

INSTALLAZIONE E RISANAMENTO DI GRANDI COLLETTORI FOGNARI MEDIANTE TECNICHE SENZA SCAVO A CIELO APERTO (NO-DIG)

Renzo CHIRULLI*

Parole Chiave: riabilitazione, rinnovamento, risanamento, tecnologie trenchless.

SOMMARIO

L'eliminazione o la limitazione del ricorso agli scavi a cielo aperto, nelle nuove installazioni o nel risanamento dei grandi collettori fognari, specie in ambito urbano, permette di ridurre molti degli impatti ambientali e dei costi indiretti che si legano tradizionalmente alla realizzazione di tali opere. In questa memoria viene offerta una panoramica aggiornata relativa alle tecniche e ai metodi oggi disponibili per eseguire queste operazioni in modalità no-dig, con un approfondimento particolare sulle tecnologie di Small Bore Tunneling e di Cured In Place Pipe. Il testo che segue è tratto dal nuovo libro “Manuale di Tecnologie No-Dig” pubblicato nel mese di maggio 2011 dall'autore.

1. PANORAMICA SULLE TECNOLOGIE NO-DIG.

L'esigenza fondamentale a cui il *no-dig* risponde è quella di ridurre o eliminare gli effetti indesiderati o le limitazioni che derivano dal dover far ricorso agli scavi a cielo aperto in molte operazioni che si svolgono nel sottosuolo.

Specie in abito urbano, dove del resto è concentrata la gran parte dei sottoservizi, l'apertura di scavi a cielo aperto, per l'effettuazione di interventi sulle reti interrato, genera sempre degli effetti negativi ed indesiderabili su componenti sensibili dell'ambiente urbano, quali:

- le strade
- il traffico veicolare e pedonale

* esperto in tecnologie trenchless – Amministratore Unico di nodig.it Srl – rchirulli@nodig.it

- l'ambiente acustico ed atmosferico
- le attività economiche e di residenza locali
- l'immagine della città

Questi effetti consistono, ad esempio: nella perdita permanente dell'integrità del corpo stradale e di conseguenza della portanza e regolarità delle pavimentazioni, nella congestione del traffico veicolare, nel disturbo e nel disagio arrecato alle persone, nell'inquinamento acustico ed atmosferico, nella perdita di fatturato degli esercizi commerciali e delle attività economiche in genere che hanno sede laddove vengono aperti i cantieri, nel decadimento dell'immagine della città nel suo complesso.

In determinati ambiti urbani, come ad esempio i centri storici, molti di questi effetti possono diventare del tutto incompatibili con la struttura, la funzionalità e le attività che caratterizzano quel dato centro.

Nello stesso modo, laddove sono concentrate attività o flussi (veicolari o pedonali) particolarmente intensi, certe interferenze causate dagli scavi a cielo aperto ed i conseguenti effetti possono diventare del tutto incompatibili con l'ambiente.

In ambito extraurbano, quand'anche non vi sia presenza di attività umane, l'eliminazione degli scavi a cielo aperto può costituire un vantaggio, quando ad esempio comporta un abbattimento o l'eliminazione di impatti ambientali che potrebbero avere conseguenze negative temporanee o permanenti sull'ambiente naturale.

Casi tipici sono gli attraversamenti di corsi d'acqua o di zone boschive o ancora di aree ad alta sensibilità ambientale o elevato valore paesaggistico. L'attraversamento di un fiume, con tecniche no-dig, permette l'eliminazione di una serie di importanti ed onerosi effetti che si legano all'escavazione di argini, golene ed alvei. In questo caso specifico, ad esempio, l'installazione anche di grandi condotte, mediante tecnologie no-dig, permette di ottenere, non soltanto un drastico abbattimento degli impatti ambientali, ma anche una significativa riduzione dei costi di costruzione.

La riduzione dei costi di costruzione costituisce un altro importante fattore che giustifica il ricorso alle tecnologie no-dig. Se è infatti vero che in epoca per così dire pionieristica, le applicazioni no-dig avevano in generale un costo molto più elevato delle applicazioni di tipo tradizionale con scavo a cielo aperto, oggi questo non è più vero e risulterà sempre più conveniente non scavare, man mano che aumenterà il volume complessivo di applicazioni di tipo no-dig e di conseguenza la dimensione dell'industria ad esso collegata.

A riprova di quanto affermato è sufficiente osservare cos'è accaduto in quei paesi (principalmente Stati Uniti d'America, Germania e Giappone) dove le applicazioni no-dig hanno conosciuto una diffusione massiccia. In questi paesi, nell'arco di un quindicennio si sono registrate riduzioni dei prezzi medi di lavorazioni di tipo no-dig anche superiori al 75%.

Il motivo di questa diminuzione va ricercato, oltre che nell'aumento dell'offerta, in termini di numero di imprese specializzate e di appalti che prevedono il no-dig, anche in un affinamento

delle tecnologie e delle tecniche esecutive, con un conseguente aumento dell'efficienza e della produttività.

Un altro importante fattore che giustifica il ricorso alle tecnologie no-dig, è la possibilità di eseguire interventi che con tecnologie tradizionali non risulterebbero eseguibili oppure comporterebbero oneri economici talmente rilevanti da rendere l'intervento proibitivo.

