



ISTITUTO ITALIANO DELLA SALDATURA

Corso di formazione Aziendale per

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)

Principali tecnologie e modalità di ispezione delle tubazioni ("In Line Inspection" e controlli non distruttivi applicabili per l'approfondimento dell'ispezione)

Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni

di convogliamento prodotti petroliferi

- Finalità del controllo
- Tecniche di controllo tradizionali
- PIG (Pipe Inspection Gauge)/In Line Inspection
- Risultati del controllo



Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni

Finalità del controllo non distruttivo

- Monitorare lo stato di conservazione della tubazione senza alterazione del componente e/o prelievo di campioni di materiale

Tecniche tradizionali

- Esame Visivo e Dimensionale
- Esame Magnetoscopico
- Esame Ultrasonoro

Tecniche avanzate

- Phased array
- TOFD
- Handyscan
- Guided Waves
- Pulsed eddy current

Tecniche automatizzate

- PIG intelligente ➤ Rispetto alle tecniche tradizionali e avanzate:
 - ✓ tempi di controllo ridotti (1÷2 m/s)
 - ✓ controllo del 100% delle zone accessibili dei componenti
 - ✓ misurazioni su reticoli di dimensioni ridotte (inferiori a 5 mm)
 - ✓ rilievo di indicazioni in zone inaccessibili o interrato senza necessità di realizzare opere preparatorie

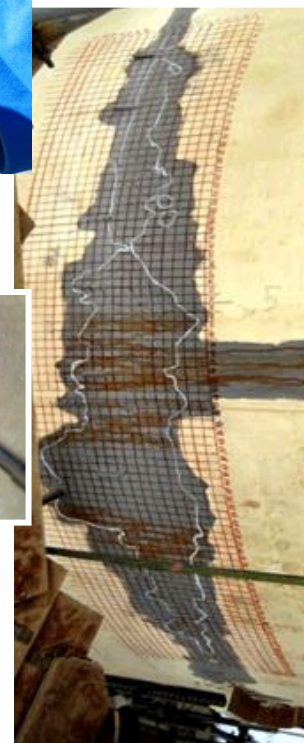
Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni

- Tecniche tradizionali

Esame Visivo e Dimensione



Esame Magnetoscopico



Esame Ultrasonoro



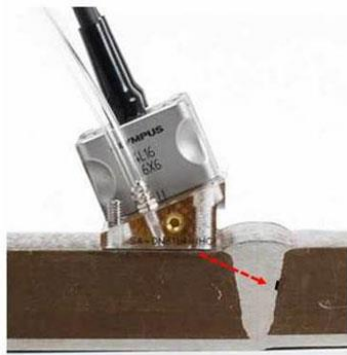
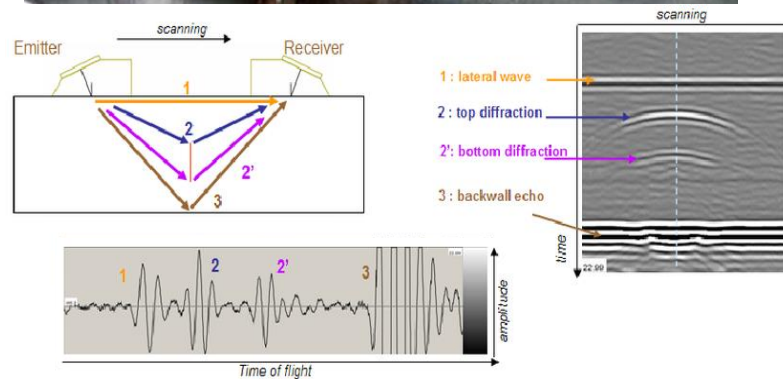
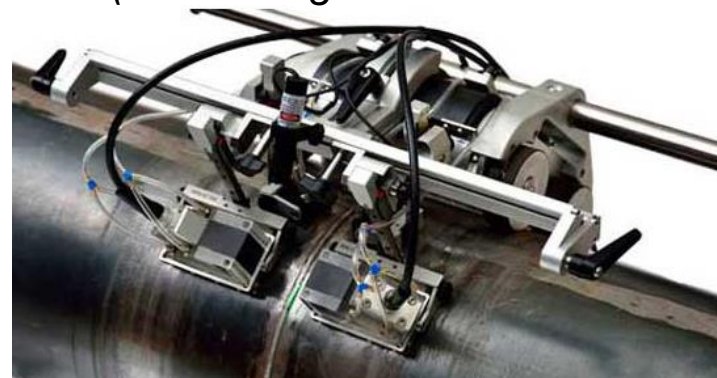
Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni

- Tecniche avanzate

Phased array



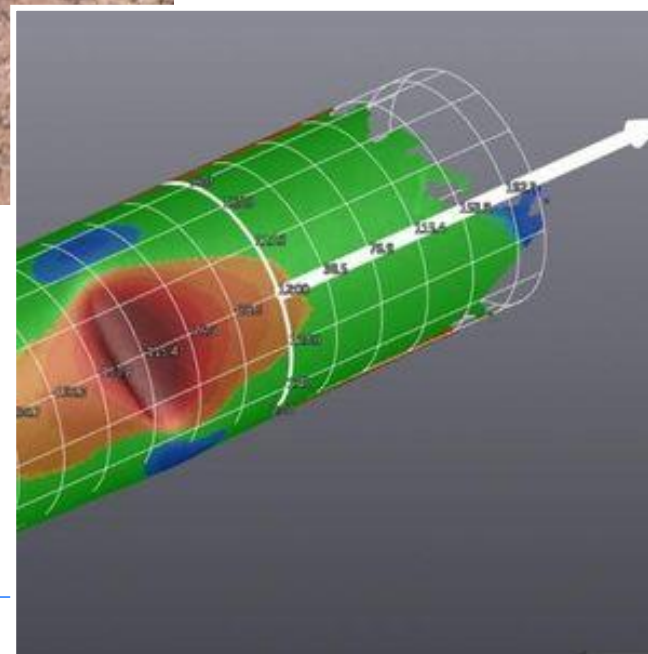
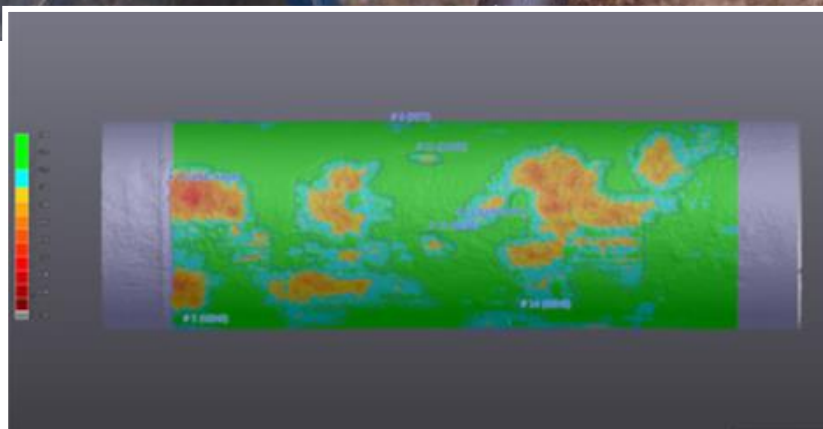
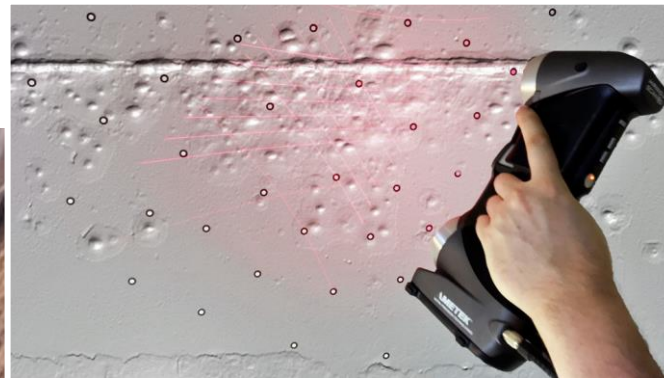
TOFD (*Time of flight diffraction ultrasonics*)



Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni

- Tecniche avanzate

HandyScan



Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni

- Tecniche avanzate

Guided Waves

Il sistema ad onde guidate consente di **ispezionare rapidamente ed al 100% lunghi tratti di tubazione** senza rimuovere, se non localmente e per piccoli tratti, lo strato di coibentazione eventualmente presente.

Questa apparecchiatura consente, inoltre, di ispezionare tratti altrimenti inaccessibili (come ad esempio in corrispondenza degli **attraversamenti di muri o di strade**).

Lo strumento **non richiede inoltre preparazioni superficiali** e può lavorare su superfici verniciate, su tubazioni con barre di spessore differente e in presenza di cambi di direzione



CONTROLLO AD ONDE GUIDATE

- La strumentazione consiste essenzialmente in un apparecchio multi - canale che riceve il segnale ultrasonoro da un elevato numero di sonde fissate su un **apposito anello** che abbraccia l'intera circonferenza del tubo.



- Le sonde generano onde di Lamb, che in considerazione della loro bassa frequenza (solitamente compresa tra 10 e 35 kHz), si propagano, con modo torsionale o longitudinale, in direzione assiale e in maniera tale da scansionare **l'intera circonferenza** per un tratto di tubo lungo alcune **decine di metri**.

