

# CONVENIENZA E PRODUTTIVITA' DEL T.O.T.: ISTRUZIONI PER L'USO

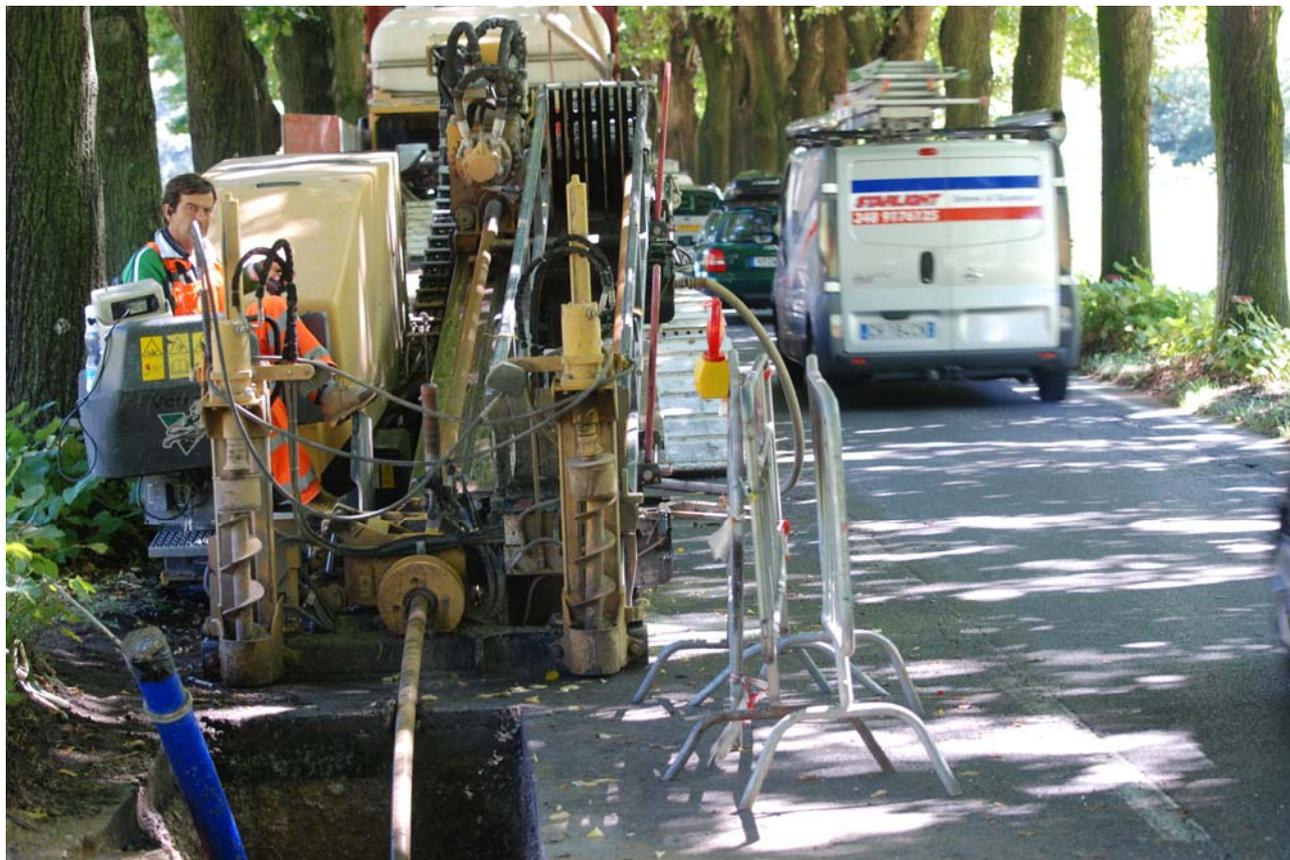


Foto apertura DSC 1174

Testo di Carlo Torre\*, Claudio Salvetti\*\* e Mauro Michelotti\*\*\*

Foto di Carlo Torre

***Sui risparmi economici conseguibili con l'impiego delle tecnologie No-Dig si è detto e scritto già molto, ma è risultato sempre evidente che non può essere stilato un listino di lavorazioni soggette a così tante variabili. Per cui può risultare opportuno fare qualche riflessione sui livelli di produttività conseguibili e sulla qualità dei tubi e dei raccordi plastici che consentono di raggiungere buoni risultati.***

