

Il contributo dell'automatica allo studio dei sistemi ambientali in ambito regionale

Stefano Marsili Libelli¹

Nei passati decenni la comunità accademica della Scienza dei Sistemi si distingueva per un ampio respiro culturale, tanto che dal suo ambito sono scaturiti valenti studiosi nel campo non solo dell'Automatica, ma anche della Biomedica, allora agli inizi, e della Ricerca Operativa. Un filone culturale che a partire dagli anni '80 suscitò un notevole interesse fu quello dell'Ingegneria Sistemistica Ambientale, prevalentemente per merito del gruppo di ricerca del Politecnico di Milano, guidato dal Prof. Sergio Rinaldi, al quale ebbi la fortuna ed il privilegio di partecipare. L'iniziativa, affatto originale per allora, fu quella di applicare la Teoria dei Sistemi all'ecologia, considerando sia ecosistemi naturali che processi ambientali artificiali. Questa attività – che ebbe importanti connessioni in ambito internazionale con l'IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria) e con l'Institute of Hydrology (Wallingford, UK), che allora aveva l'incarico di predisporre il piano di risanamento del bacino del Tamigi – portò successivamente al formarsi di gruppi di ricerca nelle Università di Padova, Brescia, Como, Firenze, Catania ed alla costituzione del Gruppo di Ricerca di Automazione e Gestione dei Sistemi Ambientali (GRAGSA).

In ambito locale queste attività hanno avuto diverse applicazioni di interesse esterno, oltre a contribuire alla fondazione del corso di laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, nuova laurea intersettoriale, derivata dai vecchi corsi di laurea quinquennali, che andò ad arricchire l'offerta formativa della Facoltà di Ingegneria fin dal 1989.

Gli studi intrapresi in questi anni dal gruppo operante nella Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze hanno prodotto delle utili ricadute locali, sia sul piano tec-

¹ Da A. Corvi et al. (a cura di). 2013. *Ingegneri & Ingegneria a Firenze, A quarant'anni dall'istituzione della Facoltà di Ingegneria*. Firenze: Firenze University Press.

nologico, dando origine a strumentazioni o sistemi di controllo utilizzabili nel settore ambientale, che sul piano conoscitivo di particolari ecosistemi, portando alla realizzazione di *software* per la gestione degli stessi. Queste realizzazioni vengono ora passate brevemente in rassegna.

Realizzazione di un respirometro per il servizio depurazione delle acque del Comune di Firenze

Nei processi di depurazione biologica è di fondamentale importanza conoscere l'attività della colonia batterica per valutare il suo potenziale depurativo nei confronti dell'acqua inquinata. Trattandosi di attività biologica, essa viene misurata in modo dinamico attraverso il rateo di consumo di ossigeno da parte della biomassa batterica. Attraverso una collaborazione con l'allora Direzione Produzione Acque e Depurazione del Comune di Firenze venne realizzato un respirometro a due stadi in grado di misurare diversi parametri fondamentali dell'attività batterica, in particolare la biodegradabilità delle acque di scarico, la potenziale rimozione di composti azotati, il metabolismo endogeno della biomassa. Nella realizzazione di questo dispositivo fu fondamentale l'uso dell'approccio sistemistico per definire un modello dinamico della respirazione batterica e per ingegnerizzare il *software*, sviluppato in LabView, che gestiva l'intera operazione dello strumento. Tale dispositivo è attualmente in uso presso Publicacqua e viene correntemente usato per gli scopi sopra descritti.

