

TOMOGRAFIA MAGNETICA

PER L'ISPEZIONE DELLE CONDOTTE METALLICHE



Presentazione Generale

Febbraio 2016

Indice

- 1. Premessa**
- 2. Metodo**
- 3. Applicazione**
- 4. Risultati**
- 5. Conclusioni**

Allegato

1. PREMESSA

Per gli Organismi preposti alla gestione di risorse preziose come i fluidi energetici (olio, gas, ecc.) o idriche, garantire l'integrità dei sistemi di distribuzione (condotte in rete) è certamente un obiettivo primario, specialmente quando le condotte utilizzate sono in esercizio da molti anni.

I criteri usualmente adottati per la loro riabilitazione si ispirano ad un approccio "reattivo", in luogo del più razionale e vantaggioso approccio "proattivo".

La messa a punto di un sistema di supporto decisionale per la gestione e manutenzione delle reti di tipo preventivo, tale da consentire il recupero della piena funzionalità della condotta, utilizzando la tecnica più efficace, prima che si verifichi un disservizio rappresenta un obiettivo strategico, soprattutto per i costi di finanziamento che ne possono derivare.

Oggi, i sistemi presenti sul mercato includono una serie di strumenti tecnici atti alla valutazione di indicatori di "performance", alla modellazione idraulica e strutturale, alla previsione della affidabilità e delle fallanze, e più in generale gli effetti dell'invecchiamento delle reti, dei cedimenti strutturali, delle perdite, dei costi di manutenzione e degli effetti sull'ambiente, ma il nodo cruciale per tutti, rimane la fase di reperimento dei dati; o meglio, è la rilevazione dello stato delle condotte.

La loro analisi, porta ad effettuare ispezioni fisiche e visive delle tubazioni, non sempre possibili ed in qualsiasi caso estremamente costose. Una tecnica molto utilizzata per l'ispezione delle condotte dedicate al trasporto di gas e/o petrolio è quella "Intelligent Pig" (ILI).

Tutti i metodi sinora utilizzati per l'ispezione ed il controllo delle condotte risultano comunque complessi e di difficile applicazione.

Esiste però una tecnologia innovativa messa punto negli ultimi anni - la Tomografia Magnetica (MTM) – che consente di effettuare ispezioni semplici ed efficaci, di condotte di qualsiasi configurazione e natura, sottoterra o sommerse, purché di materiale ferromagnetico.

Il principale vantaggio del nuovo sistema risiede, oltre che nella accuratezza dei risultati, nella estrema semplicità ed economicità di impiego, grazie al fatto che durante tutta la fase di ispezione la condotta può restare operativa alla normale pressione di esercizio, ed alla completa eliminazione delle lunghe e costose, attività di preparazione normalmente richieste dai sistemi tradizionali.

Lanciata commercialmente nel 2002 questa tecnologia è stata sinora utilizzata con successo per ispezionare oltre 20.000 km di condotte sotterranee e sottomarine in oltre molti paesi in ogni continente. I risultati ottenuti hanno consentito di verificare che il metodo ha un livello medio di affidabilità dell'ordine del 90 %.

Il metodo è oggi disponibile anche in Italia grazie ad un accordo di collaborazione della nostro gruppo con lo sviluppatore della tecnologia.

2. IL METODO DELLA TOMOGRAFIA MAGNETICA

La Tomografia Magnetica è un metodo che consente di ispezionare - mediante una semplice rilevazione (senza contatto) dell'andamento delle linee di flusso del campo magnetico - le condotte metalliche, verificandone le caratteristiche di integrità.