In più di un caso ci siamo soffermati ad esaminare, in maniera più o meno approfondita, il tema dei costi di applicazione delle tecnologie No-Dig. Abbiamo toccato in più occasioni l'argomento su Servizi a Rete esaminando tecniche e costi dei sistemi per il risanamento delle grandi condotte in pressione (Aprile-Marzo 2007) e delle condotte acquedottistiche di piccolo diametro (Maggio-

Giugno 2005). Abbiamo poi ripreso il ragionamento della composizione del costo delle tecniche di Cured In Place Pipe (Plastic Pipes & Fittings 10/2006, 12/2006, 2/2007), della formazione di un prezzario di tali tecnologie (Plastic Pipes & Fittings 9/2004).

Il “conto della serva”, così come viene popolarmente appellata l’operazione di abbozzare il costo finale di un lavoro, non è però cosa facile da eseguire.

Chiunque può comprendere, senza nemmeno troppo esercizio d’ingegno, che posare in opera cento metri di acquedotto da 100 mm nella campagna siciliana non costerà mai quanto farlo nella campagna altoatesina; così come la stessa operazione effettuata nel centro cittadino di Napoli risulterà di costo estremamente differente una volta effettuata nel centro di Torino.

Per quale motivo quindi, una analoga operazione effettuata con tecnologie No-Dig, dovrebbe fornire risultati differenti?

Per la verità, il ricorso a tecnologie trenchless un primo vantaggio lo fornisce.

E’ infatti noto a tutti che la componente maggiore del costo della posa in opera di una condotta è quella imputabile alle lavorazioni di scavo e di ripristino, che in alcuni casi vanno a costituire l’80% del costo totale.

Le variabili economiche tipiche della posa in opera sono direttamente proporzionali a tale percentuale anzi, visto che i costi di manodopera e dei materiali sono relativamente stabili (o quantomeno ben prevedibili), la variabilità del costo di un’opera da un sito geografico all’altro o addirittura nello stesso sito, di fatto è spesso dovuta solo al diverso costo delle opere edili.

Nel caso delle tecnologie No-Dig, prevedendo esse un livello di ricorso agli scavi a cielo aperto di norma non superiore al 10-15% rispetto ai metodi tradizionali, automaticamente questa variabilità si riduce drasticamente.



**DSC 3197 + IMG0019**

**Due immagini che testimoniano la dimensione davvero limitata degli scavi di avvio foro pilota e di traino**

Subentrano certamente altri elementi che possono far oscillare il costo finale dell’opera, ma il concetto “geografico” viene fortemente meno e le oscillazioni assumono valori generalmente molto più limitati.

Parlando però in termini di valore assoluto, la convenienza o meno di un dato progetto realizzato con tecnologie trenchless è determinata principalmente dai tre seguenti fattori:

- Dimensione del progetto
- Disponibilità, diffusione e grado di efficacia della tecnologia prescelta
- Produttività conseguibile

I primi due fattori sono elementi caratteristici di ogni progetto, mentre la produttività è un elemento di valenza sempre presente in ogni contesto che può quindi essere esaminato con un taglio di carattere generale.

## **IL CASO DELLA SP n°1 di CAMAIORE**



**LA SP n° 1 di Camaiore**

Per affrontare sinteticamente il tema della produttività conseguibile con le tecniche No-Dig, prenderemo ad esempio la case history di un cantiere recentemente portato a termine nella provincia di Lucca.

Il progetto prevedeva la posa di circa 2600 metri di acquedotto DN110 mm lungo una strada provinciale fortemente trafficata e con alcuni tratti recentemente ripavimentati.

La presenza di alcuni viali alberati con piante secolari dal forte impatto paesaggistico e il fatto che la strada in questione è intensamente frequentata quale circuito cicloturistico facevano sì che la scelta della posa con scavo a cielo aperto fosse soggetta a pesanti vincoli e a costi conseguenti difficilmente preventivabili.

