

UNI/PdR xx:2025	Metodologie e sistemi per il rinnovamento, la connessione e la manutenzione delle tubazioni di scarico a gravità (max. 0,5 bar) con tecnologie CIPP (Cured In Place Pipe)
Sommario	<p>La prassi definisce le metodologie di risanamento non distruttivo di condotte mediante metodologia C.I.P.P. (cured in place pipe) ovvero mediante polimerizzazione in lco di tubolari plastici compositi.</p> <p>La presente tecnologia trova applicazione in infrastrutture quali: acque di scarico di fognatura Civile (nere, miste e bianche), fognature Industriali, condotte e canalizzazioni, impianti di depurazione di qualsiasi profilo quali ad esempio sezioni circolari, ovoidali, policentriche, rettangolari con funzionamento a gravità (pressione massima di collaudo 0,5 bar secondo la UNI EN 1610).</p> <p>Il range di applicazione indicativo della tecnologia comprende diametri da 100 a 2000 mm e lunghezze fino a 350 m.</p>
Data

AVVERTENZA

Il presente documento è un progetto di Prassi di Riferimento (UNI/PdR) sottoposta alla fase di consultazione, da utilizzare solo ed esclusivamente per fini informativi e per la formulazione di commenti.

Il processo di elaborazione delle Prassi di Riferimento prevede che i progetti vengano sottoposti alla consultazione sul sito web UNI per raccogliere i commenti del mercato: la UNI/PdR definitiva potrebbe quindi presentare differenze rispetto al documento messo in consultazione.

Questo documento perde qualsiasi valore al termine della consultazione, cioè il: **26 marzo 2025**.

UNI non è responsabile delle conseguenze che possono derivare dall'uso improprio del testo dei progetti di Prassi di Riferimento in consultazione.

PREMESSA

La presente prassi di riferimento UNI/PdR xx:2025 non è una norma nazionale, ma è un documento pubblicato da UNI, come previsto dal Regolamento UE n.1025/2012, che raccoglie prescrizioni relative a prassi condivise all'interno del seguente soggetto firmatario di un accordo di collaborazione con UNI:

IATT (Italian Association for Trenchless Technology)

Via Ruggero Fiore, 41
00136 Roma

UNINDUSTRIA (Unione degli Industriali e delle Imprese di Roma, Frosinone, Latina, Rieti e Viterbo)

Via Andrea Noale, 206
00155 Roma

La presente prassi di riferimento è stata elaborata dal Tavolo “Tecnologie CIPP” condotto da UNI, costituito dai seguenti esperti:

Nome Cognome 1 – Project Leader (organizzazione xyz)

Nome Cognome 2 (organizzazione yz)

Nome Cognome 3 (organizzazione xyz)

Nome Cognome 4 (organizzazione y)

Nome Cognome 5 (organizzazione xz)

Nome Cognome 6 (organizzazione z)

La presente prassi di riferimento è stata ratificata dal Presidente dell'UNI il xx xxxx 2025.

Le prassi di riferimento, adottate esclusivamente in ambito nazionale, rientrano fra i “prodotti della normazione europea”, come previsti dal Regolamento UE n.1025/2012, e sono documenti che introducono prescrizioni tecniche, elaborati sulla base di un rapido processo ristretto ai soli autori, sotto la conduzione operativa di UNI.

Le prassi di riferimento sono disponibili per un periodo non superiore a 5 anni, tempo massimo dalla loro pubblicazione entro il quale possono essere trasformate in un documento normativo (UNI, UNI/TS, UNI/TR) oppure devono essere ritirate.

Chiunque ritenesse, a seguito dell'applicazione della presente prassi di riferimento, di poter fornire suggerimenti per un suo miglioramento è pregato di inviare i propri contributi all'UNI, Ente Italiano di Normazione, che li terrà in considerazione.

SOMMARIO

INTRODUZIONE	5
1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	5
2 RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI.....	5
3 TERMINI E DEFINIZIONI	6
4 PRINCIPIO	7
5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	9
5.1 Sistemi di resine	9
5.2 Materiale costituente la parte strutturante del liner (laminato)	9
5.3 Membrane interne ed esterne.....	10
5.3.1 Membrana interna/coating (spessore di usura)	10
5.4 Prodotto finito (Liner/calza).....	11
5.5 REQUISITI DI IDONEITÀ TECNICA.....	11
5.6 PROGETTAZIONE.....	12
5.6.1 Generalità	12
5.6.2 Parametri di valutazione del manufatto da risanare	12
5.6.3 Parametri di progettazione dello spessore del liner	13
5.6.4 Verifiche del sistema idraulico.....	13
5.7 PREPARAZIONE DELLA CONDOTTA.....	14
5.7.1 Premessa.....	14
5.7.2 Gestione delle acque defluenti ed interferenti	14
5.7.3 Processi di spурго	15
5.7.4 Ostacoli/assenza di ostacoli.....	15
5.7.5 Attività edili funzionali all'installazione del liner	15
5.7.6 Interventi di normalizzazione propedeutici all'installazione del liner	15
5.7.7 Censimento degli allacciamenti laterali in linea.....	15
5.7.8 Ispezione pre-inserimento	16

5.8 INSTALLAZIONE DEL LINER	16
5.8.1 Premessa.....	16
5.8.2 Processo di installazione.....	16
Processo di inversione (aria/acqua)	16
Processo di inserimento (Traino)	16
Combinazione tra processo di inversione e di inserimento	16
5.8.3 Processo di indurimento	17
Indurimento a caldo (Termo-catalisi).....	17
Indurimento a temperatura ambiente (Ambient Curing).....	17
Indurimento combinato (Foto-Termocatalisi)	18
5.8.4 Documentazione a disposizione del committente/D.L.	18
5.8.5 Lavori successivi all'installazione del liner	18
Prova di tenuta.....	18
Apertura delle connessioni laterali.....	19
Collegamento delle connessioni laterali al liner	19
Collegamento ai pozzi e/o vasche	19
5.9 ACCETTAZIONE DEL PRODOTTO.....	19
5.9.1 Premessa.....	19
5.9.2 Prove in loco	20
5.9.3 Prelievo e grandezza del campione	20
5.9.4 Determinazione dello spessore del liner installato (laminato)	20
5.9.5 Documento di trasporto del campione.....	21
5.9.6 Prove sul campione.....	21
Premessa.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
Prova di flessione a 3 punti - Normative di riferimento in vigore.....	21
6 SISTEMI DI GIUNZIONE PER TUBAZIONI A GRAVITA' RINNOVATE TRAMITE RELINING	21
6.1 Sistemi di sigillatura allacciamenti laterali	21
6.2 Sistemi di collegamento di camerette/pozzetti.....	22

7	REQUISITI DI MANUTENZIONE POST – REALIZZAZIONE DEI LINER CIPP	25
7.1	Pulizia della condotta con autospurgo.....	25
7.2	Accorgimenti per pulizia in pressione.....	25
7.3	Uso di carrelli di frese e telecamere sulle condotte risanate con liner.....	27
7.4	Esecuzione di nuovi allacci sulla condotta	27
7.5	Ulteriori test di durabilità del liner fornito.....	27
7.6	Garanzia finale del risanamento	27
BIBLIOGRAFIA.....		Errore. Il segnalibro non è definito.

INTRODUZIONE

Le tecniche di risanamento NO-DIG raccolte sotto la denominazione C.I.P.P. - Cured In Place Pipe (tubo polimerizzato in loco), rappresentano una metodica di rinnovamento e/o risanamento non distruttivo. La prassi descrive la tecnologia che utilizza come materiale di base un tubo plastico da inserire nel tubo ospite, eventualmente rivestito con una membrana plastica e costituito da un substrato e/o materiale di rinforzo che viene impregnato con una resina termoindurente e polimerizzato ad acqua, aria-vapore e raggi uv. Lo stesso viene inserito, tramite pressione d'acqua o aria (processo di inversione), oppure trainato con l'ausilio di un argano.

Nel documento si descrivono i processi e le modalità di indurimento con polimerizzazione della resina mediante calore o foto-attivazione permettendo di ottenere un completo rinnovamento della condotta esistente, con migliorie dal punto di vista idraulico e statico, saranno altresì descritte le attività propedeutiche e necessarie le attività di video-ispezione (ed eventuale pulizia se necessaria) della condotta da rinnovare, inoltre i processi di connessione e manutenzione delle condotte.

1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La prassi definisce le metodologie di risanamento non distruttivo di condotte mediante metodologia C.I.P.P. (cured in place pipe) ovvero mediante polimerizzazione in loco di tubolari plastici compositi.

