

INDICE

Capitolo 1 IDROGEOLOGIA GENERALE	1
<i>Vincenzo Francani</i>	
1.1 Elementi di idrogeologia generale: la ripartizione delle acque sotterranee	1
1.1.1 Gli acquiferi	3
1.1.2 Il sistema acqua-aria-terreno	5
1.1.3 Gli elementi fondamentali del bilancio idrico	7
1.1.4 Il bilancio idrico dei suoli secondo Thornthwaite e Mather	7
<i>Esempio 1.1 (9)</i>	
1.1.5 I principali parametri idrogeologici	11
<i>Esercizio 1.1 (13)</i>	
1.2 Determinazione della permeabilità con prove di laboratorio	14
1.3 Metodo con permeametri	15
1.3.1 La portata specifica q e la portata unitaria della falda	17
1.3.2 La porosità m , la porosità efficace m_e e la porosità cinematica	17
1.3.3 La velocità di filtrazione o velocità reale u	17
1.3.4 La portata Q della falda	18
1.3.5 Il livello piezometrico H	18
1.3.6 La trasmissività T	18
1.3.7 Il coefficiente di immagazzinamento S	18
1.3.8 I parametri idrogeologici dell'aquitard	20
1.4 Distribuzione delle portate nelle strutture idrogeologiche	20
1.4.1 Il regime stazionario	21
1.4.2 Il regime transitorio	22
1.5 Aspetti idrogeologici	22
1.6 Movimenti delle acque sotterranee	23
1.6.1 Le leggi della circolazione idrica sotterranea utilizzate per la ricerca delle acque	24
1.6.2 Il calcolo dell'altezza piezometrica in falde cilindriche e radiali e le leggi dell'afflusso dell'acqua a pozzi e trincee	24
1.6.3 Il caso del substrato inclinato	25
<i>Esercizio 1.2 (26)</i>	
1.7 Cartografia idrogeologica degli acquiferi	26
<i>Esercizio 1.3 (27)</i>	
1.7.1 L'utilizzo delle carte a isopieze	29
1.7.2 Le carte piezometriche	29
<i>Esercizio 1.4: lettura della carta piezometrica (33)</i>	
1.8 Analisi geologica delle pianure alluvionali	33
1.8.1 Le sezioni idrogeologiche	33
1.8.2 La struttura di una pianura alluvionale	34
1.8.3 La litologia dei depositi alluvionali	36
1.8.4 La serie idrogeologica	37
1.8.5 Gli effetti della circolazione idrica nei depositi alluvionali antichi: erosione sotterranea	39
1.8.6 La fase di costruzione delle sezioni	40
1.8.7 Le reti di flusso	40

<i>Esercizio 1.5</i> (41)	
<i>Esercizio 1.6</i> (41)	
1.8.8 L'analisi della morfologia della superficie piezometrica	43
<i>Esercizi proposti</i> (48)	
Bibliografia	49
Capitolo 2 PRELIEVI E DRENAGGI	51
<i>Vincenzo Francani</i>	
2.1 Gestione dei prelievi e dei drenaggi	51
2.1.1 Lo schema tecnico di un pozzo	52
2.1.2 La fase di realizzazione	53
2.1.3 Il completamento del pozzo	56
2.1.4 Lo sviluppo del pozzo	59
2.1.5 L'utilizzo dei pozzi per la valutazione dei parametri idrogeologici dell'acquifero: la conducibilità idraulica	59
2.1.6 Le prove da campo puntuali: metodo Lefranc	60
2.2 Prove di pompaggio in regime permanente	60
2.2.1 L'afflusso alla trincea	62
<i>Esercizio 2.1, Esercizio 2.2</i> (64)	
<i>Esercizio 2.3, Esercizio 2.4, Esercizio 2.5</i> (65)	
<i>Esercizio 2.6, Esercizio 2.7</i> (66)	
<i>Esercizio 2.8, Esercizio 2.9, Esercizio 2.10</i> (67)	
2.3 Prove di pompaggio in transitorio	68
2.3.1 La soluzione di Theis	68
<i>Esercizio 2.11</i> (70)	
2.3.2 L'approssimazione logaritmica di Jacob	70
2.3.3 Il metodo di Neumann	73
2.4 Metodi per stimare la portata ottimale: la prova a gradini	75
2.5 Caratteristiche costruttive del pozzo influenti sulla valutazione dei parametri idrogeologici dell'acquifero	76
2.5.1 La velocità critica	79
<i>Esercizio 2.12</i> (81)	
2.6 Pompaggio nei sistemi acquiferi reali: il principio di sovrapposizione degli effetti <i>Esercizio 2.13</i> (88)	81
2.7 Drenaggio	88
2.7.1 Il sistema di drenaggio agricolo: basi concettuali	89
2.7.2 Il dimensionamento dei sistemi drenanti orizzontali profondi	89
2.7.3 Il drenaggio in regime stazionario	91
2.7.4 Il drenaggio in regime transitorio	94
2.8 Well Points	97
<i>Esercizi proposti</i> (100)	
Bibliografia	102
Capitolo 3 CIRCOLAZIONE IDRICA NEI MEZZI FESSURATI	105
<i>Laura Scesi, Paola Gattinoni</i>	
3.1 Elementi peculiari	105
3.2 Parametri caratteristici del reticolo fessurativo	108
3.2.1 L'orientazione	108
3.2.2 Il grado di fratturazione	109
3.2.3 La persistenza e interconnessione delle discontinuità	112
3.2.4 Apertura, rugosità e riempimento	113
3.3 Caratterizzazione idraulica del mezzo	115
3.3.1 La permeabilità lungo una singola frattura	116
3.3.2 La permeabilità lungo un sistema di fratture	117

