

# DATI COPERTINA E PREMESSA DEL PROGETTO

**UNI1614391**

**UNI/TS 11325-13**

**Lingua**

Italiana

**Titolo Italiano**

Attrezzature a pressione - Messa in servizio ed utilizzazione delle attrezzature e degli insiemi a pressione - Parte 13: Guida alla realizzazione di un sistema di monitoraggio dei dati di esercizio di attrezzature a pressione

**Titolo Inglese**

Pressure equipment - Putting into service and use of pressure equipment and assemblies - Part 13: Guide to the implementation of a monitoring system for in-service pressure equipment operating data

**Commissione Tecnica**

**Organo Competente**

UNI/CT 223 - CTI - Esercizio di attrezzature a pressione

**Coautore**

**Sommario**

La specifica tecnica fornisce indicazioni agli utilizzatori di impianti a pressione per la realizzazione di un sistema di monitoraggio dei dati di esercizio delle attrezzature a pressione componenti gli impianti, limitatamente alle grandezze: temperatura, pressione, livello e vibrazione.

In particolare la specifica tecnica indica i dati oggetto di monitoraggio, i requisiti minimi dei sistemi, la frequenza di acquisizione e le modalità di presentazione dei dati in riferimento ai meccanismi di danno potenzialmente attivi sulle attrezzature.

Il documento include anche una guida informativa ai fini della scelta dei dispositivi per il monitoraggio sulla base delle principali tipologie disponibili sul mercato.

---

**I destinatari di questo documento sono invitati a presentare, insieme ai loro commenti, la notifica di eventuali diritti di brevetto di cui sono a conoscenza e a fornire la relativa documentazione.**

**Questo testo NON è una norma UNI, ma è un progetto di norma sottoposto alla fase di inchiesta pubblica, da utilizzare solo ed esclusivamente per fini informativi e per la formulazione di commenti. Il processo di elaborazione delle norme UNI prevede che i progetti vengano sottoposti all'inchiesta pubblica per raccogliere i commenti degli operatori: la norma UNI definitiva potrebbe quindi presentare differenze -anche sostanziali- rispetto al documento messo in inchiesta.**

**Questo documento perde qualsiasi valore al termine dell'inchiesta pubblica, cioè il:**

**2026-05-15**

**UNI non è responsabile delle conseguenze che possono derivare dall'uso improprio del testo dei progetti in inchiesta pubblica.**

**Relazioni Nazionali**

**Relazioni Internazionali**

**Premessa**

La presente specifica tecnica è stata elaborata sotto la competenza dell'ente federato all'UNI CTI - Comitato Termotecnico Italiano

---

© UNI - Milano. Riproduzione vietata.  
Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere riprodotta o diffusa con un mezzo qualsiasi, fotocopie, microfilm o altro, senza il consenso scritto di UNI.

## Introduzione

La finalità della presente specifica tecnica è di fornire indicazioni per la realizzazione di un sistema di monitoraggio dei dati di esercizio delle attrezzature a pressione.

Obiettivo del monitoraggio, per come è inteso nel presente documento, è di rendere disponibili i dati relativi all'esercizio di impianti a pressione per successive analisi quali per esempio valutazioni sullo stato di conservazione e di integrità delle attrezzature e considerazioni in merito all'ulteriore esercibilità in presenza di effettivi o potenziali meccanismi di danneggiamento (per esempio corrosione, scorrimento viscoso, fatica, ecc.).

I processi di monitoraggio possono essere condotti in forma continua o discontinua, con l'ausilio di apposita strumentazione digitale, in locale o in remoto. L'elaborazione dei dati permette di esaminare andamenti e velocità dei fenomeni e pertanto formulare valutazioni a breve, medio e lungo periodo.

La specifica si rivolge prevalentemente agli utilizzatori di impianti a pressione e può rappresentare uno strumento di riferimento anche per tecnici, progettisti, manutentori ed enti e organismi di controllo e verifica. Essa fornisce indicazioni e raccomandazioni per la realizzazione e l'utilizzo del sistema di monitoraggio, e non intende fornire prescrizioni per verifiche e controlli durante l'esercizio che sono già definiti in apposite norme.

## 1 Scopo e campo di applicazione

La presente specifica tecnica fornisce indicazioni agli utilizzatori di impianti a pressione per la realizzazione di un sistema di monitoraggio dei dati di esercizio delle attrezzature a pressione componenti gli impianti, limitatamente alle grandezze: temperatura, pressione, livello e vibrazione.

In particolare la specifica tecnica indica i dati oggetto di monitoraggio, i requisiti minimi dei sistemi, la frequenza di acquisizione e le modalità di presentazione dei dati in riferimento ai meccanismi di danno potenzialmente attivi sulle attrezzature.

Nota: I meccanismi di danno trattati non coprono tutti i possibili meccanismi potenzialmente attivi.

## 2 Riferimenti normativi

Nel presente documento non sono presenti riferimenti normativi.

## 3 Termini e definizioni

Ai fini della presente specifica tecnica si applicano i termini e le definizioni di cui alla UNI EN 764-1 e i termini e le definizioni seguenti:

**3.1. campionamento:** Metodo di prelievo o di costituzione di un *campione* [3.2].

[Fonte: UNI ISO 3534-1:2014, tradotta in italiano]

**3.2. campione:** sottoinsieme di una popolazione costituito di una o più unità di campionamento.

[Fonte: UNI ISO 3534-1:2014, tradotta in italiano]

Nota: Le unità di campionamento possono essere elementi, valori numerici, o altre entità che dipendono dalla popolazione di interesse.

**3.3. catena di misura:** serie di elementi di un *sistema di misura* [3.9] che costituiscono un percorso univoco per il segnale dal sensore all'elemento di uscita.

ESEMPIO 1 Catena di misura elettroacustica, comprendente un microfono, un attenuatore, un filtro, un amplificatore e un voltmetro.

ESEMPIO 2 Catena di misura meccanica, comprendente un tubo di Bourdon, un sistema di leve, ingranaggi e un indicatore a quadrante.

[Fonte: UNI CEI 70099:2008]

- 3.4. conservazione dei dati:** criterio adottato al fine di garantire l'integrità e la disponibilità dei dati, in formato cartaceo e/o digitale, almeno per il tempo minimo correlato al monitoraggio corrispondente.
- 3.5. manutenzione:** combinazione di tutte le azioni tecniche, amministrative e gestionali, durante il ciclo di vita di un'entità, destinate a mantenerla o riportarla in uno stato in cui possa eseguire la funzione richiesta.
- Nota: Le azioni di manutenzione tecnica comprendono osservazione e analisi dello stato dell'entità (per esempio ispezione, monitoraggio, collaudo, diagnosi, prognosi, ecc.) e azioni di manutenzione attiva (per esempio riparazione, ricondizionamento).
- [Fonte: UNI EN 13306:2018]
- 3.6. misurazione:** processo volto a ottenere sperimentalmente uno o più valori che possono essere ragionevolmente attribuiti a una grandezza.
- [Fonte: UNI CEI 70099:2008]
- 3.7. monitoraggio (delle attrezzature a pressione):** rilevazione, attraverso misure strumentali eseguite in continuo o a intervalli, dei fenomeni che caratterizzano l'esercizio di attrezzature a pressione al fine di determinarne l'evoluzione.
- 3.8. processo di misura; processo di misurazione:** Insieme di operazioni per determinare il valore di una grandezza.
- [Fonte: UNI EN ISO 9000:2015, UNI EN ISO 10012:2004]
- 3.9. sistema di misura:** insieme di uno o più strumenti di misura e in molti casi altri dispositivi, ivi compresi eventuali reagenti e alimentazioni, appositamente connessi e adattati per fornire informazione usata allo scopo di stabilire, in intervalli specificati, valori misurati di grandezze di specie specificate.
- Nota 1: Talvolta si fa riferimento a uno o più degli elementi che costituiscono un sistema di misura con il termine generico «apparecchiatura per misurazione».
- Nota 2: Un sistema di misura può essere costituito da un unico strumento di misura.
- [Fonte: UNI CEI 70099:2008]
- 3.10. sistema di monitoraggio:** insieme dei *sistemi di misura* [3.9] necessari per eseguire il *monitoraggio* [3.7].
- 3.11. strumento di misura:** dispositivo impiegato per eseguire *misurazioni* [3.6], solo o in associazione con altri dispositivi di supporto.
- Nota 1 Uno strumento di misura che può essere impiegato singolarmente è un sistema di misura.
- Nota 2 Uno strumento di misura può essere uno strumento indicatore oppure un campione materiale.
- [Fonte: UNI CEI 70099:2008]
- 3.12. taratura:** operazione eseguita in condizioni specificate, che in una prima fase stabilisce una relazione tra i valori di una grandezza, con le rispettive incertezze di misura, forniti da campioni di misura, e le corrispondenti indicazioni, comprensive delle incertezze di misura associate, e in una seconda fase usa queste informazioni per stabilire una relazione che consente di ottenere un risultato di misura a partire da un'indicazione.
- Nota 1: Il termine «calibrazione» non dovrebbe essere usato per designare la taratura.
- Nota 2: L'esito di una taratura può essere espresso mediante una dichiarazione, una funzione di taratura, un diagramma di taratura, una curva di taratura, o una tabella di taratura. In alcuni casi esso può consistere in un semplice fattore additivo o moltiplicativo, utilizzabile per la correzione, accompagnato dall'incertezza di misura associata.
- [Fonte: UNI CEI 70099:2008]
- 3.13. trasduttore:** dispositivo, impiegato in una *misurazione* [3.6], che fornisce una grandezza fisica di uscita avente una relazione specificata con la grandezza fisica di ingresso.
- Nota: La grandezza in ingresso è rilevata da un elemento ad essa sensibile, detto normalmente "sensore".
- 3.14. trasmettitore:** dispositivo che elabora il segnale elettrico del *trasduttore* [3.13] (attraverso operazioni quali linearizzazione, compensazione, modifica, amplificazione) e lo invia a un ricevitore.
- Nota: Nel linguaggio tecnico/operativo viene spesso definito trasmettitore uno strumento che integra la funzione del trasduttore e quella del trasmettitore.