Relativamente ai costi ed ai tempi di esecuzione, l'elemento di variabilità più preoccupante era costituito dalla presenza di roccia, specie nella parte superiore del tracciato.

Le opportunità offerte dalla tecnica di trivellazione orizzontale teleguidata (usualmente denominata TOT), sembravano garantire tutti gli obblighi correlati ai permessi di rottura suolo e a fornire tutta una serie di soluzioni ottimali per conseguire una sensibile riduzione dei costi dell'appalto.

Il lavoro è stato quindi impostato con l'obiettivo primario di effettuare il numero minimo possibile di fosse di lancio operando in modo che le stesse presentassero la dimensione più limitata possibile. Inoltre, in relazione al forte traffico veicolare, anche di mezzi pesanti, ed alla limitata larghezza della carreggiata, specie nei punti dove era più probabile la presenza di roccia, risultava indispensabile prevedere con un ottimo livello di precisione il posizionamento delle fosse di lancio e di recapito delle condotte infisse in TOT.

Per soddisfare tali aspettative, occorre prevedere una lunghezza di lancio medio superiore ai 100 metri, una potenza della macchina di trivellazione adeguata a poter perforare i banchi di roccia anche a distanze di 100-150 metri e un congegno di controllo della direzionalità idoneo a guidare l'avanzamento del foro pilota con la dovuta precisione anche in presenza di tracciati della strada non rettilinei.

Con l'utilizzo di tali materiali e di tali macchine operatrici, era prevedibile il rispetto dei presupposti progettuali e, di conseguenza, una manomissione del piano viabile minima, una velocità operativa elevata ed un costo finale dell'opera di estrema convenienza.



**Paolo Cognigni alla postazione di guida della macchina trivellatrice**

La macchina di trivellazione utilizzata è stata una Vermeer D36 x 50 serie 2, con potenza massima di tiro pari a 36.000 lbs. tons. e aste Firestick da 40 mm della lunghezza di 4,5 metri.

Particolarmente importante il ruolo svolto dal dispositivo Eclipse, rilevatore di posizione della testa di trivellazione dimostratosi particolarmente affidabile nel segnalare l'avanzamento del foro pilota anche in fase di foro in roccia piena ed a profondità considerevoli, con una fedeltà praticamente perfetta rispetto relativamente alla posizione plano-altimetrica effettiva del primo foro (e quindi poi della condotta infissa nel terreno).

Tale performances si è rivelata indispensabile all'atto di rasentare la porzione di strada provinciale dove sarà realizzata una la gabbia di pali e tiranti dove è previsto un imminente consolidamento, che sarebbe risultato altrimenti di difficilmente attraversamento, anche per la presenza di trovanti rocciosi.



**DSC 0924, 1184, 3213**

**Nella sequenza delle tre immagini l'alesatore che viene utilizzato per allargare il foro pilota, la bentonite che si utilizza come mezzo di consolidamento del foro e come lubrificante che contribuisce a ridurre le forze di traino. La riuscita dell'operazione è testimoniata dalla superficie del tubo in PEAD dopo un'infissione di circa 150 metri: perfetta, nonostante l'attrito sviluppato con le pareti interne del foro.**

La lunghezza massima trivellata in una unica soluzione è stata di 163 metri, con foro pilota e traino del tubo in PEAD eseguiti nel volgere di una sola giornata.



**DSC 3203**

**Il tubo in PEAD si appresta ad essere trainato attraverso il foro pilota appena alesato, passando preventivamente nel bagno bentonitico**

La velocità di avanzamento e l'impiego di attrezzature e tecnologie all'avanguardia ha consentito, oltre che un netto risparmio sui tempi di realizzazione, di conseguire anche dei sensibili risparmi economici nella posa in opera. Il costo dell'opera completa, comprensivo degli oneri di collaudo e di quelli di ripristino stradale, è rimasto nell'ambito di quanto preventivato in sede progettuale ed è si è rivelato sensibilmente inferiore alla media di analoghi progetti realizzati con scavi a cielo aperto.

