

## LA RIABILITAZIONE DI CONDOTTE FOGNARIE MEDIANTE UV-CIPP

Dr. Ing. Renzo Chirulli

### 1. INTRODUZIONE

La riabilitazione mediante tubi reticolati in sito è una delle tecnologie di relining no-dig certamente più note e sperimentate tra i gestori di sistemi fognari.

Assai più nota, specie in Italia, con il nome di “risanamento con calze o guaine impregnate di resina”, questa tecnologia viene indicata, nel glossario internazionale della ISTT (International Society for Trenchless Technology – www.istt.org) con l’acronimo CIPP che sta per “Cured in Place Pipe” (tubi reticolati in sito), ed è questo acronimo che utilizzeremo nel seguito del presente articolo per indicare questa tecnologia di riabilitazione. L’espressione “riabilitazione mediante tubi reticolati in sito (o in loco)” è quella invece che ritroviamo nella traduzione italiana della normativa UNI EN 13566-4:2005, che stabilisce i criteri di accettabilità dei materiali impiegati in questa specifica tecnologia. Qualsiasi sia l’espressione che utilizziamo per indicare questa tecnologia di riabilitazione, per CIPP si intende una metodica di riabilitazione che consiste nell’inserire, all’interno della tubazione da riabilitare (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.

Il principio caratterizzante di questa metodica, e che è comune a tutte le altre tecnologie No-Dig, è il limitato o nullo ricorso agli scavi a cielo aperto. In altri termini tutte le operazioni propriamente di riabilitazione o risanamento, che con tecnologie tradizionali richiederebbero l’esecuzione di scavi a cielo aperto, con il CIPP vengono condotte senza scavare.

Questo, così come accade per tutte le altre tecnologie no-dig (che ricordiamo: è una estesa famiglia di tecnologie che permettono di eseguire installazioni, riabilitazioni, sostituzioni, mappatura e diagnostica di tubazioni e cavi, senza ricorrere agli scavi a cielo aperto), permette di abbattere tutta una serie di effetti indesiderabili, tecnicamente indicati come esternalità o costi indiretti generalizzati, e che molto più praticamente consistono nella congestione del traffico veicolare, nei movimenti di materia e nel consumo di risorse, nell’emissione di polveri e rumori, nelle interferenze con le attività economiche locali (commercio, ristorazione, ecc.), nel disagio e nelle maggiori condizioni di rischio, che si legano all’apertura di profonde trincee lungo strade e marciapiedi quando si opera con tecnologie tradizionali.

Attraverso metodiche di analisi dei costi indiretti generalizzati, è oggi possibile, grazie al ricorso alle tecnologie no-dig, abbattere di 5 o 6 volte il costo generalizzato degli interventi sulle reti interrate, con un risparmio di risorse molto significativo per la collettività [1], [2], [3], [4].

Tornando al CIPP, le differenze tra le diverse tecnologie oggi disponibili per i risanamenti fognari risiedono essenzialmente:

- a) nella struttura e composizione del tubolare e della resina utilizzata, in una sola espressione, nella tipologia di liner utilizzato;
- b) nella tecnica di inserimento;
- c) nella tecnica di gonfiaggio;
- d) nella 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. Ne possono quindi scaturire molteplici piani di confronto, tuttavia estremamente utili per comprendere nel dettaglio non solo le differenze, ma soprattutto le possibilità offerte in special modo dalle nuove tecnologie di CIPP oggi disponibili.

In questo articolo verranno messe a confronto due tecnologie di CIPP profondamente diverse:

- CIPP con liner in feltro poliestere impregnati con resina poliestere, inseriti per inversione e polimerizzati con acqua calda o con vapore surriscaldato: che indicheremo come *thermal CIPP*;
- CIPP con liner in tessuto di fibra di vetro impregnati con resina poliestere foto-polimerizzante, inseriti per trazione e polimerizzati mediante raggi UV: che indicheremo come *UV CIPP*.

Per entrambe (così come in altre tecnologie di CIPP) il liner costituisce fondamentalmente l’elemento che contiene la resina (*carrier*). Mentre nel primo tipo (*thermal CIPP*) il liner indurito riflette fondamentalmente 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.

### 2. THERMAL CIPP

Il CIPP realizzato con liner in feltro poliestere impregnati con resina poliestere, inseriti per inversione e polimerizzati con acqua calda o con vapore surriscaldato, che abbiamo indicato sinteticamente con l’espressione *thermal CIPP*, rappresenta forse la tecnologia di CIPP più tradizionale ed anche più nota. I primi prototipi del sistema sono stati sviluppati quarant’anni fa, e la tecnologia attuale riflette sostanzialmente lo schema iniziale, nel quale tuttavia ritroviamo molti perfezionamenti dovuti soprattutto alla più avanzata chimica dei materiali, ed ai più sofisticati ed affidabili sistemi di controllo della temperatura nelle fasi di trattamento della resina, che caratterizzano i sistemi attuali.

