



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA
IDRAULICA, MARITTIMA, AMBIENTALE E GEOTECNICA



SISTEMAZIONE DEI CORSI D'ACQUA

Luigi Da Deppo, Claudio Datei e Paolo Salandin



**LIBRERIA
INTERNAZIONALE
CORTINA PADOVA**

QUINTA EDIZIONE

INDICE

Presentazione	VII
Indice.....	IXI
CAPITOLO 1.....	1
GENERALITÀ E LEGISLAZIONE SULLE OPERE IDRAULICHE.....	1
1.1 INTRODUZIONE. DEFINIZIONE	1
1.1.1 Premessa	1
1.1.2 Inquadramento dei problemi	1
1.2 CARATTERISTICHE DELLE OPERE IDRAULICHE	5
1.2.1 Gradi della progettazione.....	5
1.2.2 Progettazione e questioni complementari	9
1.2.2.1 Posizione del problema	9
1.2.2.2 Opere concentrate e opere lineari. Suddivisione in lotti.....	11
1.2.2.3 Piano dei lavori	13
1.2.2.4 Manutenzione delle opere	15
1.3 LEGISLAZIONE	20
1.3.1 Premessa	20
1.3.2 Classificazione delle opere. Riferimenti legislativi.....	22
1.3.3 Piani di bacino	28
CAPITOLO 2.....	35
CICLO IDROLOGICO. DATI CLIMATICI. EVAPORAZIONE.....	35
2.1 PREMESSA	35
2.2 DEFINIZIONI	36
2.3 RACCOLTA e ELABORAZIONE DEI DATI IDROMETEOROLOGICI... 39	
2.3.1 Premessa	39
2.3.2 Definizioni del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale	41
2.3.2.1 Elementi relativi ai corsi d'acqua	42
2.3.2.2 Elementi relativi ai bacini idrografici	43
2.3.2.3 Periodo di ritorno	43
2.3.2.4 Annali Idrologici	44
2.3.3 Annali idrologici - 1960 - Parte Prima.....	45
2.3.3.1 Sezione A - Termometria	45
2.3.3.2 Sezione B - Pluviometria.....	50
2.3.3.3 Meteorologia	59
2.3.4 Annali idrologici - 1960 - Parte seconda	64
2.3.4.1 Sezione A - Afflussi meteorici	64
2.3.4.2 Sezione B - Idrometria	66
2.3.4.3 Sezione C - Portate e bilanci idrologici.....	69
2.3.4.4 Sezione D - Freatimetria	75

2.3.4.5	Sezione E - Trasporto torbido	79
2.3.4.6	Caratteri idrologici (dell'anno)	81
2.3.4.7	Mareografia	81
2.4	TIPI DI CLIMA.....	84
2.5	CALCOLO DELL'EVAPORAZIONE.....	85
2.5.1	Alcune definizioni.....	86
2.5.2	Evaporazione dagli specchi liquidi.....	87
CAPITOLO 3		91
RAPPRESENTAZIONI GEOMETRICHE DEI BACINI E DEI CORSI D'ACQUA. CURVE CARATTERISTICHE.....		91
3.1	CARTOGRAFIA A GRANDE DENOMINATORE	92
3.1.1	Generalità.....	92
3.1.2	Carte dell'I.G.M. e regionali.....	93
3.2	RAPPRESENTAZIONI CARATTERISTICHE DEI BACINI.....	96
3.2.1	Coefficienti significativi.....	96
3.2.2	Leggi di <i>Horton</i>	97
3.2.2.1	Applicazione. Calcolo dei rapporti di <i>Horton</i>	101
3.2.3	Diagramma di <i>Stecher</i> . Curva ipsografica. Diagramma idrodinamico	102
3.3	RAPPRESENTAZIONI DEI CORSI D'ACQUA	105
3.3.1	Planimetrie	105
3.3.2	Profili longitudinali.....	106
3.3.3	Sezioni trasversali	110
3.4	CURVE CARATTERISTICHE DEI SERBATOI.....	112
3.5	CURVE CARATTERISTICHE DEI CORSI D'ACQUA	113
3.5.1	Portate. Loro misura e curve caratteristiche	113
3.5.1.1	Generalità	113
3.5.1.2	Scala delle portate. Curva cronologica	115
3.5.1.3	Curva di durata	118
3.5.2	Utilizzazione delle curve caratteristiche	118
3.5.2.1	Anno medio e anno tipico	118
3.5.2.2	Curva di utilizzazione.....	119
CAPITOLO 4		123
ELABORAZIONE DELLE PRECIPITAZIONI.....		123
4.1	PREMESSA	123
4.2	ELABORAZIONE DEI DATI PLUVIOMETRICI	124
4.2.1	Raccolta dei dati.....	124
4.2.2	Equazione di possibilità pluviometrica.....	124
4.2.2.1	Impostazione del problema	124
4.2.2.2	Costruzione dell'equazione.....	130
4.2.2.3	Elaborazione statistica secondo <i>Gumbel</i>	131
4.2.2.4	Indicazioni sul periodo di ritorno.....	135
4.3	ALCUNE APPLICAZIONI	138