## **LA QUALITA' DELLA POSA IN OPERA E DEI MATERIALI TUBOLARI**



**DSC 3460**

È ovvio che il successo di un cantiere caratterizzato dalle aspettative tecnico-economiche come nel caso appena descritto, non poteva prescindere dalla giusta considerazione, in fase di progettazione, di elementi essenziali quali la qualità della posa in opera e la qualità dei materiali.

Relativamente alla posa in opera, la direzione lavori di GEAL Lucca ha fatto affidamento sulla oramai pluriennale collaborazione con la ex AMGA di Genova, oggi Gruppo IRIDE. Le scelte in materia di tecnologia No-Dig da impiegare e di modalità di messa in opera sono state individuate da un team tecnico composto da entrambe le aziende. Così come la posa in opera, i controlli, i collaudi e la mappatura sono stati portati a termine con maestranze e tecnici di GEAL e di Irìde Acquagas, i quali hanno lavorato fianco a fianco, con fattiva collaborazione, per l'intera durata del cantiere.



DSC3847 + IMG0036

**Due particolari del dispositivo di guida remota della testa di perforazione che ha consentito di rispettare con tolleranze molto ristrette i tracciati di progetto**

Relativamente alla qualità della condotta, rimandiamo al successivo box, in quanto riteniamo che meriti di un cenno più approfondito di quanto possa essere fornito nell'ambito della presente case history.

## **CONSIDERAZIONI SULLA SICUREZZA DEL CANTIERE**

Il rispetto della normativa che concerne la sicurezza dei cantieri edili rappresenta per la GEAL una delle peculiarità principali nell'organizzazione di un cantiere di lavoro per la posa in opera di tubazioni di acquedotto e fognatura.

Il cantiere in oggetto si sviluppava in una strada dove l'incidenza della viabilità ordinaria avrebbe continuamente rappresentato (qualora le opere fossero state realizzate con la tecnologia a "cielo aperto"), una costante preoccupazione per la direzione dei lavori, sia per l'incolumità degli operatori impegnati nell'esecuzione sia nei confronti degli utilizzatori stradali. La preventiva scelta della tecnologia T.O.T., ha di fatto permesso di ridurre al minimo le interferenze tra coloro che, incuranti delle limitazioni evidenziate dalla segnaletica stradale, attraversavano le porzioni di "cantiere itinerante" e chi era impegnato a controllare la direzionalità della tubazione o a predisporre le piazzole di lancio.



IMG 0074

Claudio Salvetti e Paolo cadoni, della direzione tecnica di GEAL Lucca

Un attento coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione, effettuato dalla GEAL con il suo tecnico ing. Paolo Cadoni, ha permesso poi di valutare quotidianamente la positività dell'azione intrapresa.

Questa responsabilità sociale per la sicurezza deve rappresentare una ulteriore considerazione cui i progettisti dovrebbero tenere in debita considerazione al momento di sviluppare e rendere operativa l'idea progettuale.

Se poi la sicurezza riesce a coniugarsi con la riduzione dei costi e con la buona esecuzione ogni altra considerazione può risultare superflua.

*Un particolare ringraziamento alla ditta Edilvie di Rieti, che ha eseguito le opere di trivellazione illustrate nel presente articolo, ed in particolare a Massimo e Paolo Cognigni, che si sono dimostrati veri esperti di tale settore*

**BOX: LA VERA QUALITA' DELLA REALIZZAZIONE RICHIEDE UN TRASFORMATORE IMPEGNATO IN PRIMA PERSONA SUL CAMPO**



Il percorso evolutivo di Idrotherm 2000, quale produttore di tubi in materiali termoplastici per il trasporto di fluidi in pressione, ha portato l'azienda di Castelnuovo Garfagnana (LU) ad acquisire un ruolo di primo piano nel panorama italiano, soprattutto per la sua continua predilezione verso le innovazioni tecnologiche che hanno trasformato nel tempo il sito produttivo in una realtà all'avanguardia in termini di strutture impiantistiche ed attrezzature di produzione.

