

METODOLOGIA PER LA RICERCA SOTTORRANEA DI SOTTOSERVIZI

G.L. Di Marco¹, A. Curto Pelle¹, E. Lo Giudice², G. Navarra², G.F. Messina³

¹*Studio Tecnico Lo Giudice-Di Marco, 92024 Racalmuto (AG), tel. 0922-942603*

logiudice.dimarco@gmail.com

²*DISMAT s.r.l., C.da Andolina, S.S. 122 – km 28 – 92024 Canicattì (AG), tel. 0922-859406*

info@dismat.it

³*Studio Legale e d'Ingegneria ABM, Palermo tel. 091 7829210, gianf.messina@gmail.com*

1. INTRODUZIONE

Uno dei problemi più spinosi che si riscontra nelle fasi preliminari dei lavori che comportano operazioni di scavo sulla sede stradale riguarda l'individuazione dei sottoservizi esistenti.

Da quanto si è avuto modo di riscontrare, né gli Enti Locali, in quanto proprietari del sottosuolo, né le Società di Gestione dei sottoservizi riescono a fornire ai richiedenti informazioni precise. Infatti, come gli autori hanno potuto ampiamente verificare, nel corso della loro attività professionale, le planimetrie in possesso dei “gestori” delle reti e degli “Enti territoriali” ove esse si estendono, tramandate nel corso degli anni, contengono numerose e svariate difformità rispetto a quanto effettivamente esistente nel sottosuolo. E in tale scenario, ad aggravare la situazione contribuisce la superficiale e carente funzione di coordinamento che dell'Ente proprietario dovrebbe esercitare tra le Società di Gestione dei sottoservizi.

In definitiva, la difficoltà a reperire informazioni celeri e attendibili si risolve, spesso, in un salto nel buio, non privo di conseguenze sul piano economico e spesso su quello, ancor più importante, della pubblica incolumità così come drammaticamente dimostrato da alcuni recenti eventi esplosivi.

Nella presente memoria gli Autori illustrano una metodica ampiamente sperimentata in campo che, basandosi sull'uso del Georadar, permette a progettisti ed imprese esecutrici di affrontare l'annoso problema in tempi contenuti e con costi sostenibili.

2. CAMPI DI APPLICAZIONE E FINALITA'

La metodologia di indagine che si illustrerà, trova applicazione in due campi: quello dei controlli da effettuare a collaudo delle opere e quello che chiameremo di “verifica dell'esistente”, da effettuare su reti o rami di rete costruiti nel passato di cui le informazioni costruttive sono frammentarie o addirittura assenti, giacché affidate, nella migliore delle ipotesi, alla memoria storica di alcuni “fontanieri” che non sempre riescono a tramandarle compiutamente ai loro successori o alle subentranti aziende di gestione. Del resto, si è potuto ampiamente verificare che le planimetrie in possesso dei “gestori” delle reti e degli “Enti territoriali” ove esse si estendono, tramandate nel corso degli anni, contengono numerose e svariate difformità rispetto a quanto effettivamente esistente nel sottosuolo, quali a titolo esemplificativo si possono indicare: la difformità tra il tracciato rappresentato e quello realmente seguito dalle tubazioni, la mancanza di un

aggiornamento cartografico al passo con le nuove estensioni, diametri e profondità di posa diverse, modalità di posa e materiali di riempimento in violazione della normativa tecnica e delle regole del *buon costruire*.

In riferimento al primo campo di applicazione, tutti i lavori che riguardano la costruzione di nuove reti di sottoservizi, quali le reti di distribuzione idrica, di drenaggio urbano, del gas metano e quelle elettriche, richiedono il rispetto di norme tecniche e di prescrizioni previste dai Capitolati Speciali predisposti dagli Enti o dalle Società di gestione appaltanti. Tuttavia, in taluni casi, si tratta di lavori che procedono speditivamente con l'apertura, la posa e l'interramento della trincea nello stesso giorno di lavoro. D'altra parte, questa è anche un'esigenza tecnica operativa legata alla necessità di non lasciare gli scavi aperti durante la notte, trattandosi quasi sempre di lavori che avvengono all'interno della sedi stradali e dei centri urbani. Ciò non permette sempre al direttore dei lavori o al supervisore di cantiere della Società/Ente appaltante di controllare la corretta esecuzione dei lavori: e non tutti i Gestori appaltanti, come gli scriventi hanno potuto constatare, hanno un'organizzazione tale da consentire un idoneo controllo delle prescrizioni normative e di quelle del Capitolato.

