

Renzo Chirulli

Manuale di Tecnologie No-Dig



Le tecniche e le metodologie di progetto e di calcolo

The logo for nodig.it features a stylized orange arrow pointing to the right, positioned above the text "nodig.it" in a bold, white, sans-serif font.

nodig.it

Renzo Chirulli

Manuale di Tecnologie No-Dig

Le tecniche, le metodologie di progetto e di calcolo



Titolo: *Manuale di Tecnologie no-dig*

Copyright © 2011 nodig.it Srl
via Arturo Toscanini 31/B
20090 Settala (MI)

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, a nodig.it o a qualsiasi altra persona o società che abbia contribuito alla creazione, produzione e distribuzione di questo libro.

La foto di copertina è stata gentilmente concessa da Geovision Srl e Saertex GmbH.

Edito da nodig.it
1^a edizione: Maggio 2011

Stampato in Italia

ISBN 978-88-906098-0-0

*C'è una verità elementare, la cui ignoranza uccide innumerevoli idee e splendidi piani:
nel momento in cui uno si impegna a fondo, anche la provvidenza allora si muove.
Infinite cose accadono per aiutarlo, cose che altrimenti mai sarebbero avvenute.
Qualunque cosa tu possa fare, o sognare di poter fare, incominciala.
L'audacia ha in se genio, potere e magia.
Incomincia adesso.*

Johann Wolfgang von Goethe.

Questo libro è dedicato ad Antonella Chirulli.

Presentazione

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 ad essere sottostimata rispetto alle infrastrutture soprasuolo, ben altrimenti considerate dalla politica, dall'informazione e dal comune sentire. Ulteriormente difficile perché ogni cantiere di 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 Tecnologia No-Dig"* che raccoglie e diffonde un assai significativo insieme di tecnologie sviluppatasi 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 ed 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 ed 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

Alessandro Paoletti

Prefazione dell'autore

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

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 esecutivi 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 ed 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 ad una maggiore efficienza energetica dei processi costruttivi ed industriali e ad una riduzione sempre più drastica degli impatti che le attività umane hanno sul Pianeta.

Molti colleghi e amici, che come me lavorano in questo settore, sono animati dalla stessa passione per l'innovazione, coscienti che attraverso il proprio lavoro ciascuno di noi può fare la sua piccola parte in questo grande cambiamento.

Renzo Chirulli, maggio 2011.

INDICE ANALITICO

A

ABM · Vedi pressotrivella
 acceleratori · 223
 accelerometri · 81; 85
 additivi · 153; 177; 179; 193; 194; 199;
 200
 di controllo del filtrato · 199
 inibenti · 199
 intasanti · 199
 lubrificanti · 199
 viscosizzanti · 199
 aderenza del liner al supporto · 225
 albero a sezione lobata · Vedi rotore
 alesatore · 50; 88; 89; 90; 91; 92; 93; 94;
 166; 168; 181; 191; 328
 a barile · 91
 alesatura · 49; 50; 64; 65; 66; 75; 88; 89;
 90; 91; 92; 93; 94; 97; 128; 163; 166;
 167; 176; 177; 178; 180; 181; 182; 191;
 193; 201; 299; 327; 328; 329
 corona di · 93
 allacci laterali · 210; 211; 212; 220; 235;
 245
 riapertura · 245
 amagnetico · 80
 ambient curing · 235; 243
 angolo di sterzata · Vedi sterzata
 angular offset · Vedi distorsione angolare
 anulus · 63; 64; 95; 107; 180; 191; 282;
 285; 286
 apparent o effective viscosity · Vedi
 viscosità efficace
 approdo litoraneo · 37; 42
 argani a cabestani · Vedi argani a trazione
 controllata
 argani a trazione controllata · 302; 316;
 318; 320
 aria compressa · 201; 320; 321; 322
 array · 347
 as built · 128

asimmetria longitudinale · 52; 55; 58
 asimmetria trasversale · 52; 59; 61; 62
 aste assemblate · 68
 aste di perforazione · 51; 57; 65; 66; 67;
 68; 69; 70; 71; 72; 76; 77; 78; 80; 85;
 88; 163; 180; 182; 328
 aste forgiate · 67; 68
 aste frizionate · Vedi aste saldate ad attrito
 aste saldate ad attrito · 68
 attraversamento fluviale · 38; 335
 attraversamento stradale · 39
 attrito · 62; 68; 69; 95; 97; 98; 99; 100;
 101; 102; 103; 105; 106; 107; 108; 109;
 110; 111; 112; 113; 114; 115; 116; 117;
 118; 119; 120; 121; 122; 123; 124; 125;
 126; 127; 144; 156; 158; 170; 176; 287;
 338
 resistenza circonferenziale · 158
 auger · Vedi coclea
 auger boring · 139; 146
 auger boring machine · Vedi pressotrivella
 autogenous healing · 271
 auto-sostentamento del foro · 201
 autospurgo · 213
 AV · Vedi viscosità apparente
 azimut · 51; 85; 88
 azione idrocinetica · 97; 107; 111; 112;
 113; 115; 116; 117; 118; 120; 121
 azione idromeccanica · 61

B

back-reamer · Vedi alesatore; Vedi
 alesatore
 backreaming · Vedi alesatura
 barrel · 91
 batteria di perforazione · 51; 52; 58; 59;
 61; 62; 63; 65; 66; 72; 73; 75; 76; 78;
 79; 80; 81; 82; 88; 94; 97; 105; 200;
 202; 328
 batteria fondo foro · 49

batti-tubo · Vedi pipe ramming
 bent sub · Vedi giunto a gomito
 bentonite · 153; 177; 178; 179; 193; 199;
 200
 bentonite del Wyoming · 178
 berstlining · Vedi pipe bursting
 bias · 84
 bilancia · 194
 Bingham plastics · Vedi fluidi di Bingham
 bio-polimeri · 177; 179
 blow per minute · Vedi frequenza di
 battuta
 bonifica ambientale · 1; 42; 339
 decontaminazione · 35
 buca o pozzetto di servizio · 51
 bumping · 57; 309; 310; 330
 bussole magnetiche · 87
 by-pass · 210; 211; 285

C

calandratura · 230; 245
 calcio disciolto in acqua · 199
 calcolo dei passaggi di alesatura
 intermedi · 92
 calcolo della sovralesatura · 91
 caldaia · Vedi centrale termica
 calze · Vedi CIPP
 camera di macinazione · 154
 camicia in acciaio · 147; 149
 di servizio · 147
 campi elettromagnetici · 44; 84; 88; 336
 campo magnetico · 85; 336
 campo magnetico artificiale · 85
 campo magnetico terrestre · 85
 canale anulare · Vedi anulus
 capstan effect · Vedi effetto cabestano
 carbonato sodico · 199; 200
 carico unitario di rottura · 71; 76
 carrier · 216; 221
 catalisi · 224; 229
 catalizzatori perossidici · 223
 cavi nudi · 44
 cement mortar lining · Vedi CML
 cementazione · 209; 263
 cemento amianto · 204; 328; 341
 centrale termica · 240; 241
 cercaperdite · 371
 CFL · 291; 292; 293; 320; 361
 CFP · Vedi CFL
 chiocciola · 235; 236
 chips · 159; 161
 ciclo termico · 239; 240; 242; 243
 cilindri di appoggio rotanti · Vedi rollers
 CIPP · 209; 215; 216; 217; 218; 219; 220;
 221; 222; 225; 226; 227; 228; 229; 230;
 235; 239; 243; 244; 245; 246; 247; 248;
 249; 251; 255; 320; 332
 fattore dimensionale del · 251
 momento di inerzia del · 255
 circolazione del fluido · 64; 109; 180; 181
 circumferential frictional resistance · Vedi
 attrito, resistenza circonferenziale
 circumferential membranal stress · Vedi
 tensione membranale circonferenziale
 classe di rigidezza del terreno · 257; 259
 classi di tiro · 36; 44
 classificazione del terreno in macroclassi ·
 92
 classificazione delle tecnologie no-dig · 5
 clay-free · 177; 179
 cloruri · 179; 199; 200
 close-fit lining · Vedi CFL
 close-fit pipe · Vedi CFL
 CML · 209; 263; 264; 265; 271; 272; 275;
 361
 coating · 209; 275; 276
 coclee · 136; 138; 142; 147; 150; 166
 coefficiente di attrito · 62; 99; 122; 158
 dinamico · 99
 statico · 99
 coefficiente di azione deviante · 63
 coefficiente di Hazen-Williams · 267
 coefficiente di sovralesatura · 104
 coefficiente di supporto elastico · 255
 collasso del foro · 127; 180; 201
 colloide · 178; 194; 197; 198; 200
 compattazione · 131; 201; 202; 311; 312;
 314; 315; 335
 compensation grouting · 8; 37; 43
 compressore · 134; 202; 321
 cone penetration test · Vedi CPT
 coni rotanti · 57; 89; 94
 contenuto in sabbia · 179; 196
 contenuto in solidi · 179; 195; 194; 196
 continuità circonferenziale · 275
 continuous working · Vedi esercizio
 continuo
 controlli di routine · 191; 195; 199; 209
 controllo ottico della traiettoria · 146; 155

conveyor belt · Vedi nastri trasportatori
 copolimerizzazione · 223
 corpi viscoelastici · 183
 correlatore · 371
 costi di impatto ambientale · 13
 costi di interferenza con infrastrutture di trasporto · 13
 costi di rischio · 13
 costi indiretti · 10
 costi sociali · 13; 28
 costo di costruzione · Vedi costo diretto
 costo diretto · 10
 costo generalizzato · 12
 costo indiretto generalizzato · 13
 costo unitario indiretto generalizzato · 31
 CPT · 338
 criterio di resistenza di Von Mises · 76
 cross-over · 52; 65
 cured in place lining · Vedi CIPP
 cured in place pipe · Vedi CIPP
 curva di coppia · 55
 curva di flusso · 184; 187; 188
 curva di potenza · 55
 curva di velocità · 55
 curvatura · 51; 59; 71; 72; 73; 75; 78; 92; 103; 104; 105; 126; 136; 155; 156; 261; 295
 curve caratteristiche di un motore a fanghi · 54
 cut point · 197
 cutting · 143; 178; 189; 194; 195
 cuttings · 191

D

DDD · Vedi dry directional drilling
 densità · 30; 34; 44; 123; 179; 194; 195; 197; 228; 242; 254; 257; 259; 311; 335; 336; 373; 374
 desander · Vedi dissabiatore
 desilter · 196; 197
 deteazione · 9; 346; 347; 355; 356; 358
 detrimental solids · Vedi parte solida dannosa
 deviabilità · 72; 73
 deviazione · Vedi sterzata; Vedi sterzata
 diagnostica per immagini · 366; 367
 diagramma di deformabilità · 78; 79
 diagramma di Wöhler · 77

dinamometri · 109
 dipolo-dipolo o pseudosezioni · 336
 directional drilling · 7; 34; 35; 36; 37; 38; 39; 40; 41; 42; 43; 44; 49; 50; 57; 58; 59; 64; 65; 66; 67; 68; 70; 72; 77; 80; 82; 84; 88; 135; 152; 153; 165; 175; 176; 177; 189; 193; 194; 201; 287; 327; 328; 335; 337; 339; 340; 344
 dry · 201
 direzionabilità · 52; 62; 146; 165
 disk cutters · Vedi taglienti a disco
 dislocamento · 131; 170; 201; 202; 309; 312; 313; 316; 317; 322
 dislocazione · 201
 dissabiatore · 196
 distorsione angolare · 52
 DR · Vedi fattore dimensionale del CIPP
 dreni · 42
 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 · 177; 178; 201
 duck bill · Vedi punte a cuneo
 durezza dell'acqua · 179; 199

