

10567  
14615

Massimiliano Bringiotti

# GUIDA AL TUNNELLING

## **l'Arte e la Tecnica**

edizioni PEI parma



	PREFAZIONE .....	3
	RINGRAZIAMENTI .....	5
<b>I</b>	<b>LO SCAVO DI GALLERIE: STATO DELL'ARTE</b>	<b>17</b>
1.	GALLERIE: SCOPI ED APPLICAZIONI .....	17
2.	SEIKAN TUNNEL .....	17
3.	EUROTUNNEL .....	18
4.	LO SVILUPPO MODERNO DEL TUNNELLING: PROSPETTIVE FUTURE .....	22
<b>II</b>	<b>UN APPROCCIO ALLO SCAVO DI GALLERIE: NATM UN METODO ATTUALMENTE DISCUSO, MA ESEMPLIFICATIVO</b>	<b>23</b>
1.	CARATTERISTICHE DELL'AMMASSO ROCCIOSO FORNITE DAL CUNICOLO PILOTA .....	23
2.	CARATTERISTICHE DELL'AMMASSO ROCCIOSO FORNITE DALL'INDAGINE GEOFISICA DI DETTAGLIO .....	24
3.	CLASSIFICAZIONE DELLE ROCCE .....	25
4.	METODOLOGIE DI SCAVO SECONDO LA CLASSE DI APPARTENENZA .....	27
4.1	Classe I .....	27
4.1.1	Scavo .....	27
4.1.2	Il foro pilota .....	28
4.2	Classe II .....	28
4.2.1	Scavo .....	28
4.3	Classe III .....	29
4.3.1	Scavo .....	29
4.4	Classe IV .....	30
4.4.1	Scavo .....	30
4.5	Classe Va .....	31
4.5.1	Scavo .....	31
4.6	Classe Vb .....	32
4.6.1	Scavo .....	32
5.	MISURE DI CONVERGENZA .....	33
<b>III</b>	<b>LA RIQUALIFICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO</b>	<b>35</b>
1.	PRECONSOLIDAMENTO .....	35
1.1	Drenaggio dei terreni .....	35
1.2	Elettro-osmosi .....	37
1.3	"Grouting" (iniezioni) .....	38
1.4	Iniezioni a basse pressioni .....	38
1.5	Jet grouting .....	39
1.6	Infilaggio .....	42
1.7	Congelamento .....	42
<b>IV</b>	<b>METODOLOGIE DI SCAVO MECCANIZZATO APPLICAZIONI PARTICOLARI IN TERRENI INCOERENTI</b>	<b>45</b>
1.	SCUDI .....	45
1.1	Caratteristiche principali .....	45
2.	SCUDI AD ARIA COMPRESSA .....	47
3.	SCUDI A LAME .....	48
4.	EVOLUZIONE DEGLI SCUDI: SPINGITUBO .....	49
5.	MICROTUNNELLING .....	51
<b>V</b>	<b>FRESE AD ATTACCO PUNTUALE</b>	<b>53</b>
1.	INTRODUZIONE .....	53
1.1	Cenni storici .....	53
2.	PRINCIPI OPERATIVI DELLE FRESE AD ATTACCO PUNTUALE .....	54
3.	AZIONE DI TAGLIO .....	56

3.1	Energia di taglio .....	56
4.	CONSUNTIVO DI CANTIERE .....	57
5.	CAPACITA' DI CARICO .....	58
6.	PROFILATURA .....	58
7.	CREAZIONE DI POLVERI .....	58
8.	CONTROLLO DELLE FRESE AD ATTACCO PUNTUALE .....	58
9.	PROPRIETA' DEL TERRENO IN RELAZIONE ALLE FRESE AD ATTACCO PUNTUALE .....	59
10.	SISTEMA DI CONTROLLO AUTOMATICO .....	61
11.	VALUTAZIONI CONCLUSIVE .....	61
<b>VI</b>	<b>"EPB" EARTH PRESSURE BALANCE</b> .....	<b>62</b>
1.	PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO DELLO SCAVO DI GALLERIE CON SCUDI A PRESSIONE BILANCIATA .....	62
2.	PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO DEL METODO D.K. ....	64
2.1	Terreno fanghificato .....	65
2.2	Funzione dell'agente fanghificante .....	66
2.3	Smarino col metodo D.K. ....	66
2.4	Caratteristiche principali degli scudi D.K. ....	67
2.5	Modelli esistenti .....	69
2.6	Controllo della pressione al fronte .....	70
3.	SUBSIDENZA .....	71
4.	CONVOGLIAMENTO DELLO SMARINO .....	72
5.	MEDIE DI AVANZAMENTO OTTENUTE CON SCUDI D.K. ....	73
<b>VII</b>	<b>"TBM" TUNNEL BORING MACHINE</b> .....	<b>74</b>
1.	TBM APERTE .....	74
1.1	Testa di taglio .....	75
1.2	Supporto testa di taglio .....	76
1.3	Scudo di protezione .....	76
1.4	Trave principale .....	76
1.5	Unità di grippaggio .....	77
1.6	Cilindri di spinta .....	77
1.7	Piattaforma di servizio/comando .....	77
1.8	Sezione posteriore .....	77
1.9	Sistema di sterzata .....	77
1.10	Nastri trasportatori .....	77
1.11	Back up .....	77
1.12	Impianto idraulico .....	78
1.13	Impianto di lubrificazione .....	78
1.14	Impianto elettrico .....	78
2.	TBM SCUDATE .....	79
3.	TBM A SCUDO SEMPLICE .....	80
4.	TBM DOPPIO SCUDATE .....	80
5.	COMPARAZIONE E VANTAGGI DI OPERAZIONE .....	81
6.	CONCI PREFABBRICATI .....	81
7.	CICLO OPERATIVO .....	82
<b>VIII</b>	<b>UTENSILI DI TAGLIO: CUTTERS</b> .....	<b>83</b>
1.	GUIDA DELLA TESTA DI TAGLIO .....	83
2.	LA RESISTENZA A COMPRESSIONE IN RELAZIONE ALLE PRESTAZIONI DI UNA TBM .....	84
2.1	Nomogramma performance TBM .....	85
3.	UTENSILI DI TAGLIO .....	85
4.	ANALISI TEORICA DELLE FORZE INDOTTE SUL CUTTER A DISCO .....	86
5.	DISCUTENDO SULLA FORZA DI PENETRAZIONE E DI CARICO DEL CUTTER .....	89
6.	PROFILO DI USURA DEL TAGLIENTE .....	90
7.	RELAZIONE TRA IL COSTO DEI CUTTERS ED IL GRADO DI PENETRAZIONE .....	90
8.	SCELTA DEL CUTTER .....	91
9.	CUTTER A BOTTONI .....	92
<b>IX</b>	<b>"DRILL &amp; BLAST" PERFORAZIONE E SPARO IN GALLERIA</b> .....	<b>94</b>
1.	PERFORAZIONE, CONCETTI GENERALI .....	95
2.	PERFORABILITA' DELLA ROCCIA .....	96