Il Sistema, rileva eventuali anomalie e difetti delle sezioni di condotta, determinando il livello di rischio esistente, grazie ad una valutazione quantitativa "diretta" della condizione del metallo, le cui caratteristiche originali sono state compromesse dallo stress o da altri fattori rilevanti

Le caratteristiche del sistema sono così sintetizzabili:

- Ispezione di condotte, sopra e sotto terra, e sommerse, purché ferromagnetiche
- Assenza di limitazioni per configurazione geometrica, pressione o afflusso operativo
- Rilevazione delle perdite di metallo, nonché di difetti meccanici e metallurgici
- Previsione della corrosione esterna ed altri difetti del metallo
- Il metodo presenta inoltre i seguenti vantaggi:
- Non interrompe l'operatività' della condotta, qualsiasi ne sia pressione di servizio
- Non richiede speciali attrezzature o preparazione del sito della condotta
- Ha un costo inferiore ed una precisione superiore rispetto ai metodi tradizionali

(Vedi ulteriori vantaggi prestazionali in Appendice)



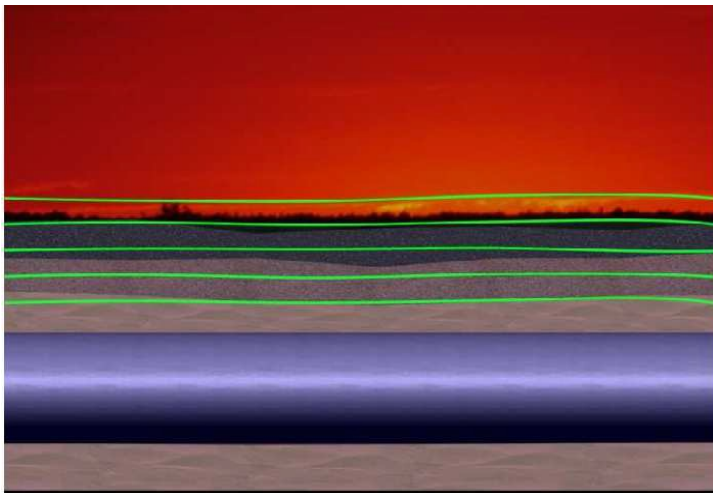
**) Il principio fisico che è alla base del metodo è la Magnetoelasticità, ed in particolare l' effetto Villari dal nome dello scienziato italiano che alla fine del 18° secolo per primo studiò l'interazione tra forze meccaniche e proprietà magnetiche di un materiale metallico (ferromagnetico); lo scienziato rilevò come nei materiali ferromagnetici esista una relazione tra il magnetismo naturale del materiale, espresso dalle linee di flusso del proprio campo magnetico, e le forze che agiscono sullo stesso. La tecnologia in oggetto (Tomografia Magnetica) è in grado di mettere in relazione le variazioni di queste linee di flusso (del campo magnetico) de la condotta in esame con le forze che agiscono sulla stessa, consentendo così di evidenziarne le "anomale" in termini di situazioni di "stress" non compatibili con le normali condizioni di esercizio.*

Difetti Rilevabili

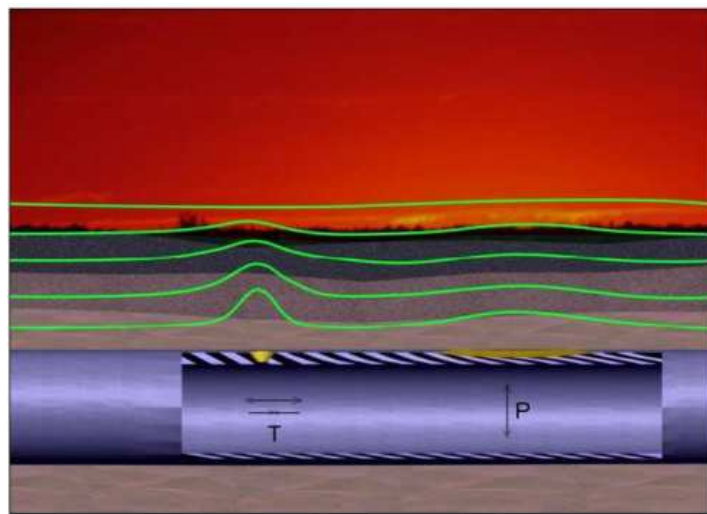
(solo indirettamente in quanto il metodo evidenzia direttamente lo STRESS indotto nel metallo da difettosità od eventuali situazioni anomale)