4.3.1	Determinazione dell'equazione per le piogge di notevole intensità e breve durata, registrate a Padova	138
4.3.2	Determinazione dell'equazione per le piogge di massima intensità (durata oraria) registrate a Padova	139
4.3.3	Test di adattamento di <i>Pearson</i>	143
4.3.4	Applicazione. Test di adattamento di <i>Pearson</i> alle precipitazioni di massima intensità registrate a Padova.....	144
CAPITOLO 5		147
PIENE DEI CORSI D'ACQUA		147
5.1	GENERALITÀ	147
5.1.1	Definizioni	147
5.1.2	Impiego delle portate di piena.....	148
5.1.3	Cenni sui metodi di calcolo	149
5.2	METODI EMPIRICI PER IL CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA	151
5.2.1	Premessa	151
5.2.2	Portate massime in funzione delle caratteristiche geometriche del bacino	152
5.2.2.1	Generalità	152
5.2.2.2	Formule empiriche	153
5.2.2.3	Formule empiriche monomie	154
5.2.2.4	Applicazione. Calcolo della portata specifica per la parte alta del bacino dell'Adige.....	158
5.2.3	Elaborazione delle serie statistiche	159
5.2.3.1	Generalità	159
5.2.3.2	Metodi statistici.....	160
5.2.3.3	Applicazione. Portate di piena del fiume Piave a Presenaio.....	161
5.2.4	Idrogrammi di piena.....	165
5.2.4.1	Generalità	165
5.2.4.2	Idrogramma unitario e idrogramma istantaneo	166
5.3	METODI CONCETTUALI PER IL CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA	171
5.3.1	Premessa	171
5.3.2	Metodo cinematico o razionale.....	172
5.3.2.1	Impostazione di <i>Turazza</i>	172
5.3.2.2	Metodo di <i>Giandotti</i>	177
5.3.2.3	Applicazione. Il fiume Piave a Presenaio.....	179
5.3.2.4	Applicazione. Il fiume Po a Pontelagoscuro	179
5.3.2.5	Applicazione. Il fiume Adige ad Albaredo d'Adige	180
5.3.3	Metodo dell'invaso	180
5.3.3.1	Premessa.....	180
5.3.3.2	Equazioni fondamentali	181
5.3.3.3	Sezioni aperte (canali).....	184
5.3.3.4	Sezioni chiuse (condotte).....	187