3.	PERFORAZIONE ROTO-PERCUSSIVA .....	96
4.	MIGLIORARE LE PRESTAZIONI DI PERFORAZIONE .....	96
5.	JUMBI ROBOTIZZATI: IL FUTURO .....	98
5.1	GUIDA DEL JUMBO ROBOT .....	100
6.	MATERIALE DI PERFORAZIONE .....	101
7.	PUNTE DI PERFORAZIONE .....	102
7.1	Teoria della fratturazione del materiale .....	102
7.2	Usura e riaffilatura .....	102
7.2.1	Punte a placchette .....	102
7.2.2	Punte a bottoni .....	103
<b>X</b>	<b>L'UTILIZZO DEGLI ESPLOSIVI IN SOTTOSUOLO: TEORIA E TECNICA</b> .....	<b>107</b>
1.	CONSIDERAZIONI SULL'ABBATTIMENTO IN GALLERIA MEDIANTE ESPLOSIVI .....	107
1.1	Influenza della presenza di superfici libere .....	107
1.2	Influenze delle caratteristiche meccaniche del mezzo roccioso .....	107
2.	MATERIALI ESPLODENTI: ESPLOSIVI, MICCE, DETONATORI .....	108
2.1	Esplosivi .....	108
2.2	Micce .....	108
2.3	Detonatori .....	109
2.4	Detonatori non elettrici - Nonel .....	109
2.4.1	Applicazioni in galleria: galleria di piccola sezione .....	110
2.4.2	Collegamento in galleria a grande sezione .....	110
2.5	Esploditori .....	110
3.	TECNOLOGIA DEGLI ESPLOSIVI: DINAMITE, POLVERE NERA, ANFO E SLURRY .....	111
3.1	Dinamiti .....	111
3.1.1	Generalità .....	111
3.1.2	Dinamiti a base inerte .....	111
3.1.3	Dinamiti a base attiva .....	111
3.1.4	Dinamiti a base esplosiva .....	111
3.1.5	Dinamiti incongelabili .....	112
3.2	Polvere nera .....	112
3.3	ANFO. Miscele di nitrato ammonico e olio combustibile (NA-OC) .....	112
3.3.1	Generalità .....	112
3.3.2	Caratteristiche dei componenti .....	113
3.3.3	Miscela NA-OC con formule diverse .....	113
3.3.4	Aggiunta di attivatori superficiali alle miscele NA-OC .....	114
3.3.5	Pregi e difetti delle miscele NA-OC e importanza delle stesse .....	114
3.4	Slurry o water gel (miscele semiliquide) .....	114
3.4.1	Generalità .....	114
3.4.2	Tipi di slurry .....	114
3.4.3	Perfezionamenti degli slurry .....	115
<b>XI</b>	<b>L'UTILIZZO DEGLI ESPLOSIVI IN SOTTOSUOLO: STUDIO DI VOLATE</b> .....	<b>116</b>
1.	VOLATE IN GALLERIA .....	116
1.1	Carico mine .....	116
1.2	Dimensionamento delle volate .....	117
1.2.1	Esempio di calcolo .....	118
1.3	Profilatura del contorno .....	120
2.	PROBLEMI INERENTI L'USO DI ESPLOSIVO .....	121
2.1	JUPITER: il sistema di rilevamento di campi elettrici e magnetici per tiri elettrici .....	122
3.	VIBRAZIONI INDOTTE .....	124
3.1	Sollecitazioni negli edifici e livello di accettabilità .....	124
3.1.1	Durata dell'eccitazione .....	124
3.1.2	Caratterizzazione della risposta dell'edificio .....	124
3.1.3	Grandezze da misurare .....	125
3.2	Minimizzazione delle vibrazioni del terreno .....	125
3.3	Studio sulla compatibilità tra l'allargo con esplosivo di un cunicolo pilota e la presenza di una centrale idroelettrica in caverna sovrastante il tracciato della galleria .....	126
3.3.1	Valutazione del livello di sollecitazione accettabile per la salvaguardia della caverna .....	126
3.3.2	Impostazione delle volate .....	126
3.3.3	Effetti sismici delle volate .....	126
3.3.4	Rilevazioni vibrometriche .....	127
3.3.5	Informazioni acquisite dalle prove vibrometriche .....	127
3.3.6	Conclusioni .....	127
3.4	Sovrapressioni in aria .....	128

<b>XII</b>	<b>SCAVO IN GALLERIA MEDIANTE MARTELLI DEMOLITORI OLEODINAMICI</b>	<b>129</b>
1.	ESCAVATORI IDRAULICI .....	129
2.	ABBATTIMENTO MECCANICO MEDIANTE MARTELLI DEMOLITORI OLEODINAMICI .....	130
2.1	Generalità .....	130
2.2	Tecnica di abbattimento .....	131
2.3	Considerazioni sulla produttività .....	131
3.	MARTELLI DEMOLITORI .....	133
3.1	Note tecniche sul calcolo dell'energia assorbita e dell'energia resa .....	133
3.2	Ulteriori caratteristiche tecniche dei demolitori .....	135
3.3	Ciclo di funzionamento .....	136
3.4	Tabella di comparazione .....	137
4.	ACCESSORI IDRAULICI E MECCANICI .....	138
4.1	Montaggio kit pilotaggio con elemento distributore preesistente sull'escavatore .....	138
5.	L'UTILIZZO DEL MARTELLINO DEMOLITORE OLEODINAMICO .....	140
5.1	A ciascun mezzo portante il demolitore giusto .....	140
5.2	Tecniche d'uso .....	140
5.3	Tenere d'occhio .....	141
5.4	Come scegliere l'utensile .....	141
5.5	Lubrificazione .....	142
5.6	Consigli di manutenzione .....	142
<b>XIII</b>	<b>TECNICHE NON CONVENZIONALI DI SCAVO RIPPAGGIO, AGENTI DEMOLITORI NON ESPLOSIVI E ROCKSPLITTER</b>	<b>143</b>
1.	RIPPAGGIO DELLO STROZZO .....	143
1.1	Introduzione .....	143
1.2	Ripper .....	143
1.3	Dozers .....	144
1.4	Materiali che possono essere rippati .....	147
1.5	Sismografo a rifrazione .....	148
1.6	Scelta dell'attrezzatura di rippaggio .....	149
1.7	Tecniche di rippaggio .....	151
1.8	Calcolo della produzione .....	152
2.	AGENTI DEMOLITORI NON ESPLOSIVI .....	152
2.1	Bristar .....	152
2.2	Cardox .....	153
2.2.1	Come funziona .....	153
2.2.2	Esperimentazioni .....	154
2.2.3	Scavo galleria .....	154
3.	HYDRAULIC ROCKSPLITTER .....	155
<b>XIV</b>	<b>SCAVO VERTICALE ED INCLINATO: POZZI</b>	<b>159</b>
1.	INTRODUZIONE .....	159
2.	METODO TRADIZIONALE .....	159
3.	ALIMAK .....	161
3.1	Scavo dal basso verso l'alto - RAISE CLIMBER .....	161
3.2	Scavo dall'alto verso il basso - WHINCH & SHAFT MUCKER .....	163
3.3	Esempio di fornitura sistema completo: $\Phi_{\text{pozzo}} = 6 \text{ m}$ , $H_{\text{pozzo}} = 300 \text{ m}$ .....	163
4.	RAISE BORING (raise drilling) .....	164
4.1	Descrizione tecnica: Raise Boring Machine .....	165
4.2	Descrizione tecnica: set di perforazione .....	166
4.3	Cutters, testa alesatrice ed accessori .....	167
4.4	La scelta del corretto sistema .....	167
4.5	Preparazione del cantiere .....	168
5.	DOWN REAMING (alesaggio verso il basso) .....	168
5.1	Vantaggi del metodo di Down Reaming .....	169
5.2	Caratteristiche del Down Reamer .....	169
6.	RAISE CLIMBER O RAISE BORING? .....	171
7.	METODI ULTERIORI DI SCAVO VERTICALE .....	172
<b>XV</b>	<b>L'EVACUAZIONE DEL MATERIALE DI RISULTA: SMARINO - ESCAVATORI, PALE E HÄGGLUNDS</b>	<b>175</b>
1.	ESCAVATORI .....	175
1.1	Caratteristiche operative dell'escavatore idraulico .....	175