Il tubolare viene costruito a partire da un foglio costituito da uno o più strati di feltro poliestere al quale viene applicato, su una delle facce, uno strato, in genere di poliuretano, certamente impermeabi-

le alla resina poliestere o vinilestere, ma tuttavia non impermeabile allo stirene in esse contenute. Questo foglio di feltro poliestere, lungo molti metri (a volte qualche centinaio) ha una larghezza pari al perimetro della sezione trasversale della condotta da riabilitare. I lembi liberi del foglio vengono rigirati uno sull'altro e cuciti, in modo da formare un tubolare che presenta all'esterno lo strato di poliuretano ed all'interno il feltro.

In realtà quello che in fase di produzione del liner è lo strato esterno (poliuretano), in fase di inserimento, che in questa tecnica di CIPP avviene in genere per inversione, diventerà lo strato interno del tubolare.

Infatti una volta che il tubolare è stato assemblato secondo le modalità appena descritte, esso viene impregnato internamente di resina (in genere di tipo poliestere o vinilestere).

La scelta di utilizzare queste tipologie di resina è legata a fattori fondamentalmente economici.

Si tratta infatti del miglior compromesso ottenibile tra caratteristiche meccaniche della resina e costo. Motivo per il quale questo tipo di resine è stato sino ad oggi preferito rispetto ad esempio alle resine epossidiche (*le resine epossidiche, quando non degradate per abbatte il costo, hanno infatti caratteristiche meccaniche e chimico-fisiche certamente superiori a quelle delle resine poliesteri o vinilesteri, e permettono di superare molti dei limiti e dei problemi che invece caratterizzano l'utilizzo di resine poliesteri o vinilesteri, come ad esempio la sensibilità all'acqua oppure i rilasci di stirene. Di contro il loro costo, che ha un peso rilevante sul prezzo finale del relining mediante CIPP, è più elevato di quello delle resine poliesteri o vinilesteri anche di 2-4 volte. Per questo motivo, specie nel relining fognario, le resine epossidiche non hanno sinora trovato alcuna significativa diffusione*).

Terminata l'impregnazione, il liner è pronto per essere installato, o meglio, inserito nella condotta da riabilitare, che da questo punto in poi chiameremo *tubo ospite*.

Occorre precisare che nella fase di impregnazione, che oggi avviene quasi esclusivamente in stabilimento, ciò che viene immesso nel tubolare in feltro è in realtà una miscela di resina con opportuni regolatori delle reazioni chimiche che porteranno alla polimerizzazione della resina (catalizzatori, acceleranti, ecc.).

Una volta che questa miscela è stata preparata ed iniettata nel tubolare in feltro, le reazioni di polimerizzazione hanno inizio, sebbene la cinetica di reazione si mantenga estremamente bassa quanto più bassa è la temperatura esterna. In questa tecnica di CIPP è il calore ad accelerare fortemente le reazioni, innescando la catalisi e portando quindi alla polimerizzazione di tutta la miscela. Se è vero che ad alta temperatura (circa 80°) la miscela riceve una quantità di calore per unità di tempo tale da rendere estremamente rapida la cinetica di reazione di polimerizzazione (che a quel punto si esaurisce in circa 4 ore portando al completo indurimento della resina e quindi del liner), è vero anche che a bassa temperatura avvengono comunque delle reazioni, anche se con velocità inferiore. Ciò significa che dal momento dell'impregnazione del liner in stabilimento, al momento del suo inserimento nel tubo ospite, con questa tecnica, pur operando il trasporto e/o la conservazione del liner impregnato in cella frigorifera, l'inserimento deve avvenire entro un massimo di 3 o 4 giorni dall'impregnazione, per evitare che la resina indurisca anzitempo, rendendo inutilizzabile il liner.

Fino a qualche tempo fa non era infrequente che l'impregnazione venisse condotta direttamente in cantiere, con notevoli problemi legati alla dispersione di inquinanti chimici nell'ambiente (sia accidentale sia "collaterale", come per le sostanze volatili). Questa prassi era giustificata proprio dall'esigenza di rendere quanto più breve possibile l'intervallo tra impregnazione ed inserimento, tagliando altresì i costi di trasporto e refrigerazione del liner impregnato. L'attenzione verso i problemi di inquinamento ambientale ha reso questa prassi del tutto marginale o comunque circoscritta a quei casi nei quali il trasporto del liner pre-impregnato diventa proibitivo.

