

Realizzare reti con il Directional Drilling

■ DI RENZO CHIRULLI

Presente e futuro
di una tecnologia da
tutti auspicata

Il *Directional Drilling* rappresenta una delle forme più diffuse di tecnologia *trenchless*. Deve questa sua diffusione a due fattori concomitanti: una grande flessibilità d'uso, e la massa significativa di investimenti che sono stati destinati negli ultimi anni alla costruzione di reti di telecomunicazione su fibra ottica.

In questa sede non analizzeremo la tecnologia in sé (per la quale si rimanda il lettore ad alcune pubblicazioni specifiche del paragrafo "Bibliografia": [1], [2], [7], [11], [14], [16]) quanto piuttosto lo stadio di sviluppo attuale di questa tecnologia, e gli impieghi nei quali il *directional drilling* potrebbe presto trovare un



FIGURA 1: DIRECTIONAL DRILLING – PERFORAZIONE PILOTA ■ DIRECTIONAL DRILLING – PILOT BORING

Directional Drilling

to create networks.

Present and future of a technology everybody hopes for.

BY RENZO CHIRULLI

Directional Drilling represents one of the most widespread examples of *trenchless* technology. Its diffusion is basically due to two factors such as: a wide range of applications and a crucial quantity of investments destined to build fiber optics telecommunication networks in the recent years.

Below, we will not analyse the technology itself (see other specific papers on this subject [1], [2], [7], [11],

[14], [16]) but rather focus on the current stage of development that this technology has achieved, and the applications for which *directional drilling* could manifest how much effective and interesting it is. In order to help the reader in understanding some terms that will recur in this article, we think it could be useful to remind that terms as "*trenchless* technology" (or even "No Dig Technology"), indicate a set of technologies conceived to be applied in the underground (among which the installation, rehabilitation or replacement of underground pipes and ducts) and whose prevailing hallmark is represented by a limited or null resort to open-cut trenches operations (from which the term *trenchless* derives. It literally means "without trenches").

Current applications

Directional Drilling is a drilling technology, allowing an active control of the trajectory, enabling different kind of *trenchless* operations.

english VERSION

Realizzare reti con il **Directional Drilling**

efficiente ed interessante utilizzo.

Per agevolare il lettore nella comprensione di alcuni termini che ricorrono nel presente articolo, si ritiene utile ricordare che il termine "*trenchless technology*" (o anche "*No-Dig technology*") sta ad indicare una famiglia di tecnologie destinate ad applicazioni nel sottosuolo (tra le quali l'installazione, il rinnovamento o la sostituzione di condotte o cavidotti interrati) ed il cui elemento caratterizzante e prevalente è rappresentato da un limitato o nullo ricorso ad operazioni di scavo a cielo aperto (da qui il termine *trenchless*, che significa letteralmente "senza trincea").

Impieghi attuali

Il *Directional Drilling* è una tecnologia di perforazione, con controllo attivo della traiettoria, mediante la quale è possibile operare svariate tipologie di intervento in modalità *trenchless*.

Esso ha trovato larghissimo impiego nell'installazione dei cavidotti interrati in materiale plastico, che vengono utilizzati per costruire le infrastrutture fisiche delle reti di telecomunicazione su fibra ottica. Negli Stati Uniti, dove negli ultimi dieci-dodici anni questo utilizzo ha conosciuto il suo massimo sviluppo, sono oggi in circolazione circa 8000 macchine per *directional drilling*.

Si tratta di un parco macchine che attualmente è utilizzato solo in parte, per via delle difficoltà che in questo momento, specie negli Stati Uniti, colpiscono il settore delle telecomunicazioni.

C'è anche da dire che si tratta in gran parte di macchine di medie e grandi dimensioni che, sebbene in passato abbiano trovato un eccellente impiego nella realizzazione degli anelli metropo-

litani principali e nei tronchi extraurbani delle reti in fibra ottica, oggi difficilmente potrebbero essere impiegate per il completamento degli anelli minori delle medesime reti, che pur tuttavia attendono di essere in gran parte completati. Anche per questa ragione, questo parco macchine attende di essere riconvertito gradualmente verso altri impieghi, sempre nel settore delle reti interrate, dove i vantaggi legati ad operazioni in modalità *trenchless* potrebbero essere notevoli (settore gas, elettrico, idrico e fognario).

In Italia il processo di diffusione di questa tecnologia è stato quasi esclusivamente alimentato dagli investimenti nella costruzione di reti in fibra ottica, promossi in anni molto recenti da varie compagnie impegnate sul mercato delle telecomunicazioni. Esempi notevoli di impiego del *directional drilling* per l'installazione della fibra ottica hanno riguardato e riguardano tuttora grandi città come Milano, Roma, Bologna, Napoli, nonché i tronchi extraurbani che si sviluppano lungo strade statali ed autostrade di grande comunicazione.

Ma siamo molto lontani dal poter dire che in Italia questa tecnologia abbia conosciuto la giusta diffusione, anche perché, contro questo processo, si oppongono spesso fattori prettamente "culturali" [5], [15] (vedi Bibliografia). Resta il fatto che il *directional drilling*, al pari di altre tecnologie *trenchless*, consente di conseguire dei vantaggi notevoli sia sul piano dei costi diretti di installazione che su quello dei costi così detti generalizzati, quei costi cioè che tengono conto delle diseconomie che trovano origine nelle interferenze inevitabili che nascono tra il cantiere e l'ambiente entro cui il cantiere stesso è inserito [3], [4].

This technology was largely applied in the installation of underground plastic ducts, used to build the infrastructures of fiber optics telecommunication networks. In the United States, where this application had its utmost development during the last 10 to 12 years, around 8000 machines for *directional drilling* are now circulating.

Currently, this fleet is only partially used, because of the difficulties that are now affecting the telecommunication sector, especially in the United States.

It is also worth saying that these machines are mostly medium and large sized, which was useful in the past to build the metropolitan area networks and the extra-urban trunks of fiber optics networks, but that today could hardly be used to finish the smaller rings of the same networks, that yet need to be completed. This is also the reason why, this fleet needs to be gradually reconverted to other uses, in the underground networks sector, where remarkable advantages could come from executing *trenchless* operations (gas sector, power lines, sewage, waterworks).

In Italy, the diffusion process of this technology was almost exclusively supported by the investments made in the fiber optics networks construction, that were promoted in the recent years by several companies working in the telecommunication market. Considerable examples of using *directional drilling* to install fiber optics concerned in the past and still concern big cities as Milan, Rome, Bologna, Naples, as well as the extra-urban trunks built along busy main roads and highways.

Nevertheless, we are far from saying that this technology saw a large diffusion in Italy, also because some "cultural" factors often impede this process [5], [15]. The hard fact is that compared to other *trenchless* technologies, *directional drilling* offer remarkable advantages both in terms of installation direct costs and in terms of the so-called generalized costs, that do not take into consideration the diseconomies originating in the interferences between jobsites and environment caused by the jobsite itself [3], [4]. It is worth analyzing the advantages that come



FIGURA 2: COSTO MEDIO DI INSTALLAZIONE DI CAVIDOTTI IN PEAD IN ZONA URBANA, MEDIANTE DIRECTIONAL DRILLING
 AVERAGE INSTALLATION COST OF PEAD CABLES IN URBAN AREA BY USING DIRECTIONAL DRILLING

È utile esaminare quali sono i vantaggi che derivano dall'impiego del *directional drilling* nelle operazioni di installazione (ma anche di sostituzione) di condotte o cavidotti interrati.