Un esempio tipico è costituito dagli interventi di sostituzione di servizi interrati. Con tecnologia tradizionale sostituire una vecchia condotta equivale a fare una nuova installazione, ovvero: scavare a cielo aperto demolendo la vecchia tubazione, quindi posarne una nuova, fare i rinterri e ripristinare. Con le tecnologie no-dig così dette di sostituzione è invece possibile fare tutto questo senza scavare a cielo aperto, con enormi vantaggi sia sul piano economico che su quello ambientale.

In ambienti particolari, il ricorso al no-dig risolve problematiche che diversamente risulterebbero di onerosa soluzione. Un tipico esempio di ambiente particolare è costituito dalle città d'arte come Venezia; in un ambiente così peculiare l'attraversamento dei canali per la posa di tubazioni di varia natura, può costituire un problema tecnico ed economico di notevole impegno. Proprio a Venezia, da qualche anno a questa parte, quando è necessario attraversare canali per l'installazione di tubazioni o di cavi, si ricorre a tecnologie di tipo trenchless, conseguendo enormi vantaggi sia in termini di minori costi di costruzione e minori impatti ambientali, che di ridotti tempi di esecuzione degli interventi.

Un ulteriore fattore che favorisce il ricorso alle tecnologie no-dig è l'elevata produttività che è possibile conseguire in molte applicazioni.

Ad esempio, il risanamento di 200 m di un collettore fognario da 800 mm, può richiedere, a seconda dell'ambiente di inserimento e quindi in funzione della posizione rispetto alla strada, del traffico e della profondità di posa, dai 10 ai 40 giorni, se si opera con tecnologie tradizionali.

Lo stesso intervento eseguito con tecnologia no-dig può richiedere invece dai 2 ai 4 giorni. Ma vedremo che esistono attualmente tecnologie no-dig, per il risanamento di tubazioni in pressione, con le quali è possibile riabilitare sino a 1.000 metri al giorno di tubazione con diametro sino a 500 mm. Si tratta di numeri che danno un'idea molto chiara delle differenze che possono esistere, sul piano della produttività, tra tecnologie tradizionali con scavo a cielo aperto e tecnologie trenchless.

In quei paesi in cui il no-dig è radicato da tempo, l'aspetto caratterizzante di queste tecnologie, ovvero l'eliminazione degli scavi a cielo aperto, passa ormai in secondo piano rispetto all'economicità, alla produttività ed alle ampie possibilità applicative che il settore trenchless offre in molti campi di impiego.

Un'altra importante considerazione riguarda le possibilità che il no-dig offre sul piano della tutela del patrimonio pubblico ed ambientale.

La limitazione delle manomissioni stradali, il controllo e la mitigazione degli impatti ambientali, la limitazione delle interferenze che possono sorgere tra attività svolte da soggetti privati ed attività che hanno luogo stabilmente sul territorio (mobilità, attività economiche, residenza, ecc.), costituiscono obiettivi primari per il gestore del territorio.

Sebbene le tecnologie no-dig costituiscano, senza alcun dubbio, un settore di interesse prevalentemente per i tecnici specialisti, per le imprese e per gli enti appaltanti, al contrario la modalità no-dig, intesa quale mezzo per salvaguardare l'integrità delle strade, limitare gli impatti ambientali, ridurre gli effetti indesiderati sul traffico e sui cittadini, deve essere conosciuta dall'amministratore del territorio e se del caso promossa e favorita attraverso opportuni strumenti normativi o di incentivazione, quale mezzo di tutela dell'ambiente e della collettività.

Da questo punto di vista la conoscenza degli effetti negativi indotti dagli scavi a cielo aperto, la loro qualificazione e quantificazione, può costituire, per il gestore del territorio e quindi per l'amministratore pubblico, l'occasione per comprendere che l'approccio no-dig rappresenta una modalità più sostenibile da un punto di vista ambientale, per un complesso di interventi che spaziano dalle reti di servizi interrati, alla difesa ambientale e del suolo.

2. LE TECNICHE NO-DIG ATTUALMENTE DISPONIBILI PER L'INSTALLAZIONE DI GRANDI COLLETTORI FOGNARI.

Le tecnologie no-dig più adatte per l'installazione di grandi collettori fognari sono certamente quelle per spinta che permettono di posare, senza scavo a cielo aperto, tubazioni costruite con materiali rigidi, come il calcestruzzo o il gres, oppure il PRFV (poliestere rinforzato con fibre di vetro) coprendo un range dimensionale, in termini di diametri, che spazia dai 250 ai 3.000 mm e con precisioni sul target, anche dopo centinaia di metri di tracciato, di pochissimi centimetri, che si traduce nella possibilità di installare condotte a gravità con elevate precisioni anche su pendenze longitudinali nell'ordine di 2÷5 punti per mille.

Le tecnologie di installazione per spinta coprono quindi un campo di applicazioni che si sovrappone poco con quello delle tecniche di installazione per tiro; pertanto esse non vanno considerate in alternativa o in concorrenza con tecnologie come il directional drilling.

Il capitolo delle tecniche per spinta va sotto il nome generale di **spingitubo** (*pipe jacking*) e le varie tecnologie no-dig, che permettono l'installazione per spinta, vengono distinte in tre gruppi:

- a) microtunneling a smarino meccanico o idraulico;
- b) pilot tubing;
- c) pipe ramming.

