

Krzysztof Bartoszewski
Marek Czapliński
Rafalina Korol
Jakub Markowski

KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE PLANOWANIA OCHRONY WÓD PRZED ZANIECZYSZCZENIEM

Do zadań wydziałów ochrony środowiska, gospodarki wodnej i geologii w urzędach wojewódzkich należy m. in. planowanie ochrony wód przed zanieczyszczeniem, przez które rozumie się opracowanie programu zadań i prac, które mają być wykonane w określonym czasie. W przypadku ochrony wód planowanie to obejmuje:

- określenie (wyznaczenie) dopuszczalnych ładunków zanieczyszczeń, jakie można odprowadzać z istniejących i projektowanych oczyszczalni ścieków,
- analizę sposobu rozmieszczenia (lokalizacji) oczyszczalni wraz z określeniem wymaganych stopni oczyszczania ścieków i związanych z tym kosztów,
- ocenę możliwości i opracowanie kolejności działań w celu uporządkowania, tj. doprowadzenia nadmiernie zanieczyszczonych rzek do wymaganego stanu,
- określenie możliwości poboru wody z uwzględnieniem jej ilości i jakości.

Planowanie ochrony wód wymaga prowadzenia prac symulacyjnych i optymalizacyjnych, tj. poszukiwania rozwiązań najkorzystniejszych spośród wielu możliwych. Planowanie to musi być elastyczne, tj. musi uwzględniać zmieniający się w czasie (lata) stan zanieczyszczenia odbiorników, rozwój gospodarczy regionu, jak również postęp w dziedzinie oczyszczania ścieków. Narzędziem, które umożliwia takie elastyczne planowanie, jest komputer wraz z odpowiednim oprogramowaniem. Opracowania takich programów podjęli się autorzy artykułu w ramach programu rządowego „Gospodarka Wodna” (CPBR 11.10) [1]. Przy opracowaniu programów przyjęto następujące założenia:

- programy mogą być stosowane i wdrażane przez każdy wydział ochrony środowiska lub inną dowolną jednostkę gospodarczą,
- programy przystosowane są do komputerów osobistych klasy PC, np. IBM PC/XT lub IBM PC/AT,

— podstawową bazą wielkości wejściowych są pomiary stanu zanieczyszczenia wód w przekrojach pomiarowo-kontrolnych, wykonywane przez ośrodki badań i kontroli środowiska.

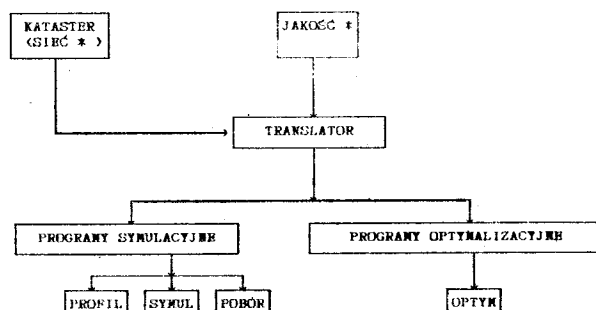
Programy te opracowano tak, aby praca użytkownika sprowadzała się tylko do wprowadzania z klawiatury komputera wyników analiz fizyczno-chemicznych wód w przekrojach pomiarowo-kontrolnych. Wielkości te przetwarzane będą przez komputer i wykorzystywane dalej w programach służących do komputerowego wspomaganie planowania ochrony wód przed zanieczyszczeniem.

Opracowane oprogramowanie jest istotnym postępem w stosunku do wykonywanych obecnie przez Instytut Ochrony Środowiska prac pt. „Perspektywiczne plany ochrony wód przed zanieczyszczeniem” [2]. Postęp ten wynika stąd, że:

- obliczenia prowadzi się na aktualnych wartościach wejściowych (zanieczyszczenia wód, ilość i skład odprowadzanych ścieków, wielkość poboru wody),
- wielkości wejściowe są ciągle uzupełniane i weryfikowane przez użytkownika,
- możliwa jest szybka analiza skutków różnych decyzji na stan systemu wodnego (ilość, jakość).

Charakterystyka programów

Strukturę i wzajemne powiązania programów przedstawiono na rysunku 1.



* programy opracowane przez IMGW Oddz. we Wrocławiu

Rys. 1. Struktura programów do wspomaganie planowania ochrony wód przed zanieczyszczeniem

Dr inż. K. Bartoszewski: Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej, Wyb. S. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław.

Dr inż. J. Markowski: Instytut Cybernetyki Technicznej Politechniki Wrocławskiej, Wybrzeże S. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław.

Mgr inż. R. Korol, M. Czapliński: Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Oddział we Wrocławiu, ul. Rosenbergow 30, 51-617 Wrocław.