E

earth pressure balance · Vedi EPB
 effetti di superficie · 43; 57; 170; 178; 308; 309; 310; 311; 312; 314
 effetti sui sottoservizi preesistenti · 308; 312
 effetto arco · 201; 202
 effetto cabestano · 98; 108; 110; 111; 112; 114; 115; 116; 117; 118; 120; 121
 E-Glass · 228
 EPB · 140; 150; 151; 153
 epossidiche · 222; 224; 225; 229; 242; 275; 276; 363
 epoxy lining · 276; 277
 equazione costitutiva · Vedi modello reologico
 equazione di Lamb · 187
 esercizio continuo · 67; 70; 76; 77; 78; 265; 289
 espansore · 300; 305; 306; 307; 308; 318; 321; 322; 323

tronco-conico · 302
 tronco-piramidale · 307
 estroflessore · Vedi chiocciola
 exfiltrazioni · 203; 359
 extreme working · Vedi impiego estremo

F

falda · 146; 149; 150; 151; 153; 206; 235;
 250; 251; 252; 254; 259; 260; 263; 286;
 338; 359
 fanghificazione del fronte di scavo · 153
 fasci compatti · 44
 fase continua · 178
 fase di riscaldamento · 242
 fase dispersa · 178
 fattore di capacità portante · 171
 feltro poliestere · 216; 226; 227; 228; 229;
 233; 237; 245
 FFW · Vedi aste forgiate-frizionate
 filati di rinforzo · 228
 filter cake · 179; 197; 198
 filter press · Vedi filtro-pressa
 filtrate · 179; 197; 198
 filtration · Vedi filtrazione
 filtrato · 179; 197; 198; 199
 filtrazione · 198; 271; 273; 274; 275
 filtro-pressa · 198
 flocculazione · 199
 fluidi · 178; 184; 188; 201
 in fase prevalentemente aeriforme · 201
 a base d'acqua · 57; 177; 178; 179; 194;
 198
 circolazione dei · 179
 fluidi di Bingham · 184; 187
 fluidi di perforazione · 50; 51; 64; 95; 125;
 126; 127; 153; 163; 176; 177; 187; 188;
 189; 193; 194; 198; 199; 200; 339
 fluidi newtoniani · 183; 184
 fluidi plastici · 184; 187
 fluidi pseudoplastici · 184; 188
 fluidi reopettici · 189
 fly cutter · 90
 forged one piece · Vedi aste forgiate
 forged-friction-welded drill pipe · Vedi aste
 forgiate-frizionate
 fori confinati · 273; 275
 fotoindurente · Vedi fotopolimerizzante
 fotopolimerizzante · 244

frac-out · 127; 178; 180; 191; 195; 197;
 202
 frequenza di battuta · 56; 322
 fresa motorizzata · 140; 149; 150; 168
 fully deteriorated host pipe · Vedi b) tubo
 ospite completamente deteriorato

G

galleggiamento · 98; 99; 100; 176; 254;
 286; 287
 fattore di · 254
 gel · 178; 179; 181; 183; 189; 191; 192;
 193; 199
 strength · 179
 gel strength · 189
 geoletrica · 336
 georadar · 336; 346; 347
 geotermia · 8
 girevole · 94; 95; 96; 97; 103; 104; 328
 giroscopi · 88
 giroscopi laser · 88
 giunto a gomito · 52
 giunto girevole reggispinta · 94; 97; 103;
 328
 gliding foil · 238
 gonfiaggio · 215; 216; 217; 233; 237; 238;
 242; 243
 GPR · 336; 347
 grado di riempimento · 122; 123; 124; 126
 gripper · 152
 ground penetrating radar · Vedi GPR
 ground probing radar · Vedi GPR
 gruppo di spinta · 136; 144; 152; 156; 175
 guaine · Vedi CIPP
 guida in remoto · 84
 guided boring · Vedi pilot tubing
 gyroscope measurement system · Vedi
 tracciatori

H

hardness · Vedi durezza
 HDD · Vedi directional drilling
 hole cleaning · Vedi pulizia del foro
 hole opener · Vedi alesatore
 horizontal directional drilling · Vedi
 directional drilling

host pipe · Vedi tubo ospite
hydrocyclone · Vedi idrocicloni

I

IARC · 222
idrocicloni · 196; 197
idrodemolizione · 364; 365
impact moling · 35; 131; 132; 134; 320
impermeabilità · 206; 207; 208; 216; 249; 332; 361
impianti inquinanti · 37
impiego estremo · 67; 76; 77; 78
impregnazione · 229; 230; 245
IMU · 129; Vedi Inertial Measurement Unit
inclinazione sull'orizzontale · 51
inclinometri · 81
indurimento a caldo · Vedi thermal CIPP
indurimento per irraggiamento · 216
inertial measurement unit · 88
infiltrazioni · 203; 205; 235; 359
inner-film · 217
inserimento per trazione · 237
inserti ai carburi di metalli duri · 52; 94
interferenza con sottoservizio parallelo · 313; 314
interferenze elettromagnetiche · 84; 85; 86; 87
interferenze passive · 84
International Agency for Research on Cancer · Vedi IARC
International Programme on Chemical Safety · Vedi IPCS
inversione · 135; 215; 216; 220; 227; 231; 232; 233; 234; 235; 236; 237; 238; 243
IPCS · 222

K

kerf · Vedi solco di taglio
Kevlar® · 228

L

lance a getto · 61
leak noise correlation · 371

legge di Poiseuille · 186
letture inclinometriche · 85
LFL · 282; 283; 284; 285; 288; 290; 320
limite di fatica · 76; 77
limite di snervamento · 66; 71; 76
linee di media ed alta tensione · 44
liner · 207; 215; 216; 217; 218; 219; 220; 221; 225; 226; 227; 228; 229; 230; 231; 233; 234; 235; 236; 237; 238; 239; 240; 241; 242; 243; 244; 245; 247; 249; 250; 251; 252; 253; 255; 257; 260; 261; 262; 263; 277; 283; 284; 286; 287; 288; 289; 291; 293; 294; 295; 296; 297; 332; 361; 362
 calcolo dello spessore del · 249
 in feltro poliestere · 226
 in fibra di vetro · 228
linguette colorimetriche · 199
lining machine · 266; 267; 268; 269
lisciatore · 267
localizers · Vedi localizzatori
localizzatori · 342; 346; 354; 355; 356; 357; 358
log geofisici · 336
loose-fit lining · 209; 282; 283; 285; 286

M

macchina di perforazione · 40; 44; 49; 94
magnetic guidance system · Vedi MGS
magnetometri triassiali · 85
malta cementizia · 263; 264; 265; 266; 267; 270; 271; 272; 273; 274; 275; 363
malta di cemento · Vedi malta cementizia
manichette armate · 209; 283; 288; 290
manicotti · 65; 67; 68; 69; 316
mappatura del sottosuolo · 5; 334; 339; 340; 342; 344; 354; 375
marsh funnel viscosity · Vedi viscosità all'imbuto di Marsh
martello · 56; 57; 75; 177; 202
martello pneumatico fondo foro · Vedi martello
martello rotoperlussivo fondo foro idraulico · 57
massa battente · 56; 173; 320
masse inquinanti · 37
massima temperatura di esotermicità · 223
mast · 58

MBR · Vedi Raggio di curvatura minimo
 mechanically folded pipe · Vedi MFP
 memoria di forma · 293
 MEMS · 129
 mescolatori · 89
 metodi elettrici · Vedi geoelettrica
 metodi elettromagnetici · 336
 metodi gravimetrici · 336
 metodi magnetici · 336
 metodi sismici · 336
 metodi VLF · 336
 MFP · 209; 291; 292; 295; 296; 297
 MFV · Vedi viscosità all'imbuto di Marsh
 MGS · 80; 85; 86; 87; 88
 micro trincea
 mini trincea · 2
 micro-electro-mechanical systems · Vedi
 MEMS
 microtrincea · 2
 microtunneler · 136; 154; 155; 175
 microtunneling · 7; 12; 135; 136; 137; 138;
 139; 140; 141; 142; 144; 151; 152; 153;
 155; 156; 157; 162; 163; 175; 176; 177;
 287; 327; 329; 335; 339
 calcolo della spinta nel · 156
 direzionalità dei sistemi da · 155
 leggero · Vedi pilot tubing
 in roccia · 159
 mineral coating · Vedi rivestimenti
 minerali
 minimum bending radius · Vedi Raggio di
 curvatura minimo
 minitrincea · 2
 mixing unit · 180; 200
 modello reologico · 184; 187
 moduli di spinta intermedi · 144
 modulo di elasticità a lungo termine · 250;
 255
 modulo di elasticità flessionale del liner a
 breve termine · 255; 263
 modulo di reazione del terreno · Vedi
 modulo di rigidità del terreno
 modulo di rigidità del terreno · 257; 259
 mole · 128; 131; 133; 134; 320
 momenti flettenti devianti · 73
 momento deviante · 63
 monoassiale · 76; 338
 monomero · 222; 223; 224; 235; 245
 montmorillonite · 178
 motore · Vedi mud motor
 motori a bassa portata (low-flow) · 55

MT · Vedi microtunneling
 mud · 52; 53; 55; 57; 75; 177; 178; 179;
 194
 mud balance · Vedi bilancia
 mud engineering · 177
 mud motor · 52; 53; 55; 57; 75; 177

N

nastri trasportatori · 136
 nitrurazione gassosa · 69
 normalized jacking force · 159
 north seeking gyro · Vedi NSG
 NSG · 129

O

OMU · 129
 oneri monetari di compensazione · 31
 orientamento dell'asimmetria dell'utensile
 · 51
 orientation measurement unit · Vedi OMU
 ovalizzazione · 251; 255; 257; 266; 267;
 358; 360; 362
 percentuale del tubo ospite · 251
 overcut · 63; 64; 144; 158

P

pannello · 179; 197; 198; 199; 241
 parte solida dannosa · 195
 partially deteriorated host pipe · Vedi tubo
 ospite parzialmente deteriorato
 PDC · 55
 percussore · Vedi ram
 percussori · Vedi ram
 perdita di circolazione · 109; 182; 191
 perdite ai giunti · 207; 250; 358; 359; 360;
 365
 perforatrice direzionale · 49; 50
 perforatrici da pozzetto · 51
 perforazione a dislocamento · 57
 perforazione con controllo attivo della
 traiettoria · 49
 perforazione direzionale · Vedi directional
 drilling