Ma soprattutto, come gli Autori hanno potuto rilevare direttamente dalla loro esperienza lavorativa, molto carente è per questa tipologia di lavori, la cultura del controllo sperimentale in cantiere, attenendosi, nella migliore delle ipotesi, esclusivamente a quello documentale, insufficiente per ottenere un controllo reale ed efficace.

In riferimento al secondo campo di applicazione, l'adozione di una metodologia di indagine in grado di restituire un report puntuale e accurato del "costruito", si rende necessaria in numerose situazioni.

Un caso di studio significativo è certamente quello che riguarda le reti di distribuzione costruite prima che il gestore "attuale" ne sia entrato in possesso e la cui reale consistenza è legata alla rappresentazione che di esse è stata effettuata dai costruttori e/o dai "primi" gestori. Ciò perché, sono rari i casi in cui la cessione delle reti viene preceduta dall'effettuazione di una vera e propria perizia tecnica descrittiva della reale situazione e consistenza della stesse, che implicherebbe un'attività particolarmente onerosa, di cui, normalmente, nessuna delle parti interessate vuole farsi carico. Altro caso, usuale nella pratica operativa è rappresentato dall'esigenza degli Enti o Società di gestione di rispondere con puntualità alle richieste di altri Gestori di sottoservizi che, per affrontare nuovi lavori di ampliamento delle proprie reti, hanno necessità di conoscere il tracciato e la profondità di tutte le canalizzazioni presenti nella sede stradale oggetto dei lavori. Ovviamente, questo scambio di informazioni che dovrebbe essere coordinato dall'Ente territoriale non sempre avviene per la lungaggine dei tempi burocratici; nella migliore delle ipotesi è il gestore appaltante che effettua spontaneamente una comunicazione agli altri enti gestori, pur nella consapevolezza di non ottenere una risposta in tempi utili. In effetti i tempi di risposta sono inaccettabili con la pratica operativa e di contro le risposte ottenute siano imprecise, lacunose o addirittura erranee. Dunque ci si ritiene liberi di potere procedere in piena autonomia, affidando la ricognizione alla ditta appaltatrice che, a sua volta, si vede caricata da tale onere senza alcun compenso aggiuntivo alle lavorazioni. Ma ciò che più meraviglia, è che in un settore così burocratizzato da procedure di ogni genere, non si trova, eccetto rarissime eccezioni, traccia di alcuna procedura che si interessi con rigore scientifico della metodologia da adottare. Riepilogando: gli Enti territoriali tendono a defilarsi dal loro compito di mettere insieme le informazioni in possesso e di coordinare tavoli tecnici per lo scambio di informazioni; i Gestori hanno maturato la

convinzione di potere addivenire alle informazioni necessarie alle operazioni di scavo in autonomia affidandosi alle ditte appaltatrici che tendono inevitabilmente ad improntare tale attività all'insegna della celerità e del risparmio economico, visto che si tratta di un onere economicamente non riconosciuto. In conclusione, i lavori inerenti nuovi scavi affrontati con un accertamento dei sottoservizi presenti, superficiale e lacunoso, non ha come conseguenza, soltanto, il continuo e non banale incorrere in situazioni impreviste, con la necessità di ricorrere alla predisposizione di sempre nuove varianti, ma soprattutto – e qui sta il problema che più ci sta a cuore – con ripercussioni sul piano della sicurezza e della pubblica incolumità. Emblematico, è il tragico incidente avvenuto a Barletta nell'Aprile del 2015, in cui al di là dagli accertamenti sulle responsabilità disposte dall'Autorità Giudiziaria, il motivo dell'esplosione che coinvolse un dipendente della società di gestione della rete del gas, uccidendolo, fu la perdita causata da una dispersione del gas causata dallo squarcio di una TOC (Trivellazione orizzontale controllata) impiegata per il passaggio di fibre ottiche.