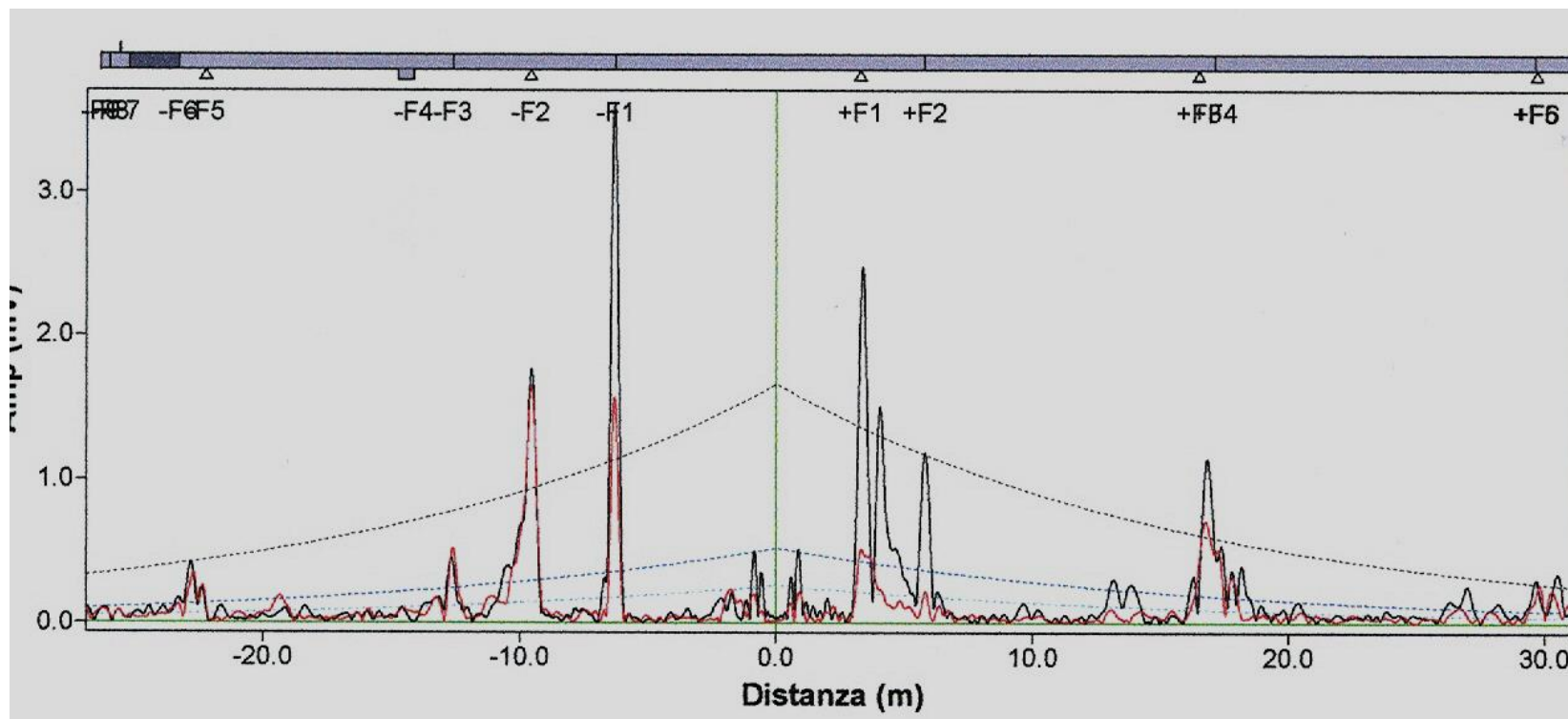
CONTROLLO AD ONDE GUIDATE

- In situazioni di **ridotta attenuazione** del segnale con una sola scansione si possono coprire anche **più di 100 metri**.
- Tali distanze vanno a ridursi quando si è in presenza di **curve, stacchi** o in considerazione dell'attenuazione del segnale causata da fenomeni di **corrosione generalizzata** o presenza di strati di **protezione bituminosa**.



DESCRIZIONE DEL CONTROLLO AD ONDE GUIDATE

- In corrispondenza di variazioni locali della sezione del tubo (presenza di saldature, corrosioni, stacchi) l'apparecchio rileva un segnale sotto forma di eco. Un sistema computerizzato consente di distinguere i segnali che provengono da una riflessione di tipo simmetrico quale ad esempio quella che proviene da una saldatura, dai segnali asimmetrici provenienti da crateri di corrosione o stacchi sulla tubazione.



DESCRIZIONE DEL CONTROLLO AD ONDE GUIDATE

Il sistema consente di risolvere con certezza corrosioni che **superano il 5%** della sezione trasversale del tubo.

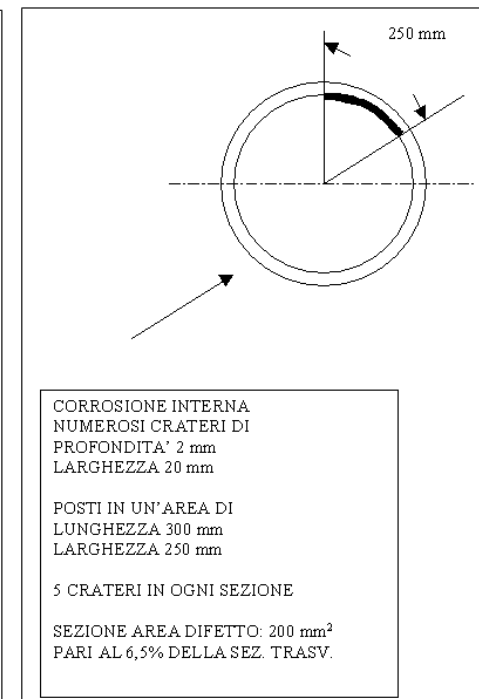
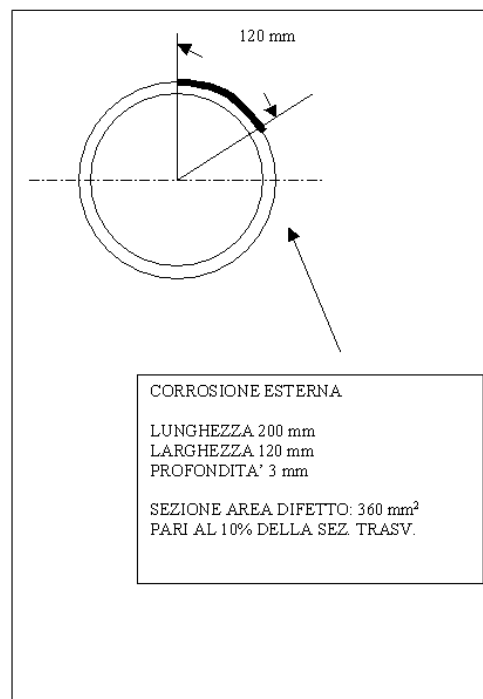
In **condizioni ottimali** può rilevare anche mancanze di materiale inferiori.

Esso localizza le zone di possibile corrosione e fornisce un **segnale di tipo qualitativo** sull'entità del fenomeno presente

Esempio tubo DN 6"

Dimensioni

Diametro esterno [mm]	168,3
Diametro interno [mm]	154,1
Diametro medio [mm]	161,2
Spessore [mm]	7,11
Area sezione trasversale [mm ²]	3596
5% sezione trasversale [mm ²]	180

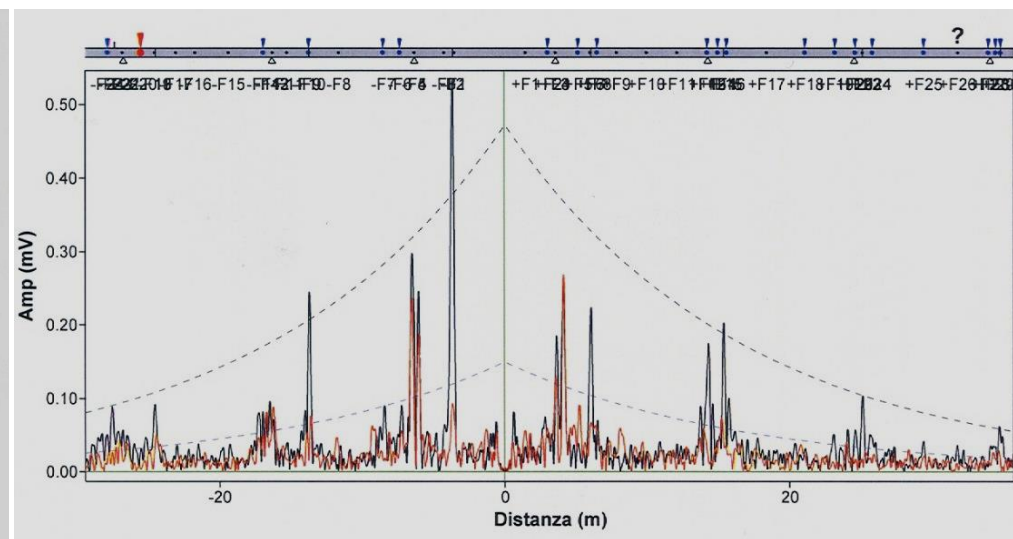
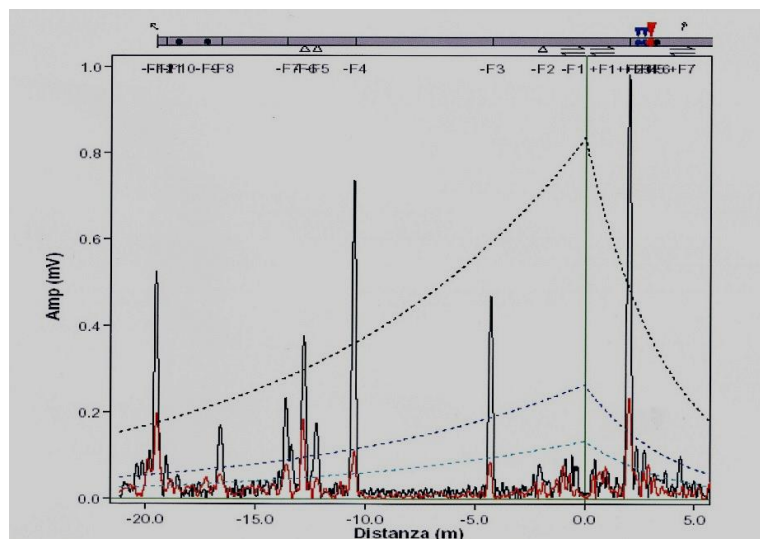


