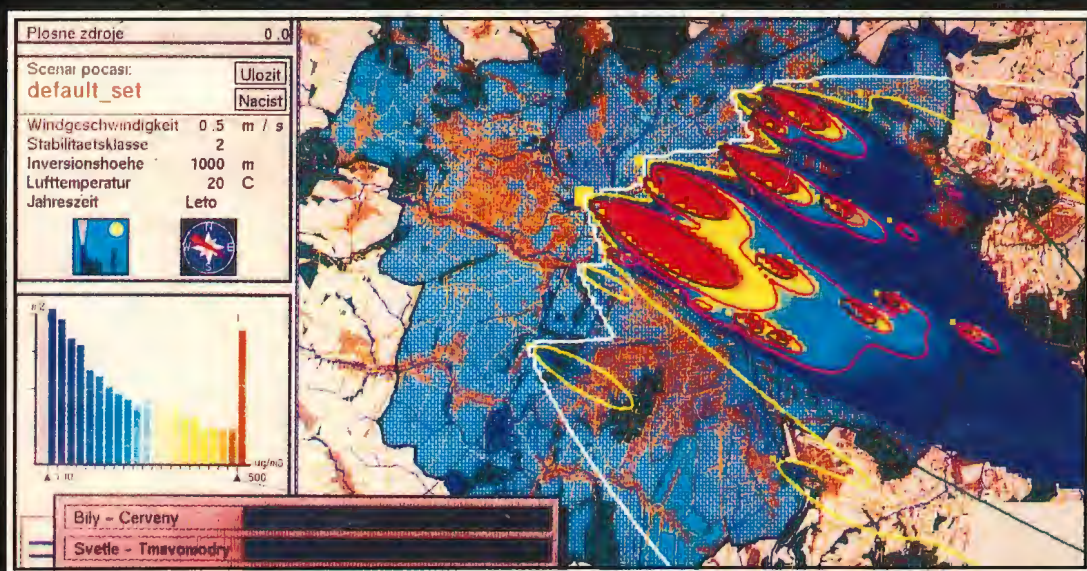


* Polski Zespół ds. Współpracy z IIASA *
* Instytut Badań Systemowych PAN *

ANALIZA SYSTEMOWA I JEJ ZASTOSOWANIA



INTERDYSCYPLINARNOSC * DEMOGRAFIA * PRZEKSZTALCENIA
GOSPODARCZE * SRODOWISKO * LASY * ENERGETYKA *
ZASOBY WODNE * METODY I TECHNIKI SYSTEMOWE

*Materiały z konferencji "Dni Międzynarodowego Instytutu
Stosowanej Analizy Systemowej"*

Warszawa, Pałac Staszica, 20-21 kwietnia 1993

Redaktor
JAN W. OWSIŃSKI

* Polski Zespół ds. Współpracy z IIASA *
* Instytut Badań Systemowych PAN *

ANALIZA SYSTEMOWA I JEJ ZASTOSOWANIA

*Materiały z konferencji "Dni Międzynarodowego Instytutu
Stosowanej Analizy Systemowej"*
Warszawa, Pałac Staszica, 20-21 kwietnia 1993

Redaktor
JAN W. OWSIŃSKI

Warszawa, grudzień 1993

**Niniejsza publikacja została wydana dzięki dofinansowaniu
przyznanemu przez Komitet Badań Naukowych**

© Polska Akademia Nauk

ISBN 83 - 85847 - 25 - 1

*Na okładce wykorzystano fragment postaci ekranu z jednego
z systemów oprogramowania przeznaczonych do celów
przestrzennej analizy środowiskowej, opracowanego w ramach projektu
IIASA - ZAAWANSOWANYCH ZASTOSOWAN KOMPUTEROWYCH
we współpracy z zespołem z IBS PAN w składzie:
P.Holnicki, A.Katuszko i A.Żochowski.*