Tanti sono i casi in cui invece ci si imbatte in pericolose interferenze tra sottoservizi, non dovutamente protette secondo gli accorgimenti previsti dalle normative del settore: fognature con tubazioni del gas, tubazione idriche con cavi elettrici e tubazioni del gas, canalizzazioni elettriche e tubazioni del gas.

È di tutta evidenza che fra i sottoservizi quello che in tal senso può definirsi più "sensibile" alle conseguenze dovute a possibili interferenze, è quello di distribuzione del gas metano. Tanto è vero che, negli anni della metanizzazione, la normativa tecnica si è interessata delle problematiche del settore tentando di fissare degli irrinunciabili principi di corretta esecuzione, richiamando numerose norme UNI che hanno acquistato in tal modo valore cogente. D'altra parte alcuni Gestori della distribuzione del gas hanno inserito nei loro Capitolati Speciali d'Appalto, ulteriori e più severe prescrizioni, soprattutto in merito alle problematiche relative alle interferenze, alla profondità di posa e al materiale di rinterro.

Proprio sugli impianti di distribuzione del gas, gli Autori hanno dedicato la loro attenzione, studiando e poi testando una metodologia di indagine su diverse centinaia di chilometri di rete, ottenendo risultati ampiamente soddisfacenti.

L'approccio seguito può facilmente estendersi allo studio di tutte le altre tipologie di sottoservizi, adattando il protocollo alla tipologia di sottoservizio e alle esigenze specifiche della committenza. In generale il protocollo adottato per lo studio delle reti di distribuzione del gas risponde ad una varietà di esigenze, tali da ricomprendere quelle che, invece, sono proprie anche di altri sottoservizi. Infatti, la ricerca delle tubazioni del gas non è finalizzata esclusivamente alla determinazione del loro tracciato sulla sede stradale, ma all'acquisizione di altre fondamentali informazioni quali, ad esempio, le modalità e la profondità di posa, la distanza da altre canalizzazioni e le caratteristiche granulometriche e fisiche del materiale di rinterro, ovvero in definitiva, di tutti quei parametri tecnici che permettono un efficace controllo della rispondenza alle Norme tecniche di riferimento. Infine, e non per ultimo, è spesso necessario estendere il controllo sul ripristino della pavimentazione stradale, relativamente al quale, gli Enti territoriali proprietari della sede stradale impongono delle prescrizioni sui materiali e sulle modalità esecutive, quantitative e qualitative. In merito, anche i Gestori forniscono alle ditte appaltatrici delle indicazioni da Capitolato, ma queste risultano spesso tecnicamente insufficienti per garantire una corretta esecuzione dei lavori di ripristino, con l'aggravante che, in taluni casi, mancando parametri di raffronto precisi e definitivi, diviene difficile effettuare il controllo

sperimentale.



Figura 1 Danneggiamento causa TOT



Figura 2 Danneggiamento causa catenaria

3. METODOLOGIA SPERIMENTALE

Si procede ad illustrare un approccio metodologico sperimentale rigoroso, basato sull'uso del Georadar, che ha consentito di ottenere una rappresentazione dettagliata di alcune reti di distribuzione del gas o porzioni di esse, su disposizioni dell'Autorità Giudiziaria.

Volutamente nella fase di studio della metodologia si è inteso ancorare tutte le sue fasi a dei requisiti che sono da ritenersi fondamentali sia dal punto di vista scientifico che giudiziario, quali: la ripercorribilità, il rigore scientifico, la sostenibilità dei costi e una bassa invasività.

D'altra parte, una metodologia di verifica basata esclusivamente sull'apertura di pozzetti esplorativi non potrebbe per sua natura dare una rappresentazione esaustiva della realtà, se non attraverso un numero di saggi molto elevato, con un impatto sul tessuto urbano non indifferente e costi molto sostenuti; peraltro, resterebbero comunque fuori dal quadro conoscitivo alcune basilari informazioni, tra cui, la più rilevante, è la presenza o meno di interferenze con altre canalizzazioni di sottoservizi, fattore di fondamentale importanza per la sicurezza degli impianti e l'incolumità pubblica.

