

Pr**DAM**

Il software per la gestione dei serbatoi PRODAM

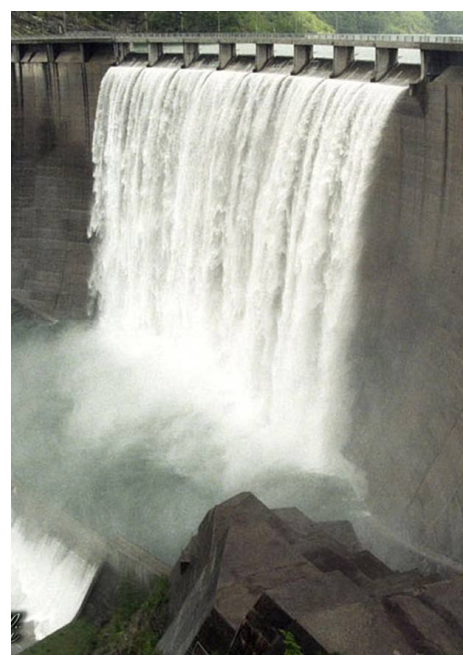
La regolazione di un serbatoio viene in genere effettuata ai fini più svariati: irrigui, idroelettrici, ecologici, ricreativi, protezione dalle alluvioni, ecc. Tutti questi obiettivi sono spesso conflittuali tra loro e le esigenze di accumulo e rilascio non coincidono né in termini di tempo né in termini di entità del rilascio stesso.

Si comprende immediatamente come sia necessario trovare un compromesso per la gestione degli invasi, che miri a rendere da un lato minime le perdite dovute ai deficit di acqua e dall'altro a ridurre l'entità ed il numero dei possibili danni causati da esondazioni, mancata tutela dell'ambiente, ecc..

Il software PRODAM affronta il problema con il metodo della Programmazione Dinamica Stocastica ed aiuta l'utente nell'identificazione di un piano di gestione del sistema idrico che derivi dalla valutazione dell'impatto economico, ecologico, ambientale e sociale che esso comporta.

Funzionalità principali:

- Individuare la migliore politica di gestione dell'invaso a lungo termine (stagionale), a medio termine (giornaliera) e a breve termine (oraria).
- Calcolare i rilasci ottimali sulla base della politica di gestione.
- Calcolare l'effetto delle regolazioni sui livelli del serbatoio
- Prevedere gli afflussi al serbatoio.



Il modulo di calcolo

PRODAM nasce dalla decennale esperienza di gestione delle politiche di regolazione del Lago di Como, dove costituisce il cuore del sistema di supporto alle decisioni utilizzato dal Consorzio dell'Adda.

Il modulo di calcolo è basato sulla Programmazione Dinamica Stocastica, una procedura matematica che consente di risolvere in modo ottimale i problemi di allocazione delle risorse, nei casi in cui sia possibile separare tra loro i diversi obiettivi da ottimizzare, dandone una quantificazione economica omogenea.

PRODAM consente di ottimizzare la gestione a lungo termine degli invasi sulla base della quantità di acqua disponibile e dell'afflusso medio previsto in base ai dati storici.

La ricerca della migliore regola di gestione stagionale procede per intervalli decadal (o per intervalli di tempo di ampiezza definita dall'utente): il problema viene cioè scomposto in sotto problemi con un orizzonte temporale limitato (ad es. 10 giorni) e si utilizza una procedura di calcolo di tipo ricorsivo.

Ogni 10 giorni (o secondo quanto impostato dall'utente) viene valutato il valore da assegnare alla variabile decisionale, cioè il rilascio dal serbatoio, che ottimizza il comportamento complessivo del sistema. L'ottimizzazione per la decade corrente utilizza una informazione riassuntiva di quanto accaduto nella decade precedente. Questa sorta di sintesi fornisce una traccia delle scelte ottimali di tutte le decadi passate, svincolando il pianificatore da ciò che è stato deciso in precedenza. Dunque, in base al principio di ottimalità, tutte le decisioni future vengono prese scegliendo l'ottimo di quel momento, senza tener conto del passato.

La regolazione a lungo termine del sistema idrico viene realizzata su un arco temporale - di solito l'anno solare - che si ripete ciclicamente.

Per fare fronte a tutte quelle situazioni che non ricadono nella gestione stagionale dell'invaso, come ad esempio l'arrivo di una piena, PRODAM consente di individuare in tempo reale le modifiche da apportare alla politica di gestione stagionale. In generale e per orizzonti temporali limitati, si cerca di far fronte alle emergenze aumentando l'importanza del problema contingente rispetto alle

esigenze di rispettare la politica gestionale di lungo periodo. Gli afflussi all'invaso vengono in questo caso previsti mediante un modello sofisticato, fino ad arrivare ad un modello deterministico, riducendo l'incertezza sugli afflussi futuri e quindi derivando una regola operativa di maggiore affidabilità.

