

UTILIZZO DI TECNOLOGIE “NO-DIG” PER LA RIDUZIONE DELL’ IMPATTO AMBIENTALE IN AMBITO URBANO DURANTE INTERVENTI DI CONTROLLO, MANUTENZIONE E SOSTITUZIONE DEI SERVIZI INTERRATI

E. CARUSO*, **F. GERI****, **G. PINO****, **S. VENGA****

*(APAT - Servizio Interdipartimento per l’Indirizzo, il Coordinamento e il Controllo delle Attività Ispettive)

** (APAT - Dipartimento Nucleare, Rischio Tecnologico e Industriale, Servizio Rischio Tecnologico)

1. PREMESSE

Recentemente è stata posta grande attenzione alla protezione dell’ambiente urbano e alla sostenibilità della vita di ogni giorno, in conseguenza dei continui sconvolgimenti delle strade cittadine con particolare riguardo ai centri storici, interessati dalla stesa di sottoservizi e dei più disparati tipi di canalizzazione, pur indispensabili, da parte di vari enti gestori.

È nell’esperienza comune il disagio provocato da interventi sulla sede stradale che interferiscono con il delicato “equilibrio” della mobilità, con ripercussioni non trascurabili sulla qualità della vita dei cittadini e dell’ambiente urbano.

Per l’installazione dei sottoservizi, da anni è emersa l’esigenza di un cunicolo dedicato (il cosiddetto “cunicolo intelligente”), dove alloggiare la maggior parte delle canalizzazioni, e consentire una agevole ispezione e manutenzione delle stesse, senza alcuna interferenza con le attività di superficie (traffico, interruzioni, scavi, ecc.).

Il cunicolo rappresenta la soluzione ottimale ogni qualvolta si tratti di nuovi insediamenti o quando si debba procedere ad un radicale rifacimento delle strutture viarie.

Le problematiche che ne frenano la diffusione sono di due tipi:

- economico: elevato costo iniziale
- tecnico: difficoltà nelle intersezioni (soprattutto fognarie, con quote di scorrimento obbligate) e la non compatibilità (per motivi di sicurezza) con alcuni servizi quali il gas.

La realizzazione del cunicolo, inoltre, non è sempre praticabile: mentre dovrebbe rappresentare quasi un obbligo per i nuovi insediamenti, diventa invece problematica quando si è in presenza di vecchie infrastrutture stradali e in particolare di “strade storiche”.

Le difficoltà connesse alla realizzazione del cunicolo dei servizi e la sensibilizzazione verso le tematiche riguardanti la protezione dell’ambiente urbano, hanno focalizzato l’interesse su tecnologie innovative di derivazione americana, che si sono sviluppate parallelamente alle tecniche tradizionali e che da queste differiscono per il limitato utilizzo di scavi a cielo aperto.

Queste tecnologie vengono sinteticamente indicate con il termine “NO-DIG” o “TRENCHLESS” (letteralmente “senza scavo”) e sebbene siano nate per l’esigenza di attraversamenti di ferrovie e canali, oggi possono essere di aiuto nel mitigare gli impatti dovuti alle inevitabili fasi di posa dei sotto-servizi nelle aree urbane: attraverso una attenta progettazione, basata sull’analisi preventiva delle interferenze dell’intervento con le canalizzazioni preesistenti e con l’ambiente circostante, consentono la corretta installazione dei sottoservizi, garantendo, nel contempo, un giusto rapporto tra lavori e ambiente cittadino e il rispetto dei tempi di esecuzione.

2. DESCRIZIONE DELLE TECNOLOGIE NO-DIG

Sostanzialmente rispetto alle tecniche tradizionali che richiedono lo scavo di tutto il tracciato

della condotta da installare o riparare, la tecnologia NO-DIG richiede solo lo scavo di due pozzi in corrispondenza dell'inizio e della fine del tracciato su cui si deve intervenire.

Le tecniche, pur differenziandosi notevolmente tra di loro per impiego, strumentazione adottata e metodi, presentano tuttavia delle caratteristiche comuni che consentono di raggrupparle nelle seguenti macro-categorie:

- Tecniche non invasive per la ricerca e la mappatura dei servizi esistenti
- Tecniche per nuove installazioni
- Tecniche per riabilitazione di canalizzazioni esistenti

2.1 Tecniche non invasive per la ricerca e la mappatura dei servizi esistenti

A monte di ogni realizzazione NO-DIG deve essere condotta un' accurata campagna conoscitiva sulle possibili interferenze con i servizi già esistenti e sullo stato della canalizzazione eventualmente da riabilitare.

Tali tecnologie, applicate anche a supporto di tecniche tradizionali (scavi aperti, ecc.), per la loro caratteristica di non invasività e per la stretta connessione e dipendenza con le tecnologie NO-DIG propriamente dette, pur non essendo in realtà tecnologie di scavo/posa in opera, ma indagini conoscitive impiegate nella fase preliminare dell'intervento vero e proprio, vengono da sempre incluse nella famiglia delle tecnologie NO-DIG.

In base ai risultati di tali indagini preliminari, unitamente a quelle geologico-geotecniche tradizionali sui terreni interessati, è possibile effettuare le scelte progettuali relative alla tecnologia più adatta alla tipologia di intervento.

La localizzazione e mappatura dei servizi interrati preesistenti (incluse canalizzazioni da riabilitare), propedeutica all' impiego di ogni tecnologia NO-DIG potrà essere condotta con:

- a. Telecamere
- b. Radar
- c. Cercatubi e Cercaperdite

a. Telecamere

Vengono impiegate per la verifica dello stato reale delle condotte esistenti, indispensabile alla successiva applicazione delle tecniche NO-DIG di riabilitazione. Le telecamere sono montate su un apposito carrello filo-guidato (robot) dotato di potenti luci per l'illuminazione dell'interno della condotta e della strumentazione necessaria a registrare la distanza dal punto di ingresso e la pendenza di posa della canalizzazione esistente. L'apparecchiatura può essere antideflagrante per evitare pericoli di esplosioni quando si opera in una condotta per la distribuzione di gas ed è dotata di collegamento con monitor esterno che consente all'operatore di regolarne le manovre.



Fig.1: Telecamera filoguidata



Fig.2: Particolare della corrosione in un tubo in acciaio

I risultati dell'ispezione sono registrati su supporto video e/o magnetico, così da poter agevolmente diffondere l'analisi effettuata.

Il loro impiego consente la constatazione dello stato di conservazione (nonché la bontà delle giunzioni e la correttezza della posa) di condotte idriche, condotte fognarie, pozzi trivellati per acqua, e permette di individuare eventuali allacci abusivi, perdite in atto.

