

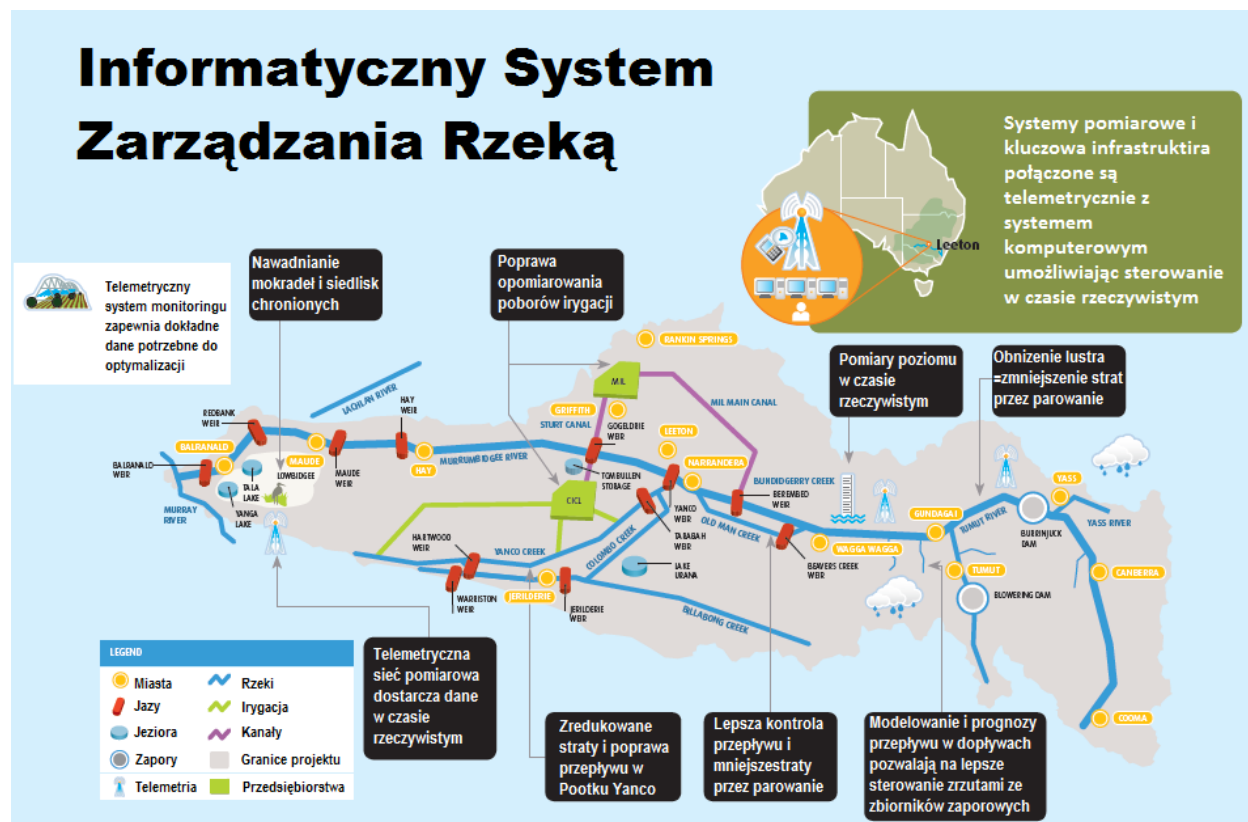
## Poprawa Efektywności Wykorzystania Zasobów Rzeki – Informatyczny System Zarządzania Rzeką (CARM) na przykładzie Murrumbidgee, Australia

Terry van Kalken, Stefan Szyllarski – DHI; Dan Berry, Nachi Nachiappan - NSW State Water; John Skinner - Water for Rivers

