



A cura di
Bruno Brunone Marco Ferrante Silvia Meniconi

Ricerca e controllo delle perdite nelle reti di condotte

Manuale per una moderna gestione degli acquedotti

CittàStudi
EDIZIONI

RICERCA E CONTROLLO DELLE PERDITE NELLE RETI DI CONDOTTE

Manuale per una moderna gestione degli acquedotti

a cura di **Bruno Brunone, Marco Ferrante, Silvia Meniconi**

con il contributo di

N. Bazzurro, L. Berardi, W. Brand, A. D. Borzì, B. Brunone, C. Casale, F. Cascetta, M. A. De Maria, G. De Marinis, M. Fantozzi, M. Ferrante, N. Fontana, R. Gargano, M. Giugni, O. Giustolisi, R. Guercio, A. Leopardi, M. R. Mazzola, S. Meniconi, G. Pezzinga, E. Todini

con le prefazioni di Claudio Datei e Allan Lambert



copertina in allestimento

ISBN 9788825173321
pp. 500 ca. - € 33,00 ca.
Formato 17 x 24

Nell'ultimo decennio la gestione delle risorse idriche ha conosciuto grandi cambiamenti. L'applicazione di nuove norme, la parziale privatizzazione, la sensibilità verso tematiche ambientali, la consapevolezza di cambiamenti climatici, la paura di attacchi terroristici, hanno introdotto elementi di novità che si sono combinati alle tendenze ereditate dal passato (crescita della domanda, maggiore interesse per la qualità). Di tutto questo, così come dell'affermarsi di nuove tecnologie nella gestione delle reti di acquedotto, nei manuali non si trovano che sporadiche tracce. Altrettanto evidente è la circostanza per cui a

parlare di razionale e sostenibile gestione delle risorse idriche vengono spesso chiamati soggetti che nel loro bagaglio culturale non presentano adeguate competenze nel settore. Questo manuale si prefigge pertanto l'obiettivo di colmare un'importante lacuna nel panorama editoriale italiano. Non limitandosi, infatti, unicamente agli aspetti legati alla ricerca delle perdite, sono illustrate, in modo chiaro e accessibile, tutte le nozioni strettamente necessarie per affrontare – o almeno inquadrare – i problemi che quotidianamente sono all'attenzione di chi gestisce il cosiddetto oro blu. In uno sforzo di ridefinizione dei criteri a cui deve ispirarsi una "moderna" gestione dei sistemi di condotte, particolare attenzione è dedicata ai seguenti argomenti: aspetti economici e normativi, ricognizione delle reti e utilizzo di GIS, misura delle grandezze idrauliche, struttura dei consumi idrici, prelocalizzazione e localizzazione delle perdite, riduzione delle perdite mediante controllo delle pressioni, moderni criteri di progetto ed espansione delle reti di condotte, vulnerabilità delle reti, parametri di efficienza secondo l'approccio della IWA. Nel manuale si combinano teoria e pratica col giusto risalto che entrambi gli aspetti devono avere, illustrando le tecniche attualmente già utilizzate ma anche quelle innovative, risultato dell'attività di ricerca svolta negli ultimi anni presso Università e centri di ricerca.

Indice

<i>Autori</i>	XVII
<i>Prefazione di C. Datei</i>	XIX
<i>Introduzione di A. Lambert</i>	XXIX
<i>Premessa</i>	XXXI
PARTE I Valutazioni preliminari	1
1 ASPETTI ECONOMICI NELLE STRATEGIE DI GESTIONE DELLE PERDITE IDRICHE	
<i>di M.R. Mazzola e N. Bazzurro</i>	3
1.1 Introduzione e cenni storici	3
1.2 Interventi di gestione delle perdite idriche	5
1.2.1 Controllo attivo delle perdite	6
1.2.2 Gestione della pressione	6
1.2.3 Distrettualizzazione delle reti	6
1.2.4 Rinnovo della rete	7
1.2.5 Velocità e qualità delle riparazioni	7
1.3 Il livello economico ottimale di perdite	9
1.3.1 Il metodo del National Leakage Initiative	12
1.3.2 Il metodo semplificato per la definizione di ELL	17
1.3.3 La stima del SRELL e la relazione con la pressione	25
1.4 Condizioni delle infrastrutture e strategia di rinnovo delle condotte	31
1.5 Il livello economico di perdite nelle analisi a lungo termine e il bilancio offerta-domanda	32
1.6 Gli obiettivi della ricerca perdite	33
1.7 Un approccio pratico per la definizione della strategia	34
1.7.1 Identificazione dei fattori chiave	36
1.7.2 Il target temporaneo a medio-lungo termine	36

1.7.3	Il target a breve termine	36
1.7.4	Le procedure per la raccolta dati	37
1.7.5	Valutazioni di efficacia della strategia	38
1.7.6	Analisi della situazione iniziale ed interventi pilota	39
1.7.7	Le modalità di finanziamento	39
1.8	Attuazione della strategia	40
1.9	Lista dei simboli e degli acronimi	41
	Bibliografia	42
2	BILANCIO IDRICO E INDICATORI DI PERFORMANCE PER LA GESTIONE DELLE PERDITE SECONDO L'APPROCCIO DELLA INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION (IWA)	
	<i>di M. Fantozzi</i>	45
2.1	La IWA Water Loss Task Force (WLTF)	45
2.2	La valutazione dell'acqua non fatturata e delle sue componenti: un approccio pratico	46
2.2.1	Bilancio idrico annuale top-down	47
	Confronto con il bilancio idrico previsto dal Decreto Ministeriale 99/97	49
	Controllare l'affidabilità dei calcoli del bilancio idrico	50
	L'introduzione del limite di sicurezza del 95% nei calcoli delle perdite idriche	51
2.2.2	Le perdite annuali inevitabili (UARL)	51
2.2.3	Gli indicatori di prestazione migliori per il servizio di approvvigionamento idrico	53
	Acqua non fatturata	54
	Perdite reali	54
	Perdite apparenti: indicatore operativo	56
2.2.4	Valutazioni degli indicatori di performance	57
2.3	Bilancio idrico e indicatori di performance per una strategia efficace di riduzione delle perdite	58
	Step 1: calcolare il bilancio idrico e gli indicatori di performance	58
	Step 2: identificare il livello di efficienza	58
	Step 3: analizzare i dati e identificare le proprie priorità e strategie	60
	Step 4: uso degli indicatori di performance per definire una strategia efficace di riduzione delle perdite per le diverse attività di controllo delle perdite reali	61
2.4	Controllo attivo delle perdite	62
2.4.1	Velocità e qualità delle riparazioni	63
2.4.2	La gestione della pressione	64

2.4.3	La gestione di tubazioni e asset	65
2.4.4	Conclusioni	66
2.5	Lista dei simboli e degli acronimi	67
	Bibliografia	67
PARTE II	Le prime attività	71
3	RICOGNIZIONE E GESTIONE INFORMATIZZATA	
	<i>di A. Borzi e M.A. De Maria</i>	73
3.1	Premessa	73
3.2	La ricognizione delle reti idriche	73
3.2.1	Raccolta delle informazioni e altre attività preliminari	74
3.2.2	Localizzazione della rete	75
3.2.3	Rilievo topografico e restituzione vettoriale	80
3.2.4	Rilievo dei manufatti	83
3.3	Progettazione e realizzazione del SIT	85
3.3.1	Architettura Hardware	87
3.3.2	Architettura Software	89
3.3.3	Modello dei dati per la rappresentazione delle reti idriche e database geografico	92
3.3.4	Integrazione con altri sistemi	94
3.3.5	Caratteristiche di un software SIT per la gestione delle reti tecnologiche	99
3.3.6	Implementazione della base cartografica	102
3.3.7	Struttura dati e informatizzazione	104
3.3.8	Criteri e modalità di verifica delle informazioni rilevate e restituite	107
3.4	Il caso di studio di ALBI (CZ)	108
3.4.1	Generalità	108
3.4.2	Rilievo della rete idrica	109
3.4.3	Realizzazione del Sistema Informativo Territoriale (SIT)	113
	Implementazione del SIT	113
	Esempio di stampa alla scala prescelta	116
3.5	Lista dei simboli e degli acronimi	117
	Bibliografia	119
4	STRUMENTI PER LA MISURA DI GRANDEZZE IDRAULICHE	
	<i>di F. Cascetta</i>	120
4.1	Premessa	120
4.1.1	Introduzione alla metrologia	121

