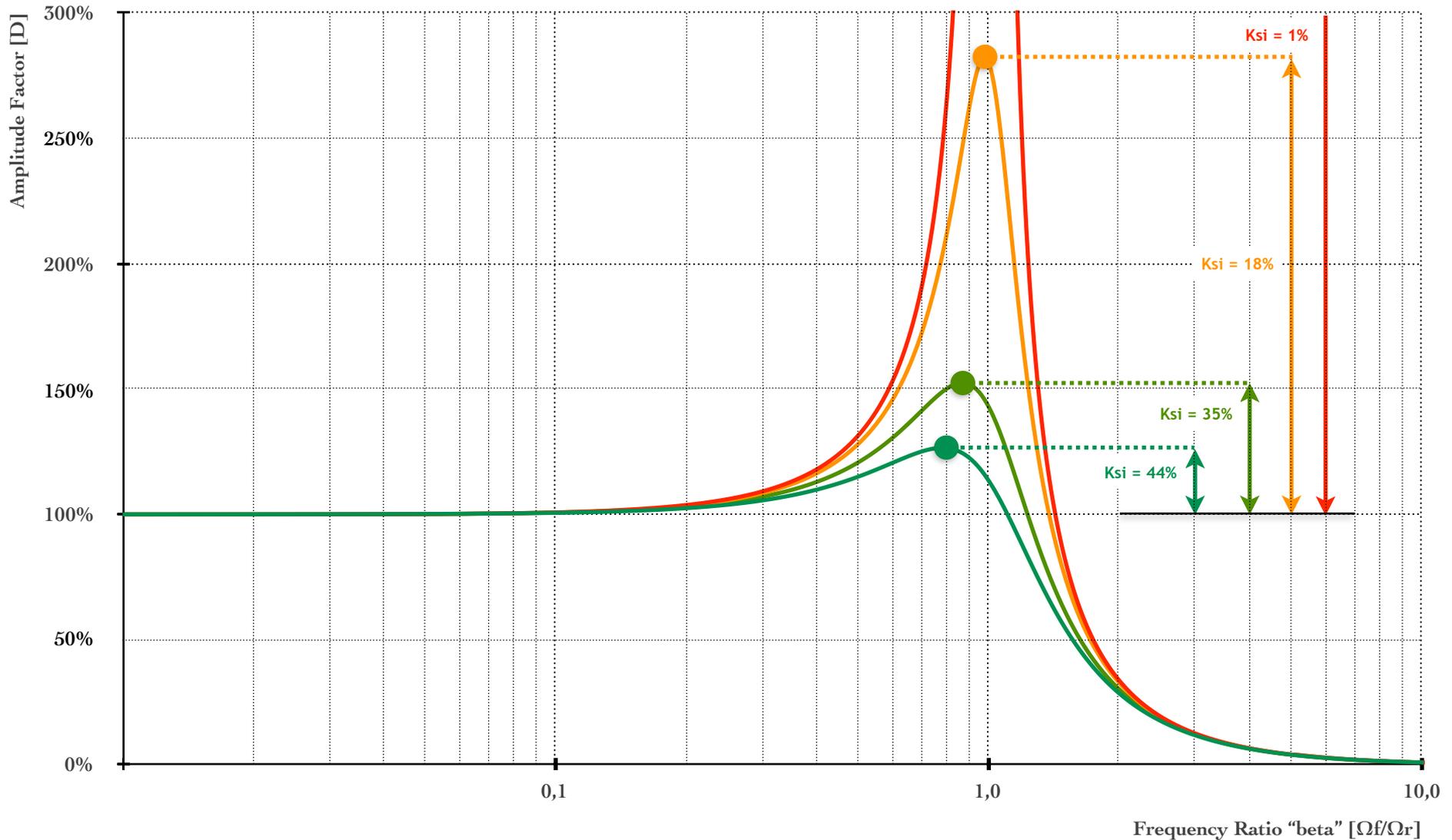
# Cenni/concetti di base fenomeno fisico

Filtro acustico passa-basso: Elementi/parametri caratteristici di tutti i filtri acustici



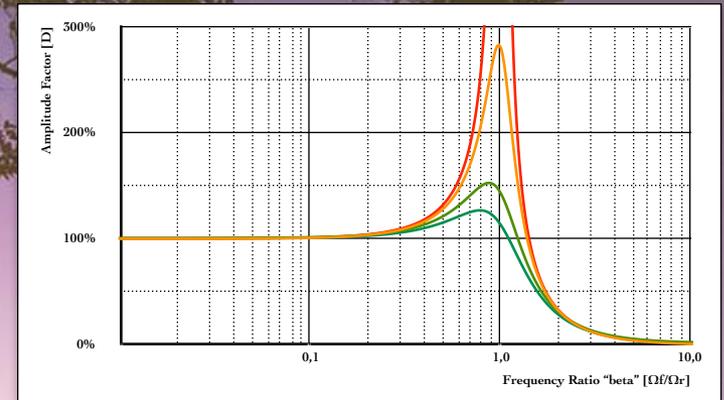
# Cenni/concetti di base fenomeno fisico

Confronto diretto tra filtri acustici con differenti valori di smorzamento



# Cenni/concetti di base fenomeno fisico

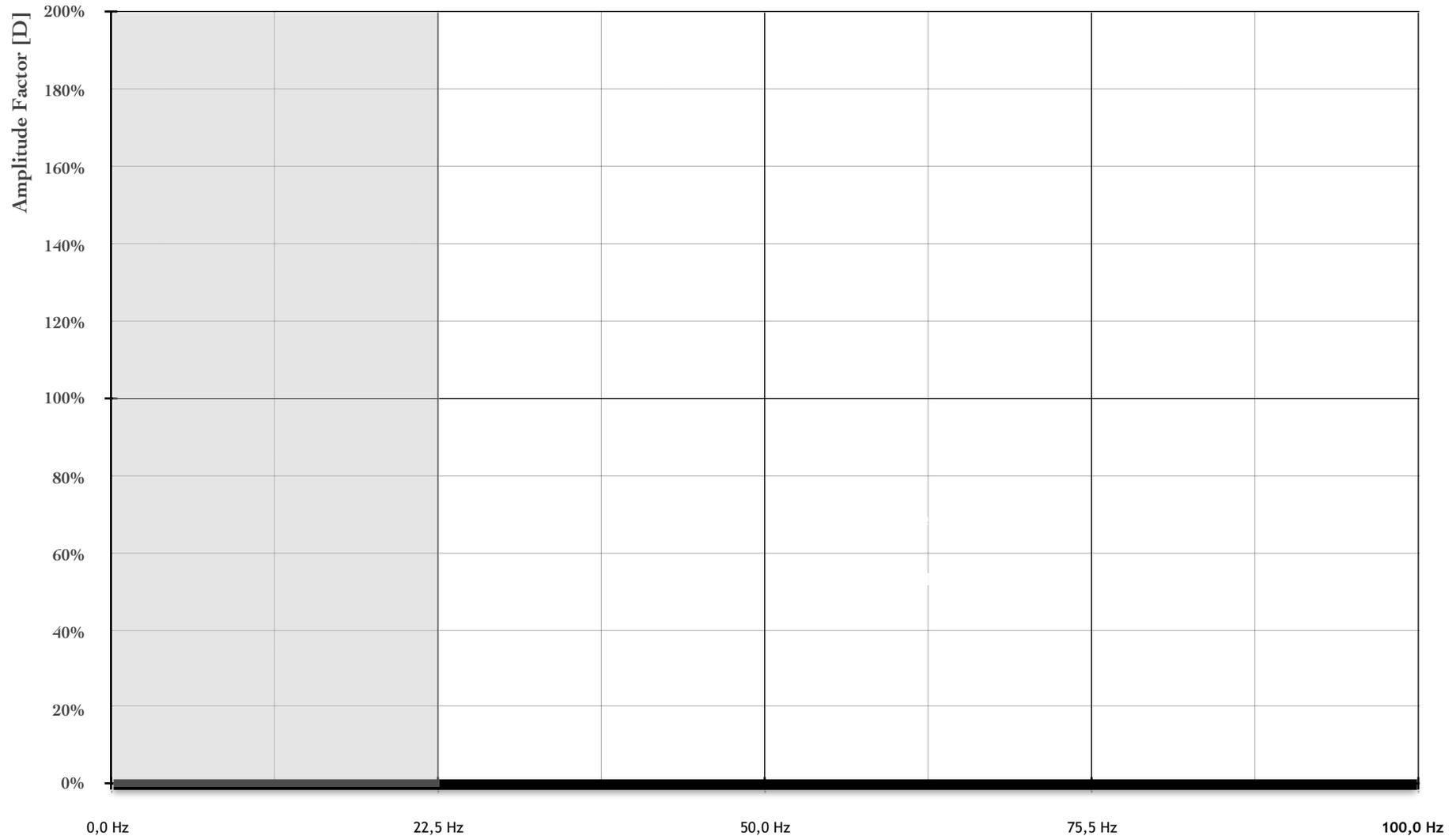
Esempio pratico oscillatore armonico semplice smorzato forzato



# Cenni/concetti di base fenomeno fisico

Analisi grafica sul principio di funzionamento del filtro acustico

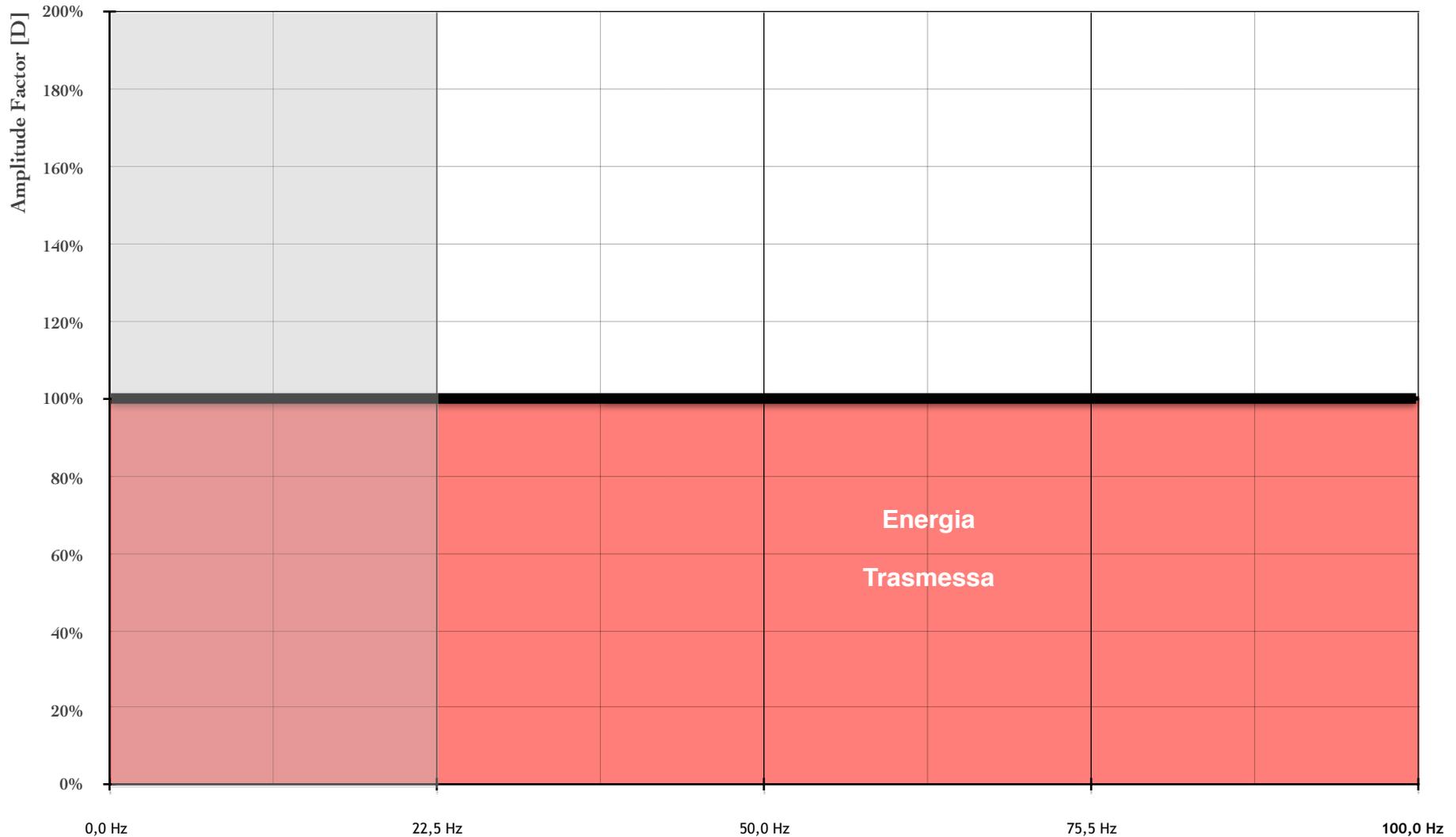
Amplificazione dell'onda nel dominio delle frequenze **STATO DI QUIETE**



# Cenni/concetti di base fenomeno fisico

Analisi grafica sul principio di funzionamento del filtro acustico

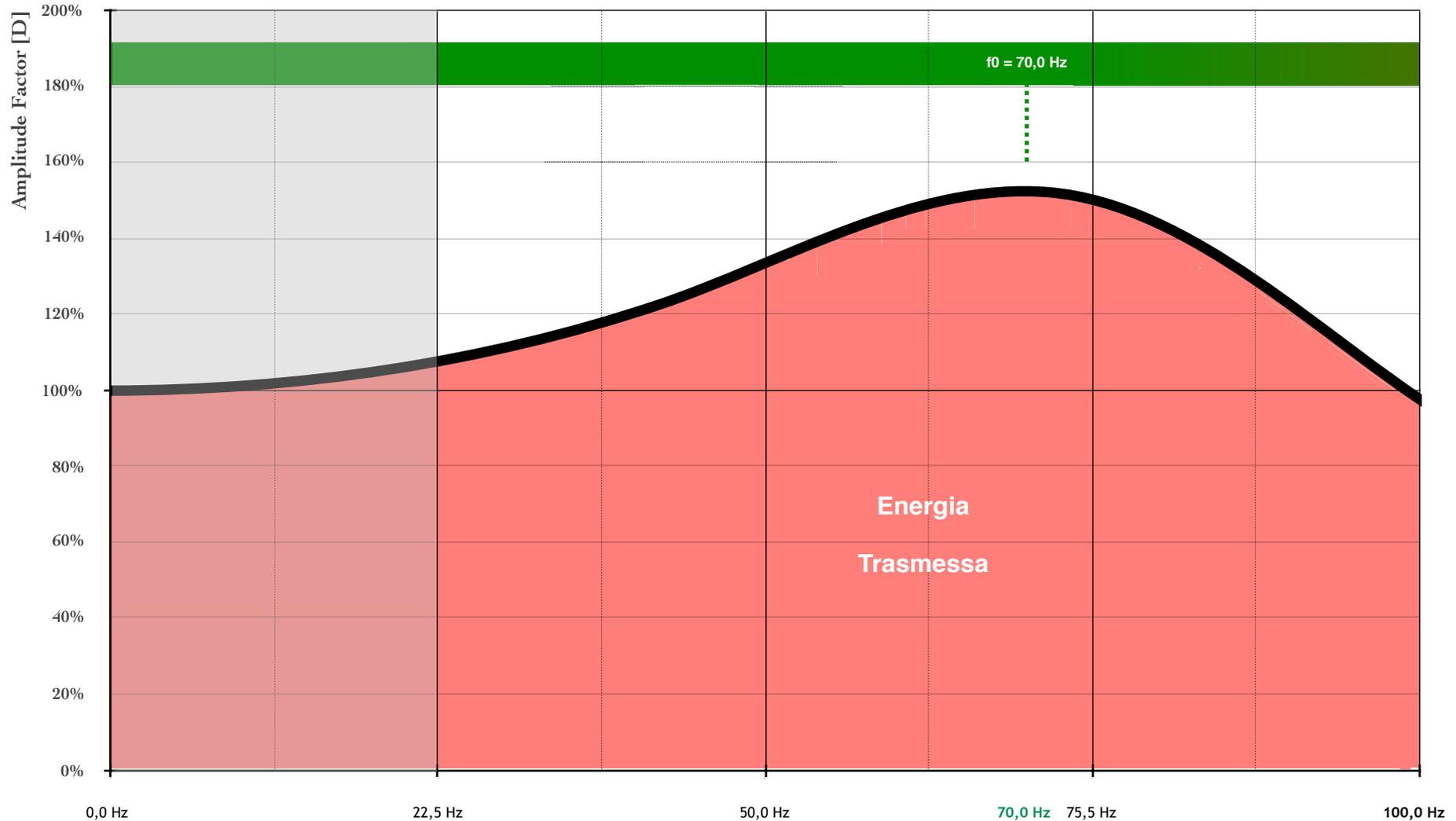
Amplificazione dell'onda nel dominio delle frequenze STATO PERTURBATO NON FILTRATO