LE PROBLEMATICHE INSITE NEL CONTROLLO

Oltre alle evidenti **potenzialità** bisogna però segnalare i **rischi** di un non corretto impiego di questo controllo

Appare subito evidente la **complessità dell'analisi** dei dati forniti dalle onde guidate

Infatti **importanti difetti forniscono segnali di piccola entità** e spesso molto sfumati, non facilmente rilevabili da personale poco preparato



LE PROBLEMATICHE INSITE NEL CONTROLLO

Questa particolare tecnica pertanto va ritenuta "filosoficamente" più simile al tradizionale controllo **ultrasonoro difettoscopico delle saldature** più che ad altri moderni sistemi diagnostici avanzati di tipo automatico

E' imprescindibile infatti disporre di **personale esperto** per evitare di:

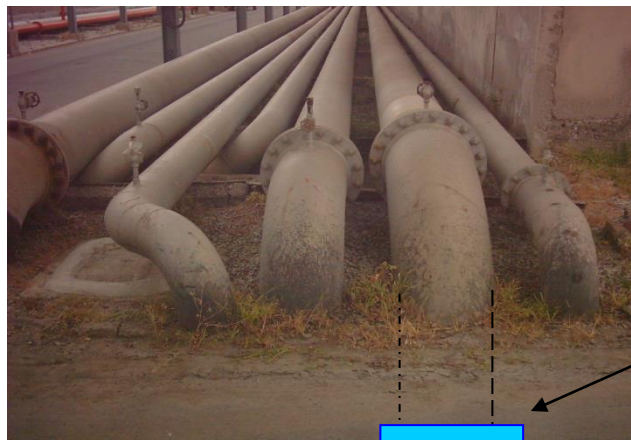
- confondere i segnali ultrasonori;
- non valutare correttamente le indicazioni presenti;
- **sovrastimare** i difetti
- o, peggio, **non segnalare** situazioni critiche




LE PROBLEMATICHE INSITE NEL CONTROLLO

Preliminarmente al controllo è necessario:

- conoscere i **meccanismi di danno** possibili sul componente da esaminare;
- predisporre sempre un **piano ispettivo** mirato alla particolare situazione da affrontare;
- predisporre **indagini di verifica complementari** per caratterizzare e dimensionare i difetti ipotizzati.



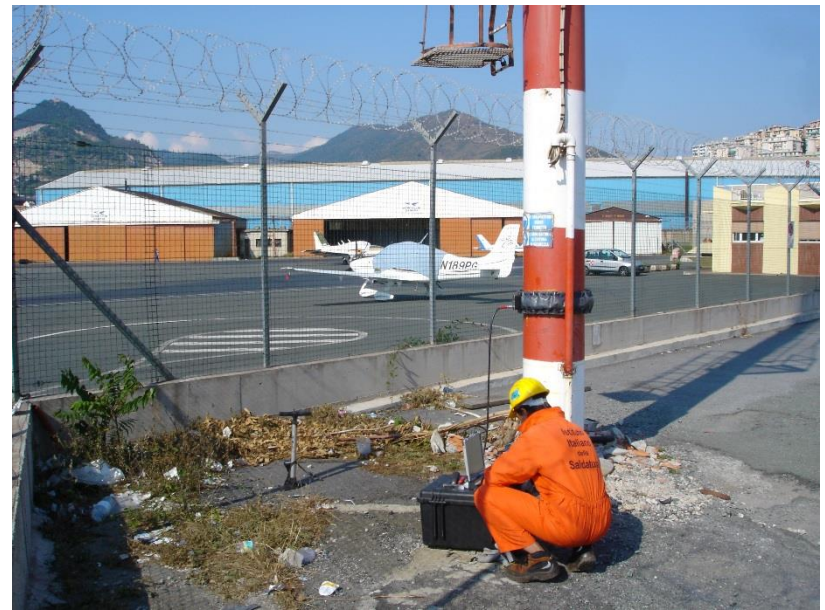
Anello onde guidate

	Istituto Italiano della Saldatura ENTE MORALE		N°	DPN xxxS	
			Allegato	--	
			Pagina	1/13	
TITOLO:					
PIANO DI ISPEZIONE IN SERVIZIO DELLE LINEE IN ESERCIZIO PRESSO IL PONTILE XXX					
Cliente: XXX					
MODIFICHE:					
Rev.	Redazione	Verifica	Visti	Approvazione	Data
0	Ing. F. Bresciani	Ing. F. Bresciani		Ing. F. Peri	05/01/05

Istituto Italiano della Saldatura - Lungobisagno terra, 15 - 16141 Genova - tel 010 - 8341.1 - Telefax 010 8387780

LE PROBLEMATICHE INSITE NEL CONTROLLO

Particolare attenzione va posta poi ogni qual volta ci si spinge verso **applicazioni non convenzionali** del metodo, quali ad esempio controlli di **tratti interrati** o **inghisati** nel cemento



In questo caso, la **mancaanza di verifiche di dettaglio** e l'elevata attenuazione del segnale impongono accurate valutazioni dei risultati che debbono, in qualche caso, essere validati attraverso **procedure dedicate** che prevedano prove preliminari in situazioni analoghe con presenza di difetti naturali o artificiali.

PEC Controllo mediante correnti indotte pulsate

La tecnica permette di valutare lo spessore di parete e le possibili riduzioni di spessore provocate da fenomeni di corrosione senza il contatto diretto tra la sonda e la superficie di controllo.

È necessaria la preliminare calibrazione della sonda prima di eseguire il controllo.

Il controllo non è di tipo puntuale, ma è applicato su un'area.

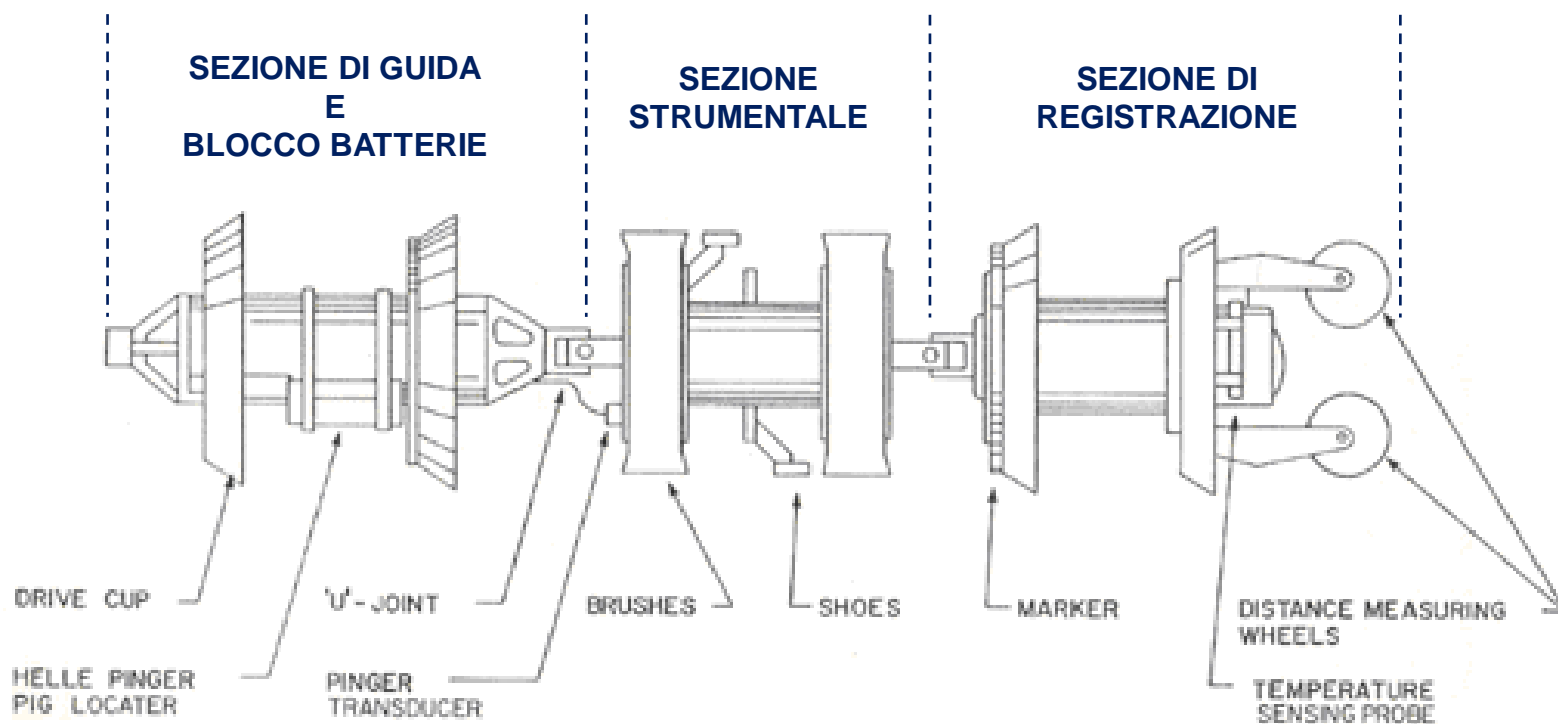
Il sistema misura la variazione media degli spessori all'interno dell'area detta "footprint", pertanto si tratta di un controllo qualitativo, efficace per investigare aree con corrosione (sospetta) con estensioni medio/grandi (per esempio la corrosione sottocobente, riv. ignifughi), e non permette di stimare direttamente la dimensione di eventuali crateri o corrosioni puntuali di dimensioni ridotte.



Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni

- Tecniche automatizzate

PIG (Pipe Inspection Gauge) Intelligente



Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni

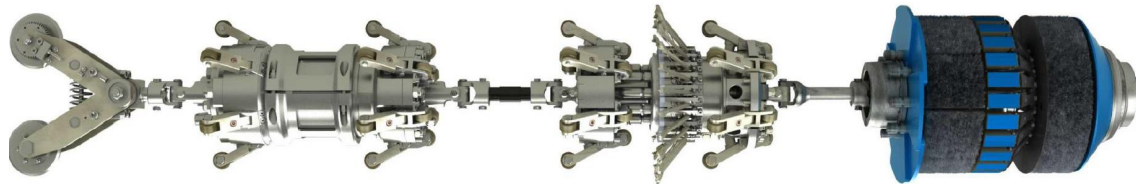
- PIG Intelligente per il rilievo geometrico delle tubazioni



- PIG Intelligente per il rilievo delle anomalie, tecnica ad ultrasuoni (UWM, UT)

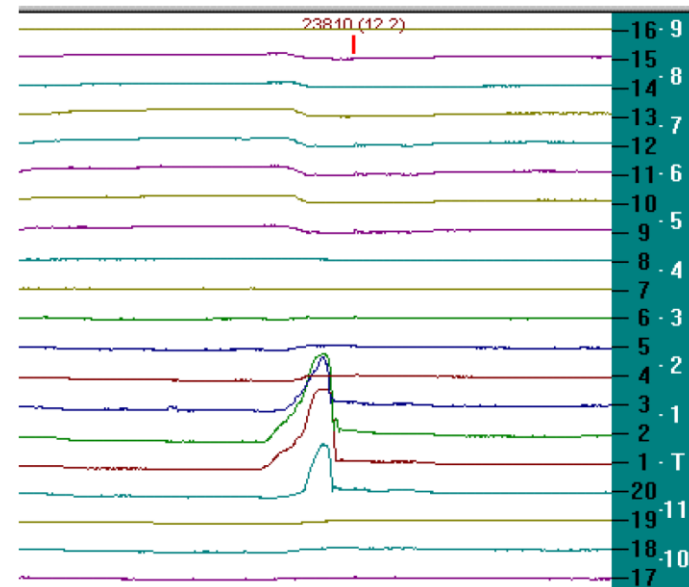


- PIG Intelligente per il rilievo delle anomalie, tecnica a flusso magnetico disperso (MFL)



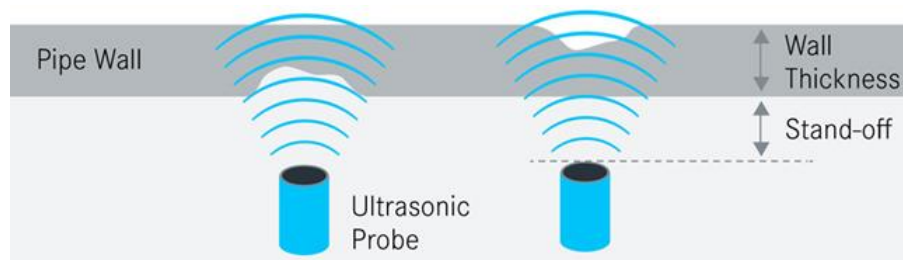
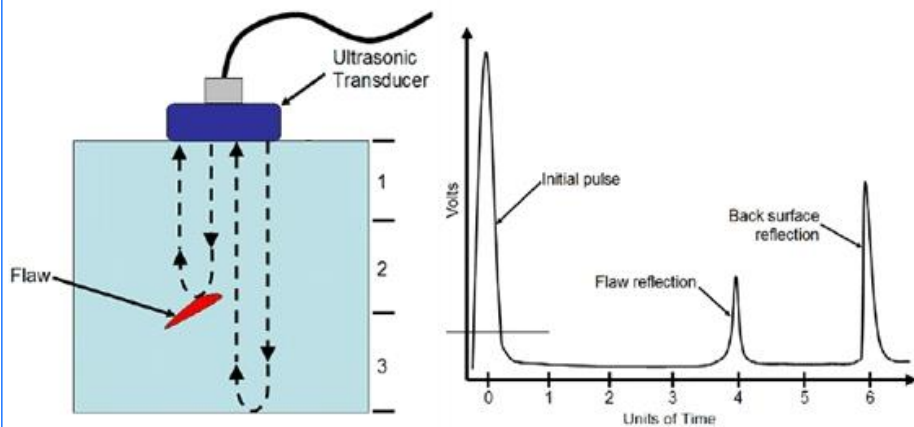
Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni

- PIG Intelligente per il rilievo geometrico delle tubazioni



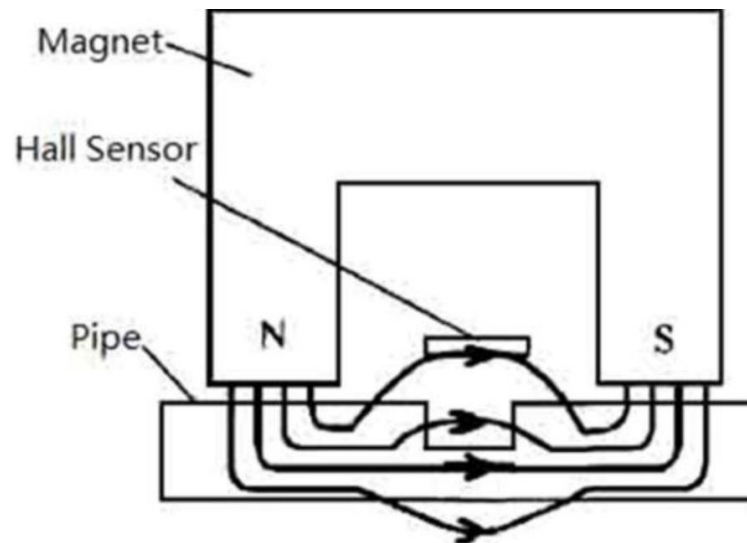
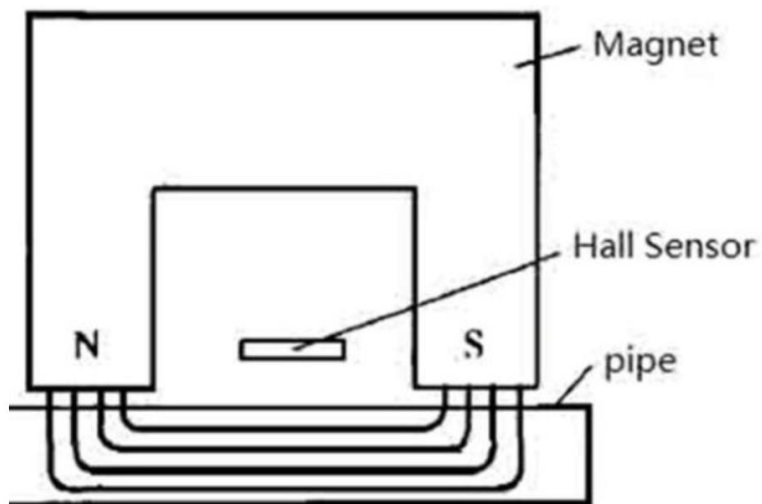
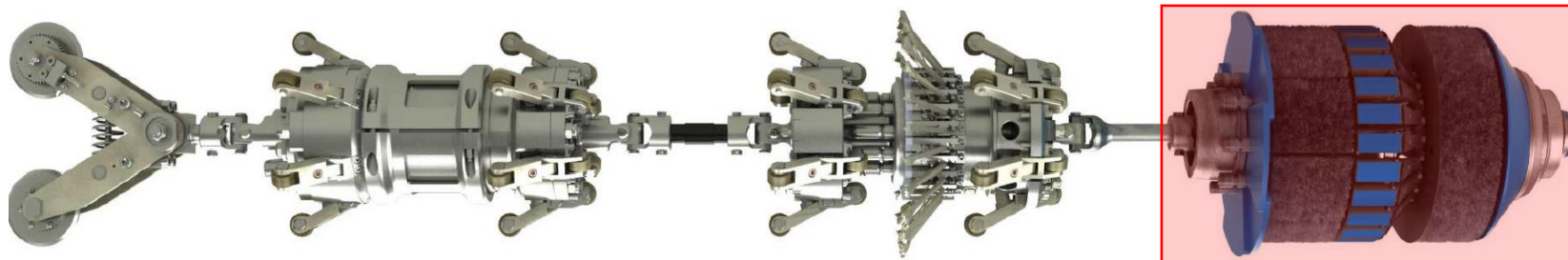
Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni

- **PIG Intelligente per il rilievo delle anomalie, tecnica ad ultrasuoni (UWM, UT)**