La presente tecnologia trova applicazione in infrastrutture quali: acque di scarico di fognatura Civile (nere, miste e bianche), fognature Industriali, condotte e canalizzazioni, impianti di depurazione di qualsiasi profilo quali ad esempio sezioni circolari, ovoidali, policentriche, rettangolari con funzionamento a gravità (pressione massima di collaudo 0,5 bar secondo la UNI EN 1610).

Il range di applicazione indicativo della tecnologia comprende diametri da 100 a 2000 mm e lunghezze fino a 350 m.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI

La presente prassi di riferimento rimanda, mediante riferimenti datati e non, a disposizioni contenute in altre pubblicazioni. Tali riferimenti normativi e legislativi sono citati nei punti appropriati del testo e sono di seguito elencati. Per quanto riguarda i riferimenti datati, successive modifiche o revisioni apportate a dette pubblicazioni valgono unicamente se introdotte nel presente documento come aggiornamento o revisione. Per i riferimenti non datati vale l'ultima edizione della pubblicazione alla quale si fa riferimento.

UNI EN 295-3: 2012 Sistemi di tubazioni di gres per impianti di raccolta e smaltimento di acque reflue - Parte 3: Metodi di prova

UNI EN 13598-2:2020 Sistemi di tubazioni di materia plastica per scarichi e fognature interrati non in pressione - Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE) -

Parte 2: Specifiche per i pozzetti di ispezione accessibili al personale e per le camere di ispezione, per installazioni interrate in aree di traffico ed in profondità

UNI EN 13508-2:2011 Indagine e valutazione degli impianti di raccolta e smaltimento di acque reflue all'esterno di edifici - Parte 2: Sistema di codifica per ispezione visiva

UNI EN 14020-2:2003 Rinforzi - Specifica per roving di vetro tessile - Metodi di prova e requisiti generali

UNI EN ISO 9001:2015 Sistemi di gestione per la qualità - Requisiti

UNI EN ISO 2078:2022 Vetro tessile - Fili - Designazione

UNI EN ISO 11296-1:2018 Sistemi di tubazioni di materia plastica per il ripristino di reti non in pressione di fognature e di scarichi – Parte 1: Generalità.

UNI EN ISO 11296-4:2018 Sistemi di tubazioni di materia plastica per il ripristino di reti non in pressione di fognature e di scarichi - Parte 4: Inserimento interno (lining) di tubi polimerizzati in loco.

UNI EN ISO 11681:2017 Rinnovamento di tubazioni esistenti mediante inserimento e polimerizzazione di un tubo composito plastico impregnato di resina - Elementi di progettazione ed installazione

UNI EN ISO 14001:2015 Sistemi di gestione ambientale - Requisiti e guida per l'uso.

ISO 178:2019 Materie plastiche - Determinazione delle proprietà di flessione

DWA-A 143-2 Riabilitazione di sistemi di drenaggio esterni agli edifici - Parte 2: Calcolo statico per il risanamento di fognature e fognature con metodi di rivestimento e assemblaggio –

3 TERMINI E DEFINIZIONI

Ai fini del presente documento valgono i termini e le definizioni seguenti:

3.1 TERMINI

3.1.1 ambient curing: Metodo di polimerizzazione e indurimento della resina a temperatura ambiente.

3.1.2 coating: Membrana (di rivestimento) che compone il liner.

3.1.3 CIPP (Cured In Place Pipe): Tubazione rinnovata o risanata in loco (NOTA: nel caso specifico con polimerizzazione delle resine effettuata sul posto).

3.1.4 host: Tubazione esistente da risanare/rinnovare e sostituire destinata ad ospitare il liner o a costituire la nuova sede di posa in caso di sua sostituzione no-dig.

3.1.5 indurimento: processo di catalisi o polimerizzazione della resina.

3.1.6 liner: tubazione o tubolare utilizzato per risanare/rinnovare e sostituire una condotta esistente.

- 3.1.7 lining (o relining): operazione di rivestimento interno e rinnovamento delle tubazioni tramite inserimento di un liner all'interno della condotta esistente.
- 3.1.8 No-Dig (senza scavo): Termine anglosassone utilizzato per definire un insieme di tecnologie e, in senso più ampio, un settore operativo dedicato al rinnovamento/risanamento e sostituzione di condotte con limitato ricorso a scavi a cielo aperto.
- 3.1.9 preliner: Tubolare o membrana protettiva esterna al liner.
- 3.1.10 relining/riabilitazione: tutte le misure per restaurare o migliorare il comportamento di un sistema esistente di tubazione.
- 3.1.11 renovation: contempla tutte le tecnologie necessarie e le lavorazioni che riguardano tutta o una parte della tubazione originaria recuperandone o incrementandone le performances.
- 3.1.12 risanamento/ripristino: opera che incorpora in tutto o in parte il manufatto originario della tubazione per mezzo della quale la sua prestazione corrente è migliorata.
- 3.1.13 SDR: Rapporto dimensionale del CIPP, pari al rapporto tra il diametro esterno del liner e lo spessore del liner stesso (numero adimensionale).
- 3.1.14 trenchless/NO-DIG: Tecniche di posa “senza trincea” ovvero con assenza o limitato utilizzo di scavi tradizionali.
- 3.1.15 UltraViolet (UV): Sistema di polimerizzazione e indurimento della resina tramite Fotocatalisi con raggi ultravioletti.

3.2 ACRONIMI

C.I.P.P.	Cured in Place Pipe
FEM	Finite Element Method
DN:	Diametro nominale del tubo espresso in millimetri
EPDM:	Ethylene-Propylene Diene Monomer
PE:	polietilene (polimero)
PP:	polipropilene (polimero)
PUR:	poliuretano (polimero)
PA:	poliammide (polimero)
PVC:	cloruro di polivinile (polimero)
PRFV:	Polimero Rinforzato con Fibra di Vetro o GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer)
RESINA EP:	resina Epossidica
RESINA UP:	resina Poliestere Insatura
RESINA VP:	resina Vinilestere

4 PRINCIPIO

Il gruppo di tecniche di risanamento NO-DIG raccolti sotto la denominazione C.I.P.P. (tubo polimerizzato in loco), rappresentano una metodica di rinnovamento e/o risanamento non distruttivo.

Consiste nell'inserimento all'interno di condotte esistenti di un tubo plastico polimerizzato in loco che prende la forma del tubo ospite e ne ripristina la funzionalità migliorandone alcuni parametri.

La tecnologia oggetto della presente specifica utilizza come materiale di base un tubo plastico eventualmente rivestito con una membrana plastica e costituito da un substrato e/o materiale di rinforzo che viene impregnato con una resina termoindurente e polimerizzato ad acqua, aria-vapore e raggi uv.

Lo stesso viene inserito, tramite pressione d'acqua o aria (processo di inversione), oppure trainato con l'ausilio di un argano (vedere figure 1, 2 e 3).

Figura 1 - INVERSIONE A BATTENTE D'ACQUA

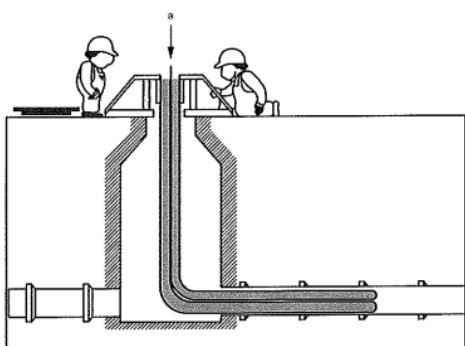


Figura 2 - INVERSIONE A TAMBURO AD ARIA

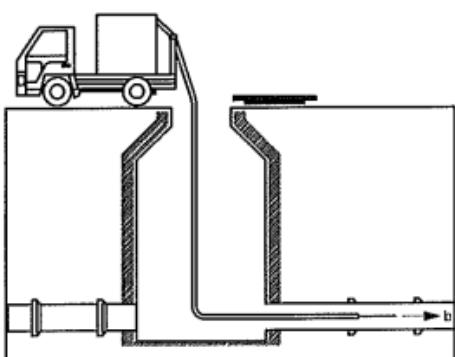
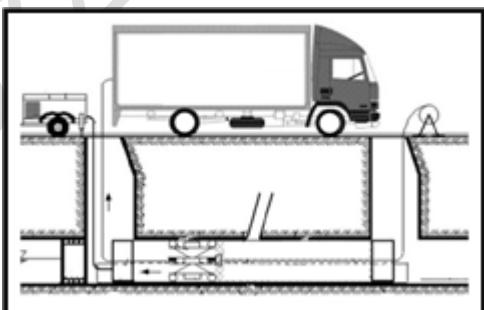


Figura 3 - INSERIMENTO A TRAINO



Si possono anche utilizzare pellicole plastiche aggiuntive a titolo di ausilio/protezione per l'installazione. Il tubo plastico inserito viene successivamente polimerizzato e comunemente chiamato liner o calza (vedere figura 2 della UNI 11296-4). L'indurimento è il processo di polimerizzazione della resina che può essere innescato mediante calore o foto-attivazione. Il risultato è costituito dal completo rinnovamento della condotta esistente, con migliorie dal punto di vista idraulico e statico. Sono da considerarsi attività propedeutiche e necessarie le attività di video-ispezione (ed eventuale pulizia se necessaria) della condotta da rinnovare, per la video ispezione e codifica condizioni reti fognarie vedere la UNI EN 13508-2.