Innanzitutto i vantaggi si raccolgono sul piano dei costi di installazione. Se infatti sino a pochi anni fa era vero che a parità di infrastruttura da realizzare, l'installazione mediante *directional drilling* costava di più di quella tradizionale operata mediante scavo a cielo aperto (a causa dello scarso numero di imprese specializzate presenti sul territorio nazionale e quindi dell'assenza di una vera e propria dinamica competitiva tra queste

imprese), oggi questo comincia a non essere più vero, perché le imprese sono di più e perché le macchine sono più efficienti e le tecniche operative meno empiriche e più produttive.

Il diagramma di figura 2 mostra l'andamento negli ultimi anni del costo medio di installazioni di cavidotti in PEAD in zona urbana, effettuati mediante *directional drilling* (si è posto pari a 100 il costo di installazione mediante *directional drilling* nel 1996).

In termini assoluti l'installazione di un fascio di tubi in PEAD, composto da tre monodotti da 50 mm di diametro ciascuno, operata in terreni com-

from using directional drilling for underground ducts and cables installing operations (as well as rehabilitating ones).

First of all, advantages can be observed from the installation cost point of view. As a matter of fact, if until a few years ago, (because of the small number of Italian specialized companies and a lack of real competitive dynamics between these companies), installations executed by directional drilling were more expensive than traditional ones executed by open-cut trenching (the infrastructure to be built being equal), today this starts not to be the truth. The reason why is that the number of companies have increased, machines are more effective and operating techniques are less empirical and more productive.

Diagram of picture n°2 shows the last years trend of PEAD duct installation average cost in urban areas, made by directional drilling (in 1996 the cost of installation equaled 100).

In absolute terms, the installation of a PEAD ducts bundle, composed of three monoducts of 2 in. diame-

ter each, carried out in compact soils, 5 ft. deep under the road pavement, has an average cost of 10 to 15% less than the same installation carried out by open-cut trenching. The comparison becomes still more favorable for directional drilling, if the installation has instead to be executed in rocky soils, or the installation depth increases, or the installation has to be made in one of those cities where, operating with *trenchless* methods means reducing the so-called "restoration tax" (a tax paid by the company performing the installation and destined to finance the necessary works to rehabilitate the road pavement). Yet, *directional drilling* has a major advantage that comes from generating a reduction of the environmental impacts, contrary to traditional technologies operating with open-cut trenches, that cause higher negative impacts [8], [10].

It is worth examining which advantages are these, referring the reader to more specific papers on the subject concerning the generalized costs comparative models [3], [4], [13], through which it is possible to

Realizzare reti con il **Directional Drilling**

patti, ad una profondità di circa 1.5 metri sotto la pavimentazione stradale, costa in media circa il 10-15 % in meno rispetto alla stessa installazione effettuata mediante scavo a cielo aperto. Se si passa all'installazione in terreni rocciosi, o se aumentano le profondità di posa, o se si opera in quei Comuni dove si applica, quando si opera in modalità *trenchless*, una riduzione della così detta "tassa di ristoro" (ovvero quella tassa, pagata dall'installatore, che è destinata a finanziare i necessari interventi riabilitativi sulla pavimentazione stradale), il confronto allora diventa ancora più favorevole per il *directional drilling*.

Ma l'aspetto sul quale il *directional drilling* mostra i suoi vantaggi maggiori risiede nell'abbattimento degli impatti sull'ambiente urbano che esso permette di conseguire, al contrario di quel che accade operando con tecnologie tradizionali con scavo a cielo aperto, con le quali questi impatti negativi vengono generati in maniera pesante [8], [10].

Torna utile esaminare quali siano questi vantaggi, rimandando tuttavia il lettore a pubblicazioni più specifiche sull'argomento relativo a modelli comparativi dei costi generalizzati [3], [4], [13] mediante i quali è possibile operare un calcolo monetario di questi costi e quindi, parallelamente, valutare i vantaggi economici che derivano dall'impiego del *directional drilling*.

Un elenco commentato dei principali vantaggi connessi all'impiego del *directional drilling*, in alternativa agli scavi a cielo aperto, è il seguente:

- **abbattimento o azzeramento delle interferenze tra cantieri e mobilità urbana.** La principale interferenza che si genera tra cantieri e strade, quando si opera con tecnologie di installazione

tradizionali, è causata dalla necessità di dover scavare lunghe trincee (scavi a cielo aperto), che riducono la sezione stradale utile per la circolazione dei veicoli, dando luogo a rallentamenti e blocchi del traffico urbano, con conseguenti ritardi, maggiori spese di carburante, maggiore inquinamento, peggioramento generale della qualità dell'ambiente urbano. I costi generati da queste interferenze sono molto significativi. Eliminando gli scavi a cielo aperto, grazie all'uso del *directional drilling*, queste interferenze negative si riducono drasticamente (in molti casi si annullano del tutto) con un conseguente abbattimento o azzeramento di tutti gli effetti negativi ed i costi connessi

- **riduzione delle emissioni inquinanti atmosferiche ed acustiche.** Per l'installazione di una tubazione di soli 10 cm di diametro, indipendentemente da quale sia la sua funzione finale (acquedotto, linea telefonica o rete gas), impiegando la più recente tecnologia di scavo a cielo aperto, è necessario scavare una trincea di almeno 40-50 cm di larghezza per circa 1 metro di profondità (questi valori possono in genere aumentare, ma non ridursi, in funzione della profondità di posa del servizio). Lo scavo comporta la rimozione di un volume significativo di terreno, che in genere va portato a discarica, per poi procedere, una volta installato il servizio, all'effettuazione di un riempimento con materiale selezionato, preso in una opportuna cava. Tutte queste operazioni richiedono una quantità di energia, e quindi un impiego di carburanti con conseguente generazione di inquinanti atmosferici, significativamente maggiore di quella richiesta per perforare un volume di poco superiore a quello del tubo da installare. ▶

make a monetary calculation of those costs and at the same time to evaluate the economical advantages that come from using *directional drilling*.

Here is a list with comments of the main advantages related to using *directional drilling*, as an alternative to open-cut trenches:

- **reduction or elimination of interferences between jobsites and urban mobility.**

The main interference generated between jobsites and roads, when operating with traditional installation technologies, is caused by the necessity of excavating long trenches (open-cut trenches), which reduce the road section in which vehicles circulate, producing hold-ups and urban roadblocks, that consequently bring about delays, higher gas expenses, heavier pollution, general worsening of the urban environmental quality.

The costs that originate in these interferences are noteworthy.

Replacing open-cut trenches with *directional drilling* will help to dramatically reduce negative interfer-

ences (in many cases, they totally disappear) which would bring to a reduction or elimination of all the related costs and negative effects.

- **Reduction of air and noise pollution**

Regardless of its final function (waterworks, telephone lines or gas networks), to install a duct of only 4 in. diameter, using the most advanced open-cut trenches technology, it is necessary to dig at least a 16 to 20 in. large by 3 1/3 ft. deep trench (these values can generally only increase but not reduce, according to the utility installation depth). Digging implies the removing of a remarkable quantity of soil, that generally has to be dumped so that later on, once installed the utility, the refilling operations with a selected material, extracted from a suitable quarry could be carried out.