4.1.2	La strumentazione di misura per i sistemi di monitoraggio e telecontrollo	124
4.2	Misure di portata	125
4.2.1	Misure di processo	125
	Misuratori di portata elettromagnetici	125
	Misuratori di portata ad ultrasuoni	129
	Tecnica di misura ad inserzione	134
4.2.2	Misure fiscali	135
	Cenni storici sui contatori	136
	Contatori a getto unico	137
	Contatori a getto multiplo	138
	Contatori Woltmann	138
	Contatori tangenziali	139
4.2.3	Metrologia legale ed affidabilità delle misure	139
	Metrologia legale	139
	Affidabilità di misura	141
4.3	Misure di pressione	146
4.3.1	Trasduttori di pressione a resistenza variabile	146
	Trasduttori di pressione potenziometrici	146
	Trasduttori piezoresistivi	147
4.3.2	Trasduttori di pressione a capacità variabile	150
4.3.3	Trasduttori di pressione ad induttanza variabile	151
4.3.4	Trasduttori di pressione a struttura risonante	152
4.4	Misure di livello	153
4.4.1	Misure di livello a distanza	153
4.4.2	Misure di livello a contatto	155
	Misuratori di livello capacitivi	155
	Trasduttori di livello piezoresistivi	157
4.5	Lista dei simboli e degli acronimi	157
	Bibliografia	159
5	LA STRUTTURA SPAZIALE E TEMPORALE DEI CONSUMI IDRICI RESIDENZIALI	
	<i>di R. Guercio</i>	161
5.1	Premessa	161
5.2	Caratteristiche generali dei consumi ad uso civile	162
5.3	Modelli di previsione dei consumi	166
5.3.1	Modelli basati sulla media di consumo mensile	167
5.3.2	Modelli basati sulla media esponenziale	168
5.3.3	Modelli di regressione	168
5.4	Modellazione del consumo istantaneo	172

5.5	Effetti della aggregazione spazio-temporale	176
5.6	Effetto delle leggi di scala nella modellazione delle reti	180
5.7	Esempio applicativo	182
5.8	Conclusioni	184
5.9	Lista dei simboli e degli acronimi	185
	Bibliografia	186
6	NOZIONI DI IDRAULICA DEI SISTEMI DI CONDOTTE IN PRESSIONE	
	<i>di B. Brunone, M. Ferrante, S. Meniconi e E. Todini</i>	189
6.1	Premessa	189
6.2	Gli strumenti per l'analisi di un sistema "semplice" di condotte	190
6.2.1	Formule di resistenza (perdite di carico continue)	194
6.2.2	Perdite di carico concentrate	201
	Saracinesca a corpo piatto	205
	Valvola a farfalla	205
	Valvola a sfera	206
6.3	Le reti di condotte	207
6.3.1	La topologia delle reti	207
6.3.2	Le equazioni di continuità ai nodi di tipo "giunzione"	212
6.3.3	Le equazioni del moto per i lati di tipo "condotta"	214
6.3.4	Altre equazioni	217
6.3.5	La posizione del problema: progetto, verifica e calibrazione	218
6.4	I modelli per la verifica delle reti in moto permanente	219
6.4.1	Formulazione in termini di matrici	219
6.5	Il metodo del gradiente	223
6.6	Il metodo del gradiente sul sistema completo (o Gradiente globale)	228
6.7	Il metodo del gradiente proiettato su lati e maglie (metodo della Teoria Lineare, della Teoria lineare migliorato e di Cross generalizzato)	230
6.8	Il metodo del gradiente proiettato sui nodi (o del Carico nodale)	232
6.9	Convergenza e stabilità di calcolo	232
6.9.1	Convergenza del sistema non lineare	233
6.9.2	Soluzione del sistema lineare	234
6.9.3	Necessità di definizione delle maglie semplici	234
6.9.4	Necessità di una soluzione iniziale bilanciata	234

6.10	Il software per la verifica delle reti (con un breve excursus storico)	235
6.11	Estensione del metodo per includere perdite o domanda in funzione del carico	236
6.12	Caratterizzazione idraulica delle perdite	237
6.13	Lista dei simboli e degli acronimi	239
	Bibliografia	241
PARTE III Pre/localizzazione e stima		245
7 PRELOCALIZZAZIONE DELLE PERDITE MEDIANTE DISTRETTUALIZZAZIONE		
	<i>di C. Casale, N. Fontana e M. Giugni</i>	247
7.1	Premessa	247
7.2	La distrettualizzazione dei sistemi idrici	248
7.2.1	Procedura per la distrettualizzazione	249
7.2.2	Livelli di distrettualizzazione	252
7.3	Metodi di stima delle perdite mediante distrettualizzazione e misure notturne	253
7.3.1	Stima del MNF	254
7.3.2	Determinazione del consumo minimo notturno di riferimento (CMN)	255
	L'esperienza inglese	256
7.3.3	Step test	257
7.4	Esempi di distrettualizzazione e casi di studio in Italia	257
7.4.1	Caso di studio I: un distretto ferrarese	259
7.4.2	Caso di studio II: la rete di Napoli Est	263
	Procedura di distrettualizzazione	267
7.5	Lista dei simboli e degli acronimi	272
	Bibliografia	273
8 PRELOCALIZZAZIONE E LOCALIZZAZIONE DELLE PERDITE MEDIANTE TECNICHE ACUSTICHE E DI ALTRO TIPO		
	<i>di W. Brand</i>	276
8.1	Premessa	276
8.2	Il rumore di perdita e la sua propagazione	278
8.3	Microfoni per l'acquisizione del rumore di perdita	280
8.4	Prelocalizzazione mediante aste d'ascolto	282
8.4.1	Aste d'ascolto meccaniche	282
8.4.2	Auscultazione della rete con aste elettroniche	282

8.5	Prelocalizzazione mediante monitoraggio acustico (noise logger)	283
8.5.1	Componenti dei noise logger	284
8.5.2	Funzionamento dei noise logger	287
8.5.3	Procedura operativa	289
8.5.4	Impiego	290
8.5.5	Evoluzione dei noise logger	295
8.5.6	Conclusioni	297
8.6	Strumentazioni per la localizzazione	298
8.6.1	Controlli visivi	298
8.6.2	Sistemi acustici ed elettroacustici	298
	Aste d'ascolto e geofoni meccanici	298
	Strumentazioni elettroacustiche	299
	Procedura operativa	302
8.6.3	Sistemi correlativi	305
	La correlazione	307
	Tipi di correlazione	308
	Correlatori: componenti e tipologie	309
	Procedura operativa	313
	La misura della velocità	315
	Fattori che possono influenzare la correlazione	317
8.6.4	Localizzatori interni	319
	SaharaTM	319
	Smart BallTM	320
8.7	Altri sistemi	321
8.7.1	Gas traccianti ("tracer gas")	321
	Procedura operativa	322
8.7.2	Georadar	323
	Strumenti	324
	Procedura operativa	325
8.7.3	Termografia e telecamere IR	326
	Strumenti	326
	Procedura operativa	329
8.8	Conclusioni	330
8.9	Lista dei simboli e degli acronimi	330
	Bibliografia	332
9	PRELOCALIZZAZIONE DELLE PERDITE MEDIANTE PROVE IN MOTO VARIO	
	<i>di B. Brunone, M. Ferrante e S. Meniconi</i>	335
9.1	Premessa	335