Program KATASTER jest programem pomocniczym, zawierającym strukturę oraz charakterystykę hydrologiczną zlewni rzek. Program ten wszystkim punktom charakterystycznym zlewni (dopływ, odprowadzanie ścieków, pobór wody, punkty pomiarowo-kontrolne, budowle hydrotechniczne itp.) nadaje odpowiedni numer kodowy. Pozwala to na proste programowe tworzenie struktury zlewni rzek z zachowaniem rzeczywistego ich kilometrara oraz na odczytywanie w tych punktach wartości parametrów hydrologicznych.

Program JAKOŚĆ oblicza wartości stężeń charakterystycznych (miarodajne, gwarantowane) w punktach pomiarowo-kontrolnych i punktach charakterystycznych rzek w oparciu o:

- metodę statystyczną (szacowania o określonym prawdopodobieństwie występowania),
- metodę regresyjną (szacowania miarodajne),
- metodę CUGW.

Jako uzupełnienie program oblicza zajętość zasobu wg Zajberta [3] oraz wyznacza wskaźnik zanieczyszczenia decydujący o zaliczeniu odbiornika do odpowiedniej klasy czystości. Przykład wyniku obliczeń tego programu dla ujściaowego przekroju Nysy Łużyckiej przedstawiono w tabeli 1.

Program PROFIL, bazujący (wejście) na programie KATASTER i obliczeniach programu JAKOŚĆ, pozwala na:

- Przegląd struktury zlewni rzek (w pamięci komputera może być do 10 zlewni).
- Przegląd (i druk) profili hydrochemicznych rzek dla dowolnie wybranego węzła początkowego, co umożliwia sporządzanie profilu dla kilku rzek wzdłuż dowolnie wybranej drogi, np. od dopływu najniższego rzędu do rzędu najwyższego. Jest to istotna różnica w stosunku do stanu obecnego, w którym profile hydrochemiczne wykonuje się oddzielnie dla każdej rzeki.

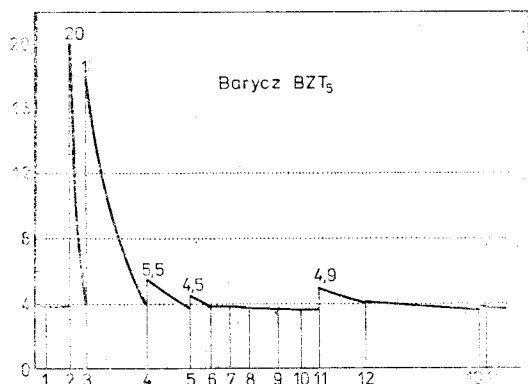
Tabela 1

PRZYKŁAD WYDRUKU WARTOŚCI STĘŻEŃ MIARODAJNYCH OBLICZONYCH PROGRAMEM JAKOŚĆ

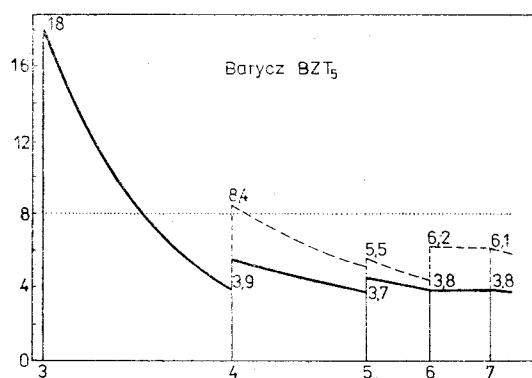
METODA : Miarodajna		Dla ładunków						
RZKA : NYSA ŁUŻYCKA		Punkt pomiarowo - kontrolny						
PRZEKROJ POMIAROWO - KONTROLNY : Przed ujściem do Odry								
KILOMETR : 1.0 km		Przepływ (SNQ): 11.600 m ³ /s					ROK 1980	
Lp.	Cechy	Jednostka	Stężenie		Stw. klasa	Chłoność g/s	% w normie	Zasób m ³ /s
			obliczone	dopuszczalne				
23	Tlen rozp.	mg O ₂ /dm ³	5.872	5.000	II	10.11	100	2.023
23	BZT5	mg O ₂ /dm ³	4.419	8.000	II	41.54	91	5.193
23	CHZT-Mn	mg O ₂ /dm ³	6.170	20.000	I	150.42	100	8.021
23	Fenole	mg/dm ³	.005	.020	I	.17	100	8.804
23	Siarczany	mg SO ₄ ²⁻ /dm ³	92.476	200.000	I	1247	100	6.236
23	Fosforany	mg PO ₄ ³⁻ /dm ³	.294	.500	II	2.39	100	4.786
23	Azot amonowy	mg NH ₄ ⁺ /dm ³	.427	3.000	I	29.84	100	9.948
23	Azot azotanowy	mg NO ₃ ⁻ /dm ³	1.800	7.000	II	60.32	100	8.618
23	Azot azotynowy	mg NO ₂ ⁻ /dm ³	.046	-	-	-	-	-
23	Zawiesina ogólna	mg/dm ³	19.181	30.000	I	125.49	56	4.183
23	Twardość ogólna	mval/dm ³	3.406	11.000	I	* 88.08	100	8.000
23	Chlorki	mg Cl ⁻ /dm ³	36.617	300.000	I	3055	100	10.184
23	Zasadowość ogólna	mval/dm ³	2.026	-	-	-	-	-
Wymagana klasa II. Stwierdzona klasa II w grupie fizykochemicznej ze względu na Tlen rozp. zasób 2.023								
OCENA OGÓLNA. Wymagana klasa II * - mval/s								
Stwierdzona klasa II ze względu na zanieczyszczenia fizykochemiczne								