1.2	Stima della produzione .....	176
1.3	Escavatore Broyt .....	177
1.4	Schaeff ITC .....	179
2.	<b>PALE MECCANICHE: GOMMATE E CINGOLATE .....</b>	<b>179</b>
2.1	Caratteristiche operative .....	180
2.2	Motori diesel per applicazioni in sottosuolo .....	181
2.3	MAN GHH .....	182
2.3.1	Comando a distanza .....	183
2.4	FIAT Hitachi FW 450 .....	184
2.4.1	Pala caricatrice in galleria di grande sezione .....	184
2.5	Dinting Machine & Side Tipping Loader .....	185
2.6	BRIGIA .....	186
3.	<b>IL SISTEMA HÄGGLOADER PER IL CARICAMENTO CONTINUO .....</b>	<b>187</b>
3.1	Hägglunds - Shuttletrain .....	189
<b>XVI</b>	<b>L'EVACUAZIONE DEL MATERIALE DI RISULTA: SMARINO - DUMPERS .....</b>	<b>190</b>
1.	MEZZI DI TRASPORTO GOMMATI .....	190
1.1	Dati di mercato .....	190
1.2	Cenni sulla legislazione .....	190
1.3	Considerazioni sui mezzi di carico .....	192
2.	DUMPER .....	93
2.1	Caratteristiche tecniche .....	194
2.2	Ciclo dumper .....	199
2.3	Dumper snodato, ribassato .....	200
2.3.1	Wagner MT 436B .....	201
2.4	Sistema KIRUNA Containers .....	201
2.5	Dumper elettrico .....	201
2.6	Comparazione dei costi in fase di smarino .....	202
2.7	Mezzi speciali gommati .....	202
<b>XVII</b>	<b>L'EVACUAZIONE DEL MATERIALE DI RISULTA: SMARINO - VIE FERRATE, NASTRI TRASPORTATORI E SMARINO IDRAULICO .....</b>	<b>204</b>
1.	LOKOMOTORI E VIE FERRATE .....	204
1.1	Caratteristiche tecniche principali .....	205
1.2	Lokomotori elettrici .....	205
1.3	Scelta tecnica ed economica della motorizzazione .....	206
1.4	Vagoni e ribaltatori .....	206
1.5	Rotaie .....	207
2.	TRASPORTI SOSPESI SU MONOROTAIA E SISTEMI SPECIALI SU ROTAIA .....	209
2.1	ROOF SUSPENDED MONORAIL (sistemi di trasporto sospesi su monorotaia): RSM .....	209
2.2	FLOOR MOUNTED RAIL SYSTEM (sistema preassemblato su rotaia): FMRS .....	210
3.	NASTRI TRASPORTATORI .....	210
3.1	Descrizione di un sistema di trasporto del marino a mezzo nastro trasportatore .....	211
3.2	Considerazioni sulla tecnologia costruttiva dei rulli per trasportatori a nastro .....	212
3.2.1	Descrizione rulli .....	213
4.	SMARINO IDRAULICO .....	214
4.1	Sistema aperto .....	214
4.2	Sistema chiuso .....	215
<b>XVIII</b>	<b>STRUTTURE PER IL SOSTENTAMENTO DELLO SCAVO .....</b>	<b>216</b>
1.	INTRODUZIONE AI PROFILATI METALLICI E SUPPORTI PRESAGOMATI IN ACCIAIO .....	216
2.	PROFILATI IN ACCIAIO: TRAVI E CENTINE .....	216
2.1	Centine rigide: sezione "H" .....	217
2.1.1	Flange di accoppiamento .....	218
2.1.2	"Catene" .....	218
2.1.3	Piedi di appoggio .....	219
2.1.4	Arco rovescio .....	219
2.2	Centine collassabili telescopiche: sezione "Ω" .....	219
2.2.1	Caratteristiche tecniche .....	220
2.3	Comparazione tra centine ad "Ω" e centine ad "H" .....	221
2.4	Centine reticolari .....	221
2.5	Distribuzione del carico .....	222
3.	PANNELLI METALLICI .....	222

3.a	Ghisa grigia .....	223
3.b	Ghisa sferoidale (grafite nodulare) .....	223
3.1	Pannelli bullonati e iniettati .....	223
3.2	Pannelli ad espansione .....	224
3.3	Liner plates .....	224
3.3.1	Descrizione di un blindaggio a mezzo di elementi profilati accoppiati .....	224
3.4	Pannelli Bernold .....	224
3.4.1	Avanzamento mediante scudo a lame .....	225
3.4.2	Svolgimento del lavoro .....	225
3.5	Centine e palconcelli .....	225
4.	RETE ELETTROSALDATA .....	226
4.1	Caratteristiche degli acciai .....	227
4.2	Elementi caratteristici di una rete .....	227
4.3	Forma delle superfici dei tondi .....	228
4.4	Determinazione del diametro e della sezione del tondo ad aderenza migliorata .....	229
4.5	Caratteristiche meccaniche e tecnologiche dell'acciaio .....	229
4.6	Rete performata autobloccante .....	229
5.	BULLFLEX .....	230
5.1	Proprietà drenanti .....	231
5.2	Impieghi ed esecuzioni particolari .....	232
5.3	Conclusioni sui vantaggi .....	232
6.	ATTREZZATURA PER LA POSA IN OPERA .....	233
6.1	Principi di normativa inerenti la sicurezza .....	233
6.1.a	Generale .....	233
6.1.b	Progettazione finalizzata alla minimizzazione dei rischi .....	233
6.1.c	Manutenzione .....	234
6.1.d	Dispositivi di allarme .....	234
6.1.e	Avvertenze in merito ai rischi residui .....	234
6.1.f	Marcatura .....	234
6.1.g	Istruzioni per l'uso .....	234
6.1.h	Rischi particolari dovuti alla mobilità delle macchine .....	234
6.1.i	Operazioni di sollevamento .....	235
6.1.l	Controllo sollecitazioni .....	235
6.1.m	Funi .....	235
6.1.n	Sollevamento persone .....	235
6.1.o	Lavori specifici sotterranei .....	235
6.1.p	Dichiarazione di conformità .....	235
6.1.q	Notifica organismi .....	235
6.1.r	Conclusioni .....	235
6.2	Piattaforma aerea .....	236
6.3	Posacentine .....	237
7.	IL PROBLEMA DELLE SOTTOMURAZIONI .....	237
7.1	EXPANDER BODIES .....	238
7.1.1	Installazione .....	238
7.1.2	Iniezione .....	239
7.1.3	Equipaggiamento per l'infilaggio a percussione .....	240
7.1.4	Protezione contro la corrosione .....	240
7.1.5	Cenni conclusivi sui sistemi classici .....	240
8.	CENTINE TUBOLARI .....	242
8.1	Verifiche statiche .....	243

**XIX**

**L'ARMATURA DEI TERRENI MEDIANTE BULLONI**

**246**

1.	BULLONATURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO .....	246
2.	SWELLEX .....	247
2.1	Swellex preresinato .....	248
3.	SPLIT SET .....	249
4.	CHIODI ANCORATI MECCANICAMENTE .....	249
4.1	Ancrall .....	250
5.	CHIODI INIETTATI - MISCELA CEMENTIZIA .....	251
6.	CHIODI INIETTATI - RESINA .....	252
7.	CHIODI INIETTATI - POLIURETANO .....	252
7.1	Ancoraggi di scarpate soggette a franamento .....	254
7.2	Protezione di pilastri e pareti nell'estrazione sotterranea di minerali .....	254
8.	BULLONI IN VETRORESINA .....	255
8.1	Tubi in poliestruso .....	255
8.2	Durglass .....	255
8.3	Weidmann .....	256

9.	ATTREZZATURE PER LA POSA IN OPERA .....	256
9.1	La bullonatura automatica della roccia .....	256
9.1.1	Materiale di perforazione .....	258
9.2	Macchine per la cementazione .....	259
9.3	Sistema a packer .....	260
9.4	Attrezzature per iniezione poliuretano .....	261
9.5	Attrezzature per Swellex .....	261
10.	G.S.A. - GROUTED SPILE ANCHOR .....	262