# Cenni/concetti di base fenomeno fisico

Analisi grafica sul principio di funzionamento del filtro acustico

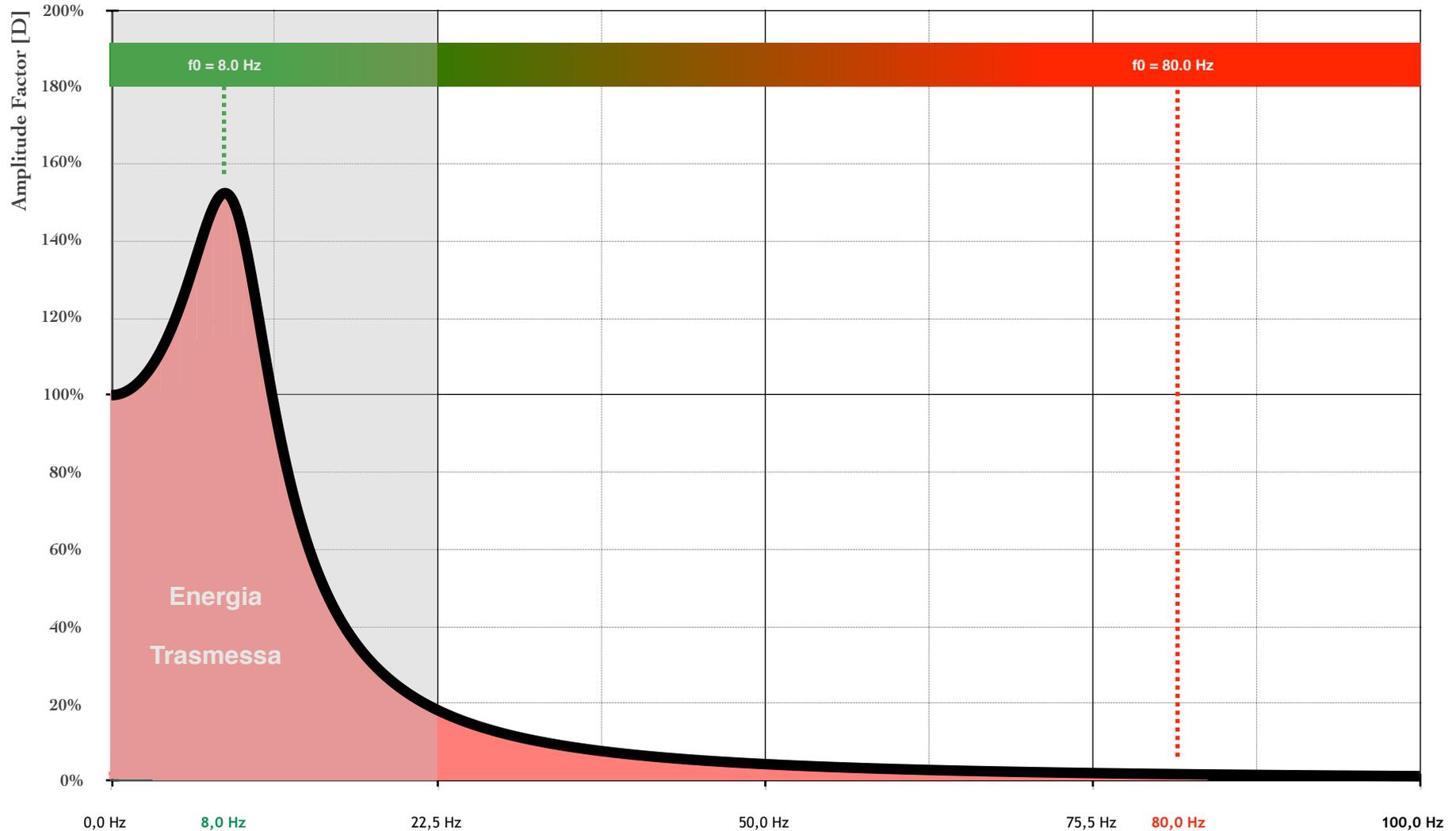
Amplificazione dell'onda nel dominio delle frequenze SISTEMA PERTURBATO FILTRATO



# Cenni/concetti di base fenomeno fisico

Analisi grafica sul principio di funzionamento del filtro acustico

Amplificazione dell'onda nel dominio delle frequenze **SISTEMA PERTURBATO FILTRATO**



# Caratteristiche forzante del sistema

Esempi pratici varie tipologie di macchine al servizio dell'involucro edilizio



# Caratteristiche forzante del sistema

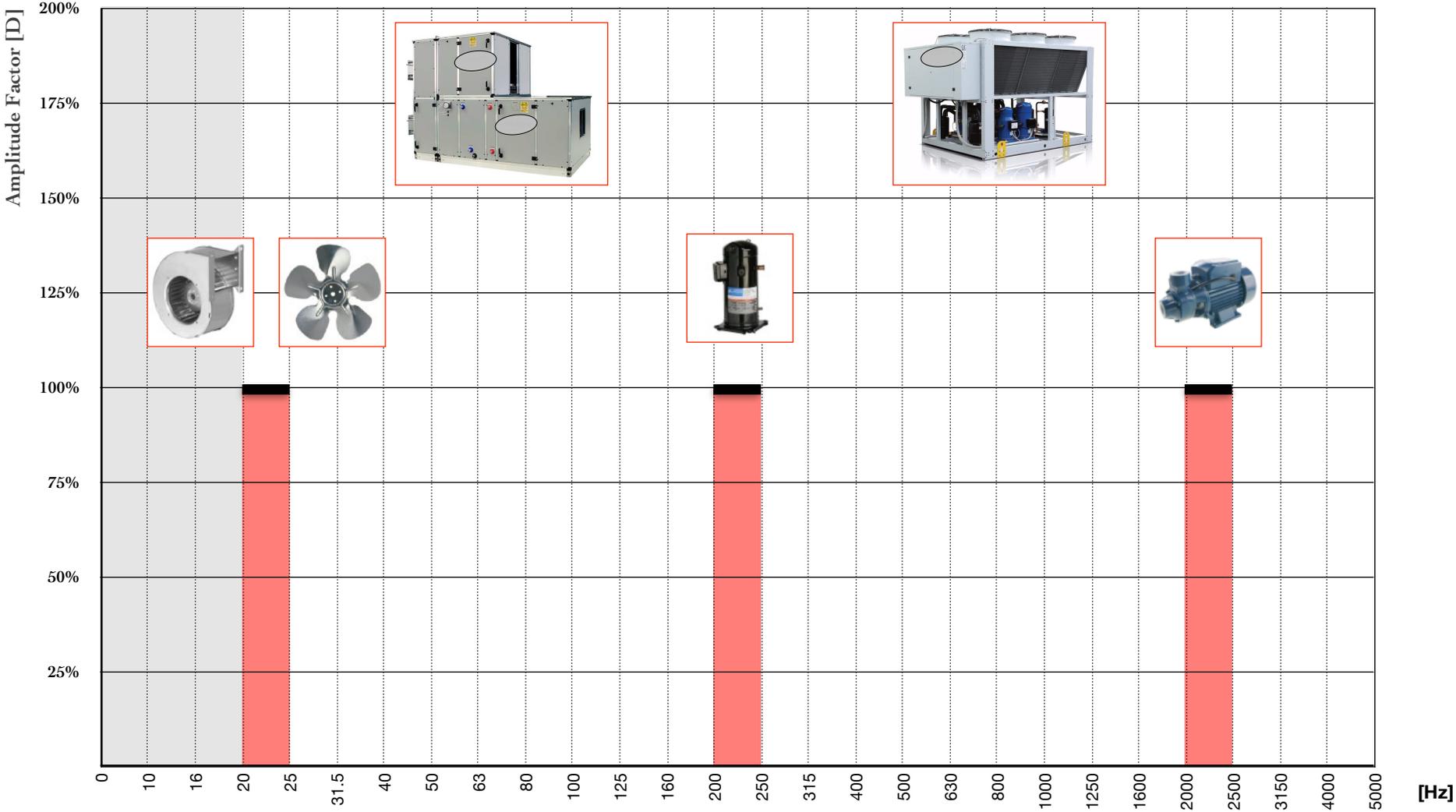
Definizione in dettaglio caratteristiche forzante del sistema



- Peso macchina o della forzante del sistema;
- Numero punti di appoggio della macchina sul riscontro fisso;
- Geometria dei punti di appoggio della macchina sul riscontro fisso;
- Distribuzione dei pesi della macchina all'interno del telaio (baricentro geometrico Vs baricentro masse);
- Livello di potenza/pressione acustica della macchina o dei componenti della macchina;
- Livello di emissione di vibrazioni della macchina;
- Posizionamento della macchina rispetto ai ricettori.

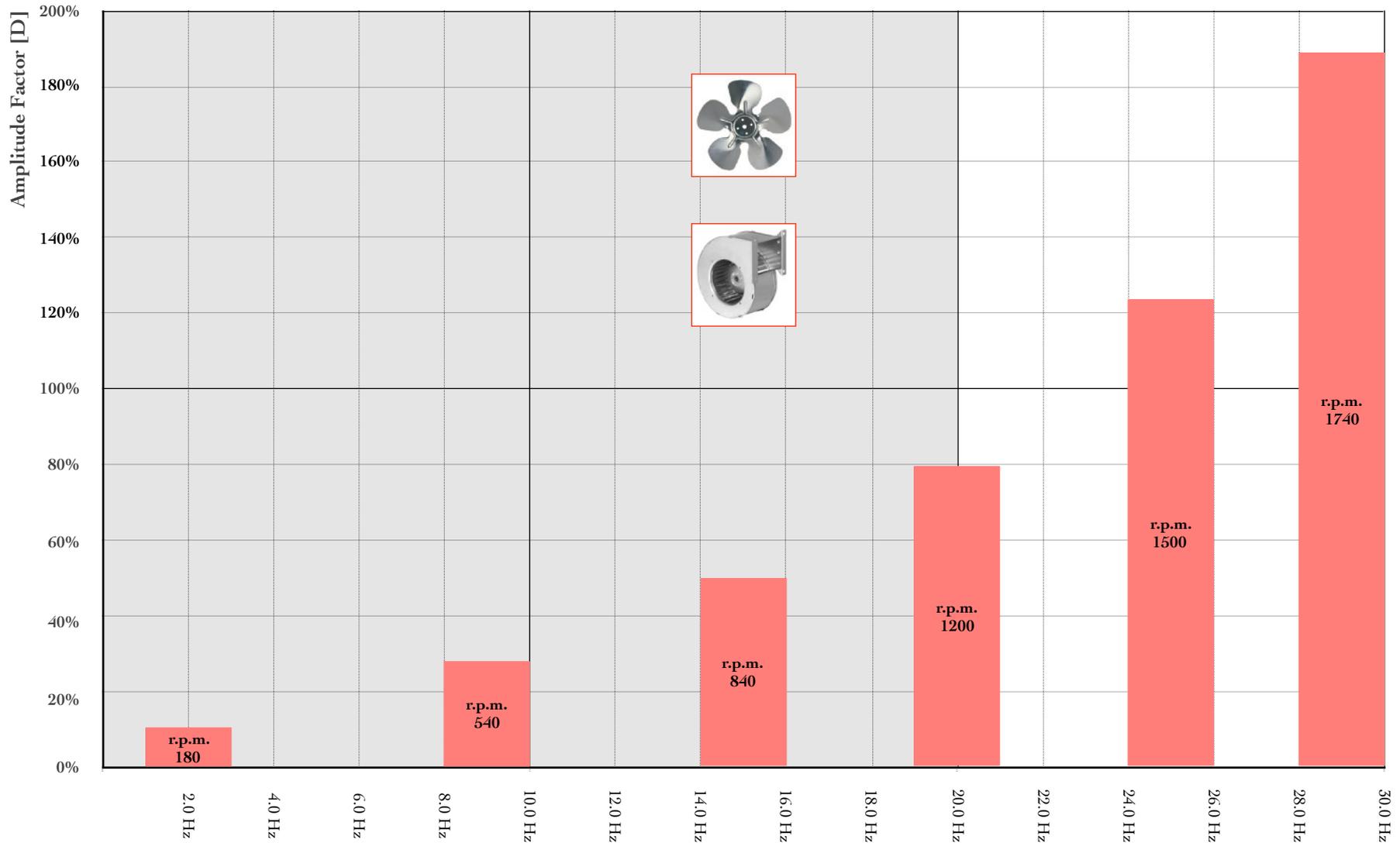
# Caratteristiche forzante del sistema

Caratteristiche acustiche forzanti con funzionamento a regime



# Caratteristiche forzante del sistema

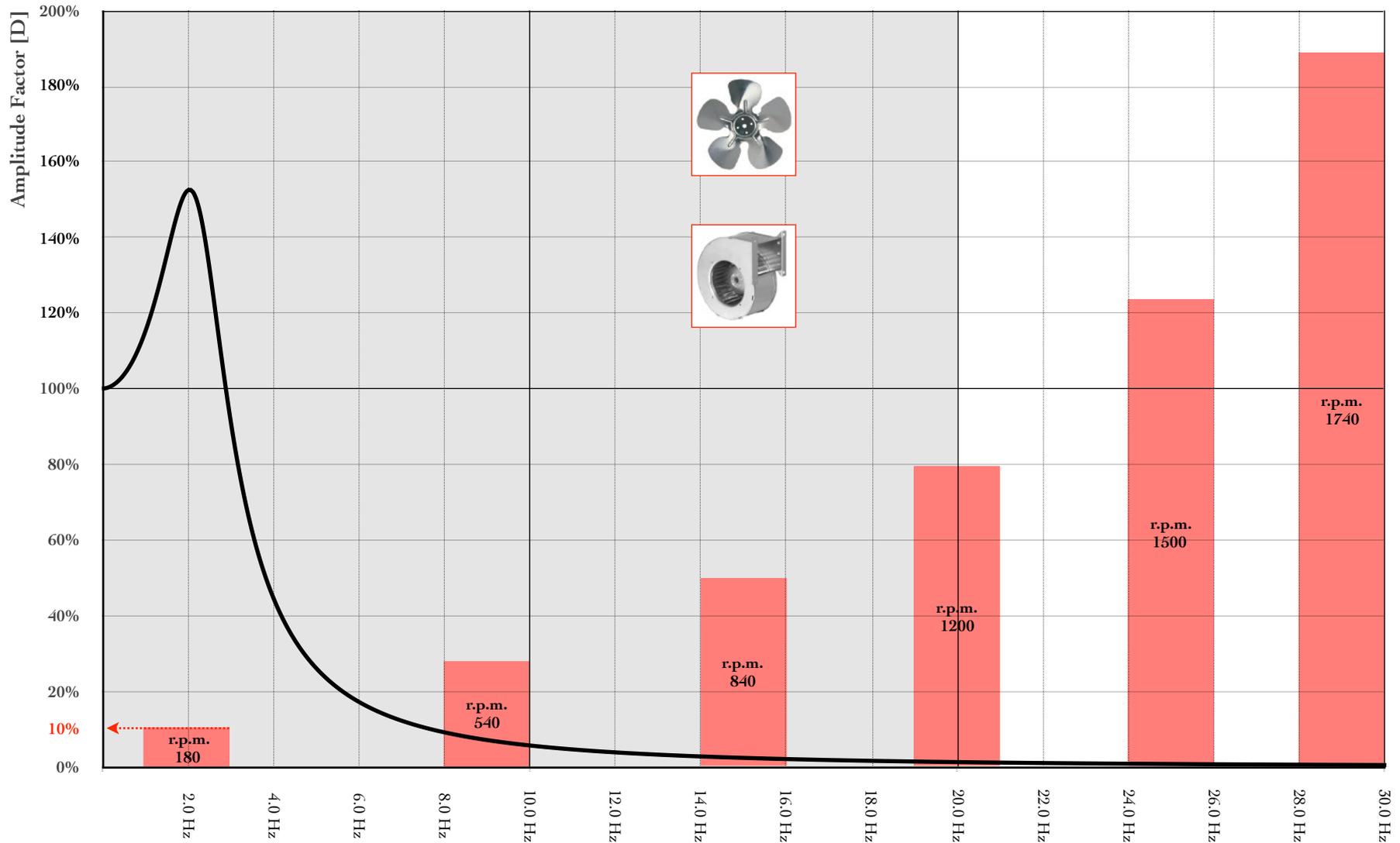
Variazione amplificazione onda in funzione RPM ventole  
Condizionamento degli inverter sul funzionamento della macchina