Quando il liner impregnato arriva in cantiere, esso si presenta quindi con la resina al suo interno e lo strato impermeabile all'esterno. Con questa configurazione del liner, diventa quindi necessario inserirlo nel tubo ospite rigirandolo, o come si dice tecnicamente "invertendolo", in maniera che la faccia non protetta del tubolare, impregnata di resina, si porti a contatto con la parete interna del tubo ospite mentre lo strato impermeabile alla resina si venga a trovare invece rivolto verso l'interno del tubo ospite in modo da confinare lo strato di feltro, impregnato di resina, tra strato impermeabile e parete del tubo ospite.

L'inversione viene realizzata semplicemente rigirando l'estremità libera del liner su un apposito anello di inversione ed immettendo, nelle tasche che vengono così a formarsi nel liner rigirato, acqua o aria in pressione.

Se si utilizza acqua, poiché tutta l'operazione avviene a pressione atmosferica, si realizza un castello di inversione, ovvero un ponteggio a torre, alto in genere pochi metri (non più di 5 metri), che permette di formare fuori terra una colonna d'acqua in grado di esercitare una pressione idrostatica sufficiente a rigirare l'intero liner (naturalmente aggiungendo acqua man mano che il liner avanza nel tubo ospite, in modo da mantenere costante il battente d'acqua).

Durante l'inversione (sia ad acqua che ad aria) il liner avanza nel tubo ospite perfettamente gonfio, man mano che viene invertito, e pertanto, man mano che esso avanza, aderisce perfettamente alle pareti del tubo ospite, sino a raggiungere la sezione finale del tratto di tubazione da riabilitare, che può distare dalla sezione di immissione anche diverse centinaia di metri.

A quel punto l'inversione termina, il liner è pieno d'acqua oppure di aria in pressione e quindi gonfio e ben aderente alle pareti del tubo ospite (grazie alla pressione interna), e può avere inizio la fase finale di trattamento termico, durante la quale viene somministrato il calore necessario a portare alla completa polimerizzazione della resina.

La tecnica di inserimento per inversione è certamente molto ingegnosa, ma nei risanamenti fognari operati con liner impregnati con resine poliesteri o vinilesteri, può porre alcuni problemi anche piuttosto significativi, se non si ricorre ad accorgimenti specifici.

Il problema fondamentale dell'inversione è infatti che, se non si interpone alcuno strato fisico e chimico di separazione tra parete del tubo ospite e resina (pre-liner), la resina andrà in diretto contatto con le pareti del tubo ospite durante il gonfiaggio (inversione).

I problemi che possono nascere da questo contatto diretto sono molteplici. Innanzitutto se la parete del tubo ospite è umida, e ancora di più in presenza di acqua (ad esempio se ci sono infiltrazioni attive dal terreno verso l'interno della condotta da riabi-

litare) questa può inibire parzialmente o totalmente la polimerizzazione della resina, col risultato di dare luogo a zone più o meno ampie del liner poco o affatto indurite, con decadimento parziale o totale delle caratteristiche meccaniche ed idrauliche del liner in tali zone.

Altro problema piuttosto significativo è il rilascio libero di stirene che manifesta un caratteristico picco durante la polimerizzazione, per poi procedere lentamente del tempo, dopo la conclusione della polimerizzazione, sino ad esaurimento di tutto lo stirene libero ancora presente nella resina indurita. L'assenza di uno strato che contenga esternamente resina e stirene può dar luogo a rilasci di questo monomero con concentrazioni oltre i limiti ammissibili di legge. L'assenza di uno strato protettivo esterno (pre-liner) che si frapponga tra resina e parete del tubo ospite, fa sì inoltre che i rilasci di stirene si concentrino e vengano veicolati in particolar modo in corrispondenza degli allacci laterali. Questo rende possibile la circolazione dello stirene attraverso gli allacci utenza, con il rischio concreto che lo stirene emerga, ad esempio durante gli impieghi in ambito urbano, all'interno di locali di abitazione e luoghi con presenza di persone, in cui siano presenti servizi igienici.

Nelle tecniche di CIPP con inversione e con resine poliesteri o vinilesteri, il ricorso all'uso di pre-liner, sempre più frequente in ambito urbano, se da un lato rende più costosa l'applicazione del CIPP, dall'altra permette di evitare il contatto accidentale tra resina ed acqua (se presente) attuando nel contempo un confinamento dello stirene rilasciato all'interno del tubo ospite.

Un altro aspetto che è opportuno richiamare, e che risulta comune a tutte le applicazioni di CIPP nelle quali si ricorra all'utilizzo di resine poliesteri o vinilesteri, è il ritiro volumetrico a cui questi materiali sono soggetti a seguito della polimerizzazione.