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Il liner, ovvero il componente principale che costituisce la nuova "condotta nella condotta" oggetto di rinnovamento, deve essere schematicamente costituito da materiali conformi al prospetto 1 della UNI EN ISO 11296-4:2018. Il tipo e l'origine dei vari materiali utilizzati per comporre il liner devono essere esplicitamente dichiarati dal produttore, dal fornitore o dal posatore dello stesso. (vedere UNI EN ISO 11296-4:2018, punto 5.1, prospetto 1).

L'impiego di liner polimerizzati in loco può prevedere l'utilizzo di una membrana protettiva (ad esempio preliner o pellicola esterna prevista dal sistema) tra il tubo impregnato di resina e la vecchia tubazione.

Il preliner viene usato perché la resina non deve venire a contatto con umidità residua o infiltrazioni che non sono del tutto eliminabili con altri sistemi o tecniche prima del relining. La funzione principale del preliner è quindi quella di impedire il contatto diretto con l'acqua della resina contenuta nel liner e quindi il suo dilavamento.

5.1 Sistemi di resine

Per l'impregnazione dei liner sono prevalentemente impiegate le resine poliestere insature (UP), le resine epossidiche (EP) o le resine vinilestere (VE). In caso di composizione particolare delle acque reflue civili ed industriali, fluenti all'interno delle condotte da risanare, o in caso di temperature dei fluidi convogliati particolarmente dissimili da quelle ambiente, possono essere impiegate resine e componenti del tubolare particolari, appositamente studiati anche mediante test di idoneità.

Per effettuare la scelta tra i diversi sistemi di resine, occorre tenere in considerazione le esposizioni termiche, meccaniche e chimiche che il prodotto finale deve affrontare (per le resine Poliestere e Vinilestere è possibile far riferimento alla norma UNI EN ISO 11296-4, punto 5.3, prospetto 2).

5.2 Materiale costituente la parte strutturante del liner (laminato)

Il materiale costituente la parte strutturante del liner (vedere figura 2 della UNI 11296-4) è generalmente costituita dai materiali illustrati nel prospetto 1, punto 5.1, della UNI EN ISO 11296-4 (Materiale di trasporto/rinforzo).

Per l'utilizzo di fibre di vetro come parte strutturante del liner è ammesso solo vetro tessile resistente alla corrosione (E-glass) e conforme alla UNI EN ISO 2078, il quale soddisfa le prescrizioni definite nella UNI EN 14020, Parti 1-3.

Le zone di giunzione o sovrapposizione del liner non devono comportare modificazioni sostanziali o decadimento delle proprietà fisico-mecaniche dello stesso.

5.3 Membrane interne ed esterne

Lo strato del liner che costituisce la nuova superficie di scorrimento deve presentare caratteristiche di impermeabilità permanente ai fluidi trasportati, alle condizioni d'esercizio dichiarate dal destinatario/proprietario dell'impianto. L'impermeabilità è principalmente affidata alla membrana più interna, costituita da una "spalmatura" del supporto con idoneo polimero (detto coating/membrana interna). Per la misura dello spessore interno di usura, si rimanda al successivo punto 5.3.1. In linea generale, tale spessore può variare dal calcolo dei rapporti peso/superficie compresi tra 200g/m² a 1000g/m².

La membrana interna o esterna è generalmente composta da:

- PE (polietilene)
- PP (polipropilene),
- PUR (poliuretano),
- PA (poliammide),
- PVC (cloruro di polivinile)
- o loro combinazione (comunque compatibili con il fluido convogliato).

5.3.1 Membrana interna/coating (spessore di usura)

Lo spessore di usura deve garantire un'adeguata resistenza fisica e chimica, per tutto il periodo di vita utile posto a base di progetto. Come riportato nel punto 5.4.9 quest'ultimo non deve essere conteggiato nelle verifiche statiche. L'eventuale usura nel tempo non deve compromettere l'impermeabilità del prodotto finito.

Lo spessore di usura deve essere costituito da:

- un rivestimento sulla parte interna del liner (membrana interna);
- uno strato di resina pura;
- uno strato di resina, legato con feltro poliestere e/o fibre di vetro applicato sul lato interno del liner.

E' facoltà del progettista, in presenza di particolari caratteristiche di esercizio della condotta, prevedere materiali e spessori di usura, calcolati, eventualmente maggiorati rispetto al valore di sfregamento determinato con la canalina di Darmstadt. Vedere figura 4.



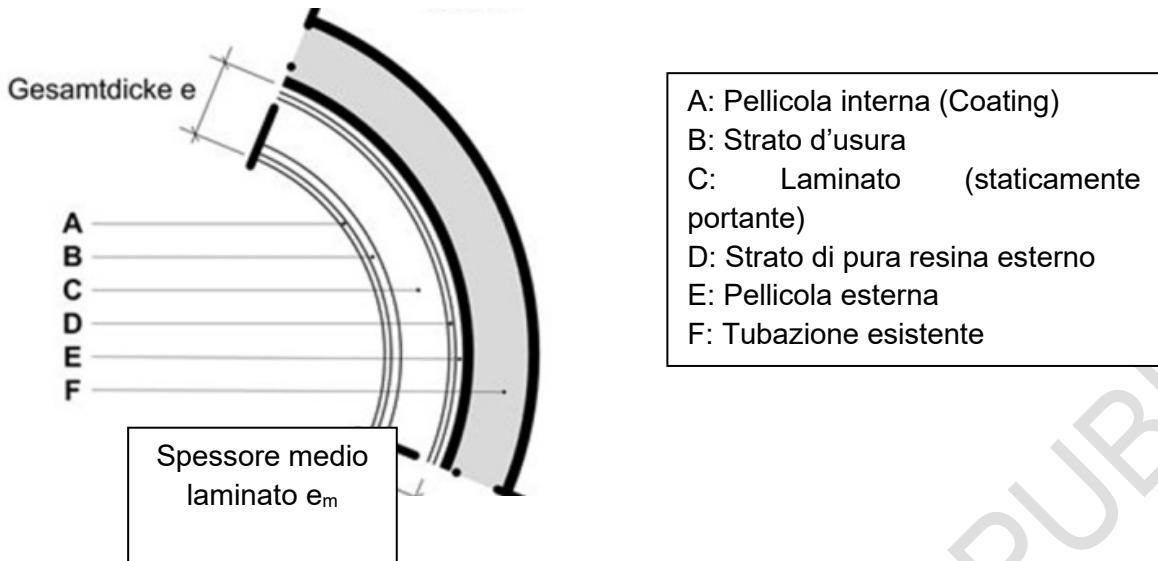


Figura 4 - ESEMPIO DI COSTRUZIONE DI UNA PARETE DEL LINER

5.4 Prodotto finito (Liner/calza)

Al termine della posa in opera, il liner consolidato deve essere formato da uno spessore in cui i vari componenti risultino coerenti tra loro, costituenti quindi uno strato omogeneo senza inclusioni d'aria e privo di evidenti imperfezioni. È comunque possibile che si possano verificare delle corrugazioni/grinze indipendenti dalla qualità dei materiali e della posa in opera, causati da difetti non riconducibili al processo CIPP o da fattori esterni non dipendenti da esso, come irregolarità della sezione della condotta ospitante, deformazioni della sezione di deflusso dei fluidi, sensibili deviazioni piano altimetriche dei tracciati della condotta da risanare, difformità geometrica dei pozzi di accesso ecc.

Nei tratti rettilinei di condotta esistente con caratteristiche di perimetro interno costante, l'applicazione del liner non deve produrre irregolarità superficiali, additive a quelle del tubo ospite, maggiori del 2% del diametro nominale o, quale che sia il maggiore, superiori a 6 mm.

NOTA 1: il presente limite può essere modificato, ove ritenuto indispensabile dal progettista/DL, al solo fine di rispettare i requisiti di prestazione idraulica del tubo inserito internamente.

NOTA 2: una caratteristica dei tubi polimerizzati in loco è che generalmente sono conformi alle caratteristiche della superficie del tubo ospite. Generalmente, nelle curve e nelle irregolarità del tubo ospite, comprese le riduzioni locali del perimetro interno, si verificano una o più piegature.

5.5 REQUISITI DI IDONEITÀ TECNICA

I requisiti di idoneità tecnica che un rinnovamento C.I.P.P. deve avere dal punto di vista meccanico-fisico e chimico, sono riportati nella norma UNI EN ISO 11296-4 prospetti 5, 6 e 7.