# Caratteristiche forzante del sistema

Introduzione al concetto di interpretazione del segnale acustico

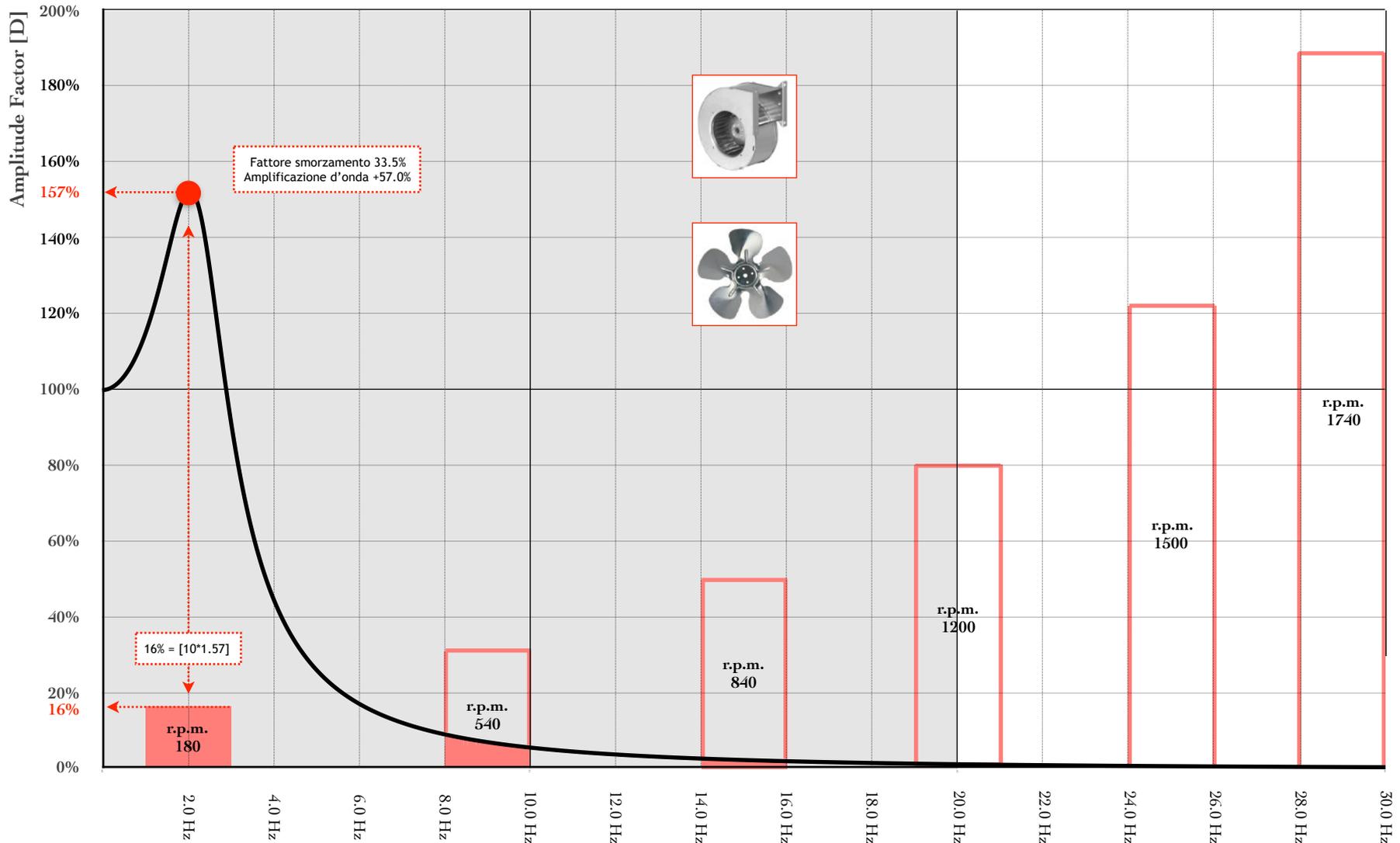
Realizzazione di filtro acustico con frequenza di risonanza a 2.0 Hz



# Caratteristiche forzante del sistema

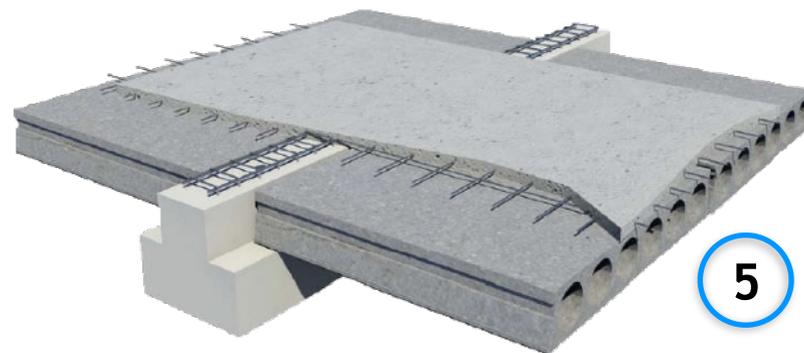
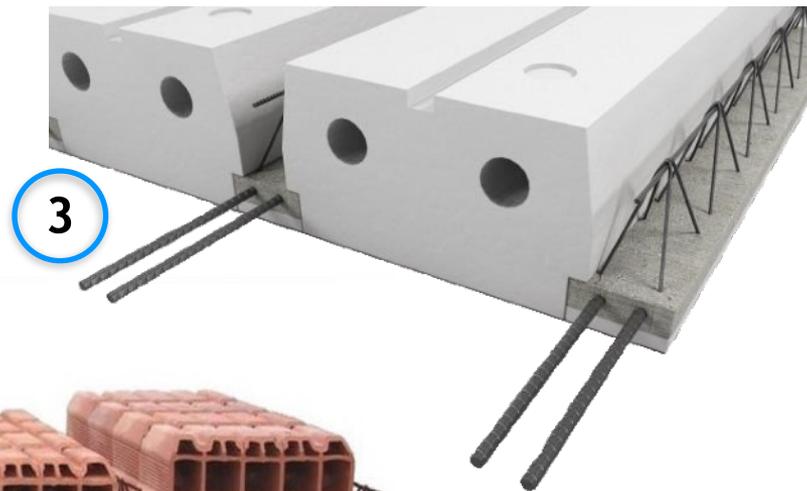
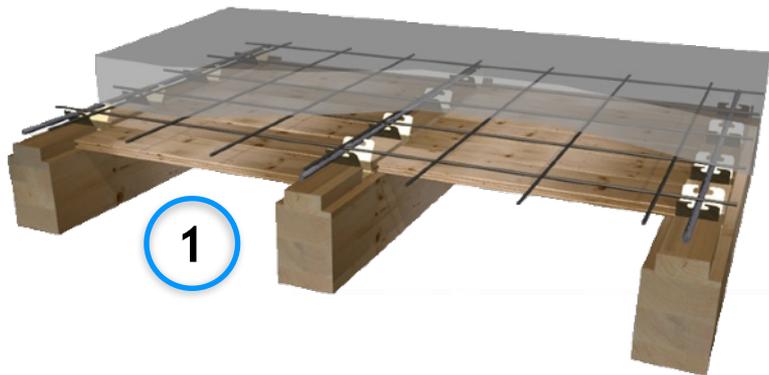
Introduzione al concetto di interpretazione del segnale acustico

Amplificazione dell'onda nel dominio delle frequenze SISTEMA FILTRATO



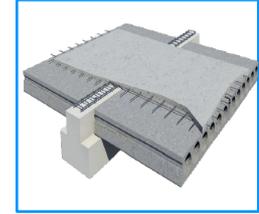
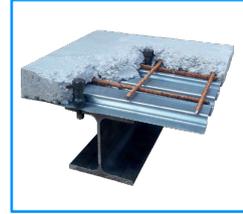
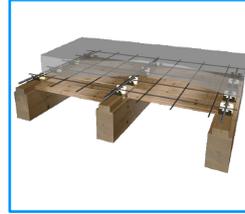
# Caratteristiche riscontro fisso

Tipologie solaio/riscontro fisso che il mercato è in grado di offrire



# Caratteristiche riscontro fisso

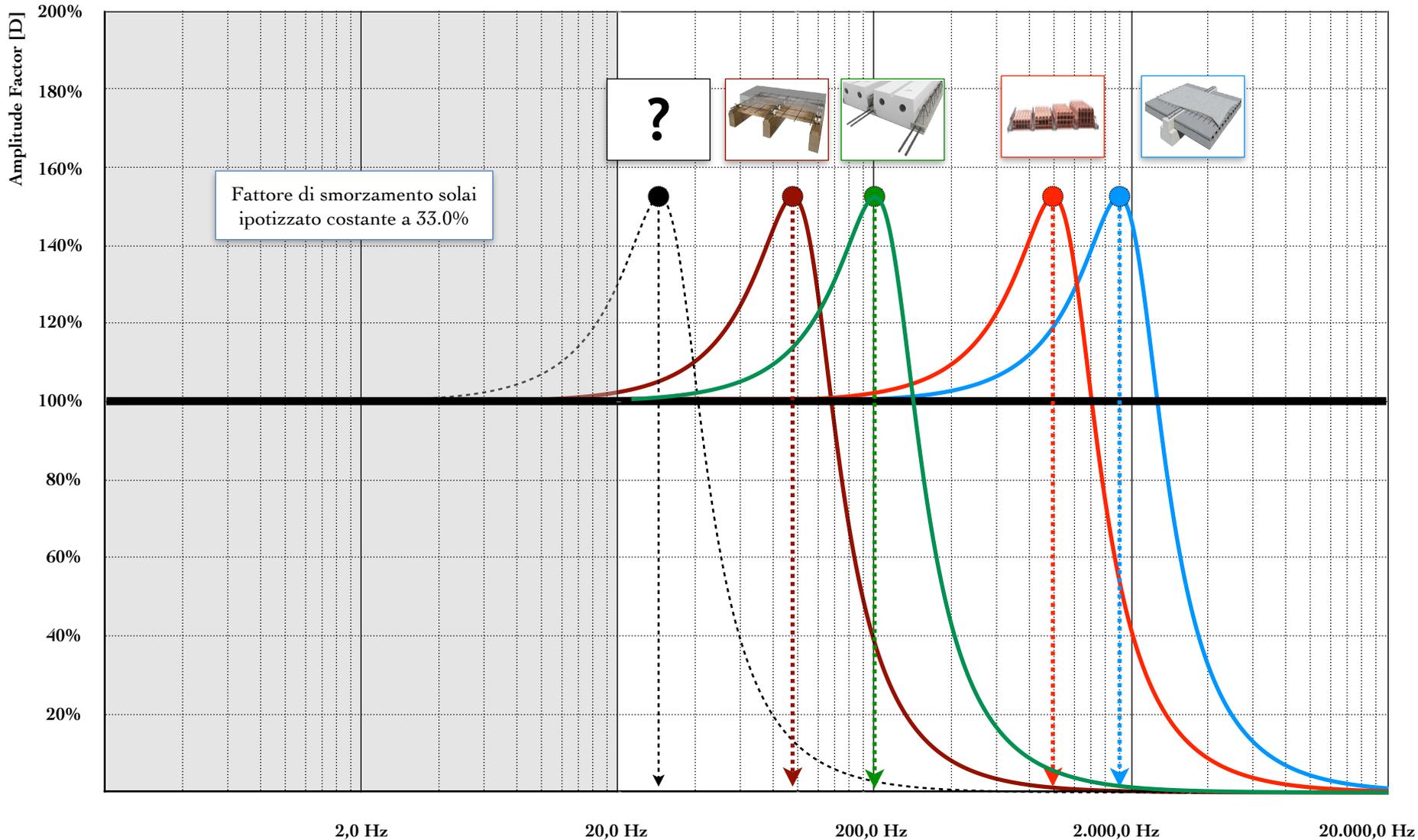
Definizione in dettaglio caratteristiche riscontro fisso



- Peso della struttura (detto anche riscontro fisso) su cui viene posizionata la forzante;
- Caratteristiche di risonanza del solaio [provenienti software calcolo strutturale tipo elementi finiti];
- Caratteristiche omogeneità della materia di cui è costituito il solaio;
- Conoscenza di eventuali discontinuità strutturale del solaio [presenza di travi REP o altro];
- Eventuali informazioni in merito a verifiche acustiche esistenti;
- La procedura di calcolo è “ambigua” sul comportamento del riscontro fisso [linearmente indipendente]

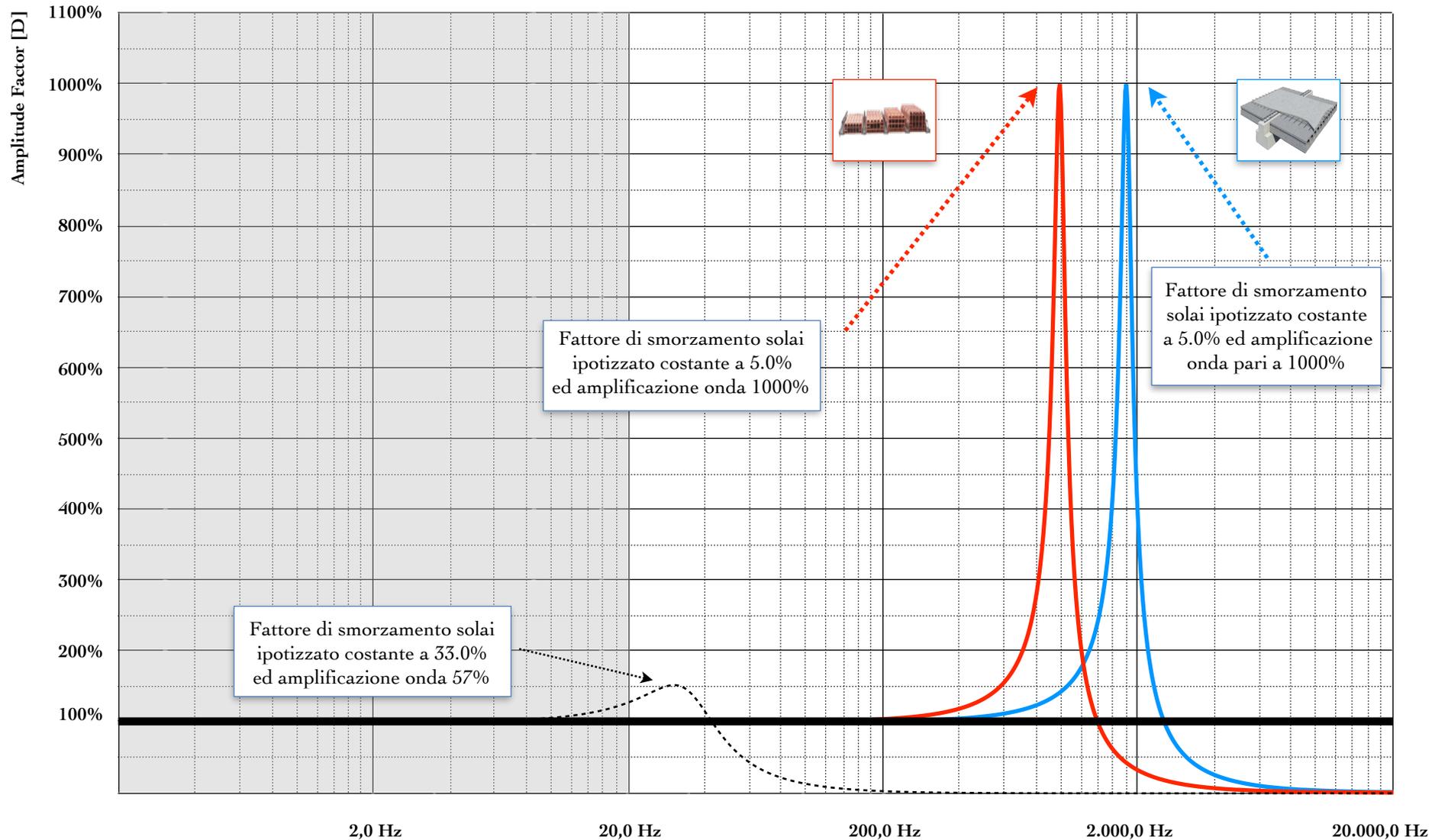
# Caratteristiche riscontro fisso

Caratteristiche di risonanza differenti tipologie di solai [valutazioni generali]