### Warunki początkowe

Po rekordowej suszy Wschodnia Australia powraca do stanu pierwotnego. Pomimo licznych negatywnych skutków, doświadczenie to przyniosło również wiele innowacyjnych rozwiązań w zakresie efektywnego zarządzania wodą. Rzeką Murrumbidgee po raz pierwszy została wymieniona w raporcie Pratt Water w 2004 roku jako przykład miejsca, w którym można uzyskać duże oszczędności wody poprzez modernizację infrastruktury oraz sprawniejsze zarządzanie jej zasobami. Słowo „Murrumbidgee” w lokalnym aborygeńskim języku Wiradjuri oznacza „duża woda”. Rzeką ta jest jedną z najdłuższych w Australii, mierzy 1600 km i jest głównym źródłem wody dla systemów irygacyjnych obszaru Riverina w Nowej Południowej Walii (NSW) jak również istotnym źródłem wody dla naturalnych obszarów podmokłych. Zarządzanie wodą jest tutaj jednak skomplikowanym zagadnieniem. Złożony charakter sieci rzecznej, w połączeniu z ogromnym naciskiem na osiągnięcie celów środowiskowych, irygacyjnych i zaopatrzenie miast w wodę często prowadzi do nadmiernego, nieadekwatnego do rzeczywistych potrzeb, uwalniania wody ze zbiorników piętrzących.

Aktualnie NSW State Water – instytucja odpowiedzialna za gospodarkę wodną rzeki, wspierana przez organizację Water for Rivers ([www.waterforrivers.org.au](http://www.waterforrivers.org.au)), zakończyła inwestycję wartą 65 mln AUD mającą na celu unowocześnienie zarządzania rzecznoego oraz utworzenie systemu operacyjnego, który będzie wzorem efektywnego gospodarowania zasobami rzek w skali Australii i w skali międzynarodowej.



Projekt Komputerowego Systemu Wspomagania Zarządzania Rzeką Murrumbidgee (CARM) dzięki modernizacji infrastruktury rzecznej, uruchomieniu pomiarów w czasie rzeczywistym oraz wdrożeniu systemu informatycznego opartego na modelowaniu operacyjnym pozwala na precyzyjną kontrolę przepływu wody i regulacji jej uwalniania ze zbiorników zaporowych. Udoskonalenia operacyjne realizowane są poprzez integrację systemu monitoringu rzeki, operacyjnych modeli hydrodynamicznych i oprogramowania do optymalizacji dystrybucji wody. System wspomaga podejmowanie wydajnych i szybkich decyzji w celu zapewnienia najskuteczniejszych ustawień operacyjnych oraz zapewnienia odpowiedniej ilości wody dla wszystkich odbiorców w odpowiednim czasie i miejscu. System wspomagania decyzji adoptuje najlepsze na świecie praktyki dotyczące zarządzania rzekami.

### **Dotychczasowe Zarządzanie Rzeką**

State Water (Zarządca) przed wprowadzeniem systemu CARM zarządzał przepływem wody w rzece Murrumbidgee poprzez zrzuty ze zbiorników piętrzących w Burrinjuck i Blowering oraz dziesięć dodatkowych jazów regulacyjnych i dwa zbiorniki zapasowe położone wzdłuż rzeki. Woda w systemie zużywana jest głównie do nawadniania. Dwie główne firmy nawadniające: Murrumbidgee Irrigation i Coleambally Irrigation są największymi odbiorcami wody z rzeki, konsumując około 70 % całości poborów. Woda jest do nich dostarczana przez specjalne kanały odbiorcze położone w dole rzeki, w odległości około 5-7 dni spływu wód od systemu zapór. Dodatkowo znajduje się tu wiele prywatnych systemów nawadniających pompujących wodę bezpośrednio z koryta. Dopływ wody z górnego biegu rzeki do systemów nawadniających znajdujących się na końcu zasilanego obszaru wynosi nawet 28 dni. Również zapotrzebowania środowiskowe stanowią istotny element gospodarowania wodami. Szczególnie nawadnianie mokradła Lowbidgee - jednego z najważniejszych w regionie siedlisk lęgowych ptaków wodnych. Duże miasta takie jak Gundagai, Wagga Wagga, Hay i Balranald również zaopatrywane są w wodę z zasobów rzeki.