Questo ritiro avviene in parte durante le fasi di lavorazione del CIPP, ed in parte nel periodo successivo al completamento dell'installazione. Questo periodo può durare anche alcuni mesi, al termine del quale si possono registrare contrazioni del diametro del nuovo tubo indurito, dando luogo a distacchi più o meno evidenti del liner dal supporto.

Occorre anche specificare che con le resine poliesteri e vinilesteri, non solo non si verifica alcuna adesione chimica con il supporto (specie nelle condotte in laterizio, calcestruzzo o materiali lapidei), tanto più se questi supporti si presentano umidi, ma a causa del ritiro dopo un certo periodo di tempo non esiste più nemmeno l'aderenza fisica con il supporto, a differenza di quanto invece accade con le resine epossidiche che non subiscono alcun ritiro e che pertanto permettono di mantenere il liner perfettamente aderente (fisicamente) alla parete interna del tubo ospite. È opportuno altresì sottolineare che il problema appena evidenziato si può verificare indipendentemente se il liner venga installato con o senza pre-liner.

Un altro problema tipico che può verificarsi con il thermal CIPP, è conseguente all'utilizzo di fluidi circolanti, come acqua calda o miscele aria/vapore surriscaldato, utilizzati nella fase di trattamento termico necessario alla polimerizzazione.

Questi fluidi, che vengono posti in circolazione continua durante la fase di riscaldamento, assorbono infatti una rilevante quantità dello stirene che le resine poliesteri e vinilesteri liberano durante la polimerizzazione. Sia la concentrazione che la quantità di stirene complessivamente rilasciata nel fluido di trattamento possono risultare incompatibili con i limiti di rilascio ammissibili per

legge. Il che significa che questi fluidi non andrebbero rilasciati senza effettuare preliminarmente un'adeguata cattura dello stirene, che può avvenire solo previo opportuno trattamento del fluido di processo (miscela aeriforme o acqua). Questo trattamento, nella pratica esecutiva, non sempre viene prescritto e/o eseguito, con prevedibili conseguenze. Un notevole abbattimento dell'entità del fenomeno può derivare dal ricorso a speciali strati plastici protettivi interni, sovrapposti o in sostituzione allo strato in poliuretano, che risultino impermeabili allo stirene.

### 3. UV CIPP

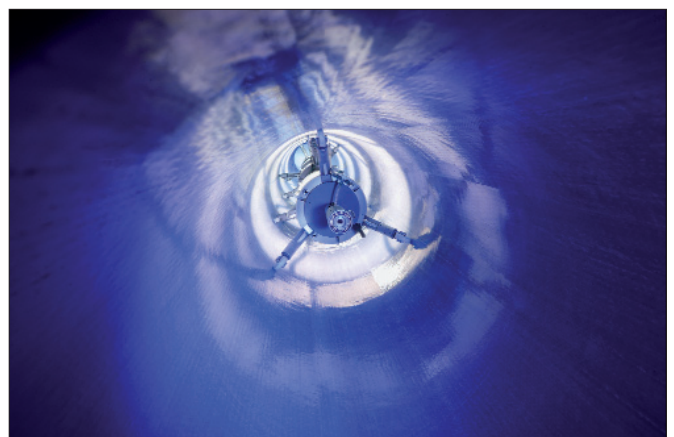
Il risanamento operato con UV CIPP prevede la costruzione, all'interno del condotto da risanare (detto *tubo ospite*), di un nuovo tubo (*liner*) costruito in materiale composito costituito da uno speciale tessuto in fibra di vetro a struttura multistrato pentassiale impregnato di resina *fotoindurente* che può essere di natura poliestere o vinilestere a seconda delle condizioni di utilizzo del *liner*.

Durante la fase di installazione il *liner* si presenta in forma di tubolare flessibile senza alcuna rigidità.

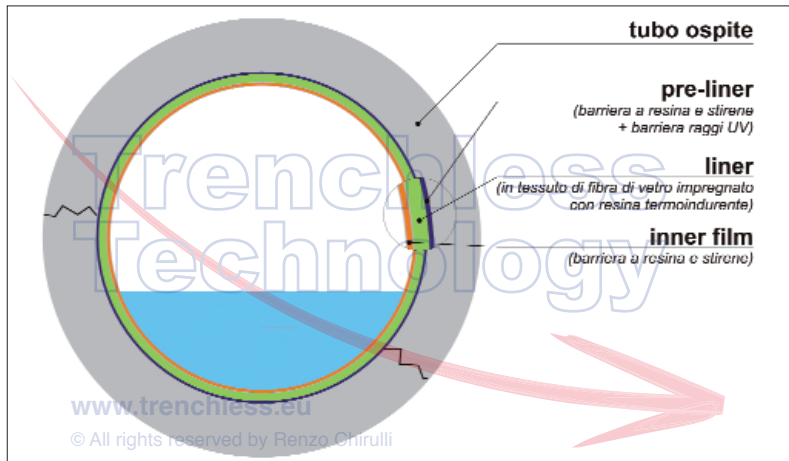
La forma del tubolare, prima dell'inserimento nel tubo ospite, è quella di una manichetta schiacciata al cui interno è contenuta la resina, ancora in stato perfettamente fluido, che impregna totalmente e perfettamente il tessuto in fibra di vetro. In questa fase il tessuto in fibra di vetro funge quindi da magazzino della resina (*carrier*).