## XX LA TIRANTATURA IN SOTTOSUOLO 263

1.	TIRANTI .....	263
1.1	Principali caratteristiche .....	263
1.2	Principali tipologie dei tiranti .....	264
1.3	Acciaio speciale per tiranti .....	264
1.4	Particolari costruttivi .....	265
1.5	Iniezione .....	266
1.6	Tesatura e collaudo .....	269
2.	BARRE DI ANCORAGGIO: SISTEMA DYWIDAG .....	269
3.	CABLE BOLTING .....	270
3.1	Cavi armati .....	271

## XXI CALCESTRUZZI 272

1.	I CEMENTI .....	272
1.1	I leganti .....	273
1.2	Le materie prime .....	273
1.3	Le fasi minerali del clinker di cemento Portland .....	274
1.4	Ciclo tecnologico della produzione del cemento .....	275
2.	GLI INERTI .....	275
2.1	Costituzione petrografica .....	276
2.2	Forma granulometrica .....	276
2.3	Proprietà meccaniche .....	277
2.4	Peso specifico .....	277
2.5	Eventuale presenza di sostanze indesiderabili .....	277
2.6	Umidità .....	277
2.7	Stabilità in ambiente alcalino (reazione alcali-aggregati) .....	277
2.8	Porosità .....	278
2.9	Gelività .....	278
3.	LE ACQUE .....	278
3.1	PH dell'acqua d'impasto .....	279
4.	COMPOSIZIONE DEL CALCESTRUZZO .....	279
4.1	Curva di Bolomey e composizione miscela .....	281
4.2	Lavorabilità del calcestruzzo e sua importanza .....	282
4.3	Misura nella lavorabilità .....	282
4.4	Correlazione tra le varie determinazioni .....	283
4.5	Fattori che condizionano la lavorabilità .....	283
4.6	Perdita di lavorabilità del calcestruzzo .....	283
4.7	Segregazione del calcestruzzo .....	284
4.8	Bleeding del calcestruzzo .....	284
4.9	Resistenze meccaniche .....	285
5.	CALCESTRUZZI A RESISTENZA: ESEMPLIFICAZIONI .....	287
6.	ADDITIVI PER CALCESTRUZZI .....	288
6.1	Additivi fluidificanti .....	289
6.1.1	Additivi fluidificanti-acceleranti .....	289
6.1.2	Additivi fluidificanti-ritardanti .....	289
6.1.3	Additivi fluidificanti-aeranti .....	289
6.2	I superfluidificanti .....	290
7.	CALCESTRUZZI IMPERMEABILI IN SOTTOSUOLO .....	290
7.1	Permeabilità del calcestruzzo .....	291
7.2	Definizione di permeabilità .....	291
7.3	Contenuto d'acqua .....	291
7.4	Additivi impermeabilizzanti .....	292
7.5	Scelta del tipo e quantità di cemento .....	293
7.6	Curva granulometrica .....	293
7.7	Esecuzione del getto e costipazione .....	294
7.8	Maturazione del getto .....	294



7.9	Conclusione .....	295
8.	CALCESTRUZZO DUREVOLE: NUOVE TECNOLOGIE .....	295
8.1	Le cause del degrado .....	295
8.2	La permeabilità .....	295
9.	QUALITA' DEI CEMENTI .....	297
10.	NORME TECNICHE SUL CALCESTRUZZO .....	298
10.1	Controlli sul conglomerato .....	299
10.2	Calcestruzzo a resistenza .....	299
10.3	Resistenza caratteristica .....	299
10.4	Considerazione sui paragrafi delle Norme tecniche .....	301
10.5	Controllo di produzione dei cementi .....	302
<b>XXII</b>	<b>FRANTUMAZIONE E BETONAGGIO</b> .....	<b>303</b>
1.	INTRODUZIONE .....	303
2.	IMPIANTI DI FRANTUMAZIONE .....	303
2.1	Impianti fissi .....	303
2.2	Impianti mobili .....	309
3.	IMPIANTI DI BETONAGGIO .....	311
3.1	Impianti fissi .....	311
3.2	Impianti compatti semimobili .....	311
3.3	Distribuzione dei punti di carico e mescolatori .....	313
3.4	Misure igrometriche e W.I.T. ....	313
3.5	Sistemi di comando automatici .....	314
3.6	Accessori .....	316
3.7	Ecologia .....	317
4.	RISCALDAMENTO DEGLI INERTI .....	318
4.1	Riscaldamento degli inerti a vapore .....	318
4.2	Riscaldamento degli inerti ad aria calda .....	319
5.	ESEMPIO DI UN IMPIANTO DI BETONAGGIO PER IL CARICO DI UN MESCOLATORE DA 1,5 MC DI CALCESTRUZZO RESO .....	319
<b>XXIII</b>	<b>ATTREZZATURE GOMMATE PER IL TRASPORTO E LA DISTRIBUZIONE DEL CALCESTRUZZO</b> .....	<b>323</b>
1.	INTRODUZIONE .....	323
2.	MACCHINA PER IL BETONAGGIO .....	323
2.1	Utilizzo presa di forza su autotelaio .....	323
2.2	Funzionamento .....	324
3.	AUTOBETONIERE .....	324
3.1	Autobetonpompe .....	326
3.1.1	Componentistica idraulica .....	326
4.	POMPE CARRELLATE .....	327
4.1	Scelta della pompa .....	327
4.2	Circuito oleodinamico pompaggio .....	328
4.2.1	Circuito aperto .....	328
4.2.2	Circuito chiuso .....	329
5.	POMPE AUTOCARRATE .....	330
5.1	Descrizione componenti .....	331
5.2	Bracci speciali per applicazioni in sottosuolo .....	335
6.	NOTE SULLA POMPABILITA' DEL CALCESTRUZZO .....	336
6.1	Fattori determinanti per la pompabilità di una miscela .....	336
6.2	Il pompaggio in orizzontale e in verticale .....	337
<b>XXIV</b>	<b>SPRAYED CONCRETE</b> .....	<b>339</b>
1.	INTRODUZIONE .....	339
1.1	Superficie d'applicazione .....	339
1.2	Sfrido .....	340
2.	PROCEDIMENTO A SECCO .....	340
3.	PROCEDIMENTO A UMIDO .....	342
3.1	Sistemi su cui è allestita l'attrezzatura di pompaggio e manipolazione .....	343
3.2	Pompe per Betoncino .....	344
3.3	Bracci di manipolazione lancia .....	345
3.4	Dosatori additivi .....	347
3.5	Accessori .....	347
4.	ADDITIVI .....	348