In generale, la metodologia, che qui di seguito si procederà ad illustrare nel dettaglio, e riguardante la ricerca delle reti di distribuzione del gas, e applicabile con i dovuti filtri anche alla ricerca di altri sottoservizi, permette di mappare, identificare e verificare non solo brevi tratti, ma intere reti di distribuzione cittadine di media grandezza, anche in assenza di un vero e proprio progetto e disponendo soltanto di uno "schizzo" del più probabile tracciato seguito dalle tubazioni, come, peraltro, avviene in molti dei Comuni del territorio nazionale.

Pur intuendo la rilevanza che assume in seno alla metodologia da adottare il protocollo delle indagini sperimentali, resta comunque di fondamentale importanza l'esperienza del tecnico verificatore, che dovrà modellarlo sulla situazione specifica con il preciso obiettivo di perseguire la fattibilità delle stesse e l'ottenimento di un quadro conoscitivo esaustivo. Dunque, possono distinguersi cinque fasi operative così di seguito descrivibili:

- **Prima fase:** attività di acquisizione di tutti i dati relativi alla rete e allo studio della sua architettura. Essa viene riportata virtualmente su un'ortofoto indicante la toponomastica

del comune. Ove possibile, conviene effettuare un primissimo riscontro esplorativo con l'applicativo *street view* al fine di appurare per ogni strada accessibile virtualmente, la presenza di contatori o prese o chiusini (caso che riguarda anche la distribuzione idrica) e le peculiarità del contesto urbano (traffico, tipologia della pavimentazione, etc...).

- **Seconda fase:** individuazione dei punti di ubicazione dei saggi da effettuare con i pozzetti esplorativi. La scelta è ispirata, almeno nella fase preliminare, a criteri squisitamente tecnici basati sulla documentazione acquisita nella “prima fase” e al controllo della sua veridicità; in particolare, gli elementi sui quali porre l’attenzione sono: il diametro delle tubazioni, la loro profondità, le modalità di posa, l’eventuale assunzione di accorgimenti tecnici in presenza di interferenze. Quindi, al fine di minimizzare l’invasività e il disagio conseguente all’esecuzione dei saggi sul tessuto urbano, è opportuno che questi coincidano con i nodi significativi della rete in modo da potere verificare il diametro di più rami contemporaneamente. Altro criterio è quello legato alla lunghezza del tratto da indagare: sia che si tratti di ramo antenna (ossia con un’estremità libera), sia che si tratti di un lato della maglia (ossia compreso tra due nodi) è opportuno prevedere un pozzetto di verifica e taratura ogni 200 m. La seconda fase si conclude con un sopralluogo tendente ad accertare soprattutto la fattibilità operativa dei saggi nel particolare contesto urbano e la stesura di un programma cronologico per l’esecuzione degli stessi.

- **Terza fase:** riguarda l’esecuzione in campo delle indagini previste in protocollo. In generale, a partire da un punto noto della rete, quale può essere nel caso delle reti del gas, la cabina di 2° salto (GRF), o nel caso delle reti distribuzione idrica un pozzetto di ispezione, si effettua una prima ricognizione con il Georadar, al fine di delineare una prima ipotesi di tracciato della tubazione, il punto più sicuro dove effettuare il saggio esplorativo e alcune possibili criticità, quali interferenze con altri sottoservizi. Dopo questa stesa preliminare, si effettua l’operazione di scavo nel punto prescelto secondo le indicazioni del segnale GPR, aprendo una breccia di dimensioni il più possibile contenute. Rintracciata la rete segnaletica se ne misura la distanza dalla pavimentazione stradale e quindi si prosegue lo scavo con badile sino al raggiungimento della tubazione. Accertato che si tratta della tubazione appartenente alla rete oggetto di studio, si provvede ad effettuare tutti i rilievi metrici previsti in protocollo e al prelievo dei campioni dei materiali di riempimento da sottoporre alle analisi di laboratorio. Si effettua quindi il secondo saggio in corrispondenza del nodo significativo successivo. A questo punto si procede alla taratura del georadar basandosi sui rilievi appena effettuati e si eseguono le stese trasversali che generalmente sono poste ad interasse compreso tra i 5 e i 10 m, così da posizionare per punti il tracciato della tubazione dove effettuare le stese longitudinali in andata e ritorno. Si procede quindi al rilievo del tracciato della tubazione individuata rispetto ai fabbricati, compresa l’ubicazione delle prese di derivazioni utenza o ai fognoli di scarico nel caso si tratti di fognature.