- perforazione pilota · 40; 50; 51; 52; 58; 64; 65; 72; 88; 93; 97; 163; 165; 166; 175; 180; 182
 perforazione teleguidata · Vedi directional drilling
 personale al fondo foro · 140; 141; 142
 peso immerso · 97; 98; 99; 100; 101; 109; 122; 125; 126; 127
 PH · 179; 199; 200; 272
 piercing tool · Vedi mole
 pig · 266; 372
 pilot bore · Vedi perforazione pilota
 pilot tubes · 163
 pilot tubing · 135; 163; 164; 165; 166; 167; 168; 177
 pipe bursting · 299; 300; 301; 302; 305; 306; 307; 308; 312; 316; 318; 320; 321; 322; 323; 324; 325; 326; 327
 con espansori idraulici · 300
 dinamico · 300; 320
 statico · 300
 pipe eating · 299; 327; 329
 pipe jacking · Vedi spingitubo
 pipe puller · Vedi testa di tiro
 pipe ramming · 135; 169; 170; 171; 172; 173; 174; 175; 320
 a fronte aperto · 170
 a fronte chiuso · 170
 forze di spinta nel · 171
 pipe reaming · 299; 327; 328; 329
 pipe rollers · Vedi rollers
 pipe splitting · 299; 300; 301; 302; 308; 316; 322; 323; 324; 325; 326; 327; 328
 pipe thruster · 127; 175
 pitch · Vedi inclinazione sull'orizzontale
 plastic viscosity · Vedi viscosità plastica
 poise · 183; 184
 polifore · 1
 polimerizzazione · 215; 222; 223; 224; 225; 229; 233; 235; 239; 240; 244; 245; 247; 332
 poliuretano · 226; 227; 228; 239
 polycrystalline diamond compact · Vedi PDC
 portasonda · 65; 80; 81; 83
 pot-life · 223; 224
 pre-compressione locale del terreno di intorno · 57
 pre-liner · 225; 231; 237; 238
 installazione del · 238
 presenza costante di personale al fondo foro · 140; 141
 pressione idrocinetica · 108
 pressotrivella · 136; 147; 148; 150; 156
 principio di Archimede · 99
 Proctor · 257; 311; 315; 335
 profili di resistività · 336
 prospezione elettromagnetica · 336
 in dominio di frequenze · 336
 nel dominio del tempo · 336
 prova al cono Abrams · 272
 prova Lugeon · 338
 prova scissometrica · 94; 171; 338
 pulizia del foro · 193
 pulizia della tubazione ospite · 212
 pullback · Vedi tiro
 pulled-in-place installation · 237
 punta di perforazione · 35; 51; 52; 53; 56; 59; 60; 63; 65; 81; 82; 84; 88; 163; 165; 191
 punte a becco d'oca · Vedi punte a cuneo
 punte a becco di flauto · Vedi punte a cuneo
 punte a cuneo · 59; 61
 punte eccentriche · 59
 punto di arrivo · 51; 328
 punto iniziale · 51
 push module · Vedi moduli di spinta intermedi
 PV · Vedi viscosità plastica
-
- Q**
 quadro di dissesto · 359
 quart · 190
-
- R**
 radargramma · 347; 349
 raggi ultravioletti · 216
 raggio di curvatura minimo · 72
 raggio di curvatura minimo in deviazione · 72
 ram · 169; 174; 320
 rate of penetration · Vedi ROP
 RDP · 209; 291; 292; 293; 294; 296
 reamer · Vedi alesatore
 reazioni elastiche del tubo · 97
 receiver · Vedi ricevitore

- recupero funzionale · 203; 205; 206; 283; 298
 parziale · 205
 totale · 205
 recycling unit · 180
 reduced diameter pipe · Vedi RDP
 rehabilitation · Vedi riabilitazione
 relining · 206; 207
 remotabilità · 85
 renovation · Vedi riabilitazione
 reologia · 183; 187
 reometro Baroid · 189
 reopessia · 189
 replacement methods · Vedi tecniche di sostituzione
 resilienza · 71; 72; 288; 320
 resine · 216; 217; 219; 221; 222; 223; 224; 225; 229; 230; 235; 239; 242; 243; 275; 276; 363
 epossidiche · 221; 224
 fotopolimerizzanti · 216
 poliesteri · 221; 222
 vinilesteri · 221; 224
 resistenza · 12; 55; 57; 59; 62; 69; 71; 72; 73; 75; 76; 79; 80; 90; 93; 97; 98; 107; 114; 115; 117; 118; 120; 121; 128; 156; 158; 160; 170; 171; 187; 193; 206; 208; 216; 221; 224; 225; 228; 247; 250; 271; 272; 273; 274; 275; 288; 289; 305; 306; 307; 309; 320; 321; 326; 332; 337; 338; 369
 chimica · 206
 strutturale · 206
 resistenza al taglio non drenata · 93; 128; 171; 338
 resistenza all'inflessione · 97
 resistenza all'inflessione del tubo · 107
 reticolazione · 215; 223; 224
 rheometer · Vedi viscosimetro rotativo
 rheopexy · Vedi reopessia
 riabilitazione · 1; 2; 5; 8; 203; 205; 206; 207; 208; 209; 210; 212; 214; 215; 216; 217; 221; 224; 225; 263; 265; 275; 282; 283; 284; 286; 288; 289; 291; 292; 332; 335; 358; 361; 362
 con tubi non aderenti · 282
 funzionale parziale · 206
 funzionale totale · 206
 non-strutturale · 216
 strutturale · 216
 riabilitazione
 con tubi e rivestimenti costruiti in sito · 214
 ricerca perdite · 208; 360; 367; 371
 ricevitore · 51; 81; 83; 84; 356
 riciclatore · Vedi recycling unit
 riciclo del fango · 180; 181
 ricoprimento minimo · 174; 311; 315
 rig · 49; 97
 risanamento · Vedi riabilitazione
 risoluzione · 82; 288; 354
 rivestimenti minerali · 277
 rod puller · Vedi tira-aste
 rolldown · 293; 294
 rollers · 101; 102; 103; 123; 124; 125
 ROP · 57; 181; 182; 193; 197
 rotary · 44; 57; 58; 59; 65; 73; 97; 188
 rotary viscosimeter · Vedi viscosimetro rotativo
 rotopercussivo · 57; 201
 rotore · 53; 188; 189
 rullatura · Vedi rolldown
 rulli di scorrimento · Vedi rollers
-
- S**
 sand content · 179; 196
 sand shelves · 142; 143
 SC% · Vedi contenuto in solidi
 scabrezza · 206; 216; 267; 276; 289
 scarpa direzionale · 59; 62; 63
 scudo · 136; 137; 139; 140; 141; 142; 143; 144; 145; 146; 147; 149; 150; 151; 152; 153; 154; 156; 157; 158; 159; 176
 SDR · Vedi Standard Dimension Ratio
 semi-structural · Vedi riabilitazione semi-strutturale
 sezione di minima resistenza · 79
 sforzo di taglio · 183; 187
 SG · Vedi Specific Gravity
 S-Glass · 228
 shakers · 196
 sharp curve pipe jacking · 136; 155
 shear rate · Vedi velocità di deformazione di taglio
 shear stress · Vedi sforzo di taglio
 siluro battente · Vedi Impact moling
 sismica a riflessione · 336
 sismica a rifrazione · 336
 sismica in foro · 337

sistema di guida · 49; 51; 52; 65; 80; 82; 88; 132; 149; 154; 175
 sistema di lubrificazione periferico · 144
 sistemi a bilanciamento della pressione di terra · Vedi EPB
 sistemi a smarino idraulico · 136; 140; 144; 152
 sistemi a smarino meccanico · 136; 139; 152
 a fronte aperto · 139
 a fronte chiuso con avanzamento autonomo · 139
 con fresa motorizzata e coclea eccentrica · 139
 sistemi di guida magnetici · 85
 sistemi di guida walk-over · 80
 sistemi di perforazione roto-percussivi · 55
 sliplining · 209; 283; 295
 slump test · Vedi prova al cono ABRAMS
 slurry · 89; 136; 140; 152; 153; 154; 157
 shield · 140
 snakes · 316
 Society of the Plastic Industry · Vedi SPI
 soda ash · Vedi carbonato sodico
 soil stiffness categories · Vedi classe di rigidezza del terreno
 sol · 178
 solco di taglio · 159
 solid content · 179; 194; 195
 sondaggi elettrici verticali · 336
 sondaggi geognostici · 338
 sostituzione
 per alesatura · Vedi pipe reaming e pipe eating
 per frantumazione · Vedi pipe bursting
 per taglio · Vedi pipe splitting
 sottoservizi · 1
 sovraccarico accidentale · 254; 255; 256
 norma DIN 1072 · 256
 sovralesatura · 91; 92; 95; 104; 106; 122; 328
 spaccatubo · Vedi pipe bursting
 specific gravity · 179; 194
 SPI · 223
 spingitubo · 135
 spinning head · Vedi testa rotante centrifuga
 spiral pipe renewal · Vedi SWL
 spiral wound lining · Vedi SWL
 splitter · 317; 324; 325
 SPR · Vedi surface penetrating radar; Vedi

SWL
 spray-lining · 276
 SPT · 338
 stabilizer · Vedi stabilizzatori
 stabilizzatori · 52; 65
 standard dimension ratio · 123
 standard penetration test · Vedi SPT
 stasi · 240; 242
 stato di tensione biassiale · 76
 statore · 53; 55
 steel casing · Vedi camicia in acciaio
 steerability · Vedi direzionabilità
 steering · Vedi sterzata
 sterzata · 58; 61; 62; 72; 73; 84
 stirene · 222; 224; 225; 226; 235; 238; 239; 243; 244; 245; 247
 strumentista · 81; 82; 84
 surface penetrating radar · 347
 survey and orientation tools · Vedi tracciatori
 swage lining · 293
 swaged liners · Vedi swage lining
 swivel · Vedi girevole
 SWL · 277; 278; 280

T

T.O.C. · Vedi directional drilling
 T.O.T. · Vedi directional drilling
 tagliante a disco · 149; 159; 160; 161; 162
 massimo carico per · 162
 tagliatubo · Vedi pipe splitting
 tappeto di scivolamento · Vedi gliding foil
 target a led · 163; 165
 tassa di ristoro · 31
 tazze · 143; 144
 TBM · 43; 141; 151; 152; 159
 a doppio scudo · 151
 a singolo scudo · 151
 double shield · 151
 single shield · 151
 TCI · 55
 tecniche di sostituzione · 284; 298; 300; 308
 tecniche ibride · 175
 tecniche sostitutive · Vedi tecniche di sostituzione
 tensione circonferenziale · 261
 tensione membranale circonferenziale ·