5.3.3.5	Volume d'invaso nelle reti di bonifica, idrografiche e di fognatura	189
5.3.4	Metodo di <i>Nash</i>	191
5.3.4.1	Esposizione del procedimento.....	191
5.3.4.2	Applicazione. Calcolo di un'onda di piena col metodo di <i>Nash</i>	195
5.3.5	Modelli geomorfologici. Cenni.....	197
CAPITOLO 6	203
RICHIAMI DI IDRAULICA	203
6.1	POSIZIONE DEI PROBLEMI IDRAULICI.....	203
6.2	MOTO UNIFORME	204
6.2.1	Formule del moto uniforme	204
6.2.2	Moto uniforme in sezioni composte	208
6.2.2.1	Applicazione. Moto uniforme in un alveo con perimetro con differenti scabrezze	209
6.2.2.2	Applicazione. Moto uniforme in un corso d'acqua con golene..	210
6.3	MOTO PERMANENTE	210
6.3.1	Moto permanente senza afflussi o deflussi laterali.....	211
6.3.1.1	Equazione del moto in un alveo cilindrico o prismatico.....	211
6.3.1.2	Integrazione per differenze finite	211
6.3.1.3	Applicazione. Profilo di moto permanente in un canale.....	213
6.3.1.4	Integrazione per differenze finite nei corsi d'acqua unicursali..	215
6.3.1.5	Integrazione per differenze finite nei corsi d'acqua con golene	216
6.3.1.6	Applicazione. Profilo di rigurgito in un corso d'acqua naturale	218
6.3.2	Moto permanente con immissione di portata lungo il percorso.....	223
6.3.2.1	Confluenze	223
6.3.2.2	Moto con portata variabile lungo il percorso	225
6.3.2.3	Applicazione alla sezione trapezia per $i = J$	226
6.3.2.4	Integrazione alle differenze finite per $i \neq J$	227
6.3.2.5	Applicazione. Confluenza del T. Ardo nel F. Piave a Belluno..	229
6.3.3	Fenomeni localizzati. Processi dissipativi	232
6.3.3.1	Risalto	232
6.3.3.2	Vasca di dissipazione con restringimento terminale.....	237
6.3.3.3	Applicazione. Progetto di una vasca di dissipazione	244
6.3.3.4	Applicazione. Localizzazione del risalto	246
6.3.3.5	Salto di fondo	247
6.3.3.6	Applicazione. Dissipazione di un getto libero	251
6.3.3.7	Vasche di dissipazione con blocchi sporgenti.....	252
6.3.3.8	Erosione a valle di una platea	256
6.3.3.9	Applicazione. Erosione a valle di una platea	257
6.4	PROBLEMI DI MOTO VARIO NEI CORSI D'ACQUA. CENNI.....	258
6.4.1	Posizione dei problemi.....	258
6.4.2	Propagazione delle piene	260
6.4.3	Piense per rottura d'una ritenuta. Cenni.....	263

CAPITOLO 7	269
SISTEMAZIONE DEI TORRENTI	269
7.1 CLASSIFICAZIONE DEI PROBLEMI.....	269
7.1.1 Generalità.....	269
7.1.2 Ambiente montano e sistemazioni. Il passato.....	273
7.1.3 Cenni sui nuovi criteri di sistemazioni	276
7.1.4 Estrazione dei materiali dai corsi d'acqua.....	278
7.1.5 Effetto della copertura vegetale sui deflussi.....	279
7.1.6 Cenni sulle opere	282
7.2 TRASPORTO SOLIDO.....	284
7.2.1 Premessa	284
7.2.2 Trasporto dei materiali incoerenti. Analisi schematica del fenomeno	285
7.2.3 Portata solida.....	295
7.2.4 Applicazione. Portata solida in un corso d'acqua	297
7.2.5 Cenni sulle colate detritiche (<i>debris flow</i>).....	298
7.2.5.1 Colata per mobilitazione di un sedimento o strato.....	299
7.2.5.2 Colate per collasso di uno sbarramento naturale o artificiale....	305
7.2.6 Scabrezza d'alveo	313
7.3 SISTEMAZIONE DELL'ASTA.....	313
7.3.1 Generalità sulle briglie e sulle soglie.....	313
7.3.2 Pendenza di progetto.....	315
7.3.3 Applicazione. Pendenza di compensazione	317
7.4 BRIGLIE PROBLEMI STATICI E IDRAULICI	317
7.4.1 Generalità sulle briglie e sui materiali	317
7.4.2 Opere di ritenuta. Cenni sulla normativa.....	320
7.4.3 Cenni sulla statica delle briglie.....	322
7.4.4 Struttura della briglia. Controbriglia.....	323
7.4.5 Dimensionamento statico della briglia	326
7.4.6 Applicazione. Spinta su una briglia in varie condizioni.	330
7.4.7 Problemi idraulici delle briglie.....	333
7.4.7.1 Dimensionamento della gàveta	333
7.4.7.2 Applicazione	334
7.4.7.3 Erosioni e scavi a valle d'una briglia	335
7.4.7.4 Applicazione. Erosione a valle di una platea	337
7.4.7.5 Filtrazione sotto le briglie	338
7.5 TIPI DI BRIGLIA	346
7.5.1 Generalità.....	346
7.5.2 Briglie classiche a gravità e ad arco.....	351
7.5.3 Briglie selettive	355
7.5.4 Applicazione. Studio d'una briglia selettiva.....	359
7.5.5 Applicazione. Progetto di una briglia a gravità	361
7.5.6 Briglie frangicolata a speroni.....	366
7.5.7 Briglie per la trattenuta dei materiali galleggianti	369
7.5.8 Briglie di legname e pietrame.....	375

