



NETWORKING E TECNOLOGIA

# *La Manutenzione Predittiva esperienze, sfide, valutazioni*

9 LUGLIO 2021 H.14.30 • DALLARA ACADEMY, VARANO DE' MELEGARI (PR)

# Giovanni Mottola

Ricercatore UNIMORE



**SERVICELAB**  
SERVICE • HYDRAULIC • SYSTEM

# Marianna Brevini

CEO GB ServiceLab



# Monitoraggio di vibrazioni per pompe oleodinamiche con portale di manutenzione



LA MANUTENZIONE PREDITTIVA ESPERIENZE, SFIDE, VALUTAZIONI  
9 LUGLIO 2021 H.14.30

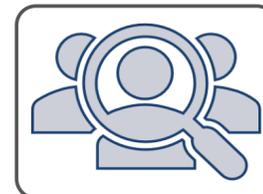
# Monitoraggio di vibrazioni per pompe oleodinamiche con portale di manutenzione

Sistema di manutenzione predittiva tramite misura e analisi dei dati vibratorii su pompe per trasmissioni di potenza e portale di gestione riparazioni

Progetto attualmente in corso con **collaborazione** tra azienda e gruppo di ricerca



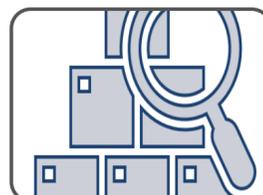
**Azienda: GBServiceLab** fornisce servizi di riparazione, system integration, supporto clienti e consulenza per il settore dell'**oleodinamica**



**Clienti:** produttori/proprietari di grandi macchinari con trasmissioni idrauliche (per agricoltura, servizi, ...)



**Obiettivo:** integrare la **manutenzione predittiva** nella gamma di servizi offerti



**Prodotto:** strumenti di **monitoraggio** remoto da installare su pompe connessi al **customer portal**

# Settori applicativi

Sistemi oleodinamici dove il costo e la complessità giustificano l'investimento  
 → **pompe volumetriche**

## Settori:

- Impianti industriali
- Navale
- Agricoltura
- Oil & gas
- Linee produttive
- Costruzioni
- ...