Le imprese garantiscono a fine installazione mediante produzione di certificati di laboratorio abilitato i requisiti di cui al prospetto 5 della UNI EN ISO 11296-4. Dovrebbe essere eseguito almeno un test come descritto nel prospetto 5 della UNI EN ISO 11296-4 utilizzando il metodo di cui all' Appendice B della presente norma.

I produttori di materiali C.I.P.P., siano anche produttori disgiunti di singoli materiali componenti il liner, come resine, feltri, supporti tessili ecc, e le ditte esecutrici delle operazioni di relining dovrebbero essere in possesso di Certificazione di Qualità Aziendale in conformità alla norma UNI EN ISO 9001.

Entrambi i soggetti, produttore di materiali ed esecutore delle opere di relining, in caso di lavorazioni che prevedano risvolti significativi in campo ambientale, relativamente alla tutela del sito operativo, al tipo di fluido trattato, alla natura dei prodotti impiegati, alla possibilità di particolari impatti ambientali/inquinamento, particolari problematiche di gestione dei rifiuti di processo, dovrebbero essere in possesso di Certificazione Ambientale in conformità alla norma UNI EN ISO 14001 rilasciata da OdC accreditato.

NOTA 3: Si suggerisce di prevedere il possesso della certificazione della UNI EN ISO 45001 da parte dell'esecutore delle opere, nel caso di opere di relining che presentano le seguenti caratteristiche:

- Lavorazioni da svolgersi in spazi confinati;
- Lavorazioni da svolgersi in presenza di fluidi pericolosi (ad esempio reflui industriali);
- Lavorazioni da svolgersi in aree di cantiere trafficate o in presenza stabile di interferenze;
- Lavorazioni in presenza di macchine e fluidi di processo con caratteristiche impattanti riguardo la sicurezza del cantiere e delle aree limitrofe;
- Lavorazioni in presenza di sistemi di by-pass particolarmente articolati.

5.6 PROGETTAZIONE

5.6.1 Generalità

Per controllare l'attuale stato del tratto di condotta da risanare, si richiede una video ispezione preliminare effettuata secondo la UNI EN 13508-2. Tale ispezione deve avere una qualità sufficiente (ad esempio visibilità e pulizia) al fine di poter permettere un'adeguata classificazione dello stato della condotta.

5.6.2 Parametri di valutazione del manufatto da risanare

Per la progettazione del relining devono essere rilevati e considerati i seguenti elementi:

- Caratteristiche idrauliche,
- Cambi di diametro o presenza di pezzi speciali,
- Deviazioni piano-altimetriche,
- Disassamenti della condotta,
- Connessioni laterali e loro stato,
- Presenza di radici,
- Presenza di acqua di falda,
- Ostacoli al deflusso,
- Rottura composta o scomposta o mancanza cocci nella condotta,
- Geometria, stato del collegamento, accessibilità, dei manufatti di ispezione,
- Logistica dell'intervento di relining.

Nella fase di progettazione è necessario valutare quali processi di installazione o polimerizzazione possano essere utilizzati, in ragione della specifica manifestazione del danno o della situazione in loco. I diversi sistemi di lining corrispondono ai diversi campi applicativi e alle possibilità di impiego, come meglio spiegato nel successivo punto 5.8 dove sono indicate le principali tecniche di installazione per i liner in fibre sintetiche e liner in fibre di vetro.

5.6.3 Parametri di progettazione dello spessore del liner

Al fine di valutare lo spessore ottimale del liner da posare è fondamentale tenere a mente quanto segue:

- Per valutare lo spessore di una condotta circolare è possibile utilizzare la norma UNI EN ISO 11681:2017 o DWA-a 143/2;
- Per valutare lo spessore di una condotta ovoidale è possibile utilizzare la norma DWA-a 143/2;
- È possibile utilizzare il metodo FEM con modello corrispondente alle richieste della DWA-A 143/2 per qualsiasi forma della tubazione da risanare.

Per eseguire i calcoli servono generalmente le seguenti informazioni:

- Profilo della condotta;
- Tipo di sezione (circolare, ovoidale, scatolare, ecc.)
- Diametro interno;
- Percentuale di ovalizzazione;
- Definizione condizione della condotta esistente: stato di danno;
- Materiale della condotta esistente;
- Spessore della condotta esistente;
- Indicazione quota Acqua di falda in riferimento alla condotta esistente;
- Coperture minima e massima da estradosso tubo;
- Carichi dinamici: carichi veicolari – definizione della combinazione di carico;
- Caratteristiche del terreno: Modulo Elastico, Angolo di attrito, Peso specifico;
- Lunghezza dei conci di tubazione;

Il liner può avere diverse caratteristiche fisiche e meccaniche a seconda della sua configurazione, vedere i prospetti 5 e 6 della UNI EN 11296-4 per i parametri minimi che il liner deve avere.

5.6.4 Verifiche del sistema idraulico

Per verificare il comportamento idraulico della tubazione risanata, è possibile utilizzare la formula di Gauckler-Strickler al fine di comprendere se la riduzione di diametro ed il cambio di materiale ha un'influenza positiva o negativa sulla portata della tubazione prima e dopo il rinnovamento.

La portata della tubazione è funzione dell'area bagnata per la velocità della corrente (in funzione del grado di riempimento) vedere prospetto 1:

$$Q = A \cdot V = k \cdot i^{1/2} \cdot R^{2/3} \cdot A$$

Q [m^3/s]:	portata nella tubazione in funzione del grado di riempimento
A [m^2]:	area bagnata
V [m/s]:	velocità della corrente nella tubazione in funzione del grado di riempimento
k [$m^{1/3}/s$]:	coefficiente di Gauckler-Strickler (inverso del coefficiente di Manning)
i :	pendenza della tubazione
R [m]:	raggio idraulico in funzione del grado di riempimento

Natura delle pareti ospiti	k (coefficiente di Gauckler-Strickler)
In ottone (teoricamente liscio)	110
In acciaio saldate	70-90
In ghisa	63-91
In ferro grezzo	67-83
In ferro zincato	59-77
In vetro	77-110
In calcestruzzo	63-83
In plastica	85-90
Tubi in cemento degradati	50-60
Canale	30-40

Prospetto 1: esempi di coefficienti di Gauckler-Strickler

Fermo restando che il coefficiente di scabrezza tipico delle guaine C.I.P.P. con presenza di coating interno è usualmente assimilato a quello delle tubazioni in materiale plastico, diversamente la portata attesa e le relative perdite di carico potranno essere calcolate utilizzando il coefficiente di Gauckler specifico del materiale impiegato.

5.7 PREPARAZIONE DELLA CONDOTTA

5.7.1 Premessa

Anche per sistemi no-dig che notoriamente hanno un basso impatto ambientale rispetto a tecniche di tipo tradizionale devono comunque essere valutati i possibili impatti su traffico, sulla continuità del servizio, ecc. Sulla base di tale valutazione può essere necessario procedere preventivamente ad un'azione di informazione all'utenza finalizzata a sensibilizzare popolazione/utenza stessa circa le caratteristiche delle lavorazioni che si eseguono (emissioni di odori, sospensione degli scarichi, presenza di vapori e condense).

5.7.2 Gestione delle acque defluenti ed interferenti

La condotta da risanare deve essere opportunamente posta fuori servizio, per assicurare la minor interferenza possibile dei fluidi durante le operazioni di relining. Tale operazione preliminare è da adottare anche in occasione delle lavorazioni/ispezioni preliminari (UNI EN 13508-2:2011).

NOTA 4: la presenza di acque infiltranti nella condotta da risanare (come ad esempio acqua di falda, acque meteoriche, perdite idriche in adiacenza, scarichi industriali non interrompibili, ecc) dovrà comportare un'accurata valutazione progettuale preventiva al fine di poter eseguire un lavoro a regola d'arte.

5.7.3 Processi di spурго

I metodi di pulizia sono molteplici e devono essere adottati di volta in volta a seconda dello stato interno della condotta da risanare. I metodi generalmente giudicati più indicati al fine della pulizia della condotta sono quelli idrodinamici. In caso di adozione di tali metodi, una precauzione necessaria è quella di valutare preventivamente i possibili effetti sulla condotta derivanti dall'azione idromeccanica del sistema di pulizia previsto.