7.6	SOGLIE.....	386
7.7	DIFESE DI SPONDA	391
7.7.1	Difese longitudinali.....	392
7.7.1.1	Difesa con scogliere	392
7.7.1.2	Difesa con gabbioni.....	394
7.7.1.3	Difesa con astoni di salice.....	395
7.7.1.4	Difesa con legname e pietrame	397
7.7.1.5	Difesa con viminate e fascinate.....	401
7.7.1.6	Difesa con muri di sponda.....	403
7.7.1.7	Opere di contenimento delle colate.....	408
7.7.2	Difese sporgenti	408
7.7.2.1	Pennelli di pietrame.....	413
7.7.2.2	Pennelli di legname e pietrame	415
7.7.2.3	Pennelli con fascine di salice	421
7.8	CUNETTONI.....	421
7.9	TRASPORTO SOLIDO DI MASSA. OPERE DI DIFESA	427
7.9.1	Piazze di deposito. Aree di dispersione	427
7.9.2	Diversione delle portate	430
7.10	SISTEMAZIONE DELLA CONFLUENZA	438
7.10.1	Cono di deiezione e confluenza	438
7.10.2	Confluenze	441
7.11	STRUTTURE PER LA RISALITA DEI PESCI.....	444
7.11.1	Scale di rimonta	444
7.11.2	Scala <i>Denil</i>	446
7.11.3	Rampe di risalita	448
7.11.4	Lagheti e paludi a integrazione delle sistemazioni	452
7.12	INTERVENTI DI MANUTENZIONE	453
	CAPITOLO 8	457
	SISTEMAZIONE DEI FIUMI E DIFESA DEI TERRITORI DI PIANURA..	457
8.1	MODI DELLA DIFESA	457
8.2	ARGINATURA DEI CORSI D'ACQUA E RICALIBRATURA DEGLI ALVEL.....	459
8.2.1	Nomenclatura e criteri di dimensionamento delle arginature.....	459
8.2.2	Distanze dagli argini per piantagioni, scavi e manufatti.....	465
8.2.3	Filtrazione nel corpo arginale	470
8.2.3.1	Linea di infiltrazione a moto permanente	470
8.2.3.2	Applicazione. Calcolo della forma della superficie libera d'una falda.....	473
8.2.4	Stabilità degli argini.....	476
8.2.4.1	Richiami normativi.....	476
8.2.4.2	Verifica di stabilità.....	478
8.2.4.3	Applicazione. Calcolo della stabilità di un pendio in varie condizioni di falda.....	482