La scelta del polimero termoplastico da sottoporre a trasformazione, l'utilizzo di tecniche di produzione tecnologicamente avanzate e la disponibilità di dispositivi di controllo sia durante la lavorazione che sui prodotti ottenuti costituiscono, infatti, gli elementi chiave e critici su cui si basa e si rafforza il legame tra requisiti normativi e qualità, intesa principalmente come elevata performance nella fase di esercizio proiettata per decenni nel futuro.

Il costante impegno nella salvaguardia di questi punti cardine costituisce da sempre il marchio distintivo che ha reso negli anni Idrotherm 2000 sempre più partecipe con i propri prodotti ad innovative opere di installazione di nuove reti o risanamento di quelle esistenti.

In considerazione dello specifico campo di impiego e delle critiche modalità di posa, la produzione dei tubi Reno 100 Blu per una condotta idrica installata nell'agosto (?) 2007 in un tratto della strada provinciale SP1 Lucca-Camaiore, su commissione del gestore del servizio idrico locale GEAL, è stata preceduta da un'accurata valutazione della materia prima da parte di Idrotherm 2000, affinché il polimero utilizzato fosse in possesso dei requisiti tecnici necessari a tollerare le gravose sollecitazioni durante la successiva fase di installazione.

Per garantire un ottimo comportamento in termini di resistenza a lungo termine, oltre che in relazione ai fenomeni di resistenza alla crescita lenta e rapida della frattura, caratteristici del polietilene, con il conseguente miglioramento in termini di affidabilità e sicurezza della condotta, Idrotherm 2000 ha selezionato il prodotto BorSafe HE 3494-LS, una resina PE100 di colore blu prodotta da Borealis, in grado di trasferire nei tubi prodotti un'eccellente performance nella posa anche nelle tecniche senza scavo. Il polimero, classificato come MRS 10 MPa, è infatti caratterizzato da una elevata resistenza alla crescita lenta della frattura ( $SCG > 1000$  h a 9,2 bar e 80 °C) ed un'ottima resistenza alla propagazione rapida della frattura ( $RCP > 10$  bar a 0 °C – test S4). Queste caratteristiche lo rendono la scelta più idonea per i sistemi di tubazioni per il trasporto dell'acqua in pressione, anche in considerazione delle buone proprietà di processing e la bassissima tendenza al sagging (tendenza a fluire verso il basso con la conseguente disomogeneità degli spessori), oltre che per i vantaggi intrinsecamente legati alla colorazione del tubo.

Il processo di estrusione realizzato da Idrotherm 2000 si realizza su apparati tecnologicamente moderni ed affidabili, in cui tutti gli stadi di lavorazione si concatenano in un sistema automatico di gestione e di controllo capace di supervisionare in continuo l'intera successione di fasi. In particolare, il monitoraggio continuo delle temperature di lavorazione (attraverso opportuni sistemi di termoregolazione), dei parametri di raffreddamento e del grado di vuoto applicato durante la calibrazione permettono di prevenire i fenomeni di degradazione termica dovuti all'estrusione, ottenere un omogeneo profilo termico lungo la circonferenza del tubo (massima circolarità del manufatto) e mantenere le caratteristiche dimensionali e geometriche dei tubi prodotti. Le linee di

estrusione di Idrotherm 2000 sono dotate, infatti, dei calibratori più moderni, in grado di variare il diametro interno dei tubi prodotti, rispondendo alle variazioni delle caratteristiche della massa fusa ed assicurando la massima precisione dimensionale.

L'ottimizzazione del processo di trasformazione della materia prima si traduce, quindi, in un'equilibrata combinazione di alta produttività con condizioni operative non drastiche, in grado di trasferire nel tubo le eccellenti caratteristiche qualitative proprie della materia prima utilizzata.

Nel caso specifico, la conoscenza del comportamento dal punto di vista reologico della resina BorSafe HE 3494-LS (curve viscosità/velocità di taglio) ha permesso di impostare una produttività di circa 600 kg/h con un profilo termico di 190-200 °C.