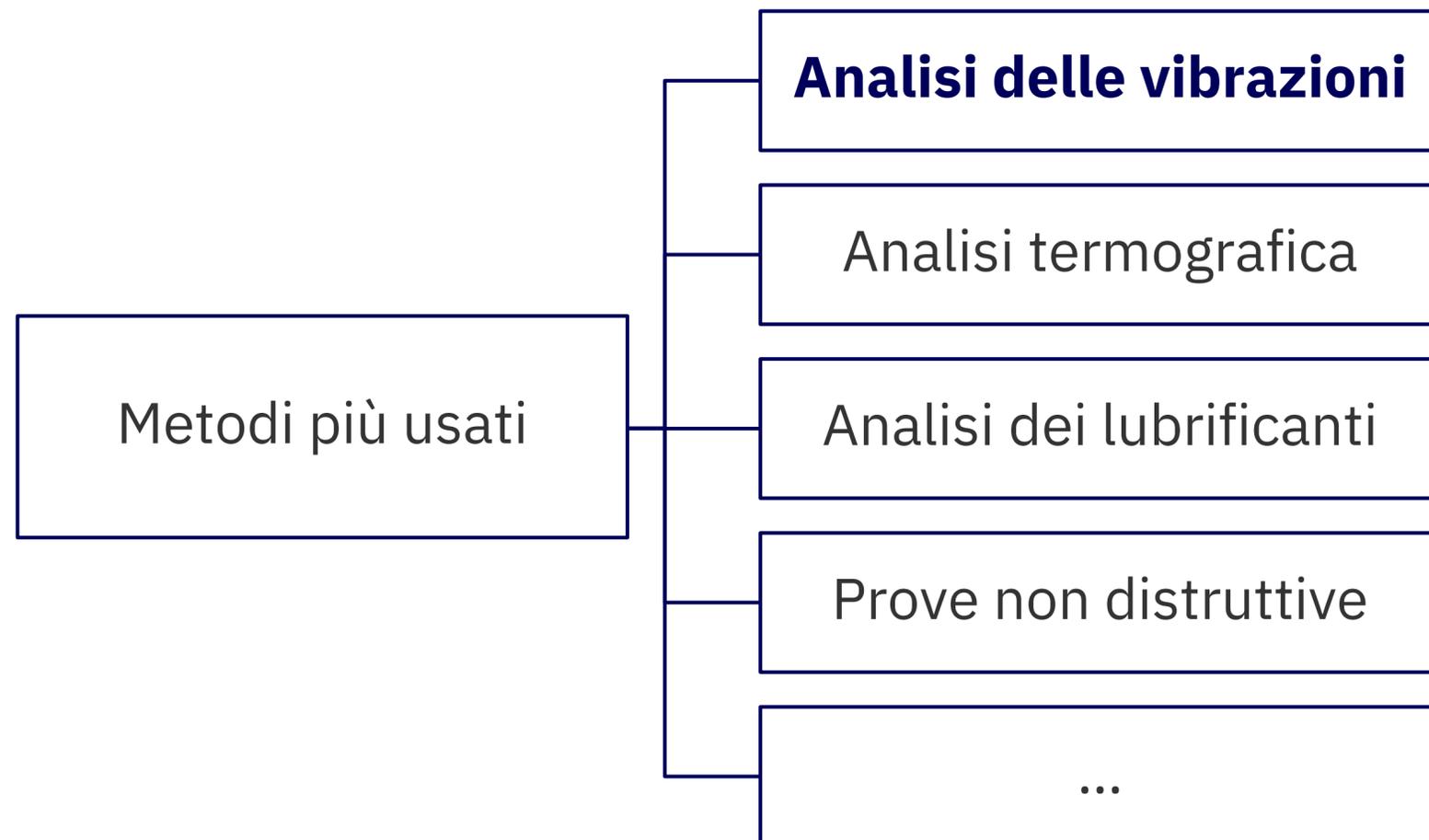


Trasporti

Robotica

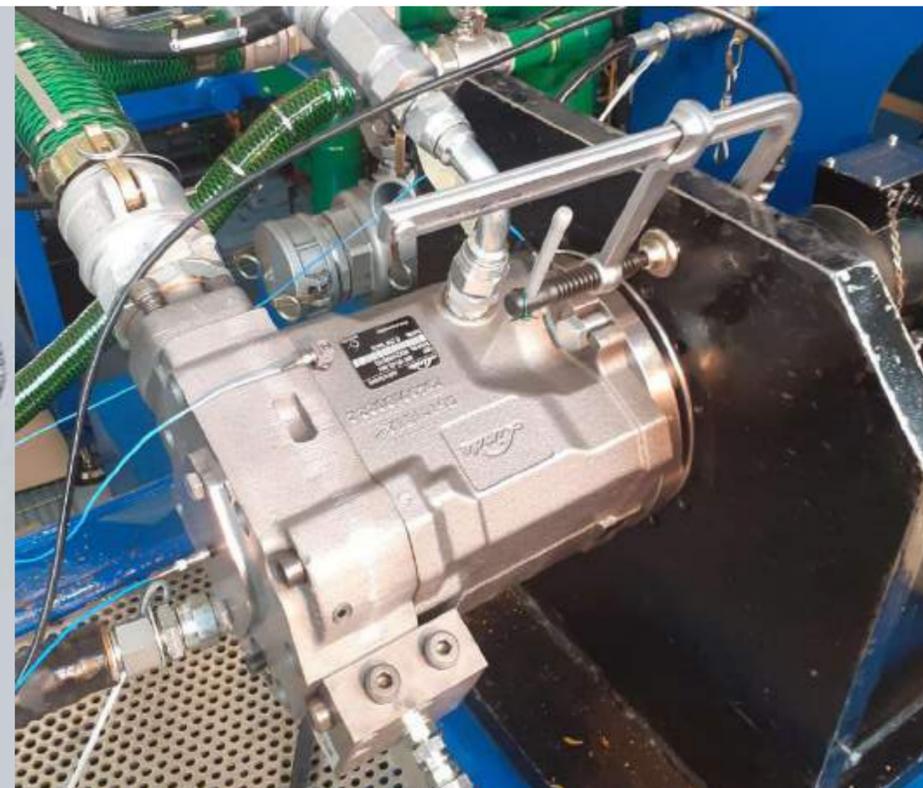
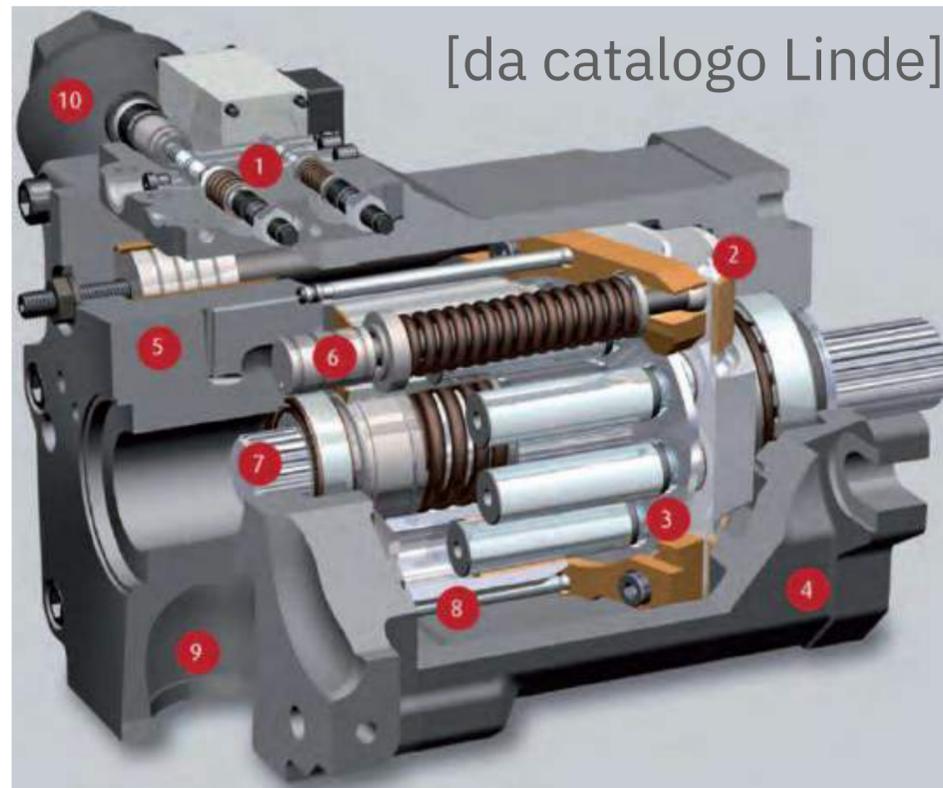
Energia