Di questi solo i primi due gruppi di tecnologie risultano adatti per l'installazione di grandi collettori fognari a gravità

2.1 MICROTUNNELING

Con il termine **microtunneling** si intende una tecnica con la quale la tubazione, assemblata giuntando progressivamente una serie di conci, viene fatta avanzare per spinta nel terreno, preceduta in testa da uno scudo in acciaio, a fronte aperto o chiuso, dotato di testa fresante oppure di braccio escavatore o di personale che scava manualmente.

Lo scudo attraversa l'intero tratto di installazione collegando due pozzi o due piazzole, una di partenza, nella quale sono collocati i sistemi per generare la spinta ed eventualmente la coppia ed una di arrivo da cui si effettua il recupero dello scudo. La tubazione è costruita per conchi e, man mano che lo scudo avanza nel terreno, funge da tubo di prolunga per la trasmissione, alla coda dello scudo e da questa al fonte di scavo, della spinta generata da un opportuno sistema fuori terra (un gruppo di spinta idraulico o una *pressotrivella*).

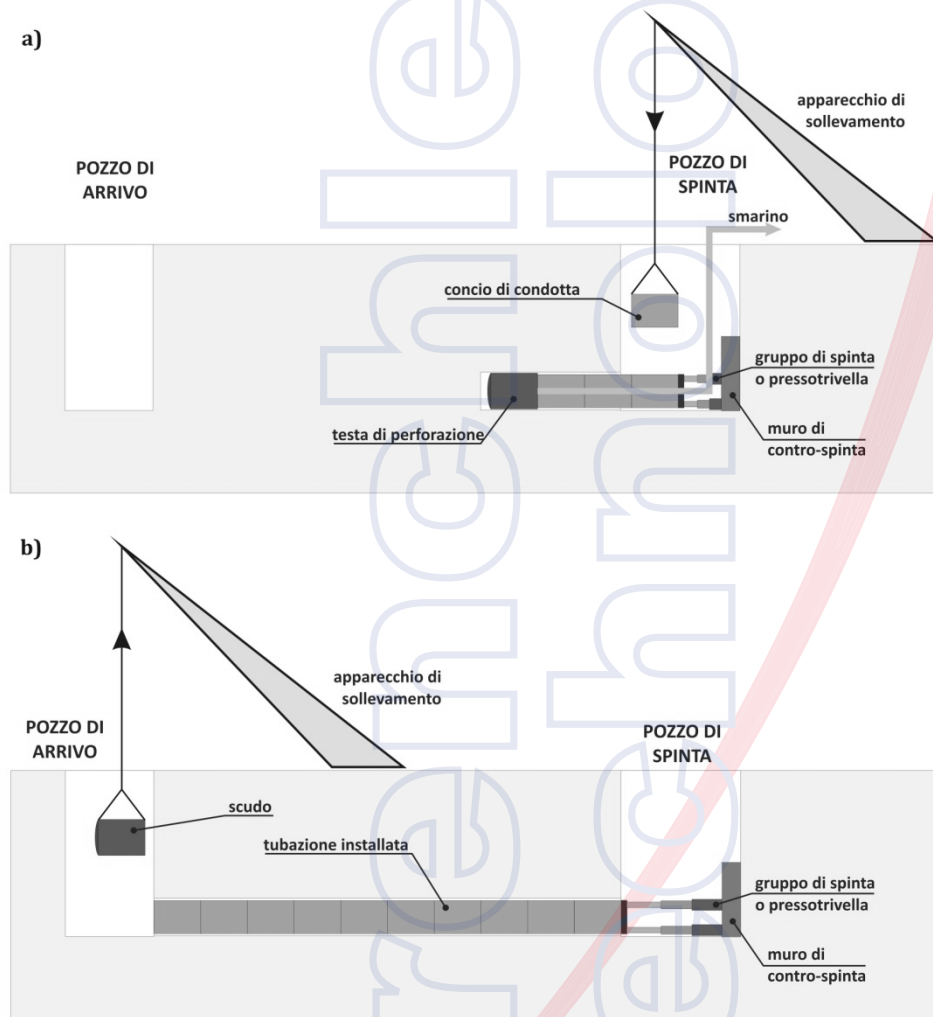


Figura 1 - fasi di avanzamento durante l'installazione di una tubazione con microtunneling: (a) partenza e perforazione; (b) recupero dello scudo nel pozzo di arrivo

Il materiale scavato viene portato fuori dal foro attraverso la tubazione in via di installazione, secondo due tipologie di sistemi tra loro profondamente diversi:

- sistemi meccanici: coclee (*auger*), nastri trasportatori (*conveyor belt*), vagoni su binario o su slitta (*muck car*), ed in questo caso parliamo di **sistemi a smarino meccanico**,
- sistemi idraulici: tramite un fluido (esclusivamente in fase liquida) che raccoglie il detrito sul fronte di scavo e lo trasporta sotto forma di fango (*slurry*) all'interno di un condotto idraulico, ed in questo caso parliamo di **sistemi a smarino idraulico**.

Mediante *microtunneling* è possibile installare condotte costruite con materiali rigidi, come il calcestruzzo, il cemento armato o il gres, così come materiali duttili come l'acciaio o compositi come il PRFV. Le tubazioni vengono fornite in conci la cui lunghezza, a seconda delle caratteristiche del sito e dell'installazione, può variare da 1÷3 metri fino a 12 metri. Le lunghezze inferiori sono quelle tipiche di fornitura delle tubazioni in materiale rigido ed in PRFV, mentre le lunghezze maggiori si hanno con l'acciaio.

