

Risanamento di condotte interrate

Una rilevante parte delle tecnologie No-Dig è dedicata agli interventi di risanamento di condotte interrate, come condotte fognarie, idriche, condotte del gas, o condotte per il trasporto di fluidi speciali (come ad esempio quelle presenti nei petrolchimici). In un paese come l'Italia, dotato di una capillare rete di sottoservizi, l'estensione di tali reti è enorme. Parallelamente l'età media di molte delle tubazioni, di cui tali reti sono costituite, è piuttosto elevata e supera in molti casi i 30-40 anni. È il caso ad esempio delle reti fognarie, di cui si parlerà in questo articolo.

Renzo Chirulli
Federico Prodi
ingegneri

Le reti fognarie italiane sono estremamente eterogenee sia dal punto vista dei materiali impiegati, sia da quello delle caratteristiche costruttive, e non ultimo sotto l'aspetto della tipologia di rete ed ambiente d'inserimento. Quest'eterogeneità si riflette anche in una molteplicità di tipologie di dissesto e di malfunzionamento che rendono le reti fognarie italiane particolarmente impegnative sotto l'aspetto del recupero.

Tuttavia quello del recupero delle reti esistenti è un tema di strettissima attualità perché si lega ad alcuni aspetti più generali che rivestono ormai un ruolo di primario interesse nella gestione del territorio e delle infrastrutture. Nella maggior parte dei casi, recuperare la completa funzionalità di reti fognarie esistenti può significare: attuare una concreta salvaguardia dell'ambiente attraverso l'eliminazione delle perdite lungo le condotte; razionalizzare l'uso di quella parte del sottosuolo (specialmente urbano) che accoglie i servizi interrati, attraverso un riuso dei volumi già impegnati da condotte esistenti; migliorare il funzionamento degli impianti di depurazione attraverso l'eliminazio-

ne delle immissioni non desiderate di acque esterne (per lo più piovane) che penetrando nei collettori, che afferiscono a tali impianti, vanno ad incrementare in maniera anomala i volumi trattati.

Una delle tecnologie No-Dig oggi più sviluppata e standardizzata, sia da norme americane che recentemente anche europee, è dedicata proprio al recupero di condotte fognarie ed in generale di scarico. Si tratta della tecnologia del CIPP - Cured In Place Pipe. La traduzione letterale di questo termine, richiama direttamente il principio su cui questa tecnologia si basa: ovvero realizzazione, entro una tubazione preesistente, di un tubo nuovo, indurito in sito, in materiale composito (fibra di poliestere e/o fibra di vetro, e resina termoidurente). In italiano questa metodologia di intervento viene anche indicata come "risanamento con calza". Tuttavia preferiamo mantenere la terminologia anglosassone poiché è a questa terminologia che si fa riferimento nelle norme e nella letteratura internazionali.

I due casi che esamineremo in questo articolo hanno rilevanza perché evidenziano gli aspetti tipici di

questa tecnologia, permettendo di indicare con esempi concreti, in quali casi va preferito il CIPP, rispetto ad altre tecniche di intervento tradizionali, e quando l'uso del CIPP porta a dei sicuri e peculiari vantaggi.

Entrambi i lavori qui esaminati sono stati realizzati da un'azienda italiana, la S3 Soncini Spa di Poggio (RE), su commessa della AGS - Azienda Gardesana Servizi di Peschiera del Garda (VR), tra l'ottobre del 2004 ed il gennaio del 2005.

Prima di esaminare più in dettaglio i due lavori svolti, è utile descrivere sinteticamente in cosa consiste la tecnica di risanamento CIPP.

Fondamentalmente si tratta di inserire, all'interno della condotta da risanare, un rivestimento tubolare inizialmente flessibile (il così detto liner), che è costituito da uno o più strati di feltro in fibra poliestere impregnati di resina termoidurente (che può essere poliestere, vinilestere o epossidica) additivata con opportuni catalizzatori. Agli strati di feltro possono aggiungersi, per certe applicazioni, uno o più strati di tessuto in fibra di vetro (con funzione di rinforzo meccanico). La resina, che inizialmente si trova in stato liquido, reagisce in presenza dei catalizzatori, creando una serie di lunghe catene polimeriche e portandosi così in stato solido. La reazione, che brevemente viene detta di polimerizzazione, avviene naturalmente una volta che i componenti vengono miscelati. Tuttavia perché essa si sviluppi utilmente ai fini dell'applicazione, creando uno strato rigido dotato di sufficienti caratteristiche fisico-chimiche, è opportuno che tale reazione si sviluppi con omogeneità ed uniformità lungo tutto il liner impregnato. Per far questo si ricorre al calore, che se