# Approcci



- È il metodo più usato secondo le **normative** e l'**esperienza** per questo tipo di macchine
- Consente di riconoscere il **tipo** di danno e il **componente** da cambiare tramite analisi del segnale
- Sfida: trovare strumenti di **precisione** adeguata, **robusti** (per lavorare in campo per periodi estesi) e di **costo** competitivo rispetto alle pompe monitorate

# Obiettivi



- Analizzare le vibrazioni di pompe volumetriche a **cilindrata variabile**
- Sviluppare un modello per **prevedere** il **guasto** incipiente, riconoscendo dove possibile i **componenti** critici
- Integrare i sensori e il processore per l'algoritmo di analisi in uno **strumento compatto** che dialoga con portale remoto di manutenzione

# Diagnosi

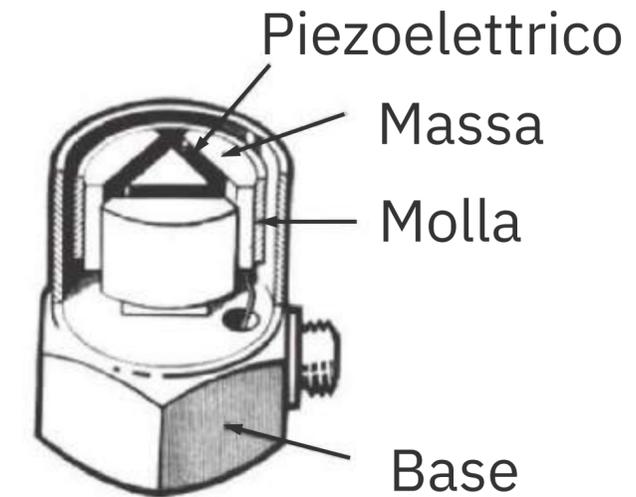
- In molti casi basta capire se un danno è presente; si può anche lavorare «**a scatola chiusa**»
- Con un'analisi in frequenza, si possono **identificare** i componenti danneggiati (cuscinetti, pistoni, ...)
- Uso di algoritmi per analizzare il segnale vibratorio con confronto su pompe **nuove** e **usate**
- Il sistema di diagnosi deve avere **sensibilità** sufficiente per dare il tempo di organizzare un intervento
- Obiettivo finale: predire il **Time-to-Failure** del componente, per poter pianificare la manutenzione



