

Realizzazione ecologica ed economica di condotte per fognatura tramite costruzione di microgallerie senza scavo con la tecnica del microtunnelling: guida alla pianificazione

1. Introduzione

La costruzione programmata della prima generazione di sistemi fognari urbani dell'età moderna ebbe inizio nel secolo scorso. Molti di questi canali e tubazioni di fognatura, posati con considerevole sforzo fisico, precisione e qualità, vengono utilizzati ancora oggi. Per lungo tempo la costruzione di condotte ha visto solo lenti progressi tecnici che si limitavano soprattutto alla meccanizzazione della gestione del cantiere, allo scavo del terreno, all'introduzione di metodi alternativi per la realizzazione di trincee per la posa di tubazioni e di scavi di per l'installazione di pozzetti di ispezione.

Le immagini ritraenti cantieri dei primi decenni del secolo dimostrano che i lavori venivano eseguiti prevalentemente a mano e che la costruzione delle canalizzazioni aveva un'elevata incidenza di manodopera sui costi. Evidenti vantaggi dal punto di vista economico si ottennero solo dopo che divenne possibile la realizzazione di canali agibili (percorribili per ispezione) e **senza la necessita di effettuare scavi**. Presupposto per un tal risultato era disporre di tubi e giunti di ottima qualità, efficienti attrezzature idrauliche di spinta ed estrazione del terreno, tecniche di misurazione e comando affidabili.

In particolare là dove erano necessari collettori a grandi profondità sotto il livello di falda, questi *sistemi di posa presidiati* permettevano significativi risparmi rispetto alla costruzione di condotte in trincee aperte. Pose di questo tipo sono all'ordine del giorno, sono infatti possibili realizzazioni di oltre 1000 m di lunghezza, costruzione di curve ecc..

Anche le diverse condizioni geologiche non creano difficoltà, poiché sono possibili avanzamenti di tubi per condotte "agibili" in tutti i tipi di roccia e nell'acqua di falda.

In caso di avanzamenti senza scavo devono però essere rispettate le disposizioni tecniche relative alla sicurezza con riferimento alle dimensioni minime dell'ambiente di lavoro all'interno del tubo. Così, in caso di gallerie, condotte in roccia o avanzamenti agibili di forma circolare, dovevano essere rispettate le seguenti misure:

in caso di lunghezze
sino a 50 m 800 mm di Ø interno

in caso di lunghezze
superiori a 50 m 1000 mm di Ø interno.

Sezioni circolari che non soddisfacevano tali requisiti erano considerate 'non agibili'. I regolamenti oggi in vigore, secondo il foglio di lavoro della ATV A 125 Avanzamento tubi, settembre 1996, prescrivono, in caso di avanzamento tubo senza scavo, un diametro interno di 1200 mm, che può essere ridotto a 1000 mm solo in casi eccezionali, qualora:

- non sia superato un tratto di avanzamento di 80 m e
- sia presente un tubo di lavoro (diametro interno 1200 mm) di almeno 2000 mm di lunghezza, inserito a monte.

Uno sguardo alle reti di fognatura tedesche mostra che esse sono costituite prevalentemente da sezioni 'non agibili'. Dai documenti della ATV risulta che l'80% circa dei canali di fognatura pubblici presentano diametri nominali < DN 800 mm. A Berlino, dove il 77% ca. delle condotte funziona con sistema separato, la percentuale delle diametri nominali ≤ DN 800 ammonta addirittura al 90% ca.

In Germania per le reti di fognatura private – tubazioni di pertinenza ai fabbricati o di allacciamento – si stimano lunghezze comprese fra 700.000 e 1.000.000 km nelle quali prevalgono i diametri nominali piccoli.

Da queste cifre deriva il particolare interesse degli imprenditori per lavori di posa senza scavo di condotte per diametri nominali piccoli o medi. Una simile realizzazione può essere ottenuta con un comando a distanza “compat-tando” il terreno o “scavando” solo per la sezione del tubo da introdurre.

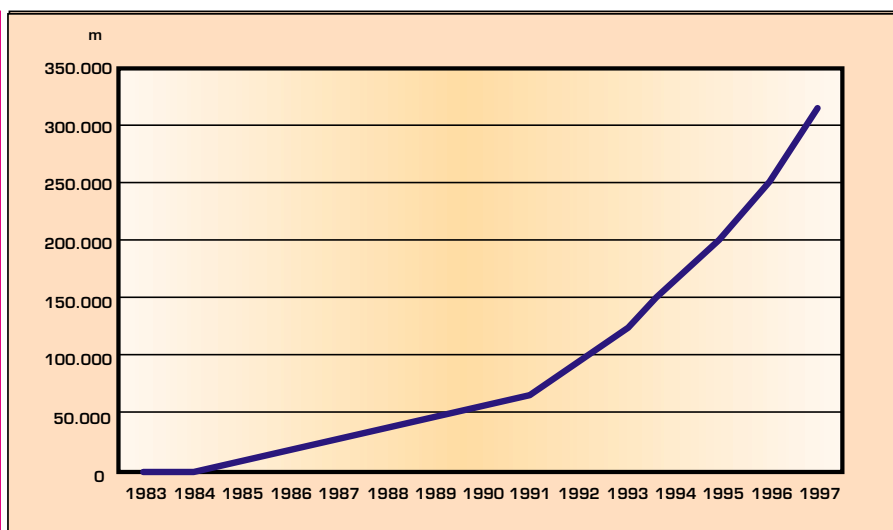
Grazie ai fondi di ricerca del governo federale, convogliati specialmente ad Amburgo e sulla base dei progressi giapponesi, in Germania vi è stato lo sviluppo di queste tecnologie e, a partire dal 1984 circa, si iniziò ad avere un incremento dell’impiego di posa senza scavo per sezioni non agibili.

Inizialmente la posa telecomandata e non presidiata è stata limitata a diametri nominali comprese fra DN 250 e DN 1000. La definizione *microtunnelling* (microgallerie) era pertanto corretta.

Contemporaneamente lo sviluppo tecnico dei sistemi di posa non presidiati e telecomandati si è implementato andando anche molto oltre i DN 1000. Il principio della realizzazione con microtunnelling vale, per il momento, anche sino a DN 1600 e oltre, e si può quindi parlare di uno sviluppo in continua espansione. La tendenza a diametri nominali sempre maggiori viene limitata solo da priorità connesse alla medicina del lavoro. Per evitare i problemi linguistici nell’utilizzo del concetto di ‘micro’ anche in caso di grosse dimensioni, il foglio di lavoro A 125 “Posai tubi”, edizione settembre 1996, distingue pertanto fra:

- procedimenti per posa tubo non presidiati e
- procedimenti per posa tubo presidiati.

Nella norma europea “Posa senza scavo e controllo di tubazioni e canali di fognatura” (attualmente in fase di realizzazione prEN 12889), viene utilizzato il concetto di microtunnelling per la posa non presidiata e telecomandata di



• Figura 1 - Lo sviluppo del microtunnelling nelle BWB

diametro interno ≤ 1000 mm, con l’indicazione che, sulla base degli sviluppi tecnici in corso, possono essere posati anche diametri nominali maggiori.

La costruzione di microtunnelling è stata lanciata in Germania dalla *Berliner Wasserbetriebe - BWB* (Aziende delle acque di Berlino), con la realizzazione del “sistema di costruzione berlinese” e con il “*pipe-eating*”. Con questa scelta la BWB ha rinunciato alle sovvenzioni statali stimolando il mercato a proporre offerte di lavori di posa senza scavo.

La Fig. 1 mostra lo sviluppo del microtunnelling a Berlino fra il 1984 e il 1997.

La tendenza per il futuro è in aumento. Negli ultimi anni, alla BWB la percentuale di realizzazione con microtunnelling sulla lunghezza totale delle canali di fognatura installati si è aggirata di volta in volta intorno al 50%.

Per condotte di diametro nominale compreso tra DN 400 e DN 800 mm a grandi profondità e al di sotto del livello di falda, fino a quando non è stato tecnicamente possibile posare senza scavo piccole sezioni di tubo, si è cercato in altro modo di abbassare i costi di posa.

Sono state posate sezioni agibili e, successivamente, all’interno sono stati introdotti tubi più piccoli.

Queste furono soluzioni economiche rispetto alla costruzione di canali in trincee aperte che richiedevano costose operazioni di costruzione di sostegni e di scavo del terreno, con dispendiosi sistemi di estrazione e recupero dell’acqua di falda.

Questo tipo di realizzazione con intercapedine non poteva soddisfare a lungo ed occorreva quindi individuare nuove soluzioni.

2. I vantaggi del microtunnelling (microgallerie)

I sistemi senza scavo sono contraddistinti da un elevato grado di meccanizzazione e richiedono pertanto un impiego di mano d’opera sostanzialmente inferiore rispetto alla posa convenzionale.

I cantieri per la posa senza scavo sono “puntuali” e non si sviluppano, come nel caso a trincea aperta, lungo l’intera

linea della condotta e questo comporta numerosi vantaggi, con sensibili conseguenze dal punto di vista economico ed ecologico.

In genere si hanno danni in superficie solo in corrispondenza di pozzetti iniziali, finali ed eventualmente intermedi. In questo modo si riducono al minimo le aperture della strada ed i successivi ripristini, nonché le conseguenze sul traffico veicolare, ad esse connesse. Si riducono inoltre il pericolo di danneggiamento di altre tubazioni o equipaggiamenti sotterranei sia lungo la linea di posa che negli incroci con le camere di ispezione.

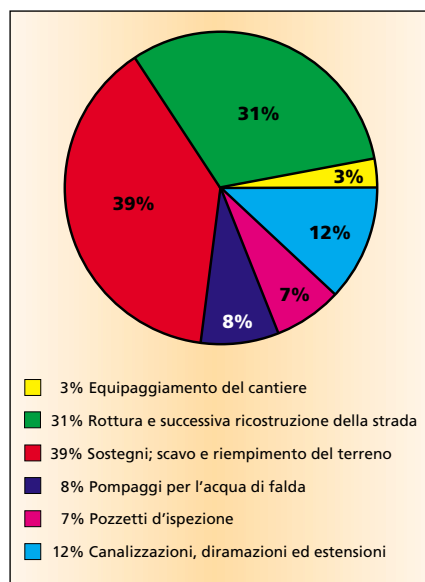
Il pozzetto iniziale di spinta è coperto dal container contenente le attrezzature e quindi i lavori risultano poco rumorosi e non sono influenzati alle condizioni atmosferiche.

Nella posa tradizionale, dove il territorio non presenta dislivelli, per limitare o eliminare i sistemi di pompaggio, si ha la necessità di ricorrere a crescenti profondità con la conseguente realizzazione dispendiosi sistemi di sostegno e protezione per le trincee ed elevati oneri di scavo.

Nell'area urbana o in località densamente edificate sono frequenti i casi in cui non è possibile accumulare il terreno di risulta nelle immediate vicinanze dei cantieri e quindi si rendono necessari lunghi percorsi di trasporto con molteplici operazioni di carico e scarico.

Spesso non è possibile nemmeno un rinterro con il terreno di risulta, se questo non permette di ottenere nel suolo stradale la densità di stratificazione necessaria. Di frequente non è consentito allontanare liberamente né il materiale tolto per rompere la strada né il terreno scavato; entrambi infatti possono essere rifiuti di costruzione che di conseguenza devono essere smaltiti nelle discariche predisposte.

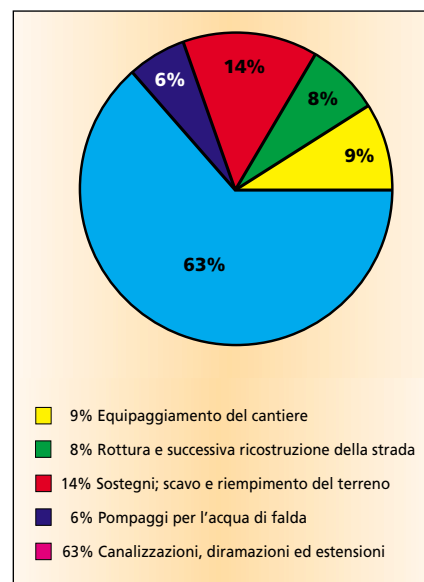
La realizzazione di trincee per tubazioni diventa quindi più costosa per via degli aggravati soprandicati. L'inchiesta



• **Figura 2 - Incidenza dei costi nella costruzione di canalizzazioni per acque nere DN 200 e DN 250 mm realizzate con trincea aperta**

riguardante l'incidenza dei costi per la costruzione di 12.252 m di condotte per acque nere DN 200 e DN 250 in 14 progetti di costruzione a Berlin-Heilgensee e a Tegelort negli anni 1983 e 1984 per un valore di circa 9,2 milioni di DM (IVA esclusa) ha dato come risultato che la costruzione di protezione per le trincee, lo scavo del terreno, il suo trasporto, l'eventuale sostituzione del terreno, i possibili costi di smaltimento, il successivo riempimento, la compattazione dello scavo e, infine, l'eliminazione delle protezioni, costituiscono in totale il 39% ca. dei costi di costruzione. Un ulteriore 31% ca. deve essere impiegato per la rottura della strada e la sua definitiva ricostruzione. (Fig. 2). Sommando le due percentuali, risulta che il 70% ca. dei costi, in caso di costruzione tradizionale, non hanno niente a che vedere con la posa delle condotte vera e propria e sono pertanto discutibili dal punto di vista economico.

Risultano rapporti di costi completamente diversi se la realizzazione dei canali avviene senza scavo. Gli interventi



• **Figura 3 - Incidenza dei costi nella costruzione di canalizzazioni per acque nere DN 200 e DN 250 mm realizzate senza scavo con microtunnelling**

sulla pavimentazione superficiale si limitano ai pochi pozzetti necessari per l'avanzamento. Con lavori di posa senza scavo, l'incidenza dei costi per la rottura e la successiva ricostruzione della strada si riduce dal 31% ca. all'8% ca. (Fig. 3).

Quando in fase di cantiere i pozzetti



• **Figura 4**

non vengono utilizzati, per non costituire ostacolo per il traffico, si ricorre alla copertura temporanea con elementi prefabbricati (Fig. 4).

La costruzione di microgallerie garantisce un rendimento qualitativo di alto valore.

I tubi di per la posa con microtunneling presentano delle tolleranze estremamente basse.

Si tratta di prodotti di qualità particolarmente sicuri e durevoli, dal momento che devono affrontare le specifiche esigenze e i carichi dettati dalla spinta.

Le tecniche di comando delle macchine garantiscono una più elevata precisione di posa rispetto alla costruzione di canalizzazioni convenzionale.

La costruzione di microgallerie offre anche nuove soluzioni per la pianificazione generale di bacini di drenaggio. In caso di grandi profondità le canalizzazioni posate in modo tradizionale risultano più onerose per gli oneri di scavo, di protezione e di posa.

Con il microtunneling i costi sono relativamente indipendenti dalla profondità, l'unica eccezione riguarda i costi necessari per lo scavo e la posa dei pozzetti.

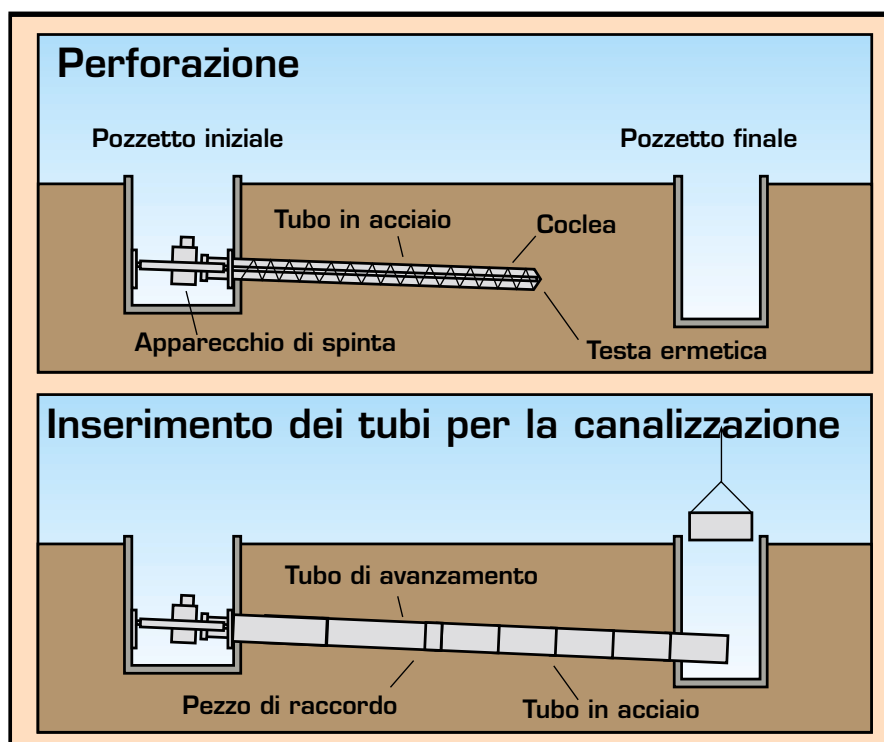
La pianificazione generale risulta meno influenzata dalle condizioni topografiche locali.