- Geometrica (corrugazioni, ammaccature, ovalizzazione)
- Corrosione della struttura e cambiamenti meccanici
- Perdita di metallo (definisce la corrosione interna ed esterna);
- Discontinuità (de-laminazione, inclusione non metalliche);
- Difetti da crepe (difetti lineari, in tutti gli orientamenti);
- Crepe causate da corrosione da stress;
- Difetti di saldatura;
- Difetti di isolamento;
- Deformazioni causate da flessione, smottamenti, frane.

Sezione senza Anomalie



Sezione con Anomalie



Efficienza, Precisione E Risparmio Di Tempi E Costi

Il Sistema MTM determina il grado di pericolosità dei difetti, mediante una valutazione quantitativa “diretta” (senza contatto) della condizione del metallo, sottoposto a stress, senza alcuna rilevazione geometrica.

Migliore Efficienza

- La condotta può restare in servizio durante tutte le fasi di ispezione, eliminando costi di pulizia, spurgo e di fermo lavori;
- Il Metodo è in grado di indicare con precisione la posizione e l'estensione delle aree con anomalie per corrosione od altre difettosità del metallo
- Il Rapporto finale definisce il grado (alto – basso) di pericolosità dei difetti individuati ed è anche in grado di indicare la massima pressione operativa consentita, per lavorare in sicurezza, nonché il periodo di tempo in cui, alla pressione consentita, la sezione di tubo esaminate può comunque considerarsi sicura.

Minori Costi

La superiore economicità del sistema è garantita in quanto non sono necessarie :

- preparazione preventiva del sito né “attrezzaggio” del pipeline
- operazioni di ripulitura dell'interno della condotta prima dell'ispezione

Non Si Verificano Perdite Di Produzione.

La Tabella di seguito esposta evidenzia il risparmio consentito dal sistema, confrontando i costi rilevati, in un recente caso di ispezione di 6,6 Km di Condotte effettuati sia con il sistema proposto (MTM) che con un metodo tradizionale.

FASI di LAVORO	ILI €		MTM €
1 Lavori di scavo	53.106	(+)	7.072
2 Riparazione del rivestimento dopo	43.367		5.777
3 Lavori di riparazione stradali	18.547		2.472
Costo Totale	115.020		15.321

(+) 15 buche, 3 m di lunghezza, 2 m di profondità

3. APPLICAZIONE

Raccolta ed analisi dei dati

L'andamento delle linee di forza del campo magnetico viene rilevato ed analizzato per evidenziare le eventuali anomalie nel metallo utilizzando un apposito strumento di rilevazione (magnetometro registratore) che viene trasportato dall'operatore lungo il percorso della condotta.

I dati registrati sono successivamente esaminati e trattati da un apposito software per ricavare un indicatore del livello di rischio associato ai difetti individuati. Questi sono anche presentati su di una mappa che riporta l'esatta posizione di ogni difetto.

Fasi Operative

- Analisi della documentazione di progetto della condotta, dei disegni esecutivi
- Ispezione visiva del percorso della condotta ed attività preparatoria
- Ispezione magnetica della condotta per la raccolta dei dati
- Trattamento dei dati raccolti nell'ispezione
- Valutazione delle condizioni tecniche della condotta
- Individuazione dei punti di calibrazione ed attività preparatoria (scavi)
- Rilevazione NDT sulla porzione di condotta resa accessibile nei punti di calibrazione
- Finalizzazione dei risultati, conclusioni e Rapporto finale

Strumenti (Vedi Allegati)

Magnetometro

SKIF" della Linea MBS (MBS-03, MBS-04) si tratta di uno strumento capace di rivelare (e registrare) le variazioni delle linee di flusso del campo magnetico.

