

Renzo Chirulli

Manuale di Ingegneria No-Dig

Le tecnologie, le metodologie di progetto e di calcolo

Autore: **Renzo Chirulli**

Titolo: **Manuale di Ingegneria No-Dig**

1ª Edizione: Ottobre 2016

ISBN: 978-84-946170-1-0

Materia IBIC: TN

Nº Depósito Legal: TF 695-2016

TUTTI I DIRITTI RISERVATI

Copyright © 2016 Renzo Chirulli

Tenerife - ESPAÑA



www.trenchless.eu

I diritti di traduzione, di riproduzione, di memorizzazione e di adattamento totale o parziale con qualsiasi mezzo (compresi i microfilm, le copie fotostatiche, le scansioni e riprese digitali) sono riservati per tutti i paesi.

Le informazioni contenute in questo libro sono state accuratamente verificate e documentate. Nessuna responsabilità conseguente al loro utilizzo potrà essere addebitata all'Autore, o a qualsiasi altra persona o società che abbia contribuito alla creazione, produzione e distribuzione di questo libro.

Le foto di copertina sono state gentilmente concesse da:

A	B	C
D	E	F
G	H	I

- A) Vermeer Corporation, USA
- B) Herrenknecht AG, Germania
- D) 3M
- E) Saertex multiCom® GmbH, Germania
- H) IDS Ingegneria dei Sistemi Spa, Italia
- I) Rico GmbH, Germania
- C) - F) - G) Proprietà esclusiva di Renzo Chirulli

Stampato dalla tipografia Multiprint - Puerto de La Cruz, S.C. de Tenerife – ESPAÑA.

Fino a quando non ci si assume un impegno, c'è esitazione, esiste la possibilità di tirarsi indietro e c'è sempre inefficienza. Esiste una verità elementare, che riguarda qualsiasi iniziativa (e creazione), la cui ignoranza uccide innumerevoli idee e splendidi piani: nel momento in cui uno assume realmente un impegno allora anche la Provvidenza si muove. Ogni sorta di cose accadono per aiutarlo, cose che altrimenti mai sarebbero accadute. Da quella decisione scaturisce un intero flusso di eventi favorevoli, cose inaspettate, incontri e aiuti materiali, che mai avreste nemmeno sognato che potessero accadere. Ho appreso ad avere un grande rispetto per un paio di versi di Goethe: *“Qualsiasi cosa tu voglia fare o sogni di poter fare, incominciala. L'audacia ha in sé genio, potere e magia”*

William Hutchison Murray
(The Scottish Himalayan Expedition).

Questo libro è dedicato ai miei figli Francesco Elio e Nené Nicole.

Presentazione dell'edizione 2011

Il rapporto tra la città e il suo sottosuolo è un rapporto difficile e sempre più problematico.

Rapporto difficile perché, pur essendo più o meno tutti consapevoli della necessità delle reti e delle infrastrutture tecnologiche del sottosuolo urbano, l'importanza di esse tende a essere sottovalutata rispetto alle infrastrutture soprasuolo, ben altrimenti considerate dalla politica, dall'informazione e dal comune sentire. Ulteriormente difficile perché ogni cantiere d'interventi costruttivi o riabilitativi nel sottosuolo crea disagi talora molto pesanti, prolungati nel tempo e non sempre del tutto giustificati.

Rapporto sempre più problematico perché i continui sviluppi tecnologici dell'energia, dell'idraulica e delle comunicazioni generano continuamente nuove opportunità per la vita civile e sociale delle città; oggi molti ambienti urbani sono percorsi da nuove reti tecnologiche impensabili anche solo uno o due decenni fa, come ad esempio le reti di teleriscaldamento o di cavi in fibre ottiche. Inoltre è sempre più problematico perché la stessa espansione urbanistica, spesso crescente oltre le previsioni, continua a generare nuovi e pesanti sovraccarichi delle reti costruite in precedenza in situazioni urbanistiche ben meno impegnative, ai quali necessariamente conseguono adeguamenti, potenziamenti e quindi ulteriori cantieri e disagi nel territorio urbano. Da questo punto di vista sono emblematiche le reti di fognatura e di drenaggio urbano, sovraccaricate da portate meteoriche sempre più incompatibili con le vecchie strutture, talvolta secolari.

Naturalmente alla progressione di queste difficoltà hanno cercato di tenere testa gli sviluppi dell'ingegneria, con innovative proposte tecnologiche la cui validità deve essere riscontrata sul campo attraverso l'esperienza e le analisi costi - benefici ad ampio spettro, che tengano conto anche dei "costi" indiretti inerenti i prima citati disagi dell'ambiente urbano.

Grande è quindi l'interesse tecnico e scientifico del presente "*Manuale di Tecnologie No-Dig*" che raccoglie e diffonde un assai significativo insieme di tecnologie sviluppatesi negli ultimi decenni per permettere la progettazione e la costruzione o riabilitazione delle reti tecnologiche sottosuolo senza l'apertura di scavi in superficie e quindi con minimi disagi per l'ambiente urbano e con significativi risparmi energetici del complessivo processo realizzativo.

Renzo Chirulli è in Italia uno studioso e un maestro in questo settore. Egli si è dedicato da molto tempo a questo ramo dell'ingegneria con ricerche e approfondimenti originali che hanno spaziato dalle metodologie di calcolo alle tecnologie applicative. Alla sua incessante attività divulgativa in Convegni e Corsi universitari di Aggiornamento, nonché in svariati Comitati Scientifici e Tecnici nazionali e internazionali, Chirulli affianca ora questo Manuale che presenta in dettaglio una completa rassegna della materia e assume quindi un rilievo particolare come strumento operativo per coloro che sono e saranno coinvolti nella progettazione, direzione lavori e costruzione di tipo *no-dig*. Tra l'altro, nello sfogliare e nel

soffermarsi nei vari capitoli del Manuale, si ritrovano numerosi i richiami alle buone arti dell'ingegneria e allo spirito critico e alla fantasia che sempre caratterizza la ricerca e lo sviluppo delle buone soluzioni ingegneristiche.

A Renzo Chirulli va quindi il nostro ringraziamento e l'augurio che possa trovare ulteriore tempo e rinnovate energie per una diffusione sempre più capillare delle tecnologie no-dig.

Maggio 2011

Prof. Ing. Alessandro Paoletti

Politecnico di Milano, Italia

Prefazione dell'autore

Il *Manuale di Ingegneria No-Dig* è il risultato di oltre vent'anni di lavoro dedicati allo sviluppo e all'utilizzo di tecnologie *trenchless*, e alla formazione delle tante persone che hanno seguito in questi anni i corsi, i seminari e i convegni che ho organizzato o ai quali ho preso parte come docente.

Il Manuale, rispetto alle edizioni precedenti, ha cambiato nome; la parola *Ingegneria* è stata introdotta nel titolo per sottolineare un concetto fondamentale che è alla base dello sviluppo di qualsiasi comparto tecnologico: non vi può essere un corretto sviluppo e un'adeguata diffusione di un settore tecnologico se parallelamente non si sviluppa e non si diffonde quel complesso di conoscenze, metodologie e tecniche ingegneristiche che ne permettano il corretto utilizzo.

Nello scrivere questo manuale mi ha guidato l'idea di poter dare un contributo alla crescita di questa materia, attraverso la condivisione e quindi la diffusione di approcci e metodi ingegneristici, spesso originali.

Questo manuale è pertanto uno strumento operativo, utile per chi si appresta a progettare, dirigere o eseguire lavori di tipo *no-dig*. Il Progettista troverà in esso i metodi di calcolo necessari per rendere esegutivi i progetti che prevedono l'impiego di queste tecniche. Il Direttore dei Lavori potrà apprendere quelle nozioni e quei metodi utili per attuare un reale controllo sulle lavorazioni. L'Imprenditore potrà approfondire la conoscenza di questo articolato e dinamico comparto tecnologico, acquisendo una visione più ampia, rigorosa e dettagliata dell'approccio *trenchless*, utile per individuare nuove opportunità d'impresa.

Molte delle metodologie di calcolo illustrate costituiscono un contributo personale e originale alla costruzione di procedure progettuali più standardizzate, che rendano l'approccio al *no-dig* meno empirico e meno incerto di come è stato sinora in molti paesi del mondo.

Il *no-dig* rappresenta un piccolo contributo al cambiamento in atto che mira a una maggiore efficienza energetica dei processi costruttivi e industriali e a una riduzione sempre più drastica degli impatti che le attività umane hanno sul Pianeta.

Questa nuova versione del Manuale, che nelle precedenti edizioni s'intitolava "*Manuale di Tecnologie No-Dig*", nasce dall'esigenza di aggiornare e ampliare un testo di riferimento in un settore che, in quanto nuovo, è in continua e rapida evoluzione.

Rispetto alla prima edizione del 2011, alcuni capitoli del Manuale sono stati ampliati, altri invece riveduti e quindi adeguati, anche alla luce di nuove esperienze e conoscenze.