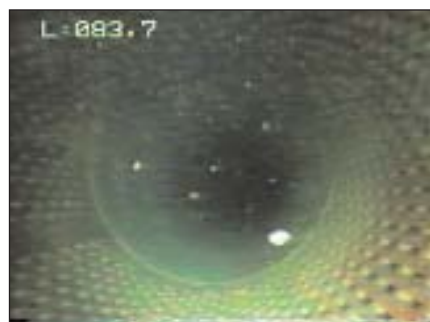


Fig.3: Compensorio irriguo del Tufano- videoispezione: interno pozzo irriguo DN 500 - vista filtro a ponte a- 83.7 m (con saldatura longitudinale filtro e testa-testa delle canne) - 83.7 m (con saldatura longitudinale filtro e testa-testa delle canne)

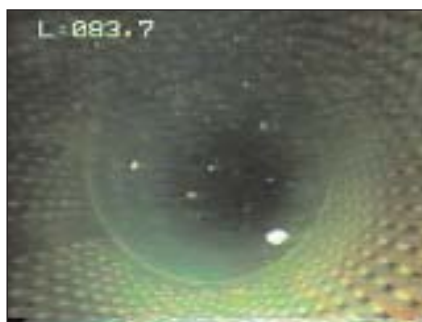


Fig.4: Compensorio irriguo del Tufano- videoispezione: interno pozzo irriguo DN 500 - vista filtro a ponte a - 132 m (con asole di fermo colonna)

b. GeoRadar

Viene impiegato prima di procedere all'installazione di nuovi servizi con tecnologie NO-DIG al fine di riconoscere la presenza di altre canalizzazioni e il loro sviluppo nel sottosuolo. L'apparecchiatura è costituita da un emettitore di segnali a radiofrequenza dotato di una o più antenne montato su un carrello che viene fatto scorrere sull'area da indagare. Il georadar sfrutta le proprietà elettromagnetiche dei corpi presenti nel sottosuolo che, investiti dal segnale emesso dall'antenna trasmittente, rispondono con un segnale variabile in funzione del materiale di cui sono costituiti. I dati raccolti vengono interpretati ed elaborati attraverso opportuni software che restituiscono una mappa dei servizi presenti nel sottosuolo.



Fig. 5: Apparecchiatura Georadar per la mappatura dei sottoservizi

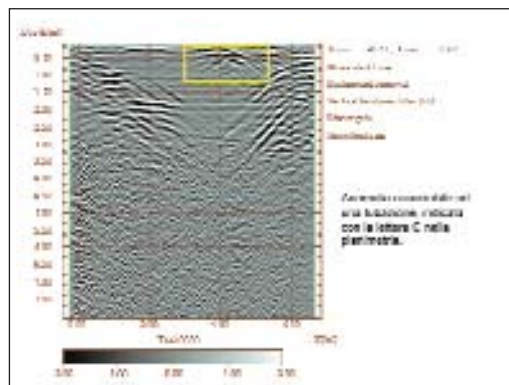


Fig. 6: Radargramma fornito dall'apparecchiatura georadar

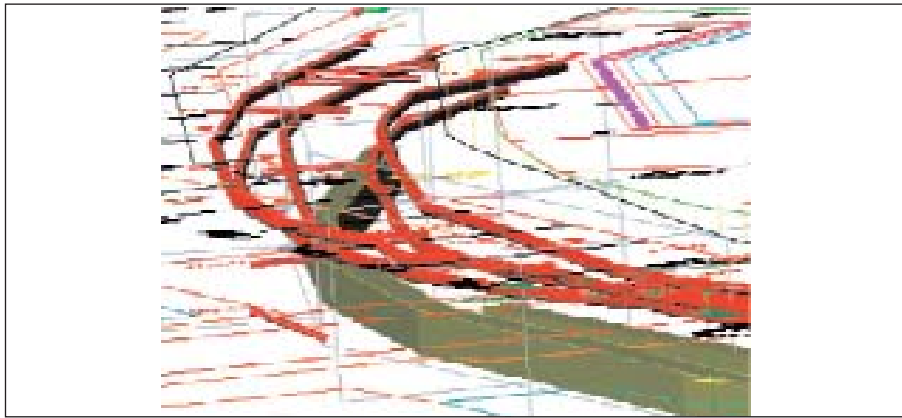


Fig. 7: Mappa dei sottoservizi 3D ottenuta dall'elaborazione del radargramma

Questa metodologia d'indagine è stata utilizzata ad esempio a Roma nei pressi del Circo Massimo, con l'obiettivo di individuare l'eventuale presenza di sottoservizi: tramite l'apparecchiatura georadar è stato possibile acquisire dati fino a 2,5 m di profondità dal piano di campagna rivelando la presenza di due sistemi di anomalie con andamento parallelo al marciapiede riconducibili a tubazioni.



Fig. 8: Circo Massimo(GeA): Planimetria interferenze

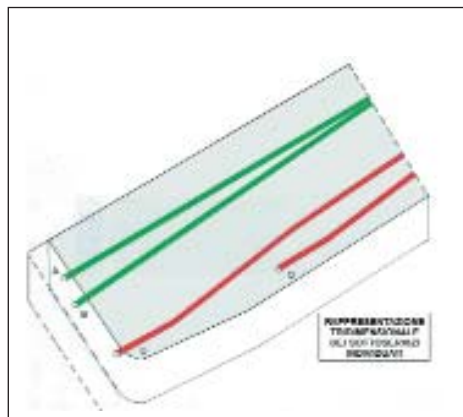


Fig. 9: Circo Massimo(GeA): Assonometria interferenze

c. Cercatubi e Cercaperdite

Sono tecnologie impiegate, nei rilievi di superficie, per la localizzazione delle tubazioni metalliche interrato o linee elettriche (che possono generare campi magnetici). Con l'amplificazione dei suoni generate dalla variazione di velocità, possono essere utilizzate anche per la ricerca di perdite nelle reti acqua o, con sensori di proprietà fisico-chimiche per rilevazioni perdite nelle reti gas

2.2 Tecniche per nuove installazioni

- PERFORAZIONE GUIDATA (HDD HORIZONTAL DIRECTIONAL DRILLING)

La tecnica prevede la creazione di un foro pilota mediante l'introduzione, da un pozzo di ingresso, di una colonna di aste con un utensile di perforazione posto in testa, che vengono guidate alla quota e nella direzione voluta. La testa raggiunge un pozzetto di arrivo ove viene collegata ad un alesatore rotante (che serve ad allargare il foro pilota fino al diametro voluto per la condotta) e alla condotta in PEAD (Polietilene ad Alta Densità). Dal pozzo di ingresso viene quindi ritirata e smontata l'intera colonna, che trascina con sé la condotta da installare.

La perforazione può essere effettuata:

- "a secco": in questo caso l'utensile di perforazione è costituito da un martello che avanzando comprime il terreno lungo le pareti del foro. Viene comunque utilizzata una miscela lubrificante a base di acqua per raffreddare l'utensile.
- "a umido": si differenzia dal precedente unicamente perché l'avanzamento è coadiuvato da un vero e proprio getto fluido costituito da acqua e bentonite.

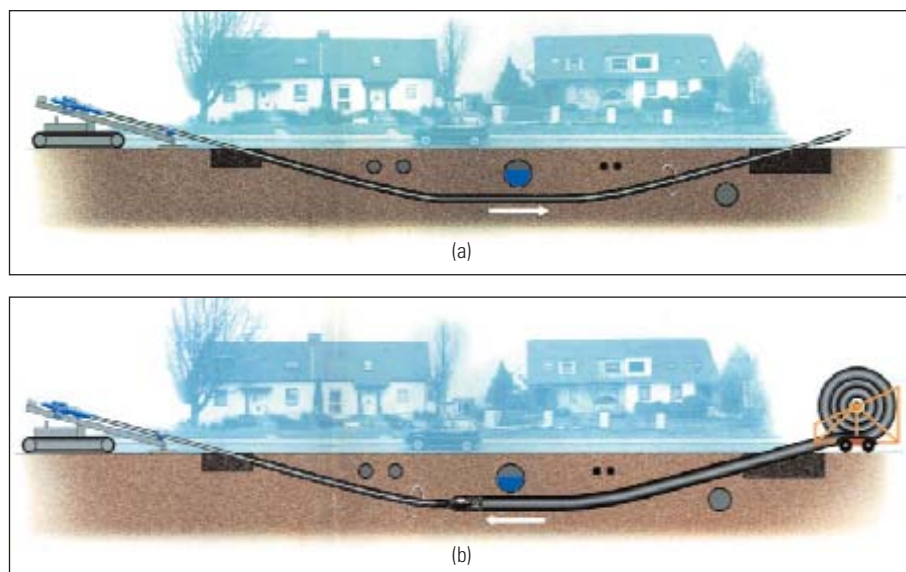


Fig. 10: Esecuzione della posa in opera della condotta con la tecnologia HDD (Horizontal Directional Drilling). (a) esecuzione del foro pilota; (b) recupero della colonna di perforazione con passaggio della condotta

Campi di applicazione: installazione di nuove canalizzazioni in PEAD sino a 400 mm di diametro, per qualsiasi utilizzo (gas, acqua, fognature, energia elettrica, comunicazioni, ecc.).

