



La durata delle tubazioni in PVC

Position paper TEPPFA – PVC4Pipes

Documento tradotto e integrato a cura del PVC Forum Italia

100 anni di vita utile per sistemi di tubazioni in pressione prodotti con PVC-U e PVC-Hi per la fornitura di acqua e gas naturale

1. Introduzione

TEPPFA e PVC4Pipes hanno redatto un documento per evidenziare la differenza tra progettazione con una durata di 50 anni e vita utile in opera prevista per sistemi di tubazioni in pressione. Sono stati analizzati tubi realizzati con PVC-U (Unplasticized ovvero non plastificato) e con PVC-Hi (High impact, con l'aggiunta di opportuni additivi che ne aumentano la resistenza agli urti e alle basse temperature).

Ricerche, studi e analisi su tubi dissotterrati, in servizio da diversi anni, mostrano una minima degradazione delle prestazioni e i test eseguiti su questi campioni confermano una durata prevista superiore a 100 anni.

2. Riferimenti progettuali per i tubi rispetto all'effettiva durata delle condotte

I riferimenti progettuali non devono essere confusi con la durata effettiva di un sistema di tubazioni in materiale plastico. In situazioni reali, la vita utile prevista è superiore ai 100 anni per queste principali motivazioni:

- La pressione reale all'interno del tubo per l'intera vita è inferiore rispetto alle prove di riferimento effettuate
- Temperature reali inferiori nel terreno: il tubo interrato è a contatto con il terreno che è a temperature inferiori rispetto a quelle di riferimento per le prove
- Le tolleranze previste dalle normative permettono di contemplare spessori anche superiori alle medie prodotte
- Viene adottato un fattore di sicurezza che permette di garantire prestazioni maggiorate

3. Basi progettuali dei sistemi di tubi in PVC a pressione

Gli standard ISO 9080¹ e ISO 12162² garantiscono 50 anni di vita utile su base progettuale e durata minima in esercizio di un sistema di tubazioni in pressione per il trasporto di acqua o gas. La ISO 9080 fornisce un metodo di estrapolazione per stimare il limite predittivo inferiore del 97,5% dello sforzo (σ_{LPL}) che un tubo termoplastico è in grado di sopportare per 50 anni a 20°C. L'extrapolazione viene effettuata dai dati

ottenuti attraverso test di pressione idrostatica fatti a diverse temperature secondo le ISO 1167-1³ e ISO 1167-2⁴. La ISO 12162 stabilisce un sistema di classificazione e designazione per tubi termoplastici, basato sulla loro resistenza minima richiesta (MRS) derivante dal loro σ_{LPL} . Un tubo in PVC-U con un valore di 25 MPa $\leq \sigma_{LPL} < 28$ MPa dichiara una MRS di 25 MPa ed è indicato con PVC-U 250. La ISO 12162 specifica anche un metodo per calcolare il valore di sforzo di progetto σ_s dalla MRS e un coefficiente di progettazione C ($\sigma_s = MRS/C$). Se non diversamente definito in uno specifico standard di prodotto, viene utilizzato un coefficiente minimo di progettazione ($C_{min} = 1,6$ per PVC-U, $C_{min} = 1,4$ per PVC-Hi).

La norma di prodotto ISO 1452⁵ definisce i requisiti specifici di un sistema di tubazioni in PVC-U a parete liscia destinato alla fornitura di acqua in pressione nonché per acque reflue in pressione. La ISO 1452-1 stabilisce i requisiti generali per i compound di PVC-U utilizzati in questi sistemi. Qualunque sia la sua composizione, un compound deve raggiungere un σ_{LPL} corrispondente a una MRS di 25 MPa per tutti i tubi e raccordi. È consentita una MRS di 20 MPa per alcuni raccordi stampati ad iniezione. Qualora sia disponibile una consolidata esperienza di un compound con una MRS di 25 MPa, è possibile utilizzare un metodo di prova semplificato per verificare la conformità.