5.7.4 Ostacoli/assenza di ostacoli

Gli ostacoli devono essere rimossi prima dell'installazione del liner. Sono classificabili come ostacoli per esempio la penetrazione di radici, gli allacciamenti laterali sporgenti, i depositi inamovibili, le incrostazioni, l'interferenza ostruttiva di altre condutture, parti con mancanza di tubazione e giunti con forte apertura o scostamento. Per rimuovere tali ostacoli è preferibile utilizzare metodologie di tipo remoto (ad esempio frese robotizzate, scovoli meccanici, ecc), in caso di inapplicabilità o inefficacia di tali metodologie, può essere previsto l'intervento diretto dell'operatore (vedere punto 5.5) o sezionamento della condotta con scavo a cielo aperto. In ogni caso, i lavori di rimozione degli ostacoli devono essere documentati.

Vengono inoltre annoverati come ostacoli o impedimenti alla realizzazione del liner i cambi di sezione e le curve a gomito; questi devono essere valutati preventivamente in modo da poter attuare accorgimenti che possano permettere il risanamento, eventualmente anche senza la loro rimozione.

5.7.5 Attività edili funzionali all'installazione del liner

Generalmente i liner sono installati attraverso i pozzi/camerette di accesso alla condotta. In tale caso, al fine di non danneggiare il liner durante l'installazione, o per motivi di sicurezza degli operatori, può essere opportuno prevedere l'asportazione della soletta del pozzo di accesso. E' compito del progettista valutare le misure preventive idonee caso per caso ed in funzione della metodologia di posa adottata e nel rispetto delle normative vigenti.

5.7.6 Interventi di normalizzazione propedeutici all'installazione del liner

Prima di procedere all'installazione del liner possono essere necessari dei lavori di riparazione preliminare, come ad esempio iniezione e/o spatalatura, fresatura, risanamenti puntuali/localizzati, ecc per raggiungere i requisiti minimi di progettazione strutturale ed idraulica.

5.7.7 Censimento degli allacciamenti laterali in linea

Prima di procedere all'installazione del liner, devono essere documentati e censiti gli allacciamenti laterali all'interno della condotta a seconda della loro posizione (longitudinale e trasversale) e della sezione, così da

garantire la riapertura senza errori. Dopo l'installazione del liner si deve eseguire la riapertura degli allacciamenti laterali mediante idonea attrezzatura.

5.7.8 Ispezione pre-inserimento

L'operatore che esegue il risanamento deve effettuare un'ispezione pre-inserimento finalizzata a verificare lo stato di fatto della condotta immediatamente prima di applicare il liner. La registrazione di tale ispezione deve essere conservata tra la documentazione tecnica a corredo dell'intervento come previsto nella UNI EN 13508-2.

5.8 INSTALLAZIONE DEL LINER

5.8.1 Premessa

Per l'installazione dei liner si può distinguere tra processo di inversione e processo di inserimento; la polimerizzazione della resina può avvenire per termoindurimento o fotocatalisi (è possibile una combinazione dei due processi).

5.8.2 Processo di installazione

Le principali tecniche di installazione sotto rappresentate hanno la stessa equivalenza tecnica, la scelta iniziale deve essere valutata dal progettista-committente in funzione del cantiere.

Processo di inversione (aria/acqua)

Con inversione si intende l'applicazione del liner risvoltandolo e posandolo tramite acqua e/o aria. I due fluidi sono utilizzati con uguale principio per la spinta, avanzamento controllato e quindi la posa. La pressione interna deve essere quindi prestabilita dall'impresa indicando il valore massimo di inserimento e modulata in maniera da risultare sufficiente a determinare l'avanzamento del liner fino a fine tratta da risanare, contrastando nel contempo la contropressione della falda acquifera infiltrante eventualmente presente, e che faccia aderire in modo adeguato il liner alla condotta esistente.

Processo di inserimento (Traino)

Con il processo di inserimento/traino il liner viene posto su una pellicola di scorrimento (tale pellicola può essere già incorporata nel liner) e inserito all'interno della condotta da risanare tramite un argano. Come fluido di pressurizzazione viene utilizzata l'aria. La pressione interna deve essere quindi prestabilita dall'impresa indicando il valore massimo di inserimento e modulata in maniera da risultare sufficiente a determinare la messa in forma, contrastando nel contempo la contropressione della falda acquifera infiltrante eventualmente presente. Non superare le forze massime di tiro ammesse per l'inserimento.

Combinazione tra processo di inversione e di inserimento

La combinazione tra inversione e inserimento/traino prevede l'inserimento di un tubolare flessibile impregnato nella condotta e l'inversione di un secondo tubolare flessibile impregnato all'interno del primo. I due tubolari flessibili installati vengono induriti contemporaneamente. Dopo l'indurimento si forma un liner con uno

spessore dato dalla somma dei due compositi. Tra i singoli liner non deve trovarsi alcuno strato divisorio (pellicola/coating).

Per i rispettivi processi di installazione valgono le prescrizioni sopracitate.

NOTA 6: durante le installazioni sopracitate è necessario assicurarsi che la resina non venga modificata/asportata dai residui presenti nella condotta o dalla presenza di falda acquifera, a tal fine è possibile utilizzare pellicole/rivestimenti esterni sul liner e/o liner protettivi (preliner).

Nel caso di installazione senza pellicole/rivestimenti dovrà essere verificato l'eventuale impatto ambientale e la resistenza all'idrolisi della resina.

5.8.3 Processo di indurimento

Le principali tecniche di indurimento sotto rappresentate hanno la stessa equivalenza tecnica, la scelta iniziale deve essere valutata dal progettista-committente in funzione del cantiere.

Indurimento a caldo (Termo-catalisi)

L'indurimento a caldo può essere eseguito tipicamente tramite acqua calda o vapore. L'andamento della pressione di posa e quello della temperatura sarà prestabilita dall'impresa indicando la curva di riscaldamento e devono essere costantemente documentati durante l'intera fase di indurimento. Per l'indurimento ad acqua calda è necessario documentare le temperature di mandata e di ritorno, nonché l'altezza della colonna d'acqua. Su tutti i pozzetti intermedi e sul pozetto finale vengono registrati i valori delle temperature tra liner e vecchio tubo utilizzando idonei strumenti di misurazione (UNI 11296-4). Per l'indurimento a vapore è necessario documentare le rilevazioni termiche che vengono rilevate sul pozetto iniziale e finale, come anche sui pozzetti intermedi, tra liner e vecchio tubo, utilizzando idonei strumenti di misurazione. Vengono inoltre registrate e documentate la pressione interna del liner e le temperature di ingresso e di uscita del vapore. Durante l'indurimento a vapore si forma condensa d'acqua che va estratta dal liner.

NOTA 7: la gestione dei fluidi di processo, viene opportunamente trattata nel manuale di sistema o manuale aziendale nel rispetto delle normative vigenti.

Indurimento a temperatura ambiente (Ambient Curing)

L'indurimento a temperatura ambiente è tipicamente usato per piccoli diametri e lunghezze si intende un processo che non prevede l'utilizzo di un fluido o fonte esterna di attivazione, ma nel quale l'indurimento è determinato dalla particolare formulazione chimica della resina. Nel caso di applicazione dell'ambient curing, occorre tenere presente che l'indurimento ai fini strutturali del liner può non essere raggiunto al termine dell'applicazione (superamento del picco esotermico), ma richiedere tempi anche sensibilmente più estesi. La messa in esercizio della condotta risanata deve tenere conto di tale caratteristica.

Indurimento mediante raggi UV (Fotocatalisi)

Nel caso di un indurimento ai raggi UV è necessario assicurare il monitoraggio e documentazione costante delle funzioni delle lampade e la pressione di gonfiaggio. La tecnica di illuminazione impiegata deve essere appropriata al rispettivo tipo di liner. Rispettare le velocità di avanzamento e il posizionamento delle lampade UV indicati dal produttore del liner. La temperatura del liner deve essere misurata sulla sua superficie interna,

in modo da adattare la velocità di avanzamento. L'andamento della pressione di gonfiaggio, della velocità di avanzamento e della temperatura devono essere costantemente documentati durante l'intera fase di indurimento e devono rispettare le prescrizioni contenute nel manuale del sistema.

Prima di procedere a ogni indurimento, è importante che le lampade UV siano state controllate e pulite conformemente a quanto indicato dal costruttore (ad esempio eliminare impronte digitali, polvere ecc.), con le modalità e periodicità indicate nel manuale di uso e manutenzione della macchina utilizzata.

L'ineccepibilità generale della lampada e la sua pulizia superficiale sono aspetti fondamentali per il suo funzionamento e, di conseguenza, per l'esecuzione corretta dell'indurimento del liner.

Per ogni lampada devono essere documentati e conservati in cantiere i seguenti risultati delle prove:

- numero di serie,
- primo utilizzo della lampada,
- ore di esercizio (processi di indurimento),
- data del controllo,
- valore misurato dell'intensità luminosa e risultato della prova,
- identificazione della lampada di riferimento (come da manuale uso e manutenzione)

Nel caso di malfunzionamento di una o più lampade UV durante la fase di catalisi è necessario adattare la velocità di avanzamento secondo il manuale di sistema.