Per evitare che la resina possa disperdersi nell'ambiente, lo strato di fibra di vetro è ricoperto esternamente da due strati sovrapposti di materia plastica molto flessibile:

- il primo strato, a diretto contatto con il tessuto in fibra di vetro impregnato, è perfettamente impermeabile alla resina contenuta all'interno del *liner* ed è in grado di impedire il passaggio dello stirene;



**Fig. 1** - Nella tecnologia di riabilitazione no-dig delle condotte interrate, denominata UV-CIPP, si utilizza la luce nella banda ultravioletta per far indurire un tubolare impregnato di resina fotopolimerizzante, che costituirà il nuovo tubo costruito in sito in perfetta aderenza alle pareti interne della condotta da risanare



**Fig. 2 - Nel UV CIPP il liner presenta una caratteristica struttura a sandwich**

- il secondo strato, più esterno, oltre a resistere all'abrasione, protegge la resina (che è del tipo foto-polimerizzante) dai raggi UV presenti nello spettro solare.

Questo pacchetto protettivo esterno prende ancora il nome di *pre-liner* e, oltre alle funzioni appena specificate, durante la fase di installazione serve anche per evitare il contatto diretto tra resina e pareti del condotto, in modo da impedire che, anche in presenza di umidità o acqua circolante, possa verificarsi una scarsa o nulla polimerizzazione, della resina, che darebbe luogo ad un inaccettabile decadimento della resistenza strutturale del *liner* indurito.

Quanto alla capacità di questo specifico *pre-liner* di impedire il passaggio dello *stirene* ( $C_8H_8$ ), è utile ribadire ancora una volta che questo monomero è presente in tutte le resine poliesteri e vinilesteri utilizzate attualmente nelle tecnologie note di CIPP, in quanto funzionale alla reazione che porta all'indurimento della resina. Lo stirene produce un caratteristico odore, avvertibile in modo particolare durante la polimerizzazione. In queste fasi, senza adottare alcuna specifica misura di mitigazione, la concentrazione di stirene può raggiungere valori tali da rendere disagiata la permanenza in vicinanza del cantiere e, in casi rari, tali da avere effetti negativi sulla salute di soggetti particolarmente predisposti.

Nella tecnologia di UV CIPP la presenza di strati protettivi, esterni ed interni, impermeabili allo stirene, impedisce che questo monomero raggiunga, durante tutte le fasi di lavorazione, concentrazioni tali da creare gli effetti indesiderabili appena richiamati.

Oltre agli strati protettivi esterni i *liner* utilizzati nello UV CIPP presentano uno strato che ricopre internamente il tubolare in tessuto di fibra vetro. Questo strato interno, detto *inner film*, come il *pre-liner*, è perfettamente impermeabile alla resina ed allo stirene e serve per mantenere la resina strettamente confinata allo strato di tessuto in fibra di vetro, impedendo, nel contempo, rilasci di stirene in forte concentrazione nell'aria di gonfiaggio, durante la polimerizzazione.

Ne risulta una struttura a *sandwich* in cui il tessuto in fibra di vetro, impregnato di resina, racchiuso tra due strati flessibili ed impermeabili alla resina ed allo stirene, non viene mai in contatto con l'ambiente esterno, né durante la fase di installazione né

durante la successiva fase di indurimento. Lo strato interno (*inner film*) viene rimosso una volta completato l'indurimento del *liner*.

Per lo UV CIPP, l'impregnazione del *liner* avviene esclusivamente in stabilimento, in ambienti perfettamente controllati, utilizzando pompe a vuoto e calandratura meccanica che permettono, non solo di ottenere una perfetta ed uniforme impregnazione del tessuto in fibra di vetro in spessore controllato, ma anche di limitare il consumo di resina alla quantità strettamente necessaria alla completa impregnazione del *liner*, senza alcun rilascio di inquinanti nocivi nell'ambiente.