Localizzatore Poisk-A

Localizzatore di condotte di servizio, anche sotterranee e di piccola dimensione ed anche in condizioni locali "difficili".

Odometro ODA-03

Misuratore della distanza lineari di strutture tecniche-ingegneristiche, quali in particolare le condotte anche per trovare le coordinate lineari dei difetti individuati nella fase di ispezione.

Fase 1. Raccolta ed esame iniziale dei dati

In questa fase si studiano ed esaminano tutti i dati fisici, sia storici che attuali, relativi ai segmenti di condotta da ispezionare.

Il dettaglio delle informazioni richieste al Cliente per ogni condotta da ispezionare è descritto in un apposito Questionario da compilare prima della fase di ispezione.



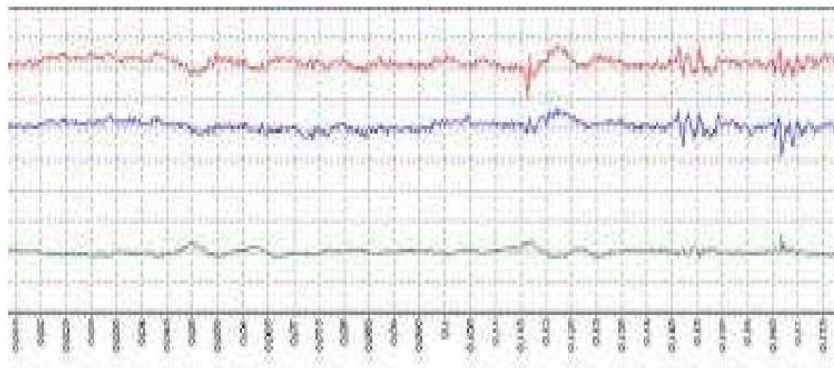
Fase 2. Ispezione della Condotta

Questa fase prevede una ispezione visiva del percorso della condotta, seguito dalla rilevazione del suo profilo magnetico, usando un metodo di acquisizione di dati proprietario, con un apposito strumento di registrazione.



Fase 3. Analisi dei dati

I dati raccolti nella fase precedente sono attentamente analizzati. Al completamento di questa attività si scelgono i siti ove effettuare gli scavi per la “calibrazione”.



Fase 4. Scavi per la Calibrazione



Gli Scavi per la calibrazione sono un passaggio indispensabile per ogni ispezione MTM. Gli scavi sono in genere eseguiti direttamente dall'operatore

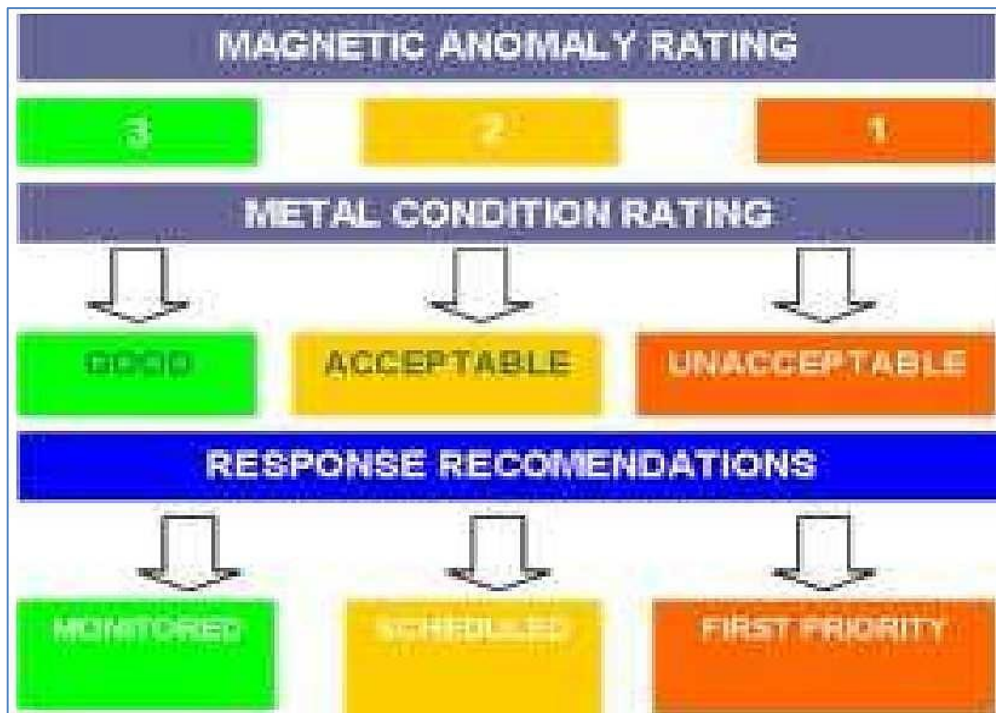
Dopo che la parete della condotta è stata portata alla luce i nostri tecnici conducono un esame diretto con una serie di strumenti NDE, compreso una strumentazione ad ultrasuoni.