All these operations need more energy and therefore more fuel consumption than that needed to drill a volume of soil slightly higher than the duct to be installed itself, which consequently engenders air pollution. Moreover, removing the soil, bringing it

Realizzare reti con il **Directional Drilling**

Inoltre la rimozione del terreno, il conferimento a discarica ed il successivo riempimento, generano polveri che disperdendosi in atmosfera ne aumentano la carica inquinante, a danno dell'intera collettività. Sul piano dell'inquinamento acustico, basta raffrontare il livello di rumore generato da un escavatore o da un martello pneumatico, con

quello generato da una perforatrice che perfora direttamente nel sottosuolo, per capire quanto sia drastico l'abbattimento del rumore ottenibile grazie all'impiego del *directional drilling*

- *riduzione dei materiali di risulta*. Un'altra conseguenza, facilmente intuibile, degli scavi a cielo aperto è il volume significativo di materiale



www.trenchless.eu

© All rights reserved by Renzo Chirulli

to dumping and refilling, produce dust that if dispersed into the air becomes more and more polluting, to the whole collectivity detriment. In terms of noise pollution, it is enough to compare the noise generated by an excavator or by a pneumatic hammer with the noise generated by a drilling machine that operate underground, to understand how dramatic can be the noise reduction by using *directional drilling*.

- *Debris reduction*. It is easy to guess that another consequence originating in the open-cut trenching is the high volume of debris produced during these operations, debris that have to be dumped, which causes further problems to the general environment pollution (for example the pollution generated by the trucks used to transport the dug soil to dumping, their influence on the traffic and on the general level of noise pollution).
- *reduction of the interferences with economic and living activities*

Installations and jobsite activities inevitably interfere

with economic activities (store, offices, factories, etc.) and living ones (dwelling, entertainment, use of public areas) that usually take place in urban areas. Open-cut trenching highly enhance this interference, often generating elevated costs. For example, think about the lower turnover of a bar or a restaurant in front of which an excavator is in full play producing dust, noises, polluting emissions. Not to mention the material space that is subtracted to people walking, to vehicle parking, to simple promenading, because of trenches. These are all interferences that can be eliminated thanks to *directional drilling*.

- *Better quality and longer duration of road pavements*. A road dug by open-cut trenching along the whole of its length always shows in time the effects caused by digging, such as the appearance of bumps, holes and sometimes real potholes. This negatively affects the drive security and comfort (the very bad geometrical conditions of the road surface causes each year thousands of car accidents in the cities which translate in high social costs).

di risulta che viene prodotto durante queste operazioni, e che deve essere conferito a discarica, con ulteriori conseguenze negative sull'inquinamento generale dell'ambiente (si pensi all'inquinamento prodotto dagli autocarri necessari al trasporto in discarica del terreno scavato, alla loro influenza sul traffico e sul livello di inquinamento acustico generale)

- **abbattimento delle interferenze con le attività economiche e di residenza.** L'installazione e l'attività dei cantieri interferiscono inevitabilmente con le attività economiche (esercizi commerciali, uffici, opifici, ecc.) e di residenza (l'abitare, lo svago, la fruizione degli spazi comuni) che hanno normalmente luogo nelle aree urbane. L'effettuazione di scavi a cielo aperto accentua notevolmente questo livello di interferenza, generando spesso costi significativi. Si pensi ad esempio al minor fatturato di un bar o di un ristorante davanti al quale è in piena attività un escavatore con conseguente generazione di polveri, rumori, emissioni inquinanti. Per non parlare dello spazio fisico che viene sottratto, per via degli scavi, al passaggio delle persone, al parcheggio dei veicoli, al semplice passeggiare. Si tratta di interferenze che possono essere eliminate grazie al *directional drilling*
- **migliore qualità e maggiore durabilità delle pavimentazioni stradali.** Una strada scavata a cielo aperto per tutta la sua lunghezza manifesta sempre nel tempo gli effetti dello scavo, attraverso la comparsa di avvallamenti, buche, e talvolta vere e proprie voragini. Il tutto si riflette negativamente sulla sicurezza e sul *comfort* di guida (le pessime condizioni geometriche del manto stradale sono causa, ogni anno, di mi-

gliaia di incidenti che si verificano in città, con conseguenti ed elevati costi sociali). Un altro effetto lo si ha sul piano economico, visto che dopo un periodo più o meno breve, si rendono necessari pesanti interventi di ricostruzione della strada (ammesso che vi siano le necessarie risorse per effettuarli) con ulteriori costi (i costi di ricostruzione) ed interferenze con le normali attività di superficie (circolazione stradale, attività economiche, ecc.). Un ulteriore effetto negativo lo si ha sul piano dell'immagine generale della città che appare costellata di buche e rappezzati. L'uso del *directional drilling* elimina del tutto questo genere di problematiche, riducendo le aree di "effrazione" solo alle buche di partenza ed arrivo della perforazione, dove peraltro trovano generalmente collocazione elementi fissi delle reti installate (pozzetti, camerette, ecc.) che quindi non concorrono all'indebolimento del corpo stradale

- **innalzamento del livello di sicurezza dei cantieri.** Con l'eliminazione degli scavi a cielo aperto, resa possibile dall'impiego del *directional drilling*, vengono meno tutta una serie di fattori di rischio che rendono, al contrario, particolarmente pericolose le operazioni di scavo. Alcuni esempi sono costituiti dall'eliminazione dei rischi di caduta dall'alto nelle trincee (di operai o passanti), rischio di caduta di oggetti dall'alto (si pensi ai lunghi tubi sospesi alle gru, al momento della posa quando sul fondo della trincea vi sono operai al lavoro), oppure pericolo di seppellimento (si pensi ai numerosi incidenti occorsi a causa del crollo delle pareti delle trincee).

Naturalmente, grazie ai modelli comparativi, è

Another generated effect is economic, considering that after a more or less short period of time, heavy road restoration interventions become necessary (assuming that the resources to do it are available) which cause further costs (reconstruction costs) and interferences with normal surface activities (urban circulation, economic activities, etc.). Another negative effect is the cities image that show roads full of holes and patches. The use of *directional drilling* completely eliminate these problems, reducing dug areas to only start and arrive drilling pits, where on the other hand there are fix elements of the installed networks (manholes, etc..) that do not contribute to the road body weakening

- **increasing the jobsites security level.** Eliminating open-cut trenches by using *directional drilling*, help reducing several risk factors, that make digging operations dangerous. For example, the risk of falling from above down in the trenches (workers or passer-by) could not be a problem anymore, as well as the risk of objects falling down from above

(think about to the long ducts hung up to the crane, when it comes to laying them in the trench bed while workers are operating).

Certainly, the use of comparative models, makes it possible to monetize the generalized costs and the economic advantages originating in the use of *directional drilling*.

It is not by chance that some companies working in the utility network construction, chose *directional drilling* for many of their applications in urban and extra-urban areas (as for example Metroweb in Milan or Hydro Quebec in Montreal, Canada [15], [16]). Actually, in Italy, despite these huge advantages, the companies specializing in *directional drilling* are still a very small number, and some of these still work with empirical and rough executive methodologies and procedures. This sometimes contributes to transform in striking failures, those jobs in which *directional drilling* could instead express all its peculiarities and positive features. Perhaps, the major deficiency can be ascribed to contracting out agencies that often

Realizzare reti con il **Directional Drilling**

possibile monetizzare i costi generalizzati e quindi i vantaggi economici conseguenti all'impiego del *directional drilling*.