42859

**Skład i opracowanie tekstu:
Dział Wydawniczy Instytutu Badań Systemowych PAN**

**Druk i oprawa: ZWP SYNPRESS, Łomianki, ul. Łąkowa 17
tel./fax 511-745**

KOSZTOWO EFEKTYWNE ZARZĄDZANIE ZASOBAMI WODNYMI W KRAJACH EUROPY ŚRODKOWEJ I WSCHODNIEJ

Laszlo Somlyódy

Międzynarodowy Instytut Stosowanej Analizy Systemów
Laxenburg, Austria

1. Wprowadzenie

Kiepska jakość wód powierzchniowych i podziemnych na obszarze Europy środkowej i wschodniej uzyskała obszerną dokumentację zgromadzoną od początku przemian politycznych, które zachodziły w tym regionie w ciągu ostatnich czterech lat (por. np. Alcamo, 1992, Golitsyn, 1992, Hughes, 1992, czy Somlyódy, 1991 i 1993). W przypadku wód powierzchniowych jakość ta jest, między innymi, scharakteryzowana przez wysokie wartości BOD (biochemicznego zapotrzebowania na tlen - "biochemical oxygen demand"), przekraczające zachodnie wartości norm na zrzuty ścieków, częste silne zużycie tlenu, wysokie stężenie amoniaku i azotanów, stwarzające niebezpieczeństwo dla zaopatrzenia ludności w wodę, wysokie zawartości składników nawozowych powodujących sztuczną eutrofikację wód śródlądowych i mórz, współistnienie składników tradycyjnych i materiałów toksycznych oraz wysoki stopień zanieczyszczenia osadowego.

Ten wysoki poziom zanieczyszczeń jest wynikiem oddziaływania kilku czynników. Po pierwsze, należy wspomnieć niski stopień oczyszczania ścieków miejskich, nie przekraczający w wielu krajach 40%. Ewentualne

koszty inwestycyjne, niezbędne do osiągnięcia poziomu zbliżonego do zachodnioeuropejskiego kształtowałyby się na poziomie wielu miliardów dolarów amerykańskich. Wysokie zanieczyszczenie ze źródeł przemysłowych, posługiwanie się starymi technologiami produkcji, brak oczyszczania wstępnego [w obrębie zakładów przemysłowych] oraz brak odpowiednich instrumentów ekonomicznych i środków przymusu tworzą razem drugą przyczynę złej jakości wód. Trzecią zaś przyczyną degradacji jakości wody jest rolnictwo, które jest źródłem zarówno składników nawozowych, jak i mikrozanieczyszczeń pojawiających się w wodach.

Zachodzące obecnie przemiany gospodarcze wpływają w znaczący sposób na zanieczyszczenie wód, jakkolwiek wpływ ten ma różnoraki charakter. I tak, na przykład, spadek zużycia nawozów sztucznych w rolnictwie węgierskim spowodował obniżenie się zawartości składników nawozowych o 20-40% w niektórych rzekach. Spadek produkcji przemysłowej i zamykanie niektórych fabryk pociągnęły za sobą poprawę sytuacji w części silnie zanieczyszczonych rzek, tak, że ich jakość poprawiła się o jedną do dwóch klas. Zmiany te, których nie uzyskaloby się przy pomocy żadnej systematycznej akcji prowadzonej normalnymi metodami, pokazują nowe możliwości, jakie należy postrzegać w obrębie powiązań między zarządzaniem środowiskiem a przemianami gospodarczymi.

W odróżnieniu jednak od zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego i przemysłowego, zanieczyszczenia pochodzenia miejskiego praktycznie nie zmieniły się pod wpływem obecnych przemian gospodarczych. Przez ostatnie czterdzieści lat systemy zaopatrzenia w wodę miast i wsi były rozwijane w sposób niezgodny z zasadą podtrzymywalności ekologicznej, a ponadto wysokość inwestycji była niewystarczająca, toteż obecna infrastruktura w tym względzie jest znacznie poniżej standardów zachodnioeuropejskich. Nakłady niezbędne do poprawienia istniejących systemów byłyby ogromnym ciężarem nawet dla stabilnych gospodarek.