9.2	Prelocalizzazione con misure in moto permanente	336
9.3	Propagazione delle onde di pressione in una adduttrice	338
9.3.1	Moto vario: equazioni costitutive	338
9.3.2	Proprietà delle onde di pressione	341
9.4	Tecniche di analisi del segnale di pressione	349
9.5	Applicazione della tecnica ad impianti in esercizio	353
9.5.1	Caso di studio: l'impianto di Lintrathen East Trunk Main	353
9.5.2	Problematiche connesse all'applicazione della tecnica a impianti in esercizio	354
	Modalità di funzionamento del dispositivo PPWM	356
	La sovrappressione generabile mediante il dispositivo PPWM	357
	Individuazione di ulteriori discontinuità	360
9.6	Conclusioni	363
9.7	Lista dei simboli e degli acronimi	364
	Bibliografia	366
PARTE IV	Migliorare il sistema	369
10	PROCEDURE PER LA RIDUZIONE DELLE PERDITE MEDIANTE IL CONTROLLO DELLE PRESSIONI	
	<i>di G. Pezzinga</i>	371
10.1	Premessa	371
10.2	Modelli per la regolazione delle valvole	372
10.2.1	Il modello di ottimizzazione	372
10.2.2	L'ottimizzazione con algoritmi genetici	375
10.3	Modelli per la disposizione delle valvole	378
10.4	Modello per il dimensionamento delle condotte e la regolazione delle valvole	379
10.5	Analisi dell'applicazione delle procedure a un caso di letteratura	380
10.5.1	Disposizione secondo la procedura euristica	380
10.5.2	Disposizione delle valvole mediante selezione di tratti significativi	382
10.5.3	Confronto tra algoritmi di ottimizzazione	383
10.6	Analisi dell'applicazione delle procedure a un caso reale	385
10.6.1	Descrizione del caso di studio e indagini preliminari	385
10.6.2	Influenza dei vincoli sui risultati	388

10.6.3	Confronto tra regolazione variabile e regolazione fissa	389
10.7	Influenza del controllo sul dimensionamento delle condotte	391
10.8	Conclusioni	395
10.9	Lista dei simboli e degli acronimi	395
	Bibliografia	397
11	CRITERI DI PROGETTO, ESPANSIONE E RIABILITAZIONE DELLE RETI DI CONDOTTE	
	<i>di E. Todini</i>	399
11.1	Premessa	399
11.2	Metodi di progettazione delle reti di condotte: un excursus storico	400
11.3	La definizione dell'indice di resilienza	406
11.4	I metodi multi-obiettivo	410
11.4.1	La funzione obiettivo ed i vincoli	412
11.4.2	Gli algoritmi per la soluzione del problema multi-obiettivo	413
11.4.3	Il metodo della funzione obiettivo pesata	413
	I metodi della minima distanza generalizzata	414
	Il metodo Min-Max	415
	Algoritmi Genetici Multi-Obiettivo	415
	Il metodo euristico	416
11.5	Esempi applicativi	419
11.6	Conclusioni	427
11.7	Lista dei simboli e degli acronimi	428
	Bibliografia	429
12	AFFIDABILITÀ E VULNERABILITÀ	
	<i>di G. de Marinis, R. Gargano e A. Leopardi</i>	434
12.1	Premessa	434
12.2	Fallanza e affidabilità	435
	Esercizio 1	438
	Esercizio 2	438
	Esercizio 3	439
12.3	I parametri di durata nello studio affidabilistico	439
	Esercizio 4	440
12.4	Disponibilità e Indisponibilità	442
	Esercizio 5	445
12.5	Modelli probabilistici per lo studio dell'affidabilità	445

	Esercizio 6	446
12.6	Sistemi complessi	447
12.7	Sistemi in serie	448
	Esercizio 7	450
	Esercizio 8	452
12.8	Sistemi in parallelo	453
	Esercizio 9	455
	Esercizio 10	456
12.9	Sistemi parallelo parziale	457
	Esercizio 11	458
12.10	Sistemi con elementi di attesa	459
	Esercizio 12	460
12.11	Sistemi riducibili (serie-parallelo e parallelo-serie)	460
12.12	Affidabilità complessiva	461
12.13	Il rischio di contaminazione dei sistemi acquedottistici	466
12.14	La modellazione idraulica come strumento per la valutazione del rischio di contaminazione	467
	12.14.1 Modelli di simulazione della qualità	467
	12.14.2 Valutazione del Rischio	472
	12.14.3 Metodologie per la valutazione dell'esposizione della popolazione	474
12.15	Misure di mitigazione	477
	12.15.1 Generalità	477
	12.15.2 Minacce di progetto	477
	12.15.3 Misure di mitigazione del rischio di contaminazione	478
	12.15.4 Misure Fisiche e DBTs	481
	12.15.5 Sistemi di controllo in tempo reale della qualità dell'acqua	482
	12.15.6 Metodologie di sensor location	484
	Esercizio 13	487
	12.15.7 Tecniche di source location	489
	Esercizio 14	492
12.16	Lista dei simboli e degli acronimi	494
	Bibliografia	496
13	UN APPROCCIO OPERATIVO PER PIANIFICARE LA RIABILITAZIONE DELLE RETI	
	<i>di O. Giustolisi e L. Berardi</i>	501
13.1	Premessa	501
13.2	Sintesi della letteratura sulla riabilitazione	502
13.3	Formulazione multi-obiettivo del problema	504

13.4	Simulatore idraulico della rete e modello di perdita	507
13.5	Analisi delle modifiche di topologia della rete	510
13.6	Variabili decisionali e formulazione degli obiettivi	512
13.6.1	Investimento	514
13.6.2	Danno conseguente ai guasti nelle condotte	514
13.6.3	Selezione preferenziale di alcune condotte	516
13.6.4	Affidabilità del sistema	517
13.6.5	Allocazione ottimale degli interventi	518
13.6.6	Riduzione delle perdite idriche reali	519
13.7	Soluzione multi-obiettivo al problema della riabilitazione	521
13.8	Caso di studio	522
13.8.1	Ottimizzazione mediante OPTIMOGA	527
13.9	Conclusioni	532
13.10	Lista dei simboli e degli acronimi	532
	Bibliografia	534

Autori

Nicola Bazzurro	Ingegnere, Segretario Generale Fondazione AMGA, Genova
Luigi Berardi	Ingegnere, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Politecnico di Bari
Angelo Borzì	Ingegnere, Responsabile tecnico reparto consulting, Proteo S.p.A., Catania
Walter Brand	Ingegnere, Amministratore Unico, Hans Brand S.r.l., Milano
Bruno Brunone	Professore Ordinario di Idraulica, Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, Università di Perugia; e-mail: brunone@unipg.it
Claudio Casale	Ingegnere, Responsabile tecnico commerciale, Saster, AMGA, Genova
Furio Cascetta	Professore Ordinario di Fisica Tecnica Industriale, Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale e Meccanica, Seconda Università di Napoli
Mario A. De Maria	Ingegnere, Responsabile tecnico reparto consulting, Proteo S.p.A., Catania
Giovanni de Marinis	Professore Ordinario di Costruzioni Idrauliche, Idrologia e Costruzioni Marittime, Dipartimento di Meccanica, Strutture, Ambiente e Territorio, Università di Cassino
Marco Fantozzi	Ingegnere, Responsabile dello Studio di Ingegneria Marco Fantozzi, Gussago (BS)
Marco Ferrante	Professore Associato di Idraulica, Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, Università di Perugia; e-mail: ferrante@unipg.it