Possono essere progettate canalizzazioni a maggiori profondità eliminando contemporaneamente le stazioni di pompaggio.

Evitando la costruzione e la gestione di tali stazioni si possono ottenere notevoli risparmi.

La costruzione con microtunneling presenta inoltre vantaggi dal punto di vista dell'economicità, della sicurezza e dell'ecologia.

Considerato che i sistemi di posa per microtunneling sono idonei per essere usati nell'acqua di falda, durante la posa è possibile eliminare gli impianti di prosciugamento o limitare il pompaggio alla zona dei pozzetti di spinta o arrivo.



• Figura 5

Cause frequenti di incidenti nei cantieri per la costruzione tradizionale di canalizzazioni sono rappresentate da errori o difetti connessi alla costruzione dei sostegni/protezioni per le trincee.

Nel caso del microtunneling gli scavi iniziale e finale, che per lo più consistono nella posa dei pozzetti, avvengono per gli addetti in un ambiente di lavoro sicuro.

A Berlino, nei cantieri di costruzione di microgallerie, non si è mai verificato nessun grave incidente.

Non sono mai stati coinvolti in errori o incidenti i fabbricati confinanti, non si sono mai avuti danni per gli automobilisti nelle limitate zone di scavi aperti.

Solo con il microtunneling diventa possibile eseguire contemporaneamente lavori di costruzione in tutti i tratti stradali di un bacino idrografico, poiché possono essere garantiti sempre sufficienti accessi per i residenti e per veicoli operativi di soccorso.

Vantaggi sostanziali dal punto di vista ecologico risultano inoltre dalla ridu-

zione dell'inquinamento da emissioni, dalla contenuta limitazione del traffico e dall'attenzione per gli alberi e le zone verdi, che possono essere "attraversate sotto terra" senza danni.

3. I processi di costruzione con microtunneling

Nell'A 125 ATV vengono descritti i processi attualmente in uso per la posa di tubazioni senza scavo.

Si distingue fra

- procedimenti non pilotabili e
- procedimenti pilotabili.

A causa delle elevate richieste relative alla precisione di posa, per la spinta di canali e tubazioni di fognatura dovrebbero essere impiegati, secondo l'A 125 ATV, paragrafo 5, solo procedimenti pilotabili.

Lo scostamento massimo dalla livelletta di progetto (Tabella 11 nell'A 125) non dovrebbe superare i valori di seguito riportati:

Massimo scostamento dalla livelletta di progetto per tubazioni di fognatura (mm)

DN	verticale	orizzontale
< 600	± 20	± 25
≥ 600 sino a ≤ 1000	± 25	± 40
> 1000 sino a < 1400	± 30	± 100
≥ 1400	± 50	± 200

3.1 Procedimenti non pilotabili

Nella costruzione di canali di allacciamento tra utenza privata e collettore pubblico vengono anche impiegati apparecchi a compressione per perforazione orizzontale non pilotabili, utilizzati soprattutto per diametri nominale 150 mm e per lunghezze di spinta limitate. In condizioni di cantiere favorevoli sono possibili lunghezze di posa sotto i 20 m.

Con l'apparecchio per perforazione orizzontale a compressione il terreno viene compresso per mezzo di una testa e successivamente scavato per l'estrazione dei detriti con una coclea seguita da un tubo in acciaio. (Fig. 5).

L'apparecchio a compressione viene installato e fissato nel pozzetto iniziale con precisione di altezza e direzione. Una volta raggiunta l'apertura finale ed estratte le coclee, i tubi in acciaio, mediante l'inserimento di un pezzo di raccordo, vengono spinti da tubi dello stesso diametro che costituiranno la canalizzazione di servizio.

Capita talvolta che il sito per il pozzetto finale sull'appezzamento di terreno da collegare, per diverse ragioni non sia ancora disponibile. In tali casi, per evitare di risolvere la situazione con pozzi intermedi nei marciapiedi prima dell'appezzamento stesso, sono state

sviluppate le cosiddette perforazioni a foro cieco. Non appena raggiunta la meta dell'avanzamento grazie all'apparecchio a compressione per perforazione

orizzontale, vengono estratte le coclee con la testa e vengono inseriti nei tubi in acciaio i tubi che costituiscono la condotta di servizio con un coperchio in

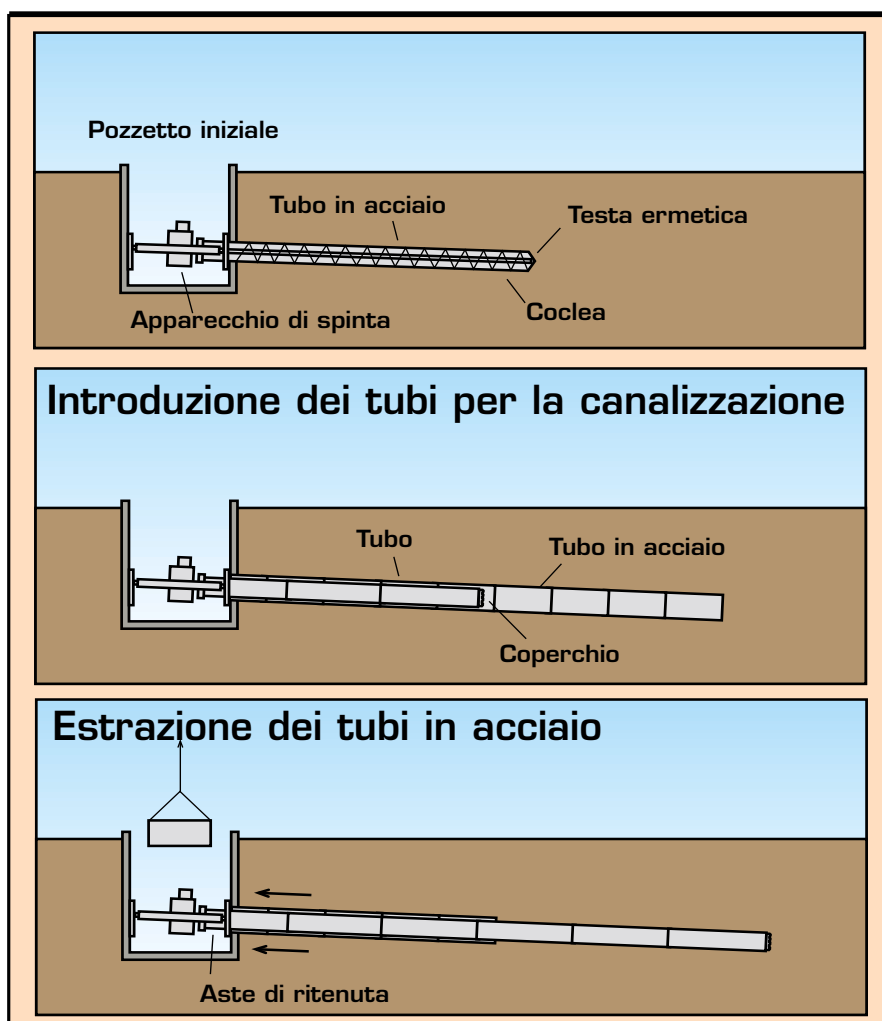
punta. I tubi in acciaio vengono ritirati nel pozzetto iniziale, mentre i tubi che

costituiscono la canalizzazione vengono contemporaneamente trattenuti. (Fig. 6)

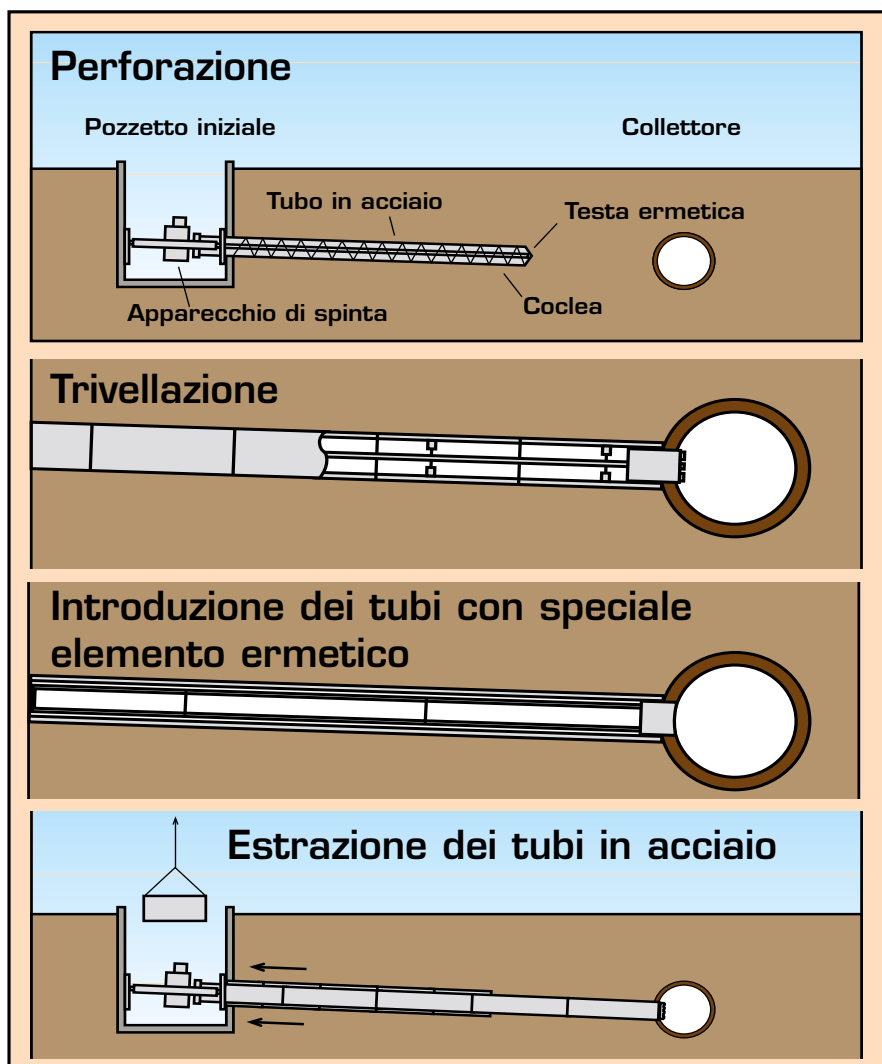
La perforazione a foro cieco, con la possibilità di allacciarsi sottoterra ai collettori presenti $\geq$ DN 300 o a dei pozzetti, è stata sviluppata alcuni anni fa dalla ditta Bohrtec.

In aggiunta all'apparecchio a compressione per la spinta orizzontale sono necessari a tale scopo un'asta di perforazione, una carotatrice e uno speciale elemento ermetico.

Dopo che la perforazione a compressione ha raggiunto il collettore o il pozzetto, le coclee e la testa vengono estratte e viene introdotta l'asta di ca-



• Figura 6



• **Figura 7**

rotatura.

La trivellazione del collettore avviene dall'interno sotto l'osservazione di telecamere.

Sempre dall'interno viene anche prelevata la carota.

Successivamente viene introdotta la tubazione di allacciamento costituita da tubi in grès DN 150 mm.

Sulla punta della tubazione si trova lo speciale anello di tenuta che garantisce il regolare collegamento con la tubazione che costituisce il collettore principale.

Infine vengono estratti i tubi in acciaio

e la fessura anulare viene riempita con materiale speciale di scoria. (Fig. 7).

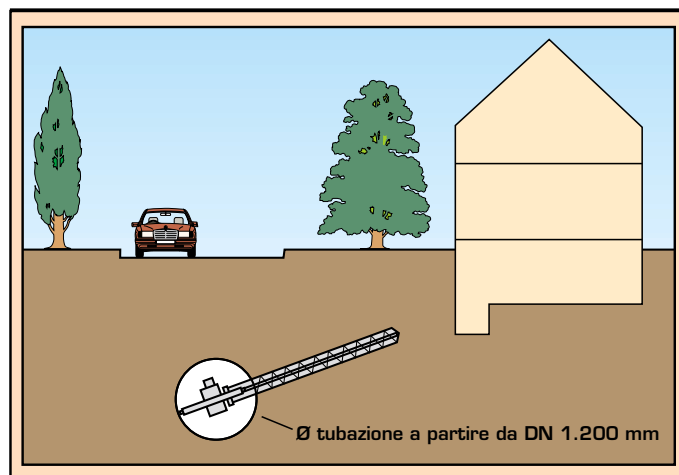
Un'ulteriore variante di spinta non pilotata è rappresentata dalla perforazione sotterranea a partire da un collettore $\geq$ DN

1200. Si può portare all'interno in un punto qualsiasi del collettore un veicolo e allinearli nella inclinazione desiderata sino a 90° . Il collettore viene quindi perforato sino al diametro esterno voluto. La successiva trivellazione viene effettuata con tubo in acciaio e coclee. Raggiunta la meta, le coclee vengono estratte, e vengono forate la parete o il pozzetto. Infine vengono introdotti gli elementi tubolari che costituiranno la canalizzazione e, mentre questo viene trattenuta, viene estratto il tubo in acciaio. Qualora la meta raggiunta offra sufficiente spazio per lavorare, i tubi, in alternativa, possono essere spinti dietro i tubi in acciaio e questi estratti dall'ambiente raggiunto. (Fig. 8).

3.2 Processi pilotabili

Per la costruzione di canalizzazioni di fognatura si sono imposti soprattutto tre processi d'avanzamento:

- avanzamenti con tubo pilotato,
- avanzamento tubo con perforazione a compressione,
- avanzamento tubo a scudo.



• **Figura 8** - Apparecchio a spinta per posa orizzontale non comandabile; perforazione dall'interno di un collettore $\geq$ DN 1.200 mm

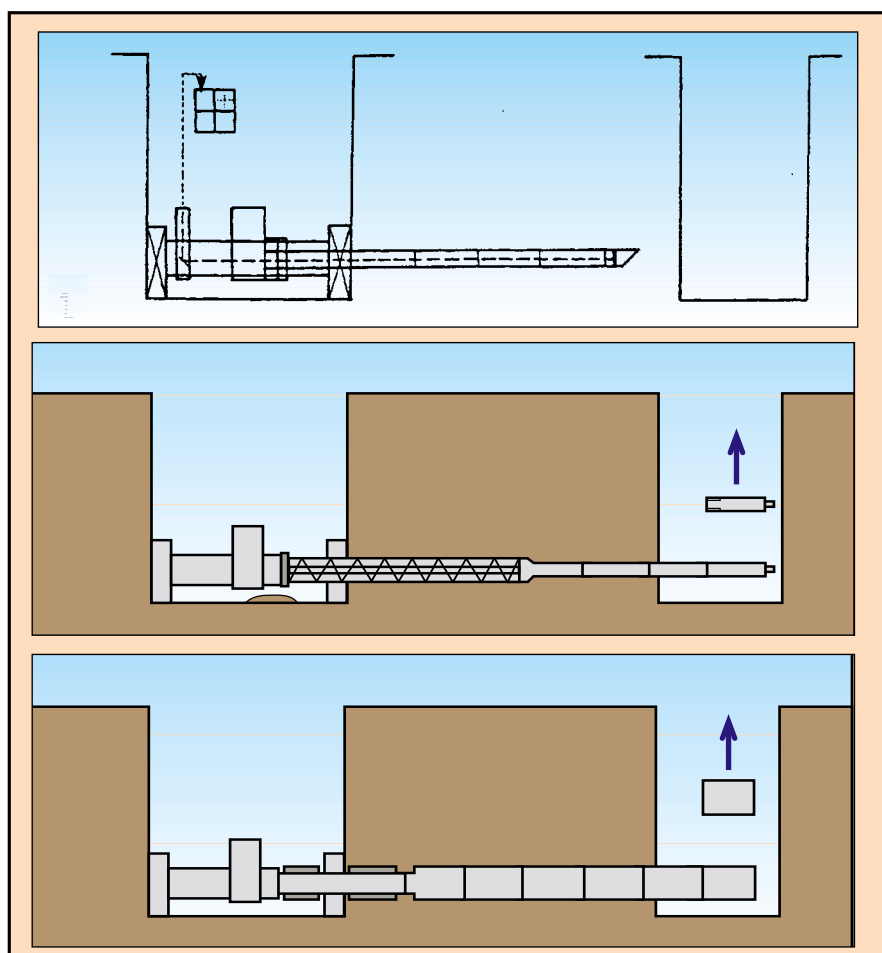
3.2.1 Avanzamenti con tubo pilotato

In questo tipo di avanzamenti, viene innanzitutto spinto nel terreno, a partire da un pozzetto iniziale sino a un pozzo finale, un tubo in acciaio cavo e dotato di un canale ottico, in lunghezze d'ingombro di 100 cm, con un diametro esterno di 10 cm circa. Il controllo della direzione viene effettuato grazie ad un teodolite con telecamera posizionato nel pozzetto iniziale e un quadro a diodi applicato all'interno del primo tubo pilota. La posizione della prima asta spinta, esternamente smussata, viene trasmessa costantemente su un monitor situato nel pozzetto iniziale. In caso di scostamenti dall'asse nominale, l'asta pilota viene girata in modo che la testa obliqua sulla punta della barra, all'aumentare della pressione, produca una correzione di direzione. Dopo che l'asta pilota ha raggiunto con esattezza il pozzetto finale e lì sia stata recuperata tubo dopo tubo, viene effettuato, tramite un raccordo, un allargamento del diametro della perforazione dall'interno mediante coclee. Il terreno viene trasportato nel pozzetto iniziale. Quando i tubi in acciaio hanno raggiunto il pozzetto finale, le coclee vengono estratte e, inserendo un adattatore, vengono spinti i tubi che costituiranno la condotta finale. (Fig. 9).