- MICROTUNNELING – SPINGITUBO - SCUDO

La tecnica del microtunneling viene adottata per l'installazione di condotte in grès o in calcestruzzo di diametro sino al 1400 mm mediante perforazione orizzontale realizzata da una testa d'avanzamento a ruota fresante. Anche in questo caso la perforazione per l'alloggiamento della condotta inizia dal pozzo di partenza dove vengono calate e alloggiate tutte le attrezzature (strumentazione di controllo, gli allacci per l'immissione delle miscele di acqua e bentonite, ecc..) necessarie per lo scavo del tunnel e la successiva spinta dei vari tratti di

tubo. L'avanzamento della macchina di scavo e delle tubazioni viene effettuato tramite 2 o 4 martinetti idraulici (jacks) montati su un telaio meccanico e interconnessi fra loro per avere la stessa spinta da parte di ciascuno. Lo scavo procederà fino al pozzo di arrivo dal quale verranno recuperati la macchina di perforazione e gli eventuali tubi di acciaio usati come protezione provvisoria. Dal pozzo di spinta si possono fare più perforazioni riposizionando l'unità di spinta sia in senso orizzontale (ruotandola) che in senso verticale (alzandola o abbassandola).

Tutto l'impianto di spinta occupa una superficie di ca. 20mq (gli ingombri stradali sono così ridotti da non richiedere alcuna interruzione del traffico veicolare).

La scelta della forma dei pozzetti di partenza e di arrivo viene fatta in funzione del luogo di lavoro, del metodo di scavo prescelto, della lunghezza dei tubi, della profondità a cui si deve scavare la galleria, della natura geologica e idrogeologica del terreno.

La protezione delle pareti dei pozzetti può essere fatta con piastre in acciaio, applicate su tutta la circonferenza, o con palancole con profilo profondo, con elementi in calcestruzzo armato prefabbricati e fissati nel suolo o con getti in opera di calcestruzzo armato.

Simile al microtunneling è lo spingitubo (anche nella variante scudo) che si differenzia per l'assenza della fresa come utensile di scavo. Viene adottata per dimensioni anche maggiori o per l'infissione di manufatti realizzati a piè d'opera (scatolari, ecc.).

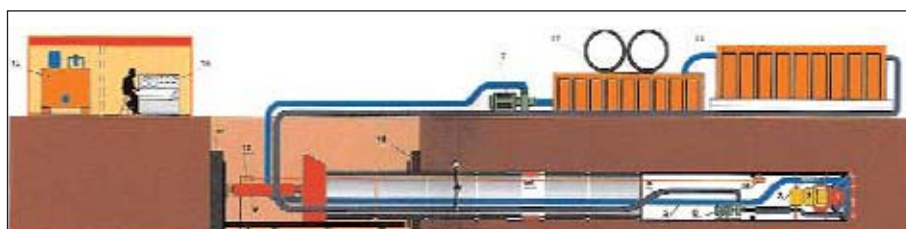


Fig. 11: Microtunneling: si evidenziano il pozzo di spinta in cui sono alloggiati i martinetti idraulici, la testa di scavo della microgalleria e l'inserimento della condotta.

Campo di applicazione: condotte idriche, fognarie soprattutto per il superamento di contropendenze topografiche. La condotta installata è solitamente in calcestruzzo o grès.

- MOLE (SILURO)

Sono attrezzature di modeste dimensioni e per limitati attraversamenti costituiti da un utensile di scavo a percussione, dotato di sistema di avanzamento guidato, e consentono la posa per traino di tubi in ferro e materie plastiche.



Fig. 12: Siluro - attraversamento stradale

Campo di applicazione: installazione di condotte in pressione e cavidotti di piccolo diametro in PEAD e acciaio.

Lo schema riportato chiarisce la distinzione e gli impieghi di tali tecnologie:

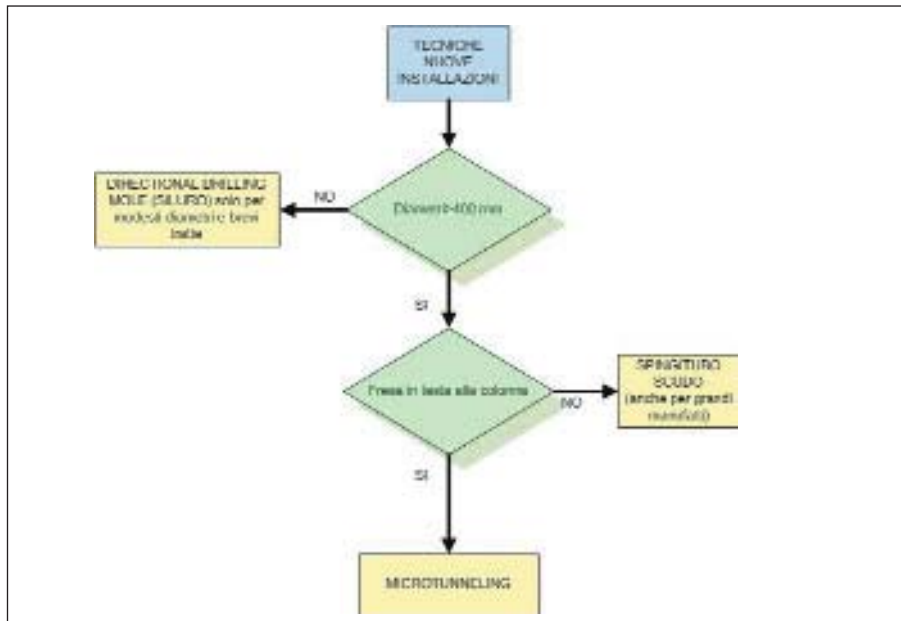


Fig. 13: Schema Logico per le Tecnologie di posa in opera

2.3 Tecniche per riabilitazione di canalizzazioni esistenti

Questa tipologia di tecniche NO-DIG è quella che comporta i maggiori vantaggi in termini di impatto sull'ambiente urbano in quanto limita ancora di più gli scavi e dunque il materiale di risulta. Inoltre con queste tecniche le vecchie condotte o i loro materiali costituenti rimangono "in situ" senza essere rimosse, confinati nell'antico scavo senza perciò la necessità di essere conferite in discarica, con evidente vantaggio quando si è in presenza di condotte in materiali speciali (cemento-amianto) che costituiscono parte del patrimonio delle reti di acquedotti italiane e la stramaggioranza di quelle irrigue. Da ultimo utilizzando le vecchie canalizzazioni non si incrementa "il disordine" del sottosuolo, dovuto al moltiplicarsi dei servizi interrati.