## 4 Processo di raccolta e gestione dei dati

### 4.1 Premessa

Un sistema di raccolta e gestione dati è realizzato con apparecchiature che rilevano, registrano, trasmettono ed elaborano le misure di una o più grandezze fisiche.

Le misure devono essere rilevate in modo automatico e possono essere registrate in forma continua o discontinua.

I valori devono essere in formato digitale. Se il parametro fisico viene acquisito in forma analogica (segnale elettrico variabile in tensione o in corrente) è necessario procedere con la conversione in digitale.

### 4.2 Componenti del sistema di raccolta e gestione dati

Un sistema di raccolta e gestione dati parte dal fenomeno fisico del segnale misurando ed è costituito dai seguenti elementi:

- trasduttore/trasmittitore del segnale installato sull'attrezzatura oggetto del monitoraggio;
- eventuale condizionatore di segnale o barriera (per esempio in caso di zona ATEX);
- sistema di acquisizione, elaborazione, registrazione, archiviazione e presentazione dati;
- eventuale trasmissione a distanza e/o archiviazione in cloud.

Il collegamento per la trasmissione dal trasduttore/trasmittitore al sistema di acquisizione dati può essere realizzato in forma cablata o wireless, in base alla tecnologia scelta, oltre che a eventuali condizionamenti tecnico/impiantistici. In alcuni casi a valle del trasduttore è necessario prevedere un dispositivo di trattamento del segnale (per esempio: convertitore/amplificatore/trasmittitore) prima del collegamento al sistema di acquisizione dati.

Deve essere garantita la sicurezza e la non manipolabilità dei dati in tutte le fasi di acquisizione, elaborazione, presentazione, memorizzazione, conservazione, ecc.

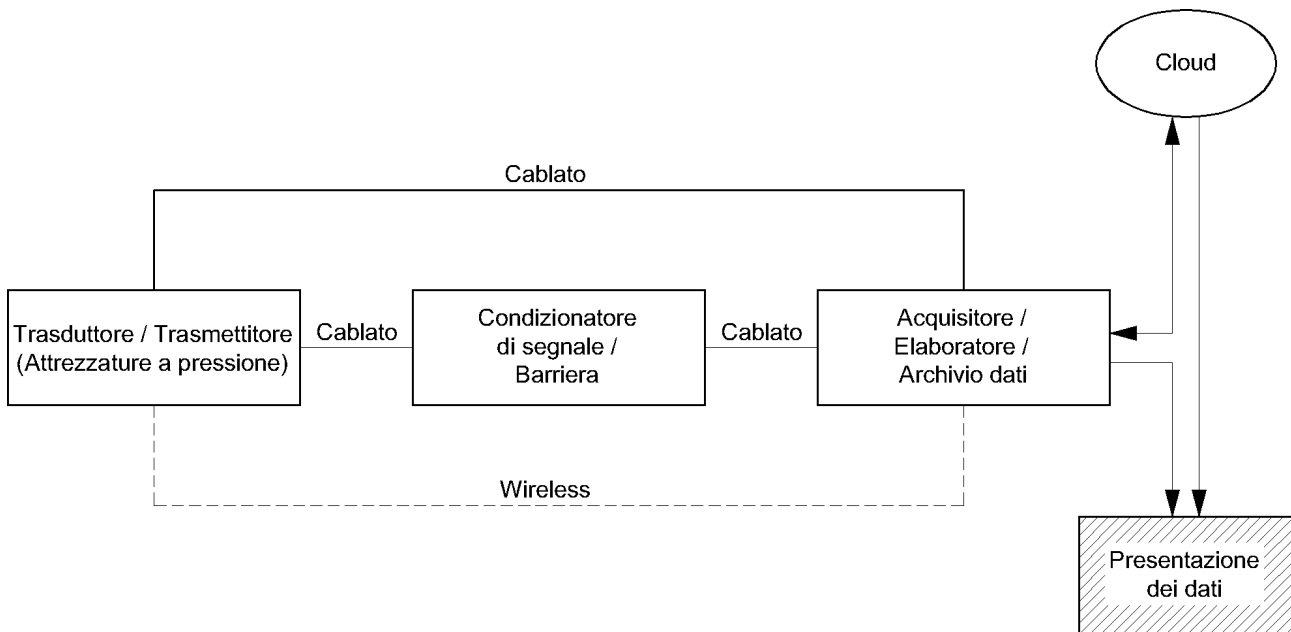
Si raccomanda di valutare, in fase di progettazione/realizzazione, la possibilità di espandere il sistema, per poter inserire, anche successivamente, altri segnali (previsti dal fabbricante dell'attrezzatura o ritenuti utili allo scopo).

Al fine di garantire misure di processo accurate il progettista deve seguire le indicazioni dei fabbricanti dei componenti del sistema, tenendo in considerazione l'ambiente in cui essi verranno installati e le condizioni al contorno (per. esempio: percorso cavi, campi elettromagnetici, possibili interferenze, ecc.).

Inoltre si raccomanda di seguire le indicazioni dei fabbricanti dei dispositivi relativamente ai controlli e alle tarature periodiche dei sensori.

In figura 1 è riportata la rappresentazione schematica di una catena strumentale di misura asservita a un sistema di monitoraggio.

**Figura 1** Rappresentazione schematica di una catena strumentale di misura asservita a un sistema di monitoraggio



## 5 Caratteristiche dei sistemi di monitoraggio

### 5.1 Generalità

Il sistema di monitoraggio dovrebbe essere strutturato prendendo in esame le finalità, le grandezze da misurare e la gestione dell'infrastruttura di supporto.

La progettazione del sistema non dovrebbe prescindere dal considerare almeno i seguenti fattori:

- impianto;
- attrezzatura/componente da monitorare;
- grandezza o fenomeno fisico da monitorare;
- architettura del sistema di monitoraggio;
- condizioni ambientali;
- eventuali fonti di disturbo/interferenza.

A titolo informativo al punto 6 è illustrato un possibile processo metodologico utilizzabile per la progettazione del sistema di monitoraggio.

### 5.2 Finalità del monitoraggio

In generale il monitoraggio ha le seguenti finalità:

- verificare il rispetto di valori limite di esercizio;
- supportare il controllo del processo;
- fornire informazioni per l'analisi degli andamenti nel tempo dei fenomeni che caratterizzano l'esercizio;
- raccogliere specifiche informazioni ai fini della pianificazione degli interventi di manutenzione e della valutazione dell'ulteriore esercibilità dell'attrezzatura monitorata.

Ulteriori specifici aspetti sono dettagliati per ogni parametro (si veda il prospetto 1 nel quale si riporta un elenco non esaustivo di alcune grandezze frequentemente oggetto di monitoraggio).

**Prospetto 1 Finalità del monitoraggio per alcune grandezze**

<b>OGGETTO DEL MONITORAGGIO</b>	<b>FINALITÀ</b>
Temperatura	Misurare il valore di temperatura del fluido e/o dell'attrezzatura
Pressione	Misurare il valore di pressione a cui è soggetta l'attrezzatura
Livello	Rilevare il quantitativo di fluido presente all'interno di un'attrezzatura a pressione allo scopo di determinarne il grado di riempimento
Vibrazioni	Rilevare la presenza di fenomeni vibratorii caratterizzati da frequenze e/o ampiezze non compatibili e correlabili con l'esercizio di progetto o a condizioni precedentemente note, che potrebbero determinare l'insorgenza di modifiche strutturali o di fenomeni degradati.

**5.3 Tipologie di sistemi di monitoraggio**

Il sistema di monitoraggio può essere costituito da diversi componenti in funzione delle esigenze impiantistiche e dello specifico parametro in esame.

In appendice A è riportata una panoramica delle principali tipologie di dispositivi disponibili sul mercato al momento della pubblicazione della presente specifica tecnica corredata di alcune indicazioni utili ai fini della scelta dei dispositivi.

**5.4 Modalità di trattamento dei dati**

I dati acquisiti non devono essere modificabili.

I segnali possono essere trasmessi in modalità cablata o wireless.

Il processo di monitoraggio dovrebbe garantire che i dati:

- siano raccolti presso la sede delle attrezzature monitorate;
- abbiano le caratteristiche concordate;
- siano facilmente analizzabili e interpretabili;
- siano trasmessi attraverso canali sicuri;
- possano essere integrati per essere di supporto al processo decisionale.

**5.5 Requisiti minimi**

I limiti operativi (campo di misura) del dispositivo scelto devono essere compatibili con il range di valori rappresentativo del fenomeno oggetto di monitoraggio.

I requisiti di risoluzione e precisione/incertezza sono specifici per ogni parametro (vedere il prospetto 2).

Per i criteri di scelta dei dispositivi in base ai parametri delle parti di impianti oggetto di monitoraggio vedere l'appendice A.

Il sistema di misura dovrebbe essere sottoposto a taratura almeno una volta l'anno, salvo diverse indicazioni per i parametri specifici.

Il sistema di misura dovrebbe essere sottoposto agli interventi di manutenzione raccomandati dal fabbricante nel manuale di istruzioni.