Le scelte di gestione possono essere raffinate in due fasi successive: a passo giornaliero su un orizzonte temporale di dieci giorni ed a passo orario su un orizzonte temporale di 24 ore. Tali modifiche possono essere derivate solo disponendo di una previsione in tempo reale degli afflussi.

Per la previsione a passo giornaliero PRODAM dispone di un previsore degli afflussi all'invaso basato sulla tecnica di analisi delle serie storiche nota come *Nearest Neighbours*. Il programma fornisce una previsione stocastica a medio periodo, per un orizzonte di previsione di 10 giorni, dell'afflusso all'invaso e sulla base dell'afflusso previsto la regola di gestione viene ottimizzata per soddisfare le nuove esigenze.

Nel caso della regolazione a passo orario, su un orizzonte temporale di 24 ore, le previsioni degli afflussi all'invaso devono essere fornite in tempo reale da un modello di previsione afflussi-deflussi.

A questo scopo PRODAM può essere affiancato dal pacchetto EFFORTS, il quale è in grado di fornire la previsione degli afflussi all'invaso sulla base delle misure di pioggia e temperatura raccolte da stazioni pluvio-termometriche in tele-misura. Per orizzonti di previsione più lunghi, oltre le 24 ore, possono essere impiegate anche le previsioni di pioggia fornite dai modelli meteorologici.



Caratteristiche di PRODAM

- **Ottimizzazione della regola di gestione stagionale dell'invaso. Calcolo dei rilasci decadali e dell'andamento dei livelli nel serbatoio.**

PRODAM consente di ottimizzare la gestione a lungo termine degli invasi sulla base della quantità di acqua disponibile e dell'afflusso medio previsto. Per ogni decade (o secondo un intervallo imposto dall'utente) fornisce informazioni sul rilascio ottimale tenendo conto dei vincoli economico ambientali imposti dall'utente e delle caratteristiche fisiche degli organi di scarico dell'invaso. Calcola l'andamento del livello dell'invaso in funzione del rilascio.

- **Ottimizzazione della regola di gestione dell'invaso a medio termine. Calcolo dei rilasci giornalieri e dell'andamento giornaliero dei livelli nel serbatoio.**

Per fronteggiare le situazioni che non ricadono nella gestione stagionale dell'invaso ma richiedono una regolazione giornaliera dei rilasci, PRODAM consente di individuare in tempo reale le modifiche da apportare alla politica di gestione stagionale per rispondere alle nuove esigenze.

Sulla base degli afflussi giornalieri previsti PRODAM indica i rilasci ottimali da effettuare nei successivi 10 giorni tenendo conto dei vincoli economico ambientali imposti dall'utente e delle caratteristiche fisiche degli organi di scarico dell'invaso.

- **Ottimizzazione della regola di gestione dell'invaso a breve termine. Calcolo dei rilasci orari e dell'andamento orario dei livelli nel serbatoio.**