— Symulację i druk profilu hydrochemicznego dla dowolnie wybranego węzła początkowego i dowolnie przyjętych zmian w wielkości wprowadzanych ładunków. Wynikiem obliczeń jest prognozowany profil hydrochemiczny rzeki.

W obliczeniach symulacyjnych program ten podpowiada użytkownikowi jaka jest chłonność na zanieczyszczenia w każdym węźle z odpowiednim znakiem, tj. (+) gdy w danym węźle stężenia miarodajne są mniejsze od dopuszczalnych (co zależy od przyjętej klasy czystości) lub (—), gdy w danym węźle przekroczone są stężenia miarodajne. W obliczeniach symulacyjnych możliwa jest zmiana wprowadzanych ładunków dla dowolnej liczby węzłów. Przegląd i symulacja profilu hydrochemicznego możliwa jest dla wszystkich wskaźników fizyczno-chemicznych wody mierzonych przez OBKŚ w przekrojach pomiarowo-kontrolnych. Przykład możliwości obliczeniowych tego programu przedstawiono na rysunkach 2 i 3.



Rys. 2. Przykład profilu hydrochemicznego Baryczy (BZT₅); dane z 1988 r.



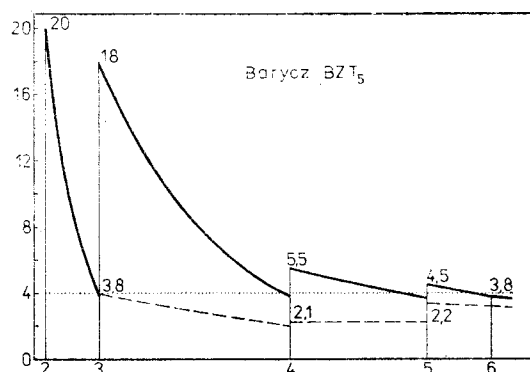
Rys. 3. Przykład symulacji profilu hydrochemicznego Baryczy (BZT₅). Wprowadzone dodatkowe ładunki w węzłach: 4(+0,5 g/s) i 6(+1,0 g/s); linia ciągła — stan obecny, linia przerywana — stan prognozowany

Program SYMUL jest rozszerzeniem programu PROFIL i pozwala na analizę wpływu (symulację) rozmieszczenia i stopnia oczyszczania ścieków z oczyszczalni (istniejących, prognozowanych) na jakość (profil hydrochemiczny) wody. Wynikiem obliczeń jest:

— koszt budowy oczyszczalni (każdej oddzielnie i sumarycznie),

— prognozowany stan odbiornika po oczyszczeniu ścieków w przyjętych źródłach zanieczyszczeń (oczyszczalniach).

W obliczeniach program podpowiada użytkownikowi jaki jest minimalny wymagany stopień oczyszczania ścieków ze źródeł istniejących. Program ten jest szczególnie przydatny w pracach związanych z porządkowaniem gospodarki wodno-ściekowej zlewni rzek. Na jego podstawie można oszacować koszty, jakie muszą być poniesione, aby rzekom nadmiernie zanieczyszczonym przywrócić wymaganą klasę czystości. Obliczenia można prowadzić dla dowolnej liczby oczyszczalni i dowolnego węzła początkowego. Przykład obliczeń z wykorzystaniem programu SYMUL przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Przykład wyników obliczeń programem SYMUL. Oczyszczalnie zlokalizowane w węźle 3(NSO=98%) i węźle 4(NSO=90%); linia ciągła — stan obecny, linia przerywana — stan prognozowany