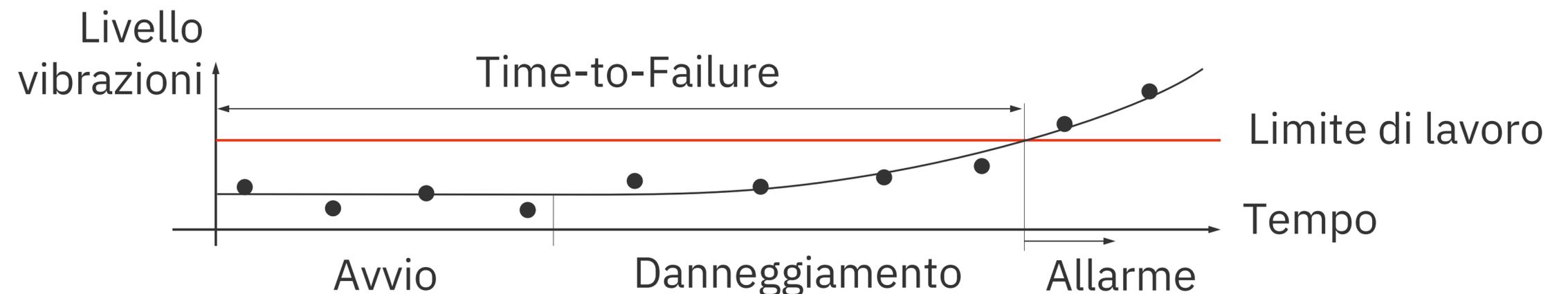
# Strumenti

Una delle prime voci di costo nel sistema di misura e analisi

- **Vibrometri**
  - qui impiegati accelerometri, per maggiore comodità d'uso
  - scelta tra impiego piezoelettrici e MEMS
- **Tachimetri**: necessario misurare velocità di rotazione
- **Software** di raccolta e analisi dati



Andamento tipico  
(● = valori misurati)