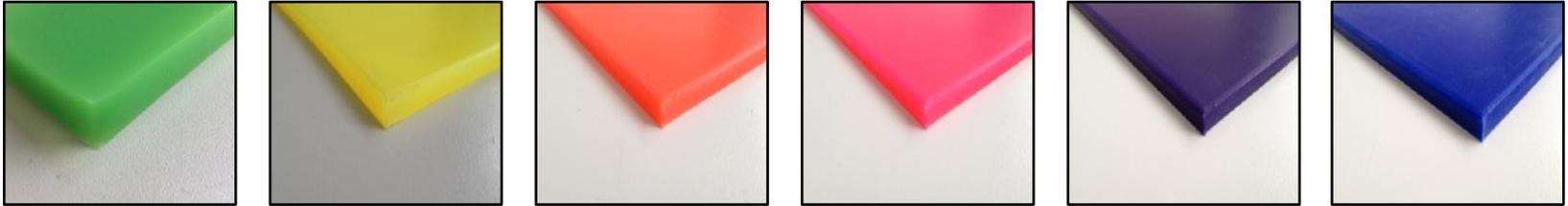
# Caratteristiche riscontro fisso

Comparazione fattore di smorzamento solai reali Vs solai ipotizzati



# Cenni/concetti di base fenomeno fisico

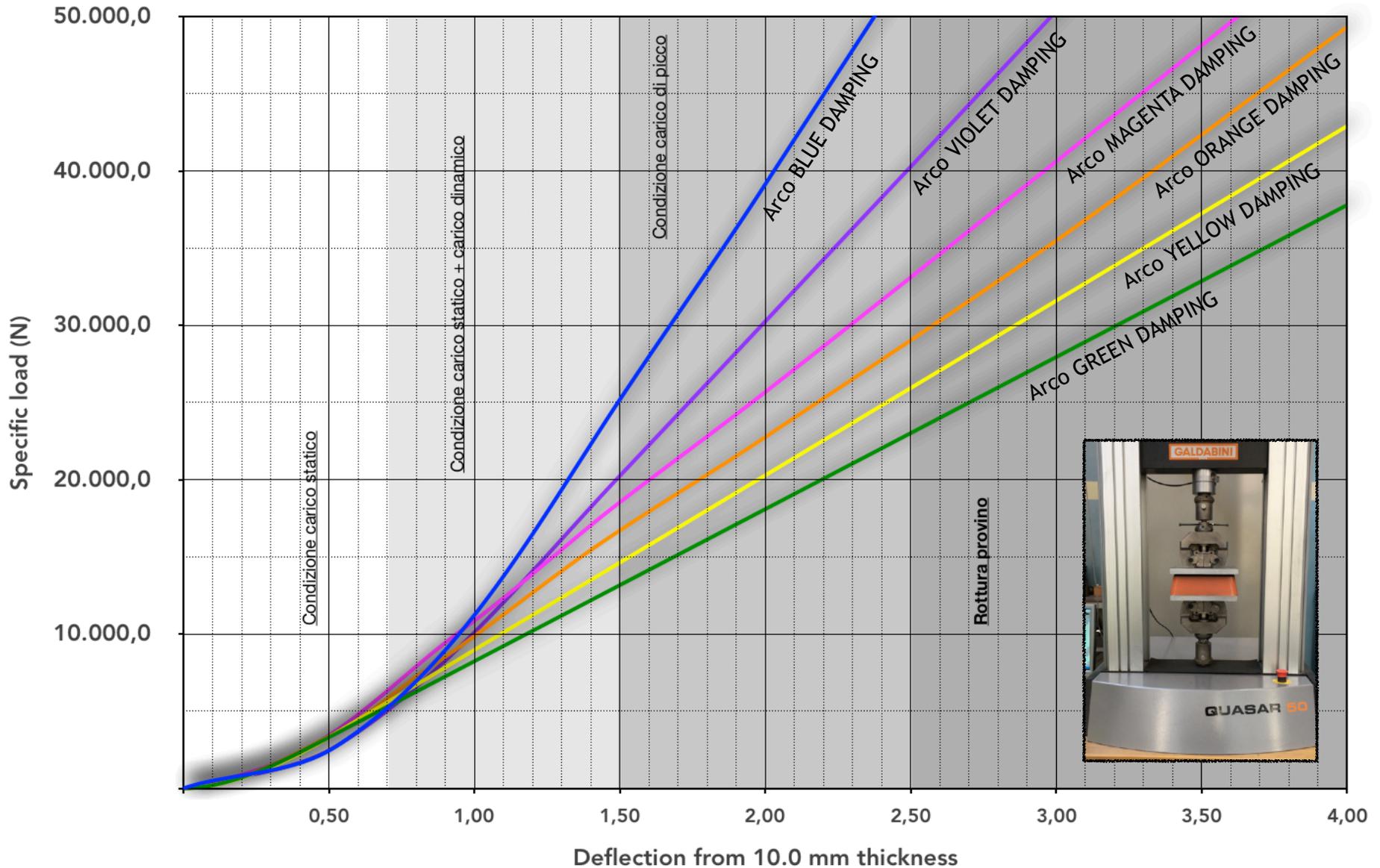
Definizione in dettaglio caratteristiche oscillatore armonico semplice smorzato forzato



- Costante elastica elastomero impiegato [Modulo di Young/grafico tensioni deformazioni];
- Rigidezza dinamica dei polimeri impiegati;
- Caratteristiche scorrimento viscoso polimeri impiegato [creep/fluage];
- Andamento nel tempo caratteristiche oscillatore armonico semplice smorzato NON forzato;
- Frequenza di risonanza sistema, fattore di smorzamento e fattore amplificazione d'onda;
- Analisi nel dominio delle frequenze, grafico trasmissibilità d'onda;
- Andamento nel tempo caratteristiche oscillatore armonico semplice smorzato forzato.

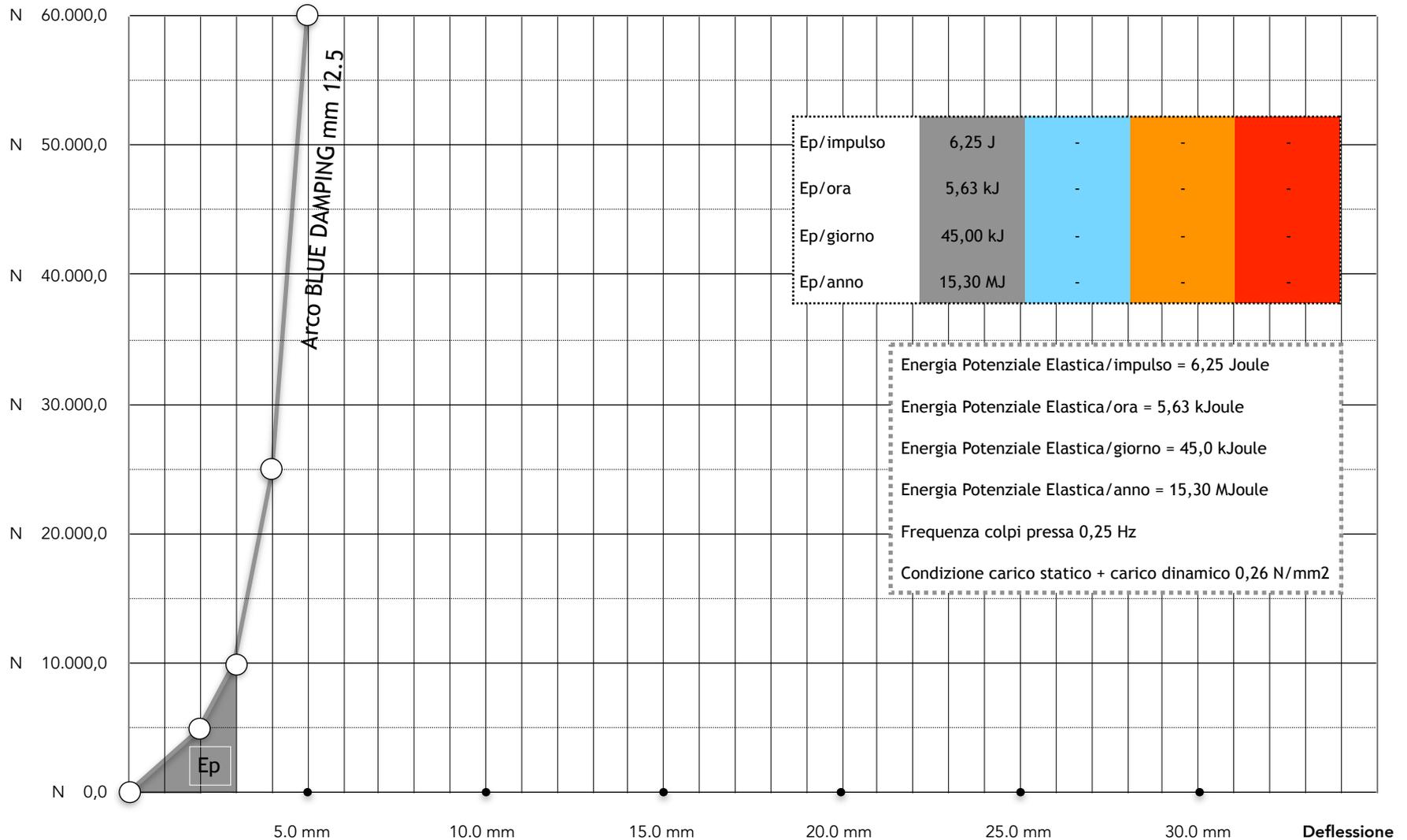
# Caratteristiche costante elastica polimero

Grafico carico [N] in funzione della deformazione [mm] del componente Arco DAMPING



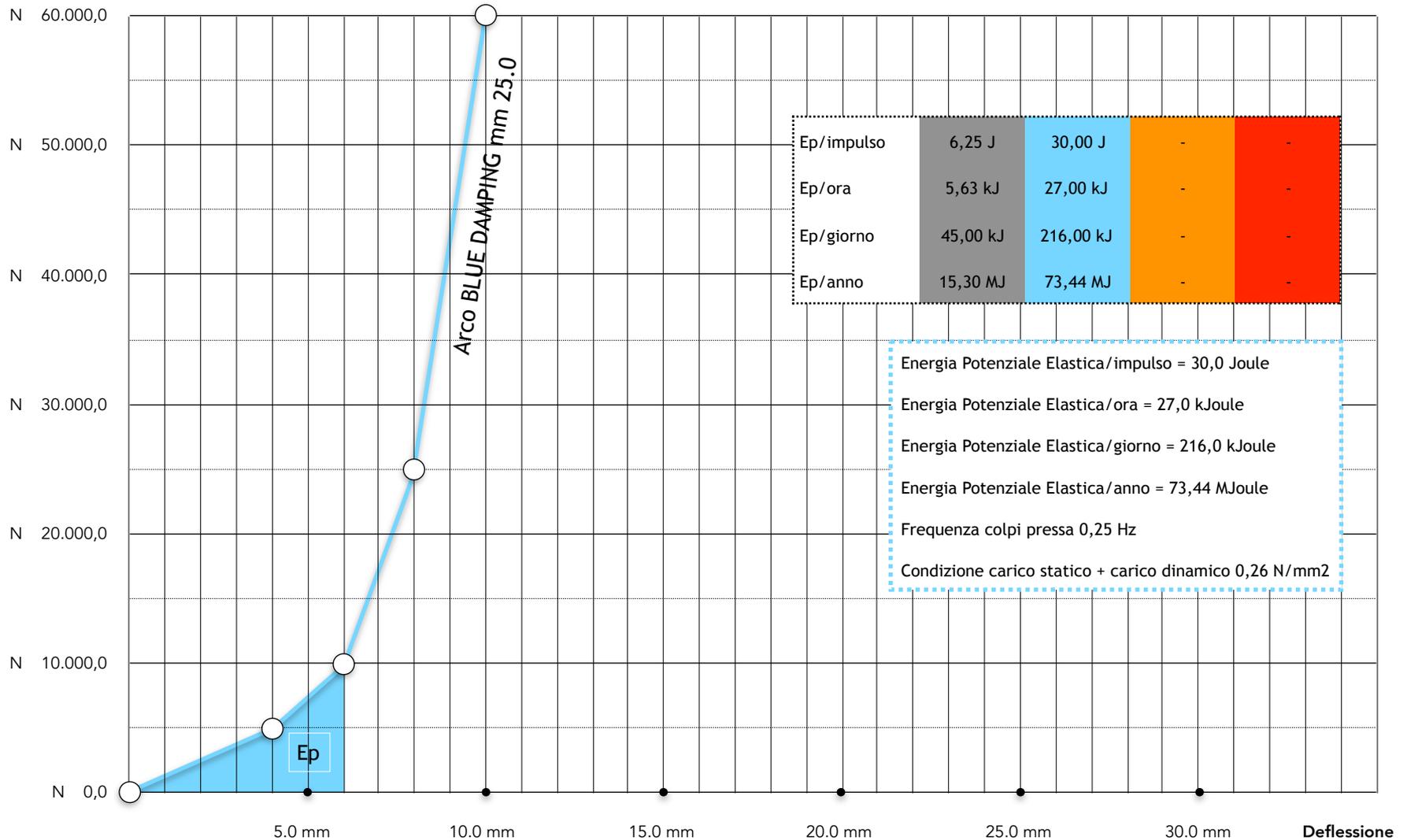
# Caratteristiche lavoro prodotto dal polimero

Energia potenziale elastica prodotta dal supporto compresso [Carico statico + dinamico]