**Prospetto 2 Requisiti minimi dei dispositivi di monitoraggio per alcune grandezze**

OGGETTO DEL MONITORAGGIO	REQUISITI MINIMI		
Temperatura	La catena di misura dovrebbe garantire le seguenti prestazioni tecniche minime: – incertezza: $\pm 1\%$ – risoluzione: $1^\circ\text{C}$		
Pressione	La catena di misura dovrebbe garantire le seguenti prestazioni tecniche minime:		
	<b>Pressione relativa</b>	<b>Campo di misura</b>	<b>Risoluzione minima</b>
	Negativa (vuoto)	$< 1 \times 10^{-9}$ Pa (EHV–Extremely high vacuum)	Da valutare caso per caso
		$1 \times 10^{-5}$ Pa ÷ $1 \times 10^{-9}$ Pa (UHV–Ultra high vacuum)	Da valutare caso per caso
		$1 \times 10^{-1}$ Pa ÷ $1 \times 10^{-5}$ Pa (HV–High vacuum)	Da valutare caso per caso
		$1 \times 10^3$ Pa ÷ $1 \times 10^{-1}$ Pa (MV–Medium vacuum)	Da valutare caso per caso. In mancanza di indicazioni è possibile utilizzare $1 \times 10^{-1}$ Pa
		$1 \times 10^5$ Pa ÷ $1 \times 10^2$ Pa (RV–Rough vacuum)	Da valutare caso per caso. In mancanza di indicazioni è possibile utilizzare $1 \times 10^2$ Pa
	Positiva	1 MPa <sup>(1)</sup>	0,02 Mpa
		10 MPa	0,1 MPa
		50 MPa	0,2 MPa
100 MPa		0,5 MPa	
>100 MPa		2 MPa	
Incertezza minima: 0,5%.			
Livello	È raccomandata un'incertezza strumentale massima di $\pm 10$ mm, salvo casi particolari che richiedano requisiti strumentali diversi in relazione alle caratteristiche dell'attrezzatura monitorata, del fluido e dei fenomeni a cui è soggetta.		
Vibrazioni	Da valutare caso per caso in relazione alle caratteristiche dell'attrezzatura monitorata e dei fenomeni a cui è soggetta.		
<sup>(1)</sup> 1 Mpa = 10 bar			

## 5.6 Acquisizione dei dati

L'acquisizione deve includere gli intervalli temporali di effettivo esercizio compresi i transitori di avviamento e spegnimento. Sono esclusi i periodi di fermo impianto documentati.

I dati che costituiscono il campione dovrebbero essere riferiti a un arco temporale di esercizio compreso tra 6 mesi e 2 anni.

La frequenza di acquisizione deve essere valutata dall'utilizzatore sulla base del processo e delle finalità del monitoraggio. In sede di progettazione del sistema di monitoraggio dovrebbe essere assicurata una frequenza di campionamento che permetta di evidenziare le eventuali variazioni realmente significative.

Come regola generale dovrebbe essere prevista almeno una lettura ogni ora, salvo diverse indicazioni per i parametri specifici.

In casi particolari quali:

- processi caratterizzati da variazioni cicliche significative;
- periodi transitori di avvio o spegnimento;
- manovre di regolazione significative,

la frequenza di acquisizione deve essere adattata per permettere la registrazione di eventuali variazioni rispetto ai valori di regime.

I dati acquisiti, prima di ogni successivo trasferimento ed elaborazione, devono essere opportunamente protetti da ogni possibile alterazione.

Ulteriori indicazioni sono specifiche per ogni parametro (si veda il prospetto 3).



### Prospetto 3 Frequenza di acquisizione per alcune grandezze

OGGETTO DEL MONITORAGGIO	FREQUENZA DI ACQUISIZIONE
Temperatura	Da valutare caso per caso.
Pressione	Da valutare caso per caso.
Livello	In generale i sensori di livello permettono un campionamento continuo.
Vibrazioni	In generale i sensori di vibrazione permettono un campionamento nel range di frequenza da 1 Hz a 10 000 Hz. In sede di progettazione del sistema di monitoraggio dovrebbe essere assicurato un campionamento nel range di frequenza che permetta di evidenziare le eventuali variazioni significative nel tempo.

## 5.7 Archiviazione e presentazione dei dati

I dati acquisiti (valore rilevato del parametro/grandezza e data/ora) devono essere esportati in formato digitale, così da poter essere visualizzati ed elaborati nel formato *data base*.

Per singolo periodo di acquisizione deve essere determinato il valore medio e la deviazione standard per evidenziare la dispersione dei valori.

Ai fini di una migliore analisi dei fenomeni in atto è sempre opportuno procedere a una rappresentazione grafica dell'andamento nel tempo dei valori riscontrati, possibilmente in raffronto con i valori di riferimento e/o valori limite. Ulteriori indicazioni sono specifiche per ogni parametro (si veda il prospetto 4).

### Prospetto 4 Modalità presentazione dei dati

OGGETTO DEL MONITORAGGIO	PRESENTAZIONE DEI DATI
Temperatura	Rappresentazione grafica dell'andamento nel tempo con indicazione del range di temperatura di esercizio (temperatura ammissibile minima $TS_{min}$ e massima $TS_{max}$ ) e delle temperature ritenute significative in funzione del fenomeno di degrado prevedibile (per esempio: creep, transizione duttile-fragile). Nei casi di fenomeni ciclici devono essere indicate le periodicità e le massime e minime ampiezze riscontrate.
Pressione	Rappresentazione grafica dell'andamento nel tempo con indicazione della pressione minima e massima ammissibile ( $PS_{min}$ e $PS_{max}$ ) e di esercizio e delle eventuali pressioni ritenute significative in funzione del fenomeno di degrado prevedibile (per esempio: colpo d'ariete). Nei casi di fenomeni ciclici devono essere indicate le periodicità e le massime e minime ampiezze riscontrate.
Livello	Rappresentazione grafica dell'andamento nel tempo. Da valutare l'opportunità di indicazione delle tendenze e delle previsioni di prossimo allarme.
Vibrazioni	Rappresentazione grafica dell'andamento nel tempo con indicazione dell'accelerazione, velocità e spostamento.

I dati archiviati devono essere conservati per un tempo correlato alla finalità per la quale il monitoraggio è eseguito e comunque non inferiore a due anni. È comunque raccomandato conservare i dati relativi agli andamenti dei parametri principali per tutta la durata di vita dell'attrezzatura.

I dati devono essere archiviati sulla base di una procedura interna di sicurezza informatica al fine di evitare ogni loro possibile corruzione. Tale procedura deve prevedere le modalità di backup, includendo copie di backup delocalizzate per garantire l'accesso ai dati anche in eventualità di *data disaster*.

## 5.8 Analisi dei dati

I dati del campionamento, a conclusione dell'arco temporale del campionamento, devono essere sottoposti a un esame tecnico finalizzato a individuare il verificarsi di eventuali condizioni anomale che richiedono ulteriori indagini ed approfondimenti.

Interpretazione dei dati: il processo di monitoraggio dovrebbe garantire che i dati possano essere analizzati e interpretati per consentire la valutazione delle condizioni in cui si trova l'attrezzatura e della loro tendenza evolutiva per essere di supporto al processo decisionale. I dati dovrebbero essere mostrati in un formato

completo e comprensibile ed essere presentati in modo tale che gli indicatori pertinenti più recenti siano facilmente identificabili.

## 5.9 Fattori di degrado e/o disturbo del sistema di misura

Nella scelta del sistema di misura l'utilizzatore deve tenere conto della compatibilità con le condizioni di sollecitazione a cui il sistema stesso è sottoposto (per esempio: pressione, temperatura, vibrazioni, possibili fenomeni di corrosione, atmosfera esplosiva, agenti atmosferici, ecc.).

Le indicazioni sono specifiche per ogni parametro (vedere prospetto 5).

### Prospetto 5 Fattori di degrado e/o disturbo del sistema di misura

FATTORI DI DEGRADO E/O DISTURBO DEL SISTEMA DI MISURA	
Temperatura	I sensori a termocoppia sono soggetti a fenomeni di invecchiamento e contaminazione che condizionano le prestazioni.
Pressione	I trasduttori di pressione con celle di misura metalliche sono soggetti a un fenomeno d'invecchiamento (deriva nel lungo termine).
Livello	Valutare, in sede di progettazione, l'interferenza con fenomeni corrosivi, termici ed elettromagnetici.
Vibrazioni	Valutare, in sede di progettazione, l'interferenza con fenomeni termici ed elettromagnetici.

## 5.10 Principali meccanismi di danno interessati

Sono specifici per ogni parametro (vedere prospetto 6).

### Prospetto 6 Principali meccanismi di danno interessati

PRINCIPALI MECCANISMI DI DANNO INTERESSATI	
Temperatura	Scorrimento viscoso Fatica termica Fatica termo-meccanica Addolcimento Infragilimento Ossidazione
Pressione	Deformazione plastica Fatica
Livello	Surriscaldamento Sovrapressione Corrosione generalizzata Corrosione localizzata
Vibrazioni	Fatica non oligociclica Fatica termo-meccanica Corrosione generalizzata Corrosione localizzata Variazione dello stato di efficienza dei collegamenti di più componenti

## 6 Progettazione del sistema di monitoraggio

### 6.1 Premessa

Nel presente punto sono fornite indicazioni utili per la progettazione del sistema di monitoraggio.

Il processo descritto è impostato secondo la logica PDCA (Plan-Do-Check-Act) finalizzata al miglioramento del processo stesso.

## 6.2 Plan

Il processo ha inizio con la fase di pianificazione (*plan*) che prevede le seguenti fasi:

- 1) descrizione sintetica del sito produttivo e del processo/impianto; acquisizione delle tavole grafiche relative al sito (per esempio: planimetria, sezione) in scala idonea per avere una visione d'insieme e di dettaglio;
- 2) definizione dell'obiettivo del monitoraggio (indicare le attrezzature/insiemi da monitorare);
- 3) scelta delle grandezze da monitorare, dei range operativi, delle relative frequenze di campionamento e accuratezze delle misure;
- 4) valutazione dei fattori ambientali (per esempio: sorgenti di disturbo, distanze, accessi, compatibilità con infrastrutture esistenti, ecc.) e di eventuali vincoli legislativi e di normativa tecnica;
- 5) scelta dell'infrastruttura per l'acquisizione e la trasmissione dei dati (per esempio: tipologia di trasduttori, convertitore analogico-digitale, ecc.); acquisizione dei relativi data sheet;
- 6) valutazioni per la posa in opera (distanze dei cablaggi, tipologie dei collegamenti, presenza di barriere, tipologie di pose in opera, disponibilità di energia elettrica, ecc.) e valutazione della compatibilità/integrazione con processi di monitoraggio già operativi (per esempio: esame P&I, sistemi SCADA, ecc.);
- 7) definizione delle "soglie di attenzione" e delle "soglie di azione";
- 8) definizione delle risorse (per esempio: locali tecnici, sale controllo, personale specializzato, apparecchiature per la manutenzione, ecc.);
- 9) definizione dei criteri per la manutenzione del sistema di monitoraggio (per esempio: piano di manutenzione, ecc.);
- 10) stesura del "progetto di massima" con indicazione delle specifiche tecniche del sistema di monitoraggio;
- 11) definizione delle procedure interne per documentare responsabilità, mansioni e modalità operative.