# Analisi dati (I)

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2}$$

RMS

$$\frac{\text{PK}}{\text{RMS}}$$

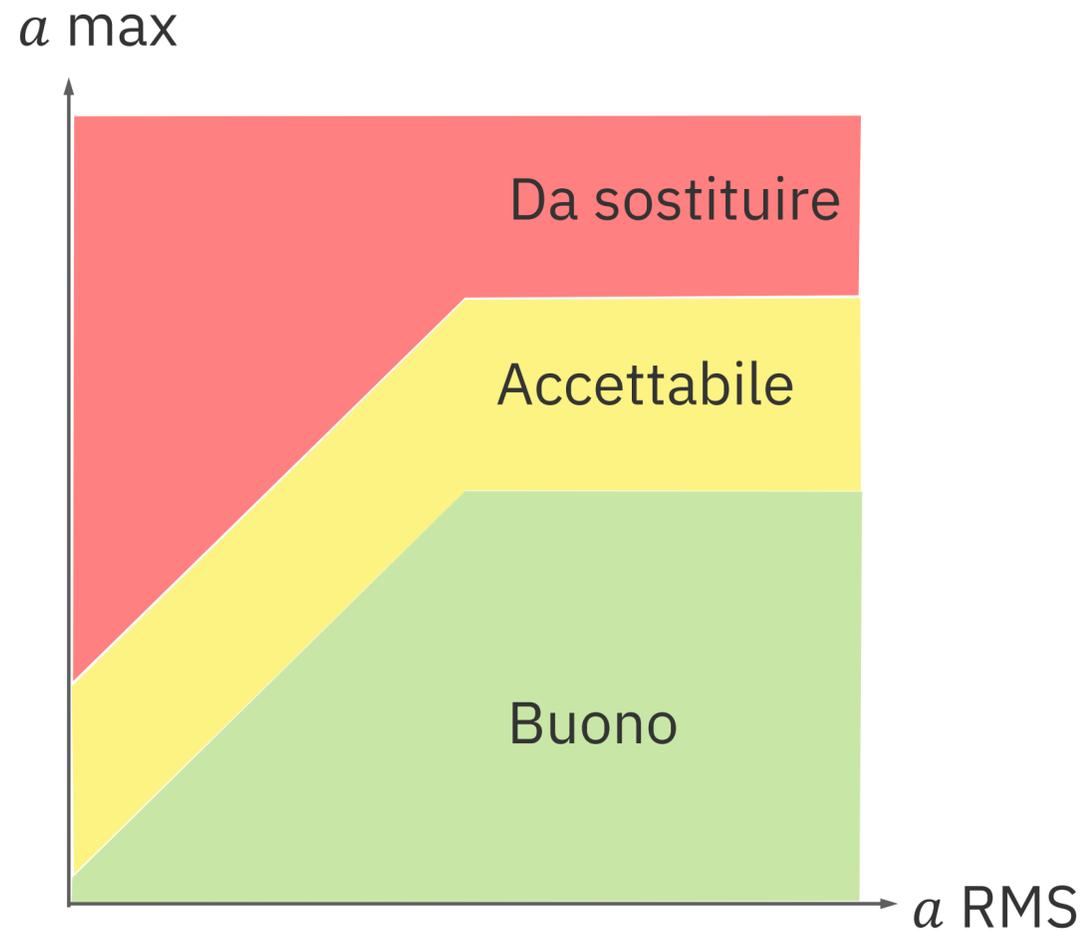
Fattore di cresta

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2$$

Varianza

$$\text{PK} = \max\{|x_i|\}$$

Picco

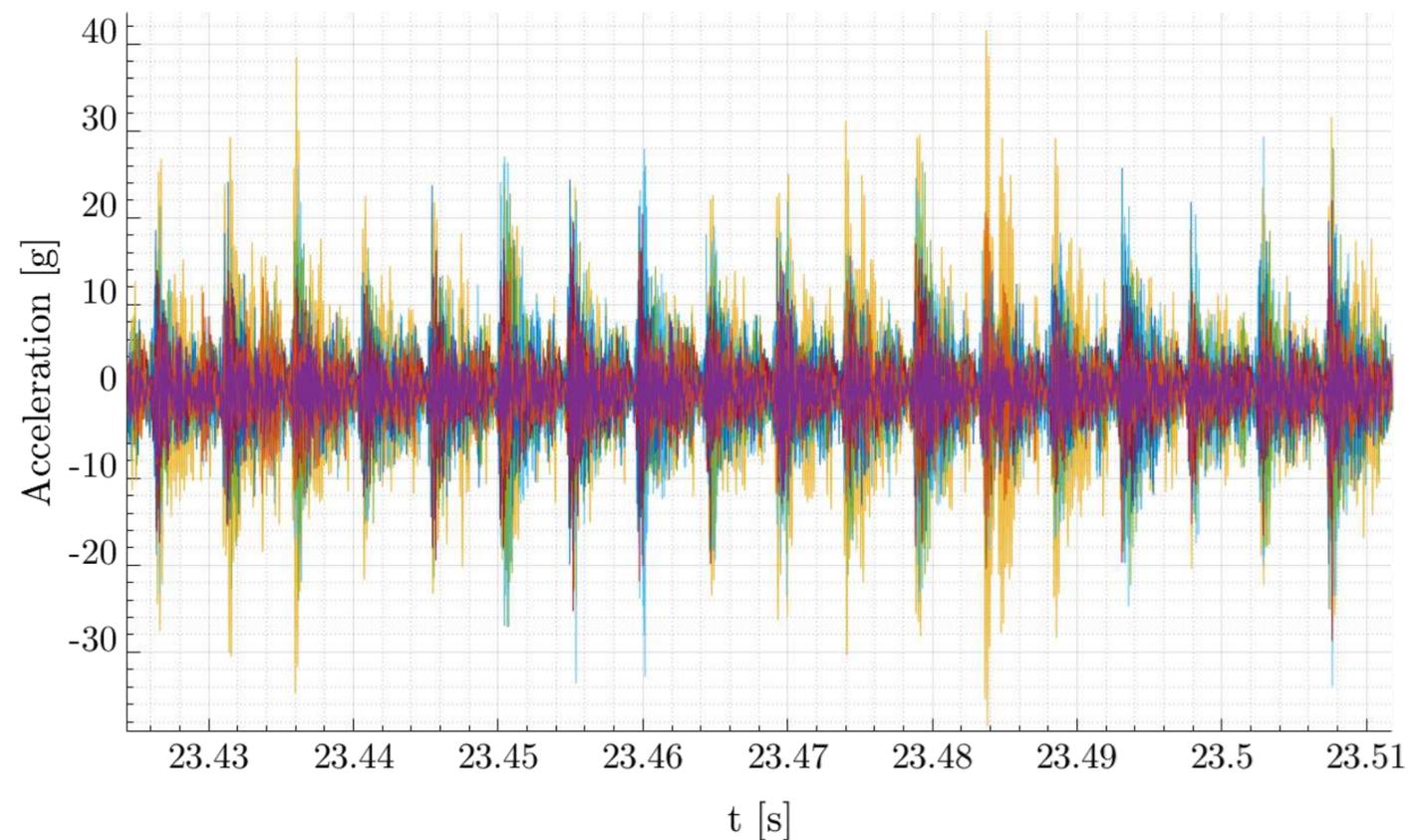


Vedi [ISO 13373-3:2015]