A compimento di questo nuovo sforzo sento di dover ringraziare tutte quelle persone che mi hanno fatto i complimenti, o richiesto approfondimenti e ampliamenti, oppure segnalato qualche inevitabile errore.

Tutto, d'altronde, è perfezionabile e come autore resta l'impegno di mantenere quest'opera attuale, aggiornata e operativa, impegno non sempre facile ma che da appassionato del settore, continuo tuttora a sostenere con piacere.

Ottobre 2016

Dr. Ing. Renzo Chirulli
Tenerife, ESPAÑA

INDICE

1° CAPITOLO - CLASSIFICAZIONE DELLE TECNOLOGIE NO-DIG E PRINCIPI TECNICO ECONOMICI..... 1

1.1	INTRODUZIONE.....	1
1.2	PRINCIPALI VANTAGGI DEL NO-DIG.....	2
1.3	LA CLASSIFICAZIONE DELLE TECNOLOGIE NO-DIG.....	4
1.4	CAMPI D'IMPIEGO DELLE TECNOLOGIE NO-DIG.....	5
1.5	ANALISI DEI COSTI INDIRETTI GENERALIZZATI - IGC.....	8
1.5.1	Costo Indiretto Generalizzato (IGC).....	11
1.5.1.1	Costi d'interferenza con infrastrutture stradali.....	12
1.5.1.1.1	C_{mtp} costo del maggiore tempo di percorrenza sopportato dall'utente.....	12
1.5.1.1.2	C_{mc} maggiore costo di carburante sopportato dall'utente.....	21
1.5.1.1.3	Caso di "STRADA BLOCCATA".....	21
1.5.1.1.4	C_{tv} costi terminali di viaggio aggiuntivi.....	22
1.5.1.1.5	C_{pco} costo per la perdita delle caratteristiche originarie dell'infrastruttura viaria.....	23
1.5.1.1.6	C_{is} costo sociale degli incidenti stradali.....	24
1.5.1.1.7	C_{dv} discomfort di viaggio sopportato dall'utente.....	24
1.5.1.1.8	Coefficiente moltiplicativo dipendente dalla natura dell'opera.....	25
1.5.1.2	Costi sociali.....	26
1.5.1.2.1	C_{de} costo derivante dalle diseconomie esterne.....	26
1.5.1.2.2	C_d costo del disagio e delle interferenze con gli spazi residenziali.....	27
1.5.1.3	Oneri monetari di compensazione proporzionali all'IGC.....	28
1.5.1.3.1	Utilizzazione della IGC per il calcolo degli oneri monetari di compensazione	29

2° CAPITOLO - INSTALLAZIONE SENZA SCAVO A CIELO APERTO DI TUBI E CAVI INTERRATI.....31

2.1	INTRODUZIONE.....	31
2.2	TECNOLOGIE D'INSTALLAZIONE PER TIRO.....	31
2.2.1	<i>Directional Drilling</i>	32
2.2.1.1	Cenni storici.....	32
2.2.1.2	Campi d'impiego del directional drilling.....	33
2.2.1.3	Materiali installabili con directional drilling e classi di tiro delle macchine.....	40
2.2.1.4	La tecnologia del directional drilling.....	46
2.2.1.5	Perforazione pilota.....	47
2.2.1.6	Utensili di perforazione direzionabili.....	48
2.2.1.7	L'anulus.....	58
2.2.1.8	Componenti principali della batteria di perforazione.....	60
2.2.1.8.1	Aste di perforazione.....	60
2.2.1.8.2	Tecnologie di fabbricazione delle aste di perforazione.....	61
2.2.1.8.3	Raggio di curvatura minimo - MBR.....	66
2.2.1.8.4	Sezione di minima resistenza della batteria di perforazione.....	72
2.2.1.9	Sistemi di guida.....	73
2.2.1.9.1	Sistemi di guida walk-over.....	73
2.2.1.9.2	Sistemi di guida magnetici - MGS.....	76
2.2.1.9.3	Sistemi di guida inerziali.....	79
2.2.1.10	Alesatura.....	79

2.2.1.10.1	Calcolo della sovralesatura	82
2.2.1.10.2	Calcolo dei passaggi di alesatura intermedi	83
2.2.1.11	Tiro	86
2.2.1.12	Calcolo del tiro	87
2.2.1.12.1	Calcolo del tiro minimo T_{min}	87
2.2.1.12.2	Attrito al contatto tra la superficie esterna del tubo e le pareti interne del foro	89
2.2.1.12.3	Attrito al contatto tra tubo e terreno fuori dal foro	91
2.2.1.12.4	Reazioni elastiche del tubo nei tratti curvilinei e attrito localizzato	93
2.2.1.12.5	Resistenza all'inflessione del tubo nei tratti curvilinei del foro	96
2.2.1.12.6	Azione idrocinetica del fluido di perforazione	96
2.2.1.12.7	Effetto cabestano (<i>capstan effect</i>)	97
2.2.1.12.8	Diagramma distanza-tiro	98
2.2.1.12.9	L'influenza dei coefficienti di attrito e del grado di riempimento della tubazione sui valori di tiro minimo	112
2.2.1.12.10	Calcolo del tiro massimo, T_{max}	115
2.2.1.12.11	Il tiro in caso di collasso del foro	116
2.2.1.13	As built del tubo – tecnologie di tracciamento dell'asse tubo	117
2.2.2	Impact moling	120
2.3	TECNOLOGIE D'INSTALLAZIONE PER SPINTA	122
2.3.1	Il microtunneling	123
2.3.1.1	Cenni storici e terminologia	123
2.3.1.2	Campi d'impiego del microtunneling	126
2.3.1.3	Tecnologie di microtunneling con installazione di tubi in conci	126
2.3.1.3.1	Sistemi a smarino meccanico con scudo a fronte aperto con escavazione manuale o meccanizzata	128
2.3.1.3.2	Sistemi a smarino meccanico con scudo con fresa e coclea a piena sezione (<i>auger boring</i>)	132
2.3.1.3.3	Sistemi a smarino meccanico con scudo con fresa motorizzata e coclea eccentrica	135
2.3.1.3.4	Sistemi EPB (<i>Earth Pressure Balance</i>)	135
2.3.1.3.5	Sistemi a smarino meccanico con scudo a fronte chiuso con avanzamento autonomo e sistema di smarino a carrello (mini TBM)	137
2.3.1.3.6	Sistemi a smarino idraulico con scudo a fronte chiuso con circolazione di fanghi e sostentamento idraulico del fronte di scavo (<i>slurry shield</i>)	138
2.3.1.4	Microtunneling con installazione di tubi continui - Direct Pipe®	142
2.3.1.5	Direzionabilità dei sistemi da microtunneling – tracciati curvilinei	144
2.3.1.6	Il calcolo della spinta nel microtunneling	145
2.3.1.6.1	Forze di contatto frontali scudo-terreno	145
2.3.1.6.2	Forze di attrito laterali al contatto scudo-tubazione-terreno	146
2.3.1.7	Microtunneling in roccia	147
2.3.2	Pilot tubing	150
2.3.3	Pipe ramming	155
2.3.3.1	Pipe ramming a fronte chiuso e a fronte aperto	156
2.3.3.2	Forze di spinta nel pipe ramming	158
2.3.3.3	Range dimensionale e percussori	160
2.3.3.4	Applicazioni del pipe ramming	160
2.4	MUD ENGINEERING	161
2.4.1	Wet boring e dry boring	161
2.4.2	Fluidi a base d'acqua	162
2.4.2.1	La circolazione dei fluidi a base d'acqua	163
2.4.2.2	Relazione tra portata dei fluidi e ROP	165
2.4.2.3	Viscosità plastica, viscosità apparente, yield point e gel strength	166
2.4.2.3.1	Elementi di reologia	166
2.4.2.3.2	Fluidi newtoniani	167

2.4.2.3.3	I fluidi di Bingham	170
2.4.2.3.4	Fluidi pseudoplastici	170
2.4.2.3.5	Misura di YP, PV e AV	170
2.4.2.3.6	Gel strength	172
2.4.2.3.7	Viscosità all'imbuto di Marsh	172
2.4.2.3.8	Effetti della viscosità e del gel strength	173
2.4.2.4	Densità (specific gravity)	175
2.4.2.5	Contenuto in solidi (<i>solid content</i>)	176
2.4.2.6	Contenuto in sabbia (<i>sand content</i>)	177
2.4.2.7	Filtrato e pannello (<i>filtrate e filter cake</i>)	178
2.4.2.8	pH, cloruri e durezza dell'acqua di miscelazione	179
2.4.2.9	Le modalità di formulazione e confezionamento dei fluidi di perforazione a base d'acqua	180
2.4.2.10	Verifiche di pressione in foro	181
2.4.2.10.1	Il calcolo della pressione massima al fondo foro	183
2.4.2.10.2	Il calcolo della pressione limite in foro	184
2.4.3	Fluidi in fase prevalentemente aeriforme	186