Le tubazioni rigide, così come il PRFV, destinate all'installazione mediante *microtunneling*, differiscono dalle tubazioni costruite con i medesimi materiali, ma installabili con i metodi tradizionali (scavo a cielo aperto), in quanto devono poter resistere alle intense spinte assiali che vengono esercitate sulla tubazione durante il processo. Per questo motivo esse presentano sezioni trasversali e tipologie di giunto in grado di resistere a spinte assiali molto elevate. In particolare i giunti sono costruiti in modo tale che, una volta assemblata, la tubazione abbia i diametri esterno ed interno costanti, quindi senza i classici ringrossi esterni presenti in corrispondenza dei giunti a bicchiere delle normali tubazioni rigide in conci.

Il *range* dimensionale è piuttosto ampio: in termini di diametro si copre tutto il campo compreso tra i 350 ed i 3.000 mm, mentre per le lunghezze si va dai 15 ai 2.000 metri (il limite superiore è stato superato in alcuni progetti).

Più comunemente le installazioni si sviluppano nel range 600÷2.500 mm per i diametri e 30÷1.000 m per le lunghezze.

Le tecnologie di *microtunneling* oggi più diffuse si suddividono nelle seguenti sotto-categorie:

1) sistemi a smarino meccanico con scudo:

- 1.a) a fronte aperto con escavazione manuale o meccanizzata;
- 1.b) con fresa e coclea a piena sezione (*auger boring*);
- 1.c) con fresa motorizzata e coclea eccentrica;
- 1.d) EPB (*Earth Pressure Balance*);
- 1.e) a fronte chiuso con avanzamento autonomo e sistema di smarino a carrello;

2) sistemi a smarino idraulico con scudo:

- 2.a) a fronte chiuso con circolazione di fanghi e sostentamento idraulico del fronte di scavo (*slurry shield*)

2.2 PILOT TUBING.

Il **pilot tubing**, noto anche come *guided boring* (in Italia viene chiamato anche *microtunneling leggero*), è una tecnologia di installazione per spinta che si articola in tre fasi:

- perforazione pilota
- pre-alesatura in avanzamento
- installazione della tubazione con eventuale alesatura finale

L'intera installazione parte da un pozzetto/piazzola di spinta e termina in un pozzetto/piazzola di arrivo. Tutta l'attrezzatura, sia fuori terra che in pozzetto, è estremamente compatta.

La perforazione pilota viene eseguita utilizzando delle speciali aste di perforazione chiamate **pilot tubes** (da qui il nome della tecnologia) dotate di due distinti canali interni: uno più periferico, con funzioni idrauliche per il passaggio di fluidi di perforazione, ed uno centrato assialmente, otticamente libero per permettere, dal pozzetto di partenza, la visione di un target a led collocato a tergo della punta di perforazione.

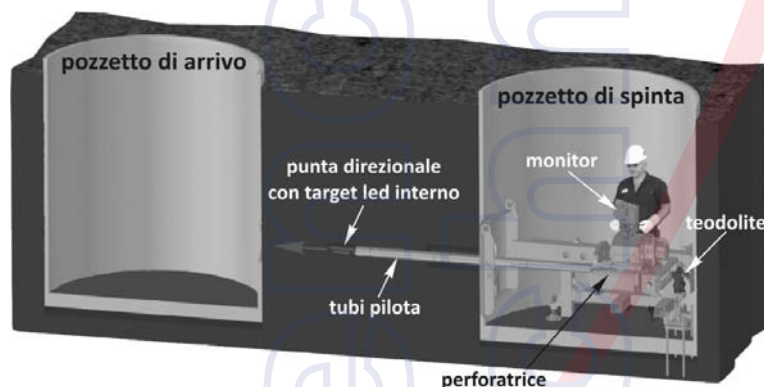


Figura 2 - pilot tubing: perforazione pilota (per gentile concessione di Akkerman Inc.)

La linea di perforazione può seguire con precisione una pendenza anche molto bassa (nell'ordine di 2÷4 punti per mille), caratteristica questa che rende il *pilot tubing* particolarmente indicato per l'installazione di tubazioni fognarie in area urbana.

Considerato che con sistemi di questo genere si possono installare tubazioni in materiale rigido (calcestruzzo, gres), acciaio e PRFV, con diametri variabili tra i 280 ed i 1.200 mm e con

lunghezze comprese tra i 10 ed i 120 metri, è evidente che questa tecnica di installazione *no-dig* può rappresentare una valida opzione per l'installazione di tubazioni fognarie a gravità, specie in ambito urbano.

3. LE TECNICHE NO-DIG ATTUALMENTE DISPONIBILI PER LA RIABILITAZIONE DI GRANDI COLLETTORI FOGNARI.

Con il termine **riabilitazione** (*rehabilitation*) nel *no-dig* si indica quel complesso di tecnologie e di tecniche esecutive finalizzate al recupero funzionale di tubazioni danneggiate o che nel tempo hanno gradualmente perso alcune o tutte le caratteristiche determinanti ai fini della funzionalità della tubazione stessa.