Non è un caso che alcune compagnie impegnate nella costruzione di servizi a rete, abbiano scelto il *directional drilling* per molte delle loro applicazioni in ambito sia urbano che extraurbano (come ad esempio Metroweb a Milano o Hydro Quebec a Montreal, Canada [15], [16]).

In realtà, nonostante questi enormi vantaggi, in Italia le imprese specializzate in *directional drilling* sono ancora troppo poche, ed alcune di queste lavorano ancora con metodologie e procedure esecutive empiriche ed approssimative. Questo concorre talvolta a trasformare in insuccessi eclatanti lavori nei quali il *directional drilling* potrebbe al contrario esprimere tutte le sue peculiari e positive caratteristiche.

Ma forse la mancanza maggiore è attribuibile alle stazioni appaltanti che spesso, a causa di una fondamentale carenza di conoscenza, o non considerano affatto l'opzione *No-Dig* [6], oppure la inquadrano in attività tipiche dell'appalto, delegando sostanzialmente all'appaltatore (che molto spesso scarica a sua volta sul subappaltatore) l'onere, il più delle volte disatteso, della progettazione esecutiva e del controllo in cantiere delle operazioni di *directional drilling* [9].

Le potenzialità del *directional drilling*, dovrebbero finalmente richiamare l'attenzione sia degli enti appaltanti, che delle imprese italiane di maggiori dimensioni dotate delle migliori organizzazioni, al fine di promuovere l'utilizzo di una tecnologia che può garantire vantaggi di ampia portata.

Per le imprese questa tecnologia può rappresenta-

re una nuova opportunità di differenziazione ed innovazione del *business*, attraverso cui ritrovare anche margini economici certamente più interessanti di quelli che ormai è possibile conseguire con le tradizionali operazioni di scavo a cielo aperto. Per le stazioni appaltanti il *directional drilling*, e più in generale le tecnologie *trenchless*, possono rappresentare invece l'opportunità di operare in maniera più economica, più innovativa e nel rispetto dell'ambiente.

Il problema del Last Mile

Abbiamo accennato, all'inizio di quest'articolo, al problema del *last mile*. Si tratta di un argomento di strettissima attualità, che sta condizionando, ed in buona parte rallentando, lo sviluppo delle reti di telecomunicazione su fibra ottica. Da questo punto di vista la situazione in atto negli Stati Uniti è significativa e fornisce lo spunto per parlare di aspetti che riguardano anche situazioni che similmente sono in essere in Europa ed in Italia.

Negli Stati Uniti, come già ricordato, un enorme volume di investimenti è stato impiegato, a partire dagli anni '80, nella costruzione delle grandi dorsali e degli anelli urbani principali delle reti in fibra ottica.

Al momento di dover procedere alla realizzazione degli anelli urbani secondari, che includono anche i tronchi di connessione terminali con i fabbricati, necessari per raggiungere gli utenti finali, è sorta una serie di problemi legati essenzialmente all'estensione di questi interventi, al loro elevato costo unitario diretto, ed agli alti costi generalizzati connessi ad interventi di scavo a cielo aperto.

La prospettiva di scavare a cielo aperto intere

because of lack of knowledge, either do not consider No-Dig as an option [6], or they see it as a typical contracting activity, substantially delegating to the contractor (that on his turn delegate to the subcontractor) the burden of designing and controlling *directional drilling* jobsite operations, which is disregarded most of the time [9].

The potential of *directional drilling*, should finally draw the attention both of contracting out agencies and of well organized large Italian companies, in order to promote a technology capable of offering a wide range of advantages.

To companies, this technology can represent a new differentiating and innovating business opportunity, through which they can find higher economic margins than operating with traditional open-cut trenches. To contracting out agencies, *directional drilling* or generally the *trenchless* technology, could represent an innovative opportunity to operate in a more economic way, respecting the surrounding environment.

The Last Mile problem

At the beginning of this article, we mentioned the Last Mile problem. This is a very current problem, that has now been playing an important role and causing a slow down in the development of fiber optics telecommunication networks. From this point of view, we could take our cue from the present US situation to speak about some situations that are similar in Italy and Europe.

Starting from the '80s, a huge volume of money was invested in the United States, in the construction of large backbones and fiber optics metropolitan area networks (MAN).

When it came to proceed with the construction of secondary urban rings (including the terminal trunks connected to the buildings for the reaching of end-users), basically, many problems arouse in terms of extending these interventions, because of their elevated unitary direct cost and high generalized costs engendered by the open-cut trenches operations. Envisaging to dig a huge number of cities by open-cut

città non è ammissibile per diversi ed evidenti motivi. Non è ammissibile sicuramente per le municipalità, tanto meno lo è per la collettività e non lo è nemmeno per le compagnie.

È allora nata la necessità di trovare delle alternative più economiche allo scavo a cielo aperto. Questo costituisce, in brevissima sintesi, il così detto "last mile problem".

Le soluzioni proposte sono molteplici: dalle tecnologie di trasmissione dei dati di tipo *wireless* (radio, ottico), ai satelliti, alle tecnologie di compressione dei dati su reti telefoniche tradizionali (xDSL), sino alla trasmissione dei dati attraverso la rete elettrica. Nessuna di queste tecnologie consente tuttavia di trasmettere dati con la velocità e con la qualità che è possibile ottenere attraverso la fibra ottica. La tabella di figura 3 mostra un confronto tra le differenti tecnologie di trasmissione dei dati, al livello di velocità di trasmissione. Per questo motivo il cavo in fibra ottica resta un traguardo nella realizzazione di una rete di telecomunicazione che interconnetta realmente il territorio, consentendo la circolazione dati nella

Technology	Speed rate
	Mbps
Radio wireless	2
Satellite	3
xDSL	8
Optical wireless	10
Cable	30
Fiber-optic	100

FIGURA 3: TABELLA COMPARATIVA TRA TECNOLOGIE DI TRASMISSIONE DEI DATI ■ COMPARATIVE TABLE AMONG DIFFERENT TECHNOLOGIES FOR DATA TRANSMISSION

trenching is not justifiable for different significant reasons. It is not justifiable for municipalities, nor it is for collectivity and companies.

That is the reason why, the necessity of finding more new economic alternatives to open-cut trenching became a reality. In brief, this is what is called the "last mile problem".

There are a lot of solutions on this subject ranging from wireless-kind data transmission technologies (radio, optic transmission), to satellites, technologies of data compression on traditional phone networks (xDSL), until the data transmission through power lines. Nevertheless, none of these technologies is capable to transmit data with the same quality and speed provided by the fiber optics. Table in picture n°3 shows a comparison between the different data transmission technologies, from a transmission speed point of view.

For this reason, fiber optic cables are a "finish line" in the process to complete a global telecommunication network that connects the whole territory that

dimensione e nella qualità che oggi si rende necessaria, per far sì che sia effettivo il processo di informatizzazione in atto a livello globale.