4.1	Parametri che influenzano la qualità del calcestruzzo proiettato .....	349
4.2	I procedimenti di proiezione del calcestruzzo proiettato .....	349
4.3	Additivi acceleranti per spritz-beton .....	349
4.4	Calcestruzzi spruzzati ad alta resistenza .....	351
5.	<b>IL CALCESTRUZZO FIBROARMATO</b> .....	352
5.1	Le fibre di filo in acciaio .....	353
5.1.1	Caratteristiche meccaniche delle fibre .....	354
5.1.2	Forma geometrica delle fibre biuncinate (sagomatura) .....	354
5.1.3	Dimensioni della fibra .....	355
5.2	Fattori che influenzano le caratteristiche tecniche del calcestruzzo fibroarmato .....	356
5.2.1	Il tipo di fibra .....	356
5.2.2	Il dosaggio .....	356
5.2.3	Utilizzazione delle fibre nel calcestruzzo .....	357
5.3	Valutazione tecnica del calcestruzzo fibroarmato in riferimento alle normative .....	357
5.3.1	Norma ASTM C 1018-89 .....	358
5.3.2	Norma JSCE - SF4 .....	359
5.3.3	Raccomandazioni SNCF 1989 .....	359
5.4	Esempio reale applicativo .....	360
6.	<b>I FENOMENI DI RITIRO DEL CALCESTRUZZO</b> .....	361
7.	<b>FIBRE SINTETICHE</b> .....	363
8.	<b>CEMENTI SPECIALI ED ATTREZZATURE PARTICOLARI PER IL TRASPORTO DELLO SPRITZ BETON</b> .....	364
8.1	EVOLUTION MARK II .....	365
<b>XXV</b>	<b>DRENAGGIO DELLE ACQUE E IMPERMEABILIZZAZIONE IN SOTTOSUOLO</b> .....	<b>367</b>
1.	<b>I DRENAGGI PER I LAVORI IN SOTTOSUOLO</b> .....	367
1.1	La fase esecutiva .....	367
1.2	Considerazioni sui dreni tubolari .....	368
1.3	Manutenzione .....	369
2.	<b>FILTRI PER DRENAGGI</b> .....	370
3.	<b>IMPERMEABILIZZAZIONE</b> .....	371
3.1	Come si realizza l'impermeabilizzazione .....	372
3.2	Feltro .....	374
3.3	Geomembrana in PVC .....	374
3.4	Nuovi materiali e nuove tecnologie .....	374
3.5	Gallerie artificiali .....	375
3.6	Saldature .....	375
3.7	Impermeabilizzazione parziale/totale .....	376
4.	<b>SISTEMA A PANNELLI DI BENTONITE GRANULARE</b> .....	377
4.1	Posa in opera .....	379
<b>XXVI</b>	<b>IL RIVESTIMENTO DEFINITIVO: CASSERI, GETTO E GALLERIE ARTIFICIALI</b> .....	<b>381</b>
1.	<b>INTRODUZIONE</b> .....	381
2.	<b>CASSERI TRADIZIONALI</b> .....	381
3.	<b>IL "FULL-ROUND"</b> .....	383
3.1	Impianti di casseforme autolancianti .....	384
3.2	Operazioni di rivestimento in cls con sistema a conci .....	385
4.	<b>DIMENSIONAMENTO DEI CASSERI METALLICI PER GALLERIE</b> .....	387
4.1	Determinazione della pressione del calcestruzzo fresco sulle casseforme verticali .....	388
4.2	Definizioni .....	388
4.3	Determinazione del valore pressione del calcestruzzo fresco .....	388
4.4	Influssi sul valore della pressione del calcestruzzo fresco .....	389
5.	<b>DETERMINAZIONE DEL TEMPO MINIMO PER LA RIMOZIONE DEI CASSERI</b> .....	390
6.	<b>POMPAGGIO DEL CALCESTRUZZO IN SOTTOSUOLO</b> .....	391
6.1	Pompaggio in pozzo .....	391
6.2	Pompaggio in cassaforma .....	392
6.3	Calcestruzzo estruso .....	393
6.3.1	Descrizione tecnica del sistema di iniezione dello Spazio Anulare Tunnel unito ad un impianto di betonaggio e pompaggio su lunghe distanze .....	394
7.	<b>ATTREZZATURE PER IL GETTO</b> .....	395
7.1	Mixer .....	396
7.2	Carrello distributore di calcestruzzo .....	396
8.	<b>PRODOTTI PER LA TENUTA IDRAULICA</b> .....	397
9.	<b>IL SISTEMA HÄGGLUNDS (SHUTTLECAR)</b> .....	397
9.1	Fasi operative .....	398
10.	<b>GALLERIE ARTIFICIALI</b> .....	400

10.1	Prefabbricati articolati .....	401
10.2	Gallerie prefabbricate artificiali con appoggio di "calotta" su diaframmi verticali .....	403
11.	CASSERATURA PER CONCI PREFABBRICATI .....	406
<b>XXVII</b>	<b>DIMENSIONAMENTO AREA DI CANTIERE</b> .....	<b>408</b>
1.	PREMESSA .....	408
2.	CALCOLO DELLE AREE .....	408
2.1	Area prospiciente l'imbocco .....	408
2.2	Area di manovra per scarico corpo fresante e messa in linea back up .....	408
2.3	Area di stockaggio conci prefabbricati .....	408
2.4	Area di scarica .....	409
2.5	Area di accesso alla scarica mezzi di smarino esterni .....	409
2.6	Area di accesso alla scarica mezzi di smarino galleria .....	409
2.7	Area di accesso a tutte le utenze e servizi via strada ferrata .....	410
2.8	Tabella riassuntiva aree minime occupate .....	410
<b>XXVIII</b>	<b>SISTEMI TOPOGRAFICI AUTOMATIZZATI</b> .....	<b>411</b>
1.	PREMESSA .....	411
2.	TUNNEL DIRITTI .....	411
3.	STRUMENTAZIONE .....	412
4.	DATA PROCESSING .....	412
5.	VANTAGGI OPERATIVI .....	412
6.	GALLERIE IN CURVA .....	413
7.	POSIZIONAMENTO DEL TARGET .....	413
8.	SCUDI TELESCOPICI .....	414
9.	TBM TELEGUIDATE .....	414
10.	PIPE JACKING .....	414
11.	CONCLUSIONI .....	414
<b>XXIX</b>	<b>VOLTAMPERE IN CANTIERE</b> .....	<b>415</b>
1.	L'AMBIENTE DEL CANTIERE: GRADI DI PROTEZIONE DELLE APPARECCHIATURE ELETTRICHE .....	415
1.1	Gradi di protezione degli involucri: la nuova norma EN 60529 .....	415
1.1.1	Nuova classificazione dei gradi di protezione .....	416
2.	ARRIVA L'ENERGIA IN CANTIERE: LINEA E/O GRUPPI ELETTROGENI .....	418
3.	IL CAMPO, GLI IMPIANTI E L'IMBOCCO DI GALLERIA .....	419
4.	LA DISTRIBUZIONE IN BASSA TENSIONE E IN MEDIA TENSIONE .....	420
4.1	Cabina containerizzata per esterno .....	420
4.1.1	Costruzione .....	420
4.1.2	Verniciatura .....	420
4.1.3	Accessori standard .....	420
4.1.4	Metal Enclosed - Equipaggiamento in media tensione .....	421
4.1.5	Trasformatore .....	421
4.1.6	Power Center - Equipaggiamento in bassa tensione .....	421
4.1.7	Rifasamento .....	421
4.1.8	Accessori opzionali .....	422
4.2	Esemplificazione .....	422
4.3	Apparecchiature di media tensione con isolamento in SF <sub>6</sub> per la distribuzione di energia elettrica .....	423
4.3.1	Campo di impiego .....	424
4.4	Il rifasamento per l'utente a bassa tensione: semplici nozioni teoriche .....	425
5.	COMPONENTI E QUADRI ELETTRICI PER CANTIERE: NORMATIVE E SICUREZZA .....	427
5.1	Impianto di messa a terra .....	427
5.2	Impianti con propria cabina di trasformazione .....	428
5.3	Impianti alimentati in bassa tensione .....	428
5.3.1	Componenti e quadri elettrici per cantiere: normativa e sicurezza .....	429
5.3.2	Cavi e cavidotti .....	429
5.3.3	Presa a spina .....	430
5.3.4	Quadri elettrici di distribuzione .....	430
5.3.5	Apparecchi di illuminazione .....	431
5.3.6	Trasformatori mobili .....	431
5.3.7	Conclusioni .....	431
6.	L'ALIMENTAZIONE ELETTRICA E LA DISTRIBUZIONE IN GALLERIA .....	431
6.1	Cabina di trasformazione rinforzata per galleria .....	432
6.2	Decreto Ministeriale 19 Maggio 1978 .....	433