8.2.5	Protezione delle rive e delle arginature. Rivestimenti.....	488
8.2.5.1	Rivestimenti a verde.....	489
8.2.5.2	Rivestimenti di calcestruzzo	493
8.2.5.3	Rivestimenti di conglomerato bituminoso	495
8.2.5.4	Rivestimenti con scogliera	499
8.2.5.5	Applicazione. Dimensionamento di una scogliera a protezione delle sponde sotto un ponte.....	502
8.2.5.6	Impermeabilizzazione degli argini. Diaframmi e palancole	504
8.2.5.7	Difesa delle scarpate e del piede dell'argine	506
8.2.5.8	Argini a mare.....	508
8.2.6	Ricalibratura degli alvei.....	509
8.2.7	Rettifiche fluviali.....	511
8.2.8	Scolmatori e diversivi.....	512
8.2.9	Stabilizzazione degli alvei di magra	517
8.2.10	Sistemazione con pennelli	522
8.2.10.1	Tipi di pennello.....	522
8.2.10.2	Distanza tra i pennelli.....	526
8.2.10.3	Scavo alla testa dei pennelli e delle spalle dei ponti. Risultati sperimentali.....	529
8.2.10.4	Applicazione. Calcolo della distanza massima tra due pen- nelli.....	533
8.2.10.5	Applicazione. Calcolo dello scavo in corrispondenza della testa di un pennello	535
8.2.11	Cenni sulla sistemazione del medio Po.....	536
8.3	REGOLAZIONE DELLE PORTATE A MEZZO DI SERBATOI.....	541
8.3.1	Laminazione delle piene	541
8.3.1.1	Serbatoi di piena.....	542
8.3.1.2	Equazioni dei serbatoi.....	547
8.3.2	Vuotamento di un serbatoio.....	552
8.3.3	Applicazione. Laminazione di una piena e tempo di vuotamento del serbatoio	552
8.3.4	Sghiaiamiento e sfangamento degli invasi.....	553
8.3.5	Regolazione delle portate nelle utilizzazioni.....	555
8.3.5.1	Applicazione. Regolazione delle portate a mezzo di un serba- toio per usi diversi.....	556
8.3.6	Casse di espansione	560
8.3.6.1	Disposizione delle vasche rispetto al corso d'acqua.....	562
8.3.6.2	Alimentazione e vuotamento delle casse in derivazione.....	566
8.3.6.3	Casse golenali del fiume Po	569
8.3.6.4	Uso multiplo delle casse.....	571
8.3.6.5	Le casse di espansione in Italia. Esempi.....	574
8.3.7	Derivazione da un corso d'acqua. Cenni.....	576
8.4	MINIMO DEFLUSSO VITALE.....	579
8.5	CENNI SU ALCUNE GRANDI SISTEMAZIONI FLUVIALI.....	582
8.5.1	Sistemazione dei corsi d'acqua attigui alla città di Padova.....	582

8.5.2	Sistema Adige-Garda-Mincio-Fissero-Tartaro-Canalbianco-Po di Levante.....	588
8.5.3	Difesa di Roma dalle piene del fiume Tevere.....	594
CAPITOLO 9		601
PROBLEMI IDRAULICI DEI PONTI		601
9.1	INTRODUZIONE	601
9.2	DISPOSIZIONI LEGISLATIVE.....	601
9.3	POSIZIONE DEI PROBLEMI.....	604
9.3.1	Franco e luci dei ponti. Distanze dagli argini.....	604
9.3.2	Accumulo di detriti in corrispondenza dei ponti	611
9.3.3	Cenni sulla evoluzione dei ponti.....	614
9.4	RIGURGITO PROVOCATO DA RESTRINGIMENTI E DA PILE.....	615
9.4.1	Restringimenti.....	616
9.4.2	Calcolo del sovralzo.....	620
9.4.3	Considerazioni conclusive	625
9.5	EROSIONI LOCALIZZATE ATTORNO ALLE PILE DEI PONTI	626
9.5.1	Calcolo dello scavo.....	626
9.5.2	Criteri di progettazione. Consolidamenti.....	630
9.5.3	Scavo in corrispondenza delle spalle	646
9.5.4	Spinta esercitata dalla corrente sulla pila	646
9.5.5	Applicazione. Sovralzo dovuto alla pila di un ponte di nuova costruzione. Spinta prodotta dalla corrente.....	647
9.5.6	Applicazione. Sovralzo dovuto alle pile di un antico ponte	650
9.5.7	Applicazione. Scavo prodotto dalla corrente attorno a una pila.....	651
9.5.8	Applicazione. Calcolo dello scavo prodotto da una spalla di ponte..	652
9.6	PROTEZIONE DELLA ZONA DEI PONTI.....	653
9.6.1	Rivestimenti e pennelli	654
9.6.2	Disposizioni accessorie.....	655
9.7	MODALITÀ COSTRUTTIVE E OPERE PROVVISORIE.....	658
CAPITOLO 10		673
TECNOLOGIE OPERATIVE E CARATTERISTICHE DI ALCUNI MATERIALI.....		673
10.1	PREMESSA	673
10.2	DIAFRAMMI E PALANCOLE.....	675
10.2.1	Generalità.....	675
10.2.2	Diaframmi di materiale conglomerato o plastico	678
10.2.2.1	Generalità.....	678
10.2.2.2	Collocazione rispetto al corpo arginale	680
10.2.2.3	Profondità da assegnare al diaframma	681
10.2.2.4	Diaframmi di calcestruzzo	681
10.2.2.5	Diaframmi plastici	690
10.2.3	Difesa di sponda con palancole.....	695