Sarà difficile che possano svilupparsi l'*entertainment* via cavo o il telelavoro se queste reti non verranno realizzate. E tuttavia la domanda di comunicazione aumenta. Oggi fare una videoconferenza è ancora una operazione semi-pionieristica, dai risultati spesso insoddisfacenti, sebbene le *webcam* si vendano ormai nei supermercati e facciano parte del *kit* base dei computer domestici. Eppure la pubblicità spinge migliaia di persone a chiedere connessioni Internet domestiche, con velocità che consentano videoconferenze "interfamiliari". Sarà tuttavia difficile poter salutare la propria mamma a tutto schermo, senza che sembri un *robot* rallentato, se le trasmissioni dati continueranno a passare attraverso i colli di bottiglia delle reti tradizionali.

E questa è una realtà che molti economisti americani definiscono come uno degli ultimi scogli da superare affinché termini una fase di stallo economico globale. Alcuni studiosi si spingono addirittura ad ipotizzare che con lo spostamento di milioni di lavoratori e studenti verso il telelavoro ed il telestudio, troveranno soluzione anche problemi come il congestionamento delle aree urbane e l'inquinamento atmosferico causato dall'iper-utilizzo degli autoveicoli privati [17].

Questa premessa serve ad introdurre un altro interessante tema che riguarda il *trenchless* ed in particolare il *directional drilling*, in relazione alla possibilità che questa tecnologia possa concorrere efficacemente alla soluzione del problema del *last mile*.

Già così com'è concepito oggi, il *directional drilling*

enables the necessary data circulation so that the ongoing global computerization process is concluded. It will be difficult to develop the cable *entertainment* or the telework if this kind of networks are not implemented. Nonetheless, the communication demand is increasing. Today, the videoconferencing is still a demi-pioneering operation giving unsatisfactory results, even though *webcams* are sold in supermarkets and are part of the home computer basic kits.

Yet, advertising pushes thousands of people to ask for Internet connections at home, that should be fast enough to have "interfamily" videoconferencing. It will be difficult to say hello to your mum on a large screen, without her looking like a robot, if the transmission of data keeps on flowing through the bottleneck of our traditional networks.

This is what, many American economist define as the last obstacle to be overcome in order to unlock the global economic deadlock. Some experts even go further saying that with thousands of workers and students approaching teleworks and telestudying, many

Realizzare reti con il **Directional Drilling**

FIGURA 4: INSTALLAZIONE DI CAVIDOTTI PER CAVI ELETTRICI DI MEDIA TENSIONE IN CORRISPONDENZA DI UNA STRADA AD ELEVATO TRAFFICO – AEROPORTO DI DORVAL – MONTREAL, QC – CANADA

INSTALLATION OF MEDIUM TENSION CABLES ALONG A HIGH TRAFFIC ROAD – DORVAL AIRPORT MONTREAL, QC – CANADA

può aiutare a risolvere il problema di installare i cavi in fibra ottica in maniera economica e senza generare impatti significativi per l'ambiente. Tuttavia senza ulteriori progressi e miglioramenti, sarebbe alquanto difficile che il *directional drilling*, così com'è oggi, possa costituire una soluzione di lar-

gheggiata diffusione, come al contrario sarebbe auspicabile.

Perché questo avvenga è necessario che si vada verso una maggiore specializzazione delle macchine ed un'integrazione spinta delle tecnologie, che sono necessarie nel processo complessivo che per-

problems such as urban area congestion and air pollution caused by the hyper-use of private vehicles, could be overcome [17].

This precondition is useful to introduce another subject, associating *trenchless* and particularly *directional drilling* with the possibility that this technology has to successfully contribute to the *last mile* problem solution.

As it is today, *directional drilling* can help solving the fiber optic installation problem in a cost-effective way, without generating significant impacts on the environment. Nevertheless, as it is today, without any further improvement and progress, *directional drilling* could hardly represent a widespread solution, which is what we actually should hope for.

In order to make this happen, machines should be more specialized and technologies should be more integrated to promote the global process bringing to effective, safe and cost-effective, *trenchless* installations.

Within a few years, fiber optic cables could be installed in independent infrastructure, by using miniaturized *directional drilling* machines, equipped with decision-aid systems and sensors for the detection of surrounding underground utilities and soil features.

Even though, the technologies to make these components already exist, still there is not enough integration between the technologies, so that these specialized and advanced systems cannot be built and used yet. On this subject, the big companies involved in the construction of operating machines for civil works, could play a decisive role, if only they decide to commit themselves in the R&D activities needed to build this kind of systems.

In Italy, we have the knowledge, expertise and capabilities to put this in place. Yet, the cultural resistances that we previously mentioned, always play a negative role for these opportunities. And now, once for all, it is time to get over these resistances and cultural gaps.

Realizzare reti con il **Directional Drilling**

mette di effettuare con efficienza, sicurezza ed economicità installazioni in modalità *trenchless*.

In un futuro molto prossimo, i cavi in fibra ottica potranno essere installati in infrastrutture autonome, mediante macchine per *directional drilling* miniaturizzate, dotate di sistemi di supporto decisionale e di sensoristica per la detezione di altri sottoservizi e per la rilevazione delle caratteristiche del sottosuolo.

Sebbene tutte le tecnologie necessarie a realizzare le diverse componenti di un sistema di questo genere esistano, non è stata tuttavia ancora realizzata la necessaria integrazione tra tecnologie, affinché questi sistemi specializzati ed avanzati possano essere costruiti e quindi utilizzati.

In questo le grandi aziende attive nella costruzione di macchine operatrici per le costruzioni civili, potrebbero giocare un ruolo risolutivo, se decidessero di impegnarsi nelle attività di Ricerca & Sviluppo necessarie alla realizzazione di sistemi del genere.

In Italia esistono le competenze, le conoscenze e le capacità perché tutto questo si possa realizzare. Tuttavia le famose resistenze culturali, cui facevo cenno in precedenza, giocano come sempre a sfavore di queste opportunità. Ed è arriva-