6.3	Avvolgicavi .....	434
6.4	Antideflagranza .....	434
6.5	Cenni sull'illuminazione in galleria .....	435
6.6	Dimensionamento impianto di illuminazione .....	435
<b>XXX</b>	<b>H<sub>2</sub>O: APPROVVIGIONAMENTO, DISTRIBUZIONE, SCARICO E TRATTAMENTO</b>	<b>437</b>
1.	APPROVVIGIONAMENTO DELLE ACQUE .....	437
1.1	Approvvigionamento da acque superficiali .....	437
1.2	Approvvigionamento da acque sotterranee .....	438
2.	POMPE: CRITERI DI SCELTA .....	439
2.1	Pompe alternative a stantuffo .....	439
2.2	Pompe rotative dinamiche .....	439
2.3	Pompe rotative volumetriche .....	441
2.4	Pompe speciali .....	441
3.	GRANDEZZE FONDAMENTALI DELLE POMPE .....	442
3.1	Curve caratteristiche delle pompe .....	442
3.2	Altezza di aspirazione .....	443
3.3	Caratteristica del circuito .....	444
4.	POMPE IN SERIE E IN PARALLELO .....	445
4.1	Pompe in parallelo .....	445
4.2	Pompe in serie .....	446
5.	AZIONAMENTO ED AVVIAMENTO DELLE POMPE .....	446
6.	POMPAGGIO DEI FANGHI: SISTEMA TOYO .....	447
6.1	Scelta della pompa .....	447
6.2	Installazione .....	449
7.	SERBATOI - AUTOCLAVE .....	449
7.1	Dimensionamento pratico .....	450
8.	RETI DI DISTRIBUZIONE E SCARICO .....	451
9.	TRATTAMENTO DELLE ACQUE .....	451
9.1	Principali impurità presenti nell'acqua .....	452
9.2	Eliminazione delle sostanze in sospensione .....	452
9.2.1	Depurazione grossolana .....	452
9.2.2	Sedimentazione .....	452
9.2.3	Flocculazione .....	454
10.	DESCRIZIONE IMPIANTO DEPURAZIONE ACQUE E TRATTAMENTO FANGO .....	455
10.1	Processo di funzionamento .....	455
10.2	Schematizzazione a blocchi .....	456
10.3	Conclusione .....	456
10.4	Componentistica .....	456
10.5	Disidratazione fanghi .....	459
10.6	Riutilizzo del fango disidratato .....	462
11.	LE FOGNATURE .....	463
11.1	Criteri informativi per il progetto delle reti fognarie .....	463
11.2	Materiali per tubazioni .....	464
11.3	Cenni sul dimensionamento delle fognature .....	465
<b>XXXI</b>	<b>IMPIANTI PNEUMATICI</b>	<b>466</b>
1.	RICHIAMI DI NOZIONI TEORICHE SULLA COMPRESSIONE DEI GAS .....	467
1.1	Frazionamento della compressione .....	468
1.2	Rendimento volumetrico ed energetico .....	469
2.	COMPRESSORI VOLUMETRICI .....	470
2.1	Semplice e doppio effetto .....	470
2.2	Numero e disposizione dei cilindri .....	470
2.3	Dettagli di costruzione .....	471
2.4	Valvole .....	471
2.5	Velocità di rotazione .....	471
2.6	Fabbisogno specifico di potenza .....	472
3.	COMPRESSORI ROTATIVI VOLUMETRICI .....	472
3.1	Compressori a palette .....	472
3.2	Caratteristiche dei compressori a palette .....	473
3.3	Particolari costruttivi dei compressori a palette .....	473
3.4	Soffianti Root .....	474
3.5	Compressori a vite .....	474
4.	LUBRIFICAZIONE E RAFFREDDAMENTO .....	474
4.1	Lubrificazione dei compressori a stantuffo .....	475

4.2	Lubrificazione dei compressori rotativi .....	475
4.3	Raffreddamento .....	475
5.	REGOLAZIONE DELLA PORTATA DEI COMPRESSORI VOLUMETRICI .....	476
5.1	Regolazione a tutto o niente dei compressori alternativi .....	476
5.2	Regolazione progressiva dei compressori alternativi .....	476
5.3	Regolazione dei compressori rotativi .....	477
6.	COMPRESSORI DINAMICI: CARATTERISTICHE FONDAMENTALI E CAMPO DI IMPIEGO .....	477
6.1	Caratteristiche portata-pressione e regolazione .....	479
7.	MOTORI ELETTRICI .....	479
8.	MOTORI TERMICI .....	480
9.	ASPIRAZIONE (PRESA) DELL'ARIA .....	480
9.1	Necessità della filtrazione .....	481
9.2	I filtri .....	481
9.3	Mandata dell'aria .....	482
9.3.1	Smorzatore .....	482
9.3.2	Raffreddatore finale .....	483
9.3.3	Essiccazione dell'aria compressa .....	483
10.	SERBATOI E DISPOSITIVI DI SICUREZZA .....	484
11.	OPERE ACCESSORIE .....	485
12.	RETE DI DISTRIBUZIONE .....	485
12.1	Perdite di carico e portata .....	488
12.2	Componentistica per le reti di cantiere .....	488
13.	IMPIANTO CENTRALIZZATO O DECENTRALIZZATO? .....	489
14.	CARATTERISTICHE TECNICHE DI UN ELETTROCOMPRESSORE STAZIONARIO A VITE DA CANTIERE .....	489
14.1	Sistema di messa a vuoto/messa a carico .....	491
14.2	Modulo elettronico di controllo .....	491
14.3	Elemento compressore di lunga durata permanentemente allineato .....	492
15.	L'ARIA COMPRESSA IN SISTEMI MOBILI .....	492
15.1	Tutti i raccordi causano perdite di pressione .....	493
15.2	La qualità di un raccordo non si nota a prima vista, ma dai risultati .....	494
15.3	Come si distingue un flessibile di qualità .....	495
15.4	L'effetto della lubrificazione .....	495
15.5	La condensa .....	495
15.6	La polvere: invisibile ma dannosa .....	496
15.7	Lavorare in ambienti con temperature estreme .....	496
15.9	La macchina ha scarsa potenza? .....	498
16.	TABELLA DI CALCOLO SEMPLIFICATO .....	498
<b>XXXII</b>	<b>VENTILAZIONE</b> .....	<b>499</b>
1.	I VENTILATORI .....	499
1.1	Ventilatori centrifughi .....	499
1.2.A	Ventilatori a pale radiali .....	499
1.2.B	Ventilatori a pale curve in avanti .....	500
1.2.C	Ventilatori a pale curve rovesce .....	500
1.2.D	Ventilatori centrifughi con altri tipi di pale .....	500
1.3	Ventilatori elicoidali .....	501
1.4	Ventilatori a flusso assiale .....	502
1.4.A	Profilo alare .....	502
1.4.B	Gioco all'estremità delle pale .....	503
1.4.C	Sviluppo di pressioni elevate .....	504
1.5	Prestazioni dei ventilatori .....	506
1.6	Leggi dei ventilatori .....	506
1.6.A	Influenza della densità dell'aria sulle prestazioni dei ventilatori .....	507
1.6.B	Variazione della densità dell'aria con l'altitudine .....	508
1.7	Riepilogo delle leggi dei ventilatori .....	508
1.8	Confronto e scelta dei ventilatori .....	508
1.9	Reversibilità dei ventilatori .....	510
1.10	Funzionamento dei ventilatori in parallelo .....	510
1.11	Regolazione della portata dei ventilatori .....	511
1.11.A	Regolazione con serranda di taratura .....	511
1.11.B	Regolazione in by-pass .....	511
1.11.C	Regolazione di portata con variante della velocità .....	511
1.11.D	Regolazione dei ventilatori a più stadi .....	514
1.11.E	Regolazione con serranda a pale radiali sull'aspirazione dei ventilatori centrifughi .....	514
1.11.F	Regolazione della portata con ventilatori assiali a passo variabile in moto .....	514
1.12	Prove sui ventilatori .....	514
1.13	Modo d'uso della sonda Pitot Prandtl per il controllo di tubazioni .....	515
1.14	Silenziatori rettilinei a setti fonoassorbenti e risonatori .....	516