opportunamente distribuito, oltre ad accelerare la reazione ne garantisce la sua uniformità lungo tutto il rivestimento. Il calore viene in genere fornito attraverso immissione nel liner di acqua calda. Questa oltre a mantenere gonfio ed in intimo contatto il liner con le pareti interne della condotta da risanare, svolge la fondamentale funzione di trasmettere il calore al liner mantenendo la temperatura sui livelli prestabiliti per il corretto svolgimento delle reazioni chimiche che avvengono nella resina.

Il calore necessario al processo ed il ricircolo dell'acqua calda vengono garantiti da un'opportuna centrale termica computerizzata che, oltre a riscaldare ed a mantenere in ricircolo l'acqua, permette di attuare un accurato controllo della temperatura e dei programmi di riscaldamento-raffreddamento dell'acqua di trattamento.

In quest'applicazione gli strati di feltro fungono da serbatoi di accumulo della resina. Una volta indurita questa formerà, insieme con gli strati impregnati di feltro ed eventualmente di fibra di vetro, un unico strato rigido, dotato di significative caratteristiche meccaniche (la resistenza a trazione di un materiale composito come quello utilizzato nel CIPP, varia dai 40 agli 80 MPa, a seconda della struttura del liner e della natura chimica della resina utilizzata).

Attraverso la formazione di questo nuovo strato aderente ed interno alla parete del tubo da risanare (che chiamiamo tecnicamente tubo ospite) si attua quello che viene detto "recupero funzionale" del tubo ospite, intendendo con questo che grazie al nuovo rivestimento vengono recuperate alcune o tutte le funzioni del vecchio tubo. Per funzioni indichiamo tipicamente: l'impermeabilità, la regolarità di deflusso (che si lega alla regolarità delle superfici di scorrimento dei fluidi ed alla loro scabrezza), la resistenza agli agenti aggressivi eventualmente presenti nei fluidi colletti, la portanza strutturale (ovvero la capacità di resistere ai carichi

esterni ed interni alla condotta).

Mediante il CIPP si può attuare un recupero funzionale parziale o totale di una condotta. La differenza consiste essenzialmente nella struttura del liner e nella natura della resina impiegati nell'applicazione. Il tipo di recupero da attuare viene stabilito in fase progettuale in funzione di un'opportuna serie di indagini diagnostiche preliminari (prevalentemente videospesione) finalizzate ad accertare la tipologia, la gravità e l'estensione dei dissesti presenti nella condotta da risanare. Naturalmente quando, in base ai risultati d'indagine, si stabilisce che è sufficiente il recupero di solo una o alcune delle funzioni della vecchia condotta (perché ad esempio la stessa continua a manifestare una certa portanza strutturale), questo può tradursi in un intervento che da un punto di vista economico può essere più conveniente rispetto a quello che sarebbe invece necessario quando occorre recuperare tutte le funzioni di una vecchia condotta. Lo spessore al finito del rivestimento è il risultato di un calcolo, standardizzato secondo la norma americana ASTM serie F 1216-03, che tiene conto delle condizioni nelle quali il rivestimento, una volta indurito, andrà a lavorare, e quindi, in ultima analisi, delle condizioni nelle quali si trova la condotta da risanare. Il calcolo, come nel primo dei due casi che stiamo per esaminare, può anche essere condotto con metodologie più raffinate, come ad esempio il metodo agli elementi finiti. Tuttavia riteniamo che la norma americana, in quanto basata sull'osservazione, condotta nel corso di molti anni, di un elevato numero di applicazioni di questa metodologia, rappresenti un ottimo metodo per ottenere un dimensionamento affidabile dei liner.

Il metodo agli elementi finiti risulta invece estremamente utile quando si ricorre a strutture più complesse del liner, sotto l'aspetto della composizione per strati di diversa natura dello stesso (come ad esempio nel caso di impiego di fogli di tessuto in fibra di vetro fram-

misti ai feltri in poliestere), oppure quando le condizioni di sollecitazione del liner non sono standard.