3° CAPITOLO - LA RIABILITAZIONE DI TUBAZIONI ESISTENTI..... 189

3.1	INTRODUZIONE.....	189
3.2	LA RIABILITAZIONE FUNZIONALE PARZIALE O TOTALE DELLE TUBAZIONI INTERRATE..	191
3.3	OPERAZIONI PRELIMINARI E PREPARATORIE A INTERVENTI DI RIABILITAZIONE O SOSTITUZIONE	195
3.3.1	Fuori esercizio della tubazione esistente.....	195
3.3.2	Videoispezione pre-esecutiva	196
3.3.3	Pulizia della tubazione ospite.....	197
3.4	RIABILITAZIONE CON TUBI E RIVESTIMENTI COSTRUITI IN SITO	199
3.4.1	Tubi e rivestimenti polimerizzati in sito	199
3.4.1.1	Cured In Place Pipe.....	199
3.4.1.1.1	Norme di riferimento nel CIPP.....	202
3.4.1.1.2	Tipologie di resine utilizzate nel CIPP	204
3.4.1.1.3	Aderenza del liner al supporto	207
3.4.1.1.4	Tipologie di liner utilizzati nel CIPP	208
3.4.1.1.5	Impregnazione del liner	210
3.4.1.1.6	Metodi d'inserimento del liner nel tubo ospite	211
3.4.1.1.7	Installazione del pre-liner	217
3.4.1.1.8	CIPP termico	219
3.4.1.1.9	UV CIPP	223
3.4.1.1.10	Calcolo dello spessore del liner - ASTM F1216-09	229
3.4.1.2	Coating strutturale e semi-strutturale	241
3.4.1.3	Coating anticorrosivo	243
3.4.2	Cementazione - CML	245
3.4.2.1	Cenni storici	245
3.4.2.2	Norme di riferimento nel CML.....	246
3.4.2.2.1	Norme AWWA	246
3.4.2.2.2	Norme EN.....	246
3.4.2.2.3	Norme DIN e DVGW	246
3.4.2.3	Metodologia di lavoro	246
3.4.2.4	Caratteristiche della malta	250
3.4.2.4.1	Resistenza allo scoppio e alla filtrazione di fori e lesioni intasati con malta cementizia	253
3.4.3	Tubi e rivestimenti spiralati: spiral wound lining.....	255
3.4.3.1	Norme di riferimento nel SWL.....	257
3.5	RIABILITAZIONE CON TUBI E RIVESTIMENTI COSTRUITI FUORI OPERA	261

3.5.1	Close-Fit Lining - riabilitazione con tubi aderenti	261
3.5.1.1	Norme di riferimento nel CFL.....	262
3.5.1.1.1	Norme EN.....	262
3.5.1.1.2	Norme ASTM.....	262
3.5.1.2	Tecnologie RDP.....	262
3.5.1.3	Tecnologie MFP.....	265
3.5.2	Loose-Fit Lining - riabilitazione con tubi non aderenti.....	267
3.5.2.1	Norme di riferimento nel LFL.....	268
3.5.2.1.1	Norme EN.....	268
3.5.2.1.2	Norme ASTM.....	268
3.5.2.2	Fasi esecutive.....	268
3.5.2.3	Forza di tiro o spinta	270
3.5.2.4	Manichette armate	271
3.6	TECNOLOGIE DI FLOOD GROUTING	274

4° CAPITOLO - LA SOSTITUZIONE DI TUBAZIONI ESISTENTI

4.1	INTRODUZIONE.....	279
4.2	TECNOLOGIE DI SOSTITUZIONE PER FRANTUMAZIONE - PIPE BURSTING	280
4.2.1	Fasi esecutive	281
4.2.2	Pipe bursting statico	283
4.2.3	Gli effetti di superficie e sui sottoservizi preesistenti	287
4.2.3.1	Effetti di superficie	288
4.2.3.2	Effetti sui sottoservizi preesistenti	290
4.2.4	Macchine per il tiro.....	293
4.2.5	Pipe bursting dinamico.....	298
4.2.6	Pipe bursting con espansori idraulici	300
4.3	TECNOLOGIE DI SOSTITUZIONE PER TAGLIO - PIPE SPLITTING	301
4.4	TIPOLOGIE DI TUBAZIONI INSTALLABILI CON PIPE BURSTING E PIPE SPLITTING	302
4.5	TECNOLOGIE DI SOSTITUZIONE PER ALESATURA: PIPE REAMING E PIPE EATING	304
4.5.1	Pipe reaming	304
4.5.2	Pipe eating	305

5° CAPITOLO - INDAGINI PROPEDEUTICHE A INTERVENTI NO-DIG

5.1	INTRODUZIONE.....	307
5.2	LA CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO	310
5.2.1	La caratterizzazione geologico-geotecnica	310
5.2.1.1	Inquadramento geologico dell'area	311
5.2.1.2	Prospezioni geofisiche.....	312
5.2.1.3	Sondaggi con prelievo di campioni, prove in sito e prove di laboratorio.....	313
5.2.2	Caratterizzazione chimico-fisica del sottosuolo	314
5.3	LA MAPPATURA DEL SOTTOSUOLO.....	315
5.3.1	Rilievi di superficie.....	317
5.3.2	Mappe tematiche dei sottoservizi	319
5.3.3	Indagini strumentali in sito.....	320
5.3.3.1	Sistemi radar per la detezione e la mappatura di servizi interrati	320
5.3.3.2	Limiti di utilizzo dei sistemi radar	326
5.3.3.3	Localizzatori.....	327
5.4	DIAGNOSTICA DELLE TUBAZIONI	329
5.4.1	L'analisi dei dissesti nelle tubazioni interrate	330
5.4.1.1	Perdite ai giunti	330
5.4.1.2	Fori passanti	331
5.4.1.3	Lesioni delle pareti.....	332

5.4.1.4	Ovalizzazione	332
5.4.1.5	Corrosione	332
5.4.1.6	Degrado del rivestimento interno.....	334
5.4.1.7	Sedimenti, incrostazioni e ostruzioni	334
5.4.1.8	Ingresso di radici.....	334
5.4.1.9	Crolli localizzati o diffusi.....	336
5.4.2	Tecniche diagnostiche.....	336
5.4.2.1	Diagnostica per immagini - videoispezione	337
5.4.2.2	Ricerca perdite.....	340
5.4.2.3	Misure estensive dello spessore di parete della tubazione	341
5.5	QUADRO INFORMATIVO PRELIMINARE ED ESECUTIVO	341
5.5.1	Quadro informativo preliminare.....	341
5.5.2	Quadro informativo esecutivo.....	343
Appendice 1 - Tabelle di conversione delle principali unità di misura		345
Appendice 2 - Parametri caratteristici delle rocce		347
	UCS - Uniaxial Compressive Strength.....	347
	RQD – Rock Quality Designation	349
	Indice di Schimazek.....	349
	CAI – Cerchar Abrasivity Index (indice di abrasività Cerchar)	350
OPERE CITATE E BIBLIOGRAFIA		351
INDICE ANALITICO		355
INDICE DELLE ILLUSTRAZIONI E DELLE AZIENDE CITATE NEL VOLUME.		369

INDICE ANALITICO

A

ABM · *Vedi* pressotrivella

abrasività · 314, 350

acceleratori · 205

accelerometri · 73, 77

acciaio amagnetico · 73

acido silicico · 276

additivi · 138, 161, 163, 174, 176, 180, 181

di controllo del filtrato · 180

inibenti · 180

intasanti · 180

lubrificanti · 9, 115, 180, 270

viscosizzanti · 180

aderenza del liner al supporto · 207

albero a sezione lobata · *Vedi* rotore

alesatore · 46, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 151, 165, 173, 304

a barile · 82

alesatura · 46, 59, 60, 68, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 117, 150, 151, 154, 161, 162, 163, 165, 166, 173, 175, 186, 280, 304, 305

allacci laterali · 195, 196, 197, 203, 217, 225

riapertura · 225

ambient curing · 215, 223

American Petroleum Institute · *Vedi* API

Analisi dei Costi Indiretti Generalizzati · 8, 11

analisi granulometrica · 314

angolo di sterzata · *Vedi* sterzata

angular offset · *Vedi* distorsione angolare

anulus · 58, 59, 87, 96, 142, 163, 164, 173, 181, 183, 267, 270, 368

API · 64, 177, 179

apparent o effective viscosity · *Vedi* viscosità efficace

approdi litoranei · 39

approdo litoraneo · 38

argani a cabestani · *Vedi* argani a trazione controllata

argani a trazione controllata · 281, 293, 295, 296

aria compressa · 186, 298, 299

array · 321

ART · 341

as built · 117

As built del tubo · 117

asimmetria longitudinale · 48, 51, 53

asimmetria trasversale · 48, 54, 55, 57

aste assemblate · 62

aste di perforazione · 47, 52, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 69, 70, 71, 73, 77, 79, 152, 163, 165, 304