302; 303
 teodolite · 146; 149; 154; 165
 terminazioni filettate · 65; 67
 termocoppie · 241
 termosaldatura · 326
 terreno di rinfiacco · 257; 260
 tessuto · 228
 multiassiale stitch-bounded · 228
 pentassiale · 228
 quadriassiale · 228
 in fibra di vetro · 216; 220; 221; 244;
 245
 testa di tiro · 95; 109; 316
 testa dirompente · 301; 321
 testa rotante centrifuga · 266
 thermal CIPP · 247
 metodo a secco · 243
 metodo ad acqua · 240
 tira-aste · 295; 302; 316; 317; 321
 tiro · 35; 44; 45; 47; 48; 49; 50; 58; 64; 65;
 66; 70; 74; 88; 90; 91; 92; 94; 95; 96;
 97; 98; 99; 100; 101; 102; 103; 106;
 107; 108; 109; 110; 122; 123; 124; 125;
 126; 127; 128; 131; 135; 175; 178; 180;
 181; 215; 216; 283; 285; 286; 287; 295;
 300; 301; 302; 303; 306; 307; 316; 317;
 318; 319; 320; 321; 322; 323; 325; 328
 calcolo del · 97
 calcolo del tiro massimo · 126
 calcolo del tiro minimo · 97
 diagramma distanza- · 109
 in caso di collasso del foro · 127
 minimo · 92
 tixotropia · 126; 181; 189; 190; 193; 272
 to detect · Vedi detezione
 tomografia · 336; 337
 elettrica in foro o pozzo · 336
 sismica in foro · 337
 tool face · 51; 58; 80; 81; 82; 84; 85; 165
 tool joint · 65; 66; 69; 79; 80
 tracciatori · 129
 traiettoria di perforazione · 51
 trama-ordito · 229
 transmitter · Vedi trasmettitore
 trasmettitore · 80; 81; 82; 83; 84; 356
 trattamenti pre-tunneling · 8; 37; 42
 trattamento in sito di aree inquinate · 42
 trenchless · 2; 1; 4; 5; 12; 35; 136; 175;
 176; 177
 treno lampade · 245; 246; 247; 248
 tricono · 52; 74

trivellazione orizzontale controllata · Vedi
 directional drilling
 trivellazione orizzontale teleguidata · Vedi
 directional drilling
 trovanti · 92; 146; 150; 176
 tubi corazzati · 326; 327
 tubi di iniezione · 42
 tubi e rivestimenti polimerizzati in sito ·
 Vedi CIPP
 tubi e rivestimenti spiralati · 277
 tubi reticolati in sito · Vedi CIPP
 tubo ospite · 207; 212; 215; 216; 217; 221;
 225; 230; 231; 233; 235; 238; 239; 243;
 244; 245; 247; 249; 250; 251; 252; 253;
 255; 260; 261; 262; 263; 264; 267; 268;
 274; 275; 276; 277; 278; 282; 283; 286;
 287; 291; 292; 293; 295; 297; 298; 303
 tubo ospite totalmente deteriorato · 250;
 253; 260; 262
 tubo ospite parzialmente deteriorato · 250;
 260
 tubolare · Vedi liner
 tungsten carbide inserts · Vedi TCI
 tunnel boring machine · Vedi TBM
 turbina a fango · Vedi mud motor
 twisting · 61; 62

U

ugelli · 213; 214; 266
 unità di miscelazione · 180
 utensili di perforazione direzionabili · 52
 UV CIPP · 230; 247; 248
 UVA · Vedi UV CIPP

V

vane test · Vedi prova scissometrica
 veicolo HT60 · 256
 velocità di deformazione di taglio · 183;
 184; 187
 videoispezione · 209; 210; 211; 212; 251;
 266; 285; 286; 292; 300; 301; 356; 360;
 367; 368; 369; 370
 pre-esecutiva · 211
 viscosimetro FANN VG · 189
 viscosimetro rotativo · 188; 189
 viscosità · 179; 181; 182; 183; 184; 187;

188; 189; 190; 191; 193; 195; 196; 197;
199
all'imbuto di Marsh · 179; 190
apparente · 179; 187
dinamica · 183
plastica · 179

winding machine · 277; 278; 280; 281

Y

yeld point · 179; 183; 187; 188; 189
YP · Vedi yeld point

W

walk-over · 80; 81; 82; 83; 84; 87; 132
walk-over con lettura azimutale · 87

INDICE DEL VOLUME

1° CAPITOLO - Classificazione delle tecnologie no-dig e principi tecnico economici

1.1	Introduzione	1
1.2	Principali vantaggi del no-dig.....	2
1.3	La classificazione delle tecnologie no-dig.....	5
1.4	Campi di impiego delle tecnologie no-dig.....	7
1.5	Analisi dei Costi Indiretti Generalizzati - IGC.....	9
1.5.1	COSTO INDIRETTO GENERALIZZATO (IGC)	13
1.5.1.1	Costi di interferenza con infrastrutture stradali.....	14
	<i>C_{mtp} Costo del maggiore tempo di percorrenza sopportato dall'utente.</i>	14
	<i>C_{mc} Maggiore costo di carburante sopportato dall'utente.</i>	23
	<i>Caso di "STRADA BLOCCATA".</i>	24
	<i>C_{tv} Costi terminali di viaggio aggiuntivi.</i>	24
	<i>C_{pro} Costo per la perdita delle caratteristiche originarie della infrastruttura viaria.</i>	25
	<i>C_{is} costo sociale degli incidenti stradali.</i>	26
	<i>C_{dv} discomfort di viaggio sopportato dall'utente.</i>	27
	<i>Coefficiente moltiplicativo dipendente dalla natura dell'opera.</i>	27
1.5.1.2	Costi sociali.....	28
	<i>C_{de} costo derivante dalle diseconomie esterne.</i>	29
	<i>C_d costo del disagio e delle interferenze con gli spazi residenziali.</i>	30
1.5.1.3	Oneri monetari di compensazione proporzionali all'IGC.....	31
	<i>Utilizzazione della IGC per il calcolo degli oneri monetari di compensazione.</i>	32

2° CAPITOLO - Installazione senza scavo a cielo aperto di tubi e cavi interrati

2.1	Introduzione	34
2.2	Tecnologie di installazione per tiro.....	35
2.2.1	Directional Drilling.....	35
2.2.1.1	Cenni storici.....	35
2.2.1.2	Campi di impiego del directional drilling.....	36
2.2.1.3	Materiali installabili con directional drilling e classi di tiro delle macchine.	44
2.2.1.4	La tecnologia del directional drilling.....	49
2.2.1.5	Perforazione pilota.....	50
2.2.1.6	Utensili di perforazione direzionabili.....	52
2.2.1.7	L'anulus.....	63
2.2.1.8	Componenti principali della batteria di perforazione: aste di perforazione.....	65
	<i>Aste di perforazione.</i>	65
	<i>Tecnologie di fabbricazione delle aste di perforazione.</i>	67
	<i>Raggio di curvatura minimo - MBR.</i>	72
	<i>Sezione di minima resistenza della batteria di perforazione.</i>	79
2.2.1.9	Sistemi di guida.....	80
	<i>Sistemi di guida walk-over</i>	80
	<i>Sistemi di guida magnetici - MGS.</i>	85
	<i>Sistemi di guida inerziali.</i>	88
2.2.1.10	Alesatura.....	88
	<i>Calcolo della sovralesatura.</i>	91
	<i>Calcolo dei passaggi di alesatura intermedi.</i>	92

	2.2.1.11	Tiro.....	94
	2.2.1.12	Calcolo del tiro	97
		<i>Calcolo del tiro minimo T_{min}.....</i>	<i>97</i>
		<i>Attrito al contatto tra la superficie esterna del tubo e le pareti interne del foro.....</i>	<i>99</i>
		<i>Attrito al contatto tra tubo e terreno fuori dal foro.....</i>	<i>101</i>
		<i>Reazioni elastiche del tubo nei tratti curvilinei ed attrito localizzato.....</i>	<i>103</i>
		<i>Resistenza all'inflexione del tubo nei tratti curvilinei del foro.....</i>	<i>107</i>
		<i>Azione idrocinetica del fluido di perforazione.....</i>	<i>107</i>
		<i>Effetto cabestano (capstan effect).....</i>	<i>108</i>
		<i>Diagramma distanza-tiro.....</i>	<i>109</i>
	2.2.1.13	L'influenza dei coefficienti di attrito e del grado di riempimento della tubazione sui valori di tiro minimo.....	122
	2.2.1.14	Calcolo del tiro massimo, T_{max}	126
	2.2.1.15	Il tiro in caso di collasso del foro.....	127
	2.2.1.16	As built del tubo – tecnologie di tracciamento dell'asse tubo.....	128
	2.2.2	Impact moling	131
2.3		Tecnologie di installazione per spinta	135
	2.3.1	Il Microtunneling.....	136
	2.3.1.1	Cenni storici e terminologia.....	136
	2.3.1.2	Campi d'impiego del microtunneling.....	139
	2.3.1.3	Tecnologie di microtunneling.....	139
		<i>Sistemi a smarino meccanico con scudo a fronte aperto con escavazione manuale o meccanizzata.....</i>	<i>142</i>
		<i>Sistemi a smarino meccanico con scudo con fresa e coclea a piena sezione (auger boring).....</i>	<i>146</i>
		<i>Sistemi a smarino meccanico con scudo con fresa motorizzata e coclea eccentrica.....</i>	<i>149</i>
		<i>Sistemi EPB (Earth Pressure Balance).....</i>	<i>150</i>
		<i>Sistemi a smarino meccanico con scudo a fronte chiuso con avanzamento autonomo e sistema di smarino a carrello.....</i>	<i>151</i>
		<i>Sistemi a smarino idraulico con scudo a fronte chiuso con circolazione di fanghi e sostentamento idraulico del fronte di scavo (slurry shield).....</i>	<i>152</i>
		<i>Direzionalità dei sistemi da microtunneling – tracciati curvilinei.....</i>	<i>155</i>
	2.3.1.4	Il calcolo della spinta nel microtunneling.....	156
		<i>Forze di contatto frontali scudo-terreno.....</i>	<i>157</i>
		<i>Forze di attrito laterali al contatto scudo-tubazione-terreno.....</i>	<i>158</i>
	2.3.1.5	Microtunneling in roccia.....	159
	2.3.2	Pilot tubing.....	163
	2.3.3	Pipe ramming.....	169
	2.3.4	Pipe ramming a fronte chiuso e a fronte aperto.....	170
	2.3.5	Forze di spinta nel pipe ramming.....	171
	2.3.5.1	Range dimensionale e percussori.....	174
	2.3.5.2	Applicazioni del pipe ramming.....	175
2.4		Tecniche ibride.....	175
2.5		Mud engineering.....	177
	2.5.1	Wet boring e dry boring.....	177
	2.5.2	Fluidi a base d'acqua.....	178
	2.5.2.1	La circolazione dei fluidi a base d'acqua.....	179
	2.5.2.2	Relazione tra portata dei fluidi e ROP.....	181
	2.5.2.3	Viscosità plastica, viscosità apparente, yeld point e gel strength.....	183
		<i>Elementi di reologia.....</i>	<i>183</i>
		<i>Fluidi newtoniani.....</i>	<i>184</i>
		<i>I fluidi di Bingham.....</i>	<i>187</i>
		<i>Fluidi pseudoplastici.....</i>	<i>188</i>
		<i>Yeld point, viscosità plastica e viscosità apparente.....</i>	<i>188</i>

	<i>Gel strength</i>	189
	<i>Viscosità all'imbuto di Marsh</i>	190
	<i>Effetti della viscosità e del gel strength</i>	191
2.5.2.4	Densità (specific gravity).....	194
2.5.2.5	Contenuto in solidi (solid content).....	194
2.5.2.6	Contenuto in sabbia (sand content).....	196
2.5.2.7	Filtrato e pannello (filtrate e filter cake).....	197
2.5.2.8	PH, cloruri e durezza dell'acqua di miscelazione.....	199
2.5.2.9	Le modalità di formulazione e confezionamento dei fluidi di perforazione a base d'acqua.....	199
2.5.3	Fluidi in fase prevalentemente aeriforme.....	201

