

“Un modello di qualità dei rii”

GIOVANNI COFFARO, Dipartimento dei Processi Chimici,
Istituto Universitario d'Ingegneria, Padova

Presenterò in questa sede i risultati e in generale l'attività che è stata portata avanti con lo scopo di mettere a punto un modello preliminare di qualità dell'acqua per il sistema rii. L'obiettivo è l'interpretazione dei principali fenomeni riguardanti la qualità. Le fasi in cui è stato articolato il progetto riguardano innanzitutto una stima dei carichi e delle condizioni al contorno che influenzano la qualità dell'acqua dei sistemi rii e la calibrazione del modello. Il modello, una volta calibrato, è stato poi applicato per calcolare i tempi di residenza e le concentrazioni attese che servono a definire quello che può essere il peso dell'inquinamento che grava su ciascun rio.

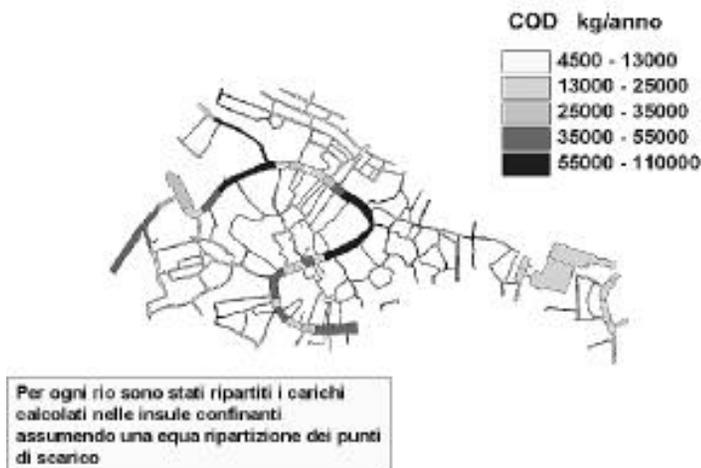
Lo stesso modello è stato applicato poi per simulare due diversi tipi di intervento: lo scavo dei rii e la presenza di una fognatura, e per effettuare un confronto tra entrambi. La prima fase è relativa alla stima dei carichi interni e generati in ogni *insula*. Per ognuna di queste sono stati quindi calcolati i carichi di azoto e COD utilizzando gli abitanti residenti e gli abitanti equivalenti derivanti dal turismo e da altre attività. I carichi così calcolati, sono successivamente stati ripartiti nei rii circostanti assumendo un'equa distribuzione dei punti di scarico. Così non è ovviamente, ma in mancanza di informazioni più precise quali la localizzazione dei punti di scarico e il numero di abitanti ad essi allacciati, si semplifica considerando un'equa ripartizione del carico generato all'interno dell'*insula* e lungo tutto il suo perimetro, attribuendo quindi ai rii che la delimitano una determinata quota parte nel carico generato nell'*insula* stessa.

Il modello è quindi stato calibrato utilizzando i dati sperimentali raccolti in nove campagne, da marzo a settembre '98, in condizioni di sизigia e quadratura in cinque stazioni. La stazione più esterna è stata utilizzata per avere un'idea della qualità dell'acqua entrante nel sistema rii, mentre le altre stazioni sono state usate prettamente per calibrare il modello. Il modello utilizzato è WASP, distribuito dall'EPA statunitense e il corso d'acqua viene simulato assumendo un'omogeneità laterale e verticale delle caratteristiche dell'acqua: il modello è cioè monodimensionale. L'equazione che viene risolta in termini semplificati, tiene conto del trasporto dell'acqua, e questa è alimentata dai risultati generati dal modello idrodinamico che Umgiesser ha presentato in precedenza. Il modello poi considera la

diffusione dovuta alla differenza di concentrazione, i carichi interni, e poi calcola un rateo di trasformazione dovuto alle cinetiche chimico-biologiche che avvengono all'interno del rio. L'intera rete dei canali è stata quindi discretizzata in 143 segmenti, circondata da 33 segmenti di contorno, che costituiscono l'interfaccia tra il sistema rii e il sistema laguna. Il modello è stato tenuto volutamente semplificato, o meglio la complessità del modello è stata adeguata alle conoscenze sperimentali. Ci sono molti processi che possono essere descritti in un ambiente di questo tipo, però non avendo osservazioni sperimentali su tali processi si corre il rischio di appesantire il modello di incertezza, inutilmente. Il modello descrive la dinamica dell'ossigeno disciolto, che viene considerata la variabile più sintetica in grado di esprimere una valutazione di qualità dell'acqua, e tutte le variabili che possono interferire sulla sua grandezza. In particolare, i processi che vengono considerati sono la riareazione, il flusso di ossigeno all'interfaccia aria-acqua, l'influenza della fotosintesi e la respirazione da parte del fitoplancton, il consumo di ossigeno per l'ossidazione della sostanza organica scaricata nel rio, la richiesta di ossigeno dal sedimento ancora per ossidazione della sostanza organica, la richiesta di ossigeno determinata dalla ossidazione dell'azoto, derivante anch'esso da materiale organico scaricato nel rio.