Grazie ai dispositivi installati on line, la totalità dei tubi ottenuti, Reno 100 Blu, conformi ai requisiti dello standard europeo EN 12201 e prodotti in barre della lunghezza di 13 m con caratteristiche dimensionali DN 110 e SDR 9 (pressione nominale di esercizio corrispondente a 20 bar), è stata monitorata attraverso un sistema di misura ad ultrasuoni, il cui scopo è quello di rilevare le variazioni dimensionali su tutta la superficie, oltre che registrare eventuali difetti strutturali (striature superficiali e inclusioni) attraverso il riflesso del segnale ad ultrasuoni con angoli diversi. L'elevata affidabilità del sistema ha fornito automaticamente, pertanto, un report di controllo qualità derivante dalla scansione, sia in direzione circonferenziale che in quella di estrusione, ad assoluta garanzia di conformità del lotto prodotto.

Al termine della fase di produzione, i tubi sono stati sottoposti ad un ciclo di prove di laboratorio, quali indice di fluidità in massa, stabilità termica, resistenza ed allungamento in trazione, resistenza alla pressione idrostatica, come previsto dalla norma di riferimento EN 12201.

Ogni tipo di test è in grado di fornire ulteriori conferme sull'efficacia del processo di trasformazione della materia prima nel manufatto, escludendo l'accidentale incidenza di fenomeni degradativi della struttura polimerica e/o degli additivi presenti per cause varie, tra cui non controllati aumenti di temperatura o di pressione della massa fusa, eccessivi sforzi di taglio con conseguenti stress meccanici della matrice polimerica durante l'estrusione e modalità non corrette nel raffreddamento e nella velocità di traino del tubo prodotto.

È noto che un indice di fluidità incrementato in modo rilevante rispetto a quello della materia prima evidenzia un abbassamento del peso molecolare medio e la possibilità di rotture fragili sui tubi in polietilene (è stato calcolato che la diminuzione del 5-10% del peso molecolare medio è già sufficiente per procurare rotture permanenti). Analogamente, un valore del tempo di induzione all'ossidazione, misurato sulla superficie interna ed esterna del tubo, significativamente ridotto può identificare un materiale sottoposto a molteplici stress termici durante la sua lavorazione.

Anche le proprietà meccaniche, determinate mediante prove di trazione, sono in grado di far riconoscere immediatamente l'eventuale scadimento qualitativo, nel caso di un abbassamento dei parametri caratteristici rispetto a quanto osservato sulla resina originale. Un polietilene PE100 è, infatti, contraddistinto da un limite elastico in corrispondenza dello snervamento che può arrivare fino a circa 25 MPa, un allungamento allo snervamento di circa 10%, una tensione di rottura di circa 36 MPa ed un allungamento alla rottura superiore a 600%. Se l'estrusione del tubo si è

verificata correttamente è possibile riscontrare il mantenimento di queste proprietà attorno ai valori caratteristici di partenza, fondamentali per tollerare la considerevole forza di trascinamento in direzione assiale durante la fase di installazione, soprattutto nel caso di tecniche no dig.

Un processo di trasformazione efficace, basato su tecnologie avanzate come nel caso dei tubi Reno 100 Blu DN110 PN20, garantisce, pertanto, il mantenimento di elevati standard qualitativi, che si riconoscono nella rilevazione di valori per i vari parametri misurati ben al di sopra di quanto richiesto dalle norme di riferimento (tabella A).

Poiché nell'impiego delle tecniche di installazione senza scavo giocano un ruolo fondamentale fattori, quali l'elevata resistenza all'intaglio (per garantire le prestazioni a fronte di incisioni che si possono generare sulla superficie esterna), l'adeguata resistenza meccanica per sopportare le sollecitazioni in fase di trascinamento, l'elevata competitività economica rispetto ad altri materiali (il risparmio complessivo rispetto alle metodologie tradizionali di installazione può arrivare a circa il 70% con variabili che influiscono sui costi, quali tipologia del terreno, diametro e lunghezza della condotta, condizioni logistiche del cantiere, ecc.), Idrotherm 2000 ha inoltre recentemente ampliato la propria gamma prodotti per il trasporto di acqua in pressione con i tubi Renovation VRC Blue.