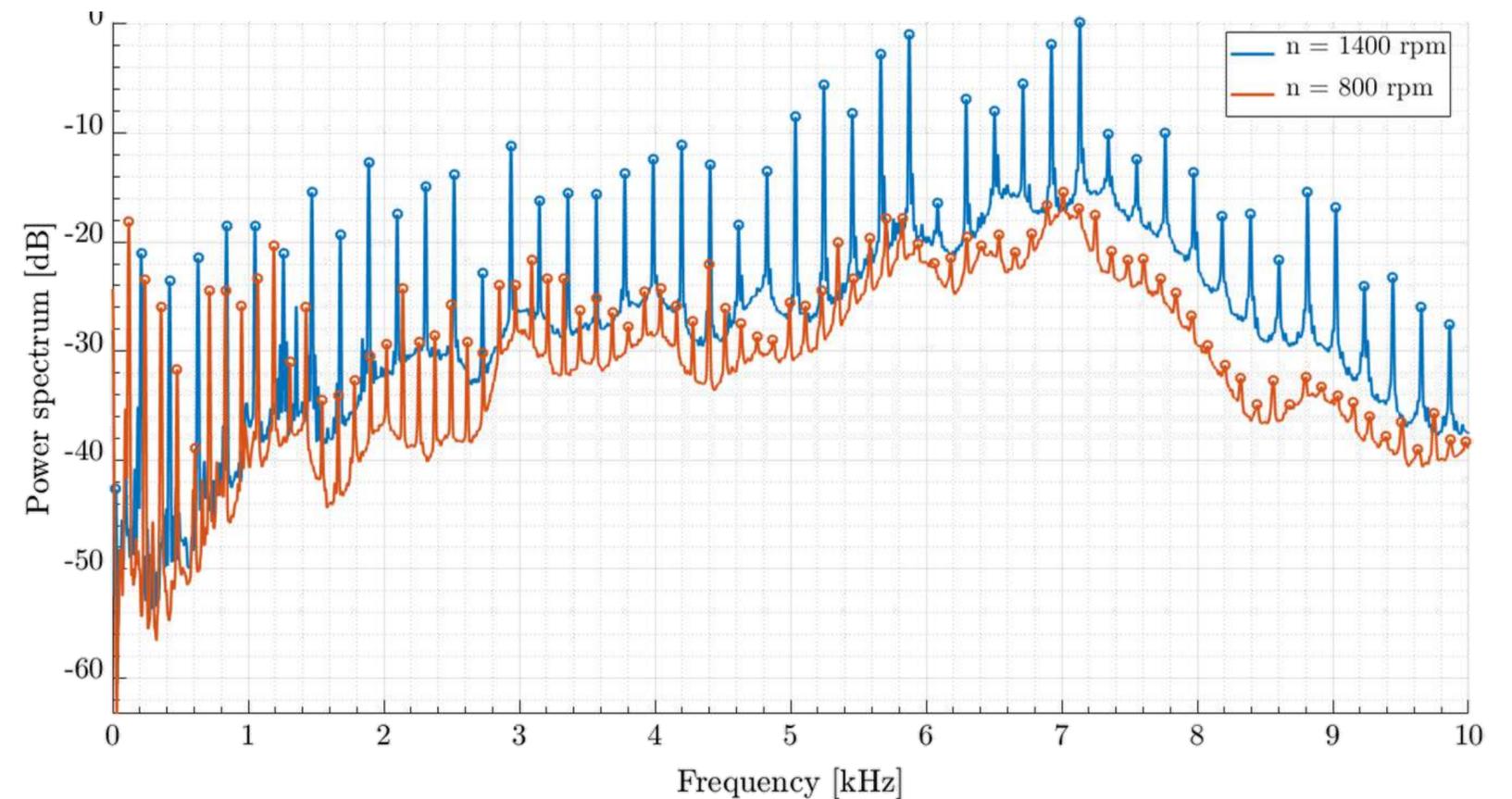
- Approccio standard (da normativa): calcolo di coefficienti statistici a partire dal segnale  $x_i, i = 1, \dots, n$  e confronto con valori medi di settore
- Meno applicabile al caso di specie per mancanza di dati pregressi e per la complessità del sistema

# Analisi dati (II)

- Analisi con tecniche di **trasformazione** del **segnale** (spettro di potenza, cepstrum, ciclostazionarietà ...)
- Consente più facilmente di identificare i componenti danneggiati, cercando le **frequenze** caratteristiche
- Si sono trovati **picchi** riconoscibili all'interno del segnale di pompe danneggiate, che invece sono assenti nei dati misurati su pompe nuove e quasi assenti in quelle ricondizionate (**firma** del guasto)