## 6.3 Do

Conclusa la pianificazione si procede con la fase di realizzazione (*do*) attraverso le seguenti fasi:

- 12) stesura del progetto esecutivo con il computo dettagliato dei singoli componenti del sistema di monitoraggio e la definizione dei settaggi operativi;
- 13) attivazione delle procedure di approvvigionamento, posa in opera, test di funzionamento e collaudo;
- 14) messa in servizio e utilizzo del sistema di monitoraggio attraverso la valutazione dei dati acquisiti in relazione agli obiettivi di monitoraggio definiti (vedi fase 2), la gestione dei processi manutentivi e degli eventuali fuori servizio.

## 6.4 Check

Durante il normale esercizio devono essere previste periodicamente attività di verifica (*check*) per assicurare che quanto realizzato funzioni correttamente secondo quanto pianificato e coerentemente agli obiettivi prefissati.

- 15) Controllo e verifica del sistema:
  - analisi dei dati storici (per esempio: continuità e frequenza del campionamento, range operativi, eventuali scostamenti rispetto a quanto definito nelle fasi "*plan*" e "*do*", ecc.);
  - conduzione di audit interni;
  - esame di eventuali anomalie di funzionamento;
  - valutazione dell'idoneità delle risorse;
  - valutazione di eventuali modifiche per la risoluzione di problemi;
  - analisi critica dei settaggi del campionamento;
  - eventuali considerazioni in merito a requisiti legislativi o di buona prassi.

## 6.5 Act

La quarta ed ultima fase del ciclo, ovvero "azione" (*act*), comprende le iniziative necessarie per risolvere le risultanze eventualmente emerse in ciascuna delle tre fasi precedenti. Vengono formalizzate le azioni

correttive e/o preventive per eliminare le cause delle non conformità effettive o potenziali. concretizzando il processo virtuoso del miglioramento.

16) Implementazione delle azioni di miglioramento.

## 6.6 Successivi cicli PDCA

Le azioni intraprese determinano il miglioramento del sistema e costituiscono le premesse per la successiva ripartenza del ciclo mediante la fase “Plan”. Le rilevazioni nel corso della verifica interna nella fase “Check” possono aver condotto ad azioni correttive o preventive nella fase “Act”, che a loro volta richiederanno modifiche della pianificazione per soddisfare i requisiti aggiornati nella successiva fase “Do”.

Nel prospetto 7 è presentato un esempio di pianificazione delle 16 fasi.

**Prospetto 7 Esempio di pianificazione**

		Tempo										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	
Fase	PLAN	1	■									
		2	■									
		3	■	■								
		4		■	■							
		5		■	■	■						
		6	■	■	■							
		7		■	■	■						
		8		■	■	■						
		9		■	■	■	■					
		10		■	■	■	■	■				
		11					■	■	■	■		
	DO	12						■	■			
		13							■	■		
		14								■	■	
	CHECK	15								■	■	■
	ACT	16										■

In appendice B è riportato un modulo-tipo di check-list utilizzabile per l'impostazione del sistema di monitoraggio.

## Appendice A (informativa)

### Guida alla scelta dei dispositivi

#### A.1 Generalità

La presente appendice riporta alcune indicazioni utili ai fini della scelta dei dispositivi per il monitoraggio, sulla base delle principali tipologie disponibili sul mercato al momento della pubblicazione della presente specifica tecnica. I riferimenti riportati sono da considerare indicativi e non esaustivi e possono essere soggetti a rapida evoluzione in conseguenza dello sviluppo delle relative tecnologie.

#### A.2 Temperatura

##### A.2.1 Tipologie di trasduttori di temperatura

I sensori di temperatura si differenziano in maniera sostanziale, sia per tipologia sia per le loro possibili applicazioni, a seconda del meccanismo di propagazione del calore su cui è basato il loro funzionamento.

**Sensori di temperatura a contatto:** la temperatura dell'elemento sensibile del sensore approssima quella dell'oggetto della misura per conduzione termica.

- **Termocoppie:** il funzionamento delle termocoppie si basa sull'effetto Seebeck: quando la giunzione realizzata tra due conduttori di diverso metallo (giunto caldo) è posta in contatto con un materiale, tra le estremità dei due conduttori metallici si misura una differenza di potenziale (V) funzione della temperatura raggiunta dal giunto caldo. La natura dei due conduttori elettrici con cui è realizzata la giunzione determina il campo di temperatura entro il quale è utilizzabile la termocoppia. Le termocoppie non richiedono alimentatori esterni e sono piuttosto economiche, sebbene sensibili al rumore elettrico e non prive di errori sistematici.
- **Termometri a resistenza:** i termometri a resistenza rilevano la variazione del valore della resistenza elettrica ( $\Omega$ ) di un metallo percorso da corrente elettrica al variare della temperatura dell'elemento sensibile che lo contiene e che è posto a contatto con l'oggetto della misura. I termometri a resistenza più comuni sono le termoresistenze e i resistori termosensibili (o termistori).
  - **Termoresistenze (RTD):** Le (RTD – Resistance Temperature Detector) richiedono un'alimentazione esterna e, a seconda del materiale con cui sono realizzate, hanno campi di applicazione diversi all'interno dei quali presentano risposta pressoché lineare; sono più precise delle termocoppie e meno sensibili al rumore elettrico. Tuttavia, oltre a essere soggette a fenomeni di autoriscaldamento, hanno tempi di risposta più lenti e costi più elevati.
  - **Resistori termosensibili (o termistori):** molto più sensibili delle termoresistenze, sebbene meno precisi e con risposta fortemente non lineare entro range di misurazione piuttosto limitato, sono i resistori termosensibili, detti termistori dalla contrazione dei due termini inglesi Thermal Resistor. Il loro funzionamento si basa sullo stesso principio delle termoresistenze; l'unica differenza risiede nei materiali con cui sono realizzati che, nel caso dei termistori, sono semiconduttori sinterizzati in forma di dischetti o perle e rivestiti di resina epossidica o vetro. Anche in questo caso, per determinare la temperatura dell'oggetto con cui il sensore è a contatto, l'elemento sensibile viene sollecitato con un generatore di tensione e si misura la resistenza ( $\Omega$ ) alla corrente elettrica che lo attraversa.

**Sensori di temperatura non a contatto:** rilevano la radiazione elettromagnetica emessa dalla superficie di un oggetto e funzione della sua temperatura. L'elemento sensibile è in genere un semiconduttore in grado di rilevare, per irraggiamento, l'energia elettromagnetica emessa dalla superficie oggetto di misura e funzione della sua temperatura. Sono gli elementi sensibili di due diversi tipi di strumenti di misura: i pirometri e le telecamere a infrarossi.

- **Pirometri IR:** nei pirometri a infrarossi l'elemento sensibile è un cristallo semiconduttore e la temperatura della superficie viene calcolata - mediante opportuni algoritmi basati sulla legge di Stefan-Boltzmann - rilevando l'intensità di radiazione elettromagnetica emessa nelle lunghezze d'onda IR dalla superficie e raccolta, entro un certo angolo, dal cristallo.

Molto precisi e con sensibilità che possono raggiungere il centesimo di grado °C, i pirometri rilevano temperature puntuali, ossia di areole superficiali tanto più piccole quanto maggiore è la risoluzione ottica del pirometro. A seconda del tipo di semiconduttore con cui è realizzato l'elemento sensibile alla radiazione, e dunque a seconda della fascia spettrale IR di maggiore sensibilità, le loro possibili

applicazioni variano dalla misura di temperature criogeniche (fascia spettrale 15÷1000  $\mu\text{m}$ , Far-IR) al monitoraggio di altiforni o di lavorazioni con laser (fascia spettrale 1,4÷3  $\mu\text{m}$ , Short Wave IR).

In passato erano diffusi i pirometri ottici, ormai pressoché in disuso in ambito industriale, nei quali la temperatura della superficie viene misurata per confronto con la temperatura di colore di un filamento metallico portato a incandescenza.

- **Termocamere:** per le telecamere a infrarossi (termocamere) il principio di funzionamento è lo stesso dei pirometri IR, ma il sensore di radiazione elettromagnetica è un array bidimensionale di cristalli semiconduttori. Pertanto le termocamere riescono a rendere visibile la distribuzione termica di un'area superficiale anche estesa elaborando digitalmente la radiazione elettromagnetica rilevata da una matrice di pixel e restituendola come immagine. Il campo di temperature misurabili, la risoluzione termica e la precisione dipendono dal tipo di semiconduttori e dall'elettronica utilizzati: le termocamere più diffuse e con più ampie possibilità di applicazione utilizzano semiconduttori sensibili nella fascia spettrale 8÷15  $\mu\text{m}$  (Long Wave IR). La risoluzione ottica, e dunque la capacità dello strumento di offrire distribuzioni termiche ben definite della superficie inquadrata dalla termocamera, dipende dal numero e dalla grandezza dei pixel che compongono l'array.

Poiché il dettaglio dell'immagine termica che una termocamera è in grado di offrire è limitato dal rumore dell'elettronica integrata e dal riscaldamento del sensore stesso, laddove siano richieste sensibilità e risposta particolarmente elevate (monitoraggio termico di superfici in movimento, mappatura termica di superfici soggette a gradienti termici veloci) si possono utilizzare termocamere raffreddate.