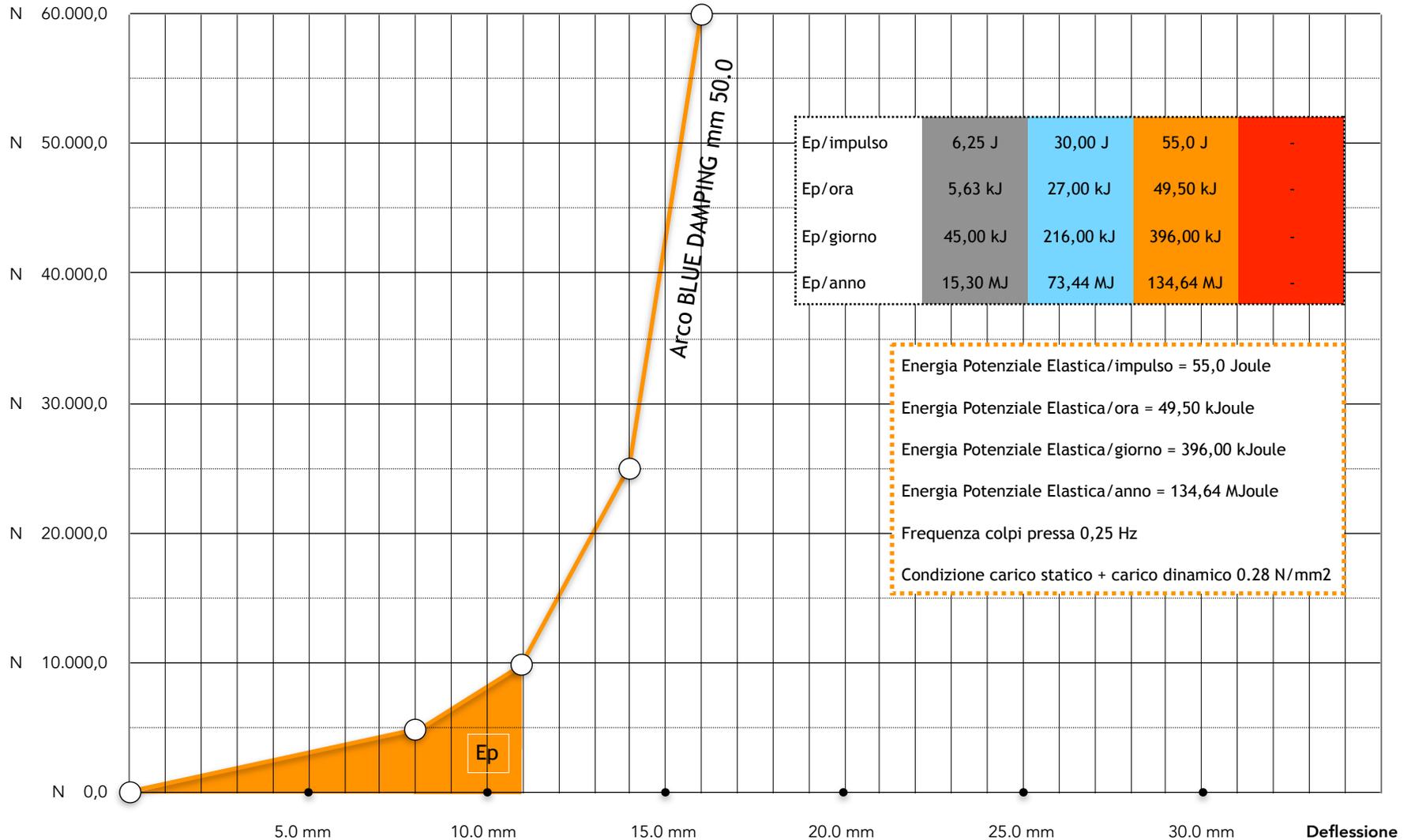
# Caratteristiche lavoro prodotto dal polimero

Energia potenziale elastica prodotta dal supporto compresso [Carico statico + dinamico]



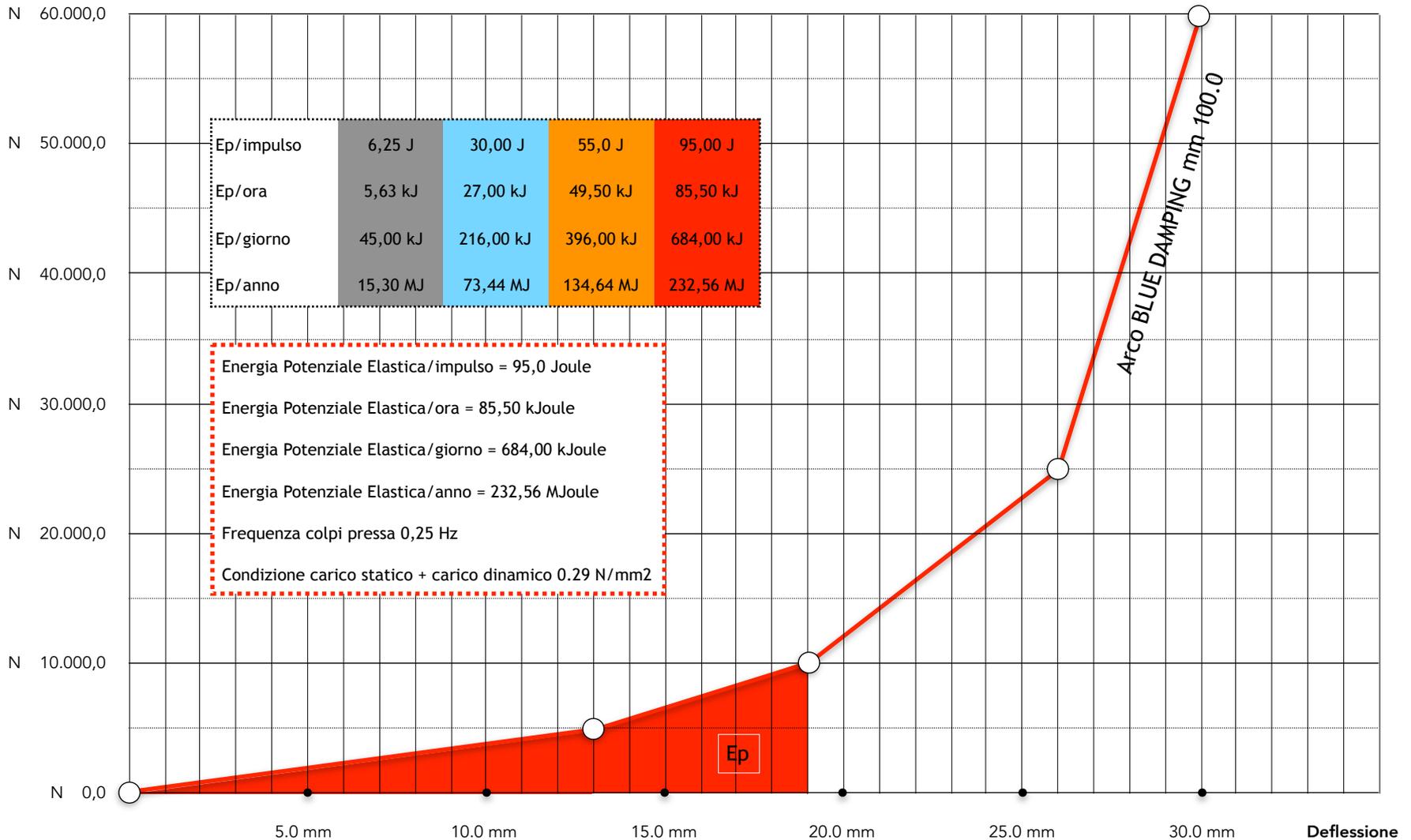
# Caratteristiche lavoro prodotto dal polimero

Energia potenziale elastica prodotta dal supporto compresso [Carico statico + dinamico]



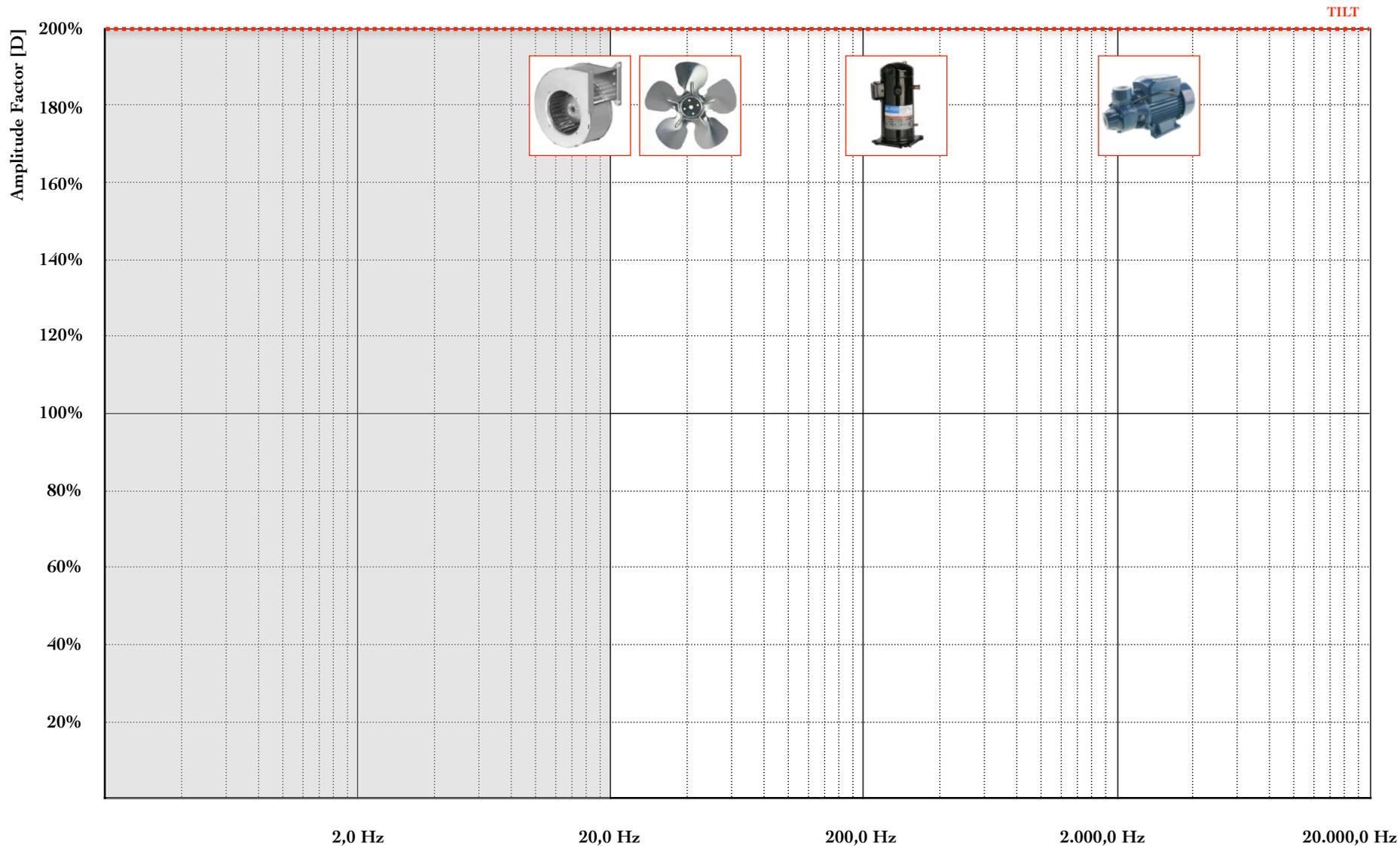
# Caratteristiche lavoro prodotto dal polimero

Energia potenziale elastica prodotta dal supporto compresso [Carico statico + dinamico]



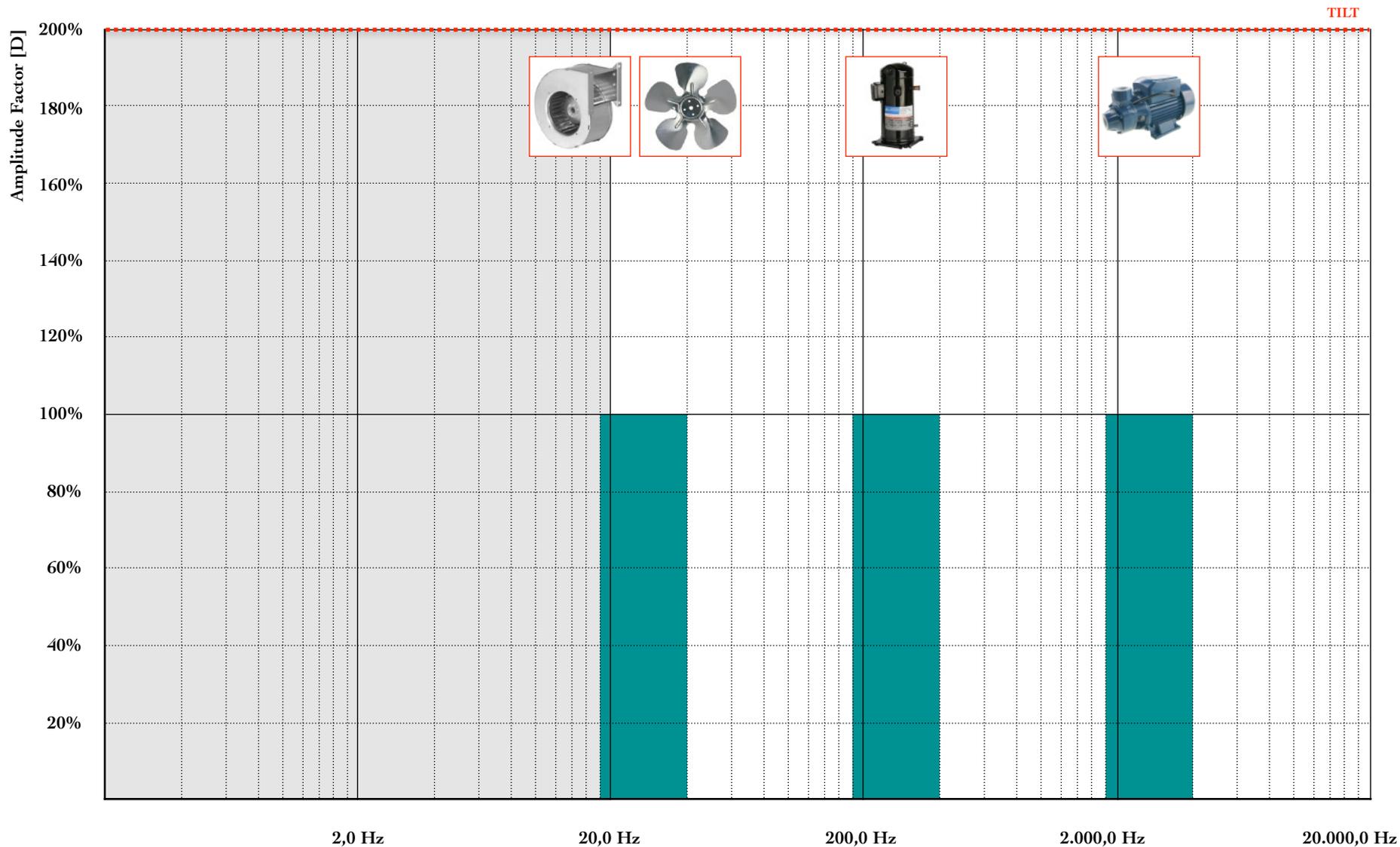
# Elaborazione/analisi dei casi notevoli