La Fig. 10 mostra l'ultima fase di un processo di avanzamento descritto con tubi in grès DN 150 mm.

Questa tecnica di avanzamento, per quanto riguarda l'installazione di tubazioni di allacciamento domestico sino a 20 max. 30 m di lunghezza, negli anni ha dato buoni risultati. In caso di terreni non compatti, senza stratificazioni rocciose, viene usata occasionalmente anche la tecnica a due fasi, cioè senza i tubi in acciaio.

Grazie ai numerosi miglioramenti introdotti questa tecnica può essere impiegata anche per la posa senza scavo di condotte DN 200 e DN 250 mm. Questo procedimento presuppone però un terre-



• Figura 9 - avanzamento tubo pilotato



• Figura 10

no di scavo senza grossi ostacoli. Da poco la barra del tubo pilota è anche disponibile in versione impermeabile all'acqua, cosicché, modificando il trasporto a coclea, si può lavorare anche al di sotto del livello di falda.

La posa senza scavo ormai possibile di condotte DN 200 mm per lunghezze medie di fognature, acquista un particolare significato. Lo scavo in avanzamento sotterraneo mirato di canalizzazioni di questa diametro nominale nelle consuete lunghezze di tronco non era infatti sinora possibile con i sistemi di avanzamento presenti sul mercato.

L'equipaggiamento per il trasporto del terreno di scavo, compresi i tubi di protezione cavi e l'indispensabile canale ottico per il raggio vettore del laser, sin dall'inizio del microtunnelling vincolava il diametro nominale DN 250 mm quale sezione minima di avanzamento. Ciò significava dover rinunciare, nella costruzione dei collettori, al diametro nominale DN 200 mm molto usato.

Quanto sia diffuso il diametro 200 mm nelle fognature pubbliche lo dimostrano le cifre tratte dallo studio sulle reti per acque nere e miste delle BWB; il 32% ca. degli 8613 km di rete di fognatura delle BWB impiega questo diametro nominale. In particolare nelle reti per acque nere, con sezioni circolari DN 200 mm, si soddisfacendo tutte le esigenze dal punto di vista idraulico. Se si prendesse in considerazione la rete per acque nere della sola Berlino, la percentuale del diametro nominale DN 200 è addirittura intorno al 65%.

Vista la rilevanza della questione, gli imprenditori non hanno mai desistito dal ricercare possibilità per la posa senza scavo di diametri 200 mm. Questo è diventato possibile grazie soprattutto all'attività di tre produttori tedeschi di macchinari. Per i progettisti e gli imprenditori si sono aperte ulteriori alternative e, dal momento che la costruzione delle canalizzazioni si fa più economica, si ha la possibilità di risparmiare sui costi d'investimento.



• Figura 11

Durante il processo di avanzamento, l'immagine sul monitor nel pozzetto iniziale può essere costantemente ripresa da un videoregistratore. In questo modo vengono registrati tutti i possibili scostamenti. Inoltre, in fase di introduzione delle tubazioni, la pressione di spinta può essere monitorata da un registratore manometrico grazie ad un rilevatore di pressione con memorizzazione del valore massimo nell'intervallo di misura.

3.2.2 Avanzamenti tubo con perforazione a compressione

In questo caso l'avanzamento delle tubazioni avviene contemporaneamente alla rimozione del terreno sul fronte d'avanzamento tramite una testa. Il terreno viene continuamente trasportato nel pozzetto iniziale dalle coclee. Queste si trovano in un tubo d'acciaio che viene posizionato all'interno del tubo d'avanzamento.

Nel pozzetto iniziale viene raccolto in un contenitore il terreno di risulta e, durante un intervallo d'avanzamento, viene estratto.

In tal modo si ottiene un controllo certo della quantità di terreno effettivamente rimosso. Un'alternativa al trasporto è rappresentata dall'applicazione di un bacino di pompaggio nel pozzetto iniziale e dal trasporto tramite un impianto a pompa. La Fig. 11 mostra un container d'avanzamento con sistema di avanzamento tubi tramite perforazione a compressione della ditta Soltau.

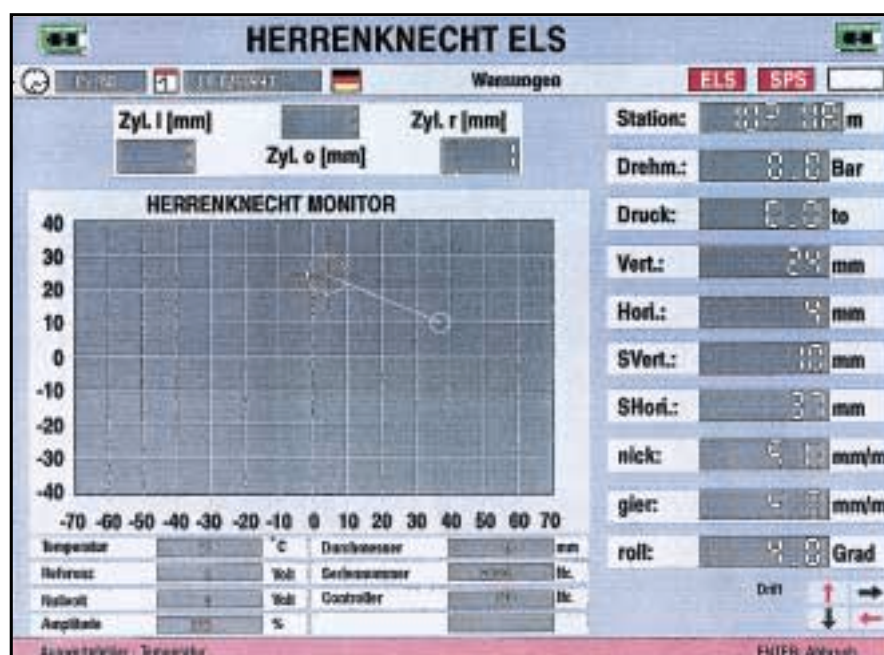
La testa e le coclee vengono azionate di norma dal pozzetto iniziale. Per ottenere una frantumazione efficace del materiale rimosso, nei terreni pesanti è necessario disporre di un momento torcente costantemente alto. Pertanto vengono proposte macchine per l'avanzamento dei tubi a partire da DN 400 mm anche con testa azionata direttamente e coclee azionate separatamente.

L'apparecchiatura laser viene installata nel pozzetto iniziale. Bisogna prestare particolare attenzione a che i pozzetti iniziali siano fabbricati in modo da risultare stabili e non soggetti a spostamenti. Il raggio laser rilevato sul pozzetto finale deve segnare la posizione della canalizzazione come da progetto. Durante le fasi di avanzamento il raggio laser deve riguardare il bersaglio

elettronico (target) applicato sulla testa di scavo in acciaio. Le coordinate del punto di ricezione del laser, nonché l'angolo di inclinazione della testa di comando vengono misurati e i loro valori trasmessi su un display nel pannello di comando. I parametri misurati vengono infine convertiti da un calcolatore in impulsi di comando per le presse. Questi processi di comando hanno luogo automaticamente a brevi intervalli di avanzamento, ma possono anche essere trasmessi a mano. Si può avere un report di misurazione con tutti i parametri registrati per qualsiasi intervallo di tempo o di percorso. Ciò vale anche per gli avanzamenti di tubi a scudo di seguito descritti.

La Fig. 12 mostra un report per un avanzamento di questo tipo con una macchina per avanzamento tubi a scudo AVN 700 della ditta Herrenknecht.

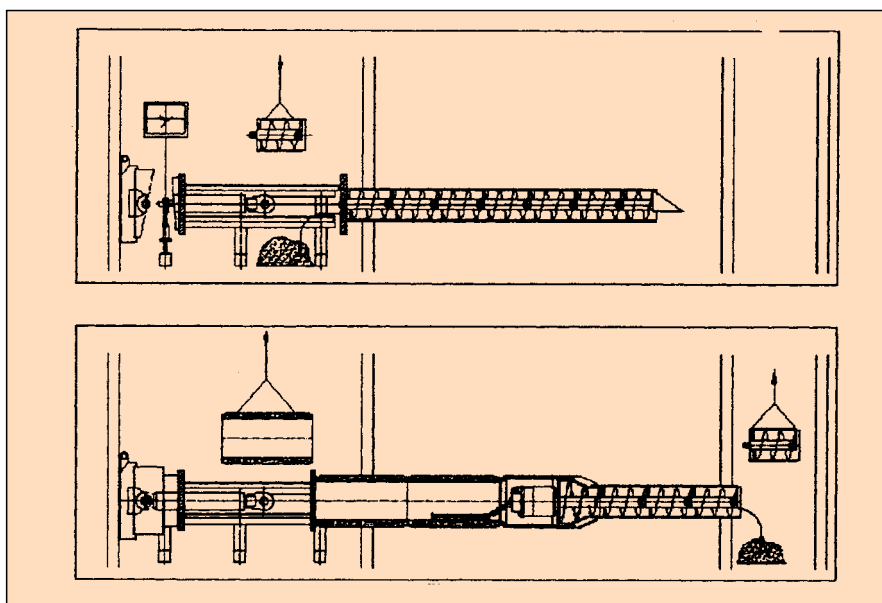
Il campo d'applicazione si estende di regola a diametri nominali compresi fra DN 200 e DN 1000 mm e a lunghezze d'avanzamento sino a 100 m max. in roccia non compatta. In terreni coerenti di consistenza compatta, l'estrazione e il trasporto del terreno possono essere facilitati tramite alimentazione di acqua sul fronte d'avanzamento. Nei terreni freatici sono necessari provvedimenti supplementari. In caso di posa in acqua di falda sino a 1,50 max, o tutt'al più 2,50 m, il fronte d'avanzamento può essere alimentato con aria compressa. In tal caso le coclee vengono modificate per ottenere un avanzamento per giro inferiore in modo da evitare che si formino dei "tappi" di terreno che non lascino fuoriuscire l'aria compressa. Un'altra possibilità consiste nel dotare i pozzetti iniziale e finale di chiuse e lavorare sotto aria compressa. A tale scopo ha dato buoni risultati una chiusa combinata persone/materiale, che consente di immettere nell'ambiente di lavoro personale e materiale in camere di pressione separate. Il banco di comando viene installato al di sopra della macchina d'avanzamento e all'e-



• Figura 12

sterno dei cassoni pneumatici, in modo che qui si possa lavorare in condizioni atmosferiche. Questa variante ad aria compressa è molto dispendiosa e riservata a casi particolari. Il procedimento ha però due vantaggi: da una parte, per il trasporto a coclea, viene a mancare l'impianto di separazione, cosicché in caso di forte gelo non deve essere intrapresa alcuna misura speciale. D'altra parte sono possibili recuperi, residui eventualmente necessari, di oggetti che ostacolano l'avanzamento del fronte e, connessi a tali recuperi, sono possibili lavori sulla testa di comando con le apparecchiature ad aria compressa presenti sul cantiere, senza che siano necessari costosi oneri per la presenza di acqua di falda. Sulla base del successo dei sistemi d'avanzamento a due o tre stadi con asta pilota e perforazioni di allargamento nella costruzione di canali di allacciamento domestico e diametri nominali per collettori ridotti sino a DN 400, occorre menzionare un nuovo sistema d'avanzamento a tubi con perforazione a compressione, presentato per la prima volta alla Bauma '98

dalla ditta Bohrtec. Esso si basa su un avanzamento a due fasi e rappresenta, per quanto riguarda i costi d'acquisto, una vantaggiosa alternativa agli avanzamenti con perforazione a compressione con i quali sono stati sinora posati i canali di diametro nominale compreso fra DN 400 e DN 800 mm. Un tubo in acciaio di 420 mm di diametro esterno con coclee interne viene spinto da un pozzetto iniziale fino ad un pozzetto finale. Le coclee hanno un asse cavo ed una smussatura sulla punta delle barre. A seconda della posizione del piano inclinato rispetto al terreno, in fase di avanzamento possono essere effettuati dei movimenti di comando. Questo principio detto "*coclea di comando*" consente di ottimizzare l'estrazione del terreno anche in caso di stratificazioni rocciose. Il controllo dell'esattezza della direzione avviene con l'aiuto di un teodolite con telecamera e un monitor installato nel pozzetto iniziale. Con l'arrivo della *coclea di comando* inizia la seconda fase del procedimento; un tubo di allargamento con testa direttamente azionata viene legato



• Figura 13

all'estremità della barra del tubo d'acciaio e trasporta nel pozzo finale, questa volta in senso antiorario. La grandezza del diametro di allargamento dipende dalla larghezza nominale dei tubi per prodotti. (Fig. 13).

3.2.3 Avanzamento tubi a scudo

In questo caso l'avanzamento dei tubi avviene contemporaneamente alla rimozione del terreno tramite una testa a rotazione oraria e antioraria azionata direttamente.

Al contrario delle macchine con estrazione a coclea, nel caso di macchine con estrazione idraulica il terreno viene trasportato attraverso un circuito idraulico. Viene normalmente utilizzata l'acqua come mezzo di trasporto ma, nel caso di roccia non compatta e non coerente, viene impiegata una sospensione di bentonite. Questo tipo di macchina si adatta bene a terreno a grana grossa e con livelli di acqua di falda di qualsiasi profondità.

Per la gestione dell'impianto di estrazione idraulico sono necessari una pompa di alimentazione, installata al livello del terreno, ed una pompa aspi-

rante nel pozzetto iniziale. Comandando le due pompe si ottiene sulla testa di avanzamento la pressione necessaria. Affinché il materiale rimosso possa essere frantumato in modo da garantire che nel trasporto attraverso il tubo non si creino intasamenti, tutti i sistemi di estrazione idraulici sono integrati sulla testa di scavo da frantoi.

I sistemi di estrazione idraulici sono adatti anche ad affrontare grossi ostacoli. Se la testa di perforazione viene equipaggiata con scalpelli a rulli sono possibili avanzamenti anche in roccia compatta e in terreni particolarmente pesanti. (Fig. 14).

La tecnica di comando non si differenzia dagli avanzamenti a spinta di tubazioni con perforazione a compressione precedentemente descritti.

Il campo di applicazione parte dal DN 200 mm fino al campo degli avanzamenti presidiati e quindi anche, a seconda del diametro nominale, a lunghezze di avanzamento di parecchie centinaia di metri.

La Fig. 15 mostra la vista posteriore di una AVN 800 della ditta Herrenknecht con target e tubazioni di alimentazione. Tutti i sistemi di costruzione con mi-



• Figura 14



• Figura 15

crotunnelling presentati sono concepiti in modo da richiedere poca assistenza. Per realizzare gli avanzamenti a spinta sono sufficienti solo tre o quattro operai. Le dimensioni del cantiere e del suo equipaggiamento sono ridotte e le apparecchiature possono essere installate in pozzetti iniziali relativamente piccoli.

Il tipo di posa compatto consente di sistemare la macchina in container d'acciaio adatti al cantiere. Essi vengono collocati sopra il pozzetto iniziale.

Il tipo di costruzione con container non solo ottimizza l'ingombro in pianta, ma consente inoltre di lavorare indipendentemente dai fenomeni atmosferici. A Berlino vengono eseguiti, lavorando in container riscaldati, avanzamenti a spinta di tubazioni a compressione anche a -20°C . La posa tradizionale di tubi risulta impossibile con il terreno gelato, già a pochi gradi sotto zero. Le imprese dotate di equipaggiamenti d'avanzamento possono pertanto realizzare opere anche in periodi dell'anno altrimenti non proficui. In tal modo esse promuovono e programmano il lavoro in tutto l'arco dell'anno.

In alternativa ai container d'avanzamento fissi vengono proposte anche unità mobili, nelle quali i componenti sono montati su di un carrello a rimorchio. In tal modo diventano possibili veloci cambi di cantiere senza che sia necessario usare autocarri cabinati a pianale ribassato, e risultano economiche, inoltre, soluzioni di microtunnelling anche per brevi tratti e piccoli cantieri. In questa variante, gruppi a motore Diesel con generatori di corrente integrati garantiscono la piena indipendenza dalla rete elettrica pubblica. (Fig. 16).

senza possibilità di dubbi, corredato da un'ampia documentazione, ma in particolare metta a disposizione anche informazioni il più possibile precise ed esaurienti circa le condizioni geologiche del terreno nonché informazioni circa la situazione dell'acqua di falda.

La decisione circa quale sistema d'avanzamento adottare, anche in considerazione di una ragionevole ripartizione del rischio, dovrebbe spettare all'offerente cioè all'impresa edile. Gli investimenti sono inferiori nel caso di avanzamenti con perforazione a compressione. Essi necessitano di meno spazio e meno personale, per l'equipaggiamento del cantiere risulta un risparmio di tempo sino al 35% rispetto a i sistemi d'avanzamento a scudo.