aste elettrosaldate · 62

aste forgiate · 62

aste frizionate · *Vedi* aste saldate ad attrito

aste saldate ad attrito · 62

attraversamento fluviale · 34, 311

attraversamento stradale · 35

attrito · 57, 58, 62, 63, 87, 88, 89, 91, 92, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 129, 145, 146, 158, 270, 313

attrito localizzato · 93

auger · *Vedi* coclea

auger boring · 126, 132, 133

Auger Boring Machine · *Vedi* pressotrivella

autogenous healing · 250

auto-sostentamento del foro · 186

autospurgo · 197

AV · *Vedi* viscosità apparente

avanzamento autonomo · 126, 137

azimut · 47, 77, 79

azione idrocinetica · 88, 96, 100, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 109, 110, 111

azione idromeccanica · 55

B

back-reamer · Vedi alesatore, Vedi alesatore
 backreaming · Vedi alesatura
 barrel · 82
 batteria di perforazione · 47, 48, 53, 54, 56, 57, 58, 60, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 79, 84, 86, 87, 94, 180, 187, 304
 batteria fondo foro · 46
batti-tubo · Vedi pipe ramming
bent sub · 51, 52, 54, 368, Vedi giunto a gomito
 bentonite · 138, 161, 162, 163, 174, 180, 181
 bentonite del Wyoming · 162
bentonite mud · Vedi fango bentonitico
berstlining · Vedi pipe bursting
bias · 76
 bilancia · 175, 176
Bingham plastics · Vedi fluidi di Bingham
 bio-polimeri · 161, 163
 blocco della tubazione · 163
blow per minute · Vedi frequenza di battuta
 bonifica ambientale · 1, 38, 314
 bonifiche ambientali
 decontaminazione · 31
 buca o pozzetto di servizio · 47
bumping · 53, 288, 289, 307
 bussole magnetiche · 77
by-pass · 195, 196, 268

C

CAI · Vedi Cerchar, Vedi Cerchar, Vedi Cerchar, Vedi Cerchar
 calandratura · 211, 224
 calcio disciolto in acqua · 180
 Calcolo dei passaggi di alesatura
 intermedi · 83
 Calcolo del tiro · 87
 Calcolo del tiro massimo · 115
 calcolo della pressione limite in foro · 184
 calcolo della pressione massima al fondo foro · 183
 Calcolo della sovralesatura · 82

calcolo della spinta nel microtunneling · 145
 calcolo dello spessore del liner · 229
 caldaia · Vedi centrale termica
calza · 86
 camera di macinazione · 141
 camicia in acciaio · 132, 135
 camicie di acciaio
 di servizio · 132
 campi elettromagnetici · 40, 76, 79, 312
 campo magnetico · 77, 312
 campo magnetico artificiale · 77
 campo magnetico terrestre · 77
 canale anulare · Vedi anulus
 canale di mandata · 163, 165
 canale di ritorno · 142, 163, 164, 165
 capstan effect · Vedi effetto cabestano
 caratterizzazione geologico-geotecnica · 310, 311, 329
 carbonato sodico · 180, 181
 carico unitario di rottura · 65, 69
carrier · 200, 204
 catalisi · 206, 210
 catalizzatori perossidici · 205
 cavi nudi · 40
 Cement Mortar Lining · Vedi CML
 cementazione · 194, 245
 cemento amianto · 189, 190, 305, 316
 centrale termica · 220, 221
 cercaperdite · 340
 CFL · 261, 262, 265, 296, 332
 CFP · Vedi CFL
 chiocciola · 216, 217
chips · 147, 149
 ciclo termico · 219, 220, 221, 222, 223
 cilindri di appoggio rotanti · Vedi rollers
 CIPP · 194, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 207, 208, 210, 211, 217, 219, 223, 224, 225, 226, 228, 229, 233, 234, 241, 296, 308, 369, 370, 372, 373
 momento di inerzia del · 233
 norme di riferimento nel · 202
 termico · 219
 tipologie di resine utilizzate nel · 204
 circolazione del fluido · 59, 98, 163, 165
 Circuito di circolazione e riciclo · 164
Circumferential Frictional Resistance · Vedi resistenza circonferenziale d'attrito
circumferential membran stress · Vedi

- tensione membranale circonferenziale
- classe di rigidezza del terreno · 235, 237, 238
- classi di tiro · 33, 40, 45
- classificazione del terreno in macroclassi · 83
- classificazione delle tecnologie no-dig · 4
- clay-free* · 161, 163
- cloruri · 163, 179, 180, 181
- close-fit lining* · 194, 261, 262, 265, *Vedi* CFL
- close-fit pipe* · *Vedi* CFL
- CML · 194, 245, 246, 247, 250, 252, 254, 255, 331
- coating · 194, 243
 - semi-strutturale · 199, 241, 255, 331
 - strutturale · 241
- coating anticorrosivo · 194, 199, 243
- coating strutturale · 194, 199
- coclea eccentrica · 126, 135, 136, 369
- coclee · 123, 125, 127, 132, 135, 151
- coefficiente di attrito · 58, 89, 112, 146
 - dinamico · 89
 - statico · 89
- coefficiente di azione deviante · 58
- coefficiente di Hazen-Williams · 247
- Coefficiente di Poisson del terreno · 185
- coefficiente di sovralesatura · 93
- coefficiente di supporto elastico · 233
- coefficiente moltiplicativo dipendente dalla natura dell'opera · 12, 25
- coefficienti di attrito · 112, 114, 115
- collasso del foro · 116, 163, 186
- colloide · 162, 176, 178, 180, 181
- colonna d'acqua · 200, 212, 213, 215, 370
- compattazione · 120, 186, 187, 188, 289, 290, 292, 311
- compensation grouting · 8, 33, 39
- componente deviante · 58
- compressore · 120, 187, 298
- condotte in pressione · 238
- Cone Penetration Test · *Vedi* CPT
- coni rotanti · 53, 80, 84
- consolidamento del terreno · 7, 33, 40
- contenuto in sabbia · 163, 177
- contenuto in solidi · 163, 176, 177
- continuità circonferenziale · 254, 255
- continuous working* · *Vedi* esercizio continuo
- controlli di routine · 172, 176, 180, 193
- controllo ottico della traiettoria · 130, 144
- conveyor belt* · *Vedi* nastri trasportatori
- copolimerizzazione · 205
- corona di alesatura · 84
- corpi viscoelastici · 166
- correlatore multi funzionale · 340
- corrosione · 332
- Costi d'interferenza con infrastrutture stradali · 12
- costi di impatto ambientale · 12
- costi di rischio · 12
- costi indiretti · 9
- costi sociali · 12, 26
- costi terminali di viaggio aggiuntivi · 12, 22
- costo del maggiore tempo di percorrenza sopportato dall'utente · 12, 21
- costo di costruzione · *Vedi* costo diretto
- costo diretto · 9
- costo generalizzato · 10
- Costo Indiretto Generalizzato · 11
- costo per la perdita delle caratteristiche originarie dell'infrastruttura viaria · 12, 23, 26
- costo sociale degli incidenti stradali · 12, 24
- Costo Unitario Indiretto Generalizzato · 28
- CPT · 313
- CPTU · 313
- criterio di resistenza di *Von Mises* · 69
- crolli localizzati o diffusi · 336
- cross-over · 48, 60
- Cured in Place Lining · *Vedi* CIPP
- Cured In Place Pipe · *Vedi* CIPP, *Vedi* CIPP, *Vedi* CIPP, *Vedi* CIPP
- curva di coppia · 49
- curva di flusso · 166, 170
- curva di potenza · 49
- curva di velocità · 49
- curvatura · 47, 54, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 83, 93, 94, 116, 123, 144, 239, 240, 265
- curve caratteristiche di un motore a fanghi · 50
- cut point · 178
- cutting* · 130, 162, 172, 176, 177
- cuttings · 173