Tutti i parametri devono essere prestabiliti dall'impresa prima dell'installazione.

Indurimento combinato (Foto-Termocatalisi)

Nel caso in cui gli spessori necessari (derivanti dal calcolo statico) siano particolarmente elevati per il sistema della photocatalisi, si ammette l'utilizzo dell'indurimento combinato. Caratteristica di tale indurimento è l'aggiunta di iniziatori attivati dal calore (perossidi), oltre che di iniziatori UV, nel processo produttivo dell'impregnazione dei tubolari. Il calore esotermico che si crea con l'indurimento ai raggi UV, stimola gli iniziatori d'indurimento al calore. Per l'indurimento combinato è necessario misurare la temperatura tra vecchio tubo e liner rispettivamente sul pozzetto centrale, intermedio e finale. La velocità di avanzamento delle lampade UV, l'andamento della pressione di posa e della temperatura devono essere prestabiliti dall'impresa, costantemente documentati durante l'intera fase di indurimento e devono rispettare le prescrizioni contenute nel manuale del sistema.

5.8.4 Documentazione a disposizione del committente/D.L.

I parametri descritti per i singoli processi d'installazione e indurimento, devono essere costantemente documentati e messi a disposizione del committente / D.L.; inoltre, sarà messo a disposizione il manuale del sistema.

5.8.5 Lavori successivi all'installazione del liner

Le principali attività da svolgere a seguito dell'indurimento del liner sono le seguenti.

Prova di tenuta

La prova di tenuta consiste nel testare la condotta secondo UNI EN 1610:2015; qualora ritenuta necessaria dalla DLL è possibile eseguirla solo prima di aprire le connessioni laterali del liner.

Apertura delle connessioni laterali

Le connessioni laterali vengono riaperte con frese robotizzate oppure manualmente nelle sezioni delle condotte in conformità con le norme di sicurezza.

Collegamento delle connessioni laterali al liner

Il collegamento delle connessioni laterali al liner deve essere attentamente pianificata in fase progettuale verificandone la fattibilità, a seguito della presa d'atto dello stato delle singole connessioni prima dell'intervento di risanamento. Questo è in funzione del fatto che le tipologie e materiali possono essere estremamente eterogenei e che, di conseguenza, non tutti le connessioni possono essere realizzabili con metodologie senza scavo.

Qualora la condizione della connessione laterale sia giudicata compatibile con l'intervento di ripristino non distruttivo, le metodologie più utilizzate alle quali è possibile far ricorso sono le seguenti:

- Intervento manuale dall'interno con operatore (qualora le condizioni di sicurezza/valutazione dei rischi lo consentano);
- Intervento robotizzato con profilati a cappello (secondo la UNI EN ISO 11296-4:2018);
- Intervento robotizzato di spatalatura con resine specifiche;
- Intervento robotizzato tramite processo di iniezione di resine o malte specifiche,

L'esecuzione del collegamento deve essere a tenuta e resistente nel tempo.

Collegamento ai pozetti e/o vasche

La riconnessione del liner ai pozetti di ispezioni (o vasche) deve essere attentamente pianificata in fase progettuale verificandone la fattibilità, a seguito della presa d'atto dello stato dei singoli pozetti prima dell'intervento di risanamento. Questo sarà in funzione del fatto che le condizioni interne e i materiali possono essere estremamente eterogenei e che, di conseguenza, non sempre è sufficiente la sola sigillatura del terminale del liner al vecchio tubo e/o al pozetto.

Qualora le condizioni dei pozetti lo consentano, le metodologie più utilizzate alle quali è possibile far ricorso sono le seguenti:

- Installazione di un nastro water stop tra liner e vecchio tubo;
- Installazione di un manufatto laminato in PRFV (in situ);
- Applicazione / spatalatura / iniezione di sistemi di resine reattive;
- Applicazione di malte modificate espansive;
- Applicazione di guarnizioni anulari.

Collegamento e impermeabilizzazione devono essere in grado di far fronte alla massima pressione prevista per la falda acquifera.

5.9 ACCETTAZIONE DEL PRODOTTO

5.9.1 Premessa

Su richiesta della direzione dei lavori l'appaltatore deve produrre idonea documentazione (schede tecniche, certificati di prova, ecc) attestante quanto riportato nel punto 5.

5.9.2 Prove in loco

Una volta installato, il liner deve essere sottoposto a ispezione visiva secondo norma UNI EN ISO 11296-1:2018. Dal liner indurito deve essere prelevato un provino di materiale.

5.9.3 Prelievo e grandezza del campione

Il campione di materiale viene prelevato a scelta dal pozzetto o dal tronco sanato. Nel caso di un prelievo dal pozzetto, è necessario prendere misure atte a mantenere la forma del liner e le caratteristiche di progetto. Per i profili ovoidali, il provino viene prelevato sotto al piedritto, nella zona in cui la curvatura è minore ove fattibile. Per le dimensioni del campione da prelevare vedere la UNI EN ISO 11296-4:2018.

La lunghezza del campione da sottoporre a prova deve avere una luce nominale, L, minore di $16 e_m$ (vedere UNI EN ISO 11296-4:2018, punto B.4.2) che deve essere tagliato ad una lunghezza non minore di $L \pm 4e_m$. Dal campione prelevato da consegnare al laboratorio accreditato, saranno ricavati dal laboratorio stesso almeno 5 provini da testare. Vedere prospetto 2.

Spessore medio del Composito e_m	Larghezza b
$e_m \leq 15$	$15,0 \pm 1$
$15 < e_m \leq 25$	$25,0 \pm 1$
$25 < e_m \leq 35$	$35,0 \pm 1$
$e_m > 35$	$50,0 \pm 1$

Prospetto 2 - Valori della larghezza del provino longitudinale, b, in relazione allo spessore medio di parete e_m (dimensioni in millimetri).

5.9.4 Determinazione dello spessore del liner installato (laminato)

Lo spessore totale, h, deve essere inizialmente determinato mediante la misurazione del provino in sei punti entro il terzo centrale della sua luce (vedere figura B.3), in conformità alla ISO 3126, utilizzando un dispositivo di misurazione con accuratezza entro $\pm 0,01$ mm.

Lo spessore del composito è quindi determinato sottraendo da ciascuna misurazione dello spessore totale, gli spessori noti o misurati separatamente di ogni membrana interna e/o esterna e/o di tratti di resina pura in eccesso.

Ogni resina pura in eccesso sul retro del provino (corrispondente all'esterno del tubo di ripristino, specialmente se forma uno strato di spessore irregolare, può essere parzialmente o interamente molata prima della prova, a condizione che non siano così rimosse le fibre del materiale di trasporto e/o di rinforzo.

Se ogni singola misurazione dello spessore del composito devia di oltre il 10% dallo spessore medio del composito, e_m , il provino deve essere scartato e un nuovo provino scelto a caso.

Se il valore medio dello spessore del composito, e_m , di qualsiasi provino individuale si scosta di oltre il 10% dalla media, e_m , delle medie per una serie di provini, quel provino deve essere analogamente sostituito da un altro provino scelto a caso.

La larghezza del provino deve essere misurata nelle posizioni delle tre coppie di punti utilizzate per la misurazione dello spessore (vedere UNI 11296-4, figura B.2).

5.9.5 Documento di trasporto del campione

Nel documento di trasporto del campione dovranno essere indicati tutti i dati necessari relativi al materiale e al cantiere. Il direttore dei lavori in contraddittorio con la ditta esecutrice sceglierà il campione da testare, inoltre sarà tenuto a controllare la completezza e la correttezza dei dati riportati nel documento di trasporto e dell'identificazione del campione. I campioni saranno controfirmati dal responsabile di cantiere dell'impresa esecutrice.

5.9.6 Prove sul campione

Le prove devono essere effettuate in un laboratorio accreditato da ACCREDIA o da analogo ente europeo per il quale valgono accordi internazionali di mutuo riconoscimento, cioè appartenenti alla rete EA - European Co-operation for Accreditation.

Le prove sui materiali devono essere eseguite conformemente ai criteri descritti nella UNI EN ISO 11296-4:2018. Eventuali scostamenti dalle direttive devono essere descritti in modo esplicito.