La tabella seguente, indica la valutazione del rendimento d'avanzamento raggiunto, anche in considerazione dei

tempi di preparazione delle attrezzature. Il primo gruppo mostra che i rendimenti medi in caso di avanzamenti con perforazione a compressione diminuiscono chiaramente con l'aumentare del diametro nominale. Nei diametri $> 500\text{ mm}$ i valori calano a circa 66 o 71%

BWB: Avanzamenti con perforazione a compressione, rendimento medio ogni 8 ore in m

	Avanzamento	Avanzamento con tempi preparazione macchina
DN 250	9,93	6,08
DN 300	8,61	5,20
DN 400	8,32	4,91
DN 500	8,46	5,00
DN 500	6,58	4,34

dei rendimenti raggiunti nei DN 250 mm.

Al contrario, in caso di avanzamento a scudo, ovvero con trasporto idraulico, si accerta un rendimento, tempi di preparazione macchina inclusi, indipendente dal diametro nominale.

Le valutazioni si riferiscono a circa 167.000 m di avanzamenti a spinta realizzato a Berlino a fine del 1994.

Nella valutazione di queste cifre biso-

4. Criteri di scelta dei sistemi d'avanzamento

Sul mercato sono presenti diversi sistemi e si pone quindi la domanda quale di essi debba essere impiegato in quali casi. Poiché ogni sistema presenta vantaggi e svantaggi, le possibilità di impiego sono estese e le condizioni limite sono molto complesse, occorre scegliere di volta in volta.

È importante che l'Ente appaltante (il committente) non solo presenti ai potenziali esecutori un progetto chiaro,



• Figura 16

**BWB: Avanzamenti tubo a scudo,
rendimento medio ogni 8 ore in m**

	Avanzamento	Avanzamento con tempi preparazione macchina
DN 250	10,83	6,19
DN 300	9,82	5,41
DN 400	11,22	6,52
DN 500	11,91	6,69
DN 600	10,82	6,30
DN 800	11,01	6,00
DN 1000	11,65	6,71
DN 1200	11,99	7,23

gna tenere conto: di tutte le condizioni limite del luogo, dall'abilità e dalla prontezza di rendimento degli operai e dal background globale delle imprese esecutrici. Nei sistemi di avanzamento a scudo, in caso di diametri nominali $\geq$ DN 400 mm, si evidenzia la tendenza ad ottenere rendimenti più elevati.

Questo si spiega grazie al fatto che in caso di diametri nominali maggiori il trasporto continuo del terreno tramite sistema idraulico è nettamente superiore a quello che utilizza il recipiente.

Altro fattore di influenza è l'elevato rendimento dello scavo e della frantumazione, soprattutto in caso di difficili condizioni del terreno. Le perdite ridotte rispetto all'avanzamento a coclea e la possibilità di spingere lunghezze maggiori, evidenziano maggiori vantaggi a favore dei sistemi di estrazione idraulico. La scelta del sistema d'avanzamento e degli utensili per lo scavo di volta in volta necessari è tuttavia influenzata dalle condizioni geologiche e dal livello dell'acqua di falda.

A questo proposito si rimanda ad una pubblicazione di W. Becker, Berlino, sulle "Möglichkeiten und Grenzen des Mikrotunnelbaues unter Berücksichtigung der Abbauwerkzeuge" (1) (Edizione speciale tratta dalla rivista "Tiefbau", Heft 7/1996 (2), Nell'articolo vengono fornite indicazioni circa la scelta dei sistemi di avanzamento, sulla base della classificazione dei terreni secondo le "Allgemeine Technische

Vertragsbedingungen" (Condizioni tecniche generali di contratto), ATV DIN 18319, VOB (Ordinamento di Appalti in caso di Lavori di Costruzione) Parte C.

■ L'ammodernamento di canalizzazione con rivestimento dei tronchi difettosi.

■ L'allargamento di una canalizzazione non più necessaria per limiti di sezione e precedentemente riempita con pietrame.

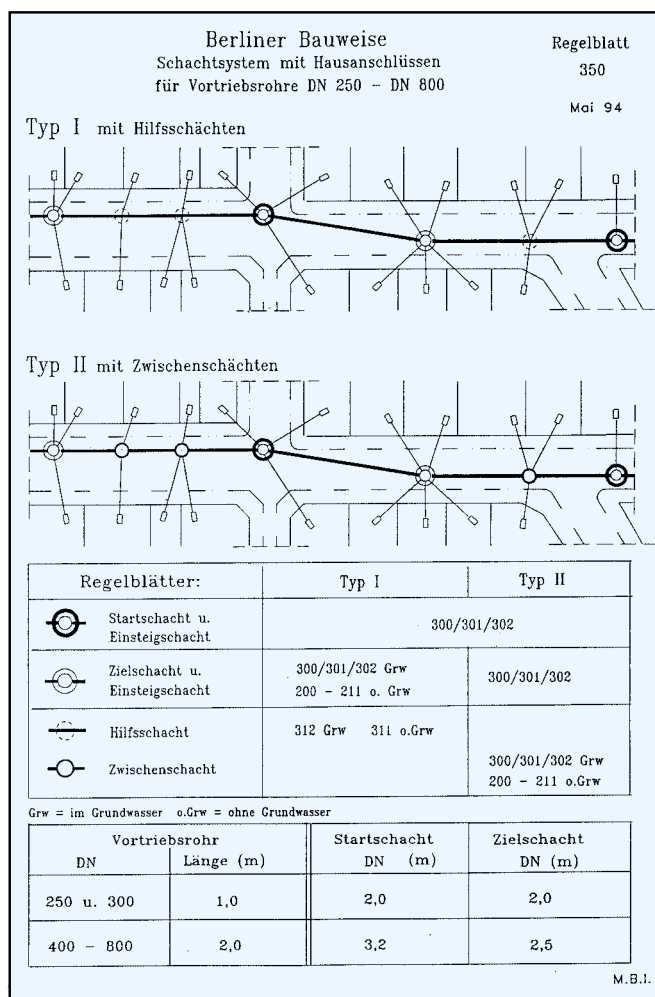
5.1 Il sistema berlinese

Il presupposto fondamentale per l'impostazione del *sistema berlinese* fu l'esigenza di ridurre la rottura delle strade. Quando si decide di posare senza scavo solo il canale principale realizzando in modo tradizionale gli allacciamenti domestici, si ottiene una trincea, per ciascun singolo allacciamento domestico, perpendicolarmente all'asse della strada. Una simile modalità di procedimento non può essere di soddisfazione. Vi si pone rimedio con il *sistema* di costruzione detto *berlinese*, che consiste nell'impiego di tubi di allacciamento posati per avanzamento a spinta in un procedimento illustrato nella figura 17. Possono essere utilizzati per diametri nominali $\leq$ DN 800 mm pozzetti iniziali e finali prefabbricati di forma cilindrica con diametro interno di 2000 o 3200 mm e tubi con lunghezze d'ingombro di 1000 e 2000 mm. La figura n° 18 mostra un pozzetto iniziale largo 3,20 m con un avanzamento a scudo di tubi in grès DN 500mm. I pozzetti necessari per l'avanzamento delle canalizzazioni stradali sono anche il punto di partenza per la spinta delle tubazioni di allacciamento domestico, che vengono spinte a stella verso gli appezzamenti di terreno di proprietà privata. Con un'abile dislocazione dei pozzetti possono essere raggiunti da un'unica cameretta parecchie proprietà, senza che debbano insorgere lunghezze eccessive e senza la necessità che debbano essere attraversati ap-

5. Impieghi del sistema di costruzione con microtunnelling

Con i sistemi d'avanzamento disponibili sul mercato sono possibili lavori per tutti i diametri nominali che si utilizzano nei sistemi fognari, sia in caso di interventi d'ampliamento che di ammodernamento. Possono essere posate a spinta anche sezioni ovoidali, che grazie ai loro pregi dal punto di vista idraulico, stanno avendo un riutilizzo nella realizzazione di fognature. È possibile risolvere le seguenti situazioni problematiche:

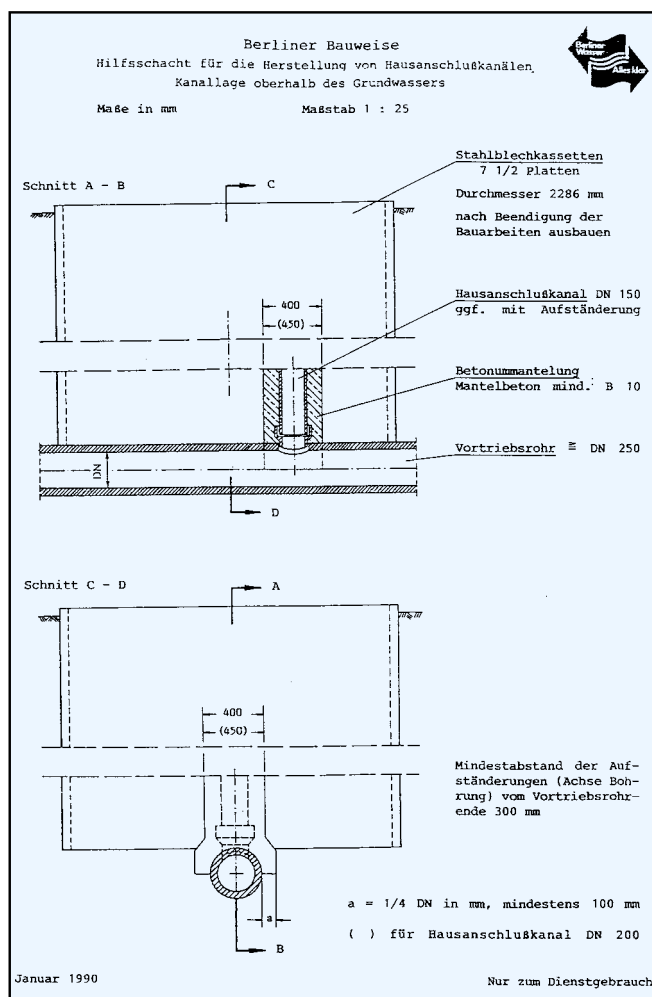
- La realizzazione di canalizzazioni di allacciamento domestico con perforazioni a foro cieco o con pozzetto iniziale e finale. Il pozzetto iniziale può essere collocato sia al di sopra del collettore che al di sopra dell'appezzamento di terreno.
- La realizzazione di tubazioni di collegamento domestico con l'allacciamento sotterraneo ai collettori.
- La realizzazione di canalizzazioni per l'ampliamento delle reti fognarie.
- La realizzazione contemporanea di canalizzazioni e allacciamenti domestici (sistema berlinese).
- L'ammodernamento di canalizzazioni attraverso la posa in tubazioni già posate (pipe-eating).



• Figura 17



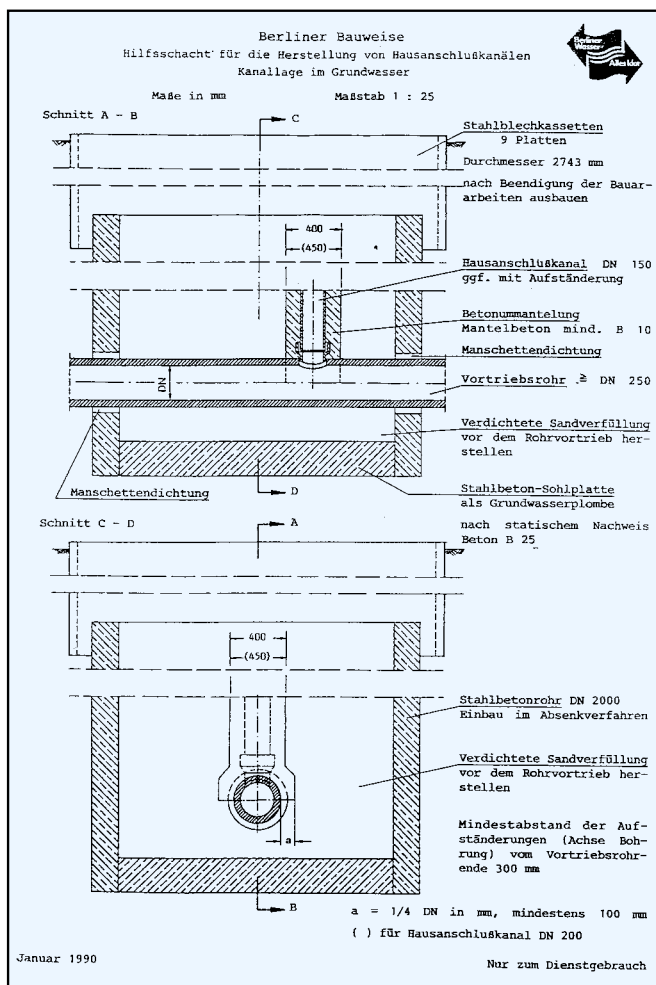
• Figura 18



• Figura 19

pezzamenti altrui. Nel tipo I del sistema *berlinese*, gli appezzamenti non raggiungibili a partire dai pozzetti iniziali o finali – sempre a forma di stella – vengono serviti utilizzando *camerette ausiliarie*. Nel pozzetto ausiliario le tubazioni di allacciamento vengono collegate al collettore tramite innesti verticali. Se il collettore si trova al di sopra dell'acqua di falda, il pozzetto ausiliario viene realizzato ad anelli una volta ultimato la spinta.

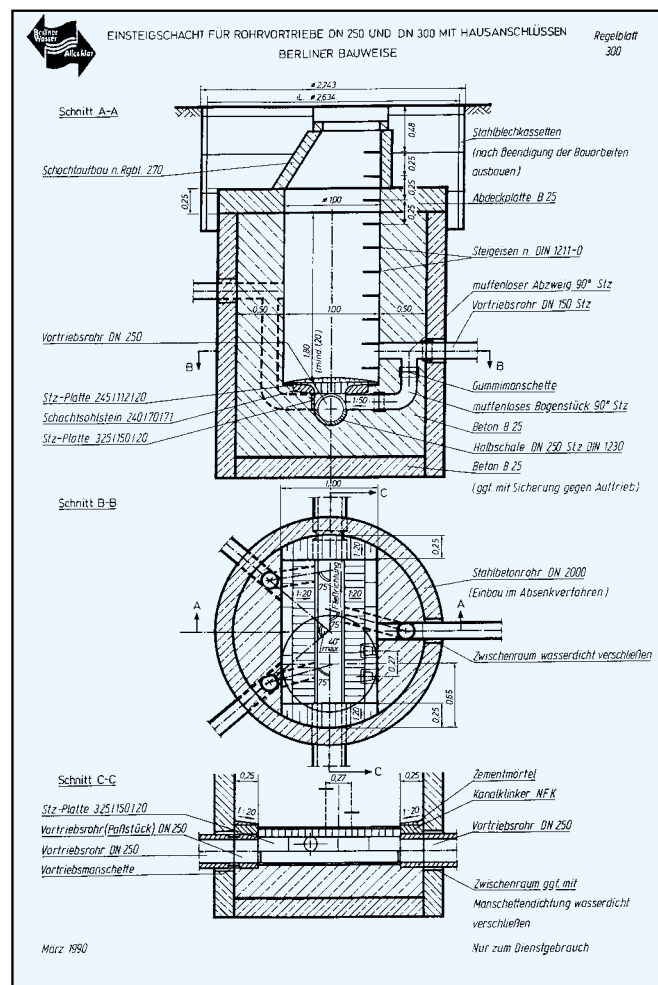
Se il collettore si trova sotto il livello dell'acqua di falda, per realizzare i pozzetti ausiliari vengono utilizzati pozzetti in cemento armato prefabbricati, che vengono collocati prima dell'inizio di tutte le operazioni di posa a spinta esattamente come i pozzetti iniziale e finale. Al di sotto del fondo del canale, essi vengono sigillati con calcestruzzo in modo da risultare ermeticamente protetti da spinte verticali determinate della pressione dell'acqua. L'avanzamento del tubo avviene quindi attraverso aperture preparate in anticipo e provviste di guarnizioni anulari per la tenuta della pressione esercitata