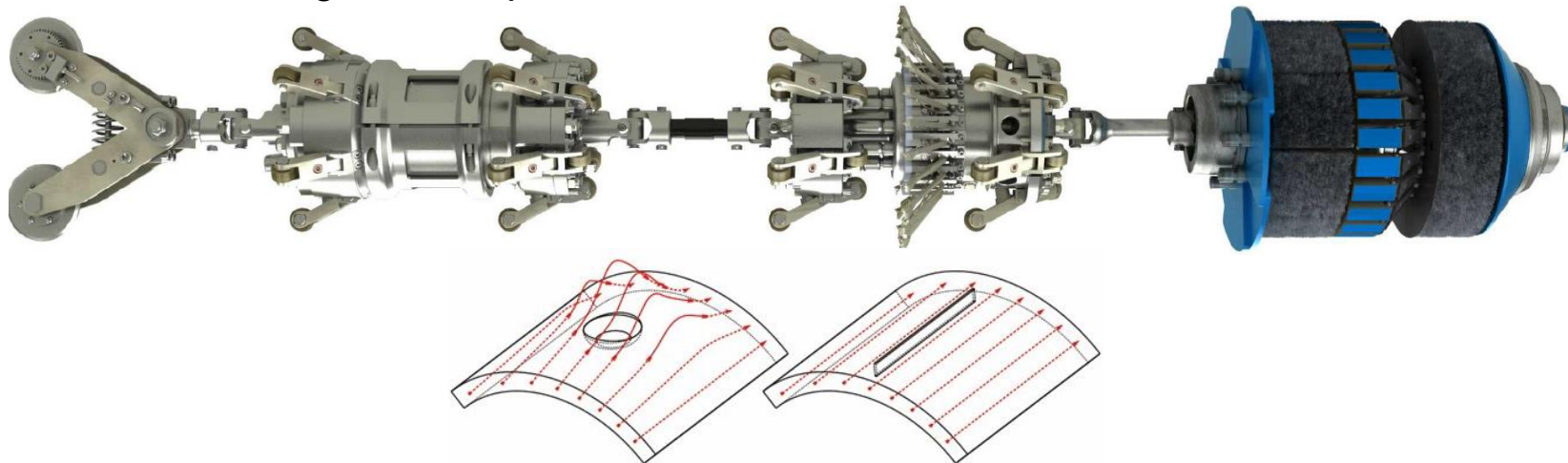
Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni

- **PIG Intelligente per il rilievo delle anomalie, tecnica a flusso magnetico disperso (MFL)**

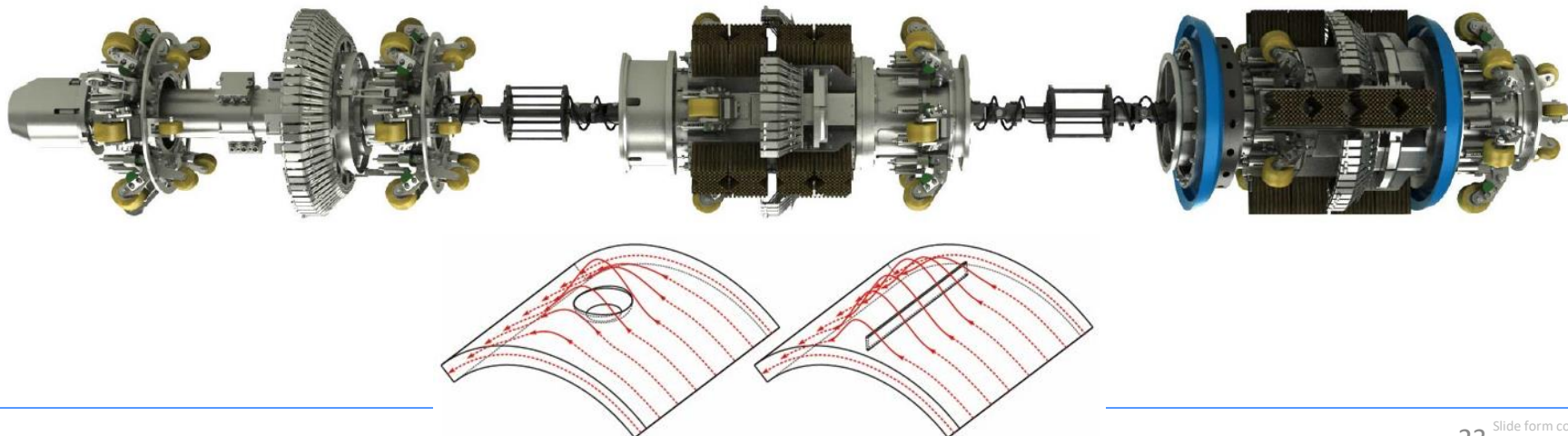


Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni

- PIG a flusso magnetico disperso MFL



- PIG a flusso magnetico disperso TFI



Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni

- PIG di pulizia e cicli di pulizia



Mechanical Cleaning - Scraper Pig



Mechanical Cleaning - Wire Brush Pig



Chemical Cleaning - Squeegee Pigs



Coating - Coating Pigs



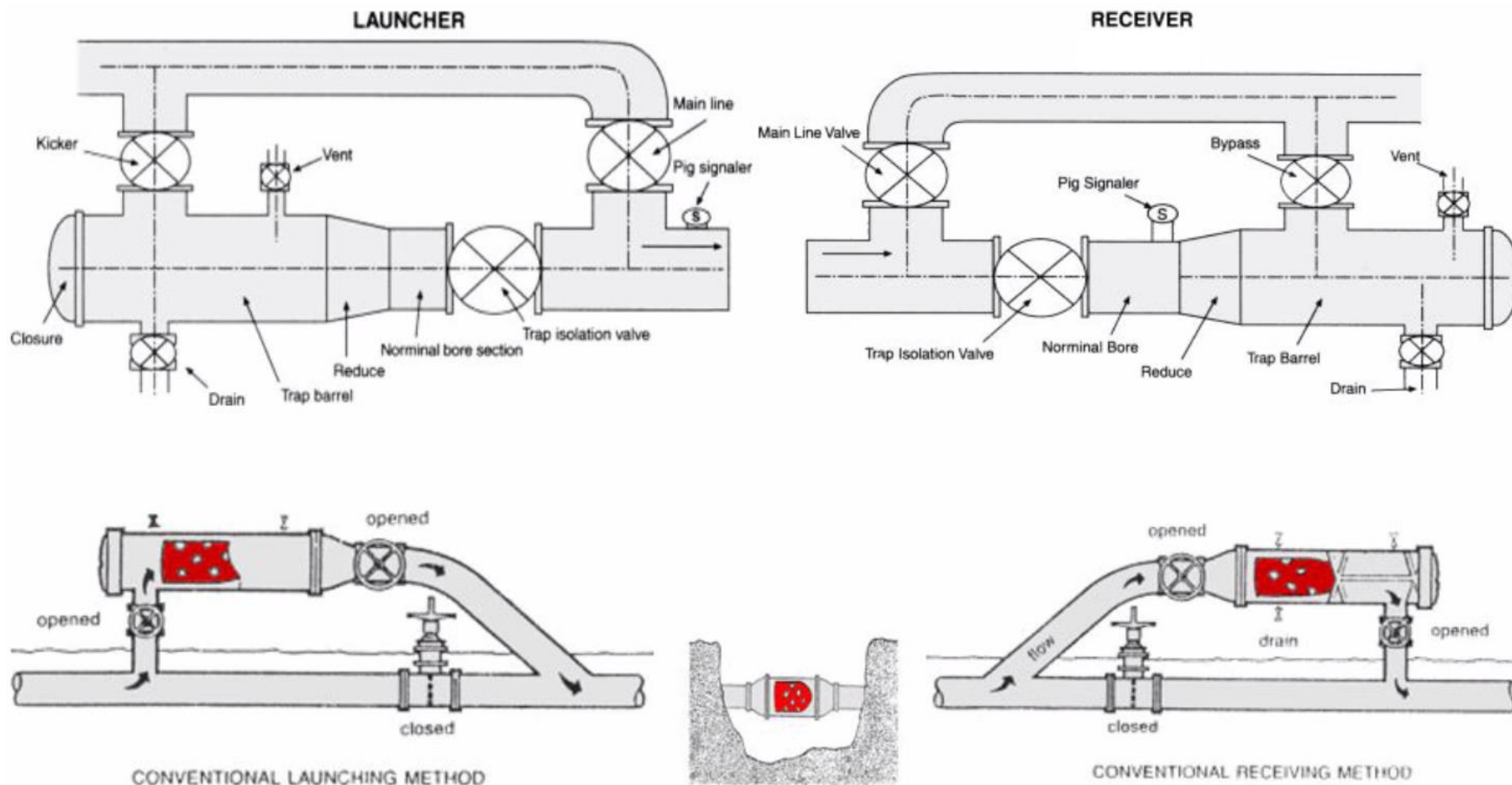
Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni

- PIG di pulizia e cicli di pulizia



Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni

- PIG Intelligente: trappole di lancio



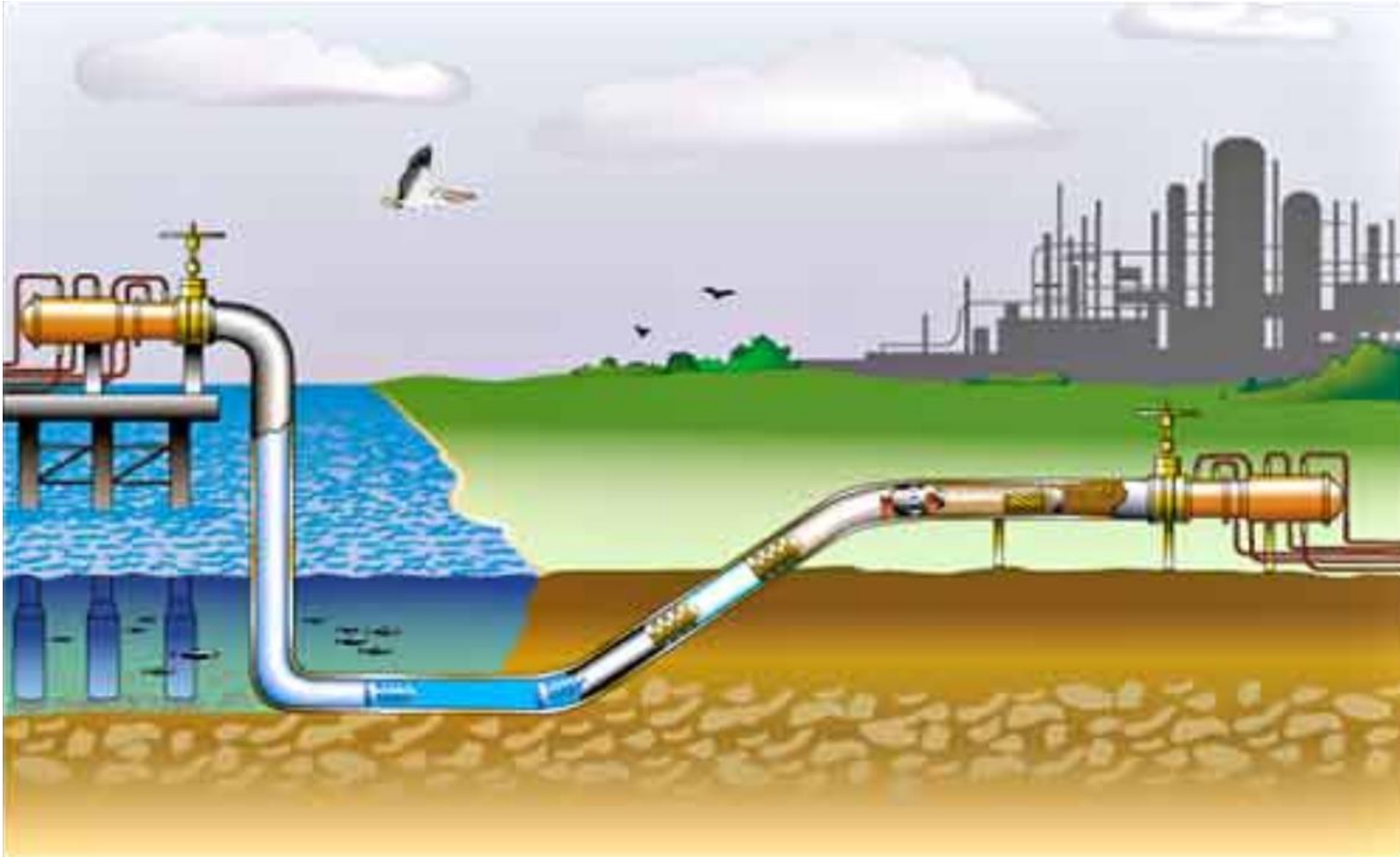
Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni

- PIG Intelligente: trappole di lancio



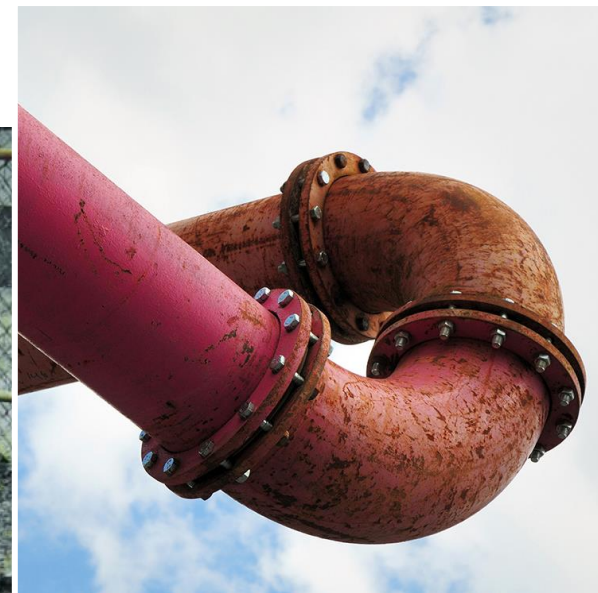
Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni

- PIG Intelligente



Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni

- PIG Intelligente



Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni

Corazze saldate



Corazze di tipologia "Plidco"



Corazze di tipologia "Clock Spring"



Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni

- Correzione delle dimensioni delle “metal loss” in base all’accuratezza dello strumento

MFL Specifica di identificazione triassiale e dimensionamento manuale ad altissima risoluzione delle anomalie di mancanza di metallo in condotte senza saldature

	Mancanza di metallo generalizzata		Mancanza di metallo localizzata (pitting)		Mancanza di metallo a sviluppo assiale (groove)		Mancanza di metallo a sviluppo circonferenziale (groove)		
	4t x 4t	2t x 2t	4t x 2t	2t x 4t					
Dimensioni di riferimento (lunghezza x larghezza)	4t x 4t		2t x 2t		4t x 2t		2t x 4t		
Ubicazione dell'anomalia PB = materiale base VGW = adiacente saldatura	PB	VGW	PB	VGW	PB	VGW	PB	VGW	
Profondità minima della indicazione al 90% di POD per il dimensionamento in specifica (% dello spessore nominale)	9%	16%	13%	19%	13%	19%	9%	16%	
Precisione del dimensionamento della profondità (% dello spessore nominale)	80% certezza	±8%	±12%	±8%	±12%	-13% +8%	-16% +12%	-8% +13%	-12% +16%
	90% certezza	±10%	±15%	±10%	±15%	-15% +10%	-20% +15%	-10% +15%	-15% +20%
Precisione del dimensionamento della larghezza	80% certezza	±12mm ±0.47"	±16mm ±0.63"	±12mm ±0.47"	±16mm ±0.63"	±12mm ±0.47"	±16mm ±0.63"	±12mm ±0.47"	±16mm ±0.63"
	90% certezza	±15mm ±0.59"	±20mm ±0.79"	±15mm ±0.59"	±20mm ±0.79"	±25mm ±0.98"	±20mm ±0.79"	±15mm ±0.59"	±20mm ±0.79"
Precisione del dimensionamento della lunghezza	80% certezza	±7mm ±0.27"	±12mm ±0.47"	±7mm ±0.27"	±12mm ±0.47"	±7mm ±0.27"	±12mm ±0.47"	±7mm ±0.27"	±12mm ±0.47"
	90% certezza	±10mm ±0.39"	±15mm ±0.59"	±10mm ±0.39"	±15mm ±0.59"	±10mm ±0.39"	±15mm ±0.59"	±10mm ±0.39"	±15mm ±0.59"

PB = Materiale base (Corpo della Barra)
 VGW = In prossimità della saldatura circonferenziale (zona termicamente alterata)
 POD = Probabilità di Individuazione
 t = Spessore nominale delle pareti

UT Precisione della misura della profondità

Precisione della misura della profondità di anomalie di perdita di metallo

Spessore nominale della parete	≤ 60 mm	≤ 2,36 in.
Precisione a un livello di certezza del '90%	±0,4 mm	±0,02 in.

Precisione della misura della lunghezza

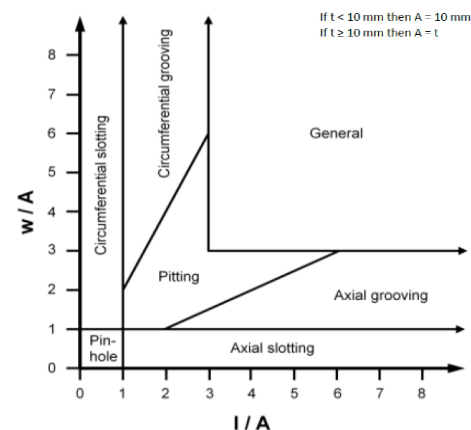
Precisione della misura della lunghezza per anomalie di perdita di metallo e della parete centrale

Risoluzione assiale	1,5/0,75 mm	0,06/0,03 in.
Precisione a un livello di certezza del 90%	±1,5 mm	±0,06 in.

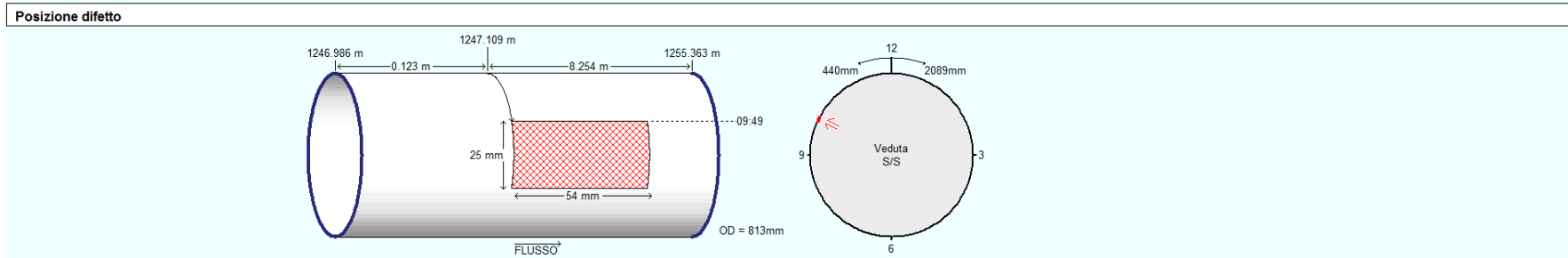
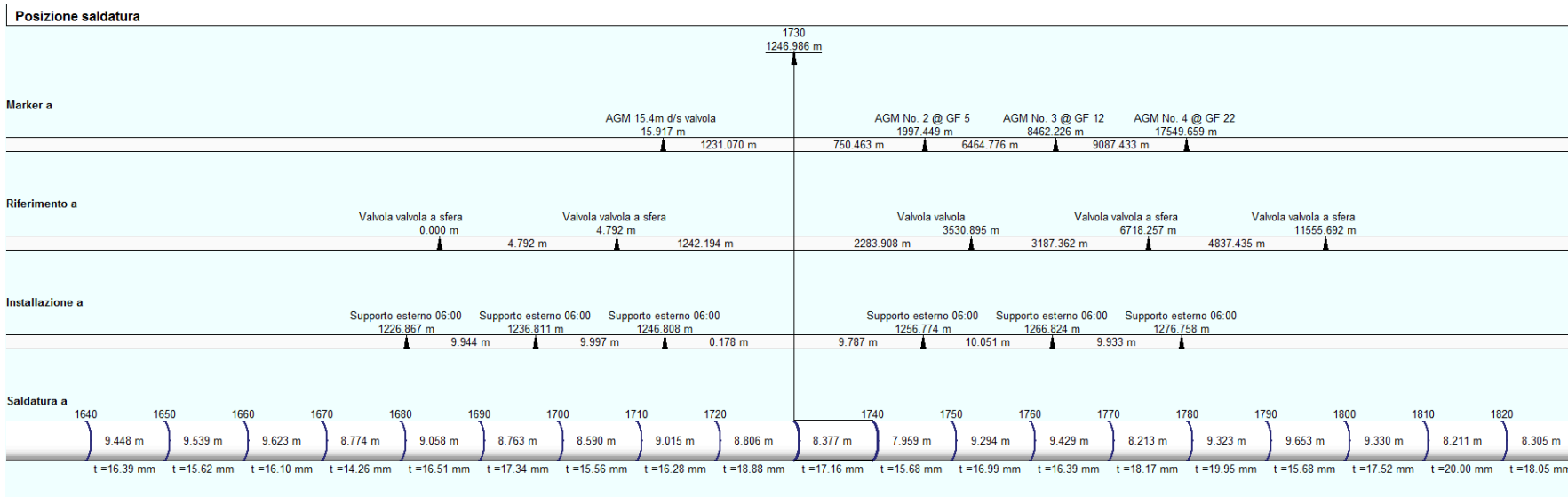
Precisione della misura della larghezza