Si differenziano a seconda della tipologia di intervento, che può essere puntuale (localizzato in piccole aree della tubazione preesistente – Cured in Place) oppure esteso ad intere tratte della condotta (in questo caso la vecchia condotta può essere conservata integra o meno). Lo schema riportato chiarisce la distinzione e gli impieghi di tali tecnologie:

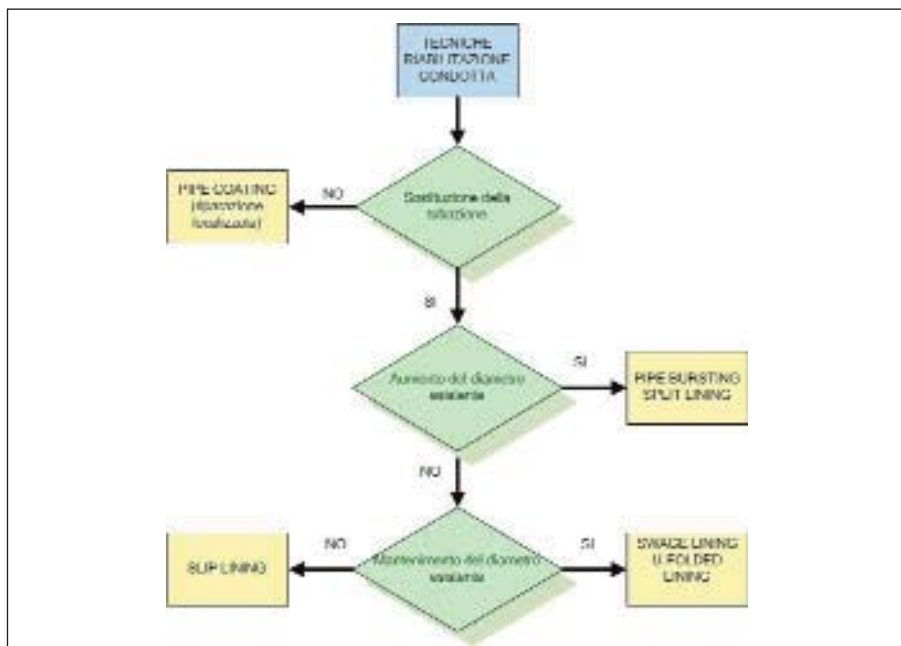


Fig. 14: Schema Logico per le Tecnologie di Riabilitazione

a. Riparazione delle condotte

Sono tecnologie impiegate generalmente per riparazioni localizzate e vengono realizzate rivestendo le stesse con resine o calze termoindurenti. Si distinguono in:

- CURED IN PLACE PIPE (Lett. Riparato sul posto)

Questa tecnologia prevede l'utilizzo di guaine in fibra poliestere, fibra di vetro oppure a composizione tessile o mista, confezionate in diverse dimensioni, idonee a ricostruire dall'interno un tratto di condotta danneggiato.

Tutti i tipi di guaina sono accoppiati, su di un lato, ad un film in materiale plastico (Poliuretano-Polietilene - PVC) che funge da contenimento della resina e andrà a costituire il piano di scorrimento dei liquidi trasportati dalla condotta.

La parete in feltro o tessile della guaina viene impregnata con resina termoindurente di tipo idoneo a sostenere l'aggressione chimica dei fluidi che andranno a trasportare. Ad impregnazione avvenuta, la guaina (liner) viene introdotta nella condotta da risanare utilizzando uno speciale procedimento chiamato "inversione": l'estremità aperta della guaina viene fissata ad un apposito "anello di inversione" posizionato su un ponteggio di altezza adeguata così da creare un battente d'acqua che fa avanzare il liner nella tubazione (3-6 metri). Successivamente l'acqua viene riscaldata e fatta circolare all'interno in modo da attivare, con l'innalzamento della temperatura, la polimerizzazione rapida della resina.

A consolidamento terminato, la guaina indurita viene sezionata in corrispondenza dei pozzi di ispezione intermedi e dei terminali. I punti di contatto tra guaina (liner) e condotta esistente vengono sigillati mediante l'applicazione a mano di appositi stucchi chimici leganti.

- PIPE COATING (Lett. Rivestimento dei tubi)

Questa tecnologia prevede l'utilizzo di resine epossidiche spruzzate direttamente dall'interno della tubazione rivestendola. Sono utilizzate principalmente nei casi in cui è necessario porre attenzione alle caratteristiche chimico-fisiche dei fluidi trasportati.

b. Infilaggio di nuove condotte a diametro inferiore

Sono le tecnologie più semplici e consistono nel semplice alloggiamento entro il tubo esistente di una nuova condotta (che può essere di qualsiasi materiale). Naturalmente tale operazione comporta una riduzione di diametro della nuova condotta (per consentirne l'infilaggio) lasciando una corona circolare di vuoto tra la vecchia e la nuova tubazione.

- SLIP-LINING (Lett. Rivestimento Infilato)

Tale sistema consiste nell'inserzione, usualmente previa ispezione televisiva e pulizia della condotta da rinnovare, di un tubo in polietilene di diametro esterno inferiore al diametro interno della condotta esistente. I tubi possono essere disponibili in rotoli, e in questo caso l'inserzione avviene senza soluzione di continuità, oppure in tratti di condotta PE (Polietilene) che vengono saldati fra loro per fusione in fase di inserimento. L'inserzione avviene per mezzo del traino di un argano motorizzato nel primo caso o di una macchina spingitubo nell'altro.

Con tale sistema possono essere rinnovati in un'unica soluzione tratti di tubazione da 100 a oltre 300 metri, con diametri da 20 mm a oltre 1000 mm per condotte idriche e fino a 630 mm per condotte gas. La conseguente riduzione di sezione viene in parte compensata dai ridotti coefficienti di scabrezza.

c. Infilaggio di nuove condotte con diametro esterno pari all'interno dell'esistente

Sono simili allo slip lining ma riducono al minimo lo spazio residuo tra la vecchia e la nuova tubazione e si basano sulla proprietà delle tubazioni in Polietilene di conservare "memoria" della forma originaria. Con il termine close fit lining possiamo indicare tecniche di riparazione che utilizzano lo stesso principio di funzionamento: un tubo di diametro esterno inferiore al diametro interno della condotta viene predeformato per facilitare l'inserimento nel tratto da risanare. In seguito viene ripristinata la sua sezione originaria (per espansione o meccanicamente) facendolo aderire alle pareti della condotta. Si differenziano per la procedura di deformazione.

- SWAGE-LINING

Nello **Swage-lining** la deformazione è di tipo radiale e viene effettuata contestualmente all'inserimento del tubo per mezzo di rulli. Una volta entrato nella condotta il tubo si espande ritornando alla forma originale.

- FOLDED-LINING

Nel caso del **Folded-lining** il tubo è piegato su se stesso e successivamente al suo inserimento nella condotta esistente viene riportato alla sezione originale meccanicamente con un'ogiva che viene fatta passare al suo interno o per espansione insufflando vapore.



Fig.15: Deformazione radiale del tubo attraverso l'impiego di rulli nel caso di Swage-lining.



Fig.16: Deformazione a 'C' nel caso Folded-lining

d. Installazione di nuove condotte a diametro maggiore con distruzione delle condotte esistenti

Sono tecnologie che consentono l'inserimento di condotte con diametro fino al 30% maggiore dell'esistente. La condotta originaria viene distrutta da un utensile che trascina dietro di sé la nuova da installare.

Il materiale di cui è costituita la condotta da sostituire determina la scelta della tecnica da utilizzare.

- **PIPE-BURSTING** (Lett. Distruzione Dei Tubi)

Tecnica idonea alla sostituzione di vecchie condotte costituite da materiali fragili (ghisa grigia, PVC, cemento, cemento-amianto, grès, ecc.).

La tecnologia denominata "Pipe-Bursting" consiste nell'introduzione, all'interno del tubo preesistente, di una ogiva in acciaio dotata di congegno di taglio oleodinamico che contestualmente al suo avanzamento distrugge la vecchia condotta e installa la nuova.

L'integrità del tubo in PE è garantita dall'azione di un alesatore ad ogiva che segue il congegno di frantumazione e che compatta e comprime nel terreno circostante i frammenti prodotti.