Il polimero con cui sono ottenuti è il risultato di un'avanzata tecnologia di produzione bimodale che combina elevati valori della resistenza a lungo termine con eccellenti prestazioni in termini di resistenza alla propagazione rapida della frattura (RCP) e, soprattutto, di elevatissima resistenza alla crescita lenta della frattura (SCG), fornendo la soluzione ideale ai più ricorrenti aspetti critici della posa senza scavo e contribuendo alla riduzione generale dei costi di manutenzione delle reti interrate.

L'impiego di questo polimero "speciale" rappresenta la soluzione ideale e più immediata a tutti gli aspetti critici legati all'installazione, consentendo in particolare il superamento delle difficoltà connesse ai pericoli di danneggiamento per effetto di carichi locali sulla superficie esterna, grazie alla modulazione della struttura polimerica, mantenendo tuttavia l'elevata rigidità e resistenza meccanica caratteristiche dei tradizionali tubi Reno 100 Blu.

I tubi Renovation VRC Blue esibiscono valori dei parametri sperimentali caratteristici per la determinazione della resistenza alla propagazione lenta della frattura (Notch Pipe Test, Point Loading Test, Full Notch Creep Test) considerevolmente più elevati rispetto a quelli dei tubi Reno 100 Blu (tabella A), combinando eccellenti livelli prestazionali e funzionali con l'esigenza di installazioni sempre più rapide, economicamente convenienti e sicure a garanzia della futura vita delle condotte: elevata riduzione dei costi di installazione e manutenzione delle reti idriche, maggiore semplicità nella posa rispetto ai tubi tradizionali, maggiore garanzia di durata nel tempo anche in caso di danneggiamento, livelli di sicurezza straordinariamente più elevati per l'insensibilità ai graffi ed ai carichi puntuali. L'armonica combinazione di queste proprietà li definisce pertanto come la scelta esemplare per il futuro immediato nel caso delle *trenchless technologies*

**Tabella A. Confronto tra i requisiti dello standard EN 12201, le proprietà dei tubi tradizionali in PE100 (Reno 100 Blu) e dei tubi ad elevatissima resistenza PE100 VRC (Renovation VRC Blue).**

Proprietà	Metodo di	Condizioni	Requisiti	Proprietà	Proprietà
-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------

	prova		norma EN 12201	Reno 100 Blu ( <i>case history GEAL</i> )	Renovation VRC Blue
Indice di fluidità (MFR)	UNI EN ISO 1133	5 kg, 190 °C (cond. T)	0,2-1,4 g/10 min	0,30 g/10 min	0,30 g/10 min
Tempo induzione all'ossidazione (OIT)	UNI EN 728	200 °C	≥20 min	>50 min	>50 min
Allungamento a rottura	ISO 6259	23 °C, 25 mm/min	≥350 %	>500%	>500%
Carico di snervamento	ISO 6259	23 °C, 25 mm/min	-	25 MPa	25 MPa
Carico di rottura	ISO 6259	23 °C, 25 mm/min	-	30 MPa	30 MPa
Dispersione del pigmento	ISO 18553		≤3	<3	<3
Resistenza alla propagazione rapida della frattura (test S4)	UNI EN ISO 13477	0 °C, 10 bar	arresto	>10 bar	>10 bar
Resistenza alla crescita lenta della frattura (Notch Pipe Test)	UNI EN ISO 13479	80 °C, 9,2 bar	>165 h	>1000 h	>7000 h
Point Loading Test		80 °C, Arkopal N100, 4 N/mm <sup>2</sup>	-	-	>1 anno
		80 °C, NM5, 4 N/mm <sup>2</sup>	-	>500 h	>7000 h
FNCT (Full Notch Creep Test)	ISO 16770	80 °C, Arkopal N100, 4 N/mm <sup>2</sup>	-	>1000 h	>1 anno
		80 °C, NM5, 4 N/mm <sup>2</sup>	-	>100 h	>7000 h

Carlo Torre



IREN ACQUA GAS S.p.A.  
Divisione Saster Pipe  
via Piacenza, 54  
16138 Genova - Italia  
Tel. +39. 010. 5586.494  
Fax +39. 010. 5586.448  
www.sasterpipe.it  
e-mail:saster.pipe@irenacquagas.it

**Saster** *Pipe*