Modello di qualità fluviale del fiume Sieve

Su incarico e con finanziamenti dell'allora Centro Tematico Nazionale Acque Interne dell'Agenzia Regionale di Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT) venne realizzato un modello della qualità dell'acqua del fiume Sieve al fine di valutare l'effetto di alcuni interventi migliorativi lungo il suo corso, quali la collettazione di scarichi distribuiti nella zona Dicomano-Rufina-Pontassieve ed il potenziamento degli impianti di depurazione di Rabatta e di Vicchio. A seguito di diverse campagne mirate di misura *ad hoc* fu prodotto un modello matematico della qualità fluviale, attraverso il quale fu possibile valutare l'effetto di alcuni interventi di risanamento, dal quale si concluse che il collettamento delle varie sorgenti concentrate o diffuse aveva un'efficacia ambientale maggiore ed un costo inferiore rispetto al potenziamento dei depuratori posti a monte del tratto più sensibile.

Gestione dell'eutrofizzazione nella laguna di Orbetello

Questo studio fu richiesto dall'allora Commissario per il Risanamento Ambientale nella Laguna di Orbetello, data la situazione critica causata da ripetute crisi anossiche indotte da incontrollate crescite algali. Lo studio dell'ecosistema portò alla definizione di un modello matematico in grado di stimare le potenziali crescite algali e di macrofite (*Ruppia sp.*) ed indicare ai battelli raccogli-alghe i siti più idonei per una raccolta preventiva di una quantità limitata di biomassa, prima che questa crescendo provocasse eutrofizzazione e conseguente crisi anossica. Il modello una volta calibrato e validato, fu realizzato come piattaforma *software* autonoma, denominata LaguSoft, con un'interfaccia utente che lo rendeva utilizzabile da parte dell'ufficio del commissario per pianificare la raccolta delle alghe.



Figura 58 – Vista complessiva del respirometro realizzato in collaborazione con il Comune di Firenze.

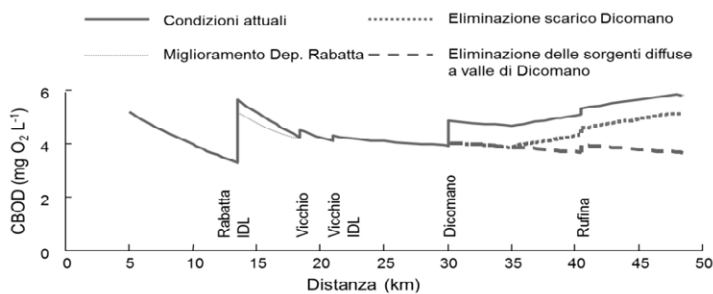


Figura 59 – Generazione di scenari di risanamento sulla base del modello di qualità del fiume Sieve.

Telecontrollo e rilevazione guasti per l'impianto di depurazione biologica di Pagnana (Empoli) gestito da Acque S.p.A.

In una collaborazione con Acque Ingegneria S.r.l. è stato sviluppato un sistema di telecontrollo di un impianto di depurazione biologica situato nei pressi di Empoli. Gli obiettivi posti dall'azienda erano il contenimento dei consumi energetici e l'aumento dell'affidabilità di esercizio. A tale scopo è stato realizzato un sistema di tele-controllo, inserito nella rete intranet aziendale che ha prodotto consistenti risparmi energetici (circa 1 MWh a settimana per ciascuna linea, come mostra il confronto). Il pannello di controllo remoto con la linea non controllata permetteva la supervisione e l'intervento da remoto, attraverso una rete privata dedicata (VPN) inserita nel sistema di comunicazione di Acque S.p.A..

Successivamente, constatata una notevole frequenza di guasti, si è realizzato un sistema di rilevazione dei guasti in grado di diagnosticare prontamente quale fosse il sensore guasto e distinguere fra malfunzionamento del sistema di misura ed anomalia di funzionamento dell'impianto.