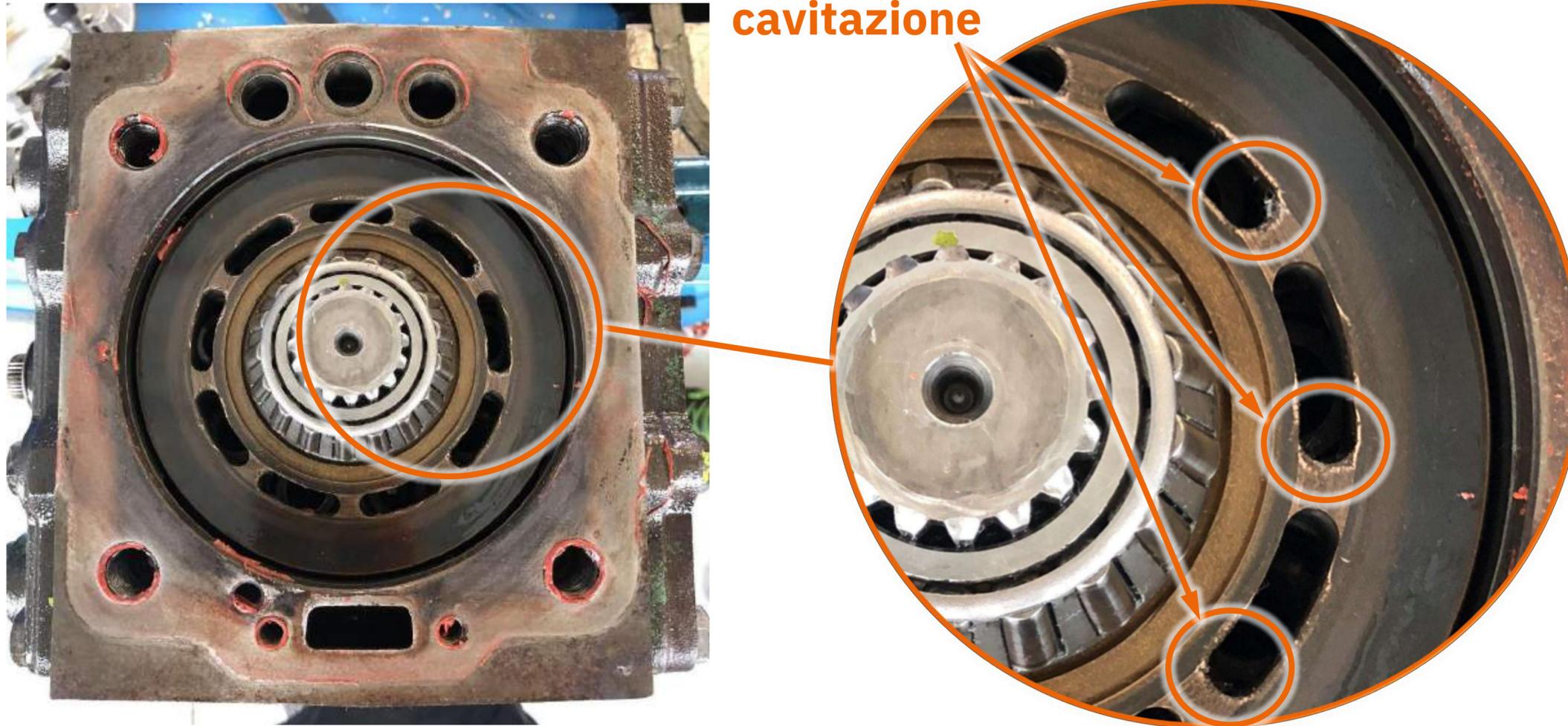
Dati dai canali di misura (accelerometri)