10.2.3.1	Generalità.....	695
10.2.3.2	Criteri generali di progetto.....	696
10.2.3.3	Metodi dell'equilibrio limite.....	697
10.2.3.4	Coefficienti di spinta.....	705
10.2.3.5	Coefficienti di sicurezza	707
10.2.3.6	Applicazione	709
10.2.3.7	Metodi che tengono conto dell'interazione terreno-struttura ...	714
10.2.3.8	Ancoraggi.....	714
10.2.3.9	Palancole d'acciaio e di calcestruzzo armato	720
10.3	GETTINIEZIONE NELLE COSTRUZIONI IDRAULICHE.....	731
10.3.1	Generalità.....	731
10.3.2	Tecniche di consolidamento del terreno	732
10.3.3	Definizioni. Classificazione. Tecniche	735
10.3.3.1	Lessico descrittivo (cfr. norma EN 12716).....	735
10.3.3.2	Attività in fase di progetto e di esecuzione.....	741
10.3.3.3	Alcune specificazioni per le attrezzature di gettiniezione	742
10.3.3.4	Alcune specificazioni esecutive.....	743
10.3.3.5	Composizione della miscela.....	746
10.3.3.6	Relazione tra il volume di miscela iniettata e diametro della colonna	747
10.3.3.7	Resistenza del terreno consolidato e quantità di cemento iniettato	748
10.3.3.8	Alcuni esempi	749
10.4	GEOTESSILI	755
10.4.1	Drenaggi e filtri	755
10.4.1.1	Geotessili. Definizione.....	757
10.4.2	Tipi di geotessile.....	758
10.4.3	Proprietà dei geotessili.....	761
10.4.4	Funzioni e applicazioni dei geotessili.....	762
10.4.5	Permeabilità dei geotessili	763
10.4.6	Filtri	765
10.4.6.1	Filtrazione unidirezionale	765
10.4.6.2	Filtrazione a flusso alternato.....	770
10.4.7	Geotessili associati a geomembrane.....	770
10.5	CENNI SULLA DURABILITÀ DEI MANUFATTI IDRAULICI	772
10.5.1	Manufatti di calcestruzzo	774
10.5.1.1	Azioni aggressive	774
10.5.1.2	Abrasione e urti.....	774
10.5.1.3	Azione del gelo	776
10.5.1.4	Azione degli agenti chimici	778
10.5.2	Impiego dell'acciaio	785
10.5.3	Manufatti di pietrame	786
10.5.4	Impiego del legname.....	787
10.5.5	Impiego dei materiali plastici	788
10.5.6	Considerazioni conclusive	789

Bibliografia essenziale	791
Indice analitico	793