Il processo si ripete, quindi, su tutta la rete cercando di avanzare con ordine e sistematicità secondo una tecnica che può definirsi ad “inseguimento”; tecnica che permette di identificare rami di rete non cartografati e pur tuttavia presenti anche al di fuori del centro abitato.

- **Quarta fase:** restituzione del rilievo su una carta tematica CTN in scala 1:2.000 del centro urbano, riportando in essa il tracciato delle tubazioni, il loro diametro e le prese. Contemporaneamente in Laboratorio avviene l’esecuzione delle prove sui materiali prelevati e l’elaborazione dei radargrammi registrati per ciascuna stesa con apposito

software dedicato. L'analisi del segnale consente di ottenere informazioni utili relativamente ai seguenti aspetti: profondità della tubazione, presenza di interferenze con tubazioni e manufatti funzionali ad altri sottoservizi, e in taluni casi, anche lo spessore e la tipologia di materiale costituente il ricoprimento e la pavimentazione. Tale fase si conclude, per le reti di distribuzione idriche e del gas, con un'ulteriore verifica in campo tendente ad accertare per ogni ramo della rete, il numero e la tipologia di contatori ad essa allacciati. Ove si ritiene, a conferma dei dati conseguiti tramite il georadar si possono aprire altri pozzetti esplorativi.

- **Quinta fase:** è la fase conclusiva in cui si è procede alla stesura della perizia, riportando i risultati conseguiti ed eseguendo una classificazione delle *non conformità* rilevate.

I risultati possono essere raccolti in un database dove confluiranno le informazioni ottenute dalle verifiche in campo e i risultati sperimentali di laboratorio. Esso potrà essere connesso alla cartografia digitale, in modo da dotare l'Azienda di Gestione di un sistema cartografico digitale interattivo e funzionale sia per le normali attività di routine di gestione della rete sia per eventuali successivi fasi di progettazione e/o adeguamento del sistema di distribuzione.

4. PROTOCOLLO DI INDAGINE

È stato testato in numerose campagne di indagine, all'interno di Comuni molto diversi per struttura e organizzazione del tessuto urbano, su reti differenti per tipologia e dimensioni. Esso prevede il concomitante impiego di due metodologie: quella sperimentale di tipo indiretto, facente uso del GeoRadar, che permette di localizzare la posizione planimetrica del tubo lungo l'intero tracciato, la sua profondità di posa e le eventuali interferenze con altri sottoservizi, e quella classica del controllo diretto, tramite lo scavo di pozzetti di ispezione, che permette di effettuare l'acquisizione delle misure di interesse e la taratura del software dedicato (connesso al GeoRadar) mediante il rilievo della profondità di posa. In particolare l'applicazione del protocollo prevede la realizzazione delle indagini riportate in tabella 1.

L'apertura di pozzetti esplorativi in numero di uno per ogni stesa longitudinale di Georadar di 200 m, permette il rilievo puntuale della profondità di interrimento, la geometria della sezione di scavo, il diametro nominale della condotta, la constatazione delle modalità di posa e del materiale che circonda la tubazione, la natura del materiale di rinterro, la presenza o meno di un sistema di segnalazione della condotta, e infine, la tipologia della condotta stessa (v. Fig.3). Naturalmente di tutte le suddette operazioni vanno eseguiti rilievi fotografici così da attestarne le risultanze.

Tab.1 – Protocollo di indagine per il tracciamento e il controllo della corretta esecuzione dei lavori

Tipo di indagine/prelievo	Quantità	Scopo indagine/modalità
GEORADAR	Stese di lunghezza di circa 200 m.	Individuare la posizione della condotta. L'indagine viene eseguita con stese longitudinali lungo l'asse della condotta e stese trasversali di 2 m ad un intervallo compreso tra 5 e 10 m.