Il PVC-U viene utilizzato in sistemi idrici da oltre 80 anni ed è da sempre oggetto di accurati controlli da parte delle utilities in termini di prestazioni, affidabilità e manutenzione. La ISO 1452-1 al paragrafo 3.1.5.1. riconosce che *“la ricerca sulla previsione delle prestazioni di lungo termine di sistemi esistenti in PVC per la distribuzione di acqua mostra una durata di almeno 100 anni”*.

Da oltre 60 anni il PVC è il materiale di scelta preferito nei sistemi di distribuzione di gas a bassa pressione (30 e 100 mbar) in paesi europei come l'Olanda. Il PVC-U è stato utilizzato fino agli anni '70 e poi progressivamente sostituito dal PVC-Hi in quanto si pensava che il PVC-U non potesse essere in grado di mantenere un'elevata resistenza agli urti necessaria in caso di sollecitazioni esterne. Lo standard di prodotto ISO 6993-1⁶ definisce i requisiti specifici per un sistema di tubazioni in PVC-Hi utilizzato per la fornitura di gas naturale. Il compound di PVC-Hi dovrebbe contenere almeno un 7% in peso di additivo e, qualunque sia la restante composizione del compound, il materiale estruso deve raggiungere un σ_{LPL} corrispondente a una MRS di 18 MPa come definito nella ISO 9080.

4. Studi sugli scavi dimostrano una vita utile in opera di oltre 100 anni

I primi tubi in PVC furono realizzati nel 1934 nell'area chimica di Bitterfeld-Wolfen (Germania). Questi tubi erano utilizzati in diverse applicazioni come tubi per acqua potabile, tubi trasparenti per contatto con alimenti (nei birrifici) e tubi industriali (nei laboratori chimici e negli impianti).⁷ La prima installazione su larga scala di tubi in PVC ebbe luogo nel 1936 in Germania, in sistemi per la distribuzione di acqua potabile e di drenaggio a gravità in diverse aree residenziali (tra cui il Villaggio Olimpico di Berlino); la maggior parte di questi tubi è ancora oggi in servizio. Molti sistemi di tubazioni in PVC hanno già superato di gran lunga la vita utile prevista di 50 anni senza alcuna indicazione, nei dati statistici gestiti dalle utility, di eventuali guasti dovuti all'invecchiamento.

Ciò è confermato da numerosi rapporti sugli scavi che riportano le prestazioni meccaniche dei tubi a pressione in PVC-U e PVC-Hi posati in luoghi differenti e in servizio continuo per decenni.

Nel 1985, Lancashire⁸ ha studiato tubi per il trasporto di acqua in PVC-U dissotterrati dopo 4-16 anni di servizio in UK e ha concluso che l'invecchiamento non era un fattore significativo che influenzava le prestazioni delle tubazioni. Verifiche di “stress analysis” hanno mostrato che tutti i tubi avrebbero dovuto superare una vita di 100 anni in normali condizioni operative.

Nel 1996, Alferink et al.⁹ hanno testato tubi in pressione in PVC-U estratti dalla rete idrica olandese dopo anche 37 anni di vita utile. Da 19 campioni di tubo, si è concluso che non vi era praticamente alcun cambiamento nelle loro proprietà meccaniche a causa dell'invecchiamento. Conclusero che i vecchi tubi in PVC-U in pressione per l'acqua soddisfacevano ancora i requisiti funzionali più importanti.

Nel 2001, Stahmer et al.¹⁰ hanno effettuato test meccanici, secondo gli standard australiani, su tubi per l'acqua estratti dopo 25 anni di utilizzo in differenti terreni e condizioni di installazione. Poiché i risultati erano gli stessi previsti per i nuovi tubi testati al momento della produzione, non è stato rilevato alcun peggioramento nella resistenza o allungamento a rottura del materiale PVC-U. Le prestazioni di lungo termine del sistema dipendevano quindi da qualità, gestione e installazione iniziali del tubo.