D

DDD · Vedi dry directional drilling
 decantazione · 164
 degrado del rivestimento interno · 334
 densità · 27, 40, 112, 163, 175, 176, 177, 178, 208, 222, 233, 238, 311, 312, 342
desander · Vedi dissabiatore
desilter · 178, Vedi unità di separazione del limo
detezione · 8, 320, 321, 327, 328
detrimental solids · Vedi parte solida dannosa
 deviabilità · 66
 deviazione · Vedi sterzata, Vedi sterzata diagnostica delle tubazioni · 329
 diagnostica per immagini · 336, 337
 diagrafie · Vedi log geofisici
 diagramma di deformabilità · 71, 72
 diagramma di Wöhler · 70, 369
 diagramma distanza-tiro · 98, 369
 dinamometri · 98
 dipolo-dipolo o pseudosezioni · 312
 Direct Pipe® · 122, 142, 143, 144, 373
directional drilling · 5, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 45, 46, 53, 54, 59, 60, 61, 62, 64, 66, 70, 73, 75, 76, 79, 122, 138, 143, 151, 161, 172, 175, 176, 186, 270, 304, 311, 313, 314, 315, 318
 direzionabilità · 48, 57, 130, 151
discomfort di viaggio sopportato dall'utente · 12, 24, 25
 diseconomie esterne · 10, 26, 27
disk cutters · Vedi taglienti a disco
 dislocamento · 120, 156, 186, 188, 287, 288, 290, 291, 292, 293, 295, 300
 dispersione colloidale · 162
 dissabiatore · 177
 dissesti nelle tubazioni interrato · 330
 distanziamenti di sicurezza minimi · 292
 distorsione angolare · 48
 dreni · 40
drill pipe · Vedi aste di perforazione
drill rod · Vedi asta di perforazione
drill string · Vedi batteria di perforazione
drilling path · Vedi traiettoria di perforazione
 dry boring · 161, 162, 186
 dry directional drilling · 186

duck bill · Vedi punte a cuneo
 durezza dell'acqua · 163, 179, 180

E

Earth Pressure Balance · Vedi EPB, Vedi EPB, Vedi EPB
 eccentricità dell'azione di escavazione · 56
 effetti di superficie · 40, 53, 156, 162, 287, 288, 289, 290, 292, 371
 effetti sui sottoservizi preesistenti · 287, 290
 effetto arco · 186, 188
 effetto cabestano · 88, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 110, 111
 E-Glass · 208
 EPB · 126, 135, 138
 epossidiche · 206, 207, 208, 210, 222, 243, 334
 epoxy lining · 243
 equazione costitutiva · Vedi modello reologico
 equazione di *Lamb* · 169
 esercizio continuo · 61, 64, 69, 70, 71, 247
 espansore
 tronco-conico · 283
 espansori · 280, 281, 285, 286, 287, 295, 298, 300
 tronco-piramidali · 286
 estroflessore · Vedi chiocciola
 exfiltrazioni · 330
 explosion-proof · 337
extreme working · Vedi impiego estremo

F

falda · 132, 135, 138, 192, 215, 229, 231, 233, 236, 238, 240, 270, 314, 330
fanghificazione del fronte di scavo · 138
 fango bentonitico · 162
 fasci compatti · 40
 fase continua · 162
 fase di riscaldamento · 222
 fase dispersa · 162
 fattore di capacità portante · 158
 fattore dimensionale del CIPP · Vedi SDR

feltro poliestere · 200, 208, 209, 210, 212, 217
FFW · Vedi aste forgiate-frizionate
 fibre aramidiche · 271, 272
 filati di rinforzo · 208
filter cake · 178, 179, Vedi pannello, Vedi pannello
filter press · Vedi filtro-prensa
filtrate · 178, 179, Vedi filtrato
filtration · Vedi filtrazione
 filtrato · 163, 178, 179
 filtrazione · 179, 250, 255
 filtro-prensa · 179
 fisher · 86
 flessione derivante da curvature · 68
 flocculazione · 180
 flood grouting · 194, 274
 Fluidi · 167
 fluidi a base d'acqua · 53, 161, 162, 163, 176, 179
 circolazione dei · 163
 fluidi di Bingham · 166, 170
 fluidi di perforazione · 46, 47, 59, 87, 115, 117, 138, 142, 151, 161, 170, 172, 175, 179, 180, 181, 314, 315
 fluidi in fase prevalentemente aeriforme · 186, Vedi fluidi a base d'aria
 fluidi in fase prevalentemente liquida · Vedi fluidi a base d'acqua
 fluidi newtoniani · 166, 167
 fluidi plastici · 166, 170
 fluidi pseudoplastici · 166, 170
 fluidi reopettici · 172
 flusso laminare · 168
 fly cutter · 81
 forged one piece · Vedi aste forgiate
 Forged-Friction-Welded Drill Pipe · Vedi aste forgiate-frizionate
 fori confinati · 254
 fori passanti · 331
 forza del gel · Vedi gel strength, Vedi gel strength
fotoindurente · Vedi fotopolimerizzante
 fotopolimerizzante · 223
frac-out · 117, 162, 163, 177, 178, 181, 187
 frantumazione del tubo · 283, 288, 293, 298, 300, 371
 frequenza di battuta · 52, 299

fresa da roccia · 133, 369, 372
 fresa motorizzata · 126, 135, 136
 fronte aperto · 123, 124, 126, 128, 129, 130, 131, 132, 156, 158, 159, 160, 305, 369, 373
 fronte chiuso · 126, 132, 135, 137, 138, 156, 158, 159, 305, 369
fully deteriorated host pipe · Vedi b) tubo ospite completamente deteriorato
 fuori esercizio della tubazione · 195

G

galleggiamento · 88, 89, 91, 233, 270
 fattore di · 233
gel · 162, 164, 172, 173, 180
gel strength · 163, 166, 172, 173, 175
 geoelettrica · 313
 geofoni · 331, 340
 geoelettrica · 312
 georadar · 312, 320, 321
 geotermia · 8, 33
 ghisa · 9, 31, 40, 241, 245, 246, 249, 279, 280, 281, 286, 292, 296, 298, 301, 303, 332
 girevole · 85, 86, 87, 93, 304
 giroscopi · 79
 giunto a gomito · 48
 giunto girevole reggispinta · 86, 87, 93, 304
 gliding foil · 217
 gonfiaggio · 200, 201, 215, 218, 219, 222, 223
 GPR · 312, 321
 grado di riempimento · 112
 gripper · 137
 ground penetrating radar · Vedi GPR
 Ground Probing Radar · Vedi GPR
 gruppo di spinta · 123, 130, 137, 143, 145
 guida in remoto · 76
 guided boring · Vedi pilot tubing
 Gyroscope Measurement System · Vedi tracciatori

H

hardness · Vedi durezza dell'acqua

HDD · *Vedi* directional drilling
hole cleaning · *Vedi* pulizia del foro
 hole opener · *Vedi* alesatore
 Horizontal Directional Drilling · *Vedi*
 directional drilling
host · *Vedi* tubo ospite, *Vedi* tubo ospite,
Vedi tubo ospite, *Vedi* tubo ospite
host pipe · *Vedi* tubo ospite
 hydrocyclone · *Vedi* idrocicloni

I

IARC · 205
 idrocicloni · 177, 178
 idrodemolizione · 334, 335
 idrofoni · 340
 idrofrattura · 181, 182, 184
 IGC · 8, 10, 11, 12, 13, 15, 25, 28, 29
 imbuto di Marsh · 163, 172
 imbuto Marsh · 175
 impact moling · 32, 120, 121, 122, 298
 impermeabilità · 192, 193, 200, 229, 308,
 332
 impianti inquinanti · 40
 impiego estremo · 61, 69, 70, 71
 impregnazione · 210, 211, 224
 IMU · 119, *Vedi* Inertial Measurement Unit
 incameramento del flash interno · 63, 64,
 368
 inclinazione sull'orizzontale · 47
 inclinometri · 73
 indagini
 pre-esecutive · 193, 195, 196, 261, 281,
 310, 371
 pre-progettuali · 310, 371
 indagini mediante localizzatori · 317
 indagini propedeutiche · 307
 indagini radar · 317, 320
 indagini strumentali in sito · 317, 320
 indice di Schimazek · 314
 indurimento a caldo · *Vedi* thermal CIPP
 indurimento per irraggiamento · 200
 Inertial Measurement Unit · 79
 infiltrazioni · 189, 190, 215, 330
 ingresso di radici · 334
 inner-film · 201
 inquadramento geologico dell'area · 311
 inserti ai carburi di metalli duri · 48, 84

installazione · 3, 5, 18, 31, 32, 33, 40, 45,
 46, 53, 80, 117, 120, 121, 122, 123,
 124, 126, 142, 143, 144, 145, 150, 151,
 154, 155, 156, 158, 161, 163, 187, 191,
 199, 207, 218, 224, 265, 268, 270, 271,
 281, 285, 298, 307, 329, 369, 371, 373
 installazione per spinta · 122
 installazione senza scavo a cielo aperto ·
 31
 interferenza con sottoservizio parallelo ·
 291
 interferenze con gli spazi residenziali · 26,
 27
 interferenze elettromagnetiche · 76, 77
 interferenze passive · 76
 International Agency for Research on
 Cancer · *Vedi* IARC
 International Programme on Chemical
 Safety · *Vedi* IPCS
 interrimento · 1, 2, 7, 8, 9, 10, 33
 inversione · 200, 203, 208, 212, 213, 214,
 215, 216, 217, 223
 ad acqua · 212, 370
 anello di · 212, 370, 372
 IPCS · 205

K

kerf · *Vedi* solco di taglio
 Kevlar® · 208

L

laminar flow · *Vedi* flusso laminare
 lance a getto · 55
 laser · 79, 130, 135, 138, 200
 leak noise correlation · 340
 legge di *Poiseuille* · 169
 lesioni delle pareti · 332
 letture inclinometriche · 77
 LFL · 267, 268, 271, 273, 296
 limite di fatica · 69, 70
 limite di snervamento · 60, 65, 70
 limiti di Atterberg · 236, 314
 linee di media ed alta tensione · 40
 liner · 192, 200, 201, 202, 203, 204, 207,
 208, 209, 210, 211, 212, 214, 215, 216,