Caso notevole 1°: Forzante non attiva condizione di “quiete” del sistema



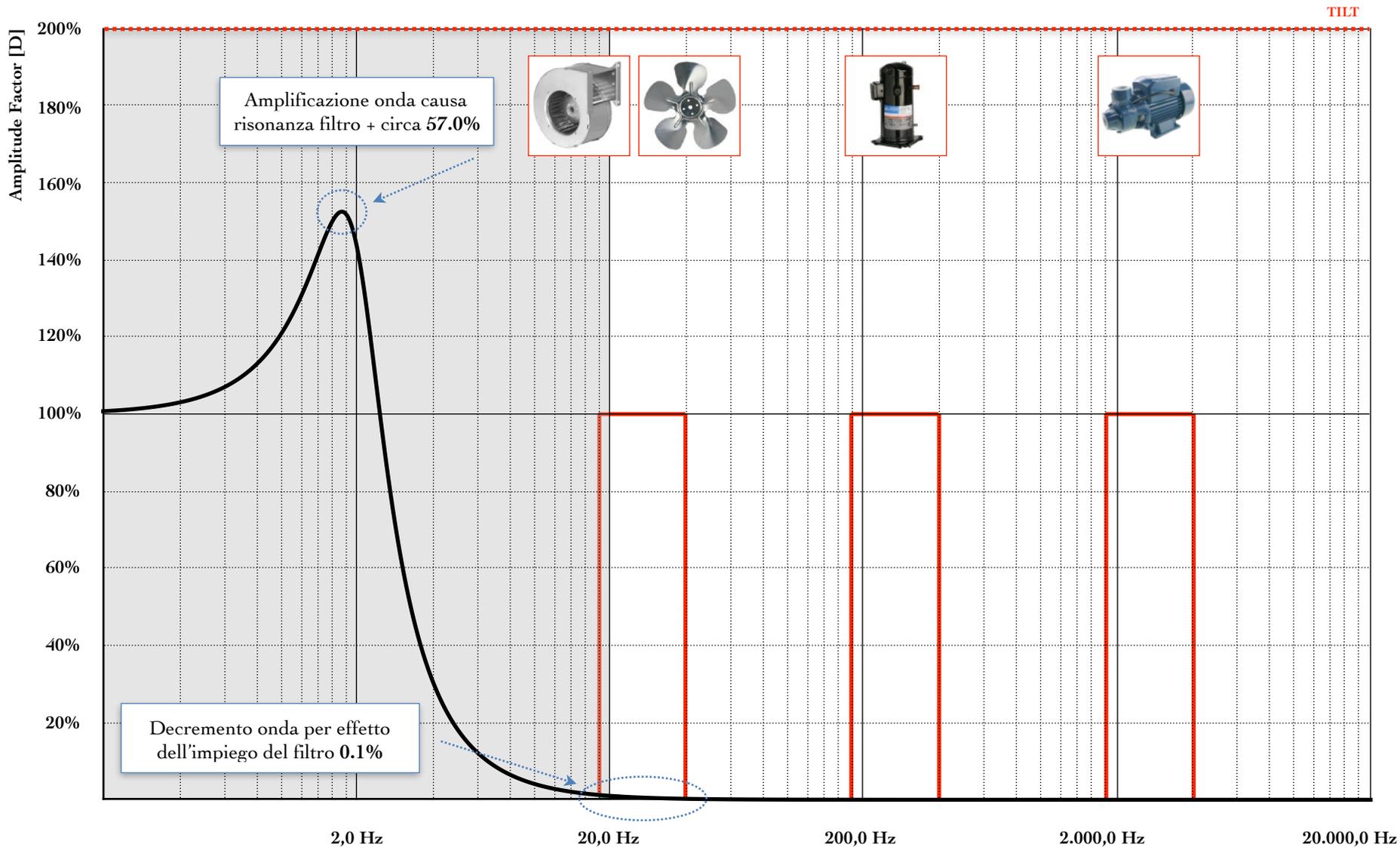
# Elaborazione/analisi dei casi notevoli

Caso notevole 1°: Forzante sistema attiva al 100% del potenziale [sistema perturbato]



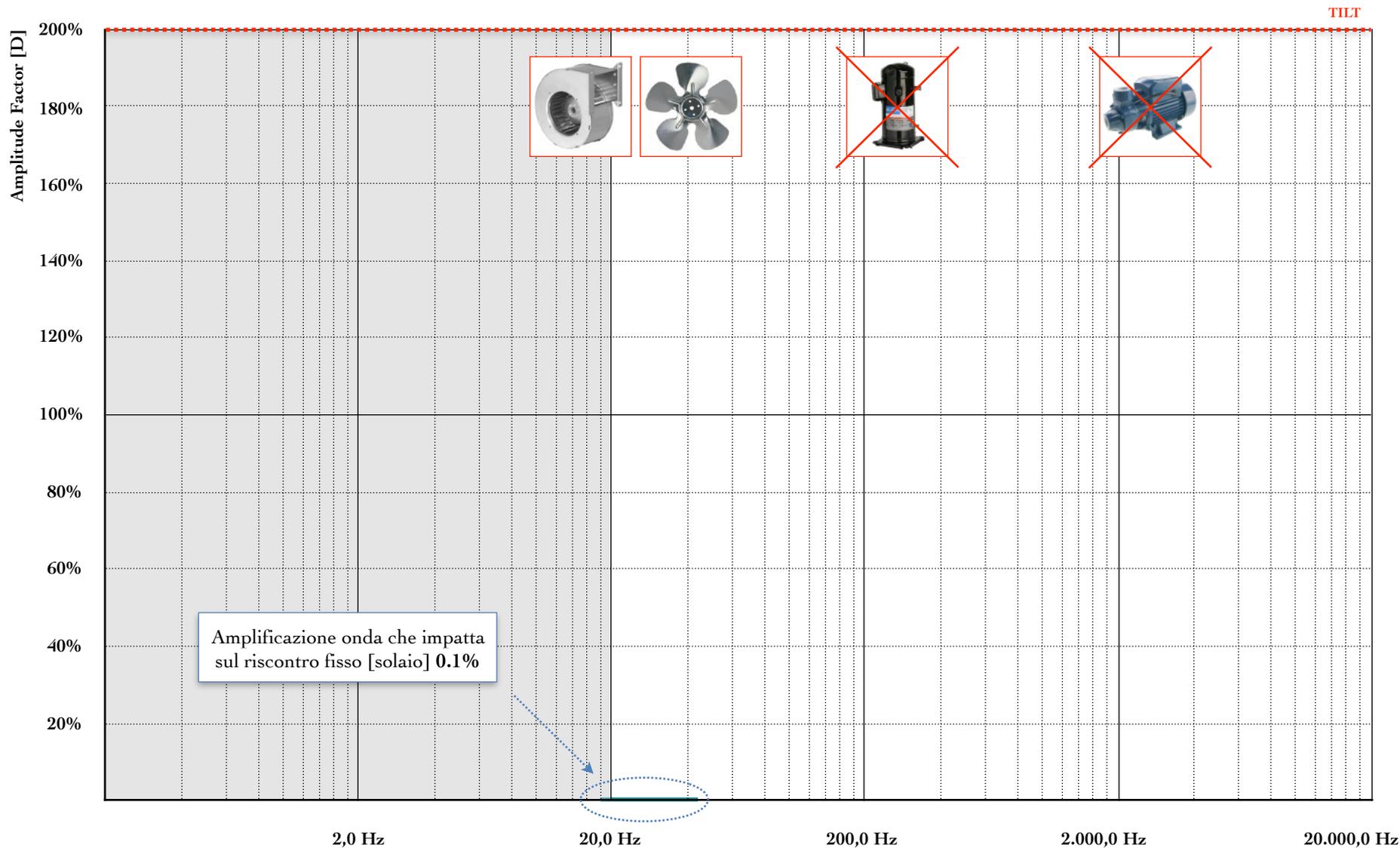
# Elaborazione/analisi dei casi notevoli

Caso notevole 1°: Risultante sistema “perturbato/filtrato” massima efficacia [ $f_0 = 2.0$  Hz]



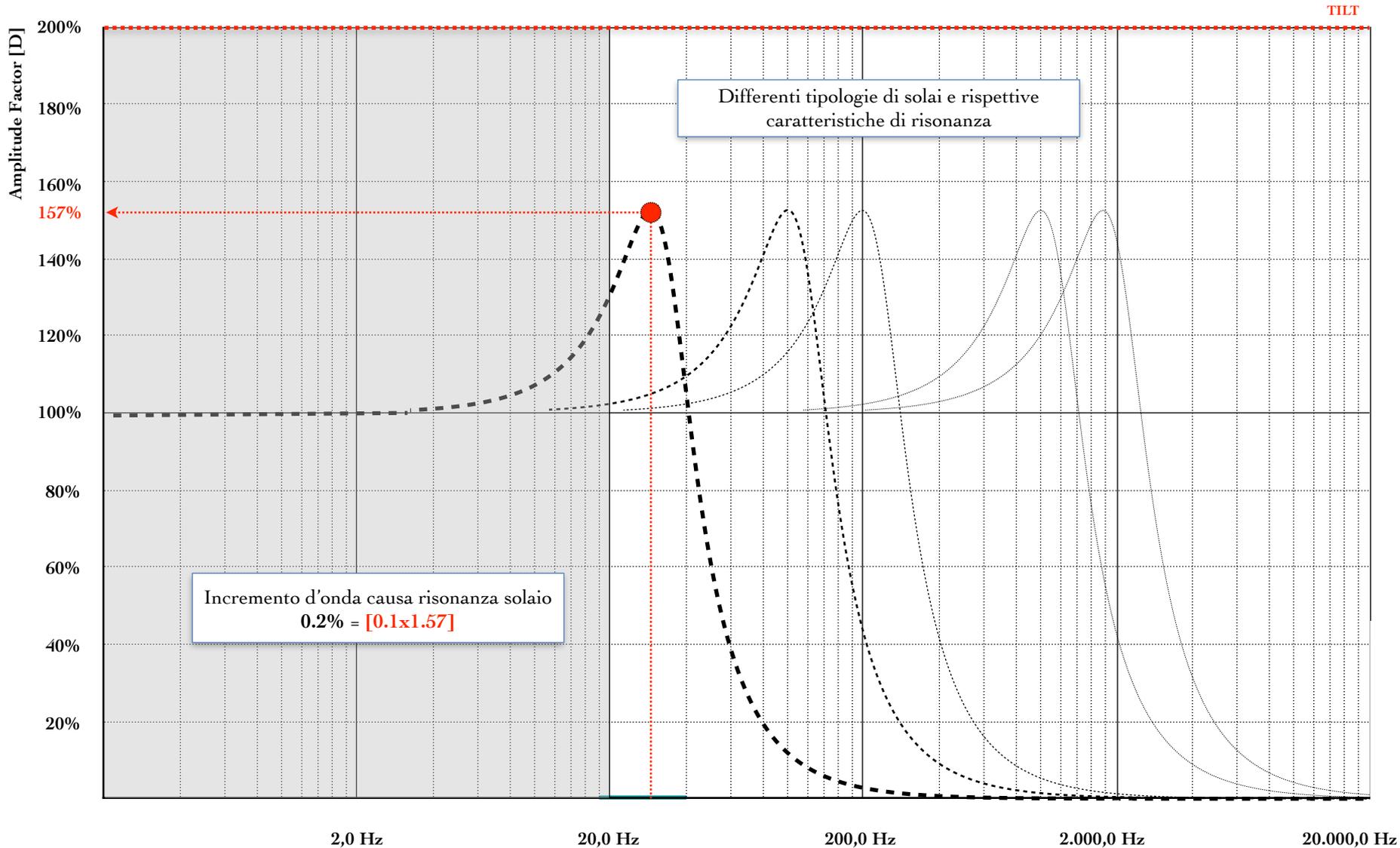
# Elaborazione/analisi dei casi notevoli

Caso notevole 1°: Entità e tipologia forzanti attive che insiste sul riscontro fisso [solaio]