1.15	Silenziatori cilindrici per impianti di ventilazione .....	517
2.	VENTILAZIONE GALLERIE IN FASE DI SCAVO .....	518
2.1	Norme e regolamenti .....	518
2.2	Ossido di carbonio .....	518
2.3	Anidride carbonica .....	518
2.4	Ossido di azoto .....	518
2.5	Gas diversi .....	519
2.6	Polveri .....	519
2.7	Fumi d'esplosivo .....	519
2.8	Personale di lavoro .....	519
2.9	Motori diesel .....	519
2.10	Velocità dell'aria .....	520
2.11	Ventilazione in mandata .....	520
2.12	Ventilazione in aspirazione .....	520
2.13	Ventilazione in aspirazione e successiva mandata .....	521
2.14	Tubazioni .....	521
2.15	Protezioni alle estremità delle tubazioni .....	521
2.16	Perdite di carico .....	521
2.17	Perdite di portata .....	522
3.	VENTILAZIONE DI UNA GALLERIA A FORO CIECO: NORMATIVE INTERNAZIONALI .....	523
3.1	Scavo di una galleria a mezzo di esplosivo .....	523
3.1.1	Eliminazione delle polveri .....	523
3.1.2	Eliminazione dei gas generati dall'esplosione .....	523
3.1.3	Eliminazione dei gas di scarico creati dai motori endotermici .....	523
3.2	Applicazione delle normative precedenti .....	523
3.3	Scavo di una galleria con frese a piena sezione .....	524
3.3.1	Eliminazione delle polveri .....	524
3.3.2	Utilizzo macchine con motore endotermico .....	524
3.4	Scavo di una galleria con fresa ad attacco puntuale .....	524
3.4.1	Massime concentrazioni ammesse nell'aria .....	524
3.5	Sistemi di ventilazione utilizzabili .....	525
3.5.1	Aspirazione con sistema di ventilazione in appoggio .....	525
3.5.2	Ventilazione in mandata .....	525
3.5.3	Ventilazione in alternanza .....	525
3.5.4	Ventilazione per circolazione d'aria .....	525
3.6	Dimensionamento ventilazione .....	525
3.6.1	Calcolo della tubazione .....	525
3.6.2	Bilancio delle portate .....	526
3.6.3	Utilizzo dei diagrammi di calcolo .....	527
3.6.4	Classe di qualità delle tubazioni .....	528
3.6.5	Condotte con L/D < di 400 .....	531
3.6.6	Massa volumica dell'aria .....	531
3.7	Funzionamento di due ventilatori in serie .....	531
3.8	Esempio di calcolo per galleria a sezione ristretta .....	532
4.	DIRETTIVA GENERALE SVIZZERA .....	535
4.1	Campo d'applicazione .....	535
4.2	Generalità .....	535
4.3	Lavori di scavo con esplosivi .....	535
4.4	Potenza della ventilazione .....	535
4.5	Esercizio della ventilazione artificiale .....	536
4.6	Lavori di scavo senza esplosivi .....	536
4.7	Dimensionamento impianto .....	536
5.	DEPOLVERIZZAZIONE E VENTILAZIONE DURANTE LO SCAVO .....	537
<b>XXXIII</b>	<b>PRINCIPI DI OLEODINAMICA .....</b>	<b>539</b>
1.	CLASSIFICAZIONE .....	539
2.	POTENZA .....	539
3.	FORZA E PRESSIONE .....	540
4.	VELOCITA' .....	541
5.	PORTATA .....	541
6.	PRESSIONE O PORTATA? .....	542
7.	POMPE A PORTATA VARIABILE .....	544
8.	IMPIANTI SERIE - PARALLELO .....	547
9.	IMPIANTO CON DOPPIA POMPA A PORTATA VARIABILE E REGOLAZIONE DI POTENZA A SOMMA DI PRESSIONI .....	548
10.	CONSIDERAZIONI GENERALI RIASSUNTIVE E FORMULE DI CALCOLO PER POMPE E MOTORI IDRAULICI .....	549
11.	NOMOGRAMMI DI CALCOLO .....	551

XXXIV	MECCANICA DELLE ATTREZZATURE	552
1.	MOTORE .....	552
2.	MOTORI DIESEL .....	556
3.	PARLIAMO DELLA POTENZA .....	557
4.	COME IMPIEGARE ECONOMICAMENTE LA POTENZA DI UNA MACCHINA .....	560
5.	SOVRALIMENTAZIONE DEI MOTORI DIESEL .....	560
6.	LA TRASMISSIONE .....	561
7.	CINGOLI LUBRIFICATI .....	567
8.	DIFFERENZIALI PER PALE GOMMATE .....	567
9.	SCELTA DEI PNEUMATICI PER MACCHINE MOVIMENTO TERRA .....	569

XXXV	<b>IL PIANO DI SICUREZZA PER OPERE IN SOTTOSUOLO</b>	572
------	--	-----

1.	INTRODUZIONE .....	572
2.	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	572
2.1	Legislazione specifica di prevenzione infortuni .....	573
2.2	Norme per la sicurezza degli impianti .....	573
3.	DESCRIZIONE DEI LAVORI .....	574
4.	ORGANIZZAZIONE E LOGISTICA DI CANTIERE .....	575
4.1	Organigramma .....	575
4.2	Attribuzioni e competenze .....	575
4.2.1	Direttore di Cantiere .....	575
4.2.2	Capo Cantiere .....	575
4.2.3	Assistente - Capoboccho .....	575
4.2.4	Caposquadra .....	576
5.	OBBLIGHI - DOVERI .....	576
6.	SUBAPPALTI .....	576
7.	INTERFERENZE .....	576
7.1	Interferenze nelle lavorazioni .....	576
7.2	Parametri di valutazione .....	576
7.3	Interferenze con opere esistenti .....	576
8.	IMPIANTO DI CANTIERE .....	577
8.1	Documentazioni .....	577
8.2	Descrizione impianto di cantiere .....	577
8.3	Uffici .....	578
8.4	Illuminazione .....	578
8.5	Mensa .....	578
8.6	Alloggi .....	578
8.7	Spogliatoi .....	578
8.8	Magazzini .....	578
8.9	Officina .....	579
8.10	Servizi sanitari .....	579
9.	Viabilità .....	580
9.1	Delimitazioni - segnalazione .....	580
9.1.1	Protezione antincendio .....	581
9.2	Movimento mezzi .....	581
10.	MEZZI PERSONALI DI PROTEZIONE .....	581
11.	MACCHINARI .....	581
12.	GALLERIA DONATELLA .....	582
12.1	Impianti e servizi di cantiere .....	582
12.2	Impianto di terra .....	583
12.3	Gruppi elettrogeni di emergenza .....	583
12.4	Deposito bombole .....	583
12.5	Serbatoio carburante .....	583
12.6	Impianti di servizio alla galleria .....	584
12.6.1	Impianto elettrico e di terra .....	584
12.6.2	Impianto telefonico e di segnalazione .....	584
12.6.3	Impianto di illuminazione .....	584
12.6.4	Impianto di ventilazione - Monitoraggio dell'aria ambiente .....	584
12.6.5	Impianto aria compressa .....	585
12.6.6	Impianto di aggotamento delle acque .....	585
12.6.7	Sistema di trasporto in galleria .....	585
12.6.8	Area stockaggio conci - Gru a portale .....	586
12.6.9	Fossa scarico smarino .....	586
13.	SCAVO E PRERIVESTIMENTO GALLERIA DONATELLA .....	586
13.1	Lavorazioni al fronte .....	586
13.2	Alimentazione materiali .....	587