Operacje prowadzone na rzece oparte były w dużym stopniu na doświadczeniu i wiedzy operatorów wspomaganych przez proste modele bilansujące zasoby wodne. Modele te jednak nie brały pod uwagę złożoności procesów hydrologicznych w zlewni, ani dynamiki przepływu w rzekach. Zapewnienie więc dostatecznych dostaw wody dla odbiorców znajdujących się nawet kilka tygodni spływu wody w dole rzeki było szczególnie trudne. W konsekwencji uwalnianie przez tamę zasoby często przekraczały rzeczywiste zapotrzebowanie, co z kolei prowadziło do znacznych strat wody. Uwolniona woda była tracona przez znacznie większą ewaporację i ewapotranspirację w dole rzeki w porównaniu do jej górnej części. Zrzuty przewyższające zapotrzebowanie uwalniane były z powodu niedociągnięć systemów analitycznych, w szczególności w wyniku nieujęcia zmian w pojemności koryta, pominięcia dopływów wód z źródeł zasilających i nieuwzględnienia ostatnich zmian w systemach nawadniania. W efekcie prawie 12% z rocznego przepływu, czyli 4200 GL (1 GL = 1 000 000m<sup>3</sup>) nie było uwzględniane w bilansie. Usprawnienie procesu identyfikacji nierozliczonych strat i zmniejszenie nadwyżek operacyjnych wymagało użycia narzędzi do modelowania umożliwiających odtworzenie kluczowych aspektów fizycznego zachowania zlewni i systemu rzecznej. Modele te stanowią obecnie podstawę optymalizacji pracy zapory i jazów.

### **Informatyczny System Zarządzania Rzeką (CARM)**

System sterowania i wsparcia decyzji operacyjnych, wdrożony przez DHI, oparty jest na technologii MIKE CUSTOMIZED. Podstawą "silnika" CARM jest pakiet komputerowych modeli symulacyjnych MIKEbyDHI, które dokładnie odtwarzają kluczowe zagadnienia odpływu wody ze zlewni oraz procesy przepływu w rzekach m.in. ładunki wody z dopływów, ciągle zmieniające się czasy przepływu wody przez rzekę, dynamikę retencji wody w korycie rzeki, ewaporację, ewapotranspirację z roślinności przybrzeżnej i proces wymiany wody pomiędzy rzeką a wodami podziemnymi.

System łączy modele z systemem pomiarów realizowanych w czasie rzeczywistym i lokalnymi systemami sterowania oraz zapewnia szereg w pełni dostosowanych do potrzeb użytkownika interfejsów wspomagania decyzji dla operatorów systemu rzecznej.

CARM w pełni wykorzystuje dane z monitoringu, integrując dane opadowe i prognozy meteorologiczne, przepływy i poziomy wody jak również wielkości poborów. Ładunki wody z dopływów są prognozowane za pomocą modeli hydrologicznych, które wykorzystują zarówno pomiary ilości opadów jak i prognozy meteorologiczne. Uwzględnione zostało to w modelu hydrodynamicznym rzeki, który opracowany został dla całego systemu Murrumbidgee-Yanco, łączącego ponad 2000km kanałów rzecznych oraz obszarów zalewowych. Pomiary poziomu wody i przepływu w czasie rzeczywistym są używane do automatycznej aktualizacji stanu modelu tak, aby symulacja dokładnie przedstawiała zachowanie rzeki w danym czasie. Wymiana wody przybrzeżnej z wodami podziemnymi oraz ewapotranspiracja, które nie została wcześniej ujęte, uwzględnione są w modelu wykonanym w programie MIKE SHE, który określa interakcje pomiędzy wodami powierzchniowymi i podziemnymi. Model ten jest w pełni zintegrowany z modelem rzeczny MIKE 11. Rozwiązanie to zapewnia dynamiczne połączenie między zachowaniem wód podziemnych w dolinie rzeki i warunków hydraulicznych w rzece. Dzięki integracji modeli możliwe jest zrozumienie relacji między operacjami uwalniania wody przez tamę a zmianami stanu wód podziemnych w rejonie ujściowym.