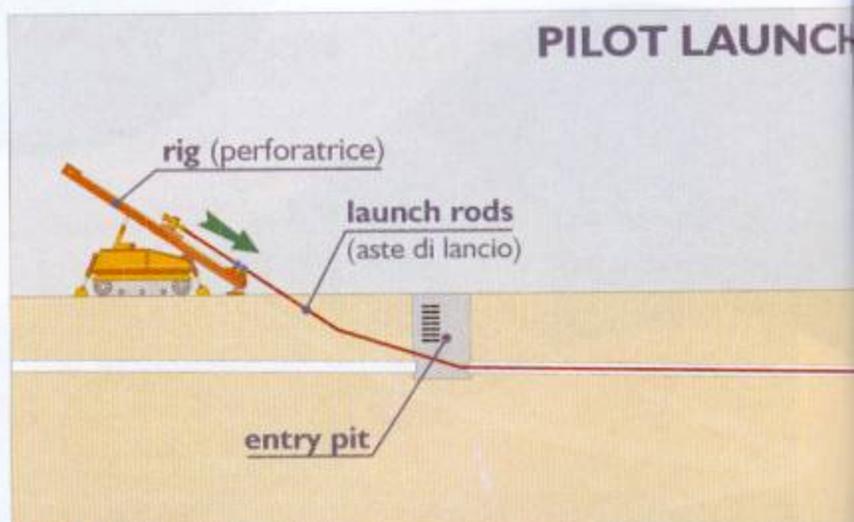


FIGURA 5: RELINING SOSTITUTIVO MEDIANTE DIRECTIONAL DRILLING – LANCIO PILOTA

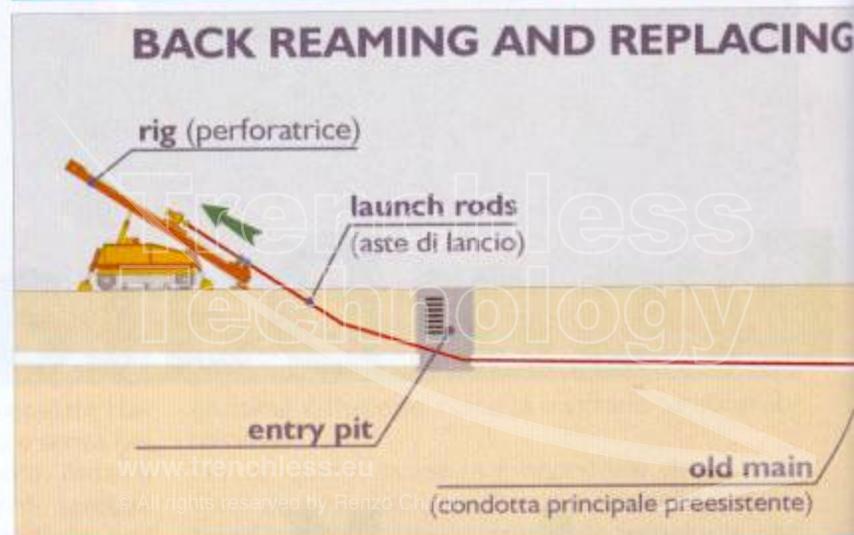


FIGURA 6: RELINING SOSTITUTIVO MEDIANTE DIRECTIONAL DRILLING – ALESATURA E SOSTITUZIONE

Applications to new sectors

So far we analyzed how and who could benefit from *directional drilling*.

We also spoke about a large number of drilling machines that were in full play during the last years but that are now idle for the most part, and that are waiting to be reconverted to other uses in sectors other than the telecommunication one.

This is also a problem affecting the United States, where traditionally there are no cultural resistances to spread new technologies, especially if they are "made in USA".

This problem also, is actually more due to a poor circulation of information and technical knowledge than to technological limits.

The operation made to install a PEAD duct to build for example a water system, is the same to install a cable of the same size that is instead destined to carry fiber optics. Not to mention power lines, for which *directional drilling* could represent a remarkable step forward (as shown in many, notable applications car-

ried out around the world, Italy included [16], [18]).

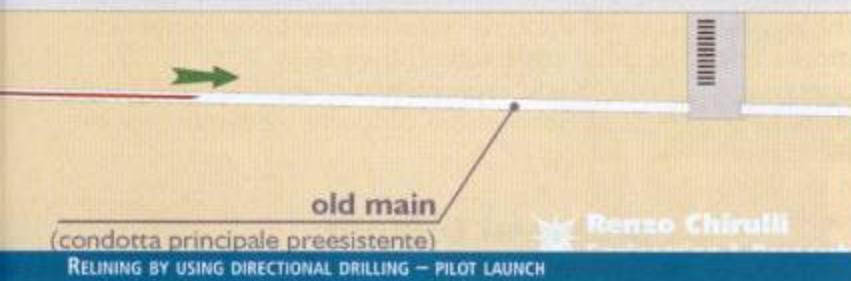
Another application that could see *directional drilling* applied to another sector and that could be interesting for the Italian market, is the replacement of underground utilities by using *trenchless* operation (relining).

Relining is one of the most well-known *trenchless* techniques. The concept is to replace the underground utility by sequentially destroying the duct and inserting a new one, within the volume that was left empty by the previously destroyed utility.

Everything is done in one step and without any open-cut trench, except for some possible service pit that could be required. The *trenchless* technologies that are now used to make relining operations are different [12].

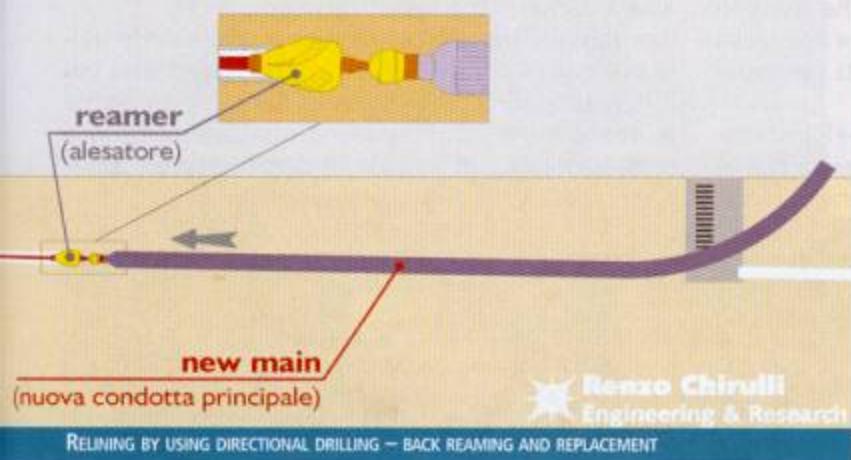
It is recent instead, the way *directional drilling* is now applied to the relining. The operation is done through a particular executive technique and using tools expressly conceived for this innovative use. In this case, the technique is similar to the one used

(LANCIO PILOTA)



RELINING BY USING DIRECTIONAL DRILLING - PILOT LAUNCH

(ALESATURA E SOSTITUZIONE)



RELINING BY USING DIRECTIONAL DRILLING - BACK REAMING AND REPLACEMENT

to il momento che certe resistenze o lacune culturali si superino una volta per tutte.

Nuovi settori di utilizzo

Finora abbiamo visto in che modo e chi potrebbe trarre vantaggio dal *directional drilling*.

Abbiamo anche parlato di un gran numero di perforatrici, molto attive negli anni scorsi ma oggi peraltro in gran parte ferme, che attendono di essere riconvertite all'impiego in settori diversi da quello delle telecomunicazioni.

È un problema che riguarda anche paesi come gli Stati Uniti, dove tradizionalmente non esistono resistenze culturali alla diffusione di nuove tecnologie, specie se sono "made in USA".

Anche questo problema è in realtà più legato ad una scarsa circolazione dell'informazione e delle conoscenze tecniche, che a dei limiti della tecnologia. L'installazione di una condotta in PEAD destinata alla realizzazione di una rete idrica, ad esempio, si esegue con le stesse modalità con le quali ha luogo l'installazione di un cavidotto di dimensioni analoghe destinato però ad accogliere cavi in fibra ottica. Per non parlare delle reti elettriche, per le

to install new ducts; the difference is that in this case, the pilot boring phase is replaced by a pilot launch phase, through which a drill string is inserted in the duct to be replaced (picture 5).

Once reached the terminal section of the trunk to be replaced, a rotating tool (pipe reaming), or a disruptive tool (pipe bursting) or a cutting tool (pipe splitting), is hooked up to the drill string that is pulled back together with the new duct that is now installed in the volume created by removing the old duct (picture 6).

All these operations are examples of the applications in which *directional drilling* is currently used.

Outstanding problems

Certainly, there are still outstanding problems in *directional drilling*, that should be found out more in the executive technique and in the operations prior to its execution, than in the technology itself. A major outstanding problem is the lack of a real engineering codification of *directional drilling*. Rare are the com-

panies applying some kind of calculation methodologies or procedures, and rare are also the engineers specialized in these applications.