• Figura 20

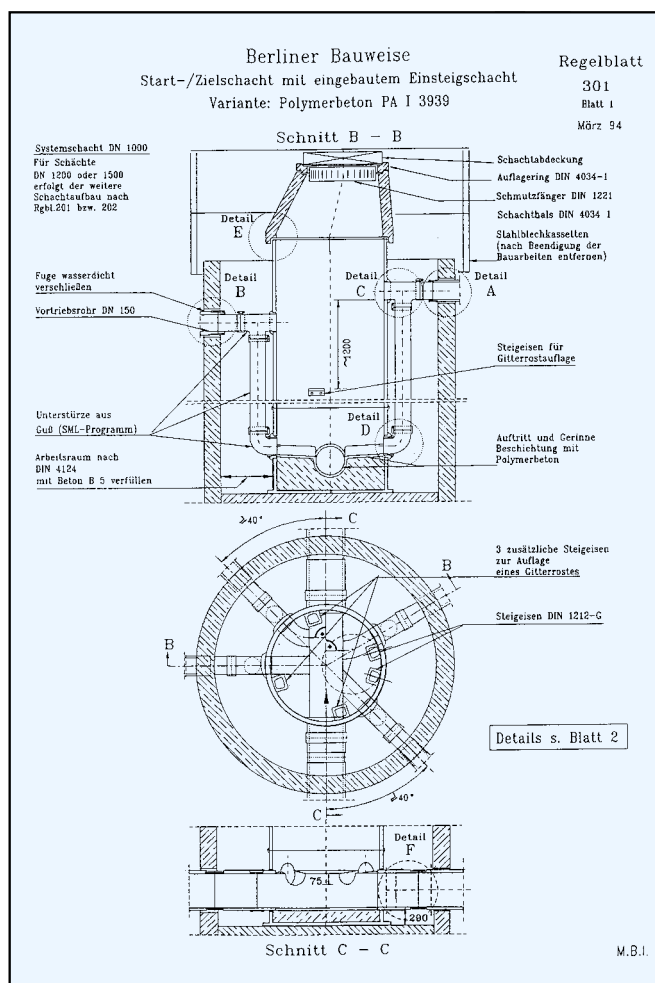
dell'acqua di falda. La posa con avanzamento a spinta avviene quindi a partire dal pozzetto iniziale in direzione della cameretta finale, attraverso i pozzetti ausiliari presenti nel terreno. (Fig. 20). I pozzetti iniziale e finale vengono infine trasformati in camerette d'ispezione con le consuete dimensioni. Nel tipo II di *sistema berlinese*, al posto dei pozzetti ausiliari compaiono altri pozzetti iniziali, finali o intermedi con collegamenti a stella delle condotte di allacciamento domestico; pozzetti che, alla conclusione dei lavori, diventano regolari camerette d'ispezione del sistema fognario. (Fig. 17). Questa soluzione soddisfa il requisito dell'A 142 ATV, secondo cui nei settori di ap-

provvisionamento idrico della zona di protezione II tutte le tubazioni di allacciamento devono essere allacciate nei pozzetti d'ispezione. Le consuete varianti di progettazione o trasformazione dei pozzetti iniziali, finali e intermedi in regolari camerette d'ispezione del sistema fognario sono visibili in Fig. 17 unitamente alle rappresentazioni di figura. 21, 22, 23. Oltre alle varianti illustrate sono pensabili anche altre soluzioni. L'avanzamento a raggiera delle tubazioni di allacciamento con il collegamento nei pozzetti d'ispezione, consente la riduzione al minimo della profondità che, nella maggior parte dei casi, è al di sopra del livello di falda. Oltre ai vantaggi economici immediati,

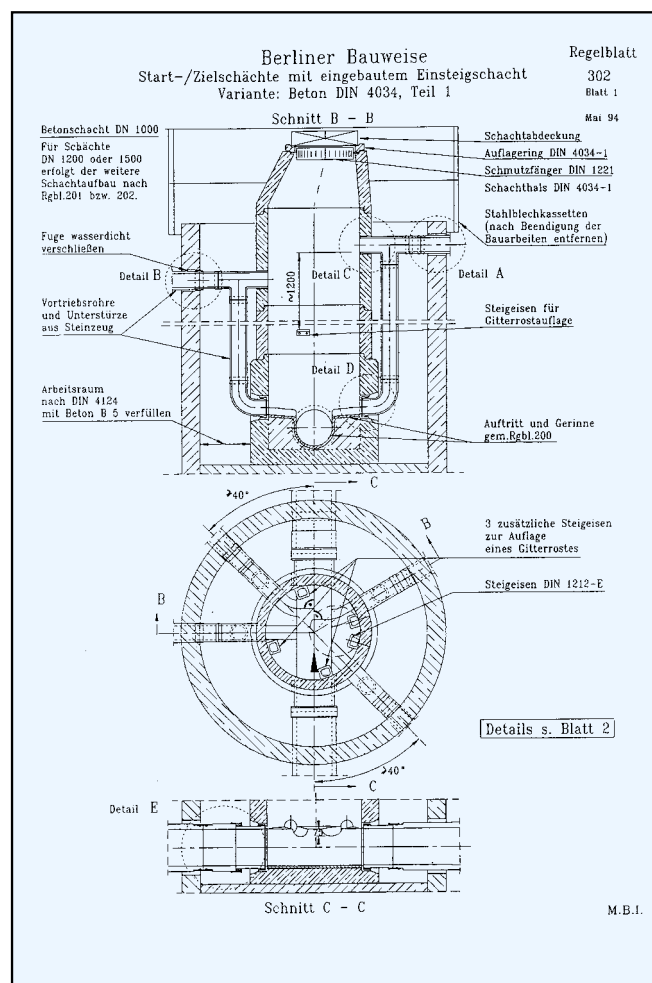


• Figura 21

anche tutta una serie di vantaggi per la gestione consigliano di collegare le tubazioni di allacciamento alle camerette d'ispezione. In particolare per il fatto che alle due estremità della condotta vi sono delle aperture, attraverso le quali vengono facilitate sia la pulizia che il controllo. È possibile eseguire rapidamente e in modo sicuro test di impermeabilità all'acqua. Successivamente, una tubazione di allacciamento così realizzata può essere risanata senza problemi con procedimento di rivestimento interno (relining). È inoltre vantaggioso ed utile il fatto che può essere controllata, in modo separato per ogni scarico, la composizione delle acque nere.



• Figura 22



• Figura 23

5.2 Il pipe-eating

In Germania i primi successi della costruzione con microtunnelling hanno subito fatto pensare alla possibilità di applicare questa tecnica anche per l'ammodernamento di vecchi canali, cioè la posare di nuove canalizzazioni sul percorso di vecchi canali inutilizzati o insufficienti.

Un simile procedimento rende superflua la ricerca di un nuovo percorso in sottosuoli stradali già molto "affollati". Contemporaneamente si ottiene una sezione di canale più grossa ed efficiente,

esigenza che emerge per molti vecchie tubazioni di fognatura.

Un vantaggio, rispetto a molti altri procedimenti di risanamento, consiste nel fatto che al termine dell'operazione rimane a disposizione una canalizzazione nuovo qualitativamente superiore e con una durata più lunga.

La riflessione comune di imprenditori, committenti e produttori di macchinari ha condotto alle seguenti considerazioni:

■ L'equipaggiamento base delle macchine per l'avanzamento di tubi con perforazione a compressione e a scudo rimane invariato, le teste articolate in acciaio e gli utensili da scavo sono modificati sulla base della nuova proble-

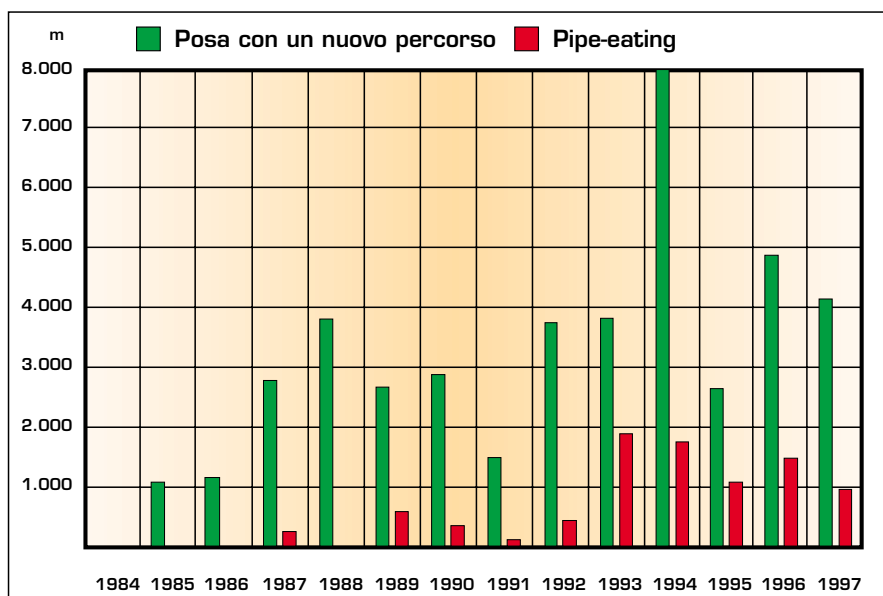
matica. Sia l'estrazione a coclee che l'estrazione idraulica sono adatte.

■ Tutti i materiali da condotta non armati possono essere frantumati e asportati dal sistema di estrazione.

■ È possibile utilizzare tutti i tubi d'avanzamento a spinta in commercio.

■ Gli avanzamenti eccentrici, necessari in caso di congiungimento a parità di fondo e da entrambe le parti di singoli tratti della canalizzazione da ammodernare, nonché le modifiche laterali e in altezza rispetto alla posizione della tubazione incontrata, sono resi possibili dall'esatta manovrabilità.

Con il sistema di pipe-eating, per rendere possibile un'esecuzione perfetta del lavoro e per poter posare una nuova



• **Figura 25 - Frequenza di applicazione del pipe-eating rispetto alla posa sostitutiva BWB**

canalizzazione di qualità, devono essere scrupolosamente seguite le seguenti indicazioni.

Prima dell'inizio del lavoro gli allacciamenti esistenti devono essere interrotti, le acque nere che ne risultano vengono pompate tramite impianti di sollevamento.

Anche la raccolta di acque reflue al di sopra di un tratto interessato all'intervento deve essere convogliato tramite un bay pas.

È di particolare importanza effettuare in precedenza un chiaro rilevamento della situazione in vista di possibili cedimenti della canalizzazione da sostituire affinché la nuova sezione di tubazione trovi un perfetto alloggiamento. Qualora i cedimenti siano troppo marcati, devono essere presi speciali provvedimenti.

Ad esempio si può posare a spinta una sezione di tubo maggiore oppure si può prendere in considerazione un abbassamento dell'intero tratto o un rabbocco locale.

La precedente analisi del canale deve comprendere anche tutti i tratti di allacciamento. Se il loro stato è ancora buono, essi possono successivamente esse-

re riallacciati allo stesso posto.

Se invece devono essere anch'essi ammodernati, si consiglia il pipe-eating in combinazione con il tipo di costruzione berlinese, cioè l'allacciamento a stella. Un'elevata usura, la ridotta velocità di avanzamento e le spese per il mantenimento costante del pompaggio degli allacciamenti domestici e per la parte della rete a monte, rendono il pipe-eating più costoso del normale avanzamento a spinta di tubazioni.

Pertanto, in caso di provvedimenti di ammodernamento risulta di regola più economico – nella misura in cui nella sezione di strada sia disponibile un percorso – effettuare la posa con una nuova canalizzazione e utilizzare quella vecchia per il costante mantenimento del drenaggio.

Tuttavia, dato che gli spazi al di sotto delle strade degli agglomerati urbani e nei terreni industriali diventano sempre più ristretti, è diventato impossibile rinunciare al pipe-eating.

La Fig. 25 fornisce delle informazioni relative alla frequenza d'applicazione del pipe-eating rispetto alla posa sostitutiva nelle BWB.

6. Pianificazione e preparazione delle opere da realizzare

Per quanto riguarda la pianificazione, il progetto, il bando di gara, la preparazione del cantiere, l'esecuzione e la contabilizzazione degli avanzamenti, valgono, oltre agli standard generali, i seguenti regolamenti tecnici speciali, da osservarsi attentamente:

■ Foglio di lavoro della ATV A 125 "Avanzamento tubi senza scavo", settembre 1996

■ Foglio di lavoro della ATV A 161 "Calcolo statico dei tubi per posa senza scavo", gennaio 1990

■ "Libri sulle prestazioni standard nell'edilizia, Campo di applicazione della posa senza scavo" 085 marzo 1997

■ DIN 18319 "Condizioni tecniche generali di contratto per lavori di posa a spinta di tubi", VOB Parte C, giugno 1996.

Inoltre dovrebbero essere prese in considerazione anche le prescrizioni relative alla qualità e prescrizioni di collaudo dell'aprile 1998 relative alla tutela della qualità nella costruzione di canalizzazioni 'Gütegemeinschaft Herstellung und Instandhaltung von Entwässerungskanälen und -leitungen e. V.' ('Consorzio per la qualità nella fabbricazione e manutenzione di canali e tubazioni di fognatura – Associazione registrata').

6.1 Foglio di lavoro della ATV - A 125 Avanzamento tubi a spinta

Il già più volte menzionato foglio di lavoro A 125 Avanzamento tubi a spinta, della ATV rappresenta una guida per i tecnici impiegati nella pianificazione e

realizzazione. Esso descrive in due capitoli tutti i procedimenti di avanzamento, presidiato e non presidiato, indicandone i campi di applicazione. Nel paragrafo relativo a equipaggiamenti costruttivi e meccanici, per la prima volta vengono formulati, in uno standard tecnico, requisiti speciali per tubi di tutti i materiali e per i loro giunti, nonché per i pozzetti.

A questo proposito sono particolarmente importanti le tolleranze ammesse per i tubi relativamente alle lunghezze d'ingombro, all'ortogonalità della superficie frontale, agli scostamenti dalla retta e dai diametri esterni del tubo, nonché alla linearità delle linee di fondo.

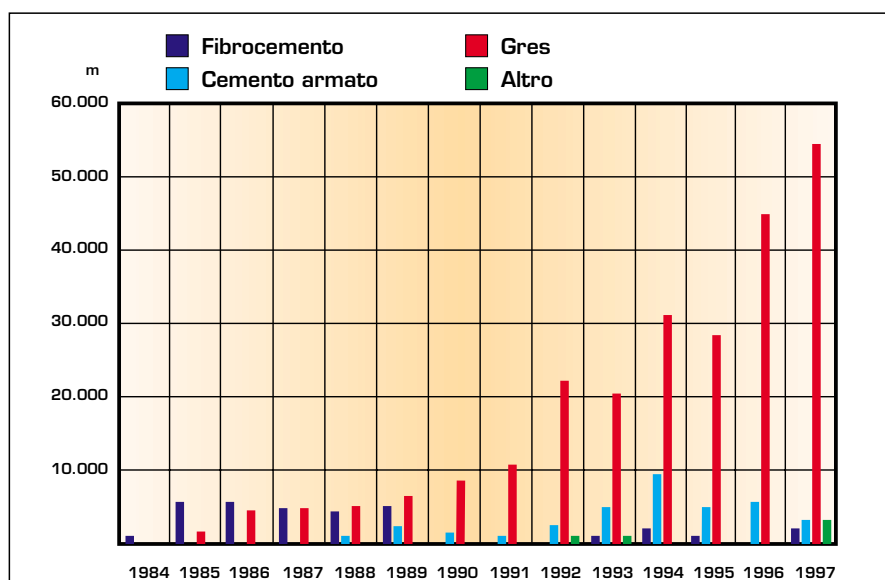
I requisiti generali per i giunti riguardano, fra l'altro, la tenuta idraulica, la possibilità di angolazione, la stabilità della forza di taglio e la trasmissione delle forze assiali.

Lo scopo è di tenere in considerazione questi requisiti nelle relative norme future circa i materiali per tubi per la posa a spinta.

Questo è già avvenuto a livello europeo. Parallelamente all'elaborazione dell'A 125 è stata elaborata la EN 295, parte 7 (introdotta nel frattempo in tutti i Paesi membri) "Tubi in grès e raccordi, nonché giunti per tubazioni e canali di fognatura, Requisiti per i tubi in grès e per i giunti nella posa a spinta".

La Fig. 26 mostra la percentuale di materiali da condotta utilizzati a Berlino dalle BWB per la posa senza scavo.

Il capitolo relativo alla preparazione della pianificazione contiene, fra l'altro, le tolleranze massime, nonché i requisiti d'inventario dei fabbricati e degli equipaggiamenti esistenti, dei rapporti sul terreno di posa e sull'acqua di



• **Figura 26 - Percentuale di materiale da condotta utilizzati a Berlino per la posa senza scavo**

falda e delle indicazioni sull'assestamento presenti.

Con la dichiarazione di diametri nominali privilegiati, si vuole perseguire l'effetto di razionalizzazione il mercato per quanto riguarda la limitazione numerica delle teste d'avanzamento, ma anche lo stoccaggio dei materiali da condotta.

Il paragrafo "Esecuzione" esige imprese competenti e reports d'avanzamento con i parametri rilevanti per i singoli tipi di avanzamento.

Inoltre vengono trattati lo scavo e l'estrazione, le aperture di entrata e uscita, gli impianti di prosciugamento, nonché i mezzi di sostegno ed i lubrificanti.

In alcuni capitoli a parte sono indicati i requisiti speciali in caso di avanzamento al di sotto di aree ferroviarie della Ferrovia Tedesca, al di sotto di strade

federali di grande comunicazione e vie d'acqua federali.

I rimandi normativi facilitano la ricerca di ulteriori standard e prescrizioni.