Riabilitare significa quindi risanare parte o tutta una tubazione che può presentare dissesti di vario genere; ecco perché nella pratica corrente si usa spesso l'espressione risanamento piuttosto che riabilitazione. Nella terminologia internazionale i termini più utilizzati sono *rehabilitation* e *renovation*. Le tecnologie *no-dig* destinate alla riabilitazione consentono di intervenire su tubazioni esistenti prolungando il periodo di vita utile, con un conseguente notevole risparmio di risorse e di sottosuolo. Di uso molto comune, per indicare le tecnologie *no-dig* di riabilitazione, è il termine *relining* che letteralmente significa rivestimento, rifoderamento o incamiciamento. Si tratta di un termine piuttosto generico che alla lettera non sarebbe corretto applicare a quelle tecnologie di riabilitazione che permettono di costruire un nuovo tubo all'interno di tubazioni esistenti e non un semplice rivestimento.

Risulta invece appropriato quando indica i metodi di riabilitazione semi-strutturali che hanno quale risultato fisico la costruzione di un rivestimento aderente alla parete interna di tubazioni esistenti.

Nella terminologia specifica il tubo esistente che *accoglie* il nuovo tubo o rivestimento, viene detto **tubo ospite** (*host pipe* o semplicemente *host*), mentre il nuovo tubo o rivestimento viene detto genericamente **liner** (da qui il termine *relining* impropriamente utilizzato anche nel caso di costruzione di nuovi tubi interni a quelli esistenti).

L'inserimento del *liner* nel tubo ospite porta in generale ad una riduzione della sezione utile del tubo ospite. Questa riduzione può essere trascurabile o significativa in funzione dello spessore del *liner* e della tecnica di inserimento (*liner* aderente o non aderente alle pareti interne del tubo ospite).

Ancora una volta la scelta della tecnologia di riabilitazione più adatta, ed a seguire la scelta tra riabilitazione funzionale parziale o totale, deve tener conto di una serie di fattori tecnici ed economici, finalizzate non solo all'ottimizzazione delle risorse disponibili ma anche alla funzionalità della tubazione da riabilitare.

Questo ha portato non solo ad un'ampia diversificazione delle tecnologie esistenti, ma anche allo sviluppo (per alcune di queste tecnologie) di metodologie di calcolo finalizzate alla

determinazione delle caratteristiche fisico meccaniche minime che possano garantire che un dato *liner* possa assolvere alle funzioni richieste nel modo più economico possibile.

Le tecnologie *no-dig* destinate alla riabilitazione di tubazioni esistenti appartengono fondamentalmente a tre grandi gruppi:

- 1) tubi e rivestimenti costruiti in sito
 - a. tubi e rivestimenti polimerizzati in sito (*CIPP*)
 - b. cementazione (*CML*)
 - c. coating
 - d. rivestimenti costruiti con altri materiali compositi
 - e. rivestimenti spiralati (*spiral wound lining*)

- 2) riabilitazione con tubi aderenti (*close-fit lining*)
 - a. *swage lining*
 - b. *folded liners*

- 3) riabilitazione con tubi non aderenti (*loose-fit lining*):
 - a. *sliplining*
 - b. manichette armate

Tra queste non risultano adatte alla riabilitazione di grandi collettori fognari a gravità le tecnologie 1.c e 3.b.

3.1 RIABILITAZIONE CON TUBI E RIVESTIMENTI COSTRUITI IN SITO.

Le tecnologie di riabilitazione con tubi e rivestimenti costruiti in sito hanno tra di loro in comune che una parte importante del processo di fabbricazione del nuovo tubo o rivestimento avviene direttamente in sito, all'interno della tubazione da riabilitare.

Questo significa che il risultato finale è in gran parte legato alle modalità esecutive, alle tecniche ed ai procedimenti adottati in cantiere, il che richiede che tali processi di fabbricazione seguano precise regole esecutive e norme di riferimento.

3.1.1 Tubi e rivestimenti polimerizzati in sito - Cured In Place Pipe.

Con il termine **CIPP** – *Cured In Place Pipe* (tubi reticolati in sito), noto anche come CIPL – *Cured in Place Lining*, viene identificata internazionalmente (ISTT, 1997) una metodica di riabilitazione di condotte interrate ed aeree, che consiste nell'inserire, all'interno del tubo ospite, un tubolare flessibile impregnato di resina che viene quindi gonfiato per aderire alle pareti del tubo

ospite, ed infine fatto indurire per reticolazione della resina.

L'espressione *riabilitazione mediante tubi reticolati in sito (o in loco)* è quella utilizzata nella normativa UNI EN 13566-4:2005¹, che stabilisce i criteri di accettabilità dei materiali impiegati in questa specifica tecnologia.

Specie in Italia questa tecnologia è assai più nota con il nome di risanamento con *calze* o *guaine* impregnate di resina. Nel seguito, per immediatezza, verrà utilizzato l'acronimo CIPP.

Esistono diverse tecniche di CIPP che si differenziano tra di loro essenzialmente:

- a) per la struttura e composizione del tubolare e della resina utilizzata, ovvero per la tipologia di *liner*;
- b) per la tecnica di inserimento del *liner* nel tubo ospite (inversione o tiro);
- c) per la tecnica di gonfiaggio del *liner* (con colonna d'acqua o aria in pressione);
- d) per la tecnica di reticolazione (polimerizzazione) della resina.

Si tratta di una molteplicità di fattori che possono rendere le tecniche disponibili assai diverse l'una dall'altra.