I dati raccolti sono usati per correggere e calibrare l'analisi iniziale e preparare il rapporto finale.



Fase 5. Il Rapporto Finale

Il Rapporto finale comprenderà un elenco di tutte le registrazioni che hanno dato luogo ad una anomalia/difetto. con produzione di tabulato in cui viene elencata la posizione di ciascuna anomalia, la tipologia, la gravità, la raccomandazione sulle azioni da intraprendere. Nel rapporto saranno inclusi magnetogrammi, mappe delle sezioni di condotta esaminate, ed un riassunto delle ispezioni eseguite con il Metodo MTM.



4. RISULTATI

Il Rapporto Finale riporta le analisi effettuate e le anomalie e difetti riscontrati nelle sezioni di condotta ispezionate. Di seguito sono riportati alcuni esempi di tabelle e schemi con i dati finali del Rapporto.

Tabella sul Livello di Rischio delle Anomalie

Anomaly rank	Integral Risk Factor - F	Category of technical condition	Recommendation on increasing a pipeline section reliability
1	0.01 – 0.2	INADMISSIBLE	Section is subject for urgent repair
2	0.2 – 0.55	ADMISSIBLE	Section is subject for scheduled repair
3	0.55 – 1	GOOD	Section can be operated without

Anomalie Magnetiche con Livello di Rischio 1

Di seguito viene riportata una tabella con elencate le anomalie di 1° rango individuate con l'indagine MTM, con lunghezza totale di 5,0 m, presumibilmente causata da difetti di tipo perdita di metallo (*).

<i>Information about anomalies</i>				
Nº anomaly	Condition of metal	Clock position, hh:mm	Length of anomaly, m	Predicted Defect Group
21	1	5 h 45 m	1,3	Metal loss (*)
24	1	6 h 55 m	0,4	Metal loss (*)
26	1	5 h 34 m	0,8	Metal loss (*)
29	1	6 h 42 m	0,7	Metal loss (*)
31	1	6 h 47 m	0,6	Metal loss (*)
49	1	3 h 31 m	0,4	Metal loss (*)
50	1	5 h 58 m	0,8	Metal loss (*)