6.2 Foglio di lavoro della ATV A 161 Calcolo statico dei tubi per la posa senza scavo

Il foglio di lavoro A 161 indica i carichi che sono da considerare per quanto riguarda i tubi d'avanzamento a spinta nelle diverse fasi e regola il dimensionamento e la certificazione di sicurezza. Fondamentalmente si deve distinguere fra (vedi tabella qui sotto):

■ stato della costruzione;	sollecitazione nell'asse del tubo
■ condizione di funzionamento;	sollecitazione trasversale all'asse del tubo,
■ dimensionamento minimo;	sollecitazione trasversale all'asse del tubo
	certificato relativo al limite di fatica,
	sollecitazione a da carico di punta.

I produttori di tubi sono normalmente disponibili a preparare i calcoli statici per le tubazioni d'avanzamento a spinta ed hanno, a tale scopo, ideato dei formulari per i clienti nei quali devono essere introdotti i parametri specifici di progetto.

6.3 Libri sulle prestazioni standard nell'edilizia, Campo di applicazione della posa senza scavo 085 marzo 1997

Nella pubblicazione, tutti i procedimenti di avanzamento a spinta contenuti nell'A 125 sono trasformati in bandi di gara.

Viene così contemporaneamente fornita la base per appaltare e contabilizzare automaticamente i lavori di avanzamento a spinta.

I testi sono conformi ai requisiti del VOB e degli standard tecnici.

La struttura modulare dei testi in tutti i libri relativi alle prestazioni standard fornisce, grazie all'elaborazione elettronica dei dati, la possibilità di comporre velocemente le combinazioni di testo desiderate e dunque di scambiare con committenti, ingegneri e appaltatori.

In tal modo vengono facilitati l'esame delle offerte e il confronto dei prezzi e viene consentita la creazione di file di prezzi con il calcolo del prezzo medio. Si tratta di un efficace contributo alla razionalizzazione nel settore dell'edilizia, che facilita le operazioni di ordinazione e contabilizzazione.

Questa pubblicazione può favorire l'impiego della posa con microtunnelling in quanto nel passato molti lavori non sono stati attuati soprattutto per la difficoltà nella compilazione dei relativi capitoli.

Il libro delle prestazioni standard è così suddiviso:

- Equipaggiamento del cantiere per avanzamento spinta dei tubi
- Scavi iniziale, finale e intermedi
- Tubi d'avanzamento, avanzamento tubi
- Avanzamento tubi in settori specia-

li, indennità per avanzamento tubi, misure protettive

- Pianificazione del cantiere principale e di impianti particolari
- Assunzione di prova a futura memoria
- Misurazioni, piani di inventario
- Rilevamenti, dati rilevati
- Documentazione
- Utilizzazione, smaltimento

6.4 DIN 18319 Condizioni tecniche generali di contratto per lavori di avanzamento tubi a spinta

Nei contratti di costruzione devono essere appaltate anche le operazioni di avanzamento tubi secondo le Condizioni tecniche generali di contratto contenute nella Parte C del VOB (DIN 18319).

In questo ambito sono compresi tutti i procedimenti qui riportati. Non vi sono inclusi invece i lavori di scavo per la realizzazione dei pozzetti o altri tipi di scavo e l'asportazione del terreno. Anche i lavori di protezione per gli scavi o le operazioni connesse al prosciugamento sono redatti separatamente nel capitolo.

Le classificazioni del terreno corrispondono alle particolarità dell'avanzamento a spinta, sono riportate:

- 6 classi per rocce non compatte incoerenti con grano ≤ 63 mm, con sabbia e ghiaia come sostanze principali, a seconda della loro densità di stratificazione (non compatta, mediamente compatta, compatta) e della grossezza del grano
- 6 classi per rocce non compatte coerenti con grano ≤ 63 mm, le cui sostanze principali sono: limo, ar-

gilla o sabbia e ghiaia con alte percentuali di massa di limo e argilla, a seconda della loro consistenza (molle come poltiglia, semisolidarigida, solida)

- 4 classi supplementari per rocce non compatte con grossezza del grano > 63 mm, a seconda della percentuale di massa delle rocce e della loro grossezza
- 8 classi per rocce compatte, a seconda della loro resistenza alla compressione uniassiale e della distanza della superficie di separazione
- altre sostanze (ad es. scarica dell'industria estrattiva o scariche di rifiuti).

Con questa classificazione dettagliata l'appaltatore ha l'esatta conoscenza del terreno che gli consente di poter scegliere il procedimento d'avanzamento e determinare i costi relativi. Il bando di gara per un avanzamento di tubi con microtunnelling deve comprendere le seguenti voci:

- modalità di costruzione dei pozzetti iniziale e finale,
- la fornitura dei materiali,
- le operazioni di avanzamento a spinta, separati in base ai diametri nominali e alla classificazione del terreno,
- il recupero di eventuali ostacoli,
- la stesura di protocolli d'avanzamento conformemente ai requisiti dell'A 125,
- l'asportazione del terreno.

6.5 Ostacoli

Numerosi progressi tecnologici consentono l'avanzamento in rocce ma un insieme di ostacoli imprevisi comporta sempre un rallentamento dell'avanzamento. Se rocce di una certa dimensio-

ne non vengono colpite centralmente vi è il pericolo che la testa di comando venga deviata.

Nei casi peggiori gli ostacoli devono essere anche recuperati, attuando una eventuale correzione di direzione della testa di comando. Questi sono i rischi dell'avanzamento con microtunnelling che aumentano tanto più diminuisce il diametro nominale.

Attualmente non esiste alcun metodo sicuro per localizzare esattamente e sufficientemente gli ostacoli rocciosi già in fase di progettazione.

Ricordando che l'Ente appaltante è il "proprietario del terreno" occorre che in fase di progettazione

metta a disposizione le carte geologiche ed esegua ricerche storiche relative alla situazione locale.

Le perizie relative al terreno devono contenere le informazioni e le grandezze caratteristiche necessarie, riportate nell'A 161 e nell'A 125, per il calcolo statico e per l'avanzamento a spinta.

I risultati delle relazioni devono essere forniti, conformemente alla DIN 4022, sotto forma di profili di perforazione e diagrammi di costipazione nelle sezioni longitudinali del terreno scavo.

Tutti questi documenti forniscono solo informazioni puntuali.

Bisogna invece fare i conti con stratificazioni precedentemente non considerate, nei bandi di gara quindi si trovano indicazioni relative alle modalità di contabilizzazione di eventuali ostacoli imprevisti.

La DIN 18319 dispone che la modalità di eliminazione di rocce, che rappresentino un ostacolo per il processo d'avanzamento a spinta, debba essere fissata di comune accordo tra appaltatore ed Ente.

Il recupero di ostacoli deve essere previsto nel capitolato con una voce specifica.

A Berlino si è affermata la seguente procedura. I sondaggi di prova vengono normalmente eseguiti a distanze comprese fra 50 e 100 m del percorso e

diventano parte integrante del bando di gara. La scelta del sistema d'avanzamento viene normalmente lasciata all'impresa che deve indicare nell'offerta il sistema scelto e fissare la grandezza degli ostacoli che non possono essere frantumati dalla macchina.

Gli scavi necessari per il recupero di ostacoli che oltrepassino il limite dichiarato e i costi relativi al fermo vengono accreditati separatamente. In fase di programmazione il committente, grazie all'esperienza e sulla base dei valori disponibili, ipotizza una certa quantità di scavi di recupero in termini di grandezza, profondità e modalità di sostegno.

L'impresa in fase di offerta deve quindi indicarne i prezzi.

Operando in questo modo, l'eliminazione dell'ostacolo viene sottoposta a gara ed i costi per l'avanzamento possono così essere calcolati senza margine di rischio e l'esame dell'offerta risulta per il committente più facile.

Esami del terreno carenti o errati uniti a bandi di gara incompleti o sbagliati comportano sempre problemi e continui litigi. Per questo, nella progettazione con microtunnelling e nella stesura dei bandi di gara questi aspetti assumono una maggiore importanza rispetto alla costruzione convenzionale di condotte.



6.6 L'Assicurazione della qualità nella costruzione di canalizzazioni

Conformemente all'A 125, la realizzazione di avanzamenti di tubi può essere affidata solo a imprese competenti, che dispongano di personale esperto ed equipaggiamenti adatti.

L'impresa deve essere in possesso del certificato del Consorzio per la qualità "Güteschutz Kanalbau" ("Assicurazione della qualità nella costruzione di ca-

nalizzazioni"). Le prescrizioni relative alla qualità e le prescrizioni di collaudo comprendono, per il settore della costruzione con microtunnelling, i gruppi di valutazione V3 e V2.

■ V3 riguarda la realizzazione senza scavo di canali e tubazioni di fognatura di tutti i materiali $\leq$ DN 250.

■ V2 riguarda la realizzazione senza scavo e non presidiata di canali e tubazioni di fognatura di tutti i materiali e di tutti i diametri nominali tramite impianti di avanzamento di tubi pilotati, con registrazione automatica delle forze di spinta e registrazione continua dell'errore di posizione.

Nelle Condizioni Generali e Speciali vengono richiesti, fra l'altro, particolare esperienza e affidabilità da parte delle imprese e del personale impiegato. Tali requisiti devono essere soddisfatti anche da eventuali subappaltatori.

Nell'aprile del 1998 la "Assicurazione qualità nella costruzione di canalizzazione" registrò per il gruppo di valutazione:

■ V2 72 ditte certificate;

■ V3 49 ditte certificate.

A causa della difficoltà dei lavori d'avanzamento con microtunnelling le imprese devono avere requisiti importanti e conoscenze che possono essere soddisfatte solo da un numero limitato di ditte costruttrici. Lo dimostra uno sguardo al numero dei certificati rilasciati negli ultimi 10 anni, a partire cioè dalla fondazione della "Assicurazione qualità nella costruzione di canalizzazioni". Contro 1236 attestazioni per i gruppi di valutazione A1 e A2 relativi a modalità di costruzione dei canalizzazioni con trincea, ci sono in totale 169 certificati per avanzamenti presidiati e non presidiati.

7. Confronti economici

È ancora largamente diffusa l'opinione che la costruzione di condotte senza scavo rispetto alla costruzione convenzionale sia molto costosa e nella migliore delle ipotesi sia più economica a elevate profondità o in caso di problematiche particolari. Questa errata visione è la ragione per cui in alcune regioni non si è verificata alcuna competizione fra i due tipi di realizzazione. La costruzione di microgallerie si è certamente imposta in alcuni aree come alternativa di gran lunga più economica e si evidenzia, nell'intera Germania, una continua percentuale di crescita, ma non raggiunge ancora l'attenzione che gli spetterebbe per le possibilità tecniche ed i pregi ecologici che ne derivano.

I costi di costruzione per la realizzazione dei collettori dipendono dalle condizioni locali. In questo contesto rivestono un ruolo importante anche il livello dei prezzi e la capacità delle imprese, nonché la situazione congiunturale. Risulta pertanto impossibile fare un computo preciso sui costi riguardanti tutte le regioni.

Per trovare la soluzione di volta in volta più economica bisognerebbe fare bandi di gara che consentano i due metodi (tradizionale e con microtunneling). Se ciò venisse fatto si otterrebbe una panoramica sicura della situazione di mercato e sarebbe possibile valutare quale tecnica di realizzazione possa essere più economica.

Tuttavia, il gran numero di lavori commissionati e realizzati a Berlino consente di fare alcune valutazioni ed un confronto con la realizzazione con trincea. Sulla base dei prezzi d'offerta relativi agli anni 1997 e 1998 sono stati eseguiti confronti di costi, di seguito riportati, in 4 situazioni. Per poter inserire i confronti economici nel presente

studio, si è reso indispensabile fissare le seguenti condizioni di calcolo:

- Tutte le rilevazioni si riferiscono a lavori di costruzione al di sopra dell'acqua di falda. Per pose in falda i costi si sposterebbero ulteriormente a favore del microtunneling.
- Viene considerata l'installazione di tubi in grès per i diametri nominali DN 200, 250, 300, 400, 500, 600 e 800, conformi alla DIN EN 295, a profondità di posa di 1,75, 3,00, 4,00, e 5,00 m. Profondità intermedie sono state interpolate nelle rappresentazioni oppure sono state estrapolate per la profondità di posa di 6,00 m.
- La superficie stradale è stata considerata:
 - non consolidata (Fig. 28)
 - con pavimentazione in pietra composta, massicciata in ghiaia (Fig. 29)
 - con pavimentazione di calcestruzzo (Fig. 30)
 - con pavimentazione di bitume (Fig. 31).

Altre specifiche considerate sono:

- Ampiezze minime delle trincee secondo la DIN EN 1610
- Estrazione del terreno come valore medio per le classi 3, 4 e 5
- Sostituzione del terreno al 50%, cioè trasporto di terreno di riempimento per garantire un costipamento regolare
- Distanza dei pozzetti d'ispezione 60 m
- Test d'impermeabilità all'acqua per tutte le condotte ed i pozzetti d'ispezione
- Ampiezza dei segmenti da rilevare da entrambi i lati delle trincee per tubazioni prima della ricostruzione definitiva del piano stradale in conformità alle "Zusätzliche Technische Vorschriften für Leitung-

sbauarbeiten (ZTVL)" ("Prescrizioni tecniche supplementari per lavori di realizzazione di condotte").

- Piano di posa della costruzione di tipo aperto: in ogni tronco 6 diramazioni, nonché giunti universali, nei pozzi d'ispezione
- Distanza dei pozzetti iniziale e finale di cemento armato 120 m. Pozzetti iniziali per avanzamenti $\leq$ DN 300 con 2,00 m di diametro interno, nel settore superiore cassette in lamiera d'acciaio (Liner-Plates), per pozzetti finali in caso di avanzamenti $\leq$ DN 300 in cassette in lamiera d'acciaio (Liner-Plates) con 2,00 di diametro interno. Pozzetto iniziale trasformato in cameretta d'ispezione secondo la Fig. 21. Pozzetti iniziale e finale per avanzamenti a spinta $\geq$ DN 400 di cemento armato con 3,20 m di diametro interno, nel settore superiore cassette in lamiera d'acciaio (Liner-Plates). Pozzetto d'ispezione interno secondo la Fig. 23.

Se si analizza l'incidenza dei costi della posa con trincea aperta le voci più significative sono rappresentate dallo scavo del terreno con la realizzazione delle protezioni, dalla sostituzione del terreno, dal rinterro con costipamento, dalla rimozione dei dispositivi di protezione degli scavi, nonché dalla rottura e dalla successiva ricostruzione della pavimentazione stradale. Con l'aumento della profondità cresce la percentuale del costo delle trincee e in proporzione pressoché uguale diminuisce l'incidenza della pavimentazione stradale. Ne consegue che il costo di posa di tubazioni e pozzetti riveste un ruolo secondario.

In caso di realizzazione senza scavo, e sempre predominante - in modo indipendente dai diametri nominali, dalle profondità e dalle pavimentazioni di superficie - il processo di avanzamento a spinta vero e proprio comprensivo

dei tubi, con un'incidenza dal 60% al 70%. Seguono i pozzetti iniziale e finale con quasi il 25% max. dei costi complessivi.

Al riguardo potrebbero essere messe in atto risparmi, grazie a soluzioni innovative per la costruzione degli elementi costitutivi dei pozzetti e aumentando le lunghezze d'avanzamento. Un ruolo relativamente secondario rivestono i costi per i pozzetti d'ispezione, e, come ovvio, sono quasi privi di significato i costi per la rottura e la ricostruzione della superficie stradale. I quattro diagrammi mostrano, per quanto riguarda i costi, la relativa indipendenza degli avanzamenti dalla profondità della ca-

nalizzazione. I punti d'intersezione delle curve significano parità di costi.

Si vede che gli avanzamenti possono essere più economici già a profondità ridotta, in particolare quando è coinvolta una pavimentazione stradale pregiata.