Data l'assenza di vibrazioni impresse non occorre individuare in precedenza, se non con discreta approssimazione, la posizione dei sottoservizi paralleli o intersecanti.

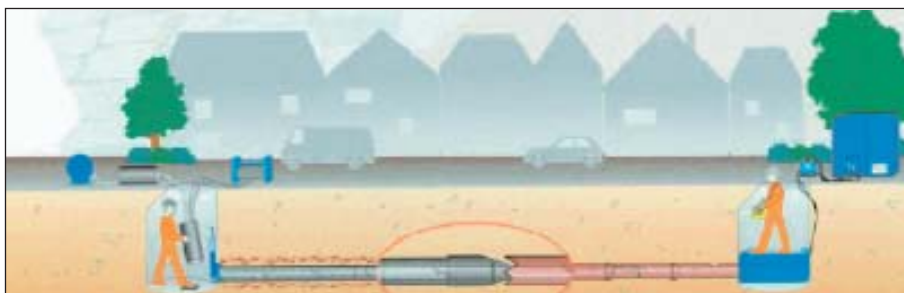


Fig. 17: Nel Pipe-Bursting l'avanzamento della testa di taglio frantuma la condotta esistente e contestualmente la sostituisce con la nuova.

- **PIPE SPLITTING**

Rispetto alla tecnica precedente cambia il congegno di taglio, che è dotato di lame adatte a tagliare i materiali duttili (acciaio, PVC, etc.) di cui sono costituite le condotte da sostituire.

3. POSSIBILI APPLICAZIONI E CONFRONTO CON TECNICHE TRADIZIONALI

Le tecnologie possono essere utilizzate nella maggior parte dei casi, ma ci sono delle situazioni in cui sono particolarmente indicate:

- Attraversamenti (stradali, ferroviari, di corsi d'acqua, ecc.)
- Centri storici
- Fiancheggiamenti di strade urbane a traffico elevato o sezione modesta
- Risamento dei servizi interrati
- Riabilitazione senza asportazioni delle vecchie canalizzazioni

Infatti in tutte queste situazioni è necessario operare cercando di ridurre il disagio dei cittadini dovuto alla cantierizzazione, che ha un impatto negativo sia dal punto di vista sociale (aumento del traffico, intralcio delle attività commerciali, ecc) sia sull'ambiente (emissioni di inquinanti, produzione di polveri, ecc.).

Anche se è pressochè impossibile condurre un confronto assoluto ed oggettivo (qualsiasi risultato ottenuto deve far riferimento alle specifiche condizioni del lavoro e delle tecniche NO-DIG adottate), le valutazioni economiche tra tecniche NO-DIG e tradizionali dovrebbero tener conto dei fattori descritti.

A titolo indicativo si riporta di seguito una tabella che evidenzia i punti a vantaggio o a sfavore dell'una e dell'altra.

Tabella 1: Vantaggi e svantaggi del no-dig

		TRADIZIONALE	NO-DIG
1	Impianto di cantiere	☹	☹
2	Scavo	☹☹☹	☺☺☺
3	Trasporto a rifiuto	☹☹☹	☺☺☺
4	Smaltimento rifiuti speciali	☹	☺
5	Ripristino	☹☹☹	☺☺☺
6	Fornitura della tubazione	☹	☹
7	Installazione tubazione	☹	☹☹☹
8	Prove	☹	☹
9	Durata dei lavori	☹	☺☺
10	Costi per la sicurezza	☹	☺☺
11	Costi per l'interruzione di altri servizi	☹	☺
12	Costi per la rottura di altri servizi	☹	☺
13	Costi dovuti al tempo di percorrenza	☹☹☹	☺
14	Costi ambientali inquinamento da polveri e gas	☹☹☹	☺
15	Costi dovuti a incidenti e malattie	☹☹	☺

I fattori sopra elencati concorrono al costo globale dell'intervento, che può essere così generalizzato:

$$C_{TOT} = \Sigma C_{costr} + \Sigma C_{soc}$$

C_{costr} costi di costruzione (costi diretti)

- Impianto di cantiere
- Scavo
- Trasporto a rifiuto
- Smaltimento rifiuti speciali
- Ripristino
- Fornitura della tubazione
- Installazione tubazione
- Prove
- Costi per la sicurezza
- Costi per l'interruzione di altri servizi
- Costi per la rottura di altri servizi
- Durata dei lavori

C_{soc} costi sociali (costi indiretti)

- Costi dovuti al tempo di percorrenza
- Costi ambientali inquinamento da polveri e gas
- Costi dovuti a incidenti

I costi di costruzione sono quelli sostenuti per la realizzazione dell'opera; sono facilmente quantificabili e dipendono sostanzialmente dal tracciato e dal tipo di tecnica impiegata. Il raffronto di tali costi tra tecniche tradizionali (scavo aperto) e tecniche NO-DIG è pure agevolmente fattibile. Si parte, infatti, dal computo metrico dei lavori a cui si applicano i prezzi uni-

tari delle singole lavorazioni. Per esempio nel caso di un lavoro da eseguire nel Lazio, verranno adottati i prezzi unitari del Prezziario Regionale vigente (Del. G.R. 8/3/2002 n.267) per gli articoli comuni, mentre per le lavorazioni più propriamente NO-DIG si potrà far ricorso al Prezziario IATT (Ed. maggio 2004 – E.Caruso e altri).

I costi sociali sono costi non legati direttamente all'esecuzione delle opere, ma sono quelli sostenuti dalla collettività e scaturiscono dall'impatto negativo dell'intervento sull'ambiente e sulle attività antropiche. Dipendono da numerose variabili legate alla tecnica utilizzata, il tipo di intervento e il luogo in cui viene eseguito, sono pertanto di difficile determinazione e dunque quasi mai contabilizzati.

In particolare si possono distinguere:

- i costi dovuti al tempo di percorrenza (maggiori nel caso di tecniche tradizionali), che risultano somma del maggior impiego di carburante e delle perdite di tempo degli utenti abituali della strada.
- i costi ambientali per inquinamento da polveri ed emissioni di inquinanti è legato all'incremento dei costi sociali sostenuti per malattie e per eventuali interventi di monitoraggio e bonifica.
- i costi ambientali per l'incremento di incidenti provocati dall'innalzamento del grado di rischio legato alla maggior durata dei lavori e dal maggior impatto delle tecniche con scavo aperto.

Telecom Italia ha condotto una valutazione fra tecniche tradizionali e NO-DIG (directional drilling, minitrincea e microtrincea), tentando in particolare di monetizzare i costi sociali dovuti al tempo di percorrenza per un intervento di fiancheggiamento di una strada urbana.

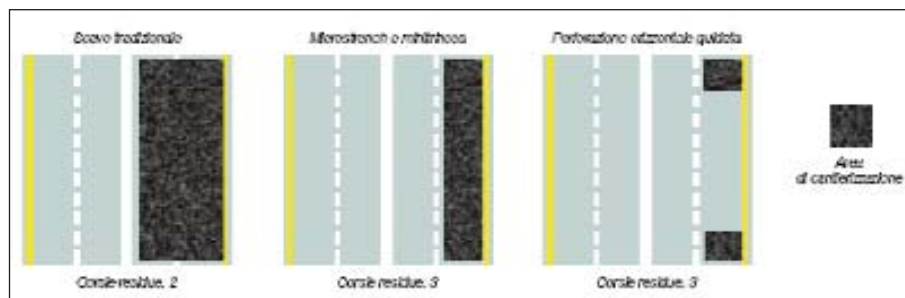


Fig. 18: Visualizzazione grafica dell'impegno della carreggiata da parte di uno scavo tradizionale, micro-trench e minitrincea, perforazione orizzontale guidata

La modellizzazione dell'impatto è stata effettuata attraverso i passi che si è scelto di descrivere, seppur brevemente, allo scopo di evidenziare alcune delle difficoltà che si incontrano nella quantificazione del danno socio-ambientale, tra cui la stretta correlazione con le caratteristiche intrinseche di ciascun intervento.