L'analisi di sensibilità evidenzia che le grandezze che maggiormente influenzano l'ossigeno disciolto sono i carichi interni stimati per ogni *insula* e le condizioni al contorno ovvero la qualità dell'acqua che entra nel sistema rii. Gli altri parametri relativi alle cinetiche di trasformazione, che avvengono comunque all'interno del rio, sono invece meno influenti e questo è spiegabile considerando il breve tempo di residenza. L'acqua cioè rimane poco tempo all'interno del rio, e questo giustifica la sensibilità del modello ai carichi e alle condizioni al contorno e la scarsa influenza rispetto ai parametri delle cinetiche di trasformazione chimico biologiche. L'analisi di sensibilità quindi evidenzia l'importanza dei carichi e delle condizioni al contorno.

Successivamente il modello è stato calibrato: 9 campagne, 4 stazioni, 5 variabili di stato. Le simulazioni spiegano mediamente il 70% della variabilità dei dati sperimentali con alcune differenze fra le tre variabili più importanti. Per l'ossigeno disciolto, l'accordo con il modello è verificato in un



ambito abbastanza ampio. Si va dai 3 ai 7,7 mg/l come ossigeno medio giornaliero, con percentuali di errore che oscillano tra il 4 e il 25%. Le condizioni di sизigia sono riprodotte meglio rispetto alle condizioni di quadratura. In particolare ci sono alcuni dati visibilmente non previsti dal modello e che riguardano la stazione C. La stazione C, quella più confinata rispetto alle altre, riceve un apporto giornaliero di acqua potabile che è circa il 20% del suo volume contro il 5-7% delle altre 3 stazioni. Una possibile spiegazione è che per questa stazione sia necessario, ad esempio, descrivere in misura più adeguata l'interazione con il sedimento, ma questo è possibile solo se si allestisce tutta una serie di osservazioni sperimentali necessarie a suffragare le ipotesi. Il modello calibrato è sufficiente per descrivere le stazioni B, D, E, mentre andrebbe rivisto per simulare meglio la stazione C.

Una prima applicazione del modello è stata quella di calcolare i tempi di residenza con un approccio un po' più complesso del rapporto volume su portata. È stato simulato per ogni rio il rilascio di una certa quantità di sostanze e si è osservato quanto tempo questa sostanza richiedeva per uscire dal sistema. Il dato interessante è che quasi tutti i rii hanno un tempo di residenza inferiore a 12 ore. Il 22% dei rii ha un tempo di residenza che è inferiore o uguale a un decimo di giornata. Quasi tutti, a parte un 4%, hanno un tempo di residenza inferiore alla mezza giornata.

Il tempo di residenza è poi stato moltiplicato per il carico giornaliero e diviso per il volume dei segmenti. In questo modo si ottiene la concentrazione attesa in condizioni di stazionarietà e conservatività della sostanza considerata. Per inquinanti di questo tipo sono ipotesi non vere. In ogni caso l'utilità di questo approccio è quello di combinare gli elementi più importanti nel definire il peso dell'inquinamento organico, vale a dire il carico afferente, il volume in cui si diluisce e il tempo di residenza, cioè il tempo con cui questo volume si rinnova.

Quindi è un indicatore quantitativo che però non ha una stretta fedeltà con la realtà perché il COD viene degradato durante la sua permanenza.

Un'altra applicazione del modello è stata quella di simulare degli interventi; ad esempio lo scavo dei rii, che è stato simulato modificando la batimetria in modo da avere profondità minime di 180 cm in tutta la rete. Per verificare le modifiche alla qualità dell'acqua si sono prese come riferimento le condizioni al contorno e i carichi utilizzati per calibrare la prima campagna condotta in marzo in condizioni di quadratura e di sизigia. Si è simulato quello che il modello considera il comportamento della variabile di stato "ossigeno

disciolto", nelle condizioni osservate e misurate durante il mese di marzo. Una prima osservazione è che in quadratura alcune stazioni sono favorevolmente influenzate dallo scavo, mentre altre lo sono meno; in sизigia i guadagni in termini di ossigeno disciolto, sono pressoché trascurabili. Lo stesso approccio è stato utilizzato per simulare la fognatura. Nel piano programma di interventi integrati è prevista la captazione dei reflui prodotti nelle cosiddette aree marginali, quindi per tutte le *insulae* che sono comprese in questo ambito definito area marginale, il carico stimato è stato abbattuto del 95% in modo da simulare appunto la captazione dell'inquinante. Ancora una volta, il guadagno in termini di ossigeno disciolto, è visibile in condizioni di quadratura, questa volta in tutte e quattro le stazioni, mentre è trascurabile in condizioni di sизigia.

Una prima osservazione che emerge dal confronto tra i due diversi interventi di fognatura e scavo dei rii è che quest'ultimo è in qualche modo più efficace, in quanto arricchisce di più il tenore dell'ossigeno disciolto nei rii della parte più centrale della città. Lo scavo permetterebbe quindi variazioni relative maggiori rispetto alla fognatura. La parte più centrale della città è caratterizzata da un incremento della media giornaliera per l'ossigeno disciolto compreso tra l'8 e il 15%.

Lo scavo apporta, a basse concentrazioni di ossigeno, un miglioramento di ossigeno superiore rispetto alla fognatura. Questa tendenza si inverte sopra una certa soglia di ossigeno oltre la quale invece è la fognatura a contribuire in misura maggiore arricchendo di più d'ossigeno l'acqua. Però questo succede dove l'ossigeno ha già dei valori abbastanza alti.

La conclusione quindi del confronto è che lo scavo dei rii migliora in misura maggiore la qualità dell'acqua dei rii più compromessi, mentre risulta meno efficace della fognatura nei rii con valori di ossigeno più alti.