Le profondità limite dell'economicità riportate nei paragrafi seguenti si sposterebbero ulteriormente e molto più chiaramente a favore degli avanzamenti a spinta, se, ad esempio,

- dovessero essere impiegati impianti per l'asporto dell'acqua falda,
- fosse necessario una totale sostituzione del terreno di riempimento da compattare,

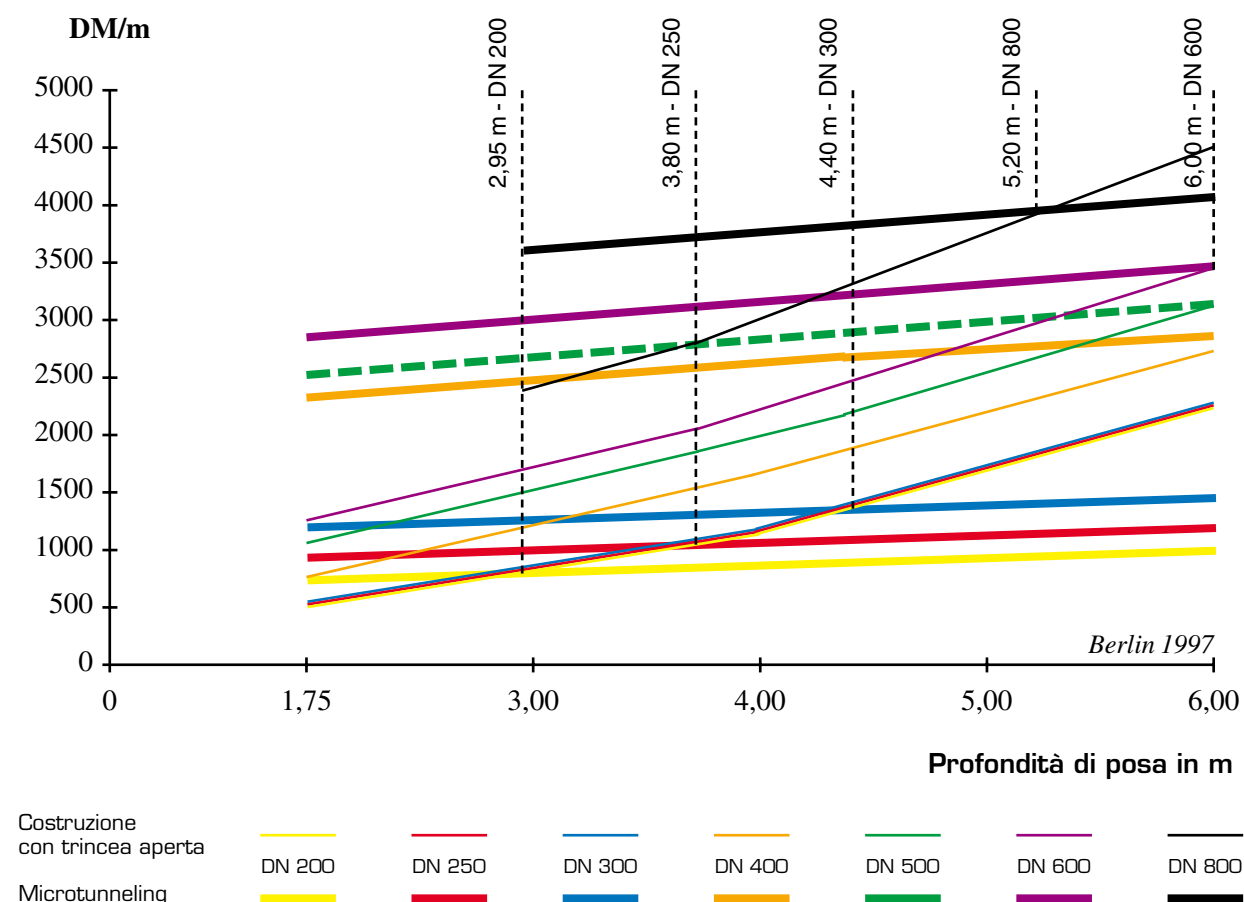
- fossero richieste preventivi provvedimenti di sicurezza per fabbricati, tubazioni o altri equipaggiamenti nella zona della scarpata di scavi aperti,
- fosse necessario scavare i pozzetti manualmente,
- le condizioni locali costringessero a costruire dispendiose strutture di sostegno per lo scavo,
- fossero prescritte deviazioni del traffico, impianti di segnalazione ottica, ecc. quali provvedimenti supplementari nella costruzione con trincea aperta.

7.1

Confronto dei costi per la costruzione di canalizzazioni al di sopra del livello di falda

Costruzione di tipo aperto / Microtunnelling con tubi in grès

Superficie non consolidata



Confronto dei costi per la costruzione delle canalizzazioni; superficie non consolidata

In caso di superficie non consolidata, gli avanzamenti per

DN 200 a profondità di posa	> 2,95 m ca.
DN 250	> 3,80 m ca.
DN 300	> 4,40 m ca.
DN 600	> 6,00 m ca.
DN 800	> 5,20 m ca.

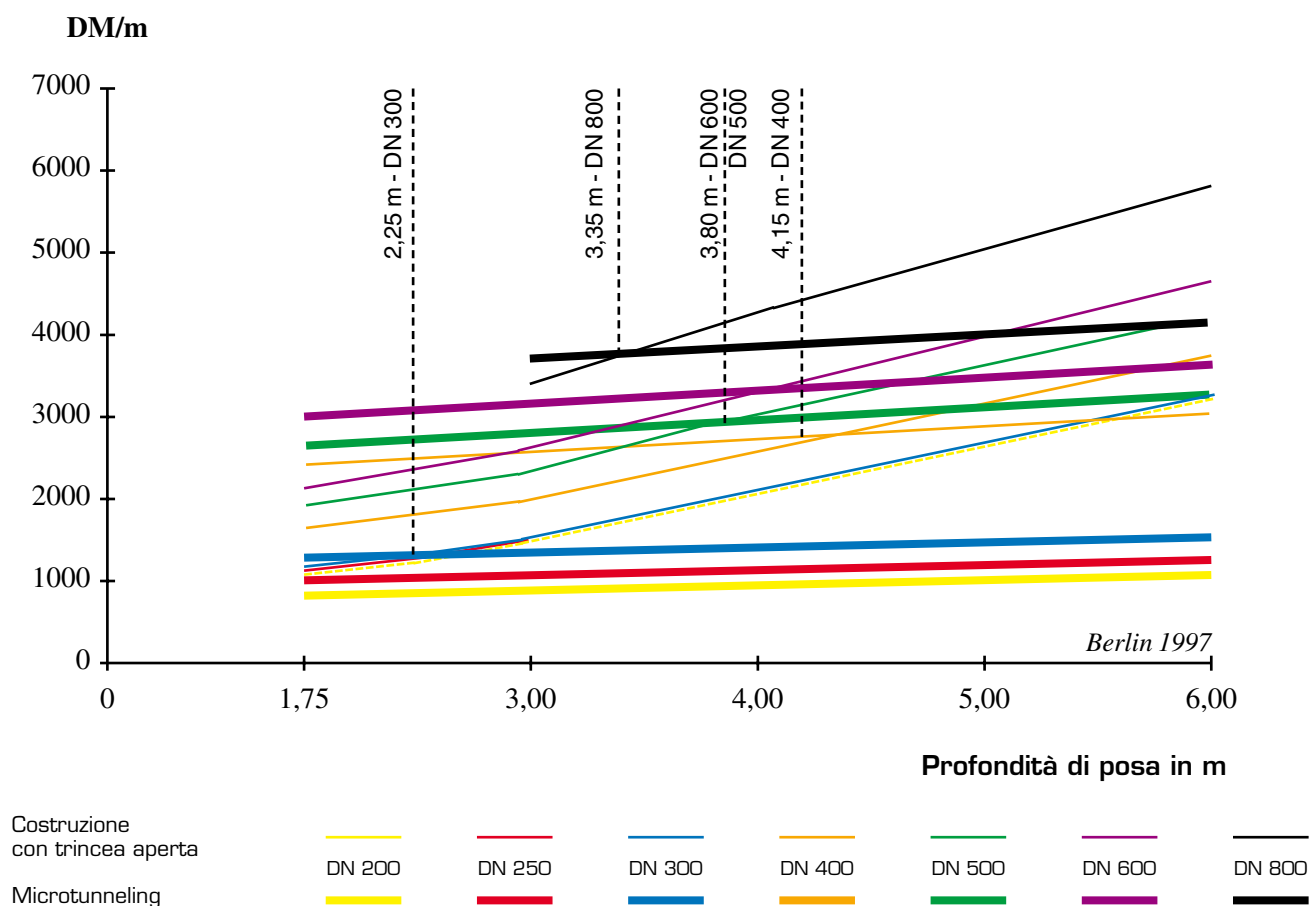
sono più economici della posa con trincea aperta. Il punto d'intersezione dell'economicità non viene raggiunto per diametri nominali DN 400 e DN 500 mm alla profondità di posa fino a 6,00 m, dipende dall'elevata incidenza dei costi per i pozzetti iniziale e finale. In caso di DN 400 il diametro interno dei pozzetti cambia da 2,00 a 3,20 m, per profondità di posa di 5,00 m l'incidenza dei costi per i pozzetti iniziale e finale ammonta al 29% o 26% dei costi complessivi.

7.2

Confronto dei costi per la costruzione di canalizzazioni al di sopra del livello di falda

Costruzione di tipo aperto / Microtunneling con tubi in grès

Superficie: in pavimentazione in pietra composta



Confronto dei costi per la costruzione di canalizzazioni;

Superficie: in pavimentazione in pietra composta, massicciata in ghiaia

In caso di pavimentazione in pietra composta con massicciata in ghiaia, gli avanzamenti per

DN 200 a profondità di posa > 1,75 m ca.

DN 250 > 2,55 m ca.

DN 300 > 3,45 m ca.

DN 400 > 5,45 m ca.

DN 500 > 5,00 m ca.

DN 600 > 4,95 m ca.

DN 800 > 4,35 m ca.

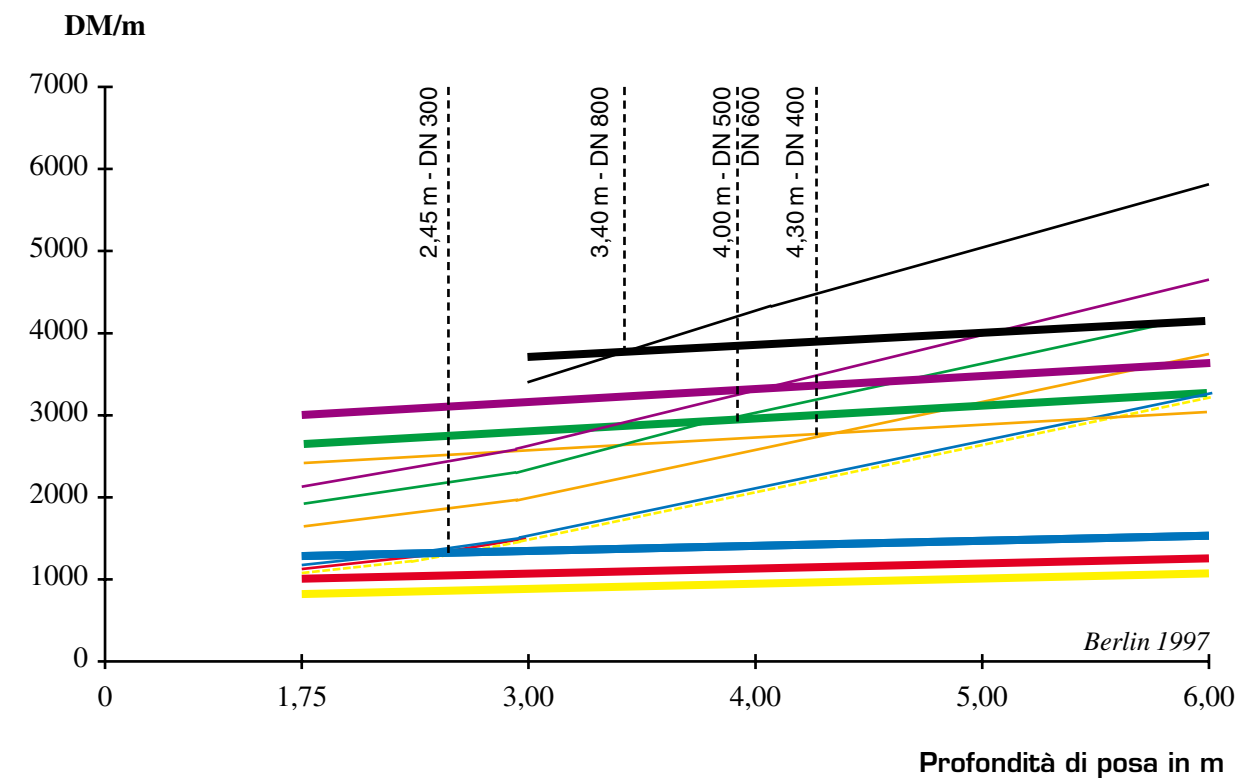
sono più economici della posa aperta.

7.3

Confronto dei costi per la costruzione di canalizzazioni al di sopra del livello di falda

Costruzione di tipo aperto / Microtunnelling con tubi in grès

Superficie pavimentazione di calcestruzzo



Costruzione
con trincea aperta

DN 200

DN 250

DN 300

DN 400

DN 500

DN 600

DN 800

Microtunnelling

DN 200

DN 250

DN 300

DN 400

DN 500

DN 600

DN 800

Confronto dei costi per la costruzione di canalizzazioni;

superficie: pavimentazione di calcestruzzo

In caso di pavimentazione in calcestruzzo, gli avanzamenti per DN 200 e DN 250 mm sono più economici a tutte le profondità di posa considerate, e per

DN 300 a profondità di posa > 2,45 m ca.

DN 400 > 4,30 m ca.

DN 500 e DN 600 > 4,00 m ca.

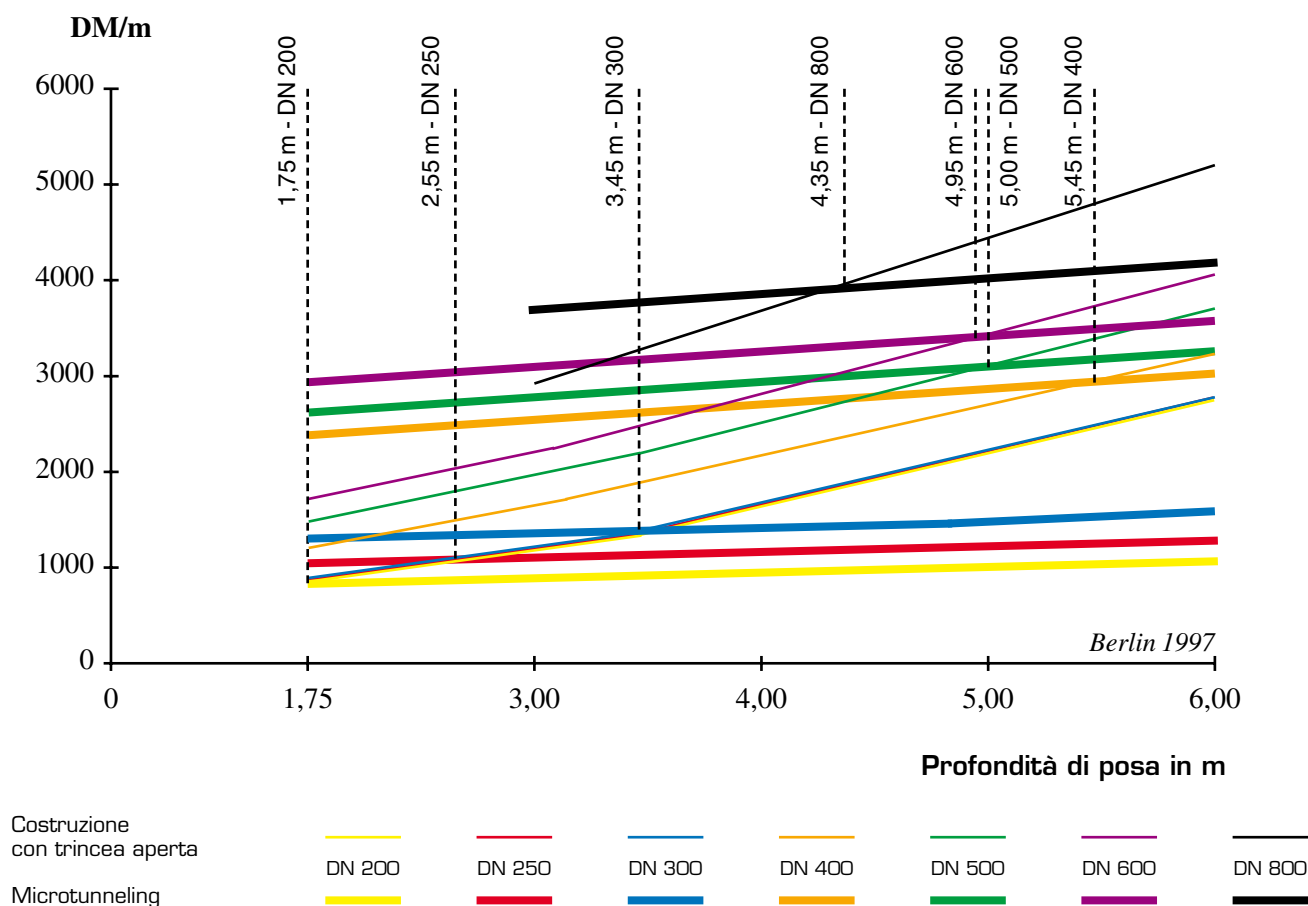
DN 800 > 3,40 m ca.

7.4

Confronto dei costi per la costruzione di canalizzazioni al di sopra del livello di falda

Costruzione di tipo aperto / Microtunneling con tubi in grès

Superficie: pavimentazione di bitume



Confronto dei costi per la costruzione di canalizzazioni;

Superficie: pavimentazione di bitume

In caso di pavimentazione con piano stradale in bitume, gli avanzamenti per DN 200 e DN 250 mm sono più economici a tutte le profondità di posa considerate, e per

DN 300 a profondità di posa > 2,25 m ca.