Nicola Fontana	Professore Associato di Costruzioni Idrauliche, Idrologia e Costruzioni Marittime, Dipartimento di Ingegneria, Università del Sannio
Rudy Gargano	Professore Associato di Costruzioni Idrauliche, Idrologia e Costruzioni Marittime, Dipartimento di Meccanica, Strutture, Ambiente e Territorio, Università di Cassino
Maurizio Giugni	Professore Ordinario di Costruzioni Idrauliche, Idrologia e Costruzioni Marittime, Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Geotecnica ed Ambientale, Università di Napoli "Federico II"
Orazio Giustolisi	Professore Ordinario di Costruzioni Idrauliche, Idrologia e Costruzioni Marittime, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Politecnico di Bari
Roberto Guercio	Professore Ordinario di Costruzioni Idrauliche, Idrologia e Costruzioni Marittime, Dipartimento Idraulica, Trasporti e Strade, Università di Roma "La Sapienza"
Angelo Leopardi	Ricercatore di Idraulica, Dipartimento di Meccanica, Strutture, Ambiente e Territorio, Università di Cassino
Mario R. Mazzola	Professore Ordinario di Costruzioni Idrauliche, Idrologia e Costruzioni Marittime, Dipartimento di Idraulica e Applicazioni Ambientali, Università di Palermo
Silvia Meniconi	Ricercatore di Idraulica, Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, Università di Perugia; e-mail: silvia.meniconi@unipg.it
Giuseppe Pezzinga	Professore Ordinario di Idraulica, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università di Catania
Ezio Todini	Professore Ordinario di Costruzioni Idrauliche, Idrologia e Costruzioni Marittime, Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, Università di Bologna

Prefazione

1. Quando Bruno Brunone mi propose di presentare un Manuale sulle perdite da acquedotto al quale egli, con un gruppo di colleghi, stava attendendo, non ebbi difficoltà a dare la mia disponibilità. Un atto dovuto, ho pensato: forse per il credito del quale l'età e la lunga milizia qualche volta ancora godono; ma accettato anche per curiosità, stimolato dal ricordo, riemerso, di una mia recensione di molti anni fa per un eccellente lavoro che egli aveva dedicato, appunto, alle perdite e alla loro ricognizione.

Un breve inciso. Questo ricordo mi ha riportato al passato (remoto?) e a rammentare – lo dico per la nostra Storia – che presso l'Istituto di Idraulica di Padova operava (e fu attivo per molti anni) al tempo di quella lettura un Centro di documentazione idraulica, che pubblicava, con cadenza trimestrale, una rivista, fornendo le recensioni di quanto in materia idraulica s'andava pubblicando in Italia. Una attività che fu voluta e seguita da quel fine bibliofilo che fu Augusto Ghetti e che i recensori d'allora – oltre a me, Benini, Adami, Di Silvio, Da Deppo e D'Alpaos – forse ricordano, sedimentata certa noia (ma anche stimoli) che quel lavoro procurava, con qualche tenerezza.

Devo dire che il primo moto che la curiosità produsse in me all'annuncio di un manuale sulle perdite fu un riflesso più emotivo che razionale: possibile? Addirittura un manuale per le perdite dagli acquedotti? Ma cosa vanno cercando? Il secondo moto ancora un ricordo: il mio quarto anno di Ingegneria a Padova, nella seconda metà degli anni Quaranta del secolo passato, ad ascoltare le lezioni di Acquedotti di Francesco Marzolo. E nella specie, all'avvio delle lezioni, due capisaldi dati per certi: il calcolo della popolazione futura con la formula dell'interesse composto e le misurate dotazioni giornaliere per abitante. Ancora per la Storia: il piano generale e nazionale degli Acquedotti, varato poco dopo, pur con le sue benemeritenze, apparve, appunto per la povertà delle dotazioni, come un bimbo morto in culla. Assegnazioni, si disse, ispirate dalla cultura meridionalista dell'acqua.

I due capisaldi, com'è ben noto, non hanno retto. Invero non l'unica rimozione tra le molte alle quali la mia generazione ha partecipato o assistito. Dunque, anche in materia d'acquedotti, è cambiato il mondo. Ed è cambiato

anche se è passato solo mezzo secolo: dovendosi notare che, almeno in Italia, la crescita della popolazione pare affidata essenzialmente agli immigrati; e che per appagare la crescente domanda d'acqua la ricerca delle fonti d'approvvigionamento si sia apprezzabilmente ampliata. Alla quale è da associare anche l'apprensione per gli stravaganti valori delle perdite dalle reti annunciati da certa parte. Quanto basta, dunque, per allarmare e per indurre esperti e utenti a riflettere sui consumi, sulle risorse e sui modi di controllarle.

Per chiudere. Da dove venisse quel mio primo moto emotivo sul problema delle perdite non saprei: forse per averlo collocato tra i problemi minori della tecnica acquedottistica; o forse, ragionevolmente, per l'età che mi ha un poco allontanato da essi. Pentendomi però subito dopo – chiaramente un mia leggerezza, dunque – davanti all'impianto del lavoro che mi onoro di presentare.

2. Le nozioni di risorsa, consumo e perdita meritano d'essere considerate con cura per mostrare con la forza dei numeri quanto siano (in)fondate le apprensioni che certa (in)cultura (verde) diffonde. Dunque: se vi sia acqua per tutti e se le conclamate perdite da rete siano reali. L'occasione di questa presentazione offre un pulpito per una predica idraulica (le deliziose *Prediche inutili* di Luigi Einaudi: ricordate?), sperando d'essere ascoltato non tanto dai fedeli quanto dai sacerdoti che costruiscono la pubblica opinione e che governano i cittadini.

Parto da una valutazione semplice. Il valore medio annuo delle precipitazioni in Italia tra il 1911 e il 1997 è stato 975 mm. L'afflusso meteorico medio annuo sul territorio italiano (300.000 km^2) è stato dunque di circa 293 miliardi di m^3 . Si assuma, per fare conti tondi, una popolazione di 60 milioni di abitanti (ci siamo vicini) cui assegnare una dotazione giornaliera di 500 l. I conti sono presto fatti: l'impegno medio annuo risulterebbe di circa 11 miliardi di m^3 , che è solo il 3,7% dell'afflusso. Dunque c'è acqua, senza alcun timore, per tutti. Una facile e attesa obiezione a questa ottimistica conclusione: la distribuzione della pioggia non è uniforme sul territorio della Repubblica; e, inoltre, la media può trarre in inganno, esistendo appunto anni magri non solo come episodi statistici ma anche come successione di eventi siccitosi. L'obiezione è naturalmente fondata, ma la risposta (degli ingegneri) è semplice e altrettanto facile: non ci sarebbe, in stato di permanente necessità, nessuna difficoltà, se non di costo, di considerare il trasporto dell'acqua tra regioni con regimi idrologici e climatici diversi, con buona pace, aggiungo, per certo federalismo che volesse etichettarsi anche in senso idrologico. Non diversamente, dunque, dai metodi usati, in una scala territoriale ben più ampia, per oleodotti e gasdotti.

La possibile soluzione che ho rappresentato e l'eventuale veto federalista che polemicamente adombro come possibile trovano un'eco vagamente allarmante in una proposta di legge d'iniziativa parlamentare (Cima e altri; n. 2839) presentata nella XIV Legislatura il 7 giugno 2002 e intitolata *Disposizioni in materia di risparmio idrico*. La quale, nella relazione che accompagna il testo, afferma: « *Se guardiamo agli aspetti ecologici, il concetto di uso*

“sostenibile” dell’acqua potrebbe essere interpretato come l’uso che non compromette le potenzialità future e che interferisce il meno possibile con i cicli biogeochimici naturali legati all’acqua. L’interferenza si manifesta innanzitutto attraverso lo sfruttamento delle risorse per cui una parte sempre più consistente della portata dei fiumi e falde viene sottratta alla circolazione naturale e portata attraverso tubazioni artificiali in luoghi spesso molto lontani dalla sua origine. Modificando il ciclo... L’uso “sostenibile” di risorse idriche, dunque, è quello che ne sottrae la minore quantità possibile alla circolazione naturale, ne consuma la minima parte e la restituisce il più vicino possibile al punto di prelievo con caratteristiche il più vicino possibile a quelle di partenza. ».