It follows that too much often *directional drilling* is more considered as a piece of wizardry, whose formulas have to be kept secret than as a technique lead instead by rules, possibilities and well-defined limits as any other executive engineering technique.

Obviously, when it comes to know what happens underground, expertise and some kind of intuition can play an important role, that yet is not, and has not to be considered as more important than knowledge and the application of precise procedures and calculation methodologies.

As previously mentioned, this reflects on the planning and designing activities, that are often poor or null, which hinders the effectiveness and success of *directional drilling* interventions.

There are no secret formulas in *directional drilling*, but rather the necessity of researching, training and informing as in any other engineering sector.

Realizzare reti con il **Directional Drilling**

quali l'utilizzo del *directional drilling* potrebbe rappresentare un passo avanti notevolissimo (come dimostrato da molte e notevoli applicazioni condotte un pò in tutto il mondo, Italia compresa [16], [18]). Ma un'altra applicazione notevole del *directional drilling*, che potrebbe aprire un nuovo settore di attività, particolarmente interessante per il mercato italiano, è quello della sostituzione di condotte interrate in modalità *trenchless* (*relining* sostitutivo). Il *relining* sostitutivo è una delle tecniche *trenchless* più note: il concetto è quello di sostituire una condotta interrata procedendo ad un'operazione sequenziale di demolizione ed installazione di un nuovo tubo, entro il volume lasciato vuoto dalla condotta demolita. Il tutto avviene in un unico passaggio e senza alcuno scavo a cielo aperto, se non limitatamente ad eventuali buche di servizio che dovessero rendersi necessarie. Sono diverse le tecnologie *trenchless* utilizzate, attualmente, per realizzare interventi di *relining* sostitutivo [12]. È invece piuttosto nuova l'applicazione del *directional drilling* al *relining* sostitutivo, che avviene grazie all'uso di una particolare tecnica esecutiva e di utensili appositamente sviluppati per quest'uso innovativo.

La tecnica è simile a quella utilizzata nell'installazione di nuove tubazioni, con la differenza che in questo caso, la perforazione pilota viene sostituita

da un lancio pilota, mediante il quale una batteria di aste di perforazione viene inserita nella condotta da sostituire (figura 5).

Una volta raggiunta la sezione terminale del tronco da sostituire, e successivamente all'aggancio di un utensile che può essere di tipo rotativo (*pipe reaming*), dirompente (*pipe bursting*) o tagliante (*pipe splitting*), la batteria di aste viene tirata a ritroso insieme con il nuovo tubo che viene così installato nel volume creato con la distruzione del vecchio tubo (figura 6).

Tutte queste rappresentano applicazioni che già oggi possono essere condotte mediante *directional drilling*.

I problemi irrisolti

Certamente esistono ancora dei problemi irrisolti nel *directional drilling*, che tuttavia sono da ricercare più nella tecnica esecutiva, e forse in maggior misura nelle operazioni propedeutiche all'esecuzione, che nella tecnologia in sé.

Il problema irrisolto di maggior rilievo risiede nella mancanza di una vera e propria ingegneria codificata del *directional drilling*. Sono molto poche le imprese che applicano una qualche procedura o metodologia di calcolo, e pochissimi gli ingegneri specializzati in queste applicazioni.



FIGURA 7: PERFORATRICE DA DIRECTIONAL DRILLING ATTREZZATA CON UTENSILI PER IL PIPE RAMMING (RELINING SOSTITUTIVO) ■ DIRECTIONAL DRILLING MACHINE EQUIPPED WITH PIPE BURSTING TOOLS (RELINING)

Conclusions

We realized who are those who can benefit from this technology: the contracting out agencies that build networks and that could therefore be equipped with a more effective, cost-effective and eco-compatible instrument; the companies that build networks that could find a news business opportunity in *directional drilling*; collectivity that would see a reduction of the inconveniences related to the underground network

construction, and eventually the industrial companies building operating machines, that could develop new departments to build specialized and advanced *directional drilling* systems.

Problems such as the last mile, the water systems and sewage renovation should bring these people to promote the development and use of economic, effective, and low environmental impact technologies as it is the case of *directional drilling*.

Il risultato è che troppo spesso il *directional drilling* viene visto come una pratica di stregoneria, di cui mantenere segrete le formule, piuttosto che come una tecnica nella quale esistono al contrario regole, possibilità e limiti ben definiti, come in qualsiasi altra tecnica esecutiva dell'ingegneria. Certamente l'esperienza ed un certo tipo di intuito, come avviene per quasi tutto ciò che è in relazione al sottosuolo, possono giocare un ruolo importante, che tuttavia non è, e non deve essere, più importante della conoscenza e dell'applicazione di precise procedure e metodologie di calcolo. Questo si riflette ovviamente sulla progettazione e sulla pianificazione degli interventi operati mediante *directional drilling*, che, come si diceva in precedenza, sono spesso carenti se non del tutto assenti, con un danno sul piano dell'efficacia e spesso del successo di questi interventi. Non esistono formule segrete nel *directional drilling*, semmai esiste la necessità, come in tutti i settori dell'ingegneria, di fare ricerca e di fare formazione ed informazione.

Conclusioni

Abbiamo visto quali sono i soggetti che possono trarre vantaggi da questa tecnologia: sono gli enti appaltanti che realizzano le reti e che potrebbero così disporre di uno strumento realizzativo più economico ed a maggiore compatibilità ambientale; sono le imprese che costruiscono le reti che potrebbero trovare nel *directional drilling* una nuova opportunità di *business*; c'è la collettività che vedrebbe ridurre i disagi legati alla realizzazione delle reti interrate; ci sono infine le aziende industriali, che producono macchine operatrici, che potrebbero sviluppare nuovi rami di attività per la realizzazione di sistemi di *directional drilling* specializzati ed avanzati.

Sono problemi come il *last mile* o come quello del rinnovamento di reti idriche e fognarie che dovrebbero indurre tutti questi soggetti a promuovere lo sviluppo e l'utilizzo di tecnologie economiche, produttive ed a basso impatto ambientale come il *directional drilling*. ■

BIBLIOGRAFIA

- [1] S.R. Kramer, W.J. McDonald, J.C. Thomson - An introduction to Trenchless Technology - Chapman & Hall - New York - 1992.
- [2] R. Chirulli - L'evoluzione della tecnologia del Directional Drilling - Le Strade - 1-2/98 - Casa Editrice La Fiaccola S.r.l. - Milano - gen-98
- [3] R. Chirulli, A. Caruso - Un modello di analisi tecnico-economica nel confronto tra directional drilling e scavo a cielo aperto - Atti del Convegno "Stato dell'Arte e nuove possibili

applicative del Directional Drilling - Bari - 11/12 maggio 1998

- [4] R. Chirulli, A. Caruso - Valutazione di impatto ambientale comparativa nel confronto tra directional drilling e scavo a cielo aperto - Atti del Convegno "Stato dell'Arte e nuove possibilità applicative del Directional Drilling - Bari - 11/12 maggio 1998
- [5] R. Chirulli - The role of trenchless technology information dispersion - No-Dig International Vol.10, no. 2 - Mining Journal Ltd. - London -