Nel 2004, Hülsmann et al.¹¹ hanno riferito di test su alcuni dei primi tubi per acqua in PVC-U installati in Germania. Una serie di test hanno esaminato 24 campioni di tubo dissotterrati dopo 23 e 53 anni di servizio. Dai test di pressione idrostatica a lungo termine a 60°C, hanno concluso che si potevano prevedere altri 100 anni di operatività sicura in condizioni realistiche con una pressione dell'acqua di 4-5 bar.

Nel 2005, Boersma et al.¹² hanno esaminato l'invecchiamento chimico e fisico di tubazioni per il trasporto di acqua in PVC-U. Hanno concluso che l'invecchiamento chimico e fisico a 15°C non aveva alcuna influenza significativa sulla qualità dei tubi di distribuzione dell'acqua in PVC-U. L'invecchiamento chimico era trascurabile poiché i tubi contenevano sufficiente stabilizzante che non aveva reagito. La resistenza allo snervamento misurata su tubi in servizio fino a 30 anni non ha mostrato alcun cambiamento con l'età dei tubi. Hanno anche testato i tubi in PVC-U per stress analysis, lenta propagazione della crepa e resistenza a fatica e hanno concluso che la durata dei tubi a pressione in PVC-U, prodotti con le procedure di controllo qualità normalmente utilizzate in Europa, avrebbe dovuto superare i 100 anni. L'invecchiamento fisico in tubi adeguatamente gelificati porta a una riduzione marginale della resistenza alla crescita lenta delle crepe.

Nel 2005, Burns et al.¹³ hanno rivisto i metodi per analizzare la durata prevista delle tubazioni per acqua in PVC-U. Sono stati prodotti modelli basati sulla meccanica della frattura per prevedere le condizioni in cui si verificasse il guasto del tubo in servizio. Questi modelli sono stati calibrati rispetto ai tassi di guasto registrati in un numero di utility nordamericane e australiane. Hanno concluso che 100 anni erano una stima prudente per un tubo progettato e installato correttamente.

Nel 2006 Breen¹⁴ ha studiato cinque campioni di tubo per acqua estratti dopo un utilizzo che andava dai 6 ai 42 anni. Ha eseguito test di invecchiamento chimico e fisico sul PVC-U insieme a prove di trazione, di scoppio, crescita lenta delle crepe, prove d'urto e misurazioni di resistenza a fatica. Ha concluso che i sistemi di tubazioni per acqua da rubinetto in PVC-U esistenti in Olanda avrebbero funzionato per almeno 100 anni a condizione che i carichi interni ed esterni non avessero provocato sollecitazioni sul telaio superiori a 12,5 MPa e che non ci fossero micro-crepe o danni meccanici nei tubi in PVC-U.

Nel 2008 Hermkens et al.¹⁵ hanno riportato i risultati di test effettuati su tubi in PVC-U per trasporto di gas estratti dalla rete di fornitura olandese dopo un periodo di utilizzo fino a 50 anni. Le prove d'urto non hanno evidenziato una riduzione significativa della resistenza agli urti rispetto al tempo di utilizzo. Hanno dimostrato che la resistenza agli urti dei tubi in PVC-U in uso da molti anni dipendeva principalmente dalla qualità iniziale in fase di produzione del tubo.

Nel 2014 Folkman¹⁶ ha riferito di test di controllo qualità su 8 tubi per acqua in PVC-U in servizio continuo tra 20 a 49 anni. I test standardizzati includevano dimensioni dei tubi, immersione in acetone, pressione di scoppio e test di integrità idrostatica. Campioni di tubo testati con successo dopo 49 anni di utilizzo avevano già precedentemente superato tutti i test di controllo qualità dopo 22 anni di servizio. Ciò ha dimostrato l'immutata capacità di questo tubo di qualità a pressione in PVC-U di essere performante anche dopo mezzo secolo.