La proposta non fu trasformata in legge. Vorrei però fare notare alcuni punti. Il primo: l’allarmato e stupefatto richiamo che i proponenti fanno sui mezzi di distrazione e di trasporto dell’acqua: tubazioni, tubazioni artificiali addirittura, con l’obiettivo (riprovevole?) di portarla in altri luoghi, anche lontani. Il secondo, la ricetta: acqua sì, ma poca, e da consumare nell’intorno delle fonti.

L’arcadica e bucolica prospettiva che corrisponde a questo modo d’intendere il rapporto con l’acqua contraddice però con i timori che giustamente, in altra parte della relazione, il disegno richiama per le note e non sempre pacifiche manifestazioni dell’acqua: da un lato, la sua scarsità e, all’orizzonte, la desertificazione e una biblica siccità; da un altro, l’opposto: le alluvioni, acqua a dismisura. E l’inquietante interrogativo finale: che fare? Oltre tutto nella prospettiva, anch’essa paventata, d’una rivoluzione climatica della quale gli estensori della proposta tratteggiano già i segni premonitori.

La risposta, nella scala dei tempi che riguardano circa due generazioni (le opere in costruzione in difesa di Venezia e della sua laguna valgono per un periodo di ritorno di 100 anni), può essere assai semplice: dolorosamente semplice se penso all’accoglienza che potranno dare ad essa gli arcadi dell’ambiente. Eccola: serbatoi o laghi di grande capacità per la regolazione pluriennale della portata, sostenuti da opere di sbarramento (dighe) e da una rete di collegamenti (gallerie e condotte, ovviamente artificiali) per l’integrazione territoriale delle risorse idrologiche. L’opposto, dunque, della proposta di legge del 2002.

La prospettiva che quest’impostazione delinea non può avere che una dimensione nazionale: un piano generale delle acque per anticipare il futuro.

Vorrei, a chiusura di questa digressione, sgombrare il campo da un fastidioso rumore di fondo, forse non secondario, che riguarda l’entità delle perdite dagli acquedotti italiani e, se si vuole, semplificando un poco, anche la faccenda di chi se ne occupa. Mi pare che esso meriti d’essere richiamato e posto in evidenza, anche se la platea dei nostri lettori è certamente ben più contenuta di quella che segue invece i pareri di alcuni autorevolissimi *opinion makers*. Per i quali, accanto alla denuncia e ai lamenti per le endemiche malattie nazionali, è posta anche una perdita dagli acquedotti pari (e accreditata) al 60%

dei volumi immessi nelle reti. Ricordo, proprio con questo dato, due articoli di fondo del *Corriere della sera*, giustamente preoccupati: l'uno, di Giovanni Sartori e l'altro di Alberto Ronchey.

Una mia grande fatica, investito da certa parte dei lettori del quotidiano, come esperto d'acque o, toscaneggiando, trombaio quella di chiarire che il numero, se mai possa essere ritenuto attendibile, proviene da acqua immessa nelle reti ma non misurata dai contatori (e quindi non pagata): regalata dunque ed anche, in altri casi, rubata. Con un inatteso e autorevole soccorso, ma non so quanto ascoltato, da *La Casta* di Gian Antonio Stella e Sergio Rizzo (Rizzoli, 2007): nel capitolo 18, *La ricerca del consenso e i bilanci comunali in profondo rosso*: un lungo elenco di Comuni con una sistematica evasione dal canone, largamente superiore al 90%.

Ho in serbo, nei casi resistenti e prima d'allontanarmi infastidito, una via d'uscita: non mi preoccupo più di tanto, sostengo: in fin dei conti, l'acqua che esce dai giunti delle condotte per imperfetta tenuta non è perduta: alimenta la falda, cioè il nostro gigantesco serbatoio sotterraneo, lasciando perplesso l'interlocutore.

3. Ritorno, dopo questo volo, al tema principale: le perdite da acquedotto e l'opera che oggi presento. Per evitare, però, che alle denunce di poc'anzi il cittadino qualunque possa malinconicamente domandarsi cosa lo stato abbia fatto, ricordo subito come il problema delle perdite (non nuovo, ovviamente) sia stato oggetto negli anni passati d'attenta considerazione da parte del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Infatti, in esecuzione del dettato della Legge N. 36 del 5 gennaio 1994 – *Disposizioni in materia di risorse idriche* – nel 1997 fu emanato un Decreto ministeriale e pubblicato il *Regolamento per la definizione dei criteri e del metodo in base ai quali valutare le perdite degli acquedotti e delle fognature*. I metodi di stima corrispondono circa a quelli praticati in altri paesi, tra i quali forse il massimo apprezzamento è riservato ai metodi usati dall'industria idrica inglese; e ai quali è suggerito di fare riferimento per la definizione del bilancio idrico e degli indicatori standard adottati internazionalmente. Vorrei ancora ricordare, come premessa, alcuni elementari passi del modo di essere ingegneri idraulici. Il richiamo, affatto ovvio per i colleghi che abitualmente non leggono le presentazioni dei manuali, può invece essere utile a coloro che, di norma non ingegneri, siano chiamati a presiedere e che leggono invece solo la presentazione di un libro.

Richiamo, dunque, brevemente gli aspetti essenziali che caratterizzano la nostra arte, aspetti noti e comuni alle molte impostazioni progettuali proprie del governo delle acque; e che si applicano alla ricerca, all'esecuzione e alla gestione delle risorse idriche. Il fondamento concettuale del nostro lavoro – ricordo che gli ingegneri sono concretamente dei fisico-matematici applicati – è il controllo di qualche speciale e definita grandezza naturale: nella specie, la ricerca, la derivazione e la distribuzione di acqua. Il primo passo: la sistematica misura della grandezza per fissare le caratteristiche dell'oggetto che la controllerà; il secondo, dando per scontata la corretta esecuzione dell'opera,

la sua gestione. In ogni fase del processo dal quale quest'impostazione prende origine, la regola dell'arte porta a dovere considerare, accanto alla natura spesso variabile della grandezza, ai materiali e ai modi di costruire, anche le imperfezioni del sistema: inevitabili, ma poste sotto controllo, in qualche caso; evitabili in certi altri con appropriati magisteri; inattese, seppure possibili (la rottura d'una condotta o un incendio), ma riparabili in qualche altro ancora: dunque, non del tutto imprevedibili.

Qualche esempio. La statistica nel campo delle sistematiche misure della portata alla fonte (inevitabilmente variabile) offre un ragionevole fondamento per contare sulla sua disponibilità; nel nostro caso, anche un'intelligente strumento per caratterizzare, accanto e a supporto dei bilanci idrici del sistema, l'aspetto legato, sì ai consumi, ma specialmente alla loro forma spaziale e temporale. I collaudi, per proseguire, assicurano sulla bontà dei materiali impiegati e sull'efficienza delle opere; un serbatoio con una riserva d'acqua dà modo d'affrontare l'emergenza per una rottura o un incendio. In altro campo (le dighe), l'impiego di cemento a basso sviluppo di calore e certi magisteri di confezione del calcestruzzo si associano ai fondamentali giunti costruttivi per il controllo degli inevitabili processi termodinamici (e le fessure) legati al processo della presa, creando poi, esauriti i fatti termici, con la sigillatura dei giunti, la continuità strutturale. Le lunghe condotte di un acquedotto pongono un problema non dissimile. Le tubazioni di adduzione e di distribuzione sono infatti, nella quasi totalità dei casi, un prodotto industriale, confezionato cioè in un luogo diverso dal cantiere di lavoro: dunque, elementi strutturalmente discontinui, alla continuità funzionale dei quali provvedono i giunti. I quali, per quanto accurata sia la loro confezione e la posa in opera, a lungo andare, come vuole un solido luogo comune, sottoposti con sistematicità alle variazioni (inevitabili perché funzionali) della pressione d'esercizio, finiscono col perdere un poco della loro efficienza. L'età fa sentire dunque il suo peso: con una decadenza delle funzioni tanto più lenta – una citazione erudita vorrebbe forse qualche numero sui periodi di ritorno – quanto maggiore sia stata la cura e la manutenzione ordinaria (e straordinaria) del gestore.