Anomalie Magnetiche con Livello di Rischio 2

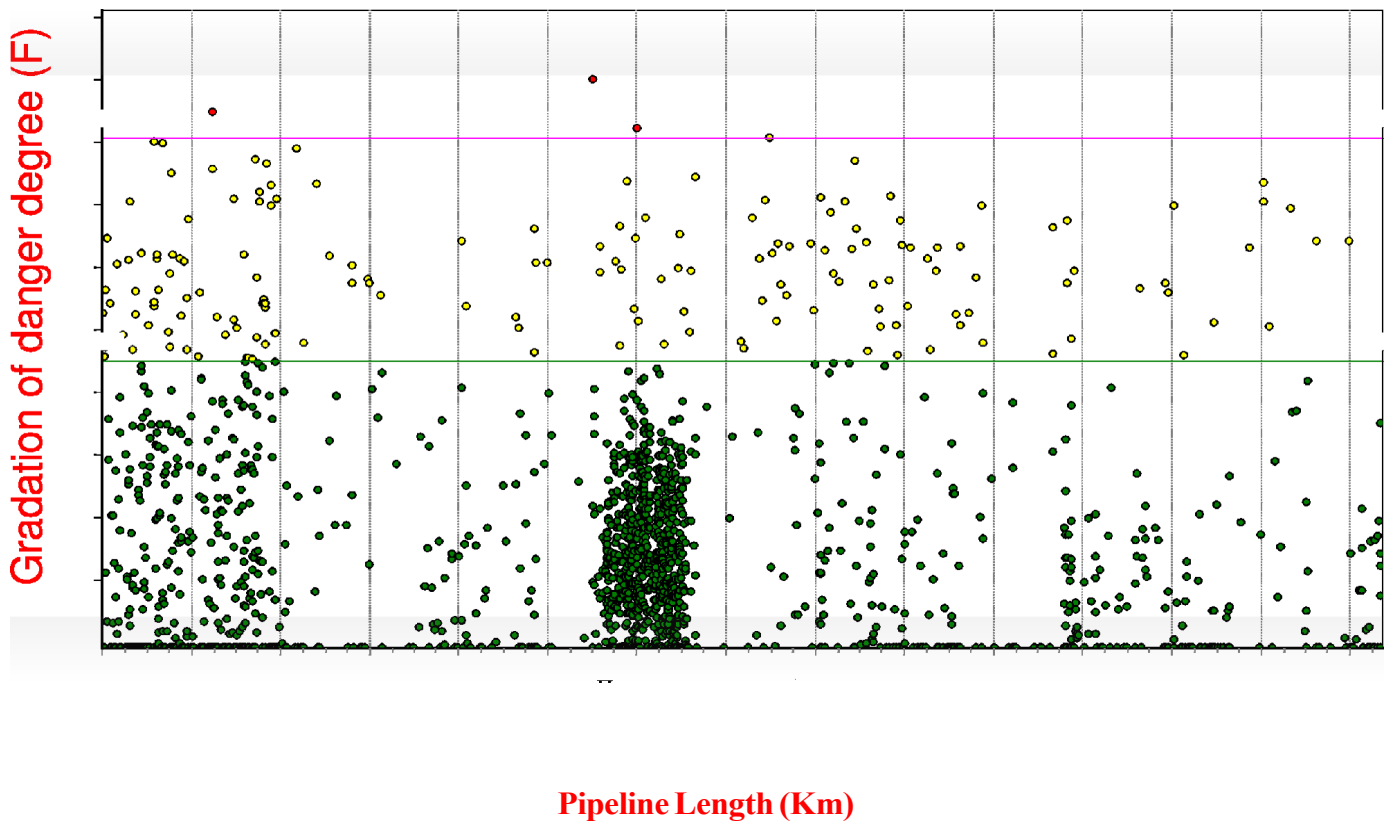
Di seguito si riportano 10 sezioni con anomalie magnetiche del 2 ° rango, con lunghezza totale di 56,3. m, presumibilmente causata da difetti di tipo perdita di metallo (*),