217, 218, 219, 220, 222, 223, 224, 225, 228, 229, 230, 231, 232, 234, 235, 238, 239, 240, 241, 255, 261, 262, 263, 265, 266, 267, 268, 270, 271, 272, 309, 332, 369, 370, 372
 calcolo dello spessore del · 229
 in feltro poliestere · 208
 in fibra di vetro · 208
 inserimento per inversione · 211
 inserimento per trazione · 217
 metodi d'inserimento del · 211
 modulo elastico del composito · 210
 linguette colorimetriche · 180
lining machine · 247, 248, 249, 251
 lisciatore · 247
 lobi dello statore · 49
 localizers · 320, 327
 localizzatori · 317, 320, 327, 328
 a detezione elettromagnetica · 327
 a detezione sonora o sub-sonica · 328
 a radiofrequenza · 328, 371
 log geofisici · 312
 loose-fit lining · 194, 267, 268, 269
 forza di tiro o spinta · 270

M

macchina di perforazione · 36, 45, 46, 84
 macchine per il tiro · 293
 maggiore costo di carburante sopportato dall'utente · 12, 21
 Magnetic Guidance System · Vedi MGS, Vedi MGS
 magnetometri · 77
 malta cementizia · 245, 246, 247, 249, 250, 253, 254, 334
 malta di cemento · Vedi malta cementizia
 manichette armate · 194, 267, 271, 273
manicotti · 60, 62, 63, 293, *Vedi tool joint*
 manicotto · Vedi tool joint, Vedi tool joint, Vedi tool joint
 mappa del sottosuolo · 315, 316, 317
 mappatura del sottosuolo · 5, 309, 315, 317, 319, 327, 343
 mappe tematiche dei sottoservizi · 317, 319
Marsh Funnel Viscosity · Vedi viscosità all'imbuto di Marsh
 martello · 51, 52, 68, 187

martello fondo-foro · 161
 martello pneumatico fondo foro · *Vedi* martello
 martello rotopercussivo fondo foro idraulico · 52
 massa battente · 51, 52, 159, 296
 masse inquinanti · 40
 massima pressione di filtrazione · 254
 massima temperatura di esotermicità · 205
mast · 54
 MAXI rig · 45
 MBR · 66, 68, 71, 72
 Mechanically Folded Pipe · Vedi MFP
 MEGA rig · 45
 membrana esterna · Vedi pre-liner
 membrana interna · Vedi inner-film
 memoria di forma · 262
 MEMS · 119, 120
 mescolatori · 80
 metodi elettrici · *Vedi* geoelettrica
 metodi elettromagnetici · 312
 metodi gravimetrici · 312
 metodi magnetici · 312
 metodi sismici · 312
 metodi VLF · 312
 MFP · 194, 261, 265, 266
 MFV · Vedi imbuto di Marsh, Vedi imbuto di Marsh, Vedi imbuto di Marsh, Vedi imbuto di Marsh, *Vedi* viscosità all'imbuto di Marsh, Vedi imbuto di Marsh
 MGS · 73, 76, 77, 78, 79, 369, 371
 MICRO rig · 45
 micro trincea
 mini trincea · 2
 Micro-Electro-Mechanical Systems · Vedi MEMS
 microtrincea · 2
 microtunneler · 123, 141
 microtunneling · 5, 11, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 137, 138, 139, 142, 143, 144, 145, 150, 161, 270, 304, 305, 306, 311, 314, 369, 373
 direzionabilità dei sistemi da · 144
 leggero · *Vedi* pilot tubing
 microtunneling in roccia · 147, 148
 MIDI rig · 45, 187
mineral coating · *Vedi* rivestimenti minerali
 MINI rig · 45

mini TBM · 128, 137
 minimum bending radius · Vedi MBR
 minitrincea · 2
 misure estensive dello spessore di parete della tubazione · 341
mixing unit · 181, Vedi unità di miscelazione
 modello reologico · 166, 170
 moduli di spinta intermedi · 130
 modulo di elasticità a lungo termine · 230, 234
 Modulo di Elasticità E del terreno · 186
 modulo di elasticità flessionale del *liner* a breve termine · 234, 240
 modulo di reazione del terreno · 235, *Vedi* modulo di rigidità del terreno
 modulo di rigidità del terreno · 235, 238
mole · 117, 120, 298
 momenti flettenti devianti · 67
 momento deviante · 58
 monoassiale · 69, 314
 monomeri · 205
 monomero · 204, 205, 206, 217, 224
 montmorillonite · 162
motore · *Vedi* mud motor
 motori a bassa portata (*low-flow*) · 51
 MT · *Vedi* microtunneling
 muck cars · *Vedi* vagoni
 mud · 48, 49, 51, 53, 68, 163, 175
 mud balance · *Vedi* bilancia
 mud engineering · 161
 mud motor · 48, 49, 51, 53, 68, 161

N

nastri trasportatori · 123
 nitrurazione gassosa · 63
no-dig · 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 27, 28, 31, 32, 120, 122, 151, 161, 189, 191, 193, 194, 195, 199, 202, 243, 245, 255, 261, 268, 274, 277, 279, 287, 296, 307, 308, 309, 311, 318, 319, 329, 336, 341, 343, 344, 368, 371
 Normalized Jacking Force · 146, 147
 North Seeking Gyro · *Vedi* NSG
 NSG · 119
 nuclei di terreno consolidato · 277, 278, 371, 373

O

OMU · 119
 oneri monetari di compensazione · 11, 28, 29, 30, 368
 orientamento dell'asimmetria dell'utensile · 47
 Orientation Measurement Unit · *Vedi* OMU
 orologio · 76
 ovalizzazione · 230, 234, 235, 247, 330, 331, 332
 percentuale del tubo ospite · 230
overcut · 59, 129, 146, 155

P

pannello · 163, 178, 179, 180, 221
 Panorama · 339, 374
 parte solida dannosa · 176
partially deteriorated host pipe · *Vedi* tubo ospite parzialmente deteriorato
 PDC · 51
 PEAD · 9, 40, 86, 112, 122, 256, 267, 281, 302, 303, 330, 372, 373
 percussore · *Vedi* ram
 percussori · *Vedi* ram
 perdita di circolazione · 98, 165, 173
 perdite · 189
 perdite ai giunti · 193, 229, 330, 331, 334
 perforatrice direzionale · 46, 47
 perforatrici da pozzetto · 47
 perforazione a dislocamento · 53
 perforazione con controllo attivo della traiettoria · 46
 Perforazione Direzionale · *Vedi* directional drilling
 perforazione pilota · 36, 46, 47, 48, 53, 59, 60, 66, 79, 83, 87, 150, 151, 155, 165
 Perforazione Teleguidata · *Vedi* directional drilling
 personale al fondo foro · 127
 peso dell'unità di volume totale · 314
 peso immerso · 88, 89, 90, 97, 112, 115, 116
 peso specifico totale · 314
 pH · 97, 163, 179, 180, 181, 252
 piercing tool · *Vedi* mole, *Vedi* mole, *Vedi*