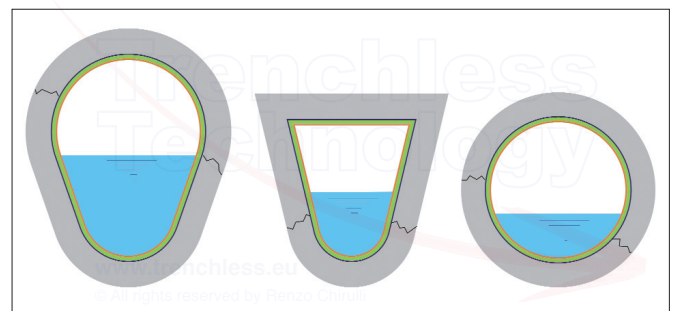
### 3.1 L'inserimento del liner nel tubo ospite

Prima di procedere all'inserimento del *liner*, il tubo ospite e gli eventuali allacci laterali presenti, devono essere posti fuori esercizio, puliti e videoispezionati, così come avviene per il thermal CIPP.

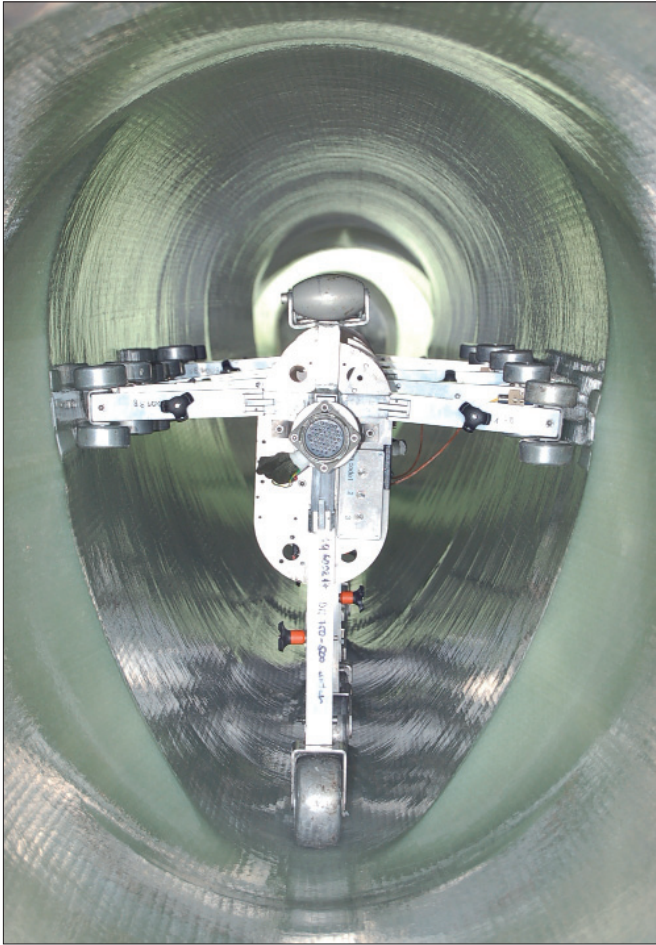
L'inserimento del *liner*, nel tubo ospite così preparato, avviene per semplice trazione, utilizzando un argano esterno a trazione controllata ed un cavo di tiro. Ciò semplifica notevolmente l'impianto di cantiere, rispetto al thermal CIPP in cui invece l'inserimento avviene mediante inversione del *liner*. Per facilitare lo scorrimento del *liner* in fase di trazione, e per impedire lo sfregamento del *liner* sul fondo del tubo ospite, preliminarmente all'inserimento viene steso, sul fondo del tubo ospite, un tappetino di scivolamento (*gliding foil*) in materiale plastico, combinando, quando necessario, l'utilizzo di un velo di olio lubrificante naturale e biodegradabile. Terminata la trazione, il *liner* viene gonfiato con semplice aria compressa. Il gonfiaggio permette al *liner* di assumere la forma del tubo ospite, aderendo perfettamente alle pareti interne di questo.

### 3.2 L'indurimento del liner mediante raggi UV

La polimerizzazione della resina, e quindi la formazione di un composito fibro-rinforzato monolitico e resistente, viene ottenuta mediante utilizzo di raggi ultravioletti (UV) in opportuna lunghezza d'onda. Naturalmente questo è possibile perché le resine impiegate nel processo sono del tipo *fotoreattivo* o *fotopolimerizzante*.