13.3	Smarino.....	587
14.	RIVESTIMENTO GALLERIA DONATELLA.....	587
14.1	Lavorazioni al fronte.....	587
14.2	Alimentazione materiali.....	587
15.	GALLERIA ARIANNA.....	588
15.1	Impianto elettrico e di terra.....	588
12.2	Impianto di illuminazione.....	588
12.3	Impianto di ventilazione.....	588
12.4	Impianto di aggotamento.....	588
16.	SCAVO GALLERIA ARIANNA.....	588
16.1	Lavorazioni al fronte.....	588
16.2	Smarino.....	589
17.	PRERIVESTIMENTO GALLERIA ARIANNA.....	589
17.1	Lavorazioni al fronte.....	589
17.2	Alimentazione materiali.....	589
18.	RIVESTIMENTO GALLERIA ARIANNA.....	589
18.1	Lavorazioni al fronte.....	589
18.2	Alimentazione materiali.....	589
19.	POZZO ANNETTA.....	589
19.1	Impianto elettrico e di terra.....	589
19.2	Impianto di illuminazione.....	589
20.	FASI OPERATIVE POZZO ANNETTA.....	590
20.1	Perforazione del nucleo.....	590
20.2	Perforazione di alesaggio.....	590
20.3	Montaggio del tubo.....	590
20.4	Getto di intasamento.....	590
21.	ALLEGATI.....	590
21.C	Istruzioni sul modo di prestare i primi soccorsi in attesa del medico e di usare i presidi medico-chirurgici.....	590
21.D	Rischi derivanti da esposizione al rumore.....	592
21.E	Normative di prevenzione.....	593
21.G	Segnalazione di sicurezza.....	595
21.O	Galleria Donatella - Piani di sicurezza particolareggiati.....	596
21.P	Galleria Arianna - Piani di sicurezza particolareggiati.....	596
21.R	Pozzo Annetta - Piani di sicurezza particolareggiati.....	597
22.	STRALCI DI NORMATIVA.....	598
22.1	Esplosivi in galleria.....	605
22.2	Ganci.....	607
23.	NORME DI SICUREZZA DELL'IST. NAZIONALE SVIZZERO DI ASSICURAZIONE CONTRO GLI INFORTUNI.....	607
23.1	Campo d'applicazione.....	607
23.2	Generalità.....	607
23.3	Installazione di cantiere.....	607
23.4	Ventilazione dei posti di lavoro.....	608
23.5	Impianti di trasporto.....	608
23.5.1	Esercizio sui binari.....	608
23.5.2	Esercizio senza binari.....	609
23.6	Perforatrici e piattaforme.....	609
23.7	Macchine per l'escavazione di tunnel e gallerie (macchine per profili totali o parziali).....	609
23.8	Illuminazione.....	610
23.9	Erogazione di corrente.....	610
23.10	Impianti di trasmissione.....	610
23.11	Condutture di cantiere, trasformatori.....	610
23.12	Lavori di scavo e di abbattimento.....	610
23.13	Misure tecniche nella lotta contro la polvere derivante l'attraversamento di roccia quarzifera.....	610
23.14	Mezzi di protezione individuali.....	611
24.	DIRETTIVE CONCERNENTI LA PREVENZIONE DEGLI INFORTUNI DOVUTI AD INCENDI ED ESPLOSIONI NELL'ESECUZIONE DI LAVORI SOTTERRANEI ATTRAVERSO STRATI ROCCIOSI EMANANTI GAS NATURALI.....	611
24.1	Generalità.....	611
24.2	Ventilazione.....	611
24.3	Abbattimento con brillamento mine.....	612
24.3	Abbattimento a mezzo fresa da galleria.....	612

<b>XXXVI</b>	<b>ANALISI GEOLOGICA E GEOMECCANICA.....</b>	<b>613</b>
1.	STUDIO GEOLOGICO.....	613
1.1	Generalità.....	613
1.2	Procedimenti e metodologie di studio.....	616
2.	STUDIO GEOTECNICO-GEOMECCANICO.....	619
2.1	Generalità.....	619



2.2	Individuazione dei parametri geomeccanici: procedimenti e metodologie .....	619
2.3	Criteri di rottura di discontinuità e ammasso: tipologie e scelta .....	628
2.4	Le "Rocce Tenere" e le "Formazioni Strutturalmente Complesse" .....	630
<b>XXXVII PROGETTAZIONE STATICA: INQUADRAMENTO GENERALE</b>		<b>633</b>
1.	CLASSIFICAZIONE .....	635
2.	METODO DELL'EQUILIBRIO .....	639
3.	LINEE CARATTERISTICHE .....	644
4.	METODI NUMERICI .....	649
4.1	Metodi degli elementi di contorno .....	649
4.2	Metodo degli elementi finiti, metodo delle differenze finite .....	649
4.2.1	Geometria del problema .....	649
4.2.2	Modellazione del terreno .....	650
4.2.3	Definizione delle condizioni iniziali .....	650
4.2.4	Definizioni delle fasi esecutive .....	650
4.3	Metodo degli elementi distinti .....	651
<b>XXXVIII PROGETTAZIONE STATICA: ALCUNE PROBLEMATICHE SPECIFICHE</b>		<b>652</b>
1.	INFLUENZA DELLA PRESENZA D'ACQUA NEL TERRENO .....	652
2.	COMPORAMENTO RIGONFIANTE (SWELLING GROUND) .....	654
3.	COMPORAMENTO VISCOSO (SQUEEZING GROUND) .....	655
4.	CEDIMENTI E SPOSTAMENTI DEL TERRENO ATTORNO ALLO SCAVO .....	656
5.	GALLERIE GEMELLE .....	658
5.1	Esempio .....	659
6.	STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO .....	661
7.	RINFORZO DELLA ROCCIA .....	663
8.	MISURE, METODI OSSERVAZIONALI, ANALISI ALL'INDIETRO .....	664
<b>XXXIX GESTIONE DEL PROGETTO</b>		<b>665</b>
1.	PREMESSE .....	665
2.	COMPITI E RESPONSABILITA' DELLE PARTI .....	666
2.1	Committente .....	667
2.2	Progettista .....	667
2.3	Impresa .....	667
2.4	Subappaltatore .....	667
2.5	Direttore lavori .....	667
2.6	Collaudatore .....	667
3.	ATTIVITA' DI GESTIONE DEL PROGETTO .....	667
3.1	Indagini geognostiche .....	668
3.2	Collaudi - Esercizio .....	668
4.	TECNICHE DI SCAVO .....	669
5.	GESTIONE TECNICA DEL PROGETTO IN PRESENZA DI SCAVO MECCANIZZATO .....	669
6.	GESTIONE TECNICA DEL PROGETTO IN PRESENZA DI SCAVO TRADIZIONALE .....	670
<b>XL ECONOMIA DI GESTIONE DEL PARCO MACCHINE</b>		<b>672</b>
1.	PREMESSA .....	672
2.	PIANO APPROVVIGIONAMENTO ATTREZZATURE .....	672
3.	CALCOLO DEL COSTO D'ESERCIZIO .....	674
3.1	Deprezzamento .....	674
3.2	Interessi e Assicurazioni .....	674
3.3	Combustibile .....	674
3.4	Lubrificanti e filtri .....	675
3.5	Pneumatici .....	675
3.6	Costo delle riparazioni .....	675
3.7	Parti d'usura .....	675
3.8	Operatore .....	676
3.9	Costo al metro cubo .....	676
3.10	Conclusione .....	676
4.	VALUTAZIONE DEL MACCHINARIO USATO .....	676
4.1	Individuazione del fattore Scadimento .....	677
4.2	Determinazione del fattore Progressiva d'Usura .....	678

---

5.	REGOLAMENTO MACCHINARI .....	679
6	PREZZI DI RIFERIMENTO .....	682
XLI	UNA REALIZZAZIONE: IL COLLEGAMENTO PERMANENTE ATTRAVERSO IL GREAT BELT .....	683
<b>XLII</b>	<b>TABELLE E FORMULE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>699</b>
1.	UNITA' DI MISURA .....	700
2.	PESI SPECIFICI .....	703
3.	CARATTERISTICHE DEI COMBUSTIBILI .....	704
4.	TRASMISSIONE DEL CALORE .....	705
5.	PRODOTTI SIDERURGICI .....	706
6.	ELETTROTECNICA .....	715
7.	DIMENSIONAMENTO TBM .....	719
	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>723</b>