Quanto al costo di simili interventi, senza che tuttavia questo dato possa costituire un riferimento assoluto, l'applicazione del CIPP in Italia può variare oggi in un range che va dai 5 agli 8 Euro al centimetro diametro per metro di lunghezza, a seconda che si realizzi un recupero parziale o totale. A questo costo occorre in genere aggiungere le attività di diagnostica preliminare nonché di pulizia della condotta preesistente.

Questo dato fornisce un'idea piuttosto eloquente di come, mediante CIPP, sia possibile in molti casi recuperare condotte ammalorate impegnando investimenti decisamente più ridotti di quello che sarebbe necessario impiegare se lo stesso lavoro venisse affrontato con tecniche tradizionali (ovvero, scavando a cielo aperto, rimuovendo la vecchia condotta ed installandone una nuova).

Come hanno dimostrato moltissimi test di invecchiamento precoce condotti in diversi studi sperimentali, il rivestimento che si costruisce mediante CIPP ha una durata in esercizio paragonabile a quella delle tubazioni nuove (50 anni) e caratteristiche idrauliche molto spesso migliori di quelle originarie del tubo ospite. Naturalmente il principale vantaggio del CIPP resta la possibilità di effettuare il recupero funzionale parziale o totale di condotte interrato, anche di grande diametro (sino a 2500 mm), senza ricorrere a scavi a cielo aperto e con una produttività giornaliera del cantiere elevatissima se paragonata a quella ottenibile con tecniche tradizionali. Occorre infatti sottolineare che non solo con CIPP si va ad operare in genere dai pozzetti di ispezione, quindi senza alcuna escavazione o effrazione della superficie, ma che l'installazione anche di decine o centinaia di metri, può essere completata in poche ore, con enormi vantaggi sul piano dell'economia generale dell'opera.

Esaminiamo ora i due case history.

PRIMO CASO

Progetto di risanamento dei giunti nel collettore del basso Lago di Garda nel Comune di Peschiera del Garda (VR) - Committente: AGS - Azienda Gardesana Servizi Spa

1. Caso 1 - Planimetria del collettore fognario oggetto dell'intervento di recupero

2. Caso 1 - Una fase della videoispezione interna del collettore

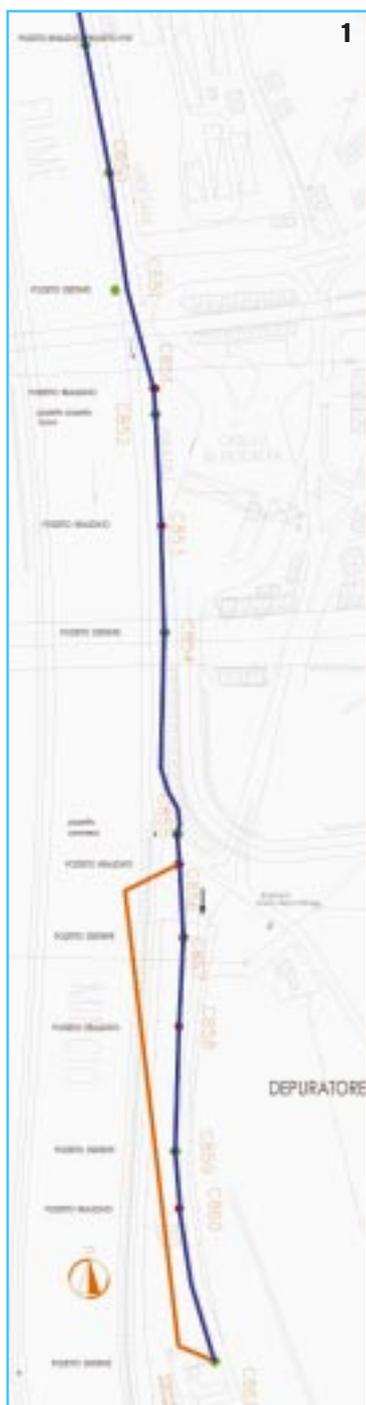
3. Caso 1 - Gravi lesioni sulla volta del collettore