Program OPTYM jest programem optymalizacyjnym, wyznaczającym maksymalną chłonność na zanieczyszczenia dla każdego mierzonego wskaźnika zanieczyszczeń. Obliczenia optymalizacyjne prowadzone mogą być dla dowolnej liczby węzłów w zlewni rzeki, w których zmieniać chcemy wprowadzane ładunki zanieczyszczeń. W granicznym przypadku będą to wszystkie węzły. Program ten wspomaga decyzje dotyczące lokalizacji oczyszczalni, jak też wykorzystywany może być w planowaniu, celem określenia maksymalnej ilości zanieczyszczeń, jaka może być wprowadzana do rzek tak, aby zachować wymaganą klasę czystości (ograniczenie w obliczeniach optymalizacyjnych). Przykład obliczeń wykonywanych przez ten program przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2
PRZYKŁAD OBLICZEŃ OPTYMALIZACYJNYCH PROGRAMEM OPTYM
RZKA BARYCZ, STĘŻENIE DOPUSZCZALNE: $C_d = 8 \text{ gO}_2/\text{m}^3$;
OPTYMALIZACJA ŁADUNKU W 5-CIU WĘZŁACH (2, 3, 4, 5, 11)

Nr węzła	Ładunek wprowadzany	Ładunek zdejmowany
2	0.000	1.141
3	0.000	1.196
4	0.042	0.000
5	0.007	0.000
11	0.000	0.562

MAKSYMALNY WPROWADZONY ŁADUNEK = -2.849

Program POBÓR jest programem podobnym do programu PROFIL. Pozwala on na analizę wpływu (symulację) wielkości poboru wody na jakość wód (profil hydrochemiczny) w odbiorniku. Obliczenia symulacyjne można prowadzić dla dowolnie wybranego węzła początkowego i dowolnych zmian wielkości poboru wody. W obliczeniach program podpowiada użytkownikowi, jakie są dyspozycyjne zasoby wody w każdym węźle. Wyniki obliczeń są podobne do przedstawionych na rysunku 3.

Podsumowanie

Podjęte w ramach programu rządowego „Gospodarka Wodna” prace dały narzędzia (programy) umożliwiające komputerowe wspomaganie w planowaniu ochrony wód przed zanieczyszczeniem. Powstałe oprogramowanie pozwala na śledzenie zmian w jakości wód w czasie, jak też umożliwia ocenę skutków realizowanych prac inwestycyjnych na stan zanieczyszczenia odbiorników. Programy te pozwalają np. na porównanie profili hydrochemicznych rzek w poszczególnych latach, jak też na sporządzanie profili dla dowolnie przyjętych okresów, np. średni profil z 5-lecia.

Opracowane programy informują o aktualnym i prognozowanym stanie odbiornika, sukcesywnie do dopływu informacji. Można przyjąć, że po powszechnym wdrożeniu tych programów niepotrzebne będzie opracowywanie atlasów zanieczyszczenia rzek w Polsce, jak też zbędne

będą opracowania dotyczące perspektywicznych planów ochrony wód przed zanieczyszczeniem.

Programy te umożliwiają także jednoznaczne określenie wielkości dopuszczalnych ładunków zanieczyszczeń, jakie można odprowadzać z każdej istniejącej i projektowanej oczyszczalni ścieków. Są to wartości niezbędne przy wydawaniu warunków na odprowadzanie ścieków w pozwoleniach wodno-prawnych.

Programy te dają każdemu użytkownikowi niezbędne informacje potrzebne do efektywnego zarządzania i planowania w ochronie wód przed zanieczyszczeniem. Opracowane programy są nowatorskie i oryginalne.

LITERATURA

1. K. BARTOSZEWSKI: System optymalnego doboru lokalizacji ujęć wody i oczyszczalni ścieków wspomagany komputerowo. Raport Inst. Inż. Ochr. Środow. PWR., seria SPR nr 48/87, Wrocław 1987.
2. **Praca zbiorowa:** Regionalne perspektywiczne plany ochrony wód przed zanieczyszczeniem. Inst. Kształt. Środowiska, Wrocław 1984 (nie publikowane).
3. M. ZAJBERT: Jakościowe ujęcie tzw. zagadnienie jakości (zanieczyszczenia) wód w bilansie wodno-gospodarczym. Wiadomości IMGW, Tom VII, zeszyt 1—2, Warszawa 1981.
4. K. BARTOSZEWSKI, M. KUCZYŃSKI: Lokalizacja oczyszczalni ścieków a ochrona wód przed zanieczyszczeniem. Ochrona Środowiska, nr 30, Wrocław 1986.

COMPUTER-AIDED PLANNING IN WATER POLLUTION CONTROL

Computer programs are presented to (1) calculate concentrations of pollutants in characteristic river cross-sections; (2) simulate the effect of pollution load variations in arbitrary cross-sections on the concentration value in the hydrochemical profile, and (3) simulate the effect of wastewater treatment plant

location on the overall costs and on the variations of the hydrochemical profile. Having such programs at hand, it is possible not only to investigate water quality variations, but also to assess the effects of actual and intended investments on the water quality of the recipients. The programs have been developed for IBM PC computers, so they may become a useful tool in water pollution control or water management systems on local, regional, and national levels.