- mole
- pig* · 247, 341
- pilot bore* · Vedi perforazione pilota
- pilot tubes* · 151
- pilot tubing* · 122, 150, 151, 152, 154, 155, 161
- pipe bursting* · 280, 281, 282, 283, 285, 286, 287, 290, 293, 295, 296, 298, 299, 300, 301, 302, 303
 - con espansori idraulici · 280
 - dinamico · 280, 298
 - statico · 280, 283, 293, 294, 296
- pipe bursting con espansori idraulici* · 300
- pipe bursting dinamico* · 281, 293, 298, 299, 371
- pipe eating* · 280, 304, 305
- pipe jacking* · Vedi spingitubo
- pipe puller* · Vedi testa di tiro
- pipe ramming* · 122, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 298
 - a fronte aperto · 156
 - a fronte chiuso · 156
 - forze di spinta nel · 158
- pipe reaming* · 280, 304, 305
- pipe rollers* · Vedi rollers
- pipe splitting* · 280, 281, 282, 287, 293, 299, 301, 302, 303, 305
- pipe thruster* · 117, 143, 373
- pitch* · 74, 75, Vedi inclinazione sull'orizzontale
- plastic viscosity* · Vedi viscosità plastica
- plasticizzazione · 181, 182, 184, 185
- poise* · 166
- polietilene ad alta densità · Vedi PEAD
- polifore · 1
- polimeri di sintesi · 161, 162
- polimerizzazione · 200, 205, 206, 207, 210, 215, 217, 219, 220, 223, 224, 225, 309
- poliureica · 241
- poliuretano · 208, 209, 220
- Polycrystalline Diamond Compact · Vedi PDC
- portasonda* · 60, 73, 74
- portata del circuito · 165
- pot-life · 206
- pozzetto di tiro · 297, 371
- PP · 9, 31, 40, 281
- pre-compressione locale del terreno di intorno · 53
- pre-liner* · 201, 208, 212, 217, 218, 219
 - installazione del · 217
- presenza costante di personale al fondo foro · 127
- pressione di scoppio · 254
- pressione idrocinetica · 97
- pressione limite in foro · 181
- pressione massima al fondo foro · 181
- pressione massima di scoppio · 254
- pressioni massime di filtrazione · 254
- pressioni negative · 240
- pressotrivella* · 123, 132, 134, 135, 145
- Pressure-While-Drilling Module · 182, 369
- PRFV · 9, 122, 126, 132, 151, 155, 267, 301, 332, 337, 373
- Primus Line® · 271
- principio di Archimede · 89
- processo d'indurimento · 205, 225
- Proctor · 311
- Proctor Standard · 236, 238, 290, 292
- profili di resistività · 312
- prospezione elettromagnetica · 312
 - in dominio di frequenze · 312
 - nel dominio del tempo · 312
- prospezioni geofisiche · 312
- prova al cono ABRAMS · 252, 253
- prova Cerchar · 314, 350, 371
- prova Lugeon · 314
- prova scissometrica · 84, 158, 314
- prove di deformabilità · 314
- prove di laboratorio · 236, 311, 313
- prove in sito · 311, 313
- prove triassiali · 314
- pseudoplastica · 170
- pulizia del foro · 174
- pulizia della tubazione · 195, 197, 269, 281
- pulizia della tubazione ospite · 197
- pullback · Vedi tiro
- pulled-in-place installation · 217
- punta di perforazione · 32, 47, 48, 49, 51, 54, 56, 58, 60, 73, 74, 75, 76, 79, 151, 153, 173
- punte a becco d'oca · Vedi punte a cuneo
- punte a becco di flauto · Vedi punte a cuneo
- punte a cuneo · 54, 55
- punte eccentriche · 55
- punto A* · Vedi punto iniziale, Vedi punto

iniziale, Vedi punto iniziale, Vedi punto iniziale, Vedi punto iniziale, Vedi punto iniziale
 punto di arrivo · 47, 304
 punto iniziale · 47
push module · Vedi moduli di spinta intermedi
 PV · Vedi viscosità plastica
 PVC · 9, 31, 40, 256, 257, 261, 262, 267, 279, 281, 301, 303, 373
 PWD · Vedi Pressure-While-Drilling Module, Vedi Pressure-While-Drilling Module, Vedi Pressure-While-Drilling Module

Q

quadro di dissesto · 330
 quart · 172

R

radar
 array massivo · 323, 324, 374
 canali cross-polari · 323
 mono antenna · 326, 374
 multiantenna · 323, 324, 325, 371, 374
 multifrequenza · 323, 324, 325, 326, 371, 374
 multipolarizzazione · 323
 tomografia 2D · 325
radargramma · 321, 322, 323
 raggi ultravioletti · 200
 raggio di curvatura minimo · Vedi MBR
 raggio di curvatura minimo in deviazione · 66
ram · 155, 160, 161, 298
Rate Of Penetration · Vedi ROP, Vedi ROP, Vedi ROP, Vedi ROP
 rate of reaming · 165
 RDP · 194, 261, 262, 263, 264
reamer · Vedi alesatore
 reazioni di attrito · 90, 96
 reazioni elastiche del tubo · 88
receiver · Vedi ricevitore
 recupero funzionale · 189, 191, 192, 267, 279
 parziale · 191

totale · 191
recycling unit · 164, Vedi unità di riciclo
 Reduced Diameter Pipe · Vedi RDP
rehabilitation · Vedi riabilitazione
 relining · 191
 remotabilità · 77
reologia · 166, 170
 reometro · 171
 reometro *Baroid* · 171
 reopessia · 172
replacement methods · Vedi tecniche di sostituzione
resilienza · 65, 271, 298
 resine · 200, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 210, 211, 215, 217, 219, 220, 222, 223, 243, 334
 epossidiche · 204
 fotopolimerizzanti · 200
 poliesteri · 204
 vinilesteri · 204
 Resine Epossidiche · 206
 resine poliesteri · 204
 resine vinilesteri · 206
 resistant to cracks · 31
 resistenza · 51, 52, 54, 57, 63, 64, 65, 66, 67, 69, 72, 73, 81, 84, 88, 96, 102, 104, 106, 107, 109, 110, 117, 145, 147, 158, 170, 173, 192, 193, 204, 206, 207, 208, 229, 250, 252, 254, 271, 272, 285, 286, 288, 298, 299, 303, 308, 313, 314, 337
 chimica · 192
 strutturale · 192
 resistenza a compressione semplice · ver UCS
 resistenza al taglio non drenata · 84, 117, 158, 314
 resistenza all'inflessione · 88
 Resistenza all'inflessione del tubo · 96
 resistenza alla filtrazione · 253
 resistenza alla trazione · 255, 314, 349
 resistenza allo scoppio · 253
 resistenza anulare · 255
 resistenza circonferenziale d'attrito · 146
 resistenza monoassiale · Vedi UCS
reticolazione · 199, 200, 205, 206
rheometer · Vedi viscosimetro rotativo
rheopexy · Vedi reopessia
 riabilitazione · 1, 2, 5, 7, 189, 191, 192, 193, 194, 195, 197, 199, 200, 202, 204, 206, 207, 243, 245, 246, 255, 261, 262,

267, 268, 270, 271, 272, 308, 311, 329, 331, 332
 con tubi aderenti · 194
 con tubi e rivestimenti costruiti in sito · 199
 con tubi non aderenti · 194, 267
 funzionale · 191
 funzionale parziale · 192
 funzionale totale · 192
 non-strutturale · 200
 strutturale · 200
 ricerca perdite · 193, 331, 336, 340
 ricevitore · 47, 74, 75, 76, 327
 riciclatore · *Vedi* recycling unit
 riciclo del fango · 163, 164
 ricoprimento minimo · 160, 289, 292
rig · 46, 87
 rilievi di superficie · 316, 317
 risoluzione · 75, 271, 326
 rivestimenti minerali · 243
rod puller · *Vedi* tira aste, *Vedi* tira aste,
Vedi tira-aste
rolldown · 263, 265
rollers · 91, 92, 112, 113, 115
ROP · 52, 165, 175, 178
rotary · 45, 52, 53, 54, 60, 67, 87, 171
rotary viscosimeter · *Vedi* viscosimetro
 rotativo
 rotopercussivo · 52, 187
 rotore · 49, 171, 172
 rottura · 56, 60, 61, 65, 68, 70, 83, 148,
 162, 173, 181, 182, 184, 190, 206, 208,
 232, 239, 240, 241, 283, 285, 286, 287,
 298, 308, 331, 350, 369, 371
 rullatura · *Vedi* rolldown
 rulli · 92, 115, 263, 265, 369, 370
 rulli di scorrimento · *Vedi* rollers

S

saldatura ad attrito · 63, 64, 368, 371
sand content · 177, *Vedi* contenuto in
 sabbia, *Vedi* contenuto in sabbia
sand shelves · *Vedi* traverse metalliche,
Vedi traverse metalliche, *Vedi* traverse
 metalliche
 SC · *Vedi* Solid Content, *Vedi* Solid
 Content, *Vedi* Solid Content, *Vedi* Solid
 Content, *Vedi* Solid Content
 SC% · *Vedi* contenuto in solidi

scabrezza · 192, 200, 243, 247, 272
 scarpa direzionale · 55, 57, 58
 schiumogeni · 162
 scoppio · 250, 253, 254, 255, 271, 370
 Scotchkote™ Pipe Renewal Liner · 241
 scudo · 123, 124, 126, 128, 129, 130, 131,
 132, 133, 135, 136, 137, 138, 145, 146,
 147
 SDR · 112, 230, 231, 234, *Vedi* Standard
 Dimension Ratio, *Vedi* Standard
 Dimension Ratio
 sedimenti, incrostazioni e ostruzioni · 334
 sezione di minima resistenza · 69, 72, 73
 sforzo di taglio · 166, 170
 SG · *Vedi* Specific Gravity
 S-Glass · 208
 shakers · 177
 sharp curve pipe jacking · 123, 144
shear rate · *Vedi* velocità di deformazione
 di taglio
shear stress · *Vedi* sforzo di taglio
 silicato di sodio · 275
 siluro battente · *Vedi* Impact moling
 sismica a riflessione · 312
 sismica a rifrazione · 312
 sismica in foro · 312
 sistema di guida · 46, 47, 48, 60, 73, 75,
 79, 135, 138, 142
 sistema di lubrificazione periferico · 129
 sistemi a bilanciamento della pressione di
 terra · *Vedi* EPB
 sistemi a smarino idraulico · 123, 126,
 130, 138
 sistemi a smarino meccanico · 123, 137
 Sistemi di guida magnetici · *Vedi* MGS
 Sistemi di guida walk-over · 73
 sistemi di perforazione roto-percussivi · 51
 sistemi di tipo inerziale · 73, 79
 sistemi magnetici · *Vedi* MGS, *Vedi* MGS
 sistemi radar per la *detezione* e la
 mappatura di servizi interrati · 320
 sliplining · 194, 265, 267
slump test · *Vedi* prova al cono ABRAMS
slurry · 80, 123, 126, 138, 146
 shield · 126
 smarino a carrello · 126, 137, 373
 smarino meccanico · 125, 126, 128, 129,
 130, 131, 132, 133, 135, 136, 137, 148,
 150, 369, 373