<i>Information about anomalies</i>				
No anomaly	Condition of metal	Clock position, hh:mm	Length of anomaly, m	Predicted Defect Group
117	2	6 h 41 m	25,0	Metal loss (**)
119	2	6 h 41 m	6,4	Metal loss (**)
124	2	6 h 57 m	2,6	Metal loss (**)
126	2	6 h 57 m	0,2	Metal loss (**)
153	2	6 h 32 m	4,1	Metal loss (**)
155	2	5 h 41 m	4,2	Metal loss (**)
156	2	7 h 16 m	2,0	Metal loss (**)
157	2	5 h 41 m	6,6	Metal loss (**)
158	2	7 h 16 m	4,2	Metal loss (**)
159	2	5 h 41 m	1,0	Metal loss (**)

Di seguito si riportano 8 sezioni con anomalie magnetiche del 3 ° rango, con lunghezza totale di 67,5. m, presumibilmente causata da difetti di tipo **Stress-Deformed Condition**.

<i>Information about anomalies</i>				
No anomaly	Condition of metal	Clock position, hh:mm	Length of anomaly, m	Predicted Defect Group
115	2	5 h 49 m	13,2	Stress-deformed condition
122	2	6 h 45 m	6,2	Stress-deformed condition
129	2	6 h 9 m	9,2	Stress-deformed condition
130	2	6 h 29 m	5,7	Stress-deformed condition
143	2	4 h 50 m	11,2	Stress-deformed condition
146	2	6 h 32 m	11,2	Stress-deformed condition
152	2	6 h 6 m	2,1	Stress-deformed condition
154	2	6 h 6 m	8,7	Stress-deformed condition

An Example of Pipeline Anomaly Diagram



5. CONCLUSIONI

La Metodologia descritta permette quindi di conseguire i seguenti obiettivi:

- Evidenziazione delle sezioni di condotta che presentano anomalie e richiedono quindi speciale attenzione ed eventuali interventi
- Individuazione del percorso della condotta permettendo la realizzazione ed aggiornamento di mappe precise ed affidabili delle reti di tubazioni
- Specificazione dei parametri relativi ai danni da corrosione della condotta, individuazione della cause della corrosione e misura della velocità di avanzamento del processo di corrosione in ambiente reale
- Individuazione della vita residua della condotta, tenendo conto dei parametri di aggressività sia del terreno ed in generale dell'ambiente circostante che del prodotto trasportato, nonché delle variazioni strutturali e delle forze agenti sul metallo
- Indicazioni delle condizioni di ripristino e di mantenimento della operatività della condotta
- Revisione tecnica ed economica delle condizioni della condotta, al fine di consentire la messa in campo di efficaci politiche di copertura (assicurativa) dai rischi per situazioni di emergenza
- Acquisizione delle informazioni necessarie a studiare le più efficaci politiche di intervento con programmi di manutenzione, anche preventiva, delle reti di condotte
- Rilascio - su richiesta del Cliente - di Documentazione e Certificazioni relative alle condotte, con la indicazione delle coordinate geografiche assolute (indicatori GPS)

ALLEGATO

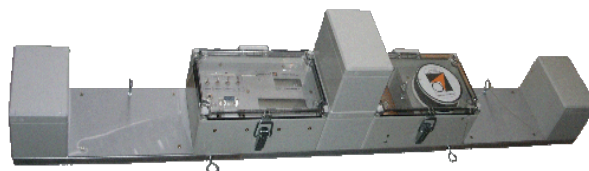
Strumenti utilizzati

Magnetometro SKIF – MBS

Il metodo diagnostico per indagine a contatto delle pipeline si basa sulla memoria magnetica del metallo (MMM) ed esamina gli effetti magneto-elastici e magneto-meccanico.

Il metodo magnetometrico senza contatto è un metodo nuovo di stima di condizione tecnica della condotta ed è basato sull'esposizione dei difetti "whereabouts" che producono nella registrazione dello strumento.

Lo strumento è in grado di registrare cambiamenti di conducibilità magnetica derivati da variazioni intervenute a seguito di stress causati da carichi meccanici o modifiche strutturali nel metallo della pipeline (deformazione tubo, corrosione interna o esterna, abbassamenti di tensione, carichi da frane, ecc.). La strumentazione del tipo a scansione senza contatto (MBS-03, magnetometro MBS "SKIF" della linea di prodotti MBS 04), è in un certo senso un rilevatore di difetti "mute".