4. Caso 1 - Analisi agli elementi finiti per il calcolo dello spessore del liner

5. Caso 1 - Inizio della fase di inserimento del liner nel collettore

6. Caso 1 - Inserimento del liner nel collettore

7. Schema di inserimento con tecnica di inversione ad acqua



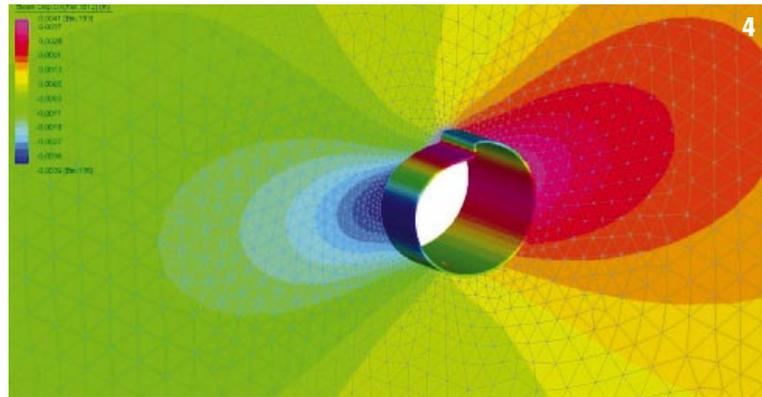
Il progetto ha riguardato il risanamento strutturale del collettore di acque nere che, percorrendo la Gardesana Orientale, raggiunge il depuratore di Peschiera del Garda. Questo collettore è costituito da una tubazione in calcestruzzo DN 1200 mm (fig. 1). Le indagini diagnostiche condotte preliminarmente all'esecuzione dell'intervento hanno evidenziato la presenza di un serio quadro di dissesti, con presenza di cospicue perdite ai giunti, lesioni lungo le pareti del condotto e presenza di ostruzioni e depositi con-

sistenti (figg. 2 e 3). Il tratto maggiormente danneggiato era quello in corrispondenza dell'accesso al casello autostradale dell'A4 di Peschiera del Garda. Ovviamente il dissesto strutturale era riconducibile alle intense azioni del traffico veicolare che si sviluppano in corrispondenza di una delle più trafficate stazioni autostradali dell'A4. In più questo collettore, oltre a trovarsi a circa 4 metri di profondità, ed essere sommerso da una falda con superficie freatica a circa 1.5 metri dal piano campagna, interseca le vie di accesso al ca-

sello autostradale. Pertanto ogni ipotesi d'intervento che avesse contemplato lo scavo a cielo aperto, avrebbe comportato dei costi insostenibili sul piano delle interferenze che si sarebbero necessariamente prodotte tra cantiere e traffico stradale, a causa delle lunghe interruzioni del traffico che sarebbero state causate dalla presenza di profonde trincee scavate lungo la strada.

Dopo aver esaminato varie ipotesi di intervento, anche di tipo No-Dig, la soluzione scelta dalla società committente è stata quella del CIPP con feltri armati con tessuto in fibra di vetro. La struttura del liner impiegato nel caso in esame è costituita da un sandwich a 5 strati, di cui i due più esterni e lo strato centrale sono in feltro di fibra poliestere da 6 mm di spessore, ed i due strati intermedi in tessuto in fibra di vetro di spessore equivalente pari ad 1 mm. Il tutto per un totale a secco, pari a 20 mm. Lo spessore del liner, così come poi realizzato, è stato ricavato attraverso un calcolo agli elementi finiti che, nel caso specifico, doveva necessariamente tener conto che lungo la generatrice di volta della condotta da risanare, c'erano in alcuni tratti delle lesioni con dislocamento dei lembi (fig. 4). Ciò poneva in essere azioni esterne sul liner che hanno richiesto un'analisi accurata e specifica.

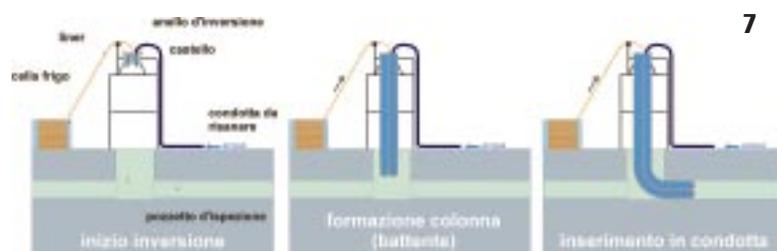
Il liner, assemblato ed impregnato in stabilimento con resina poliestere addizionata con opportuni catalizzatori, è stato quindi trasportato dallo stabilimento di produzione al cantiere per mezzo di un autocarro con cella frigorifera (fig. 5), in modo da mantenere sostanzialmente ferma la reazione di polimerizzazione. In tali condizioni infatti il liner, pronto per l'inserimento, può essere mantenuto con la resina inattiva per diversi giorni (4-7 giorni), in funzione della temperatura ambiente. Prima che il liner