snakes · 293
 Society of the Plastic Industry · Vedi SPI
soda ash · Vedi carbonato sodico
Soil Stiffness Categories · Vedi classe di rigidità del terreno
sol · 162
 solco · 147, 149
 solco di taglio · 147
solid content · 176, Vedi contenuto in solidi, Vedi contenuto in solidi
 sonda · 73, 76, 77, 328, 371
 sondaggi con prelievo di campioni · 313
 sondaggi elettrici verticali · 312
 sondaggi geognostici · 313
sonde housing · Vedi portasonda
 sostentamento idraulico del fronte · 126, 138
 sostituzione · 1, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 190, 195, 220, 255, 279, 280, 285, 287, 288, 290, 296, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 309, 311, 329
 per alesatura · Vedi pipe reaming e pipe eating
 per frantumazione · Vedi pipe bursting
 per taglio · Vedi pipe splitting
 sostituzione per alesatura · 304
 sottoservizi · 1
 sovraccarico accidentale · 233, 234
sovralesatura · 82, 83, 87, 93, 95, 112, 304
 spaccatubo · Vedi pipe bursting
 specific gravity · 163, 175
 SPI · 205
 spilling · 315
 spingitubo · 122
spinning head · Vedi testa rotante centrifuga
 spinta totale · 145
 Spiral Pipe Renewal · Vedi SPR
 spiral wound lining · Vedi SWL, Vedi tubi e rivestimenti spirali
 splitter · 296, 301, 302
 SPR · Vedi surface penetrating radar, Vedi SWL
 spray-lining · 243
 SPT · 313
stabilizer · Vedi stabilizzatori
 stabilizzatori · 48, 60
 Standard Dimension Ratio · 112
 Standard Penetration Test · Vedi SPT

stasi · 220, 222
 stato di tensione biassiale · 69
 statore · 49
steel casing · Vedi camicia in acciaio
steerability · Vedi direzionabilità
steering · Vedi sterzata
 sterzata · 53, 54, 55, 56, 57, 66, 68, 76
 stirene · 205, 206, 207, 208, 217, 218, 219, 220, 222, 224, 225
 stress analysis · 117
 strumentista · 74, 76
 surface penetrating radar · 321
 survey and orientation tools · Vedi tracciatori
 swage lining · 263
 swaged liners · Vedi swage lining
swivel · Vedi girevole
 SWL · 255, 256, 257

T

T.O.C. · Vedi directional drilling
 T.O.T. · Vedi directional drilling
 tagliante a disco
 massimo carico per · 150
 taglienti a disco · 132, 147, 148, 149
 tagliatubo · Vedi pipe splitting
 tappeto di scivolamento · Vedi gliding foil
 target a *led* · 151, 153
 tazze · 128, 129, 130
 TBM · 40, 126, 137, 147, 373
 a doppio scudo · 137
 a singolo scudo · 137
 double shield · 137
 single shield · 137
 TCI · 51
 tecniche di sostituzione · 268, 279, 281, 287
 tecniche diagnostiche · 336
 Tecniche ibride · 142
 tecniche sostitutive · Vedi tecniche di sostituzione
 tecnologie d'installazione per tiro · 31
 tensione circonferenziale · 240
 tensione membranale circonferenziale · 283
 teodolite · 130, 135, 138, 153
 terminazioni filettate · 60, 62
 termocoppie · 222

- termosaldatura · 302
 terreno di rinfianco · 235, 236
 tessuti · 209
 multiassiali stitch-bounded · 209
 pentassiali · 209
 quadriassiali · 209
 tessuto in fibra di vetro · 200, 203, 204, 223, 224, 225
 testa di tiro · 86, 98, 293
 testa dirompente · 282, 298
 testa fresante a movimento orbitale · 123
 testa rotante centrifuga · 247
thermal CIPP · 200, 225, Vedi CIPP
 termico
 metodo a secco · 223
 metodo ad acqua · 220
 tira aste · 281, 293, 295, 299
 tira-aste · 265, 281
 tiro · 31, 32, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 54, 59, 60, 64, 68, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 93, 95, 96, 97, 98, 99, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 120, 122, 143, 162, 163, 165, 200, 265, 267, 269, 270, 281, 282, 283, 285, 286, 293, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 304
 calcolo del tiro minimo · 87
 diagramma distanza- · 98
 in caso di collasso del foro · 116
 tiro minimo · 83, 112, 113, 270
 tixotropia · 115, 164, 172, 174, 253
to detect · Vedi deteazione
 tomografia · 312
 elettrica in foro o pozzo · 312
 sismica in foro · 312
tool face · 47, 54, 73, 74, 75, 76, 77, 153
tool joint · 60, 62, 63, 72, 73
 tracciamento dell'asse tubo · 117, 119
 tracciatori · 119, 120
 tracciatori di tipo MEMS · 118, 120, 372
 traiettoria di perforazione · 47
 trama-ordito · 210
transmitter · Vedi trasmettitore
 trasmettitore · 73, 74, 76, 328
 trattamenti pre-tunneling · 8, 33, 40
 trattamento in sito di aree inquinate · 40
 trattamento in sito di terreni inquinati · 7, 33
 traverse metalliche · 128
trenchless · 1, 3, 4, 5, 11, 32, 123, 161
 treno lampade · 225, 226, 227
tricono · 48, 68
 Trivellazione Orizzontale Controllata ·
 Vedi directional drilling
 Trivellazione Orizzontale Teleguidata ·
 Vedi directional drilling
 trovanti · 83, 132, 135
 tubazioni in pressione aeree · 240
 tubi continui · 122, 142, 143
 tubi corazzati · 303
 tubi di iniezione · 40
 tubi e rivestimenti costruiti fuori opera · 194, 261
 tubi e rivestimenti costruiti in sito · 194, 199, 274, 332
 tubi e rivestimenti polimerizzati in sito · 194, 199
 tubi e rivestimenti spiralati · 255
 tubi in conci · 122, 126, 142, 143
 tubi reticolati in sito · Vedi CIPP, Vedi CIPP
 tubo camicia · 132, 135
 tubo ospite · 192, 196, 199, 200, 201, 204, 208, 211, 212, 215, 217, 218, 219, 223, 224, 225, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 236, 238, 239, 240, 241, 245, 247, 249, 254, 255, 256, 261, 262, 263, 265, 266, 267, 270, 272, 279, 283, 293, 294, 369, 370, 371, 373
 tubo ospite completamente deteriorato · 229, 238
 tubo ospite parzialmente deteriorato · 229, 238
 tubo ospite totalmente deteriorato · 232, 240
 tubolare · Vedi liner
 Tungsten Carbide Inserts · Vedi TCI
 Tunnel Boring Machine · Vedi TBM
 turbina a fango · Vedi mud motor
twisting · 56, 57
-
- U**
 UCS · 51, 52, 132, 147, 314, 347, 348
 ugelli · 198, 199, 247
 UIGC · Vedi Costo Unitario Indiretto Generalizzato
 unfolded view · 338

unità di miscelazione · 163
 unità di separazione del limo · 177
 Utensili di perforazione direzionabili · 48
 UTM · 341
 UV CIPP · 211, 223, 224, 225, 226, 228
 UVA · *Vedi* UV CIPP
 UV-CIPP · 228

V

vagoni · 123
 valore monetario medio aggregato
 dell'unità di tempo · 13
Vane Test · *Vedi* prova scissometrica
 vasca di accumulo · 163
 veicolo HT60 · 234
 velocità di deformazione di taglio · 166,
 167, 170
 ventilazione · 129, 130, 249
 Verifiche di pressione in foro · 181
 videoispezione · 193, 195, 196, 230, 247,
 261, 269, 275, 281, 282, 328, 331, 337,
 338
 pre-esecutiva · 196
 videoispezione digitale · 339, 374

viscosimetro FANN VG · 171
 viscosimetro rotativo · 171, 172
 viscosità · 164, 165, 166, 167, 170, 171,
 172, 173, 175, 176, 177, 178, 180
 apparente · 170
 viscosità apparente · 163, 166, 170, 171,
 369
 viscosità dinamica · 166
 viscosità plastica · 163, 166, 170, 172, 183

W

walk-over · 73, 74, 75, 76, 77, 79
 walk-over con lettura azimutale · 79
waterglass · *Vedi* silicato di sodio
 wet boring · 161, 162, 175, 186
 winding machine · 255, 256
 dinamica · 260
 stazionaria · 258, 259

Y

yeld point · 163, 166, 170, 171, 172
 YP · *Vedi* yeld point