POZZETTI DI ISPEZIONE	Almeno un pozzetto di verifica per ogni stesa e un tantum un pozzetto di controverifica da effettuare dopo l'analisi dei radargrammi.	Taratura del Georadar. Verificare le misure metriche: diametro, sezione di scavo, tipologia e prelievo del materiale di riempimento e constatazione delle modalità di posa.
PRELIEVO TERRE	Due prelievi per pozzetto: il primo per il controllo del materiale attorno alla condotta (posa, rinfianco e ricoprimento) il secondo dal rinterro superiore.	Determinazione delle caratteristiche fisiche del materiale di riempimento e/o a contatto con la condotta e a campione test di cessione.
PRELIEVI DI CAROTE DI CONGLOMERATO BITUMINOSO	Su ogni tratto di rete e comunque ogni 200 m circa.	Determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche del conglomerato bituminoso utilizzato.

L'apertura degli scavi è utile anche per operare il prelievo di due campioni di terra: il primo in prossimità della tubazione e il secondo dal rinterro superiore.

Tali campioni saranno successivamente sottoposti a indagini di laboratorio tendenti ad accertare la classificazione del materiale a diretto contatto con la condotta secondo le modalità previste dalla CNR 10006 con la determinazione del limite liquido, del limite plastico, l'indice plastico, l'indice di gruppo e della curva granulometrica, utile ad effettuare una valutazione sull'idoneità del materiale utilizzato associandogli le caratteristiche proprie del terreno del gruppo e sottogruppo di appartenenza; e infine,

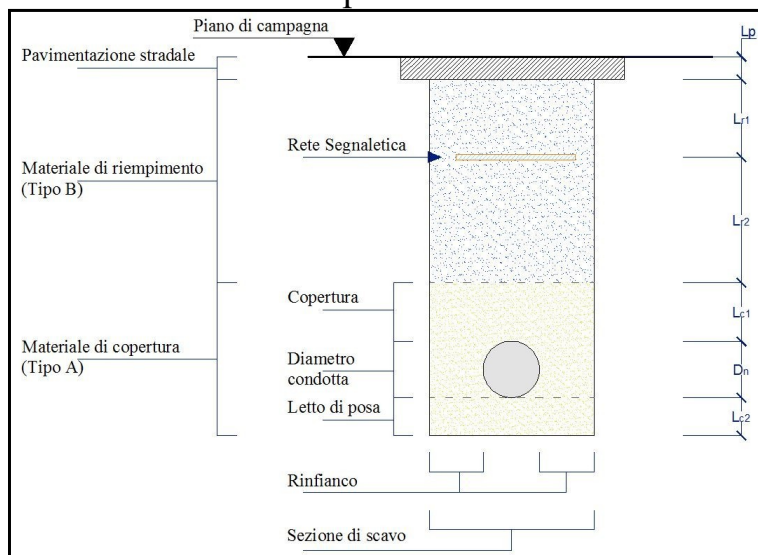


Figura 3 Sezione tipo pozzetto

i test di cessione, ossia la prova simulata standardizzata di rilascio di contaminanti.

Indagine, quest'ultima, di rilevante interesse nel caso in cui si sospetti che il rinterro sia stato realizzato con materiali non certificati ma inquinanti come ad esempio sfabbricidi, lastre di conglomerato bituminoso o altri rifiuti speciali. Nei casi in cui nel Capitolato l'Ente appaltante si è spinto sino ad indicare una curva granulometrica per il materiale da porre a diretto contatto con la condotta, si provvederà a mettere a confronto la curva

granulometrica di progetto con quella del materiale prelevato. Inoltre, il processo di classificazione, avvenendo attraverso la determinazione dei limiti di Atterberg, permette di appurare proprietà fisiche reologiche del materiale di rinterro e quindi il suo comportamento in presenza di acqua e la sua permeabilità, fattori questi, di notevole importanza per le reti di distribuzione del gas.

La metodologia GPR, attraverso l'utilizzo di onde elettromagnetiche, consente la definizione delle caratteristiche interne del mezzo indagato. In particolare, è possibile identificare interfacce tra livelli dotati di differente resistività e costante dielettrica. Tali parametri sono in seguito correlabili a fattori fisici quali la presenza di interfacce, cavità ed inclusioni, il grado di compattazione, la posizione e le caratteristiche di eventuali oggetti inglobati, la presenza di zone umide o di zone non cementate.