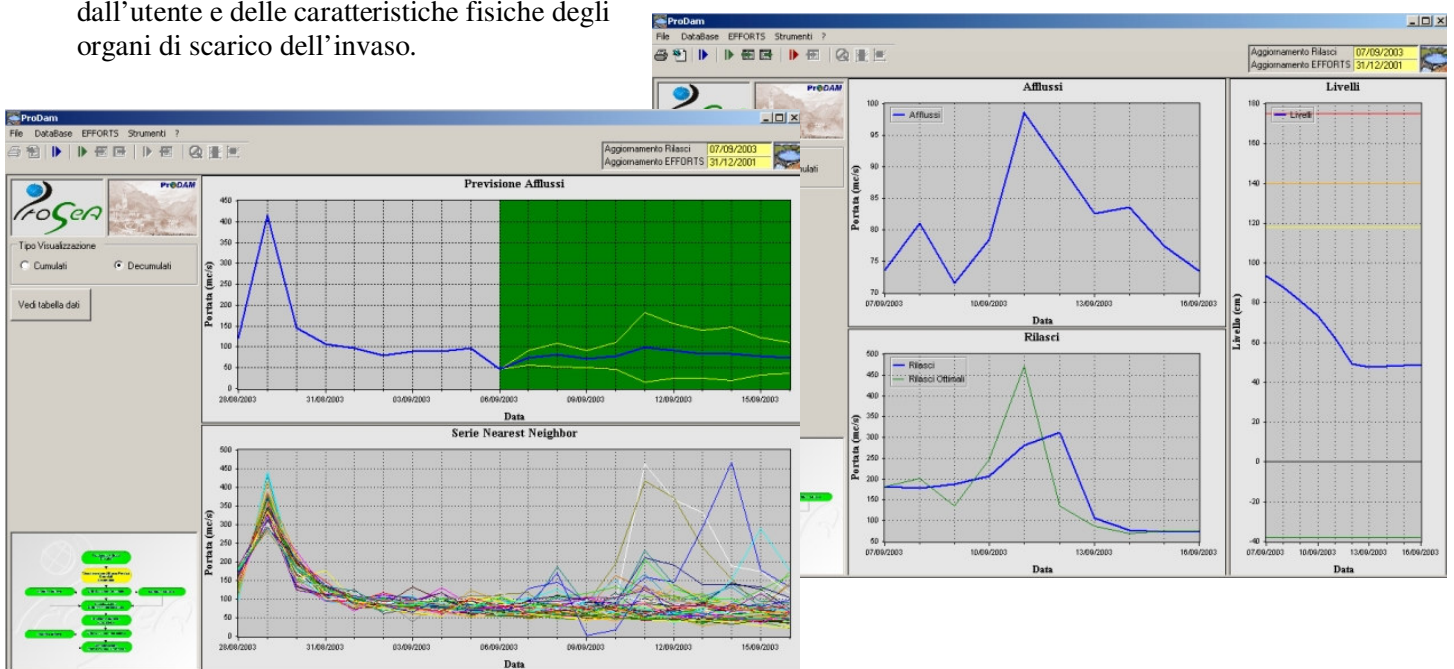
Nei casi in cui sia richiesta una politica di regolazione dell'invaso su base oraria, ad esempio per fronteggiare l'arrivo di un'onda di piena, PRODAM consente di individuare in tempo reale le modifiche da apportare alla politica di gestione stagionale e giornaliera per rispondere alle situazioni di emergenza.

Sulla base degli afflussi orari previsti, PRODAM indica i rilasci ottimali da effettuare nelle successive 24 ore tenendo conto dei vincoli economico ambientali imposti dall'utente e delle caratteristiche fisiche degli organi di scarico dell'invaso.

La regolazione oraria può essere derivata solo disponendo di una previsione in tempo reale degli afflussi.

- **Modifica dei rilasci e degli afflussi al lago da parte dell'utente con conseguente rielaborazione dei rilasci e dei livelli nel serbatoio**

L'utente può intervenire manualmente sia sui rilasci che sugli afflussi modificando i dati proposti dal modello. PRODAM provvederà a verificare la congruenza dei dati immessi e a ricalcolare l'andamento dei livelli nel serbatoio.



● **Previsione degli afflussi giornalieri al serbatoio con il metodo dei Nearest Neighbours.**

Per la previsione degli afflussi giornalieri in ingresso all'invaso PRODAM dispone di un previsore basato sulla tecnica di analisi delle serie storiche nota come *Nearest Neighbours*.

Sulla base degli ultimi giorni di osservazione degli afflussi all'invaso, PRODAM ricerca nella serie storica delle passate osservazioni degli afflussi giornalieri quelle situazioni che presentino delle analogie con i dati più recenti. In base alle serie di osservazioni passate viene realizzata una previsione degli afflussi futuri.

La previsione con il metodo dei *Nearest Neighbours* può essere ottenuta solo

disponendo di una serie storica di afflussi giornalieri di lunghezza adeguata.

● **Collegamento con il sistema di previsione in tempo reale EFFORTS(N) per la previsione oraria degli afflussi al serbatoio.**

Nel caso di una regolazione a passo orario PRODAM può interfacciarsi con il sistema di previsione di piena in tempo reale EFFORTS(N). Esso fornisce la previsione oraria degli afflussi all'invaso sulla base delle misure di pioggia e temperatura raccolte da stazioni pluvio-termometriche in tele-misura. Per orizzonti di previsione più lunghi possono essere impiegate anche le previsioni di pioggia fornite dai modelli meteorologici.

Informazioni richieste per l'applicazione di PRODAM	Ottimizzazione Stagionale	Ottimizzazione Giornaliera	Ottimizzazione Oraria
Definizione degli <u>obiettivi</u> della ottimizzazione attraverso l'analisi costi benefici della regola di gestione dell'invaso.	X	X	X
Definizione dei <u>vincoli</u> , cioè delle restrizioni fisiche, tecniche, legali, finanziarie o di altro tipo sui rilasci dall'invaso.	X	X	X
Dati di portata relativi agli afflussi all'invaso (minimo 5 anni).	X	X	X
Misure di livello o volume dell'invaso e definizione della curva volumi-livelli.	X	X	X
Dati di portata relativi agli afflussi medi giornalieri per l'applicazione della tecnica dei Nearest Neighbours (minimo 10 anni).		X	X
Previsioni in tempo reale della portata oraria in afflusso all'invaso.			X