Impatto ambientale della derivazione delle acque del fiume Serchio nel lago di Massaciuccoli

Su incarico dell'Autorità di Bacino del fiume Serchio è stata condotta una valutazione idraulico-ambientale dell'immissione nel lago di Massaciuccoli di parte delle acque

derivate dal fiume Serchio. La motivazione di tale opera risiede nel mitigare le ricorrenti e gravi carenze idriche del lago durante i mesi estivi e il relativo effetto di subsidenza dei circostanti terreni di bonifica. Il modello di invaso che è stato sviluppato tiene conto dell'evapotraspirazione del lago e canneti circostanti, nonché della perdita per infiltrazione nella falda sottostante. Lo studio ha riguardato la fattibilità del convogliamento della derivazione nel canale Barra, l'effettiva mitigazione del deficit idrico estivo e l'eventuale aggravamento dell'inquinamento del lago causato dal sollevamento del sedimento, ricco di sostanze nutrienti depositate in decenni di sversamenti incontrollati. Lo studio ha mostrato che la mitigazione delle secche estive è solo parziale in quanto buona parte dell'acqua derivata viene persa per infiltrazione nella falda. Per quanto riguarda poi il possibile inquinamento da risospensione del sedimento, lo studio tende ad escludere questa eventualità.

È stata infine impostata la struttura di un sistema di monitoraggio/telecontrollo per coordinare le derivazioni con il livello del lago, il livello del mare e la situazione delle idrovore di bonifica con i rilasci dalle dighe gestite da ENEL a monte della derivazione tenendo conto del mantenimento del deflusso minimo vitale nel tratto terminale del fiume, a valle della derivazione. Dopo l'approvazione del progetto da parte della Regione Toscana e del Ministero dell'Ambiente si attende la realizzazione dell'opera, che è stata affidata alla Provincia di Pisa.

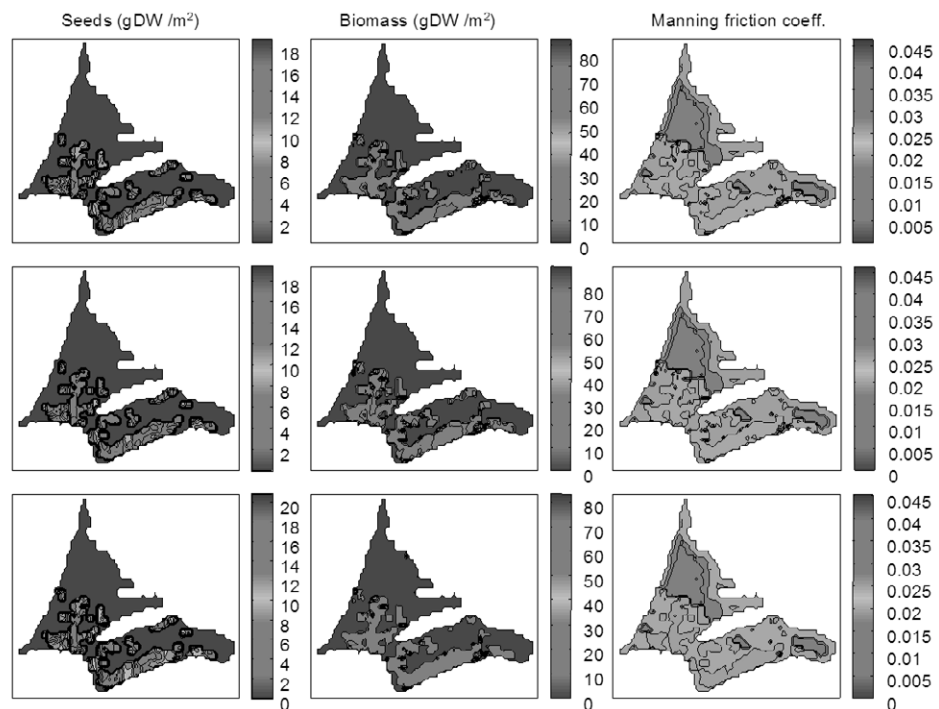


Figura 60 – Evoluzione prevista per la crescita di alghe e di macrofite nella laguna di Orbetello mediante il *software* LaguSoft.