Tutte le prove da eseguire sul materiale sono tese ad accertare che la qualità consegnata corrisponde effettivamente alla qualità commissionata. Le tolleranze ammesse per i risultati sono indicate nella UNI EN ISO 11296-4:2018. Per la prova di flessione a 3 punti vedere la UNI EN ISO 178 e la UNI EN ISO 11296-4:2018

6 SISTEMI DI GIUNZIONE PER TUBAZIONI A GRAVITA' RINNOVATE TRAMITE RELINING

6.1 Sistemi di sigillatura allacciamenti laterali

6.1.1

Fornitura e posa di apposito tronchetto con una lunghezza ≥ 10 cm sigillante, con tecnologie con Robot (sistema "cappuccio" o "top hat")

Il robot deve essere attrezzato con diversi tipi di carelli che permettano i lavori di montaggio del tronchetto a "cappuccio" sotto il controllo da parte dell'operatore specializzato tramite telecamera montata sul robot. Nell'attività sono comprese la manodopera, la fornitura di mezzi d'opera, l'ispezione televisiva prima, durante e dopo l'intervento, la fornitura e la posa, entro l'immissione, di tronchetto sigillante impregnato di resina risvoltato all'interno della condotta principale, e tutti gli altri costi necessari per dare l'intervento eseguito a perfetta regola d'arte. Sono altresì compresi eventuali fermi macchina tra interventi su tratti successivi e la delimitazione del cantiere con ogni ausilio necessario per il rispetto delle normative vigenti. L'utilizzo di questa tecnologia è ammessa solo in totale assenza di acqua.

6.1.2

Sigillatura della zona di allaccio con tecnologie con Robot attraverso l'iniezione di malte o resine speciali.

Il robot deve essere attrezzato con diversi tipi di carelli che permettano i lavori di iniezione delle resine sotto il controllo da parte dell'operatore specializzato tramite telecamera montata sul robot. Nell'attività sono comprese la manodopera, la fornitura di mezzi d'opera, l'ispezione televisiva prima, durante e dopo l'intervento, la sigillatura dell'allaccio mediante posa robotizzata di resine bicomponenti, e tutti gli altri costi necessari per dare l'intervento eseguito a perfetta regola d'arte. Sono altresì compresi eventuali fermi macchina tra interventi su tratti successivi e la delimitazione del cantiere con ogni ausilio necessario per il rispetto delle normative vigenti. Eseguite su condotte di qualunque diametro e forma dopo il rivestimento interno della condotta. Questa tecnologia può essere applicata in presenza d'acqua senza pressione. Nel caso di importanti entrate di acqua deve essere utilizzato una tecnologia d'iniezione apposita.

6.1.3

Sigillatura manuale della zona di allaccio attraverso la posa di malte o resine speciali da parte di personale in condotta.

Nell'attività sono comprese la manodopera, la fornitura di mezzi d'opera, l'ispezione televisiva prima, durante e dopo l'intervento, la sigillatura dell'allaccio mediante posa manuale di malte resistenti ai solfati e espansivi o resine bicomponenti, l'eventuale interruzione della corrente idrica con predisposizione di by-pass, i costi della sicurezza diretti ed ogni altro onere per dare il lavoro finito a regola d'arte. Sono altresì compresi eventuali fermi macchina tra interventi su tratti successivi e la delimitazione del cantiere con ogni ausilio necessario per il rispetto delle normative vigenti. Eseguite su condotte di qualunque diametro (a partire da DN 800 mm) e forma dopo il rivestimento interno della condotta.

6.2 **Sistemi di collegamento di camerette/pozzetti**

In linea di principio si distinguono:

Sistemi meccanici tipo LES (Liner End Seal):

- TIPO A: manicotto interno in EPDM;
- TIPO B: manicotto interno in EPDM;
- Sigillature con malte speciali;
- Sigillature con resine speciali;
- Sigillatura attraverso esecuzione di laminazione in vetroresina

6.2.1 LES (Liner End Seal)

I manicotti devono essere ordinati in base alla misura interna della tubazione da risanare, tenendo conto di eventuali tolleranze del sistema utilizzato e dello spessore del liner realizzato.

Il montaggio deve essere eseguito come da manuale di posa del produttore e da personale opportunamente formato per garantire la corretta applicazione, la tenuta e la durata nel tempo.

TIPO A: manicotto interno in EPDM con tenditori;

Questa tipologia di manicotti può essere utilizzata di norma per un range di diametri > DN 300 mm. o inferiore ove le condizioni di posa nel pozzetto o delle specifiche tecniche del produttore lo consentano.

vista la necessità di lavorare sull'imbocco della condotta con attrezzi manuali di messa in posizione e tensione dei nastri d'acciaio.

Il sistema è composto da un elemento cilindrico in gomma EPDM che viene pressato tramite anelli tenditori in acciaio inox nella zona terminale del liner.

Il liner deve essere rifilato alcuni centimetri all'interno della testa della tubazione esistente in modo che il manico sia fissato a pressione da un lato aderendo al liner e dall'altro aderendo alla vecchia tubazione, garantendo la tenuta del sistema.

Si precisa che per garantire la tenuta del sistema di risanamento, l'utilizzo di questo tipo di manico richiede di valutare preliminarmente se la tubazione esistente è in grado di sopportare le tensioni di installazione dovute alla procedura di messa in tensione degli anelli metallici, anche in base alle pressioni di montaggio previste dal produttore del manico.

TIPO B: manico a scatto interno in EPDM;

Questa tipologia di manicotti può essere utilizzata generalmente per un range di diametri > DN 200 mm. o inferiore ove le condizioni di posa nel pozzetto o delle specifiche tecniche del produttore lo consentano.

Il sistema è composto da un elemento cilindrico in acciaio Inox dotato di guarnizione EPDM che viene pressato tramite sistema meccanico al liner e alla tubazione.

I manicotti devono essere ordinati in base alle misure del liner e delle tubazioni da ricollegare, tenendo conto di eventuali tolleranze.

Il montaggio deve essere eseguito come da manuale di posa del produttore e da personale opportunamente formato per garantire la corretta applicazione, la tenuta e la durata nel tempo.

Il sistema è composto da un elemento cilindrico in acciaio Inox dotato di guarnizione EPDM che viene pressato tramite sistema meccanico al liner e alla tubazione.

6.2.2 Sigillature con malte speciali;

Risanamento del punto di raccordo tra la condotta risanata mediante relining e il manufatto fognario esistente ovvero realizzazione di allacciamento del liner ai pozzi esistenti, realizzato mediante malte a base cementizia espansive e antiritiro applicate manualmente, calcolato sulla sezione circolare equivalente. Sistema utilizzabile con spinte d'acqua di falda \leq 1,50 m dallo scorrimento della condotta esistente. Le malte devono essere provviste di certificato di conformità del produttore, scheda tecnica che ne rappresenti le caratteristiche fisiche e meccaniche con indicazioni delle modalità di miscelazione e posa, nonché complete di scheda di sicurezza. I prodotti utilizzati devono essere idonei all'utilizzo in ambienti aggressivi fognari e resistenti ad acidi e ai solfati (H₂S).

6.2.3 Sigillature con resine speciali;

Risanamento del punto di raccordo tra la condotta risanata mediante relining e il manufatto fognario esistente ovvero realizzazione di allacciamento del liner ai pozzi esistenti, realizzato mediante resine epossidiche

bicomponente applicate manualmente, calcolato sulla sezione circolare equivalente. Sistema utilizzabile con spinte d'acqua di falda \leq 1,50 m dallo scorrimento della condotta esistente

Le resine devono essere provviste di scheda tecnica che ne rappresenti le caratteristiche fisiche e meccaniche con indicazioni delle modalità di miscelazione e posa, nonché complete di scheda di sicurezza. I prodotti utilizzati devono essere idonei all'utilizzo in ambienti aggressivi fognari e resistenti ad acidi e ai solfati (H₂S).

6.2.4 Sigillatura attraverso esecuzione di laminazione in vetroresina

Risanamento del punto di raccordo tra la condotta risanata mediante relining e il manufatto fognario esistente ovvero realizzazione di allacciamento del liner ai pozzetti esistenti, realizzato mediante laminazione on-site di fogli di fibra di vetro e resine epossidiche bicomponenti applicate manualmente per strati successivi, calcolato sulla sezione circolare equivalente. Sistema utilizzabile con spinte d'acqua di falda \leq 1,50 m dallo scorrimento della condotta esistente.

Le resine e le fibre di vetro devono essere provviste di scheda tecnica che ne rappresenti le caratteristiche fisiche e meccaniche con indicazioni delle modalità di miscelazione e posa, nonché complete di scheda di sicurezza. I prodotti utilizzati devono essere idonei all'utilizzo in ambienti aggressivi fognari e resistenti ad acidi e ai solfati (H₂S).

7 REQUISITI DI MANUTENZIONE POST – REALIZZAZIONE DEI LINER CIPP

Descrizione delle operazioni atte alla manutenzione dei condotti risanati con liner, dei limiti e delle prescrizioni da evidenziare al gestore per le eventuali future attività di manutenzione (ad esempio pulizia/spurgo).

7.1 Pulizia della condotta con autospurgo.

In premessa si evidenzia che la prova di lavaggio ad alta pressione indica come campo di applicazione tutti i nuovi tubi e pezzi speciali, comprensivi di pezzi di collegamento, per condotte e canali fognari in genere.