**Fig. 3 - Grazie all'estrema flessibilità del liner in stato di fornitura, il gonfiaggio permette al nuovo tubo di aderire perfettamente alle pareti del tubo ospite, seguendone perfettamente la forma**



**Fig. 4 - L'attuale tecnologia dello UV CIPP permette di risanare tubazioni non assialsimmetriche, come l'ovoidale mostrato nella foto**

I vantaggi legati all'utilizzo del processo di indurimento mediante raggi UV, nel confronto con il thermal CIPP, sono molteplici:

- 1) *l'elevato grado di controllo attuabile sul processo di polimerizzazione* della resina e di conseguenza l'elevato controllo attuabile, sezione per sezione, sulle caratteristiche fisico-mecchaniche finali del nuovo tubo; questo è possibile grazie alla misura in continuo, durante il processo, della temperatura raggiunta dal *liner* sezione per sezione, che permette una regolazione in tempo reale della quantità di energia irradiata;
- 2) *l'estrema rapidità del processo*; l'indurimento del *liner* avviene in pochi secondi, e procede secondo il verso di avanzamento del treno lampade. L'avanzamento del treno lampade e di conseguenza l'indurimento del *liner*, può procedere con velocità sino a 2 metri al minuto;
- 3) *le basse concentrazioni di stirene* che si registrano durante le fasi del processo grazie all'assenza di acqua o di miscela aria/vapore circolanti unita all'utilizzo degli strati impermeabili (esterno/interno) alla resina ed allo stirene.
- 4) *migliore efficienza energetica*: a parità di dimensioni del tubo ospite ed a parità di capacità strutturale del *liner* indurito, nel UV CIPP l'energia necessaria alla completa polimerizzazione della resina è mediamente cento volte inferiore all'energia

necessaria nel thermal CIPP. *A titolo di esempio: nel risanamento di una tubazione avente diametro interno pari ad 800 mm e lunghezza pari a 60 metri, per la polimerizzazione del liner mentre con UV CIPP è sufficiente impiegare un treno lampade da 25 kW per circa 3,5 ore nel thermal CIPP è necessario l'impiego di una caldaia da 800.000 kcal/h (930,4 kW) per circa 10 ore. Il rapporto tra l'energia impiegata nel UV CIPP e nel thermal CIPP è in questo caso di 1 a 106, mentre il rapporto di potenza installata è di 1 a 37.*

Per irradiare il *liner* si utilizza un apposito treno di lampade UV, la cui potenza (per singola lampada e per l'intero treno) è proporzionata alla dimensione (forma e grandezza) del tubo ospite. Il treno è autocentrante e la sua geometria viene adattata alla forma del tubo ospite, in maniera da rendere ottimale la distribuzione delle lampade e quindi dell'energia irradiata per unità di superficie.

Il treno lampade viaggia per trazione all'interno del *liner* gonfio d'aria, ed è equipaggiato con una serie di sensori che misurano sia la temperatura dell'atmosfera interna al tubo che quella della parete del *liner* in fase di irraggiamento.

I dati vengono inviati fuori terra via cavo ad un'apposita unità che registra ed elabora in tempo reale tutti i parametri, indicando le eventuali manovre correttive atte a mantenere ottimale l'irraggiamento delle pareti del *liner*. Inoltre una telecamera a bordo permette di eseguire il controllo visivo del processo in tempo reale. Tutti i dati acquisiti (temperatura ed immagini video) vengono registrati e costituiscono un log di processo che permette il controllo in continuo dei parametri atti a garantire un'ottimale indurimento del *liner*.

Quando il treno lampade raggiunge la sezione terminale del *liner*, il processo di indurimento può dirsi concluso, ed a quel punto è possibile procedere alla riapertura dei terminali e degli eventuali allacci laterali, effettuando, se necessario, ulteriori lavorazioni di rifinitura come la sigillatura degli allacci laterali o il ripristino dei pozzetti.

Eventuali maniche di irrigidimento (*safety caps*) montate per il contenimento del *liner* nei passaggi attraverso pozzetti o buche a cielo aperto (eventualmente scavate in sezioni del tubo ospite crollate o con rilevanti ed estesi distacchi di parete) vengono rimosse alla fine della fase di indurimento del *liner*.

#### 4. CONFRONTO TRA LE CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI LINER INDURITI

Anche con questo processo di CIPP si costruisce quindi un nuovo tubo 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.

Nel primo caso, come è noto, si parla di riabilitazione funzionale parziale, nel secondo di riabilitazione funzionale totale (detta anche *riabilitazione strutturale*). Il tipo di riabilitazione da attuare ha effetto sulla rigidità del nuovo tubo che a parità di forma della sezione trasversale del tubo ospite e di materiale base impiegato (resina e fibra di vetro), dipenderà unicamente dallo spessore del *liner*.

Per il calcolo dello spessore del *liner*, esattamente come avviene anche per il thermal CIPP, si fa riferimento, quando applicabile, alla norma americana *ASTM 1216-08* oppure alla norma tedesca *ATV-DVWK-M 127 E -Parte 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.

Ed è proprio con riferimento ai parametri base utilizzati nel calcolo che caratterizzano meccanicamente il *liner*, che emerge un'altra sostanziale differenza tra alcuni *liner* tipicamente utilizzati nel thermal CIPP ed i *liner* utilizzati nello UV CIPP.