### Prospetto A.1 Tipologie di trasduttori di temperatura e possibili applicazioni

Tipologia di trasduttori	Caratteristiche e applicazioni tipiche
Termocoppie	<ul style="list-style-type: none"> <li>– a contatto</li> <li>– campi di misura da -200 °C a 2500 °C a seconda del giunto caldo</li> <li>– risposta lineare</li> <li>– alimentazione esterna non necessaria.</li> <li>– output digitale (V)</li> </ul>
Termoresistenze	<ul style="list-style-type: none"> <li>– a contatto</li> <li>– precisione elevata</li> <li>– risposta lineare</li> <li>– campi di misura limitati</li> <li>– alimentazione esterna necessaria</li> <li>– output digitale (<math>\Omega</math>)</li> </ul>
Termistori	<ul style="list-style-type: none"> <li>– a contatto</li> <li>– sensibilità elevata</li> <li>– risposta non lineare</li> <li>– campi di misura molto limitati</li> <li>– alimentazione esterna necessaria</li> <li>– output digitale (<math>\Omega</math>)</li> </ul>
Pirometri IR	<ul style="list-style-type: none"> <li>– non a contatto</li> <li>– lettura puntuale</li> <li>– precisione e sensibilità elevate nel campo di misura corrispondente alla fascia spettrale di maggiore sensibilità del semiconduttore</li> <li>– output digitale (°C o K)</li> </ul>
Termocamere	<ul style="list-style-type: none"> <li>– non a contatto</li> <li>– lettura della distribuzione delle temperature</li> <li>– precisione e sensibilità elevate</li> <li>– precisione, sensibilità e velocità di acquisizione delle immagini termiche molto elevate nelle termocamere raffreddate</li> <li>– risoluzione spaziale tanto maggiore quanto più piccoli e più numerosi sono i pixel che compongono l'array</li> <li>– output digitale bidimensionale</li> </ul>

## Prospetto A.2 Criteri di scelta per i sensori di temperatura

	Termocoppia	Termo-resistenza	Termistore	Pirometro IR	Termo-camera
Campo di misura	***	**	*	**	**
Precisione	*	***	*	**	-
Sensibilità	*	**	***	**	-
Legenda * insufficiente/carente ** sufficiente *** buona **** ottima Nota: I livelli qualitativi qui presentati forniscono un'indicazione di massima con riferimento alla data di pubblicazione della presente specifica tecnica, e possono essere soggetti a rapido cambiamento in funzione dell'evoluzione tecnologica.					

### A.2.2 Riferimenti normativi

Ai fini della scelta dei trasduttori di temperatura, sono da considerarsi:

- la IEC EN 60584-1:2013 che riporta le caratteristiche metrologiche delle termocoppie tipo R, S, B, J, T, E, K, N, C, A;
- la IEC 60751 che riporta le caratteristiche metrologiche delle termoresistenze PT 100, PT 500 e PT 1000;
- la IEC 60738-1 e la IEC 60539-1 che forniscono rispettivamente le caratteristiche metrologiche dei termistori a coefficiente termico positivo e a coefficiente termico negativo.

Per quanto riguarda i pirometri e le telecamere a infrarossi, non trattandosi di sensori o trasduttori ma, piuttosto, di strumenti di misura complessi il cui corretto utilizzo richiede una conoscenza approfondita dei loro principi di funzionamento, si rimanda alla documentazione tecnica fornita dai produttori e alle seguenti norme:

- UNI EN 16714-1:2016;
- UNI EN 16714-2:2016;
- UNI EN 16714-3:2016.

Altre norme internazionali consultabili sono le seguenti:

- ISO 10878: definisce i termini utilizzati nell'ambito dei controlli non distruttivi eseguiti con termografia a infrarossi;
- ISO 18251-1 e DIN 54190-2: descrivono i componenti principali di uno strumento per termografia a infrarossi;
- ISO 10880 e DIN 54190-1: forniscono i principi generali delle diverse metodiche di controllo non distruttivo termografico.

### A.2.3 Procedura per la scelta

Di seguito sono riportate le considerazioni da effettuare per la scelta del trasduttore o dello strumento per la misura di temperatura da utilizzare nell'ambito del sistema di monitoraggio:

- a) considerare l'accessibilità dell'attrezzatura e lo stato fisico del fluido da monitorare;
- b) considerare la possibilità che durante il monitoraggio lo stato fisico del fluido vari o che si formino schiume, bolle, vapori, turbolenze, ecc.;
- c) verificare se il fluido e/o il materiale con cui è fabbricata l'attrezzatura sono elettricamente conduttivi e se il fluido può generare residui di accumulo su superfici e/o su pareti;
- d) scegliere la modalità e il trasduttore più idonei in base alle condizioni date:
  - valutare la necessità o l'opportunità di effettuare il monitoraggio in modalità con contatto o senza contatto;
  - individuare il trasduttore a contatto più adatto o la fascia spettrale del sensore IR maggiormente sensibile in base ai valori e all'intervallo di temperature da misurare;
- e) considerare la natura del fluido e l'eventuale influenza dei fattori di tipo chimico-fisico, corrosione, ecc., verificandone la compatibilità con i dati forniti dal fabbricante;

- f) individuare l'ideale tipologia di output tra corrente, tensione o digitale in funzione delle distanze e dell'architettura hardware del sistema di monitoraggio adottato;
- g) considerare l'influenza di eventuali fonti di errore, per esempio:
  - l'auto riscaldamento dei sensori;
  - nel caso del monitoraggio con sensori non a contatto quali pirometri o termocamere IR, determinare con esattezza i parametri necessari all'algoritmo al fine di tradurre in temperatura l'energia elettromagnetica rilevata;
- h) verificare le condizioni di installazione:
  - nel caso di monitoraggio con trasduttori a contatto gli alloggiamenti o gli incollaggi dei sensori devono garantire la minore impedenza termica tra sensore e superficie;
  - nel caso di monitoraggio non a contatto, deve essere considerata l'eventualità di errori dovuti alla riflessione di sorgenti termiche o alla presenza di gas o fumi tra la superficie dell'attrezzatura da monitorare e il rilevatore;
- i) se il luogo di installazione è classificato ai fini del rischio esplosività, selezionare componenti del sistema con le idonee caratteristiche ATEX. Tenere in considerazione anche il grado di protezione IP in funzione delle condizioni ambientali di esposizione. Valutare altresì l'eventuale presenza di vibrazioni o sollecitazioni meccaniche che potrebbero influenzare l'affidabilità delle misure nel tempo.

#### **A.2.4 Indicazioni per il montaggio e la manutenzione dei trasduttori**

Nel caso dei sensori di temperatura a contatto le indicazioni necessarie al corretto collegamento elettrico sono normalmente fornite dagli stessi produttori. Per quanto riguarda il loro montaggio, in generale, che si tratti di termocoppie o di termoresistenze e termistori, occorrerà minimizzare le resistenze di contatto tra l'elemento sensibile e l'oggetto o fenomeno da misurare per far sì che il primo si porti il più velocemente possibile alla temperatura del secondo.

Il posizionamento e l'utilizzo di pirometri e telecamere a infrarossi è molto più complesso e richiede di conoscere l'emissività della superficie di cui si vuole misurare la temperatura e altri parametri necessari all'algoritmo di calcolo per tradurre in temperatura la radiazione elettromagnetica rilevata dal sensore. È importante inoltre evitare la presenza di sorgenti termiche che possano riflettersi sulla superficie oggetto della misura falsando il valore della sua temperatura.

Per indicazioni più esaustive circa i parametri che bisogna conoscere o determinare per eseguire misure di temperatura con pirometri o telecamere a infrarossi, e le attenzioni da porre per il loro corretto posizionamento, si può fare riferimento alla UNI EN 16714, parti 1, 2 e 3 e alla UNI 11867.

### **A.3 Pressione**

#### **A.3.1 Tipologie di trasduttori di pressione**

I trasduttori di pressione sono dispositivi in grado di misurare la pressione di fluidi allo stato liquido o gassoso nelle applicazioni in ambito industriale convertendo la grandezza fisica pressione in un segnale elettrico. Secondo le esigenze del monitoraggio richiesto è possibile scegliere il trasduttore idoneo per la misura della pressione assoluta, relativa o differenziale. La pressione assoluta viene misurata rispetto al vuoto totale. Al contrario, la pressione misurata rispetto alla pressione atmosferica (nota anche come pressione barometrica) è chiamata pressione relativa.

Sul mercato sono presenti diverse tecnologie che offrono ampie possibilità applicative. Questi dispositivi determinano la pressione misurando, in linea di principio, la deformazione che essa imprime a un elemento sensibile (per esempio una membrana). La deformazione misurata corrisponde dunque alla differenza di pressione tra un lato e l'altro della membrana. Di seguito una sintesi dei principi fisici alla base delle tipologie principali di trasduttori.

- **Trasduttori di pressione di tipo piezoelettrico:** la pressione viene esercitata su un materiale piezoelettrico che a seguito della sollecitazione produce una tensione ai terminali di tale elemento.
- **Trasduttori di pressione piezoresistivi:** la pressione viene esercitata su un elemento sensibile che varia la sua resistenza in funzione del livello di sollecitazione.
- **Trasduttori di pressione capacitivi:** la membrana costituisce una delle piastre di un condensatore. Per effetto della pressione, la membrana si deforma facendo variare conseguentemente la capacità del condensatore. Il segnale in uscita può essere di tipo analogico in corrente (per es. in mA) o in tensione (per es. in V, mV) o di tipo digitale (per es. IO-Link, Can Open).



- **Trasduttori di pressione a risonanza:** la forza applicata a un diaframma che ospita un filo vibrante modifica la frequenza di risonanza del filo. La variazione viene convertita in un segnale elettrico.

### Prospetto A.3 Tipologie di trasduttori di pressione e applicazioni tipiche

Tipologia di trasduttori	Caratteristiche e applicazioni tipiche
Piezoelettrici	– offrono un ampio range del campo di misurazione e trovano applicazione in ambienti caratterizzati anche da variazioni dinamiche nel tempo
Piezoresistivi	– sono molto sensibili e resistenti – hanno una buona tenuta termica e presentano una maggiore precisione rispetto ai piezoelettrici e sono indicati per pressioni elevate (entro i 1 000 bar)
Capacitivi	– offrono buona precisione e sensibilità e consentono di misurare basse pressioni, dall'ordine del millibar fino a circa 40 bar – sono sensibili alle vibrazioni, che possono rendere instabile la misurazione e sono dunque consigliati nelle condizioni statiche o lentamente variabili
A risonanza	– possono essere sensibili agli urti e alle vibrazioni

### Prospetto A.4 Criteri di scelta per i dispositivi di misura di pressione

	Piezoelettrici	Piezoresistivi	Capacitivi	A risonanza
Campo di misura	***	** *** (pressioni elevate)	0 ÷ 40 bar	**
Precisione	***	****	***	***
Sensibilità	***	***	***	***
Suscettibilità alle vibrazioni	***	*	*	*
Legenda * insufficiente/carente ** sufficiente *** buona **** ottima Nota: I livelli qualitativi qui presentati forniscono un'indicazione di massima con riferimento alla data di pubblicazione della presente specifica tecnica, e possono essere soggetti a rapido cambiamento in funzione dell'evoluzione tecnologica.				