3° CAPITOLO - La riabilitazione di tubazioni esistenti

3.1	Introduzione.....	203
3.2	La riabilitazione funzionale parziale o totale delle tubazioni interrato.....	206
3.3	Operazioni preliminari e preparatorie ad interventi di riabilitazione o sostituzione.....	210
	3.3.1 Fuori esercizio della tubazione esistente.....	210
	3.3.2 Videospesione pre-esecutiva.....	211
	3.3.3 Pulizia della tubazione ospite.....	212
3.4	Riabilitazione con tubi e rivestimenti costruiti in sito.....	214
	3.4.1 Tubi e rivestimenti polimerizzati in sito - Cured In Place Pipe.....	215
	3.4.1.1 Norme di riferimento nel CIPP.....	218
	<i>Norme EN ed UNI</i>	219
	<i>Norme ASTM</i>	219
	<i>Norme DIN</i>	220
	3.4.1.2 Tipologie di resine utilizzate nel CIPP.....	221
	<i>Resine Poliesteri e Vinilesteri</i>	222
	<i>Resine Epossidiche</i>	224
	3.4.1.3 Aderenza del liner al supporto.....	225
	3.4.1.4 Tipologie di liner utilizzati nel CIPP.....	226
	<i>Liner in feltro poliestere</i>	226
	<i>Liner in fibra di vetro</i>	228
	3.4.1.5 Impregnazione del liner.....	229
	3.4.1.6 Metodi di inserimento del liner nel tubo ospite.....	231
	<i>Inserimento per inversione</i>	231
	<i>Inserimento per trazione</i>	237
	3.4.1.7 Installazione del pre-liner.....	238
	3.4.1.8 CIPP termico.....	239
	<i>Metodo ad acqua</i>	240
	<i>Ciclo termico nel metodo ad acqua</i>	240
	<i>Metodo a secco</i>	243
	3.4.1.9 UV CIPP.....	244
	3.4.1.10 Calcolo dello spessore del liner - ASTM F1216-09.....	249
	<i>Condotte a gravità</i>	250
	<i>Tubo ospite parzialmente deteriorato</i>	250
	<i>Tubo ospite totalmente deteriorato</i>	253
	<i>Condotte in pressione</i>	260
	<i>Casi particolari: tubazioni in pressione aeree, pressioni negative</i>	262
	<i>Valori minimi delle caratteristiche meccaniche a breve termine del liner</i>	263
3.4.2	Cementazione - CML.....	263

	3.4.2.1	Cenni storici.....	264
	3.4.2.2	Norme di riferimento nel CML.....	264
		<i>Norme ANSI/AWWA.....</i>	264
		<i>Norme EN.....</i>	264
		<i>Norme DIN e DVGW.....</i>	265
	3.4.2.3	Metodologia di lavoro.....	265
	3.4.2.4	Caratteristiche della malta.....	271
		<i>Resistenza allo scoppio e alla filtrazione di fori e lesioni intasati con malta cementizia.....</i>	273
	3.4.3	Coating.....	275
	3.4.4	Tubi e rivestimenti spiraliati: spiral wound lining.....	277
	3.4.4.1	Norme di riferimento nel SWL.....	280
3.5		Loose-Fit Lining - riabilitazione con tubi non aderenti.....	282
	3.5.1	Norme di riferimento nel LFL.....	285
		<i>Norme EN.....</i>	285
		<i>Norme ASTM.....</i>	285
	3.5.2	Fasi esecutive.....	285
	3.5.3	Forza di tiro o spinta.....	287
	3.5.3.1	Manichette armate: Primus Line®.....	288
3.6		Close-Fit Lining - riabilitazione con tubi aderenti.....	291
	3.6.1	Norme di riferimento nel CFL.....	292
		<i>Norme EN.....</i>	292
		<i>Norme ASTM.....</i>	292
	3.6.2	Tecnologie RDP.....	293
	3.6.3	Tecnologie MFP.....	295

4° CAPITOLO - La sostituzione di tubazioni esistenti

4.1		Introduzione.....	298
4.2		Tecnologie di sostituzione per frantumazione - pipe bursting.....	299
	4.2.1	Fasi esecutive.....	300
	4.2.2	Pipe bursting statico.....	302
	4.2.3	Gli effetti sulla superficie e sui sottoservizi preesistenti.....	308
		4.2.3.1 Effetti di superficie.....	309
		4.2.3.2 Effetti sui sottoservizi preesistenti.....	312
	4.2.4	Macchine per il tiro.....	316
	4.2.5	Pipe bursting dinamico.....	320
	4.2.6	Pipe bursting con espansori idraulici.....	322
4.3		Tecnologie di sostituzione per taglio - pipe splitting.....	323
4.4		Tipologie di tubazioni installabili con pipe bursting e pipe splitting.....	326
4.5		Tecnologie di sostituzione per alesatura: pipe reaming e pipe eating.....	327
	4.5.1	Pipe reaming.....	328
	4.5.2	Pipe Eating.....	329

5° CAPITOLO - Indagini propedeutiche ad interventi no-dig

5.1		Introduzione.....	330
5.2		La caratterizzazione del sottosuolo.....	334

5.2.1	La caratterizzazione geologico-geotecnica	334
5.2.1.1	Inquadramento geologico dell'area	335
5.2.1.2	Prospezioni geofisiche	336
5.2.1.3	Sondaggi con prelievo di campioni, prove in sito e prove di laboratorio	337
5.2.2	Caratterizzazione chimico-fisica del sottosuolo	339
5.3	La mappatura del sottosuolo	339
5.3.1	Rilievi di superficie.....	342
5.3.2	Mappe tematiche degli enti gestori.....	344
5.3.3	Indagini strumentali in sito	345
5.3.3.1	Sistemi radar per la detezione e la mappatura di servizi interrati e per il riconoscimento dei suoli.....	346
5.3.3.2	Normativa italiana di riferimento per le indagini radar.....	353
5.3.3.3	Limiti di utilizzo dei sistemi radar.....	354
5.3.3.4	Localizzatori.....	354
5.4	Diagnostica delle tubazioni.....	358
5.4.1	L'analisi dei dissesti nelle tubazioni interrate.....	358
5.4.1.1	Perdite ai giunti.....	359
5.4.1.2	Fori passanti	361
5.4.1.3	Lesioni delle pareti	361
5.4.1.4	Ovalizzazione.....	362
5.4.1.5	Corrosione	362
5.4.1.6	Degrado del rivestimento interno	363
5.4.1.7	Sedimenti, incrostazioni ed ostruzioni	365
5.4.1.8	Ingresso di radici	365
5.4.1.9	Crolli localizzati o diffusi.....	365
5.4.2	Tecniche diagnostiche	366
5.4.2.1	Videospesione.....	367
5.4.2.2	Ricerca perdite.....	371
5.4.2.3	Misure estensive dello spessore di parete della tubazione.....	372
5.5	Quadro informativo preliminare ed esecutivo.....	372
5.5.1	Quadro informativo preliminare.....	373
5.5.2	Quadro informativo esecutivo.....	375
Appendice 1 - Tabelle di conversione delle principali unità di misura		376
Appendice 2 - Parametri caratteristici delle rocce.....		380
	<i>UCS - Uniaxial Compressive Strength.....</i>	<i>380</i>
	<i>RQD - Rock Quality Designation</i>	<i>382</i>
	<i>Indice di Schimazek</i>	<i>383</i>
	<i>CAI - Cerchar Abrasivity Index (indice di abrasività Cerchar).....</i>	<i>383</i>
OPERE CITATE E BIBLIOGRAFIA		385
INDICE ANALITICO.....		389
INDICE DEL VOLUME.....		400

Indice delle illustrazioni e delle aziende citate nel volume.

Nessun'opera di manualistica tecnica può prescindere da un opportuno corredo di illustrazioni che contribuiscono, talvolta in modo sostanziale, a rendere più chiara ed esaustiva la trattazione della materia. Per la realizzazione del presente manuale è stato speso uno sforzo particolare per realizzare e dare ampio spazio alle immagini. La gran parte delle illustrazioni pubblicate nel presente manuale sono state realizzate dall'autore. Fanno eccezione alcune immagini fotografiche gentilmente e regolarmente concesse dai rispettivi proprietari citati nelle rispettive didascalie e nell'elenco che segue. Si precisa a questo proposito che per la pubblicazione di tali immagini, concesse da terze parti, né l'autore, né l'editore hanno percepito alcun compenso, sotto qualsiasi forma. L'autore ha condotto autonomamente la scelta delle immagini pubblicate, interpellando tutte le maggiori aziende impegnate, a livello internazionale, nella fabbricazione di attrezzature destinate al no-dig. Non tutte le aziende interpellate hanno ritenuto opportuno rispondere all'invito dell'autore.

Molte delle immagini fotografiche di proprietà dell'autore sono state realizzate in cantieri, stabilimenti di produzione oppure in occasioni di fiere specialistiche. Per tutte queste immagini si è ritenuto opportuno citare l'azienda proprietaria del cantiere, dello stabilimento o delle attrezzature esposte in occasione di eventi fieristici.

Illustrazioni ed immagini di proprietà dell'autore

fig. 1	classificazione delle tecnologie no-dig	fig. 35	perforazione direzionabile eccentricità dell'area di azione di una punta a cuneo.
fig. 2	cantiere tradizionale con scavo a cielo aperto	fig. 36	eccentricità dell'area di azione di una punta eccentrica.
fig. 3	cantiere no-dig	fig. 37	tecnica del twisting.
fig. 4	andamento dei flussi veicolari nell'arco delle 24 ore.	fig. 38	sistema delle forze agenti in corrispondenza di una scarpa direzionale.
fig. 5	tipologie di stalli: a) perpendicolari, b) paralleli, c) a spina di pesce.	fig. 39	Anulus nel foro pilota.
fig. 6	diagramma di flusso per il calcolo degli oneri monetari di compensazione.	fig. 40	sezione schematica di un'asta di perforazione per directional drilling.
fig. 7	schema di attraversamento fluviale mediante directional drilling.	fig. 41	asta di perforazione con upset esterno dei tool joint.
fig. 8	schema di attraversamento stradale mediante directional drilling.	fig. 42	confronto tra le sezioni trasversali di un'asta forgiata-frizionata e di un'asta frizionata.
fig. 10	schema di attraversamento di un rilievo mediante directional drilling.	fig. 44	macrografia di una saldatura ad attrito.
fig. 11	la bonifica ambientale di siti inquinati mediante directional drilling è uno degli impieghi più promettenti ed interessanti di questa tecnologia.	fig. 45	rispetto ad aste frizionate standard (a) nelle aste con incameramento del flash interno (b) le turbolenze del fluido possono essere ridotte significativamente.
fig. 12	schema di utilizzo del directional drilling per la realizzazione di un approdo litoraneo.	fig. 46	tratto inflesso generico e relazioni trigonometriche principali.
fig. 13	compensation grouting mediante directional drilling.	fig. 47	Diagramma di Wöhler.
fig. 22	sottosistemi di un impianto da directional drilling	fig. 48	esempio di un diagramma di deformabilità.
fig. 23	sezione schematica di un mud motor.	fig. 49	sezioni di minima resistenza in un tool joint maschio: in alto asta full OD, in basso asta con upset esterno.
fig. 24	asimmetria assiale longitudinale di un utensile di perforazione direzionabile.	fig. 50	schema di funzionamento di un sistema walk-over.
fig. 25	mud motor in deviazione.	fig. 53	la misura del tool face.
fig. 26	sezioni trasversali rotore-statore	fig. 54	schema di un sistema MGS.
fig. 27	le curve caratteristiche di un motore a fanghi.	fig. 63	sovralesatura
fig. 28	martello pneumatico fondo foro e schema di montaggio con bent sub.	fig. 64	passaggi di alesatura intermedi
fig. 29	sezione schematica di un martello pneumatico fondo foro.	fig. 65	girevole con articolazioni da 300 t di tiro
fig. 30	tipologie di inserti in carburi metallici sinterizzati	fig. 68	asse s generico
fig. 31	schema di perforatrice da directional drilling.	fig. 69	tronco in discesa con peso immerso positivo; wb
fig. 32	asimmetria assiale trasversale di un utensile di		