L'indagine MTM utilizza un magnetometro di scansione non a contatto di tipo proprietario, "SKIF". I dati tecnici su questo strumento sono riportati di seguito.

Dimensions	7.7"x7.7"x29.5" (200 x 200 x 750 mm)
PC Connection:	RS 232
Metal loss defect limitations:	from 6 % to 85 % of pipe wall thickness (an error in predicting actual metal loss is $\pm 20\%$)
Requirements to inspected surface:	None. Anomalies can be revealed for surface, underground/underwater pipeline at operating conditions with any type of coating, CP, as well as with presence of volumetric products of corrosion
Maximum scanning speed:	up to 6.5'/sec (2 m/sec)
Minimum length of inspected segment:	330' (100 m)
Maximum distance between magnetometer and the pipeline (deviation from axis, depth of pipeline):	15 pipe diameters (subject to operating pressure at the time of test), up to 20 D in some soils.
Diameters of inspected lines:	from 3" to 56" and higher
Pipe wall thickness:	no limitations

Possible interferences:	High voltage power lines and digital communication lines running in close proximity could affect recording data
Accuracy of detection:	Location: $\pm 5'$; Clock Position: ± 45 Deg
Odometer error:	not to exceed 3%
Operating temperature range:	5 to 104 deg F (-15 °C to + 40 °C)
Enclosure classification:	IP-66
Weight:	9.9 lbs (4.5 kg)
Power supply:	PS1212 type batteries or 9 to 24 V DC
Maximum continuous operation time:	no less than 8 hours

Route-locator Poisk-A

Consente di individuare condotte metalliche interrante di grande e piccolo diametro, fornendo la loro ubicazione e profondità di posa, eventuale alimentazione e presenza di cavi telefonici, anche in presenza di intersezioni o parallelismi con altri servizi, a prescindere dalla presenza di protezione catodica e di disturbi di sfondo dovuti a interferenze causate da filobus, tram e linee elettriche di potenza (linee MT/AT).

Caratteristiche:

- affidabile e veloce consente l'ispezione del territorio prima di effettuare opere di scavo;
- individua la posizione esatta della pipeline prevenendo eventuali danni del rivestimento isolante durante le opere di scavo;
- Individua eventuali intersezioni di pipeline con eventuali cavi di energia attivi;
- individua la presenza di altre linee di servizio, comprese linee elettriche aeree nelle vicinanze di pipeline o cavi;
- condizioni di utilizzo del «POISK-AMS»: temperatura ambiente da -30 fino a + 50 ° C, umidità relativa fino al 98% a + 20 ° C, pressione atmosferica, 84-106,7 kPa.



Odometer ODA-03

L'Odometro portatile della serie APS-03 di «ODA», è utilizzato per la misura della distanza lungo eventuali punti caratteristici del tracciato di una condotta, con lo scopo di fissare le coordinate lineari delle anomalie/difetti, che sono stati rivelati in linea durante l'ispezione magnetometrica non a contatto, o altre ispezioni diagnostiche di altro tipo.

Consente attraverso l'utilizzo delle coordinate lineari, di fissare le caratteristiche di un percorso: strutture di linea a terra, guadi, strade, anfratti, ecc..

Il contachilometri portatile APS-03 può essere utilizzato anche per:

- la marcatura delle coordinate longitudinali lungo un asse sotterraneo di tubazioni per il completamento di una banca dati per il processo di certificazione;
- l'ODA-03, insieme all'unità "POISK-AMS", è utilizzato come unità per il tracciamento del percorso di un gasdotto/oleodotto, o con altro via-tracer set con la funzione di misurazione della profondità di posa.



- Portatile
- Minimo peso
- Contento in una custodia anti urto
- Di semplice funzionamento