#### A.3.2 Riferimenti normativi

Non risultano disponibili norme CEN o UNI che definiscano le caratteristiche metrologiche da considerare ai fini della scelta dei trasduttori di pressione.

Nota: Utili riferimenti in letteratura sono i seguenti:

- DIN 16086:2006
- ASTM F2070-00:2017

#### A.3.3 Procedura per la scelta

Di seguito le considerazioni da effettuare per la scelta del trasduttore di pressione da utilizzare nell'ambito del sistema di monitoraggio:

- considerare l'accessibilità dell'attrezzatura e lo stato fisico del fluido da monitorare;
- considerare la possibilità che durante il monitoraggio lo stato fisico del fluido vari o che si formino schiume, bolle, vapori, turbolenze, ecc.;
- verificare se il fluido da monitorare è elettricamente conduttivo e se può generare residui di accumulo su superfici e/o su pareti;
- scegliere la modalità e il trasduttore più idonei in base alle condizioni date:
  - valutare la necessità o l'opportunità di effettuare il monitoraggio in modalità con contatto o senza contatto;
  - definire la tipologia di pressione da misurare tra assoluta, relativa o differenziale;

- definire il campo di misura correlandolo all'intervallo di pressioni da misurare. Per definire tale range devono essere determinate le condizioni normali di utilizzo e le eventuali variazioni occasionali di pressione. Il campo di misura è consigliabile sia superiore almeno del 20% rispetto all'intervallo di pressioni da misurare in modo tale da limitare gli stress in esercizio;
- e) considerare la natura del fluido e l'eventuale influenza dei fattori di tipo chimico-fisico, corrosione, ecc., verificandone la compatibilità con i dati forniti dal fabbricante;
- f) individuare l'ideale tipologia di output tra corrente, tensione o digitale in funzione delle distanze e l'architettura hardware del sistema di monitoraggio adottato;
- g) considerare l'influenza di eventuali fonti di errore, per esempio:
  - considerare l'eventuale influenza del fattore temperatura. La maggior parte dei trasduttori sopportano normalmente temperature che vanno da -25°C a 100°C. Per valori superiori è necessario optare per dispositivi in grado di resistere a temperature più elevate;
  - verificare la compatibilità termica con i dati presenti nella scheda tecnica del trasduttore;
- h) verificare le condizioni di installazione:
  - la maggior parte dei sensori presentano attacchi filettati o flangiati, in maniera da poter essere montati facilmente su un tubo, un serbatoio, ecc.;
  - nei casi di valori variabili repentinamente considerare la necessità di montare uno smorzatore a monte del trasduttore contro i picchi di pressione;
- i) se il luogo di installazione è classificato ai fini del rischio esplosività, selezionare componenti del sistema con le idonee caratteristiche ATEX. Tenere in considerazione anche il grado di protezione IP in funzione delle condizioni ambientali di esposizione. Valutare altresì l'eventuale presenza di vibrazioni o sollecitazioni meccaniche che potrebbero influenzare l'affidabilità delle misure nel tempo.

In presenza di fluidi densi o ad alta viscosità (per esempio: gomme, olii, paste, ecc.) non sono facilmente utilizzabili i trasduttori a membrana arretrata.

### A.3.4 Indicazioni per il montaggio e la manutenzione dei trasduttori

Riferirsi alle indicazioni riportate nelle istruzioni d'uso e manutenzione del fabbricante.

## A.4 Livello

### A.4.1 Tipologie di trasduttori di livello

I trasduttori di livello sono dispositivi in grado di misurare la presenza di liquidi, solidi e fluidi non gassosi (gel, pasta, sospensioni, ecc.). Permettono la misura con un campionamento sia in modalità continua che discontinua, con o senza contatto diretto. Di seguito una panoramica dei principi di funzionamento dei dispositivi per la misura del livello:

- **Radar a onda libera:** vengono normalmente installati sulla parte superiore del contenitore, in posizione più alta rispetto al limite superiore massimo possibile. Il dispositivo emette delle onde elettromagnetiche in direzione della superficie del prodotto. Tali onde vengono riflesse dalla superficie verso il sensore.  
Nei radar di ultima generazione, realizzati con tecnologia FMCW (Frequency-Modulated Continuous Wave), la frequenza delle onde elettromagnetiche emesse non è costante e il livello viene calcolato discriminando la frequenza dell'onda emessa e la frequenza dell'onda riflessa.
- **Radar a onda guidata:** rispetto a quelli a onda libera, sono dotati di un cavo metallico o una asta rigida che, penetrando nella sostanza da misurare, costituisce il percorso dell'onda elettromagnetica tra il sensore e la superficie riflettente. Nei radar a onda guidata la frequenza delle onde elettromagnetiche è molto più bassa rispetto a quella dei radar a onda libera (normalmente è inferiore a 2 GHz).
- **A ultrasuoni:** vengono installati sopra il prodotto a una certa distanza da esso. Il loro principio di funzionamento è simile a quello dei sensori radar: il sensore emette delle onde ultrasoniche che sono poi riflesse dalla superficie del prodotto. Misurando il tempo di transito dell'onda dall'emissione alla ricezione dell'onda riflessa, è possibile calcolare la distanza fra il sensore e la superficie del prodotto.
- **Idrostatici:** sono trasduttori di pressione impiegati per misurare livelli di liquidi. Nel caso specifico, trattandosi di un liquido in un contenitore in pressione, occorre impiegare un dispositivo per la misura della pressione differenziale, normalmente dotato di due capillari con membrana di separazione, di cui una posizionata sul fondo del contenitore e l'altra sulla parte alta non raggiungibile dal liquido. In alternativa è possibile utilizzare due dispositivi per la misura di pressione relativa, uno posizionato sul fondo del contenitore e l'altro in alto, dove non ci sarà mai il liquido.

- **A galleggiante:** l'elemento galleggiante è posto a diretto contatto con il liquido rilevandone le variazioni di livello. Il sistema di trasduzione differisce in base alla tecnologia utilizzata (per esempio: a contrappesi, a barra di torsione, ecc.).
- **Magnetostrittivi:** La misura viene attivata mediante un impulso di corrente. Tale corrente produce un campo magnetico circolare lungo un cavo in materiale magnetostrittivo, mantenuto in tensione all'interno del tubo dei sensori magnetostrittivi. Sul punto da misurare (livello liquido) si trova un galleggiante con magneti permanenti che funzionano con trasduttore di posizione, le cui linee di campo corrono perpendicolarmente verso il campo magnetico a impulsi. Tale campo magnetico del galleggiante torce il filo. La sovrapposizione dei due campi magnetici attiva una torsione meccanica nel filo. Quest'ultima viene convertita da un elemento piezoelettrico in un segnale elettrico all'estremità del filo nell'alloggiamento dei sensori magnetostrittivi. Misurando il tempo di trasferimento intercorso, con i sensori magnetostrittivi è possibile determinare il punto di partenza dell'onda di stress torsionale e pertanto la posizione di galleggiamento con un alto grado di precisione.
- **Capacitivi:** funzionano come un condensatore elettrico. Il sensore corrisponde in pratica a una delle piastre del condensatore e la parete del serbatoio all'altra. Il valore di capacità di questo insieme, quindi, dipende direttamente dal livello del prodotto nel serbatoio.
- **Radiometrici:** si avvalgono di una sorgente radioattiva e di un sensore ricevente. Vanno posizionati su lati opposti del serbatoio in modo che il fascio di raggi gamma emesso dalla sorgente passi attraverso il contenuto del serbatoio per poi essere intercettato dal sensore. Il grado di attenuazione dei raggi gamma è direttamente proporzionale alla quantità di massa attraversata dal fascio e quindi al livello del prodotto nel serbatoio.

#### Prospetto A.5 Tipologie di trasduttori di livello e applicazioni tipiche

Tipologia di trasduttori	Caratteristiche e applicazioni tipiche
Radar a onda libera	<ul style="list-style-type: none"> <li>– offrono la possibilità di misure di livello senza contatto sia di liquidi che di materiale sfuso</li> <li>– nei radar di ultima generazione le misure sono precise e affidabili anche in presenza di schiuma e di polvere</li> <li>– ottimo livello di precisione, dell'ordine di <math>\pm 1</math> mm</li> <li>– ottime prestazioni anche con bassa costante dielettrica della sostanza da misurare (materiale plastico, legno in trucioli, ecc.)</li> <li>– idonei ad effettuare misurazioni all'interno di serbatoi contenenti agitatori e/o serpentine di riscaldamento</li> <li>– da valutare l'idoneità nei casi di materiali elettro-conduttivi (in alcuni casi la schiuma può avere questa caratteristica, per cui una valutazione attenta è necessaria)</li> <li>– possono essere usati in condizioni ambientali aggressive, per misurare prodotti abrasivi, corrosivi, ecc. con livelli di temperatura oltre 400 °C e pressioni ben oltre i 100 bar</li> <li>– sono normalmente accessibili in quanto posti al di sopra del livello massimo del prodotto e per gli interventi non è necessario lo svuotamento preventivo del serbatoio</li> </ul>
Radar a onda guidata	<p>Rispetto ai radar a onda libera:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– offrono la possibilità di misurare il livello a contatto di liquidi e di materiale sfuso</li> <li>– misura più affidabile, rispetto a onda libera, in presenza di forti turbolenze o schiume;</li> <li>– buon livello di precisione, dell'ordine di <math>\pm 2</math> mm</li> <li>– non utilizzabili in presenza di organi mobili all'interno del serbatoio e/o di elementi che possono interferire dal punto di vista elettromagnetico con il cavo o l'asta rigida</li> <li>– permettono la misura anche dell'interfase (due livelli di liquidi con costante dielettrica molto differente) all'interno del serbatoio (per esempio nel caso di olio che galleggia sulla superficie dell'acqua)</li> </ul>