Nel 2016 Weller et al.¹⁷ hanno riportato i risultati ottenuti con una migliorata prova d'urto su 103 tubi in PVC-U e PVC-Hi estratti dalla rete di fornitura del gas olandese dopo oltre 50 anni di servizio. I tubi in PVC-Hi installati dopo il 1973 hanno dimostrato in media una migliore resistenza all'impatto rispetto ai primi tubi in PVC-U installati negli anni '60. Tuttavia, si è concluso che i tubi in PVC-U meglio prodotti installati nei primi anni '70 avevano una resistenza agli urti almeno pari a quella di un tubo in PVC-Hi medio.

In tutti i tubi in pressione testati negli studi sopra riportati sono state impiegate resine di PVC simili (valore K nell'intervallo 66-68). Al contrario le tipologie di stabilizzanti utilizzati differivano a seconda della regione. I risultati uniformi sopra riportati, raggiunti in tutte le regioni, dimostrano che è possibile ottenere un servizio affidabile superiore a 100 anni indipendentemente dallo stabilizzante impiegato. Garantire un livello di gelificazione ottimale è il fattore di qualità iniziale del tubo più importante per ottenere un equilibrio ottimale delle prestazioni meccaniche di lungo termine. Il livello di gelificazione può essere valutato qualitativamente mediante il Test di Diclorometano (ISO 9852¹⁸) o mediante i metodi quantitativi indiretti DSC (ISO18373-1¹⁹ e ISO18373-2²⁰).

Riferimenti bibliografici

¹ EN ISO 9080 "Plastics piping and ducting systems-Determination of the long-term hydrostatic strength of thermoplastics materials in pipe form by extrapolation".

² EN ISO 12162 "Thermoplastics materials for pipes and fittings for pressure applications-Classification, designation and design coefficient".

³ EN ISO 1167-1 "Thermoplastics pipes, fittings for the conveyance of fluids-Determination of the resistance to internal pressure-Part 1: General Method".

⁴ EN ISO 1167-2 "Thermoplastics pipes, fittings for the conveyance of fluids-Determination of the resistance to internal pressure-Part 2: Preparation of pipe test pieces".

⁵ EN ISO 1452-serie "Plastics piping systems for water supply and for buried and above-ground drainage and sewerage under pressure-Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U)".

⁶ ISO 6993-1 "Buried, high-impact poly(vinyl chloride) (PVC-HI) piping systems for the supply of gaseous fuels --Part 1: Pipes for a maximum operating pressure of 1 bar (100 kPa)".

⁷ Nowack, R.E. *et al.*, "60 Jahre Erfahrungen mit Rohrleitungen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U), KRV Nachrichten 1/95, 1995.

⁸ Lancashire, S.J., "In-Service Durability of uPVC Water Mains," Plastics Pipes VI Conference, March, 1985. <https://pvc4pipes.com/wp-content/uploads/2018/02/In-Service-Durability-of-uPVC-Water-Mains-Lancashire-PPVI-1985.pdf>

⁹ Alferink, F., Janson, L. E., Holloway, L., "Old PVC-U Water Pressure Pipes: Investigation into Design and Durability," PVC 1996 Conference Proceedings, 42C382 Institute of Materials, Brighton, England, April 1996, pp. 87-96. <https://pvc4pipes.com/wp-content/uploads/2018/02/Old-PVC-U-Water-Pressure-Pipes-Design-Durability-Alferink-Jansen-Holloway-PVC96.pdf>

¹⁰ Stahmer, M.W., Whittle, A.J., "Long Term Performance of PVC Pressure Pipes in a Large Rural Water Supply Scheme," Plastics Pipes XI Conference, Munich, Germany, September 2001. <https://pvc4pipes.com/wp-content/uploads/2018/02/Long-Term-Performance-of-PVC-Pressure-Pipes-Stahmer-Whittle-PPXI-2001.pdf>

¹¹ Hülsmann, T., R.E. Nowack, "70 years of experience with PVC Pipes," Plastics Pipes XII Conference, Milan, Italy, April 2004. <https://pvc4pipes.com/wp-content/uploads/2018/02/70-years-of-experience-with-pvc-pipes.pdf>