Accanto a questa fonte di perdita è poi da considerare per importanza quella, di regola non trascurabile, legata alle prese praticate sulle condotte dagli utenti, con magisteri forse non accurati come quelli usati e collaudati in opera per le condotte: piccole perdite individuali, ma un possibile ed elevato valore integrale.

Una prima conclusione. Le perdite normali sono inevitabili, essendo appena necessario però rammentare che per perdita normale sia da intendere la differenza tra volumi immessi in rete e volumi misurati ai contatori in un definito intervallo di tempo. Accettando, con qualche difficoltà, che l'acqua, per benevolenza del principe, possa anche essere erogata senza pagare la tassa (il canone), ma che debba passare sempre per un contatore, fosse solo per avere nozione dell'eventuale perdita reale e per porvi rimedio. Questa regola – sono sicuro – potrebbe ridurre l'inaccettabile 60% di perdita degli acquedotti (ita-

liani, *of course*), accreditato da persone di norma avvedute – rassicuranti politologi – ma male informate.

La seconda conclusione. Le tubazioni, i giunti di collegamento e i diversi magisteri usati sono da considerare, di regola, eccellenti prodotti imperfetti, come accade a tutti i materiali esposti alla decadenza naturale o all'usura per la funzione svolta. Prende origine da questa empirica e antica proposizione (il primo – *causa materialis* dei quattro assiomi della *Logica* di Aristotele) la cultura dell'imperfezione e quella della tolleranza (le cosiddette fasce di confidenza) poste a fondamento della nostra arte. Le quali, applicate alle reti di condotte, ci portano ad accettare le perdite; e ad affermare come impossibile obiettivo quello di confezionare prodotti perfetti; nel nostro caso, a perfetta tenuta. Qualcosa di simile alle singolarità matematiche che talvolta s'incontrano nei nostri problemi, le quali comportano che una certa grandezza – il costo, nel nostro caso – assuma in quel punto un valore infinito.

4. Il problema, in sintesi, si pone in questi termini. La premessa: le perdite esistono; vanno individuate e misurate. L'obiettivo: stabilire quali siano e quali possano essere gli interventi necessari per ridurle o controllarle in modo attivo: dunque, per contenerle ad un valore tecnicamente ed economicamente sopportabile (la moda amerebbe forse il termine sostenibile) nel medio e lungo periodo d'esistenza.

La proposizione teorica che potrebbe fissare questo limite d'accettabilità è suggestiva ed elegante: quando il costo marginale per il controllo attivo delle perdite sia pari al costo marginale dell'acqua perduta. Alla semplicità concettuale della proposizione corrisponde però una grandezza limite che può essere funzione di molte e complesse variabili, specie in dipendenza dall'accezione da accreditare alla nozione di costo marginale. Ma prima di potere giungere a quest'analisi a fondamento delle decisioni d'assumere, anche dopo un'attenta stima del volume perduto, è da porsi la conoscenza della rete: tracciati, tipi di condotte, distribuzione dei diametri e delle apparecchiature di controllo. Dati che rappresentano gli elementi necessari per capire e per definire, da un lato, la distribuzione territoriale delle perdite; da un altro, per programmare la successione degli eventuali interventi per il loro controllo, con l'ovvio vincolo di dovere in ogni caso assicurare il servizio sociale della fornitura.

La conoscenza della rete e del suo stato svolge dunque, nella ricerca delle perdite e nei modi di porvi rimedio, un ruolo centrale. Non vorrei essere pessimista: sarei però tentato di pensare che l'insufficiente conoscenza possa rappresentare, sfortunatamente, una condizione abbastanza diffusa. Per ridurre la quale, infatti, il rammentato regolamento del 1997 propose una razionale articolazione della rete e degli impianti, letta in funzione dell'obiettivo di controllare, appunto, le perdite. Ma credo anche che assumere come ipotesi di lavoro una visione moderatamente pessimista sullo stato della conoscenza del sistema sia il giusto punto di partenza per rappresentare alla platea interessata la materia da trattare. Mi pare che questa corretta impostazione abbia ispirato gli autori del manuale.

Un progresso notevole nel senso di rendere forse meno acuto l'eventuale disagio che può derivare da una conoscenza non perfetta dello stato della rete può ottenersi procedendo alla sua classificazione o articolazione secondo razionali schemi funzionali. È infatti in questa prospettiva che il citato regolamento del 1997 ha introdotto uno speciale istituto funzionale alla conoscenza operativa: il *distretto* definito come la porzione della rete di distribuzione dotata di un sistema fisso di misura volumetrica in entrata e in uscita; in grado, dunque, di istituire bilanci e campagne d'osservazione per la stima delle eventuali perdite. La creazione dei distretti, e quindi anche il sezionamento della rete, ovviamente senza sofferenze per l'utenza, si rivolge a sue porzioni intimamente (se così possa dirsi) omogenee: per collocazione altimetrica e stato piezometrico e per dotazione di dispositivi di controllo. Ad illustrazione dell'impostazione, sono presentati nel manuale due interessanti casi di studio: un distretto per l'acquedotto di Ferrara e uno per la rete di Napoli Est.

In queste condizioni sono rese ben più agevoli e produttive le operazioni per la ricognizione della rete e per la raccolta degli elementi di informazione, che danno modo, nei passi successivi, di affrontare i problemi della progettazione e della creazione del Sistema Informativo Territoriale (SIT) – la puntuale descrizione della rete e dei manufatti – e del Sistema Informativo Geografico (GIS) posto a base delle operazioni di gestione: per conoscere, dunque, il corpo e gli umori del malato e per definire la miglior cura. La trattazione di questi processi, illustrata passo passo nel manuale con chiaro intento pratico, avviene con il sistematico impiego delle tecniche e del linguaggio informatici. Questi strumenti offrono il notevole vantaggio della loro possibile integrazione con altre banche interessanti l'esercizio della rete e dei servizi. Ma deve avvenire anche, posta a punto la capacità dialettica del sistema, descrivendo non solo l'eventuale stato di malessere, ma la sua misura: dunque, con gli strumenti e le proposizioni dell'idraulica propri dei sistemi a pressione. E con il dovuto rispetto – aggiungo - a sostegno di quanto il manuale richiama per i primi; i quali, com'è stato osservato, *sono stati spesso considerati come figli di un dio minore*. Impeccabile richiamo, questo: avrei difficoltà, per esemplificare, a immaginare un disinvolto cammino della termodinamica se non fosse stato inventato il termometro. E con tanto maggior rispetto, giacché accanto ad essi un ruolo parimente primario è affidato agli strumenti che “ascoltano” le perdite. Sì: le perdite “parlano”; parlano un linguaggio rumoroso che raffinatissime orecchie ascoltano: una sorta di benefica e pacifica intercettazione ambientale. In definitiva, misure a tutto campo per indagare e per decidere.