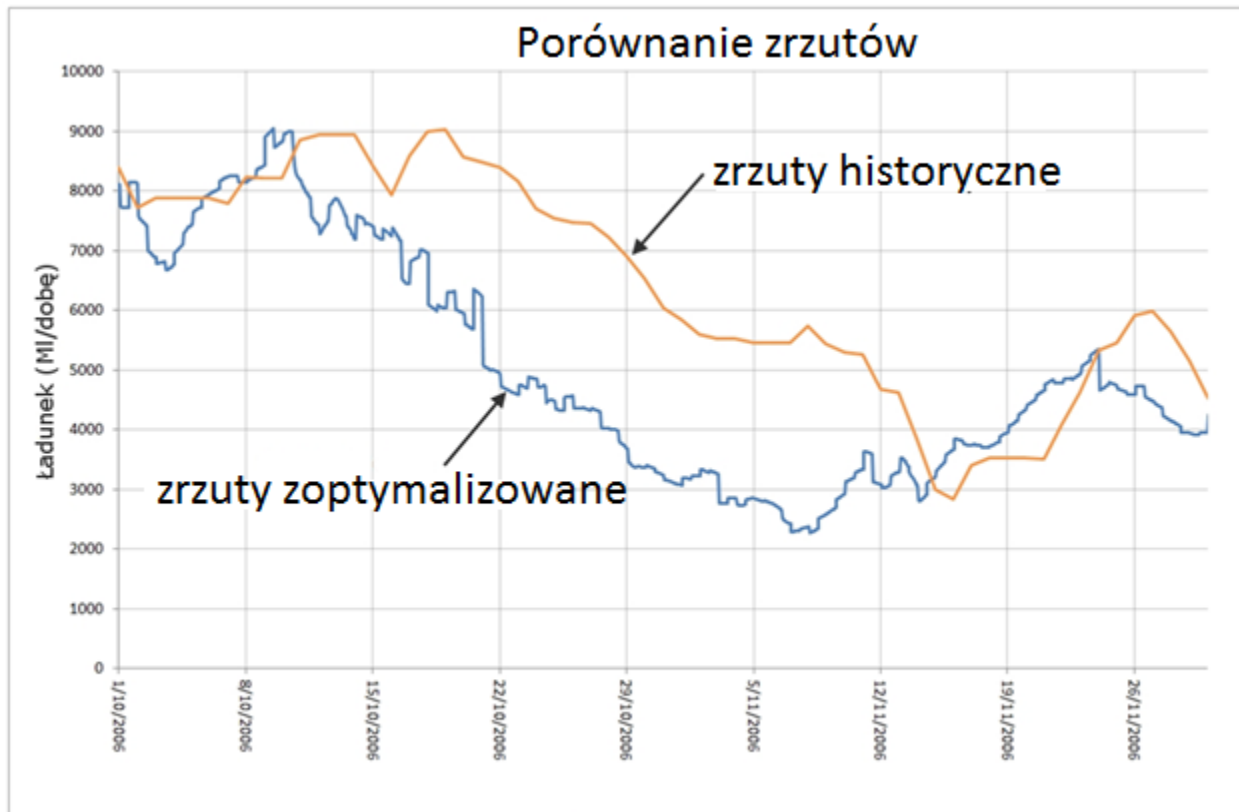
Hydrologiczne i hydrodynamiczne modele tworzą podstawę do optymalizacji codziennej pracy systemu rzeczny. Dzięki wykorzystaniu prognoz meteorologicznych, prognoz napływu do rzek i zdolności odtworzenia zachowania rzeki możliwe jest optymalizowanie ilości uwalnianej wody ze zbiorników zaporowych i pracy jazów znajdujących się w dole rzeki w celu zaspokojenia całkowitego zapotrzebowania na wodę przy jednoczesnej minimalizacji ilości wody uwalnianej ze zbiorników zaporowych.

#### **Przepływy Minimalne i Ochrona Przeciwpowodziowa**

Wykorzystanie modeli operacyjnych zapewnia wysoki poziom kontroli nad rzeką oraz możliwość precyzyjnego określenia wymaganych poborów dla systemów irygacji i nawadniania chronionych siedlisk. Działania przeciwpowodziowe mogą być podobnie zoptymalizowane w celu złagodzenia skutków uwolnień ze zbiorników zaporowych tak aby fala kulminacyjna w głównym cieku nie pokrywała się w czasie z wezbraniem na dopływach w dolnym odcinku rzeki.