Per una maggiore semplicità di trattazione le diverse tecniche di CIPP oggi disponibili vengono riunite in due grandi gruppi, tra loro distinti in funzione delle modalità con le quali viene somministrata alla resina l'energia necessaria al suo indurimento,:

- metodi di indurimento a caldo, detti brevemente *thermal CIPP*; con *liner* in feltro poliestere impregnati con resina poliestere, vinilestere o epossidica ed inseriti per inversione o per tiro nella tubazione da risanare e quindi polimerizzati con acqua o aria calda e vapore surriscaldato;
- metodi di indurimento per irraggiamento in particolare con raggi ultravioletti², detti brevemente *UV CIPP*; con *liner* in tessuto multistrato di fibra di vetro impregnati con resine fotopolimerizzanti ed inseriti per trazione nella tubazione da risanare e quindi polimerizzati mediante irraggiamento con raggi UV.

Per entrambi i gruppi il *liner* costituisce fondamentalmente l'elemento che contiene e trasporta la resina (*carrier*). Mentre nel primo tipo (*thermal CIPP*) il *liner*, una volta indurito, riflette essenzialmente le caratteristiche meccaniche della resina, nel secondo tipo (*UV-CIPP*) il tessuto in fibra di vetro, che possiede caratteristiche meccaniche (in particolare il modulo elastico e la resistenza alla trazione) nettamente superiori a quelle della resina portata, dopo l'indurimento della resina conferisce al composito risultante delle capacità resistenziali molto più elevate di quelle possedute dalla resina che funge da matrice.

¹ la norma EN 13566-4:2002 è stata recepita dall'UNI nel 2005, ma a parte il frontespizio in italiano, il testo resta identico alla norma originale pubblicata nel 2002 da CEN.

² sono in fase di sviluppo metodi di irraggiamento nei quali si fa uso di lampade a led o luce laser.

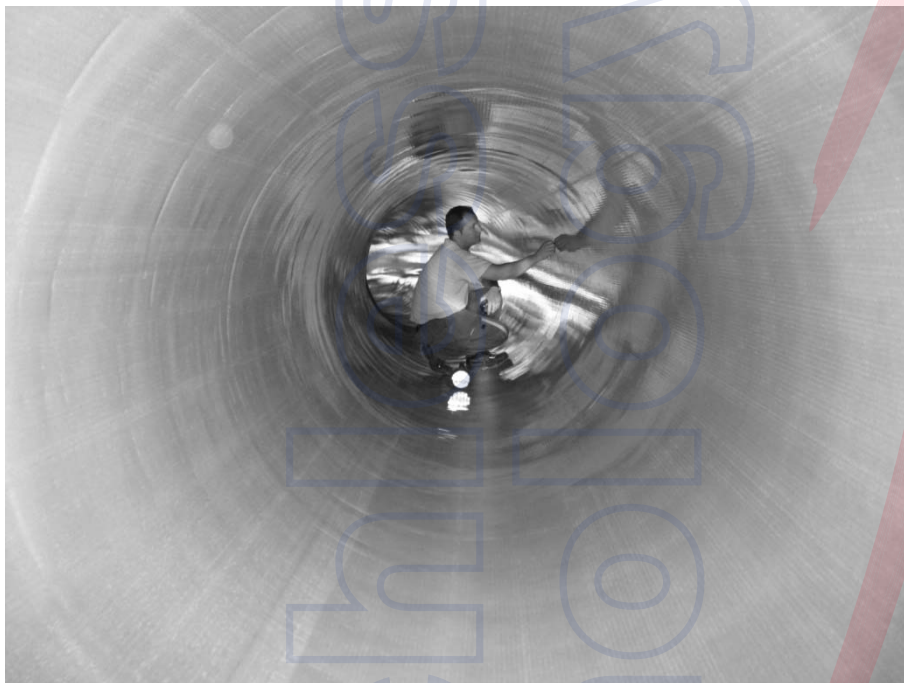


Figura 3 - condotto fognario DN1300 risanato con UV CIPP (per gentile concessione di Blueco Srl)

Il risultato del CIPP è un nuovo tubo costruito in perfetta aderenza al tubo ospite, le cui caratteristiche possono spaziare da quelle tipiche di un semplice rivestimento adatto per il ripristino dell'impermeabilità del tubo ospite, a quelle tipiche di un vero e proprio tubo nuovo in grado di assolvere a tutte le funzioni di una condotta interrata che vanno da quelle idrauliche a quelle strutturali.

Per il calcolo dello spessore del *liner* si fa riferimento, quando applicabile, alla norma *ASTM F1216-09* oppure alla norma *ATV-DVWK-M 127 E - Part 2*, oppure, nei casi non coperti dalle norme, al risultato di analisi svolte con metodo di calcolo agli elementi finiti o secondo altre modellistiche comunque ritenute affidabili ed efficaci.

3.1.2 Cementazione - CML.

Il *Cement Mortar Lining* (CML) o cementazione è una tecnologia di riabilitazione *no-dig* in uso da molti decenni che permette di riabilitare tubazioni metalliche (acciaio e ghisa) corrose internamente e con fori e lesioni passanti.

Il CML consiste nell'applicazione sulla superficie interna del tubo ospite di uno strato di malta

cementizia a spessore costante e controllato. La tubazione, prima dell'applicazione del rivestimento in malta, deve essere opportunamente pulita per rimuovere tutte le parti in distacco ed eventuali rivestimenti preesistenti.