Spettro di potenza per diverse velocità di rotazione

# Guasti

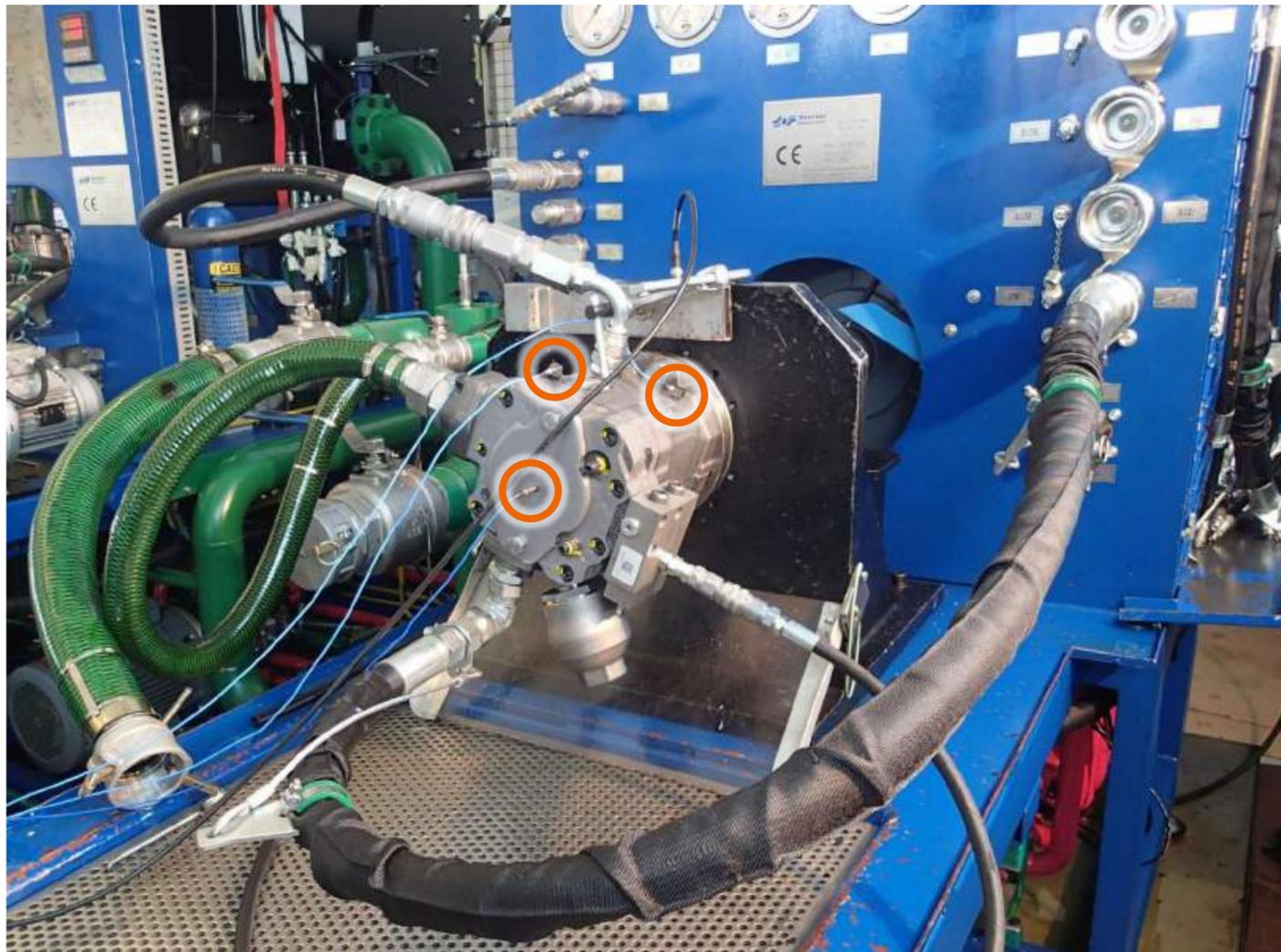
Erosione da  
cavitazione



- **Gruppo pistoni:** parte centrale della pompa, soggetta a guasto ad es. da cavitazione
- Il danneggiamento è riconoscibile nel segnale degli accelerometri
- Altri elementi di interesse: **cuscinetti** (frequenze caratteristiche BPF0, BRF1, BSF note da letteratura)

# Prototipo

Pompa sul banco prova GBServiceLab (con accelerometri **piezoelettrici**)



Prototipo sviluppato (segnale acquisito con accelerometro **MEMS**)



# Conclusioni

## Elementi di novità

- Obiettivo di applicazione su **sistemi mobili** anche in campo aperto (e.g. macchine agricole)
- Applicazione a **pompe oleodinamiche** ad alto grado di complessità (e di costo significativo)

## Lavoro futuro

- **Prove** su campo presso clienti interessati di GBServiceLab, per validare le prove in officina
- **Industrializzazione** definitiva (vincoli su costo, ingombri, policy di raccolta dati, facilità di montaggio...)
- Definizione specifiche **portale** di manutenzione tramite sito dedicato
- Ottobre 2021: presentazione presso **fiera** EIMA di settore
- Raccolta massiva di **dati di manutenzione** con analisi mediante algoritmi esperti (e.g. SVM)

# Grazie per l'attenzione

## Contatti

[marianna.brevini@gbservicelab.com](mailto:marianna.brevini@gbservicelab.com)

[lorenzo.chiapponi@gbservicelab.com](mailto:lorenzo.chiapponi@gbservicelab.com)

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

[riccardo.rubini@unimore.it](mailto:riccardo.rubini@unimore.it)

[giovanni.mottola@unimore.it](mailto:giovanni.mottola@unimore.it)

[www.diagnostica.unimore.it](http://www.diagnostica.unimore.it)