La diagnosi dello stato di una condotta o, meglio, di un sistema di condotte potrebbe anche affrontarsi, teoricamente, riconducendo il problema all'interno dell'idraulica dei deflussi in pressione. La semplice considerazione che la derivazione (o perdita o furto) d'acqua in una sezione intermedia d'una condotta comporti una modifica piezometrica rispetto allo stato di perfetta tenuta offre, in regime stazionario, un facile modo per calcolare la sua posizione. Procedimento che sarebbe da ritenere interessante, pur con qualche

indeterminazione, se la realtà non fosse però diversa, come vuole l'osservazione che la rete – dunque, non una sola teorica condotta – sia un complesso sistema in stato di moto moderatamente vario; e con perdite di norma diffuse e sostanzialmente impalpabili nel termine piezometrico. Ma se, invece, la geometria della rete fosse relativamente semplice: la condotta d'adduzione alla rete, per esempio; oppure una condotta di non agevole accesso come una condotta sottomarina; in questi casi, dicevo, la tecnica diagnostica che fa capo alla teoria del moto autenticamente vario e l'analisi del segnale di pressione che ne deriva definiscono un modo di notevole interesse pratico: in grado, cioè, di cogliere e localizzare la sezione nella quale si sia prodotta la singolarità: una perdita significativa o un'inattesa derivazione (abusiva, naturalmente).

L'ammissione che le perdite rappresentino uno stato endemico di sofferenza e che il malessere funzionale ed economico che esso produce possa essere, obtorto collo, sopportabile (e sopportato) può indurre ad affrontare il problema in altro modo. L'ovvio riconoscimento che le perdite dipendano dallo stato piezometrico della rete può portare infatti a ricercare, con un sapiente uso di riduttori di pressione, una distribuzione di pressioni d'esercizio che renda minime le perdite stesse: un stato di minimo da definire, ovviamente, nel rispetto dei vincoli funzionali che l'esercizio comporta. Il processo d'ottimizzazione che deriva da questa impostazione richiede qualche cura, specie a causa del demone della non linearità che alligna notoriamente nelle nostre equazioni.

Disse il sommo Leonardo, se ben ricordo: la meccanica è il paradiso della matematica. Penso che il modello, in scala ovviamente ben diversa e certo con qualche arditezza, possa adattarsi, al tema delle reti a connessione multipla (il paradiso), alle quali è riconducibile l'insieme delle condotte (in pressione) nel loro rapporto con i processi di ottimizzazione: paradisi, questi, a loro volta, del linguaggio computazionale.

La ricerca dell'assetto ottimo d'una rete d'acquedotto può essere assai varia, legata com'è al profilo sociale dell'azienda e agli obiettivi funzionali ed economici che essa si propone di perseguire. Lo strumento può trovare applicazione nei diversi momenti dell'attività: nella progettazione della rete o di qualche sua estensione, per esempio; nell'esercizio per la riduzione, come s'è visto, delle perdite o per riabilitare qualche porzione della rete; ed ancora per verificare l'affidabilità del sistema per condizioni singolari del funzionamento o per gli stati di crisi che possano prodursi. La ricerca della condizione ottimale – dunque: la ricerca del valore estremo d'una certa grandezza: il costo o il profitto o le perdite – è condizionata, naturalmente, dal rispetto dei vincoli funzionali e sociali che la natura del servizio pubblico può imporre. Accanto ai quali sono da considerare le condizioni generali dell'economia, sfortunatamente non stazionarie, specialmente nel rapporto con il mercato del lavoro, dei materiali, dell'energia e del credito; col timore, quindi, di rendere meno certo il risultato.

Le condizioni d'esercizio che, accanto alla grandezza obiettivo, rendono determinata la soluzione rappresentano la condizione necessaria per assicurare lo svolgimento al meglio del servizio di distribuzione. Ma la misura di quanto sia certo questo risultato può darsi solo indagando se qualche speciale condizione d'esercizio possa porre in crisi il sistema: in altre parole, se il sistema stesso, nell'insieme e nelle sue parti, sia affidabile e se esso possa essere esposto a qualche singolare accidente. La fonte delle condizioni di crisi, improbabili ma possibili, possono ricercarsi nelle manovre di regolazione, specialmente per i fenomeni di moto vario: oscillazioni di massa, per esempio, per le grandi adduzioni; ma anche per i temibili stati di depressione che le manovre stesse possono provocare. I metodi della teoria dell'affidabilità da un lato; l'idraulica del moto vario da un altro offrono gli strumenti per la verifica delle condizioni di funzionamento e per cogliere, e riparare, le eventuali insufficienze del sistema. La selezione delle condotte da riabilitare e sostituire per migliorare l'efficienza funzionale e gestionale del sistema idraulico può essere effettuata efficacemente ricorrendo a tecniche basate su algoritmi genetici multiobiettivo.

Si chiude con il capitolo sulla riabilitazione delle reti la sintetica rassegna che ho svolto sui temi che trattano il problema delle perdite. La mia sensazione che s'aggiunge, dopo la lettura del manuale, all'apprezzamento del notevole e articolato lavoro, è che la trattazione di questo problema debba anche formare una parte significativa dell'insegnamento impartito in materia d'acquedotti: per offrire agli allievi ingegneri idraulici la concreta misura della realtà operativa; la quale è da apprendersi, con pari dignità, accanto alla progettazione e ai suoi riti.

5. Chiudendo questa presentazione sento di dovere ringraziare Brunone per avermi con la sua chiamata rimesso in servizio; e ringrazio, naturalmente, gli autori che lodo per il lavoro fatto e per la sua qualità.

La lettura del lavoro mi ha riportato alla mia origine come cultore di cose idrauliche. Vengo da lontano, come può dedursi da qualche considerazione fuori tema che ho disperso lungo la presentazione. Sono nato idraulico infatti negli anni Quaranta del secolo scorso, come ho scritto, partendo dalla formula dell'interesse composto per calcolare la popolazione del futuro acquedottistico. Una stagione, quella, che Zavattini (mi pare) – un uomo della terra dove sono nato – ricordava sostenendo che quando uno diceva buongiorno voleva dire buongiorno: oggi devi esibire l'impronta digitale. Converrete che è un bel salto per una generazione sola.

Padova, agosto 2008

Claudio Datei
Professore emerito di Costruzioni Idrauliche
Università di Padova

Introduzione*

L'entità delle perdite idriche è superiore ad un terzo dell'acqua potabile distribuita nel mondo. Dal momento che l'acqua sta diventando una risorsa sempre più scarsa, ridurre le perdite risulta un obiettivo di vitale importanza e di notevole impatto ambientale: ne conseguirebbe, infatti, un risparmio di acqua di elevata qualità e una diminuzione dei costi necessari per il suo sollevamento, distribuzione e trattamento.

Un grande passo in avanti nello sviluppo di metodi *best practice* di analisi e predizione delle perdite idriche si è avuto tra il 1999 e il 2000 grazie alla pubblicazione di un manuale ad opera delle Task Force della International Water Association (IWA) relativo a "Water Losses" e "Performance Indicators". L'approccio pratico proposto per il controllo delle perdite nei sistemi di distribuzione, ponendo l'accento sulla fondamentale importanza del controllo delle pressioni e sulla necessità di distinguere le differenti componenti delle perdite fisiche, ha rappresentato un importante stimolo per molti paesi a migliorare le loro performance nella gestione delle perdite idriche.

I nuovi indicatori di performance proposti dalla IWA hanno consentito più razionali confronti in termini di controllo delle perdite fra gestori di sistemi di caratteristiche differenti e operanti in paesi diversi.

Il quadro che risulta da questi confronti non è confortante nella maggior parte dei casi. Il ricorso nel passato ad indicatori quali la percentuale in volume ovvero le perdite per chilometro di condotta aveva reso meno efficiente l'azione dei gestori nel controllo delle perdite portandoli talvolta ad accettare livelli di perdita economicamente insostenibili. Allo stato attuale vi sono ampi margini di miglioramento per le aziende virtuose che vogliano guadagnare risorse sia idriche sia economiche.