- risulta equiversa a T.
- fig. 70 tronco in discesa con peso immerso negativo; wb risulta opposta a T.
- fig. 71 tronco in salita con peso immerso positivo; wb risulta opposta a T.
- fig. 72 tronco in salita con peso immerso negativo; wb risulta equiversa a T.
- fig. 73 la porzione Le di tubo fuori terra nella fase di tiro componenti del peso a vuoto fuori terra della tubazione: (a) in strisciamento diretto sul terreno, (b) su rulli di scorrimento.
- fig. 74
- fig. 76 entrata del tubo in una curva e reazioni di contatto.
- fig. 77 schema di calcolo del valore minimo della reazione elastica in curva
- fig. 78 inflessione del tubo in curva
- fig. 79 azione idrocinetica del fluido
- fig. 80 effetto cabestano
- fig. 81 esempio di diagramma distanza-tiro: la linea in rosso rappresenta i dati di tiro rilevati in campo; la linea tratteggiata in verde rappresenta la curva $T_{min}(s)$ calcolata.
- fig. 82 asse s per percorso di perforazione con due curve nel piano verticale
- fig. 83 tracciato di perforazione di esempio con due curve altimetriche
- fig. 86 schema di installazione mediante impact moling.
- fig. 90 fasi di avanzamento durante l'installazione di una tubazione con microtunneling: (a) partenza e perforazione; (b) recupero dello scudo nel pozzo di arrivo.
- fig. 91 non necessariamente il microtunneling deve partire ed arrivare in pozzi. Negli schemi qui sopra è rappresentato un microtunneling da piazzola a piazzola: (a) con smarino meccanico a coclee a piena sezione; (b) con smarino meccanico e carrelli; (c) con smarino idraulico.
- fig. 93 sistema a smarino meccanico con scudo a fronte aperto e scavo manuale.
- fig. 97 Sistema a smarino meccanico con scudo con fresa da roccia e coclea a piena sezione - auger boring.
- fig. 100 Sistema a smarino meccanico con scudo con fresa motorizzata e coclea eccentrica.
- fig. 102 sistema EPB.
- fig. 107 sistema a corto raggio di curvatura "Deino type" - diam. 800 mm - Giappone (fonte Sakai, 1997).
- fig. 108 sistema di forze per il calcolo della spinta nel microtunneling.
- fig. 110 meccanismo di rottura della roccia mediante taglienti a disco.
- fig. 112 massimo carico per tagliente a disco in funzione del diametro.
- fig. 113 diametro della fresa in relazione al diametro dei taglienti a disco.
- fig. 114 diagramma di utilizzo di sistemi da microtunneling da roccia a smarino meccanico.
- fig. 126 schema di attraversamento mediante pipe ramming.
- fig. 129 schema di calcolo delle forze di spinta nel pipe ramming a fronte chiuso.
- fig. 130 schema di calcolo delle forze di spinta nel pipe-ramming a fronte chiuso
- fig. 131 andamento asintotico dello spostamento con la progressiva.
- fig. 133 circuito di circolazione del fluido/fango in perforazione pilota
- fig. 134 circuito di circolazione del fluido/fango in alesatura o durante il tiro.
- fig. 135 curve di flusso caratteristiche dei fluidi: newtoniani, di Bingham e pseudoplastici.
- fig. 136 .
- fig. 137 .
- fig. 138 viscosità apparente per un fluido di Bingham.
- fig. 139 viscosimetro rotativo:
- fig. 140 rappresentazione grafica di AV, PV e YP
- fig. 141 Marsh Viscosity Funnel - imbuto di Marsh
- fig. 142 moto del detrito in foro verticale ed orizzontale con fluido di perforazione in movimento.
- fig. 143 moto del detrito in foro verticale ed orizzontale con fluido di perforazione fermo.
- fig. 144 bilancia per la misura del peso specifico del fluido di perforazione.
- fig. 145 filtrazione dell'acqua nella formazione
- fig. 146 l'azione di compattazione esercitata dall'utensile rotopercurativo nel DDD
- fig. 147 effetto arco innescato nel terreno da dislocamento e compattazione
- fig. 148 lo scavernamento creato sotto una strada dalle perdite di una tubazione di acquedotto (Italia, 2011)
- fig. 149 diagramma di flusso per l'individuazione del tipo di riabilitazione, se parziale o totale.
- fig. 150 schema di by-pass: a) sezionamento del tronco da risanare/sostituire; b) costruzione del by-pass; c) attivazione del by-pass e messa fuori esercizio del tronco.
- fig. 151 autospurgo attrezzato con sistema di lavaggio ad acqua a media pressione.
- fig. 152 alcune tipologie di ugelli per la pulizia di tubazioni.
- fig. 153 struttura del liner nel CIPP:
- fig. 154 grazie al gonfiaggio il liner si adatta a qualsiasi forma del tubo ospite.
- fig. 157 struttura della resina.
- fig. 158 prova standardizzata SPI e diagramma tempo temperatura.
- fig. 159 tubazione in calcestruzzo DN150 risanata con due diversi liner: a sinistra un liner con resina poliesteri e a destra un liner con resina epossidica. Nel campione con resina poliesteri è evidente il distacco dal supporto verificatosi ad indurimento avvenuto. Questo distacco nel liner con resina epossidica non è rilevabile.
- fig. 160 feltro in fibre poliesteri.
- fig. 163 strato di feltro poliesteri con membrana in poliuretano
- fig. 164 tessuto quadriassiale.
- fig. 167 inversione ad acqua del liner - fasi iniziali:
- fig. 168 fasi dell'inversione mediante colonna d'acqua.
- fig. 171 al termine dell'inversione il liner risulta completamente gonfio.
- fig. 173 inserimento del liner per trazione: 1) trazione del liner con argano a trazione controllata; 2) posizionamento; 3) gonfiaggio ad aria o ad acqua.
- fig. 175 metodo ad acqua: riscaldamento e circolazione dell'acqua.
- fig. 176 pannello di comando e controllo di una centrale termica automatizzata
- fig. 177 esempio di ciclo termico a tre gradini.
- fig. 178 tipica struttura a sandwich di un liner per UV

- CIPP.
- fig. 182 schema di calcolo di tubo ospite a gravità parzialmente deteriorato circolare.
- fig. 183 schema di calcolo di tubo ospite a gravità parzialmente deteriorato ovale.
- fig. 184 lesioni e cerniere plastiche nei punti nodali della tubazione ospite
- fig. 185 schema di calcolo di tubo ospite a gravità circolare totalmente deteriorato.
- fig. 186 andamento delle tensioni verticali $\sigma_z(A)$ e $\sigma_z(B)$ al variare di h.
- fig. 187 carta di plasticità per la classificazione dei terreni secondo Sistema Unificato.
- fig. 188 all'aumentare del diametro dei fori nel tubo ospite, è necessario tener conto della geometria tridimensionale effettiva della porzione di liner soggetta alla pressione Pi
- fig. 189 a sinistra una tubazione in acciaio prima del trattamento, a destra la stessa tubazione dopo l'applicazione di uno strato di malta di cemento con CML.
- fig. 190 esempio di strato di malta cementizia applicato con CML in un tubo in acciaio per acquedotto, dopo oltre 40 anni di esercizio continuo.
- fig. 193 schema di lining machine per tubazioni con diametro $D < 600$ mm (sopra) e per tubazioni con diametro $D > 600$ mm (sotto)
- fig. 195 prova al cono ABRAMS.
- fig. 196 slump test per tubazioni con diametri compresi tra 100 e 2000 mm.
- fig. 197 a sinistra un foro confinato, a destra un foro non confinato.
- fig. 198 due fasi di una prova sperimentale su rivestimento in malta: a sinistra la filtrazione dell'acqua attraverso la malta in corrispondenza di un foro da 1" di diametro; a destra lo scoppio del medesimo foro.
- fig. 199 schema di uno sprayer
- fig. 201 schema di assemblaggio di un tubo o rivestimento spiralato.
- fig. 207 sliplining
- fig. 208 fasi esecutive del loose-fit lining: 1) sezionamento del tronco da riabilitare; 2) videoispezione e pulizia; 3) inserimento del nuovo tubo in quello ospite.
- fig. 209 sezione di un liner Primus Line® DN150
- fig. 210 schema esecutivo di LFL con manichette armate
- fig. 211 schema di collegamento di un giunto terminale su manichetta PRIMUS LINE®.
- fig. 212 schema di inserimento di un nuovo tubo con metodo RDP.
- fig. 213 schema di funzionamento del rolldown: D =diametro del liner prima della riduzione; D_r = diametro del liner dopo il passaggio nei rulli di riduzione.
- fig. 214 metodo RDP, schema di lavorazione.
- fig. 215 metodi MFP; a sinistra un liner con piegatura semi-permanente, a destra un liner con piegatura elastica e fascette di contenimento.
- fig. 216 metodo MFP: schema di lavorazione: a) inserimento del liner nel tubo ospite per trazione; b) pressurizzazione con acqua; c) recupero di forma del liner ed adesione fisica alle pareti interne del tubo ospite.
- fig. 217 fasi operative del pipe bursting (pipe splitting):
- 1) sezionamento tronco da sostituire; 2) videoispezione ed eventuale pulizia; 3) infilaggio elemento di tiro; 4) tiro della testa dirompente (tagliante) e del nuovo tubo.
- fig. 218 meccanismo di rottura del tubo ospite per superamento della massima tensione membranale circonferenziale
- fig. 219 tensioni e deformazioni nel tubo in fase di rottura.
- fig. 220 espansore tronco-piramidale: 1) tubo da sostituire; 2) espansore tronco-piramidale; 3) elemento di trazione. Le frecce in rosso indicano i punti di contatto nei quali si originano le fratture nel materiale.
- fig. 221 l'avanzamento dell'espansore determina, oltre alla frantumazione del tubo, anche il dislocamento dei frammenti e del terreno che subisce una compressione.
- fig. 222 effetti di superficie: a sinistra, la situazione preesistente con il terreno indisturbato; a destra, lo stato tensionale assialsimmetrico, prodotto dal passaggio dell'espansore, determina deformazioni nel terreno che possono non essere assialsimmetriche. I maggiori dislocamenti si manifestano in direzione della superficie del terreno dove possono verificarsi fenomeni di bumping.
- fig. 223 interferenza con sottoservizio parallelo: a sinistra, situazione indisturbata; a destra, effetto transitorio (distorsione temporanea) indotto dal passaggio dell'espansore.
- fig. 224 interferenza con sottoservizio ortogonale: a sinistra, situazione indisturbata; a destra, effetto transitorio (distorsione temporanea) indotto dal passaggio dell'espansore.
- fig. 227 schema di rod puller: 1) telaio; 2) slitta di traslazione; 3) pistone idraulico di tiro-spinta; 4) testa di tiro; 5) aste.
- fig. 231 schema di pozzetto di tiro con ruote/cilindri di rinvio.
- fig. 233 schema di sistema da pipe bursting dinamico: 1) tubazione da sostituire; 2) cavo di trazione; 3) espansore 1° stadio; 4) percussore; 5) espansore 2° stadio; 6) nuova tubazione.
- fig. 234 schema di sistema da pipe bursting con espansore idraulico ad apertura variabile.
- fig. 235 schema di splitter: 1) tubazione da sostituire; 2) aste di trazione; 3) corpo dello splitter; 4) lame; 5) espansore-divaricatore; 6) nuova tubazione.
- fig. 238 fasi del pipe reaming.
- fig. 239 sequenza di attività nelle fasi di indagine pre-progettuale e pre-esecutiva.
- fig. 240 immagine 3D di un alveo fluviale per un progetto di directional drilling, ottenuta mediante indagine geoelettrica in tecnica tomografica (elaborazione di IGR SNC di Flavio Buratti & C.).
- fig. 241 schema di funzionamento del radar
- fig. 242 effettuando più scansioni parallele è possibile individuare oggetti aventi uno sviluppo esteso.
- fig. 243 a sinistra, radar a singola antenna; a destra radar per la ricerca servizi multiantenna, multifrequenza e multicanale.
- fig. 249 i diversi meccanismi di generazione del segnale in un localizzatore elettromagnetico.
- fig. 250 schemi di funzionamento di localizzatori a