Il calcolo del costo del maggior tempo di percorrenza:

Passo 1 Calcolo della "portata" della strada considerata, che è funzione della sua ubicazione nell'ambiente cittadino (centro, semicentro e periferia). E' stato considerato un valore medio per portata giornaliera, ed espresso in veicoli/ora, che viene preso come riferimento per le elaborazioni successive.

Passo 2 La portata media giornaliera è stata quindi confrontata con la portata ridotta che si ha in presenza di un ostacolo sulla carreggiata, costituito appunto dal cantiere. Quando la portata ridotta è minore della portata media si ha la congestione del traffico con formazione di

code; questo è il caso di interesse per il calcolo del costo del maggior tempo di percorrenza.

Passo 3 Sulla base della stima del numero di veicoli presenti in coda, del valore della portata ridotta (variabile in funzione della tecnologia di scavo considerata), è stata effettuata una valutazione del tempo di attesa in coda per ogni veicolo e del tempo di attraversamento del cantiere. Sommando tempo di attesa e di attraversamento si ottiene il tempo totale perso da un singolo veicolo a causa del cantiere.

Il tempo perso da ciascun veicolo per il numero totale di veicoli che transitano sulla strada in tutto il periodo interessato dal cantiere fornisce il tempo totale (Tt) che viene perso dai cittadini a causa dell'intervento.

All'unità di tempo è stato attribuito un valore monetario ottenuto su ragionamenti statistici basati su dati ISTAT e relativi al guadagno orario medio dell'utente; tale valore è stato fissato in 0,045 €/min.

Il costo complessivo Cmpt da attribuire al cantiere per la perdita di tempo è quindi ottenuto dal prodotto:

$$\mathbf{Cmpt = 0,045 Tt}$$

Costo del maggior consumo di carburante Per ciò che concerne i dati di costo per durata unitaria di funzionamento, si è considerata una potenza media del motore pari a 50kW, un consumo medio specifico di 50 g/kWh e un costo indicativo del carburante pari a 0,00145 €/g (corrispondenti a circa 1,084 €/litro). Sommando i due elementi di costo (legati al maggior tempo di percorrenza e al maggior consumo di carburante), si ottiene il costo globale generato dall'incremento del traffico viario a causa della presenza del cantiere.

Costo di impatto ambientale Il costo di impatto ambientale quantifica gli effetti negativi dovuti a fenomeni di inquinamento delle risorse quali acqua, aria, suolo e consumo di risorse non rinnovabili mediante l'utilizzo di un'analisi LCA. Si ricorda che in tale analisi non si considerano gli impatti di tipo visivo o acustico ma solo quelli di consumo di risorse e di produzione di emissioni legati ai processi e ai prodotti utilizzati.

I risultati dello studio Telecom sono sintetizzati nella tabella seguente che riporta il risparmio in percentuale delle tecniche no dig rapportate al costo di un intervento con scavo a cielo aperto:

Tabella 2. Risparmio percentuale degli interventi no-dig rispetto ad interventi tradizionale

Tipologia di costo	Tipo di intervento		
	Perforazione orizzontale guidata	Microtrench	Minitrincea
Installazione	- 29	-78	-64
Costo legato all'incremento del traffico	-74	-91	-74
Impatto ambientale	-75	-90	-74
Risparmio percentuale	-69	-90	-73

4. ESEMPI D'IMPIEGO

Di seguito vengono riportati alcuni interventi in città italiane in cui sono state applicate con successo le tecnologie fino ad ora descritte, nonché un esempio a livello internazionale interessante per il contesto paesaggistico in cui è stato eseguito.

4.1 Roma: lavori di posa in opera di cavi protetti all'impatto (Acea Distribuzione)

Nell'ambito del piano regolatore generale delle reti a media tensione della città di Roma, Acea Distribuzione, società del gruppo Acea, nel settembre del 2004 ha affrontato la realizzazione dei lavori di rifacimento di tratti della rete del quartiere Prati-Mazzini. (Fig. 19)

Il quartiere interessato dai lavori di posa dei cavi è un cantiere storico ad alta densità abitativa e nodo nevralgico del traffico di scorrimento sulla direttrice nord-centro all'interno del raccordo anulare.

L'area ha subito un processo di sovrapposizione e stratificazione delle infrastrutture di rete e la sua recente vocazione a sede di uffici e studi professionali ha reso ancor più affollato il sistema dei sottoservizi.

Il committente ha deciso pertanto di utilizzare per la posa dei cavi una tecnologia trenchless a basso impatto sul territorio, che consentisse una rapida e sicura esecuzione dei lavori.

La tecnica Horizontal Directional Drilling (HDD) utilizzata consiste nell'eseguire una perforazione principale di piccolo diametro (110 mm) che viene guidata cominciando da un foro-pozzetto verso un obiettivo identico che può essere situato a più di un centinaio di metri di distanza. I fori di partenza e di arrivo sono poco profondi (da 1.20 a 1.50 mt) e di ingombro ridotto (da 1.50 a 2.50 mt). La testa di perforazione è dotata di una sonda radio in essa installata che permette di localizzare la sua posizione sotto la superficie durante l'avanzamento.

Il tracciato dell'infrastruttura si è articolato attraverso via Flaminia, viale Mazzini, piazza Mazzini, via Sabotino, via Dardanelli, piazzale Clodio e la lunghezza del cavo posato è stata di 6000 m.



Fig. 19: Area interessata dall'intervento: via Flaminia, viale Mazzini, piazza Mazzini, via Sabotino, via Dardanelli, piazzale Clodio

4.2 Castelnuovo del Garda: Condotta fognaria in gres posati con la tecnica del microtunnelling (Azienda Gardesana Servizi)

Nel Comune di Castelnuovo del Garda è stata installata una condotta fognaria in gres di 1500 m di lunghezza e di diametro nominale pari a 400 mm, opera che presentava grandi difficoltà di realizzazione attraverso le tecniche tradizionali a causa delle profondità (comprese dai -3 ai -9 metri) richieste per:

- eliminare alcuni impianti di sollevamento che si sarebbero resi necessari per servire nuove aree di urbanizzazione,

- sottopassare un torrente (Rio Bisavola) e la linea ferroviaria Milano-Venezia,
- costeggiare per un lungo tratto la Strada Statale 11, molto trafficata.



Fig. 21: Pozzo di spinta dell'intervento di microtunneling presso il Comune di Castelnuovo del Garda

Si è quindi reso necessario un intervento di posa in opera mediante tecnica di microtunneling: le tubazioni, in gres verniciate internamente ed esternamente, sono state inserite tra i due pozzi all'interno di una microgalleria.

Questa tecnica ha permesso di:

- superare con successo il variegato orizzonte geologico del terreno in loco caratterizzato da bruschi passaggi da argilla e/o sabbia a strati di ghiaia molto consolidati, grossi ciottoli e trovanti di dimensioni anche superiori al diametro della fresa;
- ottenere ottimi risultati di precisione a livello di quote e pendenze costanti di posa (errori di pochi millimetri di quota di arrivo su tratte di 100 m).

Inoltre i limitati ingombri di cantiere e il loro posizionamento sulle banchine delle sedi stradali hanno consentito di:

- lasciare indisturbata la viabilità in entrambi i sensi di marcia sulla SS 11, che non è stata interrotta neanche nei mesi di maggior traffico dovuti all'affluenza turistica estiva;
- operare in condizioni ottimali di sicurezza, sia all'interno del cantiere che esternamente;
- evitare onerosi spostamenti di sottoservizi per il posizionamento dei pozzi, la cui posizione è stata definita puntualmente dopo accurate indagini e saggi in loco.