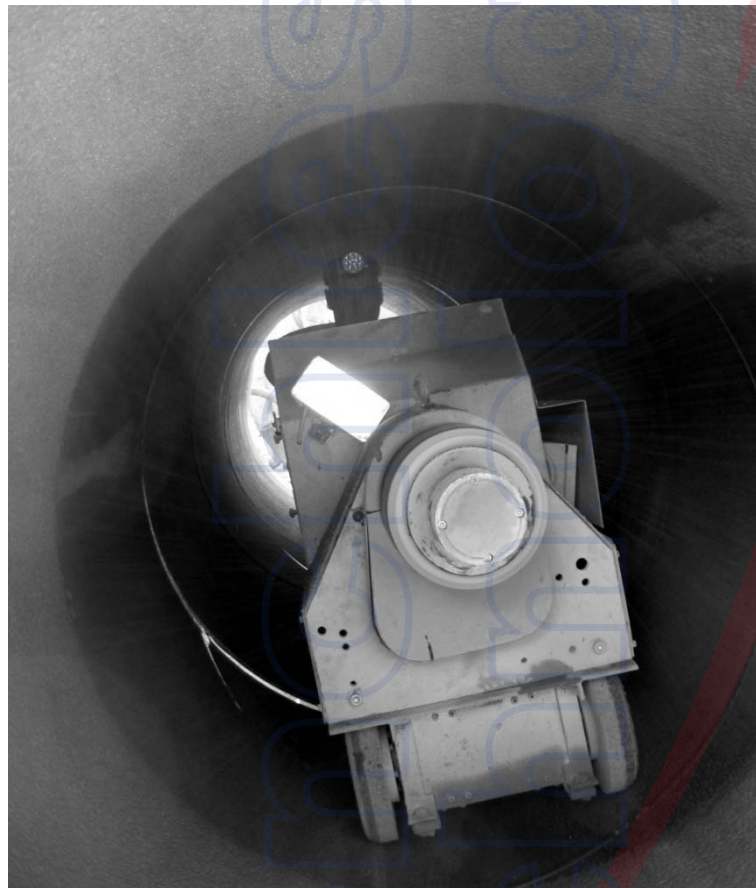


Figura 4 - una lining machine motorizzata in azione in una tubazione in acciaio da 1200 mm di diametro (foto di R. Chirulli su cantiere di Risanamento Condotte Srl).

Questa tecnica è utilizzata diffusamente per la rapidità e per l'economicità del trattamento che permette di prolungare notevolmente la vita utile delle tubazioni riabilite. Il CML viene utilizzato in molti settori, alcuni dei quali tradizionali, come il risanamento di acquedotti e condotte idriche in genere, fognature ed impianti antincendio (ad acqua dolce ed acqua marina), altri decisamente innovativi, come il risanamento di oleodotti.

L'applicazione della malta avviene mediante uno speciale applicatore autocentrante (*lining machine*) dotato di testa rotante centrifuga (*spinning head*) che proietta radialmente ad alta velocità, sulle pareti interne della tubazione da risanare, la malta cementizia, che viene preparata all'esterno e quindi pompata attraverso un tubo di mandata collegato alla *lining machine*.

La *lining machine* viene fatta traslare con velocità costante lungo il tronco da risanare e se il grado di ovalizzazione della tubazione non è eccessivo ($\Delta < 2,5\%$) è seguita da un sistema per la lisciatura meccanica del rivestimento, che nelle tubazioni di piccolo diametro è costituito da un frattazzo o lisciatore conico, mentre in quelle di grande diametro è costituito da una serie di spatole rotanti. Quando il grado di ovalizzazione percentuale del tubo ospite supera il 2,5% la lisciatura meccanica della malta non viene eseguita.

La lisciatura ha effetto sulla scabrezza finale del rivestimento che, in termini di coefficiente di Hazen-Williams, assume valori pari a:

- $C \cong 130$ per malta lisciata meccanicamente;
- $C \cong 90$ per malta lisciata meccanicamente.

Il tipo di cemento utilizzato nel confezionamento delle malte per CML dipende dalle sostanze con le quali la malta indurita entrerà in contatto durante l'esercizio della tubazione riabilitata.

Nel risanamento di condotte per il trasporto di acqua potabile si utilizza Cemento Portland Tipo 1, secondo UNI EN 197-1:2007, con resistenza caratteristica 32,5 R (CEM I 32,5 R).

Nel risanamento di tubazioni per trasporto di acqua marina (ad esempio nei dissalatori o negli impianti antincendio di stabilimenti litoranei) così come nel risanamento di condotte fognarie, si utilizzano cementi pozzolanici o alluminosi.

3.1.3 Rivestimenti spiralati (spiral wound lining).

Spiral Wound Lining o SWL sta letteralmente per *rivestimento avvolto a spirale* (il verbo inglese *to wind* significa appunto avvolgere), ed è esattamente l'operazione che si esegue in questa tecnologia per costruire un rivestimento in aderenza o in prossimità alla parete del tubo ospite. Questa tecnologia è conosciuta con il termine *Spiral Pipe Renewal* o SPR.

Come cita la norma ASTM F1741-08, la tecnologia SWL viene definita come: l'inserimento in tubazioni esistenti di liner avvolti a spirale fabbricati in sito a macchina una macchina avvolgitrice (*winding machine*), fissa nella buca o pozzetto di inserimento o che viaggia all'interno del tubo esistente.