Nella Tabella seguente vengono messi a confronto due valori caratteristici (modulo di elasticità a breve e lungo termine) che ricorrono nel calcolo dello spessore del *liner*.

Le notevoli differenze di valore assunte da questi parametri spiegano il perché, a parità di condizioni, nello UV CIPP si possa ricorrere a *spessori del liner inferiori* che difficilmente eccedono i 12 millimetri. Questo ha un effetto positivo su vari fattori:

- minore costo delle lavorazioni;
- minore riduzione della sezione utile del tubo ospite;
- minori quantità di resina impiegata e minori risorse consumate, come materie prime ed energia;

**Tab. 1 - Confronto tra i moduli di elasticità a breve e lungo termine dei liner tradizionali e dei liner per UV CIPP**

Modulo di Elasticità	u.m.	liner per UV CIPP	liner tradizionali tetro poliestere impregnato con resina poliestere	
			semplice	con strato di rinforzo in tessuto di fibra di vetro
a breve termine: E	MPa	12.000	2.000	4.000
a lungo termine: E <sub>L</sub>	MPa	8.800	1.000	2.000



**Fig. 5 -La conoscenza delle caratteristiche meccaniche dei liner, che viene desunta sulla base di prove standardizzate ai sensi delle normative europee ed americane, costituisce l'elemento fondamentale ed imprescindibile per il progetto del nuovo tubo, che molto spesso deve ripristinare tutte le funzioni perse dal tubo ospite, inclusa la portanza strutturale**

- minore dimensione dei mezzi di cantiere, grazie alla notevole riduzione dei pesi in gioco;
- maggiore velocità delle fasi di lavorazione; grazie alla minore energia necessaria all'esecuzione ed al completamento dell'intero processo.

Per completezza di analisi occorre sottolineare che ad oggi il range dimensionale in cui è correntemente utilizzabile lo UV CIPP, va dai 150 ai 1.200 mm di diametro, con lunghezze che non superano i 200 metri per tratta, mentre come è noto con il thermal CIPP si arriva a trattare condotte aventi diametro fino ai 2.500 mm e lunghezze che possono superare i 400 metri per singolo tronco.

## 5. CONCLUSIONI

Dal confronto tra le tecniche di thermal e UV CIPP, emergono notevoli differenze tra queste due tecnologie di riabilitazione no-dig.

In particolare lo UV-CIPP, sebbene ad oggi limitato ad un campo di diametri variabili tra i 150 ed i 1.200 mm, permette un maggiore e più accurato controllo del processo, un più efficace contenimento degli inquinanti, migliori performance meccaniche, un minore consumo di energia e non ultimo costi inferiori, rendendo questa tecnologia certamente la più avanzata disponibile oggi nel panorama delle tecnologie CIPP per la riabilitazione no-dig delle condotte fognarie.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] **R. Chirulli, A. Caruso** – “Un modello di analisi tecnico-economica nel confronto tra directional drilling e scavo a cielo aperto” – Atti del Convegno “Stato dell’Arte e nuove possibilità applicative del Directional Drilling” – Politecnico di Bari – 11/12 maggio 1998.
- [2] **R. Chirulli, A. Caruso** – “Valutazione di impatto ambientale comparativa nel confronto tra directional drilling e scavo a cielo aperto” – Atti del Convegno “Stato dell’Arte e nuove possibilità applicative del Directional Drilling” – Politecnico di Bari – 11/12 maggio 1998.
- [3] **R. Chirulli** – “IGC: Analisi dei Costi Indiretti Generalizzati e calcolo degli oneri di concessione per interventi sulle reti tecnologiche interrate” – Le Strade – n.10, Ottobre 2004 – Casa Editrice La Fiaccola S.r.l – Milano.
- [4] **R. Chirulli** – “Progetto No-Dig”, volume 1 e volume 4 – Casa Editrice La Fiaccola S.r.l – Milano – 2005.
- [5] **R. Chirulli** – “La riabilitazione dei sistemi fognari con tecniche No-Dig” – Workshop La progettazione e la Gestione dei sistemi acquedottistici e fognari – CSDU – Centro Studi Idraulica Urbana – Ferrara, maggio 2006.

## CURRICULUM

*Renzo Chirulli, 44 anni, ingegnere. Come consulente, libero professionista, si occupa dal 1994 di sviluppo ed applicazioni di tecnologie no-dig. Oltre a ricoprire diversi incarichi in aziende del settore, collabora con enti gestori ed imprese nelle attività di progettazione e realizzazione di interventi di tipo no-dig. Autore prolifico, ha all'attivo decine di articoli, pubblicazioni e libri, sia nazionali che internazionali, su questa materia. Per informazioni [www.nodig.it](http://www.nodig.it).*