Precisione della misura della larghezza per anomalie di perdita di metallo e della parete centrale

Risoluzione circonferenziale	±4,0 mm	±0,16 in.
Precisione a un livello di certezza del 90%	±4,0 mm	±0,16 in.



Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni



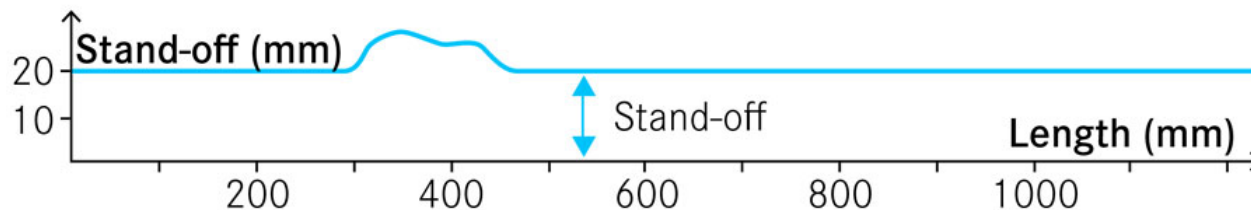
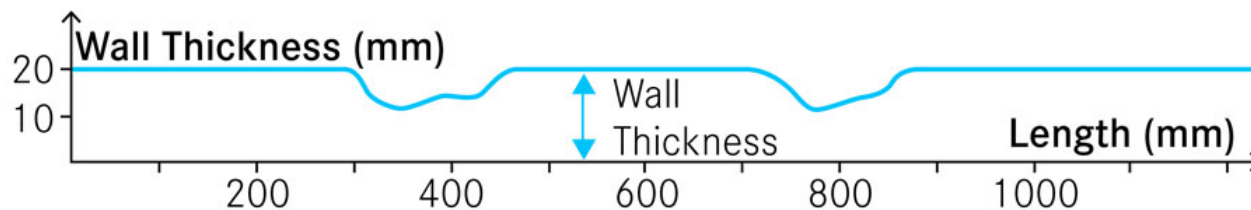
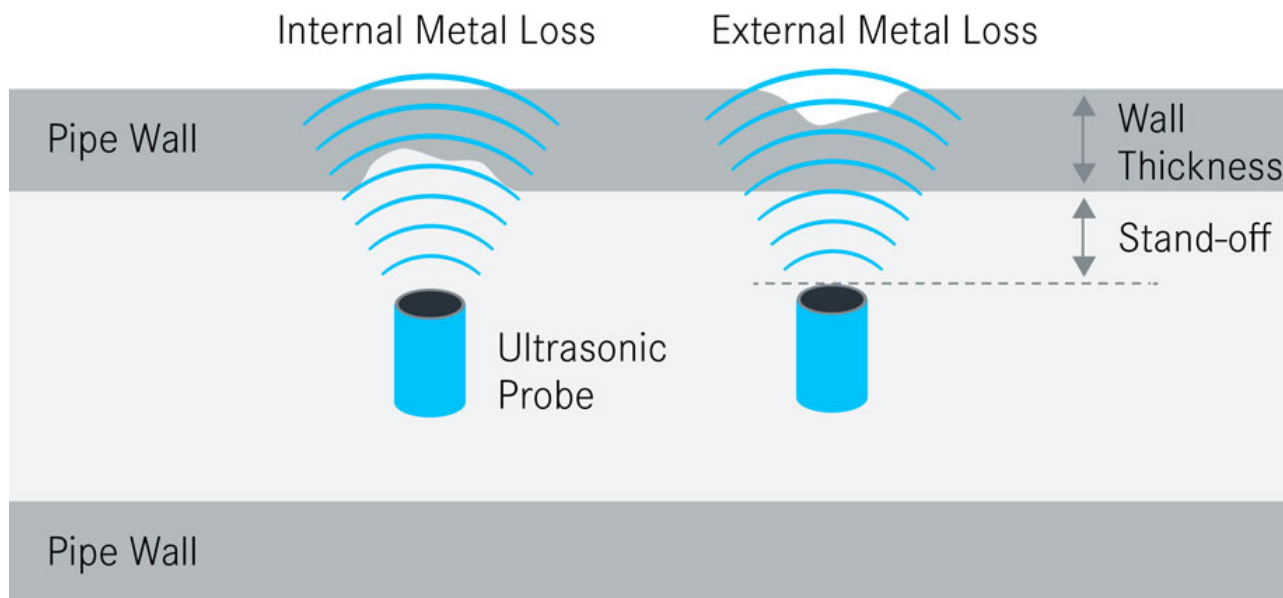
Informazioni sul difetto

latitudine :	longitudine :	verso l'alto :	dist.progress. : 1247.109 m	Anomalia n° : 214	tr : 17.16 mm	posizione oraria : 09:49	evento : Anomalia-Corrosione	profondita' max : 6 %	lungh.difetto : 54 mm	largh.difetto : 25 mm
posizione su parete : INT										

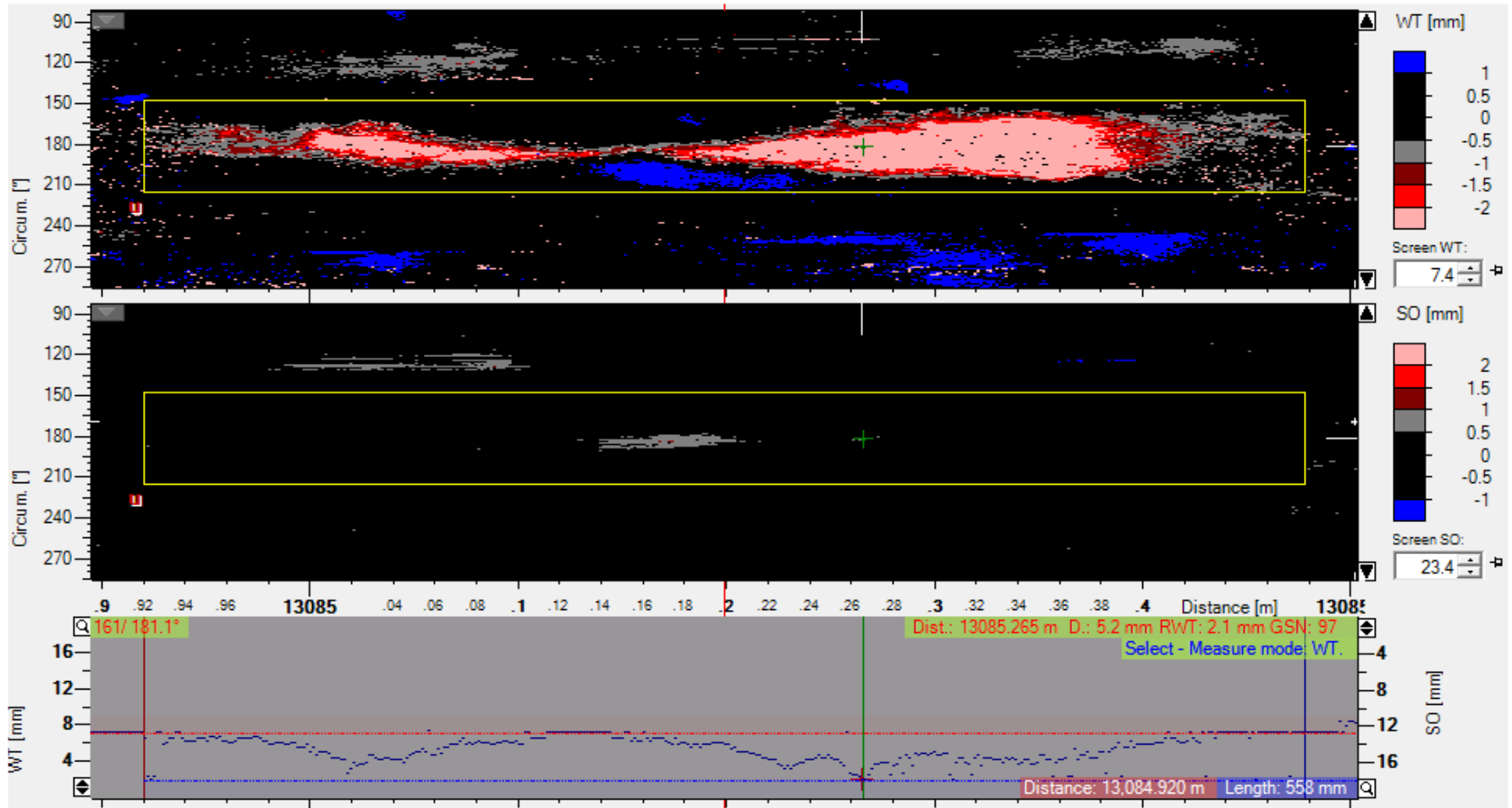
Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni

- Risultati del controllo PIG
 - Relazione finale che riporta le caratteristiche dell'oleodotto, le tolleranze strumentali, l'elenco delle indicazioni riscontrate e dei punti singolari dell'oleodotto (curve, valvole, flange, ecc.)
 - Documento in formato elettronico MS Excel che riporta l'elenco completo delle indicazioni
 - Software per consultare i risultati del controllo (relazioni, schede difetto, statistiche, ecc.)
- Rappresentazioni C-Scan e file .txt o .csv per controllo PIG con tecnica ad ultrasuoni

Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni

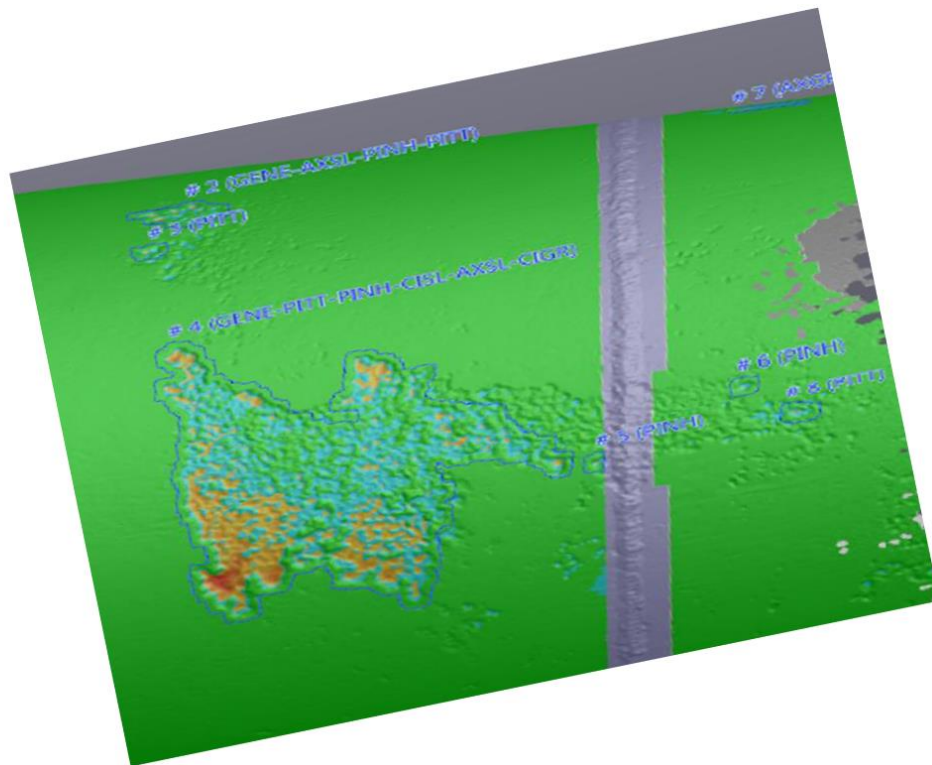
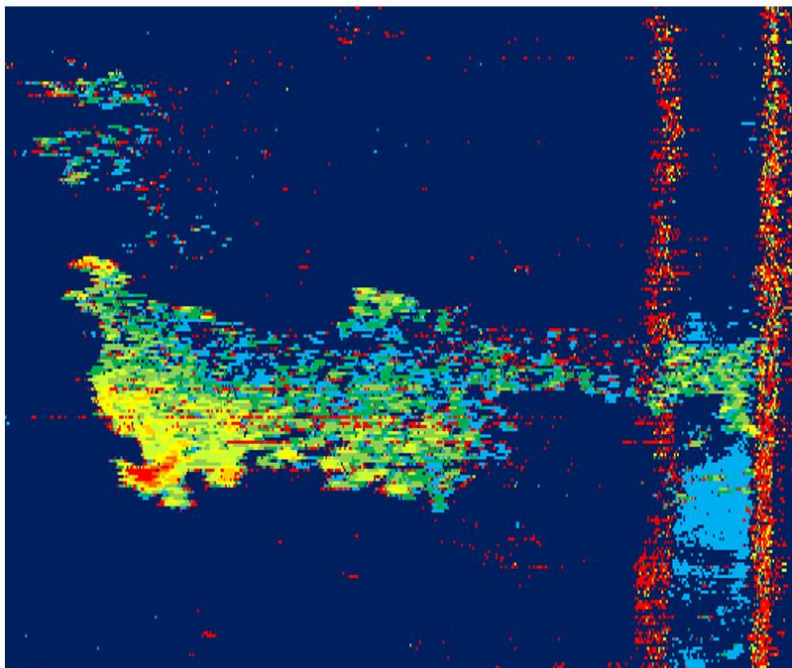


Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni



Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni

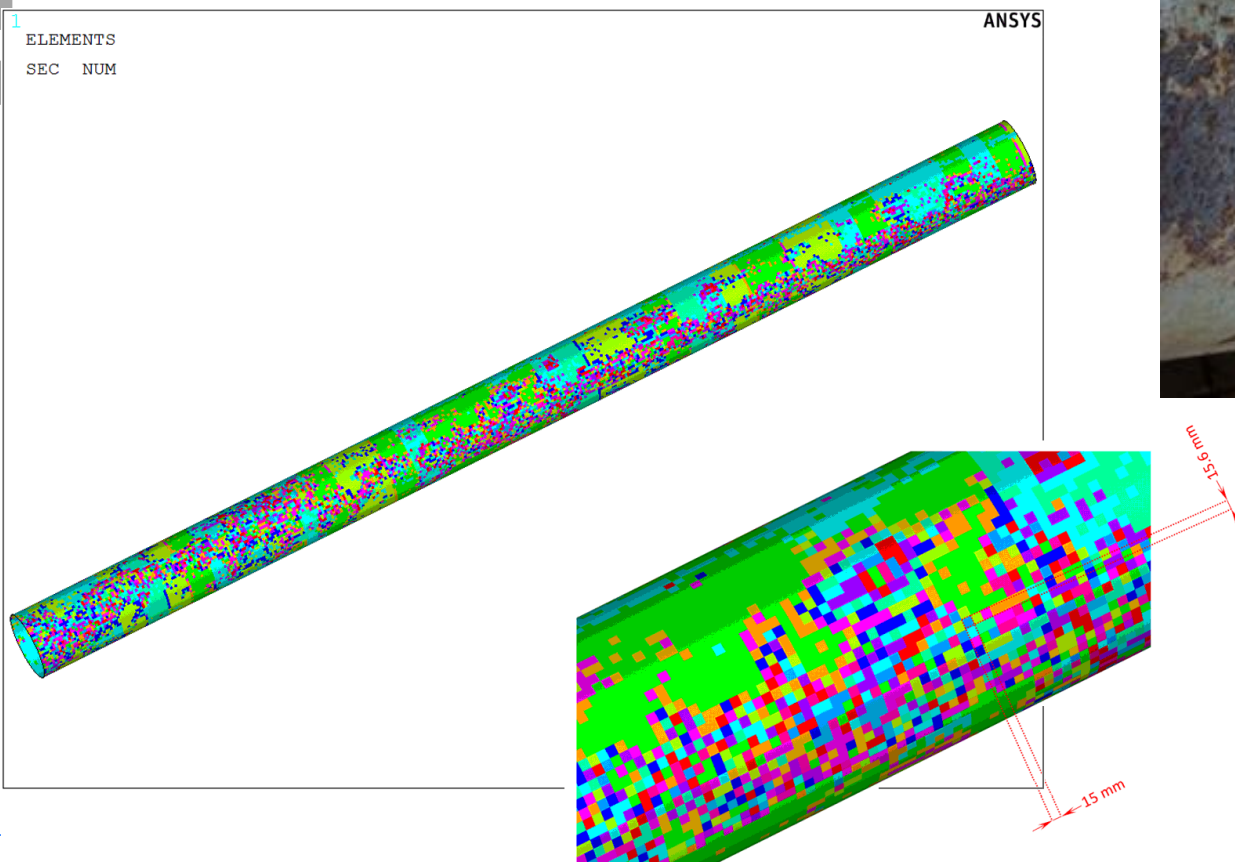
- C-Scan (PIG UT) Vs HandyScan



Controlli non distruttivi applicati alle tubazioni

C-Scan (PIG UT) → Modello agli elementi finiti

- Elementi SHELL a 4 nodi
- Dimensioni elementi 15 mm x 15.6 mm
- Valutazione della pressione di collasso plastico



Analisi di affidabilità

- Finalità dell'analisi di affidabilità
 - Valutazione del valore della pressione massima ammissibile in corrispondenza dei tratti di tubazione interessati dai danneggiamenti/indicazioni riscontrati
 - Identificazione delle aree in corrispondenza delle quali è necessario un approfondimento dell'ispezione, sulla base del confronto tra le condizioni di esercizio e i valori della pressione massima ammissibile
 - Stabilire l'intervallo temporale entro il quale tale approfondimento è necessario

La valutazione di affidabilità è quindi uno strumento molto importante che permette ai Gestori delle reti di oleodotti di pianificare gli interventi e indirizzare gli investimenti alle effettive priorità.