3.3.3	La permeabilità equivalente	118
3.4	Prove di permeabilità in sito	118
3.4.1	Le prove Lugeon	118
3.4.2	Le prove idrauliche in acquiferi a doppia porosità	120
3.4.3	Le prove idrauliche in acquiferi anisotropi	123
3.4.4	I metodi idrogeochimici	123
3.5	Direzione di flusso preferenziale nei mezzi fessurati	125
3.6	Definizione del modello concettuale	127
	Bibliografia	130

Capitolo 4 IDROGEOLOGIA DEI SISTEMI CARSICI

Vincenzo Francani

4.1	Studio della circolazione nelle aree montuose	131
4.2	Ricostruzione della circolazione idrica nelle aree montuose	135
4.3	Prospezioni geognostiche	135
4.4	Modello della circolazione carsica	138
4.5	Sequenza delle fasi di studio dei sistemi carsici	141
4.6	Ricostruzione della circolazione idrica nella zona satura	144
4.6.1	Le peculiarità dell'idrogeologia carsica: coesistenza di circolazione nella matrice, nelle discontinuità primarie e in quelle di dissoluzione (canali)	148
4.7	Riserve idriche	149
4.7.1	L'idrodinamica dei sistemi carsici	151
	<i>Esempio applicativo (154)</i>	
4.8	Applicazioni pratiche dell'analisi del coefficiente di esaurimento	157
4.8.1	La previsione della portata delle sorgenti in periodi di carenza idrica	157
4.8.2	Ricostruzione della circolazione carsica di un massiccio carbonatico fratturato nelle Prealpi Lombarde	160
4.8.3	Studio idrogeologico di un massiccio carsico con circolazione nella zona satura assimilabile a quella di un acquifero poroso (valle del fiume Tirino, Massiccio del Gran Sasso)	162
4.9	Aspetti applicativi	163
4.9.1	La previsione degli afflussi idrici in galleria con circolazione diffusa	165
4.9.2	L'afflusso in galleria in regime permanente	167
	Bibliografia	167
	Soluzioni degli esempi	170

Capitolo 5 IL RISANAMENTO DEI TERRENI E DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Vincenzo Francani

5.1	Cenni di idrochimica	173
5.1.1	I parametri fisici	174
5.1.2	I parametri chimici	176
5.1.3	Evoluzione della composizione chimica	178
5.1.4	Facies idrochimica	178
5.1.5	La contaminazione da acque marine	179
5.1.6	Le indagini geologiche	183
5.1.7	Considerazioni generali sull'impiego di traccianti	184
5.2	Studio dello sviluppo delle contaminazioni	186
5.2.1	I meccanismi di propagazione	186
5.2.2	La forma dell'inquinamento	193
5.3	Elementi fondamentali della propagazione nel non saturo	197
5.3.1	L'infiltrazione delle acque nei terreni superficiali	197
	<i>Esempi ed esercizi proposti (198)</i>	