Tipologia di trasduttori	Caratteristiche e applicazioni tipiche
A ultrasuoni	<ul style="list-style-type: none"> <li>– offrono la possibilità di misure di livello senza contatto sia di liquidi che di materiale sfuso</li> <li>– il livello di precisione è dell'ordine di alcuni millimetri</li> <li>– non sono adatti nei casi di prodotti che possono formare schiuma o rilasciare polvere, in quanto possono assorbire parzialmente l'onda sonora emessa e interferire di conseguenza con la misurazione</li> <li>– da valutare l'idoneità nei casi di materiali elettro-conduttivi</li> <li>– essendo la tecnologia di misura basata su delle onde sonore che viaggiano nell'aria, questa famiglia di prodotti è sensibile alle variazioni di temperatura e pressione, per cui l'ambito delle applicazioni è molto più limitato rispetto alla famiglia dei radar</li> <li>– non sono idonei ad applicazioni in molti processi industriali</li> <li>– sono normalmente accessibili in quanto posti al di sopra del livello massimo del prodotto e per gli interventi non è necessario lo svuotamento preventivo del serbatoio</li> </ul>
Idrostatici	<ul style="list-style-type: none"> <li>– idonei per applicazioni su liquidi</li> <li>– non sono sensibili all'eventuale formazione di schiume</li> <li>– richiedono interventi regolari di manutenzione e pulizia al fine di rimuovere i sedimenti che si accumulano sulla membrana</li> <li>– da considerare che gli interventi di installazione, disinstallazione o manutenzione richiedono il preventivo svuotamento del recipiente</li> </ul>
A galleggiante	<ul style="list-style-type: none"> <li>– soluzione semplice ed economica finalizzata per il rilevamento del livello nei liquidi</li> <li>– uso previsto anche in caso di formazione di schiuma e fluidi a bassa viscosità</li> <li>– in caso di moto ondoso o turbolento sulla superficie del fluido le misurazioni non sono stabilizzate</li> <li>– possono essere anche con sistema a contrappesi o a barra di torsione</li> </ul>
Capacitivi	<ul style="list-style-type: none"> <li>– offrono molte possibilità per il monitoraggio di livello nei liquidi, in particolare in serbatoi di ridotta capacità e con fluidi che formano depositi o con alta viscosità</li> <li>– sono disponibili versioni in grado di resistere ad alte temperature e pressioni, e a molti agenti corrosivi</li> <li>– normalmente non sono sensibili a fenomeni turbolenti per la presenza di agitatori</li> <li>– garantiscono una buona affidabilità anche con prodotti viscosi o altamente adesivi</li> <li>– inoltre, non sono sensibili ai prodotti elettro-conduttivi</li> </ul>
Magnetostrittivi	<ul style="list-style-type: none"> <li>– buon livello di precisione</li> <li>– non sono soggetti a usura da contatto grazie al funzionamento contactless</li> <li>– sono insensibili ad urti, vibrazioni e imbrattamento</li> </ul>
Radiometrici	<ul style="list-style-type: none"> <li>– il principale vantaggio di questo tipo di sensori è che possono essere utilizzati per qualsiasi applicazione. essendo installati all'esterno del serbatoio (i raggi gamma passano attraverso le sue pareti), effettuano la misurazione senza contatto, in modo non intrusivo, e possono essere installati e disinstallati senza interrompere il processo di produzione. Il sensore è peraltro insensibile alle caratteristiche del prodotto e, di conseguenza, può essere utilizzato con fluidi aggressivi e in condizioni estreme di temperatura e pressione</li> <li>– i costi elevati ne condizionano la diffusione limitando l'applicazione ai casi di impossibilità di impiego di tecnologie meno avanzate</li> </ul>

Il segnale in uscita può essere di tipo analogico in corrente (per esempio in mA) o in tensione (per es. in V, mV) o di tipo digitale (per es. IO-Link, Can Open).

**Prospetto A.6 Criteri di scelta per i dispositivi di misura di livello**

	<b>Radar e ultrasuoni</b>	<b>Idrostatici</b>	<b>A galleggiante</b>	<b>Capacitivi</b>	<b>Magneto-strittivi</b>	<b>Radiometrici</b>
Campo di misura	***	***	***	***	*	**
Precisione	****	***	***	**	****	***
Sensibilità	** * ad alte pressioni e temperature	***	***	***	***	****
Compatibilità con liquidi	***	****	****	***	**	****
Compatibilità con Solidi	***	*	*	*	**	****
Compatibilità con prodotti viscosi o altamente adesivi	*	***	****	***	****	**
Compatibilità con materiali elettroconduttivi	*	-	-	***	-	-
<b>Legenda</b> * insufficiente/carente ** sufficiente *** buona **** ottima Nota: I livelli qualitativi qui presentati forniscono un'indicazione di massima con riferimento alla data di pubblicazione della presente specifica tecnica, e possono essere soggetti a rapido cambiamento in funzione dell'evoluzione tecnologica.						

Il segnale in uscita può essere di tipo analogico in corrente (per es. in mA) o in tensione (per es. in V, mV/V) o di tipo digitale (per es. IO-Link, Can Open).

**A.4.2 Riferimenti normativi**

La UNI 10150 riporta alcune indicazioni per l'impiego degli indicatori di livello.

Riferirsi alle indicazioni presenti nelle istruzioni d'uso e manutenzione del fabbricante.

**A.4.3 Procedura per la scelta**

Di seguito le considerazioni da effettuare per la scelta del trasduttore di livello da utilizzare nell'ambito del sistema di monitoraggio:

- considerare l'accessibilità dell'attrezzatura e lo stato fisico del fluido da monitorare;
- considerare la possibilità che durante il monitoraggio lo stato fisico del fluido vari o che si formino schiume, bolle, vapori, turbolenze, ecc.;
- verificare se il fluido e/o il materiale con cui è fabbricata l'attrezzatura sono elettricamente conduttivi e se il fluido può generare residui di accumulo su superfici e/o su pareti;
- scegliere la modalità e il trasduttore più idonei in base alle condizioni date:
  - valutare la necessità o l'opportunità di effettuare il monitoraggio in modalità con contatto o senza contatto: le tecnologie senza contatto sono da preferirsi qualora la misurazione avvenga in condizioni operative estreme o su fluidi aggressivi. La misurazione di livello senza contatto ha anche il vantaggio di non presentare alcun rischio di contaminazione del fluido;
  - definire il campo di misura correlandolo all'intervallo di livello da misurare. Per definire tale range, devono essere determinate le condizioni normali di utilizzo e le eventuali variazioni di tipo occasionale all'interno del valore massimo correlato alle caratteristiche geometriche del contenitore;
- considerare la natura del fluido e l'eventuale influenza dei fattori di tipo chimico-fisico, corrosione, ecc., verificandone la compatibilità con i dati forniti dal fabbricante;
- individuare l'idonea tipologia di output tra corrente, tensione o digitale in funzione delle distanze e dell'architettura hardware del sistema di monitoraggio adottato;
- considerare l'influenza di eventuali fonti di errore, per esempio:
  - la presenza di parti in movimento;

h) verificare le condizioni di installazione:

- la maggior parte dei sensori presentano appositi attacchi per poter essere montati facilmente internamente o esternamente al contenitore;

i) se il luogo di installazione è classificato ai fini del rischio esplosività, selezionare componenti del sistema con le idonee caratteristiche ATEX. Tenere in considerazione anche il grado di protezione IP in funzione delle condizioni ambientali di esposizione. Valutare altresì l'eventuale presenza di vibrazioni o sollecitazioni meccaniche che potrebbero influenzare l'affidabilità delle misure nel tempo.

#### A.4.4 Indicazioni per il montaggio e la manutenzione dei trasduttori

Riferirsi alle indicazioni riportate nelle istruzioni d'uso e manutenzione del fabbricante.

### A.5 Vibrazioni

#### A.5.1 Tipologie di trasduttori di vibrazioni

La misurazione delle vibrazioni dovrebbe essere effettuata con trasduttori a banda larga in modo da garantire che lo spettro di frequenza dell'attrezzatura monitorata sia adeguatamente coperto.

Nota: La UNI ISO 20816 riporta le linee guida per la scelta del campo di frequenza della strumentazione per specifiche classi di macchina.

La misurazione delle vibrazioni su parti non rotanti di un'attrezzatura è generalmente eseguita con un trasduttore di tipo sismico che rileva la velocità assoluta o l'accelerazione delle parti della struttura sulle quali è montato.

Riguardo alle tipologie costruttive, di seguito vengono citate solo alcune tra le più diffuse: l'accelerometro piezoelettrico è il più impiegato per le misure dinamiche nella modalità bassa impedenza. Gli accelerometri piezoresistivi con risposta DC sono versatili in termini di frequenza dinamica e sono anche in grado di misurare l'accelerazione statica in modo accurato. Gli accelerometri capacitivi MEMS sono consigliati per applicazioni in cui non è richiesto un grado elevato di precisione delle misure. In particolare sono indicati per il monitoraggio di componenti caratterizzati da accelerazioni statiche o quasi-statiche.

Nota: La UNI ISO 13373-1 riporta utili indicazioni sui criteri generali di misura degli effetti delle vibrazioni sulle macchine.

#### Prospetto A.7 Tipologie di trasduttori di vibrazione e possibili applicazioni

Tipologia di trasduttori	Caratteristiche e applicazioni tipiche
Piezoelettrici	<ul style="list-style-type: none"> <li>– tipicamente banda passante molto ampia</li> <li>– rapporto segnale/rumore favorevole</li> <li>– molto resistenti</li> <li>– alto consumo</li> <li>– generalmente indicati per misure di vibrazioni caratterizzate da elevate frequenze</li> </ul>
Piezoresistivi	<ul style="list-style-type: none"> <li>– tipicamente banda passante molto ampia</li> <li>– molto sensibili alle variazioni di temperatura (deriva termica)</li> <li>– generalmente indicati per misure di vibrazioni caratterizzate da basse frequenze</li> </ul>
Capacitivi MEMS	<ul style="list-style-type: none"> <li>– tipicamente banda passante limitata</li> <li>– rapporto segnale/rumore non ottimale</li> <li>– miniaturizzabili</li> <li>– basso consumo</li> <li>– generalmente indicati per misure di accelerazione statiche o quasi-statiche</li> </ul>

### Prospetto A.8 Criteri di scelta per i trasduttori di misura di vibrazioni

	Piezoelettrico	Piezoresistivo	Capacitivo MEMS
Campo di misura	****	****	**
Precisione	****	***	**
Sensibilità	****	****	***
Legenda * insufficiente/carente ** sufficiente *** buona **** ottima Nota: I livelli qualitativi qui presentati forniscono un'indicazione di massima con riferimento alla data di pubblicazione della presente specifica tecnica, e possono essere soggetti a rapido cambiamento in funzione dell'evoluzione tecnologica.			