4.3 Anagni: riabilitazione recupero e completamento rete irrigua del Tufano (Consorzio di Bonifica a Sud di Anagni)

Gli interventi di slip-lining, attivati dal Consorzio sin dal 2001, stanno consentendo la riabilitazione di una rete irrigua a servizio di un comprensorio di bonifica di 1880 ha tra i Comuni di Anagni e Ferentino, che era fuori servizio da oltre 25 anni a causa dell'ammaloramento dei giunti delle originarie tubazioni in cemento amianto.

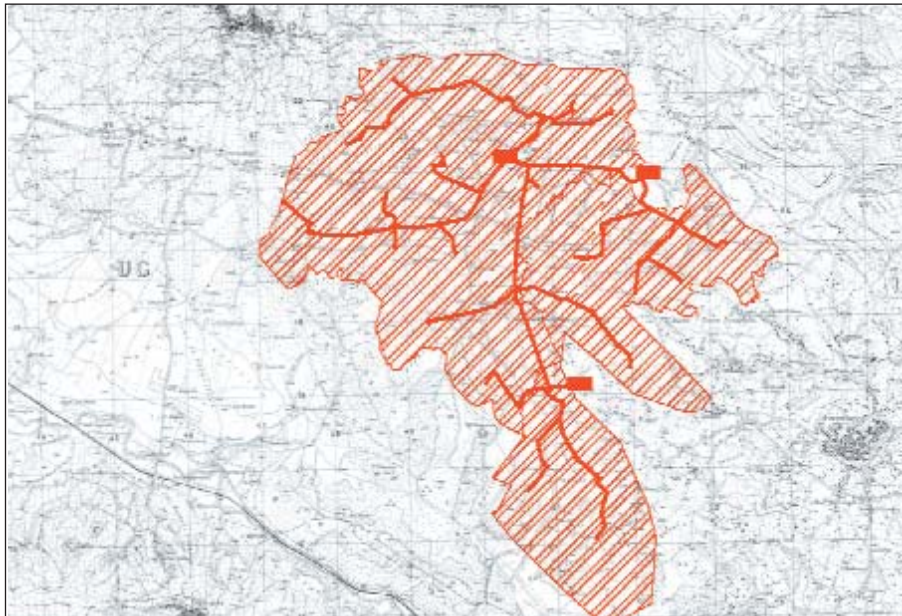


Fig. 22: Planimetria del Comprensorio irriguo del Tufano

A monte dell'attività di esecuzione dell'intervento NO-DIG è stata condotta una indagine televisiva che, pur evidenziando anomalie di posa, ha comunque rassicurato sulla buona condizione generale delle tubazioni, con la sola eccezione delle giunzioni.

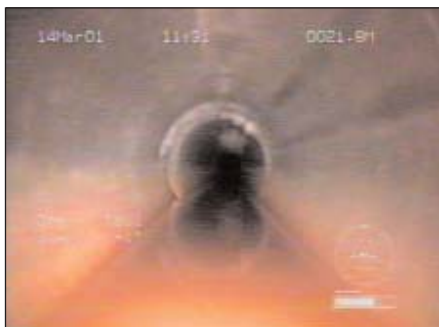


Fig. 23: Comprensorio irriguo del Tufano: interno tubazione esistente in cemento amianto - cattiva posa con controtendenza



Fig. 24: Comprensorio irriguo del Tufano: interno tubazione esistente in cemento amianto - giunto simplex con grande distacco

La tecnologia adottata, per considerazione tecniche ed economiche, è quella dello slip-lining, consistente nell'introduzione, nelle condotte principali e adduttrici di cemento amianto, di una condotta in PEAD a diametro immediatamente inferiore. I diametri delle tubazioni "ospitanti" vanno dal 600 al 350 mm.

La riduzione della sezione idrica conseguente all'adozione di tale tecnica è stata compensata dalla scabrezza delle tubazioni in PEAD e dall'introduzione di nuove tecniche irrigue a basso consumo (goccia, ecc.).

Di contro si evidenzia il grande beneficio nell'adozione di tecniche NO-DIG in luogo degli scavi

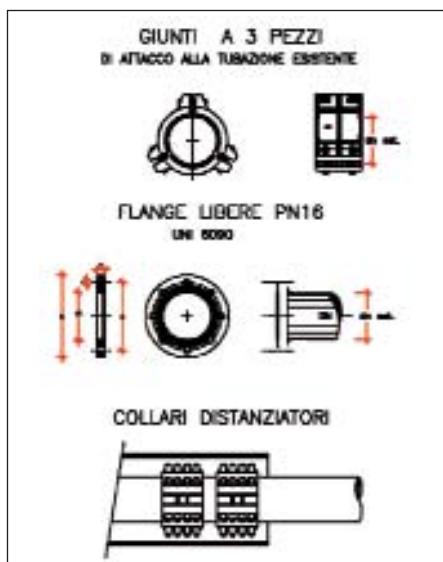


Fig. 25: Il raccordo con le esistenti tubazioni è eseguita con giunti speciali "a tre pezzi" o con "bout" provvisti di flange scorrevoli.

aperti, per aver consentito di evitare il problema del conferimento a discarica di rifiuti speciali contenenti amianto (tubazioni esistenti Fibronit, Sacelit, Eternit) adottando di fatto un confinamento di tali materiali.



Fig. 26: Dettaglio dell'intervento di slip-lining

4.4 Risanamento di condutture per l'acqua potabile (Saarlouis)

Il caso studio in questione riguarda il risanamento di una condotta in ghisa di diametro nominale di 400 mm e di lunghezza pari a 750 m, in soli 9 giorni lavorativi, nella cittadina tedesca di Saarlouis.

Il territorio interessato dall'intervento fa parte di una riserva naturale protetta; la necessità di salvaguardare il più possibile l'ambiente e di ridurre al minimo la durata dei cantieri ha determinato l'adozione di una tecnologia di split lining. Tale tecnologia assicurava anche il vantaggio economico derivante dal risparmio di circa il 35% rispetto ai procedimenti tradizionali con scavi a cielo aperto, che, peraltro, erano improponibili data la particolarità del territorio in cui si doveva operare.

Nel caso specifico, sono stati sostituiti fino a 280 m di condotta in un'unica fase di lavori, dividendo l'intera opera in 4 fasi. Il cantiere è stato allestito in sole 6 ore e, grazie alla velocità di



Fig. 27: Risultato dell'operazione di taglio

avanzamento dei tiranti di 4 m al minuto, l'intervento è stato completato in soli 9 giorni lavorativi.

Il progetto in questione ha sicuramente colto l'obiettivo di non deturpare il patrimonio ambientale della zona e si è potuto registrare, in aggiunta, la soddisfazione di chi ha commissionato i lavori nonché il consenso dei cittadini non molestati dalla presenza di cantieri rumorosi ed ingombranti.

5. RIFERIMENTI LEGISLATIVI

La recente legislazione ha iniziato a porre grande attenzione al tema ambiente, ad evitare ogni possibile spreco, al riuso, al riutilizzo. Viene data grande enfasi al "mantenere" : ecco la società del fare, del consumo ha lasciato il posto alla cultura del mantenere, del riutilizzare, del riabilitare. La Merloni ter, e il relativo Regolamento pongono proprio l'accento su tali temi, dando priorità a quegli interventi che prevedono il ripristino e il riutilizzo di infrastrutture.