Figura 61 – La piattaforma software LaguSoft: (sinistra) percorso ottimale di un battello raccogli alghe calcolato da LaguSoft in base alle proiezioni di crescita della vegetazione sommersa; (destra) interfaccia utente di LaguSoft.

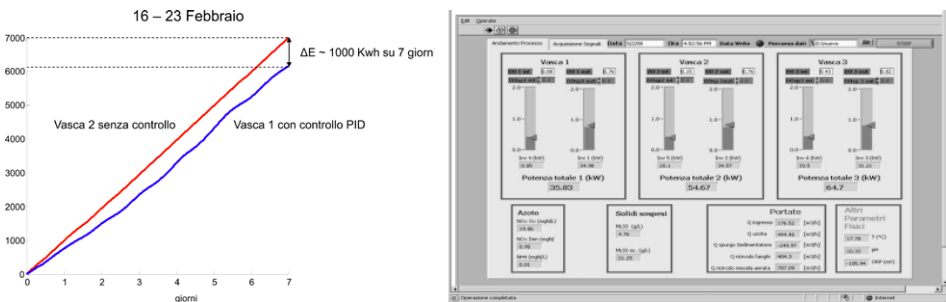


Figura 62 – Sistema di telecontrollo di un impianto di depurazione biologica situato nei pressi di Empoli: (sinistra) paragone fra i consumi di una linea di impianto controllata ed una tradizionale per confronto; (destra) pannello remoto di controllo dell'impianto.

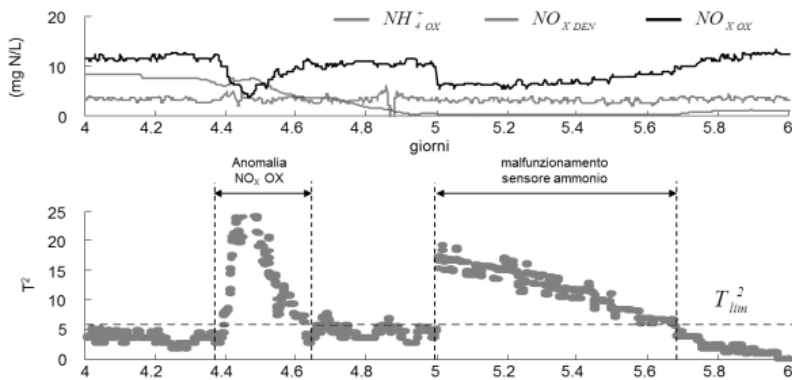


Figura 63 – Sistema di rivelazione dei guasti: discriminazione di un'anomalia di processo (primo segnale di allarme, a sinistra) e di un malfunzionamento del rivelatore di ione ammonio (a destra).

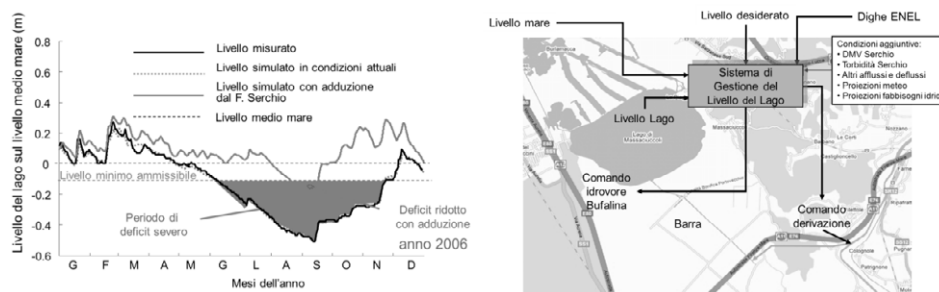


Figure 64 – Sistema di telecontrollo del complesso lago di Massaciuccoli-fiume Serchio: (a sinistra) confronto fra livello del lago osservato e simulato, sia in condizioni attuali che con l'adduzione; (a destra) struttura del sistema di telecontrollo.