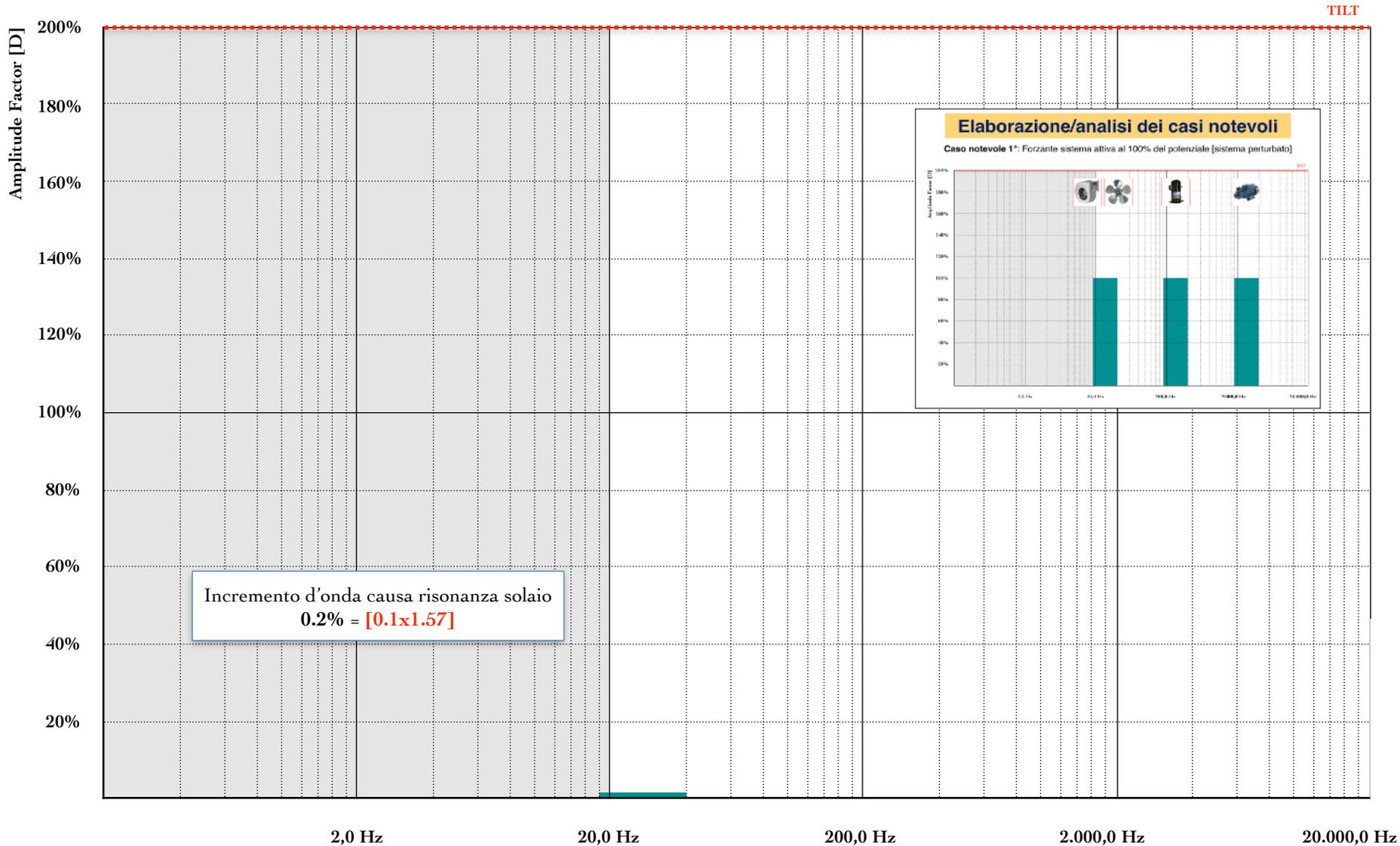
# Elaborazione/analisi casi notevoli

## Caso Notevole 1°: Presunta “indifferenza” di comportamento delle tipologie di solaio



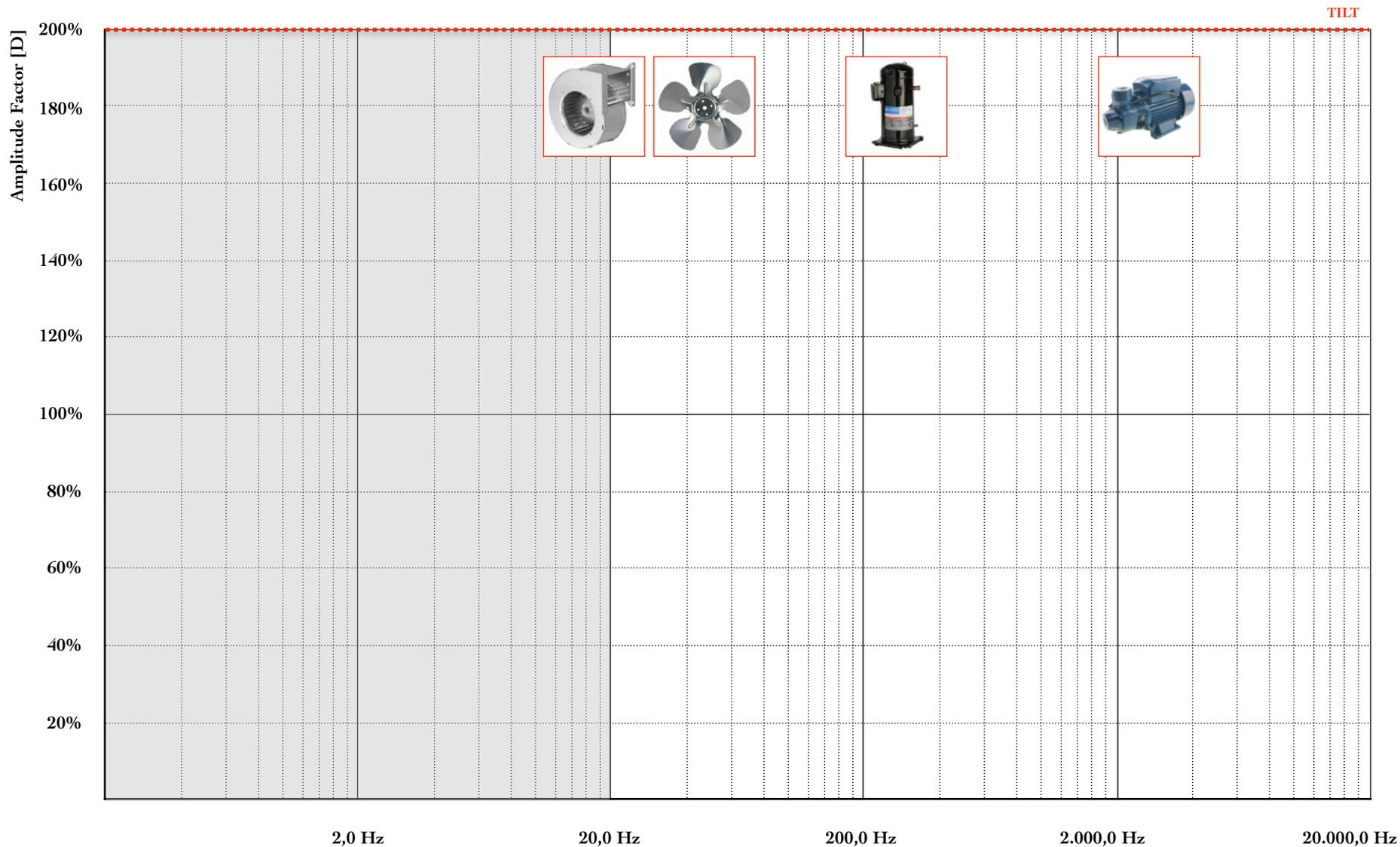
# Elaborazione/analisi casi notevoli

Caso Notevole 1°: Contributo amplificazione onda solaio in fase con forzante già filtrata



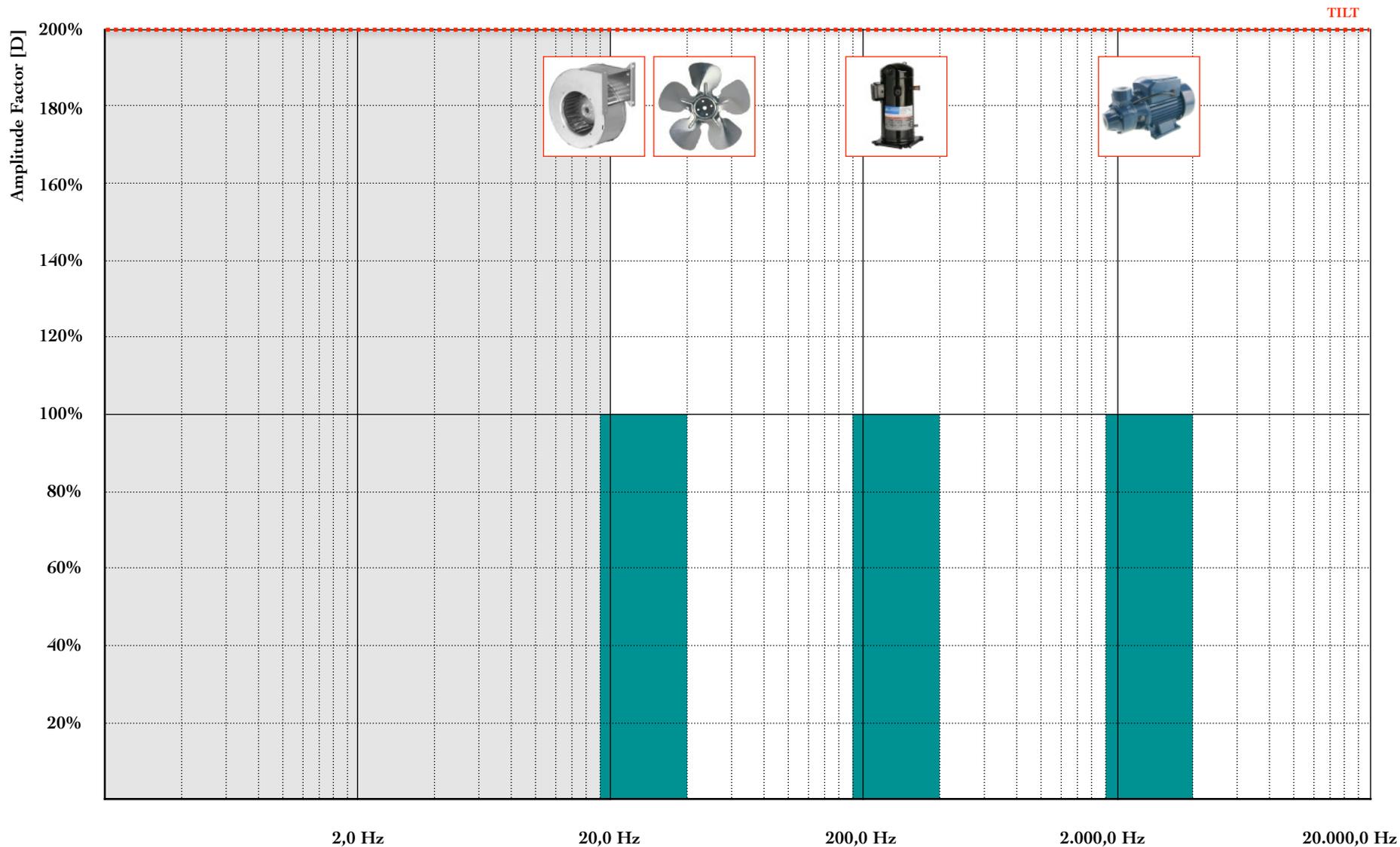
# Elaborazione/analisi dei casi notevoli

Caso notevole 2°: Forzante non attiva condizione di “quiete” del sistema



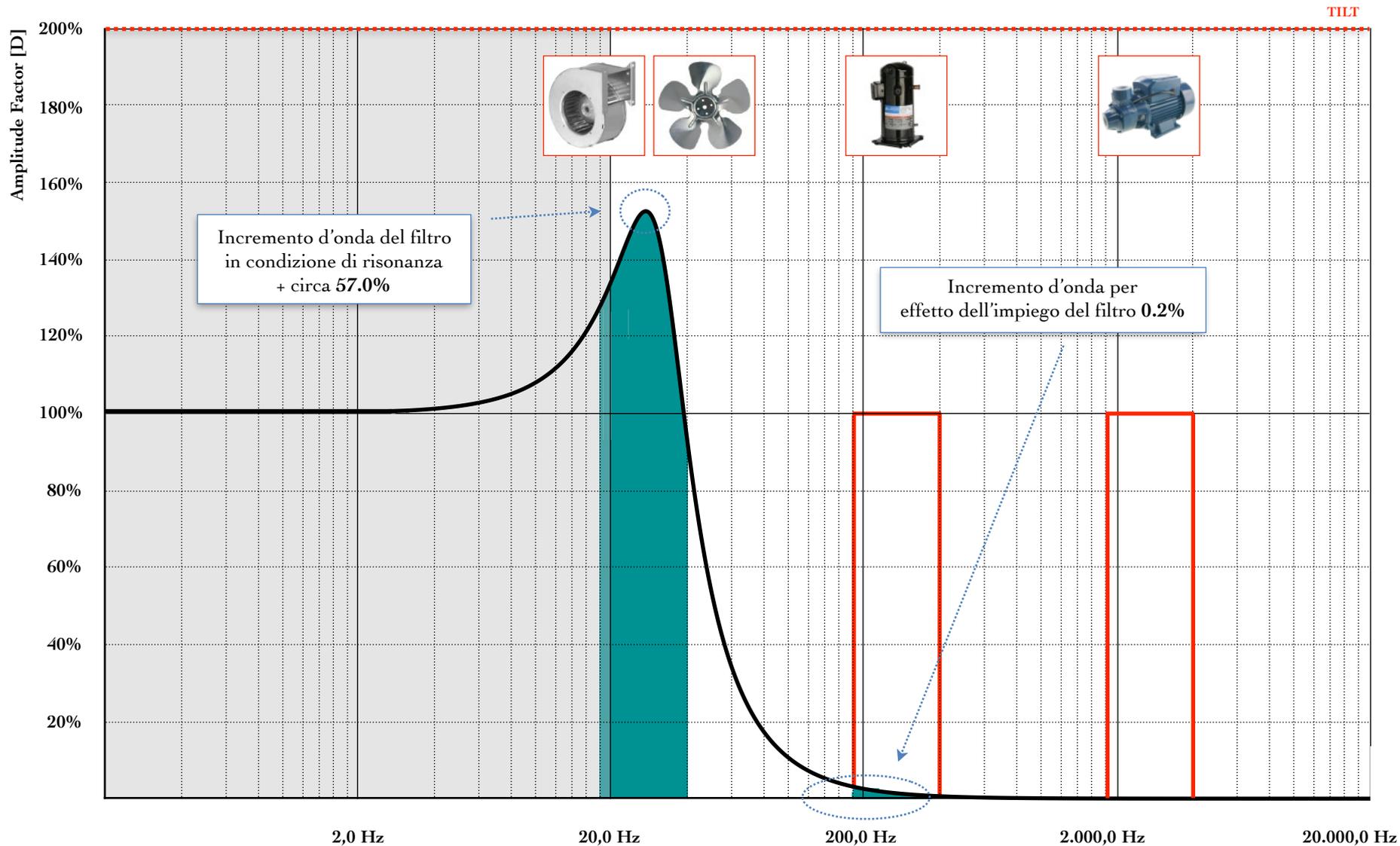
# Elaborazione/analisi dei casi notevoli

Caso notevole 2°: Forzante sistema attiva al 100% del potenziale [sistema perturbato]



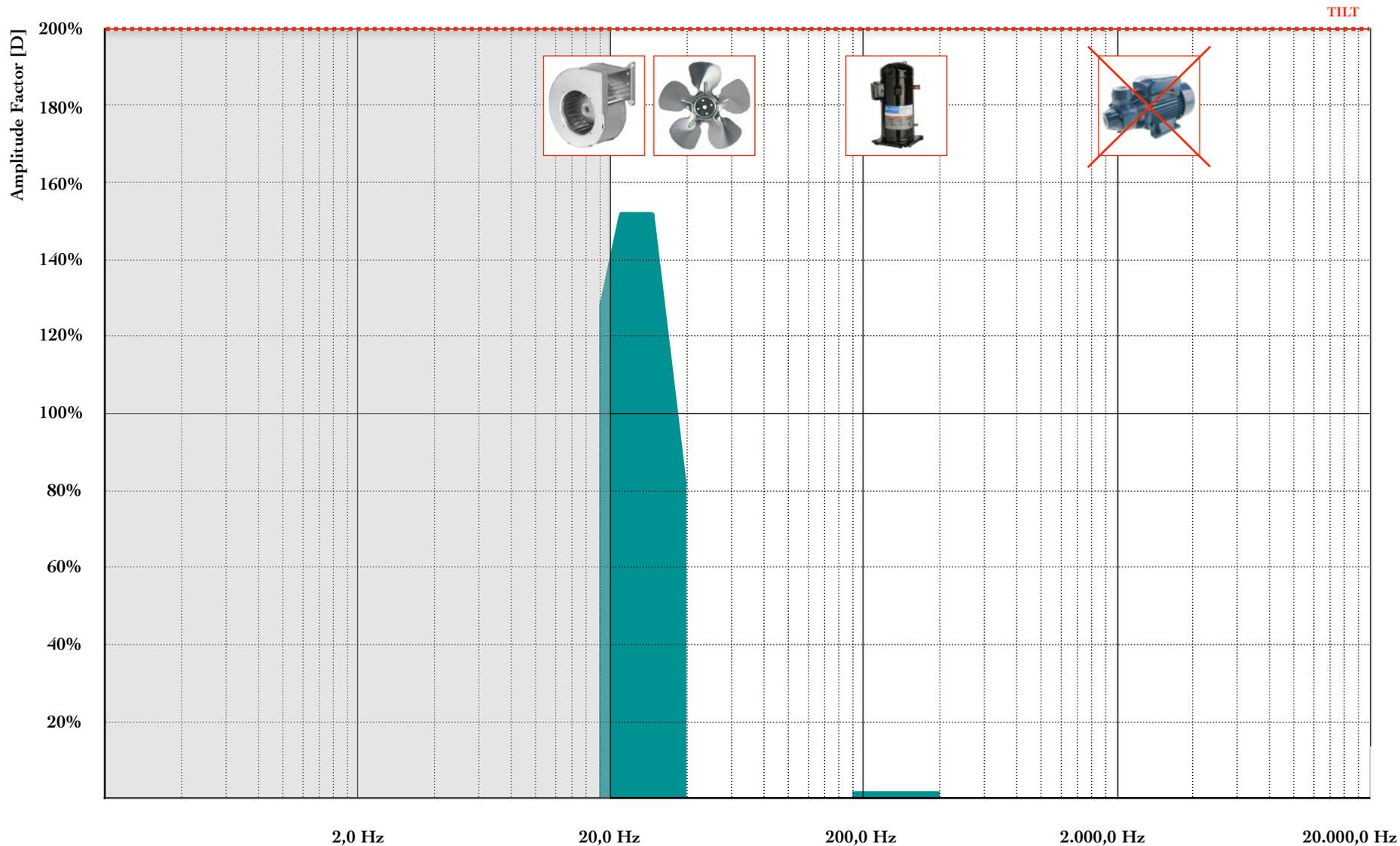
# Elaborazione/analisi dei casi notevoli

Caso notevole 2°: Risultante sistema “perturbato/filtrato” massima efficacia [ $f_0 = 20.0$  Hz]