#### A.5.2 Riferimenti normativi

La UNI 11568 riporta le caratteristiche metrologiche da considerare ai fini della scelta dei trasduttori per la misura di vibrazioni.

Nota: Altre norme di interesse sono: UNI 9513, UNI ISO 13373-2, UNI ISO 13373-3, UNI ISO 18431-1, ISO 2041.

#### A.5.3 Procedura per la scelta

Per stimare una vibrazione si può scegliere di misurare lo spostamento o le sue derivate prima e seconda, velocità e accelerazione. La scelta del parametro da misurare dipende dal range di frequenza del fenomeno.

In generale fenomeni caratterizzati da una bassa frequenza (<1 Hz) sono più facilmente rilevabili mediante la misura di spostamenti, mentre per frequenze più elevate (>100 Hz) è opportuno rilevare accelerazioni.

La scelta dei dispositivi da utilizzare è funzione delle loro specifiche tecniche e delle grandezze o parametri da monitorare. Per esempio, per misurare la frequenza statica dell'accelerazione, o se la velocità di spostamento e le informazioni devono essere estratte dai dati di accelerazione, è consigliabile scegliere solo accelerometri con risposta in corrente continua (DC). Quando si vogliono effettuare solo misure dinamiche può essere impiegato un accelerometro con risposta DC o AC (corrente alternata). Per temperature maggiori di 125 ° C e applicazioni in cui sono richieste misure dinamiche è opportuno utilizzare dispositivi con l'uscita in corrente piuttosto che quelli con uscita in tensione.

Di seguito le considerazioni da effettuare per la scelta del trasduttore di misura delle vibrazioni da utilizzare nell'ambito del sistema di monitoraggio:

- considerare l'accessibilità dell'attrezzatura da monitorare;
- definire il range di misura correlandolo all'intervallo di frequenza da monitorare. Per definire tale range, devono essere determinate le condizioni normali di utilizzo e le eventuali variazioni di tipo occasionale;
- considerare l'influenza dei fattori di tipo ambientale (temperatura, umidità, rumore, ecc.) e chimico-fisico (corrosione, ecc.), che potrebbero derivare dalle operazioni di montaggio dei trasduttori verificandone la compatibilità con i dati forniti dal fabbricante;
- individuare l'idonea tipologia di output tra corrente, tensione o digitale in funzione delle distanze e dell'architettura hardware del sistema di monitoraggio adottato;
- verificare le condizioni di installazione. Se il luogo di installazione è soggetto al rischio di esplosione fare riferimento ai requisiti di sicurezza richiesti dalla legislazione ATEX. Significativo è il grado di protezione IP in funzione della gravosità delle condizioni ambientali di esposizione.

#### A.5.4 Indicazioni per il montaggio e la manutenzione dei trasduttori

Riferirsi alle indicazioni riportate nelle istruzioni d'uso e manutenzione del fabbricante.

Criteri che influenzano la scelta dei metodi di montaggio dei trasduttori, limitatamente agli accelerometri fissati alla superficie di una struttura in movimento, sono forniti dalla UNI ISO 5348.

## Appendice B (informativa)

### Esempio di Check-list operativa per la progettazione del sistema di monitoraggio

Si riporta un modulo-tipo di check-list per l'impostazione del sistema di monitoraggio.

#### Fase 1 Descrizione del sito/impianto

Breve sintesi del sito produttivo			
Breve sintesi del processo/impianto			
Planimetria		Scala	
Sezione		Scala	
Assonometrico		P&ID	

#### Fase 2 Definizione dell'obiettivo del monitoraggio

Obiettivo	
Attrezzature coinvolte	

#### Fase 3 Grandezze da monitorare

Tipologia/e delle grandezze	
Range operativi	
Frequenze di campionamento	
Accuratezze delle misure	
Altro	

#### Fase 4 Valutazione dei fattori ambientali

Sorgenti di disturbo	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Quali sono	
Distanze significative			
Accessi presenti		Accessi necessari	
Compatibilità con infrastrutture esistenti	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Perché	
Normativa legislativa e tecnica cogente			
Altro			

#### Fase 5 Scelta dell'infrastruttura

Tipologia di trasduttori			
Ulteriori elementi			
Data sheet acquisiti	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Mancano	
Altro			

#### Fase 6 Valutazioni per la posa in opera

Distanze dei cablaggi				
Tipologie dei collegamenti				
Presenza di barriere				
Vincoli per la posa in opera				
Disponibilità di:	<i>Energia elettrica</i>	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<i>Aria compressa</i>	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
	<i>Vapore</i>	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<i>Altro</i>	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Esito valutazione della compatibilità/integrazione con processi di monitoraggio già operativi:				
	<i>Positivo</i>	<input type="checkbox"/>		
	<i>Possibili criticità</i>	<input type="checkbox"/>	Azioni	
Altro				

#### Fase 7 Definizione degli allarmi

Soglie di attenzione	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		
Soglie di azione	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		
Altro			

#### Fase 8 Definizione delle risorse necessarie

Locali tecnici	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Sale controllo	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Personale specializzato	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Risorse per manutenzione	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Altro			



**Fase 9 Definizione dei criteri per la manutenzione del sistema di monitoraggio**

Piano di monitoraggio	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Riferimenti	
Altro			

**Fase 10 Stesura del “progetto di massima” con indicazione delle specifiche tecniche del sistema di monitoraggio**

Specifiche tecniche elaborate	
Altro	

**Fase 11 Definizione delle procedure interne per documentare responsabilità, mansioni e modalità operative**

Emessa procedura/e interna	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		
----------------------------	---	--	--

## Bibliografia

- [1] UNI 9513 Vibrazioni e urti. Vocabolario
- [2] UNI 10150 Indicatori di livello. Classificazione, requisiti, criteri di sicurezza e controlli
- [3] UNI 11568 Vibrazioni - Strumentazione e analisi per la misura delle vibrazioni - Strumentazione di misura
- [4] UNI 11867 Prove non distruttive - Indicazioni generali per il corretto utilizzo della termografia all'infrarosso
- [5] UNI CEI 70099:2008 Vocabolario Internazionale di Metrologia - Concetti fondamentali e generali e termini correlati (VIM)
- [6] UNI EN 764-1 Attrezzature a pressione - Parte 1: Vocabolario
- [7] UNI EN 13306:2018 Manutenzione - Terminologia di manutenzione
- [8] UNI EN 16714-1:2016 Prove non distruttive – Prove termografiche – Parte 1: Principi generali
- [9] UNI EN 16714-2:2016 Prove non distruttive – Prove termografiche – Parte 2: Strumentazione
- [10] UNI EN 16714-3:2016 Prove non distruttive – Prove termografiche – Parte 3: Termini e definizioni
- [11] UNI EN ISO 9000:2015 Sistemi di gestione per la qualità - Fondamenti e vocabolario
- [12] UNI EN ISO 10012:2004 Sistemi di gestione della misurazione - Requisiti per i processi e le apparecchiature di misurazione
- [13] UNI ISO 3534-1:2014 Statistica - Vocabolario e simboli - Parte 1: Termini statistici generali e termini utilizzati nel calcolo delle probabilità
- [14] UNI ISO 5348 Vibrazioni meccaniche e urti - Montaggio meccanico degli accelerometri
- [15] UNI ISO 13373-1 Monitoraggio e diagnostica dello stato delle macchine - Monitoraggio dello stato vibrazionale - Parte 1: Procedure generali
- [16] UNI ISO 13373-2 Monitoraggio e diagnostica dello stato delle macchine - Monitoraggio dello stato vibrazionale - Parte 2: Elaborazione, analisi e presentazione
- [17] UNI ISO 13373-3 Monitoraggio e diagnostica dello stato delle macchine - Monitoraggio dello stato vibrazionale - Parte 3: Linee guida per la diagnosi delle vibrazioni
- [18] UNI ISO 18431-1 Vibrazioni meccaniche e urti - Elaborazione del segnale - Parte 1: Introduzione generale
- [19] UNI ISO 20816-1 Vibrazioni meccaniche - Misurazione e valutazione delle vibrazioni della macchina - Parte 1: Linee guida generali
- [20] ISO 2041 Mechanical vibration, shock and condition monitoring - Vocabulary
- [21] ISO 10878 Non-destructive testing - Infrared thermography – Vocabulary
- [22] ISO 10880 Non-destructive testing — Infrared thermographic testing — General principles
- [23] ISO 18251-1 Non-destructive testing - Infrared thermography - Part 1: Characteristics of system and equipment
- [24] IEC EN 60584-1 Termocoppie - Parte 1: Tabelle di riferimento
- [25] IEC EN 60584-2 Termocoppie - Parte 2: Tolleranze
- [26] IEC EN 60584-3 Termocoppie - Parte 3: Cavi di estensione e di compensazione - Tolleranze e sistemi di identificazione
- [27] IEC 60539-1 Directly heated negative temperature coefficient thermistors - Part 1: Generic specification
- [28] IEC 60738-1 Thermistors - Directly heated positive temperature coefficient - Part 1: Generic specification
- [29] IEC 60751 Industrial platinum resistance thermometers and platinum temperature sensors
- [30] DIN 54190-1 Non-destructive testing — Thermographic testing — Part 1: General principles
- [31] DIN 54190-2 Non-destructive testing — Thermographic testing — Part 2: Equipment
- [32] DIN 16086: 2006 Electrical pressure measuring instruments - Pressure transmitters, pressure measuring instruments - Concepts, specifications on data sheets

- [33] ASTM F2070-00:2017 Standard Specification for Transducers, Pressure and Differential, Pressure, Electrical and Fiber-Optic

## Copyright

Riproduzione vietata. Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta o diffusa con un mezzo qualsiasi, fotocopie, microfilm o altro, senza il consenso scritto dell'UNI.