E' preferibile, che il Georadar sia dotato di due antenne di diversa potenza (ad ex: 200 e 600 MHz) e che ciascuna di esse venga fatta passare in corrispondenza dell'ipotetico asse della condotta da indagare; dunque nella pratica si realizzano due stese longitudinali, una in andata e l'altra in ritorno, oltre a quella preliminare. È essenziale che le stese longitudinali siano precedute da quelle trasversali aventi interasse variabile tra i 5 e i 10 metri, che permettono di posizionare per punti il tracciato della tubazione e così individuare i punti di passaggio delle stese longitudinali. Anche la stesa GeoRadar di prima ricognizione si è dimostrata di fondamentale importanza per stabilire l'ubicazione del primo saggio di ispezione e la presenza di eventuali criticità da approfondire con le stese successive e con i pozzetti di controllo. Nelle campagne di indagine effettuate, si è utilizzata una strumentazione RIS MF Hi-Mod, costituita da una struttura su cui è possibile installare il corpo antenne, l'unità di controllo, l'encoder e infine un laptop o tablet per visualizzare in tempo reale le scansioni effettuate. La configurazione modulare consente l'assemblaggio di più antenne mediante un collegamento a catena che consente di scansionare contemporaneamente superfici più o meno ampie. L'unità di controllo utilizzata, del tipo FW Multicanale di IDS, consente di gestire tutte le tipologie di antenne. Fase fondamentale dell'intero processo di acquisizione è quella preliminare, in cui avviene l'operazione di taratura della strumentazione utilizzata. Questa è eseguita in maniera indiretta poiché la profondità del sottoservizio da individuare è definita dallo scarto tra l'impulso emesso e quello riflesso; il Δt trovato viene convertito in valore metrico tramite la conoscenza della velocità di propagazione del mezzo da indagare. La taratura diretta, invece, è impiegata una tantum, al fine di avere un riscontro con quanto stimato indirettamente.

Per determinare gli spessori della pavimentazione si è ricorso al prelievo del materiale con carotatrice verticale. I carotaggi sono stati eseguiti in corrispondenza dell'asse della trincea di scavo e a circa 1,00 m da esso, così da verificare che lo spessore del conglomerato bituminoso rispetto a quello esistente prima dei lavori di scavo.

La caratterizzazione del conglomerato bituminoso deve avvenire con la determinazione di quei parametri fisici e meccanici che possano permettere un raffronto con le prescrizioni presenti nei Capitolati. In genere essi si attengono a pochi parametri; dunque anche le indagini da eseguire sulle carote estratte sono minime; in particolare: identificazioni degli strati e misura degli spessori, determinazione della massa volumica con pesata idrostatica di provino paraffinato, determinazione della percentuale di bitume, determinazione della percentuale dei vuoti e analisi granulometrica. Il numero di carotaggi tale da consentire l'esecuzione delle prove è in numero minimo di quattro.