#### **Sprawdzona Koncepcja**

By dowieść poprawności założeń na etapie koncepcji zastosowano metody CARM w górnej partii zlewni stosując dane historyczne. Okazało się, że uzyskano znaczne zmniejszenie zrzutów wody ze zbiorników przy zachowaniu odpowiedniego zasilania systemów nawadniających. Wybrano dwa okresy: Listopad-Grudzień 2006 (okres suchy) oraz Grudzień 2007-Styczeń 2008 (okres mokry). W miesiącach tych uzyskano znaczne nadwyżki operacyjne. Zoptymalizowane rozwiązanie zredukowało zrzuty wody dla okresu suchego z 441 GL do 351 GL, **oszczędzając 20% zasobów**, a w okresie mokrym z 181 GL do 94 GL, **oszczędzając 48% zasobów**. Oszczędności te zostały osiągnięte przy jednoczesnym spełnieniu wszystkich sześciodniowych i jednodniowych rozbiorów dla systemu irygacyjnego Murrumbidgee oraz dalszych poniżej zbiorników Narrandera. Znaczące oszczędności wody są osiągane m.in. poprzez redukcję poziomów operacyjnych rzeki do niezbędnego minimum, co sprawia, że występuje znacznie mniej strat wody w wyniku ewaporacji i ewapotranspiracji.



### System Wsparcia Decyzji

System wsparcia decyzji CARM wspomaga State Water przy wszystkich procesach biznesowych związanych z rzeką, włączając sterowanie przepływem w czasie rzeczywistym, planowanie dodatkowego przepływu, nawadnianie chronionych siedlisk, działania przeciwpowodziowe i planowanie operacyjne. System CARM zapewnia operatorom rzeki dostęp w czasie rzeczywistym do systemu monitoringu i kontroli, włączając w to systemy pomiaru zużycia wody, zamówienia odbiorców oraz lokalne systemy sterowania (SCADA). Operatorzy mogą na bieżąco sprawdzać i przewidywać poziom wód i przepływy w rzece poprzez system monitoringu oraz dzięki uwzględnieniu najświeższych prognoz pogody z Biura Meteorologii. System opiera się na otwartej i modułowej koncepcji pozwalającej State Water na jego rozszerzanie i dostosowywanie do swoich potrzeb z uwzględnieniem przyszłych osiągnięć technologii modelowania i monitorowania. System CARM pozwala na całkowicie automatyczne sterowanie operacjami rzecznyymi z możliwością manualnej interwencji w każdym momencie.

### Korzyści

Optymalizacja kontroli przepływu, możliwa dzięki nowemu systemowi, ma pozytywne skutki dla wszystkich odbiorców wody. Zapewnia podniesienie poziomu świadczonych usług, bardziej niezawodne dostawy wody do wszystkich użytkowników, większe możliwości technologiczne dla operatorów systemów nawadniania, sprawiedliwy podział dostępnych zasobów wody pomiędzy użytkownikami, efektywne działania przeciwpowodziowe mające na celu łagodzenie skutków powodzi poniżej zapór oraz zwiększenie zaufania dla systemu operacyjnego i pomiarowego Murrumbidgee. Operatorzy mają dostęp do wszystkich informacji niezbędnych do planowania operacyjnego oraz podejmowania świadomych i zoptymalizowanych decyzji operacyjnych związanych z rzeką.

Pomimo zakończenia suszy oraz powrotu do bardziej korzystnych warunków hydrologicznych, nieunikniony jest powrót tego zjawiska w przyszłości. Wówczas Murrumbidgee będzie jednym z najlepiej przygotowanych systemów rzecznych na świecie, w którym możliwe jest zaspokajanie potrzeb odbiorców wody oraz osiągnięcie celów środowiskowych przez wszystkich użytkowników rzeki.



*Jaz Yanco Diversion na rzece Murrumbidgee*

#### **Referencje:**

1. Pratt Water (2005); "The Business of Saving Water: The Report of the Murrumbidgee Valley Water Efficiency Feasibility Project", Grudzień 2004.
2. SKM (2010a), "Water Balance Study for Murrumbidgee River", Etap I, Raport przygotowany dla State Water, Czerwiec 2010
3. SKM (2010b), "Water Balance Study for Murrumbidgee River - Operational Surplus Assessment", Szkic raportu przygotowanego dla State Water, Czerwiec 2010