La prova è valida anche per condotte fognarie risanate secondo UNI EN 11296-4 perciò si può dire che il Liner deve superare la stessa prova, come se venisse considerato una nuova tubazione.

La prova può essere descritta brevemente come segue:

un getto di acqua dalle caratteristiche definite viene indirizzato con un angolo e una distanza, anch'esse ben definite, sulla superficie interna della tubazione. La sollecitazione idraulica derivante da 60 cicli di lavaggio con la pressione, la quantità d'acqua, la distanza e l'angolo di getto predefinito dalla norma non deve lasciare segni sulla superficie della tubazione, del liner e degli accessori installati.

Nello specifico dell'intervento di risanamento (relining), per pulire il Liner progettato e costruito e testo per 60 cicli di lavaggio, dopo averlo installato (polimerizzato) si devono seguire i seguenti criteri:

- Il Liner può essere pulito come qualsiasi altro tubo di nuova posa;
- Il Liner può essere pulito in cinquant'anni per complessivi 60 cicli di lavaggio (se per una normale pulizia vengono utilizzati due passaggi, può essere pulito ogni due anni senza subire conseguenze).

I liner qualitativamente progettati, installati e testati hanno dimostrato la loro resistenza al lavaggio ad alta pressione e all'abrasione meccanica. Queste verifiche sono effettuate sotto la simulazione di 50 anni di funzionamento.

I requisiti per il corretto mantenimento delle tubazioni che sono state risanate per mezzo di un rivestimento CIPP (liner) devono essere presi in considerazione nel piano di manutenzione dell'opera.

In particolare, il personale che effettua le manutenzioni sulle tubazioni rivestite con liner mediante le macchine di comune impiego (autobotti combinate) e relativi accessori da pulizia, deve essere istruito nella manipolazione delle guaine, secondo i punti seguenti:

7.2 Accorgimenti per pulizia in pressione

Solo la pulizia ad alta pressione o la pulizia combinata ad alta pressione o il lavaggio a pressione dovrebbero essere usati per pulire i liner. Quando si usa la pulizia ad alta pressione, l'ugello del naspo deve essere scelto adeguatamente per:

- Limitare al minimo il rischio di danni alla guaina;
- essere appropriato per la natura dei depositi da rimuovere;
- massimizzare l'efficienza della rimozione dei depositi.

Bisogna fare attenzione quando si inserisce l'ugello nel tubo perché l'ugello può causare danni da impatto alla superficie del liner (coating) quando viene applicata la pressione. L'ugello deve essere sempre mantenuto in movimento (nessun risciacquo stazionario alla massima pressione) per limitare il potenziale di danno alla guaina.

A causa della bassa rugosità idraulica della guaina, sono sufficienti basse potenze di getto di lavaggio per la pulizia. La potenza del getto di lavaggio ottenuta durante la pulizia ad alta pressione non deve superare i 330 W/mm² in base alle norme europee di settore.

La potenza del getto di lavaggio dipende dai parametri selezionati per il lavaggio, il veicolo e l'ugello. Una impostazione corretta della possibile pressione di lavaggio è data come esempio nei prospetti della macchina utilizzata o specificata dal produttore dell'ugello stesso in base alla portata e pressione della macchina utilizzata.

Se non sono disponibili dati dettagliati sulle prestazioni di lavaggio, si possono usare le seguenti approssimazioni:

- Ugelli con un angolo di getto inferiore a 15°: si può presumere che questi possano essere utilizzati senza superare la potenza di getto di lavaggio consentita.
- Ugelli con un angolo di getto tra 15 e 30°: se la pressione massima sul veicolo è limitata ad un valore medio, è possibile utilizzare gli ugelli senza superare la potenza di getto di lavaggio consentita.
- Ugelli con un angolo di getto > 30° e ugelli rotanti: sono necessari controlli specifici o limitazioni della potenza di lavaggio.

Sia le specifiche nei prospetti che i valori approssimativi per la pratica sono validi solo se gli ugelli sono conformi al veicolo utilizzato e funzionano correttamente perché in buono stato di manutenzione.

I parametri nelle tabelle mostrano quali informazioni devono essere disponibili per poter calcolare la potenza del getto di lavaggio. Per la tracciabilità della potenza del getto di lavaggio, questi parametri devono essere documentati per ogni processo di lavaggio. E' buona norma documentare di volta in volta i parametri e gli ugelli utilizzati nel singolo lavoro di lavaggio di condotte rivestite con liner ovvero fornire una scheda di protocollo di lavoro dove dovrebbero essere documentati almeno i seguenti parametri di risciacquo, veicolo e ugello:

- Lunghezza del tubo
- diametro del tubo
- materiale del tubo
- presenza di rivestimento del tubo
- tipo di ugello
- produttore degli ugelli
- numero, diametro e angolo di spruzzo degli inserti degli ugelli
- pressione di lavaggio utilizzata
- numero di risciacqui
- Qualità dell'acqua: acqua dolce/riciclata.

In linea di principio, si dovrebbe evitare l'uso di dispositivi meccanici per la pulizia, come catene, tagliatori di radici meccanici, raschietti, ecc. nelle tubazioni risanate mediante liner: tali dispositivi possono ridurre

considerevolmente la durata di vita del liner (distruzione dello strato protettivo di resina pura o del coating interno). È anche possibile danneggiamento esteso e irreversibile del liner.

7.3 Uso di carrelli di frese e telecamere sulle condotte risanate con liner

Quando si usano robot e/o sistemi teleguidati di telecamere per l'ispezione ottica, per il raccordo degli allacci o per le riparazioni, si deve fare attenzione che l'attrezzatura usata non causi danni al rivestimento del liner.

I carrelli devono essere dotati di ruote motrici non metalliche e che in ogni caso siano rivestite di materiale non danneggi la superficie del liner (coating).

7.4 Esecuzione di nuovi allacci sulla condotta

Per l'esecuzione dei nuovi allacci deve essere considerato durante i lavori di demolizione della tubazione esistente l'eventuale presenza del Liner all'interno della condotta.

Perciò all'impresa esecutrice dei lavori dovrebbe essere fornita la seguente prescrizione:

I lavori di demolizione della parete della condotta esistente dovrebbero essere eseguiti utilizzando attrezzatura di demolizione di piccola entità o eseguendo (se la condotta esistente lo permette) una perforazione con carotatrice fino a raggiungimento del Liner. Lo stesso Liner può essere perforato con apposite corone per il taglio di tubi in Vetroresina (PRFV).

La sigillatura tra allaccio e nuova tubazione può essere eseguita con resine epossidiche bicomponenti o con malte espansive resistenti ai solfati o con sistema "cappuccio", con i sistemi descritti al punto 6.

7.5 Ulteriori test di durabilità del liner fornito

Il produttore del liner inteso come sistema di risanamento, può fornire test aggiuntivi sulle caratteristiche dei materiali impiegati, con particolare riferimento alla loro durabilità e facilità di manutenzione:

- Prove stato "I" del liner in merito alla resistenza meccanica
- Prove stato "I" del liner in merito alla resistenza chimica
- Prove stato "I" del liner in merito alla resistenza all'abrasione
- Prove stato "I" del liner in merito alla pulizia della condotta risanata tramite autospurgo
- Prove stato "I" del liner in merito alla impermeabilità del composito (strato fibra di vetro impregnato di resina)
- Prove stato "I" del liner in merito alla resistenza a temperatura

7.6 Garanzia finale del risanamento

In accordo con quanto previsto dalla legislazione vigente¹ la garanzia per gli interventi di manutenzione reti con utilizzo di liner è di anni due.

¹ Alla data di pubblicazione della presente prassi sono in vigore gli articoli n°1667 e n°1668 del C.C..

BIBLIOGRAFIA

Linee guida nazionali ASPI per la video ispezione e codifica condizioni reti fognarie

ISO 7684:1997 Sistemi di tubazioni in plastica - Tubi in plastica termoindurente rinforzata con vetro (GRP) - Determinazione del fattore di scorrimento a secco

UNI EN ISO 11295:2018 Classificazione ed informazioni relative alla progettazione dei sistemi di tubazioni di materie plastiche utilizzati per il ripristino.

ISO 7685:2019 Tubi in plastica termoindurente rinforzata con vetro (PRFV) - Determinazione della rigidità iniziale dell'anello

ISO 10952:2021 Tubi e raccordi in plastica termoindurente rinforzata con vetro (PRFV) - Determinazione della resistenza agli attacchi chimici per l'interno di una sezione in condizione di flessione

ISO 8513:2016 Sistemi di tubazioni in plastica - Tubi in plastica termoindurente rinforzata con vetro (GRP) - Metodi di prova per la determinazione della resistenza a trazione longitudinale iniziale