Il materiale base è costituito infatti da un nastro in materiale plastico che viene avvolto, mediante apposite macchine chiamate appunto *winding machine* in spire contigue.

Il nastro ha un profilo trasversale sagomato in modo da tale da presentare degli innesti maschio-femmina che permettono di creare continuità e tenuta idraulica tra un avvolgimento e quello immediatamente contiguo.

Il profilo è spesso irrigidito da un'anima metallica in modo da conferire al rivestimento finito una certa rigidità anulare.



Figura 5 - winding machine dinamica nel risanamento di un collettore fognario (per gentile concessione di SEKISUI SPR Europe GmbH).

3.2 LOOSE-FIT LINING - RIABILITAZIONE CON TUBI NON ADERENTI.

Il concetto di riabilitare senza scavare a cielo aperto trova una naturale ed intuitiva implementazione nelle tecnologie così dette di **loose-fit lining** o **LFL**: ovvero riabilitazione con tubi non aderenti.

Si tratta del semplice inserimento entro la tubazione da riabilitare, di una nuova tubazione le cui pareti esterne non aderiscono alle pareti interne del tubo ospite.

Lo spazio esistente tra parete esterna del nuovo tubo e parete interna del tubo ospite, viene chiamato tecnicamente *annulus* (così come avviene nel directional drilling), e la sua ampiezza può variare tra pochi millimetri e qualche centimetro, a seconda della tecnica utilizzata ed in funzione della geometria del tubo ospite (sezione nominale, deformazioni, lunghezza del tratto da risanare).

Il nuovo tubo che viene inserito nel tubo ospite, assolve a tutte le funzioni della tubazione, e pertanto la riabilitazione con LFL è con recupero funzionale totale.

Nella terminologia tecnica specialistica un altro termine spesso utilizzato per indicare queste tecnologie è **sliplining** (letteralmente *riabilitazione per infilaggio*). L'inserimento del liner nell'host può avvenire, a seconda del materiale utilizzato per il nuovo tubo, per spinta o per tiro.

Mediante LFL è possibile riabilitare sia tubazioni a gravità che tubazioni in pressione,

installando i materiali più diversi:

- PEAD
- PVC
- acciaio
- PRFV
- gres
- calcestruzzo
- materiali compositi (come ad esempio i tubi in malta polimerica armata con fibre di vetro o le manichette armate)

Il *loose-fit lining* si applica nella riabilitazione di acquedotti, fognature, reti di distribuzione e trasporto del gas e degli olii combustibili, ed in generale per qualsiasi tubazione in pressione o a gravità nella quale sia ammissibile una riduzione della sezione utile.

3.3 CLOSE-FIT LINING - RIABILITAZIONE CON TUBI ADERENTI.

Nelle tecnologie così dette di **close-fit lining** (CFL), dette anche di *close-fit pipe* o CFP, la riabilitazione si ottiene inserendo per trazione nel tubo ospite un nuovo tubo in materiale plastico, avente un diametro esterno uguale o leggermente maggiore di quello interno del tubo ospite.

Anche in quest'applicazione il nuovo tubo viene chiamato *liner*. Per permettere l'inserimento nel vecchio tubo del *liner*, quest'ultimo viene temporaneamente deformato, quindi inserito per trazione ed infine riportato alla forma e dimensioni originali in modo da aderire perfettamente alle pareti interne del tubo ospite.

La deformazione temporanea del nuovo tubo serve a ridurre la sezione trasversale durante la fase d'inserimento nel tubo ospite. In tutte le tecniche di CFL la deformazione è da ritenersi temporanea perché, una volta che il *liner* è stato posizionato nel tubo da risanare, esso torna naturalmente o viene riportato alla dimensione e forma originali.

A seconda delle caratteristiche meccaniche e dello spessore del *liner*, mediante *close-fit lining* si può ottenere una riabilitazione totale o parziale delle funzioni del tubo ospite, senza riduzioni significative della sezione trasversale.

Il concetto base del *close-fit lining* è stato implementato negli anni in diverse tecnologie proprietarie, tutte coperte da brevetto e quindi, come tali, soggette al pagamento di *royalties* o a particolari accordi di licenza.

Ciascuna tecnologia proprietaria viene in genere identificata con il nome commerciale, che molto spesso è finito per diventare, erroneamente, il nome per indicare il *close-fit lining* nel suo insieme.

Una classificazione delle tecnologie di *close-fit lining* è quella che distingue le diverse tecniche esistenti, in funzione del tipo di deformazione temporanea che viene data al nuovo tubo, secondo questo criterio distinguiamo due gruppi:

- tecnologie **RDP** (*Reduced Diameter Pipe*) basate sulla riduzione temporanea di diametro;
- tecnologie **MFP** (*Mechanically Folded Pipe*) basate sulla deformazione temporanea di forma.

Sia nelle tecnologie RDP che MFP il materiale utilizzato è prevalentemente il polietilene; trovano tuttavia impiego anche il polietilene così detto cross-linked (PEX), il PVC ed il poliestere estruso (PET).

BIBLIOGRAFIA

Il testo e le immagini della presente memoria sono tratte dal libro: “Manuale di Tecnologie No-Dig” di R. Chirulli, pubblicato da nodig.it nel maggio 2011. Il libro è in vendita on-line (www.nodig.it) e nelle maggiori librerie italiane.