raggiungesse il cantiere, in sito erano state intanto condotte alcune operazioni preliminari fondamentali, quali: la costruzione di un grosso by-pass temporaneo del collettore, per evitare qualsiasi interruzione del servizio (by-pass costituito da due tubi DN600 alimentati da un opportuno gruppo pompe); la pulizia interna del collettore, per la rimozione di ostruzioni, depositi e radici abbondantemente ritrovate nel corso della videoispezione; quindi il montaggio di un'apposita struttura temporanea di sostegno (castello) costruita in corrispondenza di uno dei pozzetti di ispezione ed accesso al collettore, necessaria per le operazioni di inserimento del liner nel collettore stesso; ed infine la predisposizione di tutte le linee di alimentazione dell'acqua e dell'energia necessarie al funzionamento dell'impianto di cantiere.

Preliminarmente all'inserimento del liner, è stato inserito un tubolare costituito da un foglio di polietilene dello spessore di 0.8 mm, il così detto pre-liner, la cui funzione è quella di isolare lo strato impregnato di resina da eventuali venute d'acqua esterne che possono interferire con il corretto svolgimento della reazione di polimerizzazione.

Una volta raggiunto il cantiere il liner è stato inserito nel collettore mediante tecnica di inversione ad acqua



attraverso il pozzetto di accesso sul quale era stato montato il castello di servizio (figg. 5 e 6). Con questa tecnica il liner, che arriva in cantiere con la superficie che aderirà alla parete del tubo ospite risvoltata all'interno, vie-

8. Caso 2 - Il muro di sostegno sulla riva del lago di Garda a tergo del quale si sviluppa il collettore oggetto di risanamento.

9. Caso 2 - Inserimento del liner nel collettore; il castello ed il battente

10. Caso 2 - Curva del liner all'inserimento nel collettore da risanare

11. Caso 2 - Una fase dell'inversione ad acqua del liner

12. Caso 2 - Vista del liner durante l'avanzamento nel collettore

ne invertito, in fase di inserimento, collegando la sua estremità libera ad un anello di inversione ed immettendo acqua nello spazio che si crea tra l'anello di inversione e la superficie esterna del liner risvoltato, in modo che man mano che la quantità d'acqua aumenta, comincia a formarsi una colonna verticale con liner invertito, che permette una completa inversione del liner stesso nel tubo ospite (lo schema in fig. 7 chiarisce meglio quanto appena descritto).

Il risanamento di circa 550 m di collettore, nelle condizioni appena descritte, è stato realizzato mediante tre distinti inserimenti rispettivamente di 190, 167 e 190 metri. Tutto il lavoro, comprese le attività preliminari e di collaudo finale, è stato effettuato tra il 25 ottobre 2004 ed il 6 novembre 2004, ovvero in meno di 2 settimane, con limitati effetti sul traffico e senza alcuna effrazione della superficie stradale. Quello appena esaminato è un esempio di risanamento strutturale per il recupero totale di un grande collettore fognario, in presenza di notevoli vincoli di carattere logistico, operativo e di traffico, e rappresenta sicuramente un caso significativo di quelle che sono le possibilità attuali più spinte di questa tecnologia.



SECONDO CASO

Lavori di manutenzione straordinaria del collettore di acque nere in località Pontirolo nel comune di Torri del Benaco (VR) - Committente AGS

Mentre nel primo caso esaminato in questo articolo, l'elemento caratterizzante era la sussistenza di una pesante interferenza tra l'opera oggetto di intervento ed un importante nodo stradale, in questo secondo caso che esaminiamo, l'elemento caratterizzante è sicuramente la protezione ambientale. La tubazione oggetto di un recupero funzionale parziale, è un collettore fognario DN 700 mm, interessato da cospicue perdite ai giunti. Questo collettore è situato ai margini della



11



12



13a



13b



13c



13d

13a, 13b, 13c, 13e. Caso 2 - Sequenza del passaggio del liner in corrispondenza di un pozzetto d'ispezione, durante la fase di inserimento per inversione ad acqua.



14

14. Caso 2 - Il by-pass realizzato per mantenere in esercizio la rete fognaria durante l'esecuzione del risanamento del collettore.