5.4	Caratterizzazione della dinamica degli inquinamenti	203
5.4.1	I limiti e la posizione del nucleo inquinante	204
5.4.2	Il grado di evoluzione dell'inquinamento	205
5.4.3	La determinazione dei parametri dinamici	207
5.4.4	La durata dell'inquinamento	208
5.4.5	L'estensione massima raggiungibile	208
5.4.6	La determinazione della velocità di propagazione	208
5.4.7	Il calcolo del trasporto di massa	209
5.5	Attenuazione della contaminazione	211
	<i>Procedura proposta</i> (211)	
5.6	Redazione degli studi per la bonifica di suoli e acque sotterranee	212
5.6.1	L'accertamento dei valori di fondo	214
5.7	Contenuti del progetto di bonifica	214
5.7.1	Ricerca delle fonti di inquinamento	215
5.7.2	L'indagine idrochimica	216
5.7.3	L'indagine idrogeologica	216
5.7.4	Gli studi geologici per gli interventi di bonifica	217
5.7.5	Le opere di disinquinamento con estrazione di acqua (sistemi <i>pump & treat</i>)	218
5.7.6	Il procedimento per l'ubicazione dei pozzi di estrazione delle acque	218
5.7.7	Le barriere con pozzi incompleti	219
5.7.8	Il migliore utilizzo della barriera idraulica	222
5.7.9	Le trincee e dreni orizzontali	223
5.7.10	Gli interventi che prevedono iniezione di acqua	224
5.7.11	Gli studi geologici per la decontaminazione mediante lavaggio in sito	226
5.7.12	Gli interventi fisico-chimici e biologici	227
5.7.13	Le tecnologie che riguardano la zona insatura	228
5.7.14	Le tecnologie che riguardano la zona satura	232
5.7.15	Gli interventi di bonifica delle acque di falda	233
5.7.16	Le opere di sbarramento	236
5.7.17	Gli interventi di copertura superficiale	236
5.7.18	I diaframmi	237
5.8	Proprietà degli inquinamenti multifase	242
5.8.1	Gli aspetti operativi: velocità dello spostamento degli idrocarburi	244
5.8.2	Spessore apparente e spessore reale di LNAPL	248
	Bibliografia	249

Capitolo 6 PROTEZIONE DELLE ACQUE SOTTERANEE 253

Vincenzo Francani, Paola Gattinoni

6.1	Monitoraggio degli acquiferi	254
6.2	Carte di vulnerabilità degli acquiferi	259
6.3	Delimitazione delle zone di salvaguardia	265
6.3.1	La delimitazione delle zone di salvaguardia per i pozzi degli acquiferi alluvionali	269
6.3.2	La delimitazione delle zone di salvaguardia per le sorgenti negli acquiferi carsici e fratturati	275
	Bibliografia	282

Capitolo 7 STUDI PER IL CONTROLLO DELLA DINAMICA FLUVIALE 283

Vincenzo Francani

7.1	Generalità sulle cause dei dissesti dei bacini montani	283
7.1.1	L'erosione lungo i versanti e i corsi d'acqua	285

7.2	Dinamica degli alvei.....	286
	7.2.1 Erosione, trasporto e sedimentazione dei materiali in alveo.....	286
	7.2.2 Il bilancio del trasporto solido.....	287
	7.2.3 Incidenza degli apporti dai versanti sulla dinamica degli alvei.....	288
	7.2.4 Le conseguenze degli squilibri del bilancio.....	291
	7.2.5 Altri fenomeni che favoriscono il franamento delle sponde.....	293
7.3	Dissesti dovuti a instabilità diffusa dei versanti e delle sponde.....	294
	7.3.1 L'instabilità dei versanti.....	294
	7.3.2 Frane spondali e apporti di detrito per frana.....	295
	7.3.3 L'erosione sotterranea delle ripe (<i>piping</i>).....	298
7.4	Rilevamento geologico della fascia fluviale per la previsione delle esondazioni e dei dissesti.....	299
7.5	Tecniche di intervento e monitoraggio.....	303
7.6	Esempio di utilizzo di un modello analitico per la progettazione di un dreno orizzontale per la difesa spondale.....	306
	Bibliografia.....	309

Capitolo 8 CENNI ALLA MODELLAZIONE NUMERICA DEGLI ACQUIFERI..... 311

Paola Gattinoni, Luca Alberti

8.1	Principi fondamentali.....	311
8.2	Dal modello concettuale al modello matematico.....	313
8.3	Implementazione e calibrazione di un modello.....	316
8.4	Esempi di modellazione numerica dei mezzi continui.....	321
	8.4.1 Gli acquiferi in materiali alluvionali.....	321
	8.4.2 Gli acquiferi in ammassi rocciosi.....	325
8.5	Esempi di modelli discreti.....	328
8.6	Esempi di modelli a doppia porosità/permeabilità.....	331
	Bibliografia.....	332
	Indice analitico.....	335

Esempi ed esercizi sono tutti a cura di Loris Colombo