- radiofrequenza: in alto sistema a cavo; in basso sistema a sonda radio.
- fig. 251 infiltrazione attraverso un giunto.
- fig. 252 tubo in acciaio con patina di ruggine e scaglie
- fig. 253 tubazione in acciaio DN1000 con rivestimento interno in bitume.
- fig. 255 un condotto in calcestruzzo per buona parte ostruito da sedimenti.
- fig. 261 area di applicabilità tecnico-economica del no-dig.
- fig. 262 schema della prova di Cerchar

Illustrazioni ed immagini realizzate dall'autore su cantieri, stabilimenti o attrezzature di terze parti.

- fig. 9 installazione di cavidotti elettrici mediante directional drilling per l'attraversamento della strada di accesso al Montreal-Trudeau International Airport Dorval, Montreal, Qc - Canada; in alto la piazzola di partenza con la macchina di perforazione; in basso la buca di arrivo della perforazione pilota (foto di R. Chirulli su cantiere di SE Industries Inc.).
- fig. 14 perforatrice di classe Micro da 60 kN di tiro e 2.500 Nm di coppia (foto di R. Chirulli su cantiere di SE Industries Inc. - ETC)
- fig. 16 perforatrice da pozzetto di classe Micro da 60 kN di tiro e 2.500 Nm di coppia (foto di R. Chirulli su cantiere di Hydro Quebec)
- fig. 17 perforatrice di classe Midi da 400 kN di tiro e 18.440 Nm di coppia (foto di R. Chirulli su cantiere di Fondazioni Speciali Spa)
- fig. 18 perforatrice di classe Midi da 445 kN di tiro e 16.270 Nm di coppia (foto di R. Chirulli su cantiere di Anese Srl)
- fig. 34 punte da roccia ad asimmetria trasversale, in alto a cono, in basso eccentrica o a zampa di elefante (foto di R. Chirulli su attrezzature di SE Industries Inc.).
- fig. 43 saldatura ad attrito di un tool joint sul tubo (foto di R. Chirulli nello stabilimento di Colli Drill Spa).
- fig. 51 inserimento del trasmettitore nel portasonda (foto di R. Chirulli su cantiere di ETC)
- fig. 52 lo schermo del ricevitore di un sistema walk-over (foto di R. Chirulli di attrezzature della Radiodetection Ltd.)
- fig. 55 sistema MGS; probe di fondo foro (foto di R. Chirulli su attrezzature di Prime Horizontal Ltd. e Vector Magnetics LLC)
- fig. 56 sistema MGS; hardware e software di controllo (foto di R. Chirulli su attrezzature di Prime Horizontal Ltd. e Vector Magnetics LLC)
- fig. 57 schema di un sistema walk-over con lettura azimutale (foto di R. Chirulli di attrezzature della Digital Control Inc.)
- fig. 58 alesatore da roccia (foto di R. Chirulli su cantiere di Serremar Srl)
- fig. 59 alesatore per terreni teneri (foto di R. Chirulli di attrezzature della Colli Drill Spa)
- fig. 60 alesatore per terreni duri (foto di R. Chirulli di attrezzature della Colli Drill Spa)
- fig. 98 scudo equipaggiato con fresa da roccia, da 32", armata con 11 disk cutters da 6,5" di diametro (foto di R. Chirulli su attrezzatura di The Robbins Company).
- fig. 132 ram da 24" (610 mm) di diametro (foto di R. Chirulli di attrezzature di TT Technologies Inc.)
- fig. 155 condotto fognario di epoca romana riabilitato con thermal CIPP. A sinistra il condotto prima dell'intervento, a destra dopo la costruzione del nuovo tubo in aderenza al condotto ospite (foto di R. Chirulli su cantiere di INTECO Srl).
- fig. 161 fabbricazione di un tubolare il feltro poliestere (foto di R. Chirulli nello stabilimento di S3 Soncini Spa)
- fig. 162 sigillatura del tubolare durante la fabbricazione (foto di R. Chirulli nello stabilimento di S3 Soncini Spa)
- fig. 165 impregnazione in stabilimento: aspirazione dell'aria dal liner ed iniezione della resina (foto di R. Chirulli nello stabilimento di S3 Soncini Spa).
- fig. 166 impregnazione in stabilimento: calandratura (foto di R. Chirulli nello stabilimento di S3 Soncini Spa).
- fig. 169 impregnazione del liner in sito con resina epossidica (foto di R. Chirulli su cantiere di IN.TEC. Srl)
- fig. 170 avanzamento di un liner in fase di inversione in una condotta circolare DN800 (foto di R. Chirulli su cantiere di S3 Soncini Spa).
- fig. 172 procedendo dall'immagine in alto a sinistra in senso orario: 1) inserimento del liner impregnato nella chiocciola; 2) avvolgimento del liner; 3) collegamento dell'estremità libera del liner all'anello di inversione; 4) inversione del liner - (foto di R. Chirulli su cantiere di IN.TEC. Srl).
- fig. 174 pre-liner; a sinistra inserimento, a destra gonfiaggio (foto di R. Chirulli su cantiere di INTECO Srl).
- fig. 191 come si presenta la superficie interna di una tubazione in acciaio corrosa prima (a sinistra) e dopo (a destra) le operazioni di pulizia preliminare (foto di R. Chirulli su cantiere di Risanamento Condotte Srl).
- fig. 192 una lining machine motorizzata in azione in una tubazione in acciaio da 1200 mm di diametro (foto di R. Chirulli su cantiere di Risanamento Condotte Srl)
- fig. 194 spessore di malta di 13 mm applicato su una tubazione in acciaio DN1200 (foto di R. Chirulli su cantiere di Risanamento Condotte Srl)
- fig. 200 rivestimento minerale applicato su tubazione metallica corrosa (foto di R. Chirulli su campione di Octopus coating GmbH)
- fig. 203 sezione di un tubo in calcestruzzo risanato mediante SWL (foto di R. Chirulli su campione di SWP-Systems GmbH)
- fig. 204 winding machine stazionaria (foto di R. Chirulli su attrezzature SWP-Systems GmbH)
- fig. 229 rod puller da 2550 kN di tiro armato con splitter (foto di R. Chirulli di attrezzature di TT

- | | |
|--|--|
| <p>Technologies Inc.)</p> <p>fig. 232 argano a cabestani da 40 kN di tiro (foto di R. Chirulli su cantiere di Bluecco Srl)</p> <p>fig. 236 splitter da 200 mm (foto di R. Chirulli di attrezzature di TT Technologies Inc.)</p> <p>fig. 237 splitter da 800 mm (foto di R. Chirulli di</p> | <p>attrezzature di TT Technologies Inc.)</p> <p>fig. 248 localizzatore elettromagnetico (foto di R. Chirulli di attrezzature di Radiodetection Ltd.)</p> <p>fig. 260 correlatore multi funzionale (foto di R. Chirulli di attrezzature di F.A.S.T GmbH).</p> |
|--|--|

Illustrazioni ed immagini di proprietà di terze parti gentilmente concesse all'autore per la pubblicazione sul presente manuale.