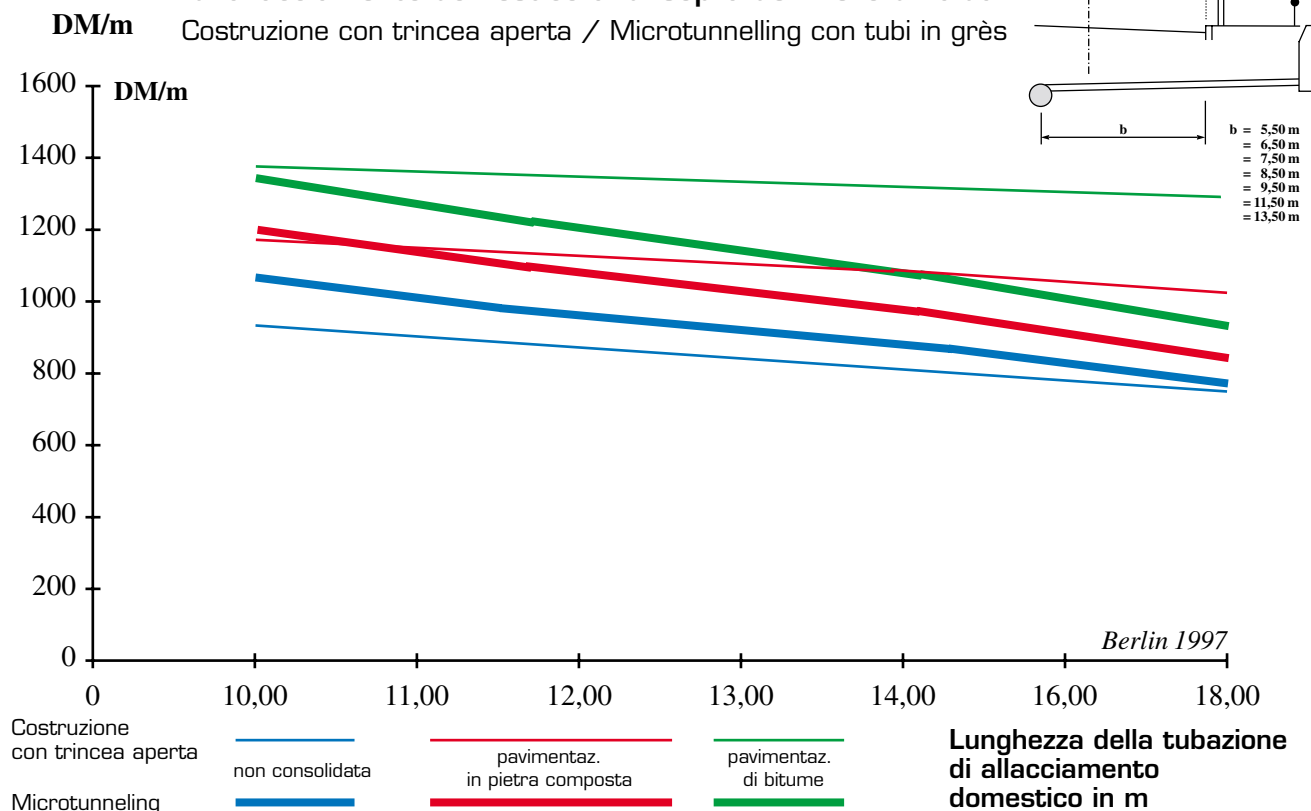
DN 400 > 4,15 m ca.

DN 500 e DN 600 > 3,80 m ca.

DN 800 > 3,35 m ca.

7.5

Confronto dei costi per la costruzione di canalizzazioni di allacciamento domestico al di sopra del livello di falda



Confronto dei costi per tubazioni di allacciamento domestico

Le precedenti considerazioni non comprendono alcuna osservazione relativa ai costi per tubazioni di allacciamento domestico. Questi sono contemplati in un altro esempio (Fig. 32), che fornisce un confronto tra la costruzione con trincea aperta e la posa senza scavo. In tale esempio vengono di volta in volta determinati i costi per le tubazioni di allacciamento domestico con lunghezze comprese fra 10,00 e 18,00 m in caso di superficie non consolidata, nonché per piani stradali con pavimentazione in pietra composta e massicciata in ghiaia e con pavimentazione di bitume. La configurazione della superficie fra il cordolo e il limite dell'appezzamento - eccezione fatta per il caso della superficie totalmente non consolidata - per tutti gli altri casi è costante (4,50 m tot. di ampiezza), e consiste in:

- zona pedonale alberata non consolidata larga 1,00 m,
- pista ciclabile di 1,00 m di larghezza, con pavimentazione in pietra composta e massicciata in ghiaia,
- marciapiedi di 2,00 m di larghezza, in piastre di calcestruzzo con massicciata in ghiaia,
- pavimentazione in pietra a mosaico, larga 0,5 m, con massicciata in sabbia.

La distanza b , al di sotto del piano stradale fino al collettore, varia fra 5,50 e 13,50 m; da ciò derivano le lunghezze delle canalizzazioni di allacciamento domestico comprese fra 10,00 e 18,00 m. In entrambi i procedimenti di costruzione è stato contemplato uno scavo al di sopra del collettore principale e uno sull'appezzamento. Gli avanzamenti a spinta dei tubi di allacciamento per i quali è ne-

cessario solo uno scavo, come ad esempio

- nel tipo di costruzione berlinese,
- nell'avanzamento con collegamento sotterraneo al collettore,
- nella perforazione a foro cieco,

comportano naturalmente costi di costruzione ancora più bassi e spostano il limite di economicità a favore della posa senza scavo. Viene raggiunta una soluzione economica nel caso di 18 m ca con due scavi per pozzetti e superficie totalmente non consolidata. Gli avanzamenti a spinta risultano più economici già in caso di lunghezza della tubazione di allacciamento domestico inferiore ai 10,50 m ca., e per pavimentazioni di bitume in caso di lunghezza inferiore a 10,00 m. Le esecuzioni riportate nell'ultimo paragrafo del punto 7, valgono per analogia anche in caso di costruzione di canali di allacciamento domestico.

7.6 I costi sociali

Nella precedenti trattazione relativa all'economicità dei sistemi di posa senza scavo, sono considerati solo i costi di costruzione effettivi. Rispetto alle costruzioni con trincea aperta, il risparmio dal microtunnelling è perfettamente calcolabile per quanto riguarda:

- minori rotture del manto stradale,
- forte limitazione dello scavo con riduzione del trasporto di grosse masse di terreno,
- limitazione degli oneri per asportare l'acqua di falda,

Con l'impiego del microtunnelling sono comunque da evidenziare ulteriori vantaggi, quali ad esempio:

- minori limitazione al traffico,
- riduzione di inquinamento da rumore e da emissioni,
- diminuzione del rischio di incidenti,
- eliminazione di eventuali danneggiamenti agli edifici confinanti,
- cura di alberi e zone di verde
- eliminazione di tempi morti dovuti a cattive condizioni atmosferiche.

Si parla in questo contesto di costi indiretti o sociali, che hanno una particolare rilevanza ecologica e che, soprattutto, pesano sull'economia nazionale. Ostacoli al traffico stradale, deviazioni, un aumento del tasso d'incidenti, danneggiamenti della strada, danni all'ambiente quali rumore, sporcizia e odori, ne sono le componenti principali.

Le spese che comportano, in caso di costruzioni con trincea aperta, possono essere considerevoli e insieme alla sostituzione del terreno di riinterro, allo stoccaggio in discarica del terreno di

scavo, ecc., spesso possono raggiungere lo stesso ordine di grandezza dei costi diretti di un lavoro di costruzione.

Fino a quando tali costi sociali non verranno contemplati nell'assegnazione di lavori di costruzione delle canalizzazioni, si avrà un rallentamento al fatto che la costruzione di microgallerie diventi sempre più un'alternativa economica.

8. La costruzione di microgallerie per ridurre gli oneri connessi alle acque di scarico

Le tariffe relative alle acque di scarico sono essenzialmente determinate dalle spese finanziarie per la realizzazione, il funzionamento e la manutenzione delle reti.

Gli investimenti per i sistemi di fognatura ammontano, secondo le indicazioni di Pecher basate sui rilevamenti dell'ATV, al 75% ca. e pertanto hanno un peso rilevante. ("Abwasserentsorgung – wirtschaftlich, weitsichtig, bezahlbar", Initiative Wirtschaftliche Abwasserentsorgung - IWA – Postfach 101122, 45411 Mülheim an der Ruhr (3).

Secondo la fonte citata, per gli imprenditori pubblici nei vecchi Stati federali, risulta la seguente incidenza dei costi:

■ Imposta sulle acque di scarico	3,3 %
■ Costi del personale	16,4 %
■ Altri costi d'esercizio	25,9 %
■ Interessi	29,1 %
■ Ammortamenti	25,3 %.

I costi per il pagamento degli interessi e per gli ammortamenti degli impianti incidono dunque per quasi il 55%.

Ne consegue che le tariffe diminuisco-

no sensibilmente quanto più si allunga la durata di utilizzo dei canali.

La durata dei sistemi fognari può essere influenzata anche dell'accurata scelta dei materiali da utilizzare, da una realizzazione sicura dal punto di vista della qualità e da un funzionamento regolare.

A questo proposito si rimanda al succitato contributo di Pecher e ad una pubblicazione di Kuck. ("Weichenstellung für kommende Generationen – Plädoyer für technische und wirtschaftliche Weitsichtigkeit bei Bau und Betrieb öffentlicher Abwasseranlagen", Sonderdruck aus Kommunalwirtschaft Heft 4, April 1997 (4), reperibile presso STEINZEUG GmbH, Köln).

Sulla base dei requisiti tecnici necessari per l'esecuzione, la costruzione di microgallerie offre i migliori presupposti per realizzare canalizzazioni di qualità.

Secondo l'A 125 dell'ATV, rispetto ai prodotti convenzionali, i tubi ed i giunti per la posa a spinta devono avere maggiori spessori delle pareti, una più elevata resistenza e tolleranze minori.

Il processo di posa garantisce una maggiore esattezza.

Indirettamente quindi con l'impiego del microtunnelling aumenta anche la sicurezza nei confronti di sollecitazioni da carichi pesanti, abrasione, corrosione, garanzia di tenuta idraulica, ecc. e si allunga la vita media delle canalizzazioni.

Si ha quindi una durata maggiore, il tempo di ammortamento può essere adeguato ed i relativi importi possono essere ridotti.

Ciò significa una diminuzione delle tariffe per le acque di scarico.

Ulteriori osservazioni a questo proposito con esempi pertinenti, possono essere reperiti nel contributo di Thymian, Möhring, Friede "Die wirtschaftliche Bedeutung des Güteschutzes beim Bau von Abwasserkanälen". (STEINZEUG-Information 1996). (5)

9. Suggerimenti per l'affermazione della costruzione di microgallerie

La costruzione di microgallerie non riscuote nella coscienza pubblica la considerazione dovuta e questo dipende da:

- Non approfondita conoscenza circa il livello raggiunto dalla ricerca e dallo sviluppo. Per gli imprenditori le costruzioni senza scavo conservano “qualcosa di misterioso” e vengono scelte solo quando non sono praticabili le soluzioni alternative convenzionali,
- incertezze relative a questioni di pianificazione, progettazione e stesura dei bandi di gara,
- diffidenza, in particolare nel caso di difficili condizioni del terreno,
- riluttanza delle ditte che non riescono a valutare la frequenza di impiego delle attrezzature in relazione all'investimento necessario.

Quando si opera per uno sviluppo tecnico, come nel caso del microtunnelling, le persone coinvolte incontrano sempre nuove sfide.

Ciascun committente e ciascun ufficio di progettazione può dare un impulso per incrementare l'economicità del sistema e contribuire alla sua affermazione sul mercato.

A tal proposito possono essere d'aiuto i seguenti suggerimenti:

1. In fase di pianificazione per ciascun progetto dovrebbero essere messe a confronto considerazioni di ordine economico relative alla costruzione con trincea aperta e senza scavo. In modo obiettivo devono essere tenuti in considerazione tutti i fattori di influenza che pesano in particolare sulle realizzazioni tradizionali, quali ad esempio sistemazioni pre-

ventive di tubazioni (sottoservizi), impianti di segnalazione ottica, rotture e ricostruzione delle strade, la sostituzione del terreno di riinterro, i pompaggi per l'acqua di falda e i tempi di realizzazione.

2. Qualora risulti un calcolo della redditività vicino alla parità dei costi, il mercato dovrebbe essere sfidato con capitolati alternativi.
3. La costruzione di microgallerie è adatta per brevi attraversamenti sotterranei di dighe, strutture a binari, vie d'acqua o incroci stradali. Quanto più lungo è un cantiere, tanto più vantaggiosamente si ripartisce l'incidenza degli investimenti necessari in questa tecnologia.
4. Frequenti bandi di gara che prevedono l'impiego di microtunnelling costituiscono dei segnali per gli appaltatori, che potrebbero valutare l'investimento necessario.
5. Rappresentano un contributo al processo di razionalizzazione le standardizzazioni degli elementi principali, i pozzetti iniziale, finale, ausiliari o intermedi e il loro successivo impiego come manufatti di ispezione.
6. Per ciascun imprenditore dovrebbe essere possibile rinunciare a diametri nominali intermedi, quali ad esempio DN 350, DN 450, DN 700, DN 900, ecc. Ne conseguirebbe un risparmio di costi nell'acquisto delle teste d'avanzamento.
7. Per la formulazione del capitolato dovrebbe essere utilizzato il Libro delle prestazioni standard; Campo di applicazione dell'avanzamento a tubi StLB 085, ediz. marzo 1997, che garantisce un corretto bando di gara.

8. Nei contratti base o nei contratti annuali gli imprenditori dovrebbero accettare, in caso di lavori ricorrenti, anche l'avanzamento di singoli tronchi con piccoli diametri nominali e tubazioni di allacciamento domestico. Potrebbero essere utilizzati dei forfait per semplificazione della contabilizzazione.

9. I futuri incarichi di progettazione e realizzazione si concentreranno sempre più sul settore dei vecchi impianti fognari.

In questo caso le condizioni dominanti saranno forti coinvolgimenti del traffico, pregiate pavimentazioni stradali e provvedimenti di tutela dei sottoservizi presenti in queste condizioni limite la costruzione con microtunnelling può mettere in risalto i suoi vantaggi.

È inoltre prevedibile che gli Enti proprietari delle strade pubbliche, per ridurre i problemi di traffico nelle città e negli agglomerati urbani, disporranno il pagamento di tasse sull'interruzione delle strade in funzione della durata e dalle dimensioni della superficie di traffico coinvolto.

10. Gli sviluppi nella costruzione di microgallerie proseguono. Ci saranno nuove possibilità d'applicazione. Serie offerte di alternative tecniche nell'interesse di soluzioni più economiche dovrebbero pertanto rappresentare una chance.

Indipendentemente da qualsiasi sviluppo futuro sono già oggi a disposizione sistemi fognari completi posati senza scavo con la tecnica del microtunnelling, che si sono dimostrati, in condizioni di competizione, un'alternativa concorrenziale ai procedimenti di costruzione convenzionali. Il loro impiego ricompensa gli aspetti economici e l'ambiente.

10 Bibliografia

(1) “Possibilità e limiti della costruzione di microgallerie in considerazione degli utensili da scavo”

(2) “Costruzioni al/sotto il livello del suolo”, numero 7/1996

(3) “Smaltimento delle acque di scarico – in modo economico, lungimirante e con costi sostenibili”, Iniziativa Smaltimento Economico delle Acque di Scarico - IWA – Casella postale 101122, 45411 Mülheim an der Ruhr.

(4) “Cambio di rotta per le generazioni a venire – Arringa a favore di una lungimiranza tecnica ed economica nella costruzione e nella gestione di impianti fognari pubblici”, Edizione speciale tratta da Economia Comunale, numero 4, aprile 1997.

(5) “Il significato economico della tutela della qualità nella costruzione di canali di fognatura” (Informazione STEINZEUG 1996).

Altri documenti

(6) Möhring “Der umweltgerechte Kanal- und Rohrleitungsbau durch Micro-tunneling” (La costruzione ecologica di canali e condotte attraverso il micro-tunneling)

(7) Möhring “Handbuch Wasserversorgungs- und Abwassertechnik” (Manuale sulla tecnica relativa all’approvvigionamento idrico e alle acque di scarico)

(8) Möhring “5. Ausgabe Band 1: Rohrnetztechnik, Vulkan-Verlag, Essen – 1995” (5^ edizione, volume 1: Tecnica delle reti di tubazioni, Editrice Vulkan, Essen 1995).

Ing. Knut Möhring . . .

. . .ex dirigente del settore Reti della Berliner Wasserbetriebe BWB
(Aziende delle acque di Berlino)

Attività nel settore della normalizzazione e all’interno di associazioni:

- Presidente del gruppo di lavoro ATV-DVGW “Procedimento di costruzione senza scavo”
- Membro di numerosi comitati di lavoro DIN in materia di acque e di gruppi CEN
- Membro dello HA 1 della ATV
- ex responsabile del comitato di lavoro DIN Tubi in grès
- ex membro della Commissione Consultiva Tecnico-Scientifica della Società di Ricerche dell’Industria del Grès
- Membro fondatore e a lungo direttore del Consorzio per la Qualità nella Costruzione di Canalizzazioni

Onorificenze (e altro):

- Medaglia d’onore in oro della ATV
- Croce al merito della Repubblica Federale