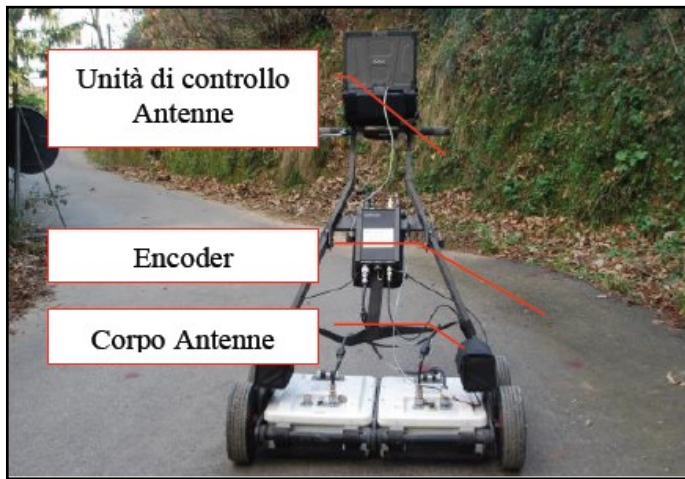


Figura 4 Sistema GeoRadar

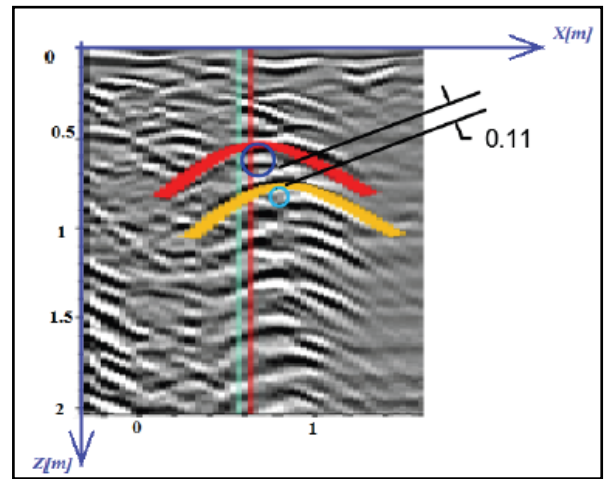


Figura 5 Interferenze parallele

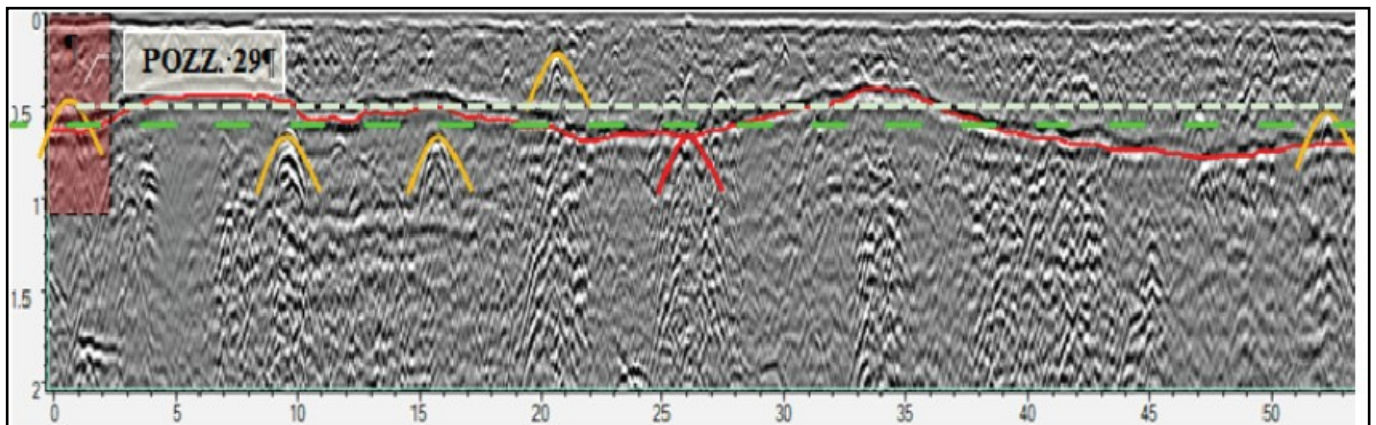


Figura 6 Profilo della tubazione, scostamento dal limite prescritto, indicazione interferenze trasversali

5. CONCLUSIONI

Gli Autori, dopo numerose campagne di indagine, hanno potuto verificare che gli accertamenti eseguiti secondo le modalità previste nel protocollo, permettono al tecnico verificatore di acquisire tutti quei dati necessari per stabilire la presenza di eventuali *non conformità* rispetto alla Normativa e ai Capitolati e un attendibile quadro conoscitivo riguardo le modalità tecniche di esecuzione adottate per la realizzazione delle opere oggetto di studio. In senso più ampio rappresentano una base fondamentale per stabilire lo stato di sicurezza delle reti e la correttezza tecnica di esecuzione dei lavori.

Inoltre, se le risultanze sono opportunamente documentate in modo da rispondere ai requisiti della ripercorribilità e del rigore scientifico, con rilievi metrici e fotografici, certificati di laboratorio e report da allegare a una relazione di sintesi conclusiva, esse possono essere acquisite nel quadro probatorio in procedimenti giudiziari e nei contenziosi, rappresentando anche una base fondamentale per l'individuazione e la quantificazione economica degli interventi da mettere in atto per ripristinare le condizioni di sicurezza prescritte, nonché la verifica economica della contabilità dei lavori .