15

SS249 che costeggia il lago di Garda, sulla sponda est, in località Pontiola (comune di Torri del Benaco) circa a metà del percorso che congiunge Peschiera del Garda a Riva del Garda. Si tratta di uno dei tratti più suggestivi del lago, dove l'estate si registra un'intensissima presen-

za turistica. Il collettore, oggetto d'intervento, è interrato a tergo di un muro di sostegno che affaccia su una delle piccole spiaggette di sassolini presenti lungo le rive del lago (fig. 8). La condotta, in calcestruzzo, nonostante fosse integra presentava delle significative per-

dite ai giunti, con il risultato di provocare la fuoriuscita di liquami nel terreno circostante, e quindi il percolamento attraverso il muro di sostegno. Questo fenomeno, non appena rilevato, ha richiesto un intervento urgente teso al recupero immediato dell'impermeabilità del

15. Caso 2 - Il pannello di controllo della centrale termica utilizzata per l'immissione ed il controllo dell'acqua calda di trattamento del liner durante la catalisi.



UNA NUOVA INIZIATIVA EDITORIALE DELLA CASA EDITRICE LA FIACCOLA

La collana I QUADERNI TECNICI del No Dig di "Le Strade"

Per esaltare ulteriormente il ruolo di leader nell'informazione tecnica che la rivista Le Strade ricopre da più di un secolo e per rispondere alle esigenze di approfondimento delle tematiche connesse al variegato mondo delle infrastrutture stradali, La Casa Editrice La Fiaccola è lieta presentare ai propri lettori una nuova iniziativa editoriale che sarà svolta nel corso del 2005.

Si tratta di una collana di Quaderni tecnici, il cui primo nucleo avrà come unico filo conduttore quello delle tecnologie No-Dig, che stanno diventando un'alternativa agli scavi a cielo aperto in molti lavori ed attività che riguardano i servizi interrati. I Quaderni tecnici di Le Strade saranno commercializzati dalla Casa Editrice La Fiaccola, singolarmente o in cofanetto.

Parallelamente alla pubblicazione dei Quaderni tecnici, la rivista Le Strade accoglierà, a partire da questo numero, una serie di articoli relativi a casi reali di applicazione di tecnologie No-Dig in Italia. Con questo progetto editoriale ci auguriamo di contribuire in modo significativo alla conoscenza ed alla diffusione del No-Dig nel nostro Paese.

Che cos'è il No Dig

Come è noto con la parola No-Dig o Trenchless, si indica una famiglia di tecnologie esecutive caratterizzate da un limitato o nullo ricorso alle operazioni di scavo a cielo aperto per l'installazione, la riabilitazione, la sostituzione, la mappatura e la diagnostica di servizi interrati (come condotte fognarie, idriche, del gas, cavidotti per telecomunicazioni e per l'energia elettrica). L'interesse verso queste tecnologie, già piuttosto diffuse in altri paesi del mondo, è giustificato da vari fattori, il principale dei quali è la possibilità di limitare fortemente le manomissioni delle strade, potendo in questo modo abbattere drasticamente tutti quegli effetti negativi sul traffico e sull'ambiente che trovano origine proprio nell'apertura di scavi a cielo aperto lungo le strade. Con il miglioramento e la standardizzazione delle tecniche esecutive e dei materiali e mezzi d'opera destinati ad applicazioni di tipo No-Dig, anche il costo delle applicazioni di questo tipo è sceso progressivamente negli anni, tant'è vero che oggi il confronto tra applicazioni No-Dig ed applicazioni di tipo tradizionale si gioca sempre più spesso sui soli costi di costruzione, anche se, come è ormai dimostrato, su altri piani di costo (come i costi sociali, ambientali ed in generale indiretti) le tecnologie No-Dig risultano senz'altro più convenienti di quelle tradizionali con scavo a cielo aperto.