In Italia esiste un'importante scuola di ingegneria e, non vi è dubbio, che gli ingegneri italiani possano vincere la sfida di ridurre le perdite nei sistemi di distribuzione. Perché ciò avvenga è però necessario che i metodi *best practice* e le tecniche innovative di analisi si diffondano sempre più e che i positi-

* Traduzione in italiano a cura degli editori.

vi risultati conseguiti in alcuni casi siano di stimolo e di incoraggiamento per altre realtà.

In Italia tali metodologie si stanno diffondendo rapidamente, a partire dal 2003, grazie a seminari e corsi di formazione organizzati dalla Fondazione AMGA, dall'Università degli Studi di Perugia e nell'ambito della fiera H2O.

Questo manuale, ultimo della serie di tali iniziative, occuperà senz'altro un posto di rilievo nella letteratura sull'argomento e per questo ritengo doveroso esprimere un particolare ringraziamento sia agli editori sia agli autori.

Llandudno (North Wales), settembre 2008

Allan Lambert
Chairman della 1^a IWA Water Loss Task Force dal 1996 al 1999

Premessa

Un testo che porti nel suo titolo il termine “moderno” sa di foto ingiallita dal tempo o di desueto: il trascorrere degli anni ne evidenzierà inevitabilmente l’invecchiamento facendo stridere la differenza tra quanto fissato nelle sue pagine, il progredire delle tecniche e i mutati scenari socio-ambientali. La scelta di mantenere questo termine, anche se nel sottotitolo, è dovuta alla per noi evidente discordanza tra ciò che la gestione delle risorse idriche dovrebbe e potrebbe essere e quella che invece, purtroppo, è la realtà attuale, tra quanto in questo settore siano avanti la teoria e la tecnica e quanto indietro, invece, sia così spesso la pratica. Questa differenza si avverte anche nei manuali e nei testi didattici nei quali sembra quasi che un problema gestionale di rilievo come quello della ricerca perdite non esista per nulla, nonostante esso assuma un ruolo sempre più importante nella normativa vigente e colleghi i bilanci idrici con quelli finanziari, in un mondo in cui la finanza conta molto più dell’acqua. Quando, anche sulla scorta dell’esperienza maturata a partire dal 2003 con l’organizzazione di seminari e corsi di aggiornamento professionale sul tema, riscontrata questa lacuna, si pensò fosse opportuno raccogliere e pubblicare materiale sull’argomento coinvolgendo colleghi universitari e ingegneri del settore, ci si accorse che per raggiungere un valido risultato, gli aspetti da trattare erano piuttosto numerosi e non potevano limitarsi strettamente alle tecniche di ricerca delle perdite. Abbiamo verosimilmente provato lo stesso disorientamento dell’autore del *labirinto dei sistemi di condotte* (Fig. P.1)* davanti alla complessità delle interazioni che collegano fra loro argomenti inerenti questi sistemi, solo apparentemente non correlati. Quella che doveva essere l’esposizione per punti di una procedura da seguire per una attività di ricerca perdite, si è quindi progressivamente trasformata in un manuale sulla “moderna” gestione degli acquedotti. Dell’idea iniziale, è quindi rimasto sostanzialmente l’obiettivo di redigere un manuale nel quale fossero illustrate, anche con il ricorso ad esempi di applicazioni, procedure di interesse pratico per la soluzione dei problemi gestionali, primo fra tutti quello della

* Macaulay D., 1976, *Underground*, Houghton Mifflin Company, Boston, USA.

ricerca perdite. È rimasta anche la volontà di coinvolgere nell'esposizione sia la pratica esperienza degli ingegneri sia la ricerca affermata di alcuni accademici, costringendo i primi a generalizzare per quanto possibile le proprie procedure e i secondi anche ad applicazioni a casi di studio.

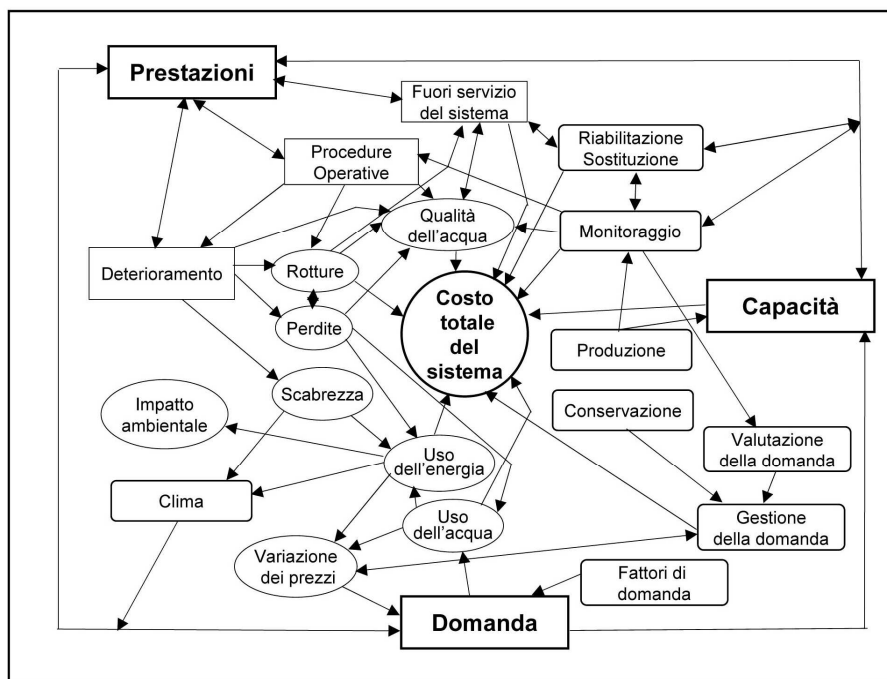


Fig. P.1 Il "labirinto dei sistemi di condotte" (modificato da Macaulay D., 1976, *Underground*, Houghton Mifflin Company, Boston, USA)

Nel leggere tante volte i capitoli, apportando le correzioni richieste da una visione il più possibile generale ed omogenea dell'opera, ci siamo convinti che il risultato finale abbia raggiunto abbastanza lo scopo. In ogni caso, chiediamo ai lettori – speriamo non troppo pochi – di questo lavoro di addebitare a noi, e non agli Autori dei capitoli, la responsabilità della scelta dei temi trattati, oltre che della organizzazione del testo (a tal proposito ringraziamo sin d'ora quanti vorranno farci avere suggerimenti e commenti).

A tutti gli Autori va il nostro ringraziamento per la resistenza mostrata alle nostre pressioni, in talune circostanze anche alquanto energiche. Similmente ringraziamo il "maestro" Claudio Datei e Allan Lambert per aver voluto impreziosire questo testo con la loro prefazione.

A quanti, come noi, si occupano di gestione delle risorse idriche nel nostro Paese, va l'augurio che utenti, gestori, progettisti, ricercatori, amministratori e politici si accorgano – anche grazie a questo manuale – che "un sistema di condotte è un'entità sensibile, dinamica e dotata di una propria personalità e

non unicamente un insieme di tubi” (Rossie, 1975)^{**}, e che moderni ed affidabili criteri per la gestione delle reti di condotte possano e debbano affermarsi anche nella pratica quotidiana.

Perugia, novembre 2008

Bruno Brunone, Marco Ferrante e Silvia Meniconi
Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale
Nel Settimo Centenario dell’Università degli Studi di Perugia

^{**} Rossie W.L. Jr., 1975, *Control of water quality in transmission and distribution systems*, «J. of AWWA», 67(8), pp. 425-427.