Attualmente siamo in presenza dei seguenti strumenti legislativi, che – sia pure in maniera indiretta - coinvolgono il settore delle tecnologie NO-DIG:

A. L. 5 gennaio 1994, n. 36 (Legge Galli)

Al Capo I - Principi generali punto 5. Risparmio idrico "...Il risparmio della risorsa idrica è conseguito, in particolare, mediante la progressiva estensione delle seguenti misure: a) risanamento e graduale ripristino delle reti esistenti che evidenziano rilevanti perdite".

B. D.Lgs. 152/99

All'Art. 25 risparmio idrico viene dato risalto a "...migliorare la manutenzione delle reti di adduzione e di distribuzione di acque a qualsiasi uso destinate al fine di ridurre le perdite".

C. Direttiva Presidenza Consiglio Ministri del 03/03/1999

All'Art. 1 comma 3 "Le disposizioni stesse sono dirette, altresì, ...ad evitare, o comunque ridurre per quanto possibile al minimo, lo smantellamento delle sedi stradali, le operazioni di scavo, lo smaltimento del materiale di risulta fino alle località di scarica ed il successivo ripristino della sede stradale."

All'Art. 5 comma 4 prevede – in caso sussistano dubbi sulla effettiva localizzazione degli impianti tecnologici – che venga valutata la possibilità di interventi con "sistemi tecnici innovativi", senza effrazione della superficie ("Relativamente ai servizi interrati, qualora sussistano dubbi sulla effettiva localizzazione degli impianti tecnologici, deve essere valutata, di volta in volta, la possibilità di impiego di sistemi tecnici innovativi che consentano interventi nel sottosuolo senza l'effrazione della superficie, sia per la conoscenza di quanto sottostante (indagine geognostica), sia per la posa di cavi (perforazione orizzontale controllata)".

D. Merloni ter

All'art. 14 (Programmazione dei lavori pubblici) comma 3 prevede che "il programma triennale deve prevedere un ordine di priorità tra le categorie di lavori, nonché un ulteriore ordine di priorità all'interno di ogni categoria. In ogni categoria sono comunque prioritari i lavori di manutenzione, di recupero del patrimonio esistente, di completamento dei lavori già iniziati, nonché gli interventi per i quali ricorra la possibilità di finanziamento con capitale privato maggioritario".

E. Regolamento

All'art. 2 (Definizioni)

- al comma 1b elenca tra le tipologie delle opere o dei lavori, ai fini della programmazione e progettazione: la costruzione, la demolizione, il recupero, la ristrutturazione, il restauro, la manutenzione, il completamento e le attività ad essi assimilabili;
- al comma 1h) elenca opere e impianti di speciale complessità, o di particolare rilevanza sotto il profilo tecnologico, o complessi o ad elevata componente tecnologica, oppure di particolare complessità, secondo le definizioni rispettivamente contenute nell'articolo 17, commi 4 e 13, nell'articolo 20, comma 4, e nell'articolo 28, comma 7 della Legge: le opere e gli impianti caratterizzati dalla presenza in modo rilevante di almeno due dei seguenti elementi:

- 1) utilizzo di materiali e componenti innovativi;
- 2) processi produttivi innovativi o di alta precisione dimensionale e qualitativa ;
- 3) esecuzione in luoghi che presentano difficoltà logistica o particolari problematiche geotecniche, idrauliche, geologiche e ambientali;
- 4) complessità di funzionamento d'uso o necessità di elevate prestazioni per quanto riguarda la loro funzionalità;
- 5) esecuzione in ambienti aggressivi;
- 6) necessità di prevedere dotazioni impiantistiche non usuali.

All'Art. 15 (Disposizioni preliminari)

- al comma 1 recita: "La progettazione è informata, tra l'altro, a principi di minimizzazione dell'impegno di risorse materiali non rinnovabili e di massimo riutilizzo delle risorse naturali impegnate dall'intervento e di massima manutenibilità, durabilità dei materiali e dei componenti, sostituibilità degli elementi, compatibilità dei materiali ed agevole controllabilità delle prestazioni dell'intervento nel tempo";
- al comma 7a,b,c recita: "Gli elaborati progettuali prevedono misure atte ad evitare effetti negativi sull'ambiente, sul paesaggio e sul patrimonio storico, artistico ed archeologico in relazione all'attività di cantiere ed a tal fine comprendono:
 - a) uno studio della viabilità di accesso ai cantieri, ed eventualmente la progettazione di quella provvisoria, in modo che siano contenuti l'interferenza con il traffico locale ed il pericolo per le persone e l'ambiente;
 - b) l'indicazione degli accorgimenti atti ad evitare inquinamenti del suolo, acustici, idrici ed atmosferici;
 - c) la localizzazione delle cave eventualmente necessarie e la valutazione sia del tipo e quantità di materiali da prelevare, sia delle esigenze di eventuale ripristino ambientale finale";
- al comma 8 recita: "I progetti sono redatti considerando anche il contesto in cui l'intervento si inserisce in modo che esso non pregiudichi l'accessibilità, l'utilizzo e la manutenzione delle opere, degli impianti e dei servizi esistenti";
- al comma 9 recita: "I progetti devono essere redatti secondo criteri diretti a salvaguardare nella fase di costruzione e in quella di esercizio gli utenti e la popolazione delle zone interessate dai fattori di rischio per la sicurezza e la salute degli operai".

6. CONCLUSIONI

Le tecnologie NO-DIG, soprattutto se applicate in ambito urbano, costituiscono una valida alternativa alle tecniche tradizionali per risolvere il problema del giusto equilibrio tra la necessità della realizzazione di servizi interrati e il rispetto dell'ambiente.

Il confronto economico con le tecniche tradizionali deve essere fatto di volta in volta, calato sulle singole situazioni puntuali, tenendo anche conto dei costi indiretti, che comunque ricadono sulla società e a cui l'Amministrazione dovrebbe porre la giusta attenzione.

In molte situazioni e contesti realizzativi quali attraversamenti stradali, ferroviari, di corsi d'acqua, ecc. centri storici, fiancheggiamenti di strade urbane a traffico elevato o sezione modesta, risanamento dei servizi interrati, riabilitazione senza asportazioni delle vecchie canalizzazioni, risultano nettamente vantaggiose, soprattutto se si è nella impossibilità tecnico-economica di dotarsi di un cunicolo intelligente.

Un campo di applicazione molto interessante è rappresentato dal ripristino delle condotte in cemento amianto, largamente usate in Italia (migliaia di Km) per l'irrigazione (cfr. case history) e talvolta anche per l'adduzione e distribuzione di acqua potabile: soprattutto in presenza di acque aggressive, le fibre di amianto, costituenti le tubazioni, potrebbero andare in sospensione ed essere inalate con l'irrigazione o ingerite con la distribuzione idropotabile.

L'attuale legislazione, pur muovendosi nella stessa direzione delle tecnologie innovative (riuso,

recupero, ripristino, mantenimento, minor impatto, ecc.) non è ancora sufficientemente incisiva da permettere la loro affermazione. Però la quantificazione dei danni ambientali, soprattutto da parte delle Amministrazioni, avrà sempre più peso nella valutazione e scelta delle alternative progettuali, ed è auspicabile che il divario economico tra tecniche tradizionali e NO-DIG diminuirà fino a rendere più vantaggiose queste ultime.

7. BIBLIOGRAFIA

"Trenchless Technologies in Italia: Esperienze nella posa, manutenzione e sostituzione dei servizi a rete" - IATT 2005

"Progettare Trenchless" - IATT 2001

"Prezzario per l'applicazione delle principali tecnologie no-dig" - IATT 2004

"Riabilitazione recupero e completamento rete irrigua del Tufano" - Consorzio di Bonifica a sud di Anagni 2001-2005

Siti Web

www.iatt.it

www.istt.com