Parallelamente alla crescita dell'interesse verso queste nuove tecnologie esecutive, per i tecnici, le imprese, gli enti appaltanti e non ultimi gli enti preposti alla gestione del territorio e delle infrastrutture di trasporto, è cresciuta la necessità di conoscere queste tecnologie sotto l'aspetto tecnico e normativo. Poter sviluppare progetti sempre più corretti sia dal punto di vista tecnico che economico è diventata quindi una necessità affinché il No-Dig possa essere correttamente e convenientemente utilizzato. Con l'obiettivo di fornire quel complesso di informazioni, metodi di calcolo e di progetto e riferimenti normativi nasce il "Progetto No-Dig", che consiste in un'opera in cinque volumi che verrà pubblicata dalla nostra casa editrice in collaborazione con l'Ing. Renzo Chirulli che da molti anni si occupa, sia in Italia che all'estero, di sviluppo ed applicazioni di tecnologie No-Dig e che già in passato ha contribuito, attraverso un'intensa attività editoriale, alla diffusione e alla conoscenza di questo settore. L'indice dei cinque volumi è riportato di seguito.

Il piano dell'opera

Volume 1 - Introduzione alle tecnologie No-Dig (marzo 2005)

- concetti fondamentali
- classificazione delle tecnologie No-Dig
- costi generalizzati delle opere
- quadro normativo complessivo
- glossario italiano e inglese

Volume 2 - Indagini preliminari (aprile 2005)

- fattori significativi nella caratterizzazione del sottosuolo
- classificazione dei suoli nel progetto No-Dig
- la localizzazione e la mappatura delle tubazioni interrate
- classificazione dei dissesti nelle tubazioni interrate
- diagnostica del dissesto
- quadro informativo preliminare
- quadro informativo esecutivo

Volume 3 - Installazione senza scavo a cielo aperto di tubazioni interrate (maggio 2005)

- servizi interrati installabili mediante tecnologie di tipo No-Dig
- il directional drilling
- il microtunnelling
- tecniche non direzionali
- capitolati
- il costo dei lavori
- repertorio delle imprese e dei prodotti

Volume 4 - Riabilitazione senza scavo a cielo aperto di tubazioni interrate (luglio 2005)

- la riabilitazione funzionale parziale o totale delle tubazioni interrate
- riabilitazione con rivestimenti costruiti in sito: il CIPP ed il coating
- riabilitazione con tubi aderenti: il close-fit lining
- riabilitazione con tubi non aderenti: il loose-fit lining
- cenni su altre tecniche di riabilitazione no-dig
- capitolati
- il costo dei lavori
- repertorio delle imprese e dei prodotti

Volume 5 - Sostituzione senza scavo a cielo aperto di tubazioni interrate (settembre 2005)

- criteri tecnico economici per la sostituzione di tipo no-dig
- sostituzione per frantumazione: pipe bursting
- sostituzione per taglio: pipe splitting
- sostituzione per alesatura: pipe reaming
- capitolati
- il costo dei lavori
- repertorio delle imprese e dei prodotti

tronco. La scelta di operare anche in questo caso con CIPP è stata guidata da alcuni fattori, il principale dei quali è l'ambiente di inserimento della condotta. Operare con tecnica tradizionale avrebbe infatti certamente compromesso la stabilità del muro di sostegno che affaccia sul lago con conseguenze significative sul piano dei costi. Inoltre, a favore di un intervento con CIPP, c'era la circostanza che il rivestimento non doveva assolvere a funzioni strutturali, e pertanto anche il suo costo è risultato contenuto.

Il tronco oggetto d'intervento ha una lunghezza di 199 metri. L'intervento è stato operato a partire da un pozzetto di ispezione sul quale è stato montato il castello di servizio. Nel complesso, il recupero della condotta ha richiesto, tra operazioni preliminari (costruzione del by-pass, videoispezione e pulizia) ed inserimento vero e proprio, appena 3 giorni. L'inserimento del liner, operato con inversione ad acqua, ha richiesto circa 3 ore. Per il rivestimento è stato impiegato un liner in feltro di fibra di poliestere a doppio strato 6+4 mm, impregnato con resina poliestere. Il lavoro effettuato è documentato nelle figg. 9-15.

CONCLUSIONI

Il CIPP rappresenta una metodica di intervento per il recupero funzionale di condotte interrate matura sotto l'aspetto tecnologico e normativo. Costituisce indubbiamente una soluzione alternativa agli interventi di tipo tradizionale, perché oltre ad evitare del tutto il ricorso agli scavi a cielo aperto, permette di risolvere problematiche critiche con estrema rapidità ed economicità, garantendo un risultato durevole nel tempo. Il quadro normativo di riferimento, a livello internazionale, è chiaro ed esaustivo, ed anche nel nostro paese esistono ormai imprese e tecnologie specifiche e consolidate che possono garantire il successo di tali innovative applicazioni. ■