BIBLIOGRAPHY

- [1] S.R. Kramer, W.J. McDonald, J.C. Thomson - An introduction to Trenchless Technology - Chapman & Hall - New York - 1992.
- [2] R. Chirulli - L'evoluzione della tecnologia del Directional Drilling - Le Strade - 1-2/98 - Casa Editrice La Fiaccola S.r.l. - Milano - gen-98
- [3] R. Chirulli, A. Caruso - Un modello di analisi tecnico-economica nel confronto tra directional drilling e scavo a cielo aperto - Atti del Convegno "Stato dell'Arte e nuove possibilità applicative del Directional Drilling - Bari - 11/12 maggio 1998
- [4] R. Chirulli, A. Caruso - Valutazione di impatto ambientale comparativa nel confronto tra directional drilling e scavo a cielo aperto - Atti del Convegno "Stato dell'Arte e nuove possibilità applicative del Directional Drilling - Bari - 11/12 maggio 1998
- [5] R. Chirulli - The role of trenchless technology information dispersion - No-Dig International

Vol.10, no. 2 - Mining Journal Ltd. - London - U.K. - February 1999

- [6] R. Chirulli - In ritardo sulle tecnologie no-dig l'Italia ancora scava le reti di cunicoli - Edilizia e Territorio, n. 14 - Il Sole24Ore - Roma ITALIA - 5-10 Aprile 1999
- [7] R. Chirulli - Dry Directional Drilling Perforazione Orizzontale Controllata con limitato impiego di fluidi di perforazione in fase liquida - Atti del Seminario "Il Ruolo della Geologia nelle Tecnologie Trenchless ed aspetti applicativi" Praoil Oleodotti Italiani S.p.A. - Genova - Salone "Cupola" AGIP PETROLI S.p.A - 11-giu-99
- [8] R. Chirulli - No-Dig - Un'alternativa allo scavo a Cielo Aperto - ISTAS - Convegno "Città intelligenti a Misura d'Europa" - Roma - 29-giu-99
- [9] R. Chirulli - Il No-Dig in Italia tra potenzialità e superficialità - Le Strade - Casa Editrice La Fiaccola S.r.l. - Milano - set-99
- [10] S.A. Boileau, CERIU - Social Costs or Social Impacts? - 17th International No-Dig 99 - Doku-

Realizzare reti con il **Directional Drilling**

- U.K. - February 1999
- [6] R. Chirulli - In ritardo sulle tecnologie no-dig l'Italia ancora scava le reti di cunicoli - Edilizia e Territorio, n. 14 - Il Sole24Ore - Roma ITALIA - 5-10 Aprile 1999
- [7] R. Chirulli - Dry Directional Drilling Perforazione Orizzontale Controllata con limitato impiego di fluidi di perforazione in fase liquida - Atti del Seminario "Il Ruolo della Geologia nelle Tecnologie Trenchless ed aspetti applicativi" Praoil Oleodotti Italiani S.p.A. - Genova - Salone "Cupola" AGIP PETROLI S.p.A - 11-giu-99
- [8] R. Chirulli - No-Dig - Un'alternativa allo scavo a Cielo Aperto - ISTAS - Convegno "Città intelligenti a Misura d'Europa" - Roma - 29-giu-99
- [9] R. Chirulli - Il No-Dig in Italia tra potenzialità e superficialità - Le Strade - Casa Editrice La Fiaccola S.r.l. - Milano - set-99
- [10] S.A. Boileau, CERIU - Social Costs or Social Impacts? - 17th International No-Dig 99 - Dokumentation - HSTT - Budapest, Hungary - 11-13 October 1999.
- [11] R. Chirulli - La Tecnologia del directional drilling a secco - Strade & Autostrade - Audino Editore, Milano - Nov./Dic. 1999
- [12] R. Chirulli - Trenchless Technology: installazione, riabilitazione e sostituzione di condotte interrato mediante tecnologie esecutive con limitato ricorso agli scavi a cielo aperto - L'Acqua - Associazione Idrotecnica Italiana, Roma - Nov./Dic. 1999
- [13] L. Giacomello, P. Trombetti - Valutazione dei costi socio-ambientali delle tecniche di scavo
- pubblicato da Telecom Italia 2000
- [14] R. Chirulli - Tecnologie Italiane per il Trenchless a bassissimo impatto ambientale ed alta produttività: Dry Directional Drilling e Dry Cured in Place Pipe - Università degli Studi della Calabria, Facoltà di Ingegneria - Giornata di studio sulle tecnologie Trenchless IATT - Reggio Calabria - 25-gen-02
- [15] R. Chirulli, M. Oricchio - Il No-Dig tra barriere culturali ed innovazione tecnologica - Strade & Autostrade - Audino Editore, Milano - Gen-Feb. 2002
- [16] R. Chirulli, M. Oricchio - The technical and economical effectiveness of Dry Directional Drilling in urban utility installations - Conference Proceedings No-Dig North America 2002 - Montreal, Qc CANADA - April 28th - May 3rd 2002
- [17] Jey K. Jeyapalan - The last mile - ASTM, Standardization News - August 2002
- [18] J. Griffin - Electrical Applications for HDD - Underground Construction - Oildom Publishing Co. of Texas - Houston TX, USA - December 2002

Ing. Renzo Chirulli

L'AUTORE

renzo@chirulli.it

Ingegnere, libero professionista, è consulente per lo sviluppo e le applicazioni di tecnologie trenchless. Membro di diverse associazioni ed organismi attivi nel settore, è impegnato da diversi anni nell'attività professionale, di ricerca, di divulgazione e di formazione su questa materia. Altre pubblicazioni dell'autore sul sito: www.chirulli.it

Renzo Chirulli is a freelance consultant specializing in the development and application of trenchless technologies. He is member of several associations and institutions committed to this sector. Since many years, his professional activity aims at researching, spreading and training on this subject. More papers of the author on: www.chirulli.it

- culturali ed innovazione tecnologica - Strade & Autostrade - Audino Editore, Milano - Gen-Feb. 2002
- [16] R. Chirulli, M. Oricchio - The technical and economical effectiveness of Dry Directional Drilling in urban utility installations - Conference Proceedings No-Dig North America 2002 - Montreal, Qc CANADA - April 28th - May 3rd 2002
- [17] Jey K. Jeyapalan - The last mile - ASTM, Standardization News - August 2002
- [18] J. Griffin - Electrical Applications for HDD - Underground Construction - Oildom Publishing Co. of Texas - Houston TX, USA - December 2002

- mentation - HSTT - Budapest, Hungary - 11-13 October 1999.
- [11] R. Chirulli - La Tecnologia del directional drilling a secco - Strade & Autostrade - Audino Editore, Milano - Nov./Dic. 1999
- [12] R. Chirulli - Trenchless Technology: installazione, riabilitazione e sostituzione di condotte interrato mediante tecnologie esecutive con limitato ricorso agli scavi a cielo aperto - L'Acqua - Associazione Idrotecnica Italiana, Roma - Nov./Dic. 1999
- [13] L. Giacomello, P. Trombetti - Valutazione dei costi socio-ambientali delle tecniche di scavo - pubblicato da Telecom Italia 2000
- [14] R. Chirulli - Tecnologie Italiane per il Trenchless a bassissimo impatto ambientale ed alta produttività: Dry Directional Drilling e Dry Cured in Place Pipe - Università degli Studi della Calabria, Facoltà di Ingegneria - Giornata di studio sulle tecnologie Trenchless IATT - Reggio Calabria - 25-gen-02
- [15] R. Chirulli, M. Oricchio - Il No-Dig tra barriere