¹² Boersma, A., Breen, J., "Long term performance prediction of existing PVC water distribution systems," 9th International Conference PVC, Brighton, England, April 2005. <https://pvc4pipes.com/wp-content/uploads/2018/02/Long-term-performance-of-existing-PVC-water-distribution-systems.pdf>

¹³ Burn, S., Davis, P., Shiller, T., Tiganis, B., Tjandraatmadja, G., Cardy, M., Gould, S., Sadler, P., Whittle, A.J., "Long-term Performance Prediction for PVC Pipes," AWWARF Report 91092F, May 2006.

¹⁴ Breen, J., "Expected Lifetime of Existing Water Distribution Systems - Management Summary," TNO Report MT-RAP-06-18692/mso, published by TNO Science and Industry, April 2006.
<https://pvc4pipes.com/wp-content/uploads/2018/02/Expected-lifetime-of-existing-water-distribution-systems-TNO-Report-RAP-06-18693.pdf>

¹⁵ Hermkens, R., Wolters, M., Weller, J., Visser, R., "PVC Pipes in Gas Distribution: Still Going Strong!," Plastics Pipes XIV Conference, Budapest, Hungary, September 2008.
pvc4pipes.com/wp-content/uploads/2018/02/PVC-Pipes-in-Gas-Distribution-Still-Going-Strong-Hermkens-PPXIV-2008.pdf

¹⁶ Folkman, S., "Validation of the Long Life of PVC Pipes," Plastics Pipes XVII Conference, Chicago, USA, September 2014.

¹⁷ Weller, S., Hermkens, R., van der Stok, E., "The Remaining Quality of the PVC Gas Grid- Results of 10 Years of Ongoing Research," Plastics Pipes XVIII Conference, Berlin, Germany, September 2016.
<http://www.plasticpipesconference.com/content/263/296/5c86661eaa2b7.pdf>

¹⁸ ISO 9852:2007 "Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U) pipes -- Dichloromethane resistance at specified temperature (DCMT) -- Test method".

¹⁹ ISO 18373-1:2007 "Rigid PVC pipes --Differential scanning calorimetry (DSC) method --Part 1: Measurement of the processing temperature".

²⁰ ISO 18373-2:2008 "Rigid PVC pipes --Differential scanning calorimetry (DSC) method --Part 2: Measurement of the enthalpy of fusion of crystallites".

TEPPFA

TEPPFA è stata fondata nel 1991 a Bruxelles ed è l'associazione di categoria per l'industria dei tubi e raccordi di plastica in Europa. Attraverso membri diretti e associazioni nazionali, rappresentiamo più di 400 produttori di sistemi di tubazioni in plastica e annoveriamo tra i membri anche produttori di resine.

www.teppfa.eu

PVC4Pipes

PVC4Pipes è la piattaforma della filiera di ECVI creata per promuovere consenso e utilizzo del PVC nei sistemi di tubazioni attraverso progetti tecnici, opportune attività di standardizzazione, normative e di comunicazione. I nostri partner provengono da tutta la filiera: produttori di materie prime – PVC resina e additivi – e produttori della vasta gamma di tubi e raccordi in PVC disponibili oggi sul mercato, nonché istituti tecnologici e associazioni di categoria.

pvc4pipes.com

Gruppo Tubi e Raccordi di PVC Forum Italia

Il Gruppo Tubi e Raccordi in PVC compatto è costituito da aziende di settore associate al PVC Forum Italia, associazione nata nel 1996 per riunire le principali aziende di produzione, compoundazione e trasformazione del PVC, i produttori di additivi e anche di macchine trasformatrici.

Il principale obiettivo del Gruppo è creare una nuova "cultura della qualità" per tubi e raccordi in PVC prodotti in conformità alle norme UNI EN 1329, 1401 e 1452 e quindi sicuri, durevoli e riciclabili.

pvcforum.it/tubi-pvc/