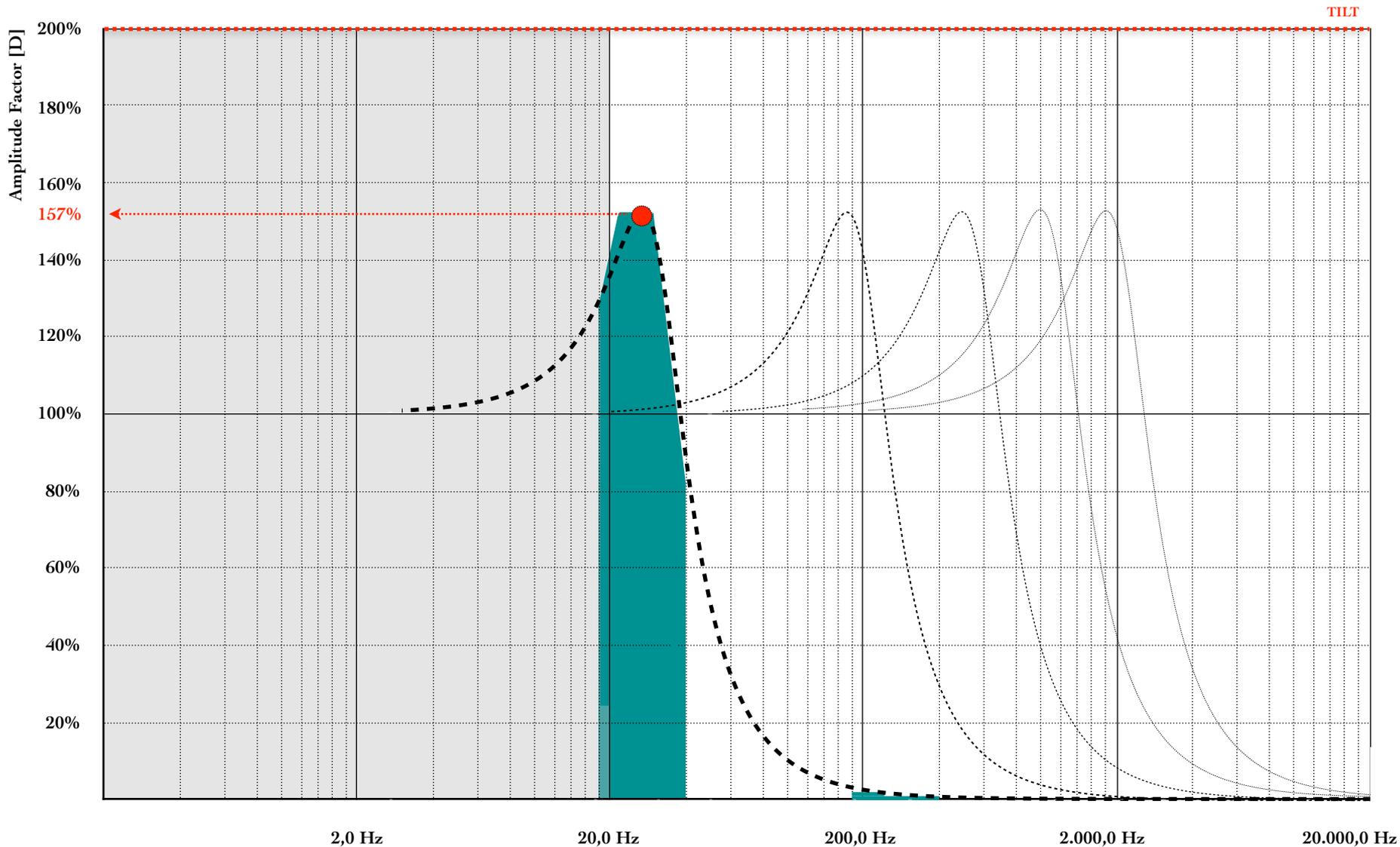
# Elaborazione/analisi dei casi notevoli

Caso notevole 2°: Entità e tipologia forzanti attive che insiste sul riscontro fisso [soffitto]



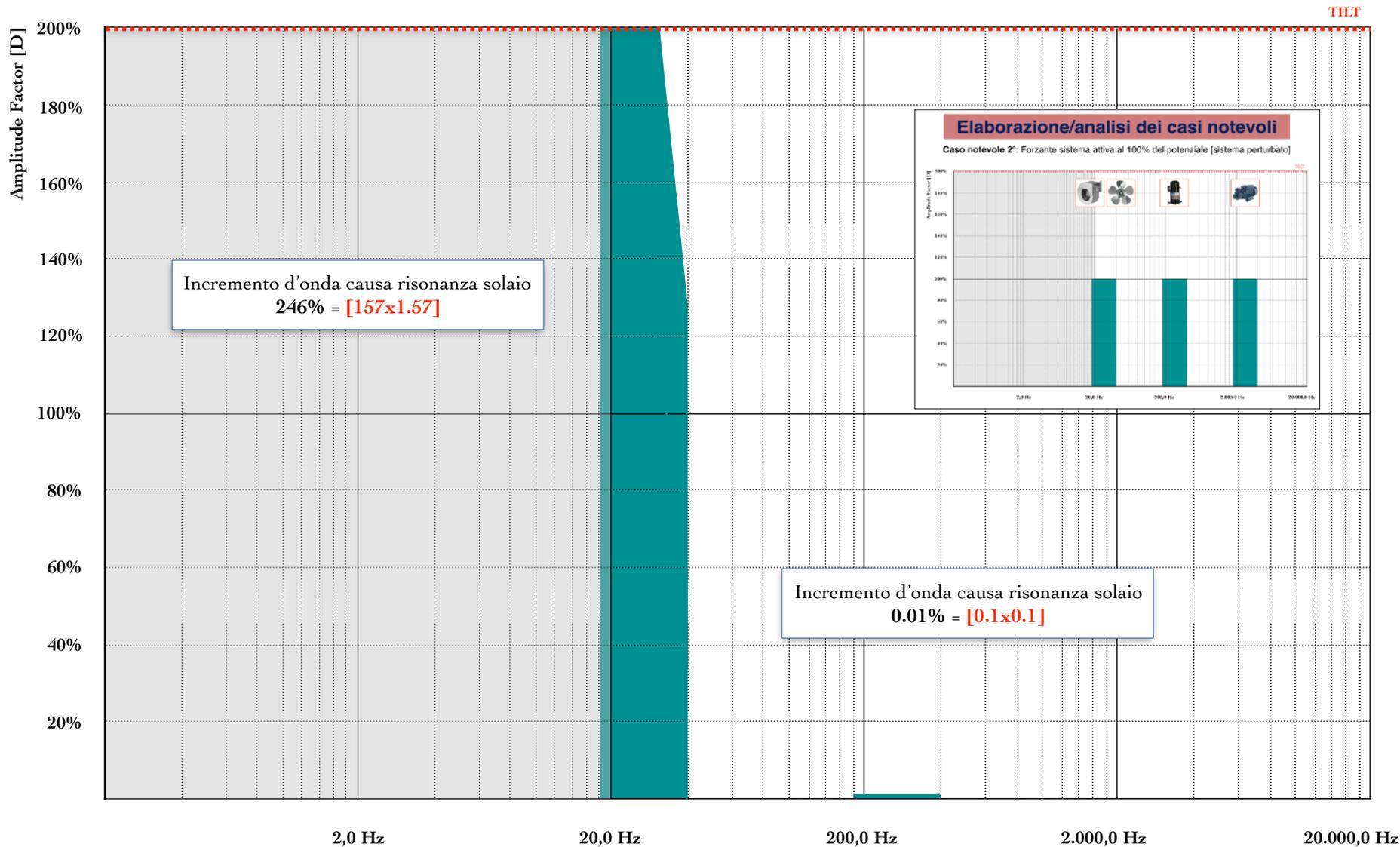
# Elaborazione/analisi dei casi notevoli

Caso notevole 2°: Entità e tipologia forzanti attive che insiste sul riscontro fisso [solaio]



# Elaborazione/analisi dei casi notevoli

Caso Notevole 2°: Contributo amplificazione onda solaio in fase con forzante già filtrata



# Casi studio: Varie tipologie lavori eseguiti

Esempio pratico intervento installazione supporti anti-vibranti [Località Treviso]



- Peso forzante 4000,0 kg;
- Caratteristiche forzante 20.0/25.0 Hz;
- Frequenza risonanza oscillatore armonico 2.5 Hz;
- Trasmissibilità -99.9% a partire dalla frequenza 25.0 Hz;
- Fattore di smorzamento 33.5%.

# Casi studio: Varie tipologie lavori eseguiti

Esempio pratico intervento installazione supporti anti-vibranti [Località Bari]



- Peso forzante 650,0 kg;
- Caratteristiche forzante 20.0 Hz;
- Frequenza risonanza oscillatore armonico 2.0 Hz;
- Trasmissibilità -99.9% a partire dalla frequenza 20.0 Hz;
- Fattore di smorzamento 35.1%.

# Casi studio: Varie tipologie lavori eseguiti

Esempio pratico intervento installazione supporti anti-vibranti [Località Bari]



- Peso forzante 2500,0 kg;
- Caratteristiche forzante 25.0/30.0 Hz;
- Frequenza risonanza oscillatore armonico 2.4 Hz;
- Trasmissibilità -99.9% a partire dalla frequenza 24.0 Hz;
- Fattore di smorzamento 29.2%.

# Casi studio: Varie tipologie lavori eseguiti

Esempio pratico intervento installazione supporti anti-vibranti [Località Lucca]



- Peso forzante 5000,0 kg;
- Caratteristiche forzante spettro omogeneo [rumore bianco];
- Frequenza risonanza oscillatore armonico 2.1 Hz;
- Trasmissibilità -99.9% a partire dalla frequenza 21.0 Hz;
- Fattore di smorzamento 31.5%.

# Casi studio: Varie tipologie lavori eseguiti

Esempio pratico intervento installazione supporti anti-vibranti [Località Bologna]



- Peso forzante 800,0 kg;
- Caratteristiche forzante 20.0 Hz;
- Frequenza risonanza oscillatore armonico 1.8 Hz;
- Trasmissibilità -99.9% a partire dalla frequenza 18.0 Hz;
- Fattore di smorzamento 33.5%.

# Casi studio: Varie tipologie lavori eseguiti

Esempio pratico intervento installazione supporti anti-vibranti [Località Ancona]

- Peso forzante 1200,0 kg;
- Caratteristiche forzante 25.0 Hz;
- Frequenza risonanza oscillatore armonico 2.2 Hz;
- Trasmissibilità -99.9% a partire dalla frequenza 22.0 Hz;
- Fattore di smorzamento 32.1%.

# Casi studio: Varie tipologie lavori eseguiti

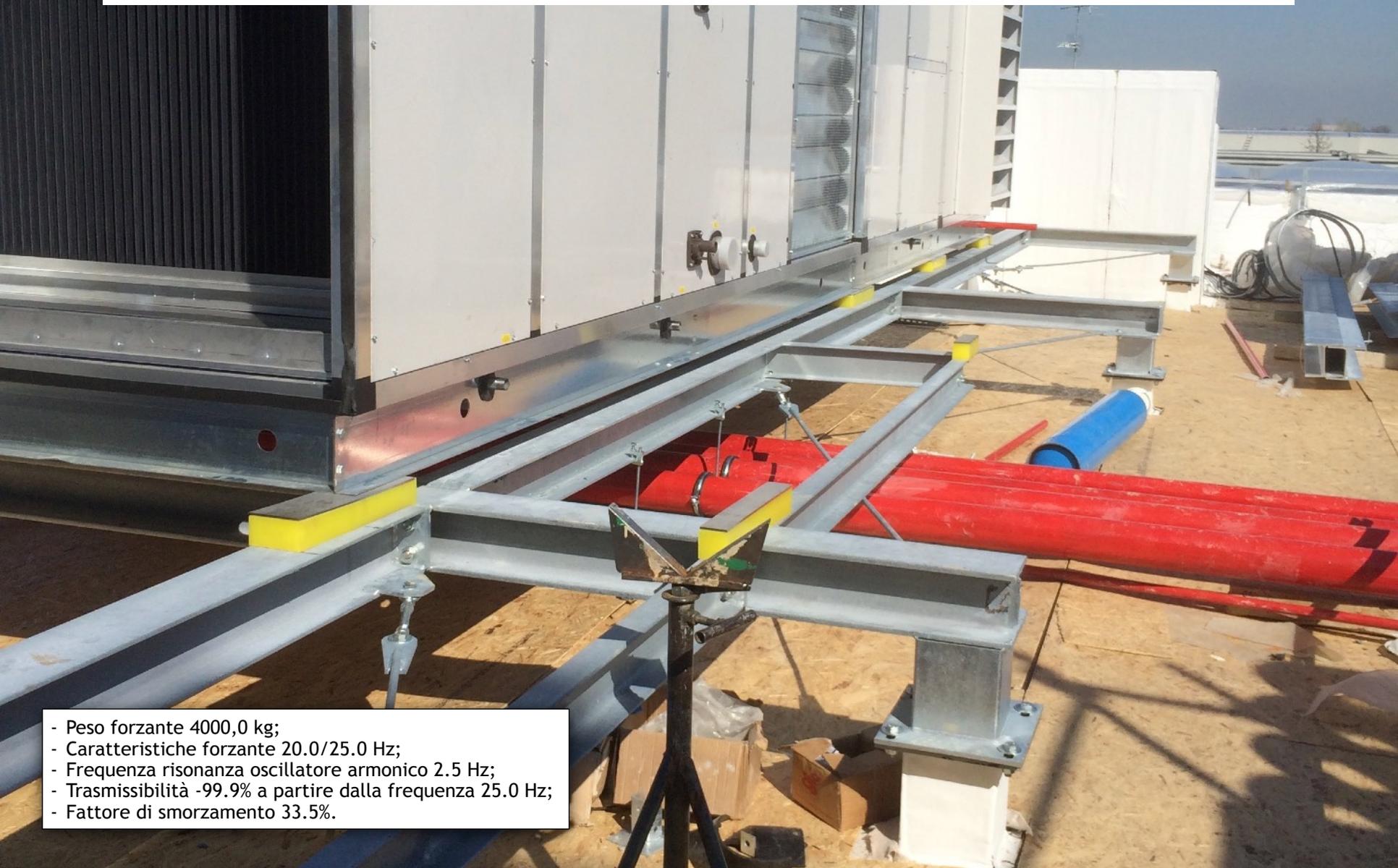
Esempio pratico intervento installazione supporti anti-vibranti [Località Imola]



- Peso forzante 2900,0 kg;
- Caratteristiche forzante 20.0 Hz;
- Frequenza risonanza oscillatore armonico 2.4 Hz;
- Trasmissibilità -99.9% a partire dalla frequenza 24.0 Hz;
- Fattore di smorzamento 33.1%.

# Casi studio: Varie tipologie lavori eseguiti

Esempio pratico intervento installazione supporti anti-vibranti [Località Imola]



- Peso forzante 4000,0 kg;
- Caratteristiche forzante 20.0/25.0 Hz;
- Frequenza risonanza oscillatore armonico 2.5 Hz;
- Trasmissibilità -99.9% a partire dalla frequenza 25.0 Hz;
- Fattore di smorzamento 33.5%.

# Casi studio: Varie tipologie lavori eseguiti

Esempio pratico intervento installazione supporti anti-vibranti [Località Venezia]



- Peso forzante 18000,0 kg;
- Caratteristiche forzante spettro omogeneo [rumore bianco];
- Frequenza risonanza oscillatore armonico 1.8 Hz;
- Trasmissibilità -99.9% a partire dalla frequenza 18.0 Hz;
- Fattore di smorzamento 28.0%.

# Casi studio: Varie tipologie lavori eseguiti

Esempio pratico intervento installazione supporti anti-vibranti [Località Bolzano]

- 
- The image shows a close-up of a white industrial machine, likely a sewing machine, mounted on a concrete base. A grey, cylindrical anti-vibration support is visible, resting on the concrete. The support has the word 'Acoustica' embossed on it. The machine is supported by a metal plate with several holes. The background is slightly blurred, showing other parts of the machine and the concrete base.
- Peso forzante 270.0 kg;
  - Caratteristiche forzante 25.0 Hz;
  - Frequenza risonanza oscillatore armonico 2.0 Hz;
  - Trasmissibilità -99.9% a partire dalla frequenza 20.0 Hz;
  - Fattore di smorzamento 31.5%.

# Casi studio: Varie tipologie lavori eseguiti

Esempio pratico intervento installazione supporti anti-vibranti [Località Modena]

- 
- Peso forzante 900.0 kg;
  - Caratteristiche forzante 20.0 Hz;
  - Frequenza risonanza oscillatore armonico 1.9 Hz;
  - Trasmissibilità -99.9% a partire dalla frequenza 19.0 Hz;
  - Fattore di smorzamento 33.5%.

# Grazie per la vostra partecipazione

## CONTATTI:



[www.arcoacustica.com](http://www.arcoacustica.com)



[www.facebook.com/ArcoAcustica](http://www.facebook.com/ArcoAcustica)



[www.linkedin.com/in/arcoacustica](http://www.linkedin.com/in/arcoacustica)