- | | |
|---|--|
| <p>fig. 15 perforatrice di classe Mini da 178 kN di tiro e 6.100 Nm di coppia (per gentile concessione di Astec Industries Inc.)</p> <p>fig. 19 perforatrice di classe Maxi da 1.957 kN di tiro e 81.350 Nm di coppia (per gentile concessione di American Augers Inc.)</p> <p>fig. 20 perforatrice di classe Mega da 2.780 kN di tiro e 108.500 Nm di coppia (per gentile concessione di American Augers Inc.)</p> <p>fig. 21 perforatrice di classe Mega da 2.780 kN di tiro e 108.500 Nm di coppia (per gentile concessione di Volta Macchine Srl - Prime Drilling GmbH)</p> <p>fig. 33 punta di perforazione a cuneo per terreni duri e rocce tenere (per gentile concessione di HammerHead Trenchless Equipment)</p> <p>fig. 61 alesatore del tipo fly cutter per terreni coesivi e sabbioso-limosi (per gentile concessione di Colli Drill Spa - Colli Equipment Srl).</p> <p>fig. 62 alesatore a barile (barrel) per terreni coesivi e sabbioso-limosi (per gentile concessione di Colli Drill Spa - Colli Equipment Srl).</p> <p>fig. 66 girevole con articolazioni da 150 t di tiro (per gentile concessione di Colli Drill Spa - Colli Equipment Srl)</p> <p>fig. 67 teste di tiro per tubazioni in PEAD di vari diametri (per gentile concessione di Brewis Engineering Ltd.)</p> <p>fig. 75 rullo per lo scorrimento dei tubi in fase di varo - pipe roller (per gentile concessione di Brewis Engineering Ltd.)</p> <p>fig. 84 dall'alto in basso: tracciatori di tipo MEMS con misure decrescenti del diametro (per gentile concessione di REDUCT N.V.)</p> <p>fig. 85 esempio di restituzione di un tracciamento tridimensionale eseguito mediante un MEMS (per gentile concessione di REDUCT N.V.)</p> <p>fig. 87 piercing tool (per gentile concessione di HammerHead Trenchless Equipment).</p> <p>fig. 88 allineamento iniziale di un piercing tool prima di un attraversamento (per gentile concessione di HammerHead Trenchless Equipment).</p> <p>fig. 89 piercing tool; in alto un mole non direzionabile, in basso mole direzionabile (per gentile concessione di Volta Macchine Srl - TRACTO-TECHNIK GmbH & Co. KG)</p> <p>fig. 92 postazione di comando e controllo posta all'interno dello scudo di una mini TBM da roccia (per gentile concessione di The Robbins Company).</p> <p>fig. 94 sistema a smarino meccanico con scudo a fronte aperto, traverse da sabbia (sand shelves) e sistema meccanico a tazze per la raccolta del detrito e per il convogliamento su nastro trasportatore (per gentile concessione di</p> | <p>Akkerman Inc.).</p> <p>fig. 95 sistema a smarino meccanico con scudo a fronte aperto con fresa rotante (cutting head) e sistema meccanico a tazze per la raccolta del detrito e per il convogliamento su nastro trasportatore (per gentile concessione di Akkerman Inc.).</p> <p>fig. 96 schema costruttivo di un sistema a smarino meccanico con scudo a fronte aperto equipaggiabile con (13) fresa rotante chiusa, (14) traverse da sabbia, (15) e (16) frese rotanti aperte (per gentile concessione di Akkerman Inc.).</p> <p>fig. 99 pressotrivella da 48" (per gentile concessione di The Robbins Company).</p> <p>fig. 101 fresa motorizzata da roccia da 48" (1.220 mm) di diametro durante il posizionamento nel pozzo di partenza (per gentile concessione di The Robbins Company).</p> <p>fig. 103 sistema a smarino meccanico costituito da mini TBM a singolo scudo da roccia, gruppo di spinta idraulico esterno e sistema di smarino a carrello (per gentile concessione di The Robbins Company).</p> <p>fig. 104 schema di un sistema da microtunneling a smarino idraulico (per gentile concessione di Akkerman Inc.).</p> <p>fig. 105 microtunneler a smarino idraulico DN2000 con camera di macinazione (per gentile concessione di Akkerman Inc.)</p> <p>fig. 106 microtunneler a smarino idraulico nella fase di uscita dal foro, nel pozzo di arrivo (per gentile concessione di Akkerman Inc.)</p> <p>fig. 109 tagliante a disco aspetto e struttura interna (per gentile concessione di The Robbins Company).</p> <p>fig. 111 fasi della perforazione con taglianti a disco (per gentile concessione di The Robbins Company).</p> <p>fig. 115 schema di impianto per pilot tubing (per gentile concessione di Akkerman Inc.)</p> <p>fig. 116 pilot tubing: perforazione pilota (per gentile concessione di Akkerman Inc.).</p> <p>fig. 117 il target a led è posizionato a tergo della punta direzionabile. la linea radiale indica il tool face della punta di perforazione a cuneo (per gentile concessione di Akkerman Inc.)</p> <p>fig. 118 un teodolite dotato di videocamera digitale traguarda il target a led attraverso le aste pilota (per gentile concessione di Akkerman Inc.)</p> <p>fig. 119 macchina da pilot tubing compatta in perforazione pilota da pozzetto prefabbricato in cemento armato con diametro interno da 2000 mm per l'installazione di una tubazione fognaria in PRFV DN200 (per gentile concessione di Euroscavi Srl).</p> <p>fig. 120 pilot tubing: pre-alesatura (per gentile</p> |
|---|--|

- concessione di Akkerman Inc.).
- fig. 121 pilot tubing: installazione di tubazioni con diametro compreso tra i 280 ed i 400 mm (per gentile concessione di Akkerman Inc.).
- fig. 122 pilot tubing: installazione di tubazioni con diametro compreso tra i 350 ed i 500 mm (per gentile concessione di Akkerman Inc.).
- fig. 123 Powered Reaming Head - PRH (per gentile concessione di Akkerman Inc.).
- fig. 124 Powered Cutter Head - PCH (per gentile concessione di Akkerman Inc.).
- fig. 125 pilot tubing: installazione di tubazioni con diametro compreso tra i 500 ed i 1.200 mm (per gentile concessione di Akkerman Inc.).
- fig. 127 attraversamento mediante pipe ramming di una via di rullaggio dell'aeroporto internazionale di Capodichino, Napoli (per gentile concessione di I.CO.GE. Srl)
- fig. 128 attraversamento ferroviario con pipe ramming (per gentile concessione di Volta Macchine Srl - TRACTO-TECHNIK GmbH & Co. KG)
- fig. 156 condotto fognario DN1300 risanato con UV CIPP (per gentile concessione di Blueco Srl)
- fig. 179 il passaggio di un treno lampade nel UV CIPP (per gentile concessione Geovision Srl e Saertex GmbH)
- fig. 180 treno lampade UV con distanziatori per il risanamento di un condotto ovoidale (per gentile concessione di Geovision Srl e Saertex GmbH)
- fig. 181 pannello di comando e controllo di un sistema UV-CIPP e di robot fresanti (per gentile concessione di ProKASRO Mechatronik GmbH e Geovision Srl)
- fig. 202 profili di nastri per SPR: a sinistra profilo in PEAD con rinforzo in acciaio, a destra profilo in PVC con anima di rinforzo in acciaio (per gentile concessione di SEKISUI SPR Europe GmbH).
- fig. 205 winding machine stazionaria (per gentile concessione di SEKISUI SPR Europe GmbH)
- fig. 206 winding machine dinamica (per gentile concessione di SEKISUI SPR Europe GmbH).
- fig. 225 pipe bursting statico: entrata dell'espansore nel tubo ospite (per gentile concessione di Volta Macchine Srl e TRACTO-TECHNIK GmbH & Co. KG.)
- fig. 226 pipe bursting statico: macchina tira aste con snakes (per gentile concessione di Volta Macchine Srl e TRACTO-TECHNIK GmbH & Co. KG.)
- fig. 228 rod puller da 769kN di tiro (per gentile concessione di Volta Macchine Srl e TRACTO-TECHNIK GmbH & Co. KG.)
- fig. 230 inserimento di espansore da pozzetto esistente (per gentile concessione di Volta Macchine Srl e TRACTO-TECHNIK GmbH & Co. KG.)
- fig. 244 sistema STREAM-EM con array massivo di antenne, carrellabile e mosso da veicolo (per gentile concessione di IDS - Ingegneria dei Sistemi Spa)
- fig. 245 tomografia 2D di una strada in curva; le tracce rosse indicano tubazioni (per gentile concessione di IDS - Ingegneria dei Sistemi Spa)
- fig. 246 sistema radar multiantenna e multifrequenza a trazione manuale (per gentile concessione di IDS - Ingegneria dei Sistemi Spa)
- fig. 247 sistema radar mono antenna in multifrequenza per detezione in tempo reale (per gentile concessione di IDS - Ingegneria dei Sistemi Spa)
- fig. 254 robot ad alta pressione specializzato per idrodemolizione di rivestimenti interni a tubazioni e condotti (per gentile concessione di Conjet AB).
- fig. 256 unità da videoispezione semovente (per gentile concessione di Geovision Srl e RICO GmbH)
- fig. 257 furgone attrezzato con cabina di regia per sistema da videoispezione (per gentile concessione di Geovision Srl).
- fig. 258 sistema di acquisizione d'immagine digitale (per gentile concessione di Nuova ConTec Srl e IBAK Helmut Hunger GmbH & Co. KG)
- fig. 259 videata del software di elaborazione dell'immagine acquisita con sistema per videoispezione digitale (per gentile concessione di Geovision Srl e RICO GmbH).

Elenco alfabetico delle aziende citate nel volume

Akkerman Inc.	F.A.S.T GmbH	IN.TEC. Srl	Saertex GmbH
American Augers Inc.	Fondazioni Speciali Spa	INTECO Srl	SE Industries Inc.
Anese Srl	Geovision Srl	Nuova ConTec Srl	SEKISUI SPR Europe GmbH
Astec Industries Inc.	HammerHead Trenchless Equipment	Octopus coating GmbH	Serremar Srl
Blueco Srl	Herrenknecht AG	Prime Drilling GmbH	SWP-Systems GmbH
Brewis Engineering Ltd.	Hydro Quebec	Prime Horizontal Ltd.	The Robbins Company
Colli Drill Spa	I.CO.GE. Srl	ProKASRO Mechatronik GmbH	TRACTO-TECHNIK GmbH & Co. KG
Colli Equipment Srl	IBAK Helmut Hunger GmbH & Co. KG	Radiodetection Ltd	TT Technologies Inc.
Conjet AB	IDS - Ingegneria dei Sistemi Spa	REDUCT N.V.	Vector Magnetics LLC
Digital Control Inc.	IGR SNC di F. Buratti & C.	RICO GmbH	
ETC		Risanamento Condotte Srl	
Euroscavi Srl		S3 Soncini Spa	

Il no-dig rappresenta quel complesso di tecnologie che permettono di interrare, riabilitare o sostituire tubazioni e cavi, senza o con un limitato ricorso agli scavi a cielo aperto. Eliminare o limitare fortemente gli scavi a cielo aperto permette di abbattere drasticamente gli impatti sull'ambiente ed il consumo di risorse in molte operazioni che riguardano i servizi a rete interrati. Alcune tecnologie trenchless permettono di eseguire interventi innovativi nel campo della difesa ambientale, della difesa del suolo, dei consolidamenti e dei trattamenti localizzati del terreno, incrementando ulteriormente il già vasto campo d'impiego del no-dig. Il Manuale di Tecnologie No-Dig costituisce un testo completo ed aggiornato su questa materia, nel quale vengono descritte le tecnologie, i metodi esecutivi, i principali riferimenti normativi, i metodi di calcolo e di progetto. Con 400 pagine, 262 illustrazioni, 170 formule e 33 tabelle il Manuale di Tecnologie No-Dig costituisce uno strumento operativo per progettisti, direttori lavori, gestori di rete e imprese che vogliono conoscere ed operare nel mondo del no-dig.

L'Autore



Renzo Chirulli è nato nel 1964 e si è laureato in Ingegneria Civile nel 1990. Dal 1994 si occupa di sviluppo e applicazioni di tecnologie no-dig. Come progettista e consulente ha sviluppato un'estesa ed approfondita conoscenza della materia collaborando, sia a livello nazionale che internazionale, con imprese ed aziende industriali specialistiche, gestori di rete, centri e gruppi di ricerca industriali ed universitari che hanno interesse nel settore delle tecnologie trenchless. In oltre 15 anni di attività in questo settore ha partecipato a molti progetti di no-dig seguendo, in qualità di progettista, supervisore o consulente, opere di tipo no-dig per diverse centinaia di chilometri. Con oltre 70 pubblicazioni in materia di no-dig, sia nazionali che internazionali, è tra gli autori italiani più prolifici del settore. Dal 1998 opera nel campo della formazione specialistica, con diversi corsi in materia di tecnologie no-dig, tra i quali il DD-Master, il Relining-Master ed il No-Dig Master. Ha all'attivo numerose collaborazioni con istituti e dipartimenti universitari, sia in Italia che all'estero, per i quali svolge saltuariamente attività di tutoring e di docenza.

renzo@chirulli.it

ISBN 978-88-906098-0-0



9 788890 609800

 **nodig.it**

visitate il nostro sito
www.nodig.it

€ 80,00