Wspomniane powyżej różnice sytuacji wymagają różnych podejść. Dla przemysłu i rolnictwa najważniejszym zagadnieniem jest sposób, w jaki możnaby najlepiej wykorzystać obecną okazję przy pomocy odpowiednio zaprojektowanej polityki gospodarczej i środowiskowej. Ale ośrodki miejskie, które znajdują się też pod wpływem przemysłu, stoją przed zupełnie innym zadaniem. Dylemat tutaj polega na tym, że trzeba opracować strategię umożliwiającą transformację społeczną i gospodarczą bez ostrzania istniejących problemów, charakteryzujących się, między innymi, niskim poziomem produktu narodowego brutto na mieszkańca (jedna piąta do jednej dziesiątej poziomu tego wskaźnika dla krajów zachodnich).

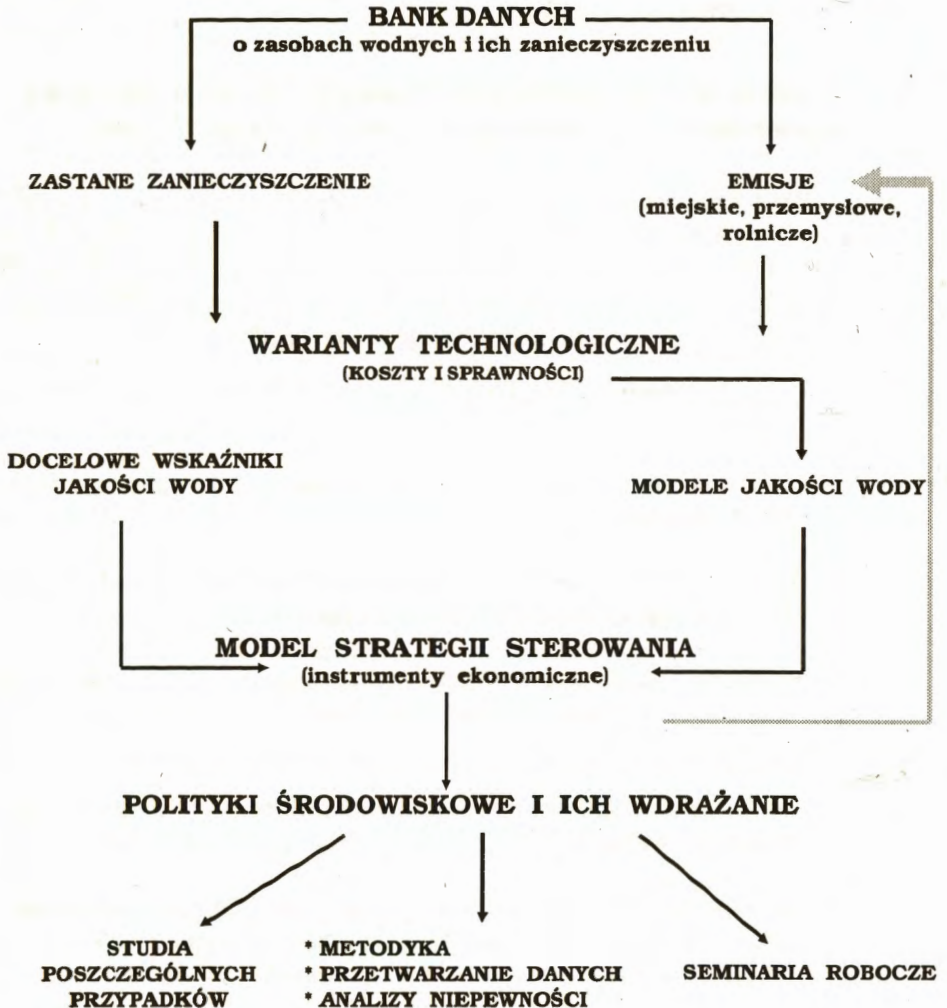
Ponieważ fundusze na cele zarządzania środowiskiem naturalnym, jakimi dysponuje administracja rządowa są znacznie mniejsze niż faktycznie potrzebne, powstaje potrzeba opracowania polityki, która w krótkim horyzoncie czasowym byłaby kosztowo efektywna i zarazem mogłaby być stopniowo dopasowywana do potrzeb długofalowych. Każda taka strategia musi być, naturalnie, częścią zintegrowanego podejścia odnoszącego się do wszystkich źródeł zanieczyszczeń i do wszystkich mediów środowiskowych (powietrza, wody i gleby).

2. System wspomagania podejmowania decyzji dla celów opracowywania strategii sterowania jakością wody

Aby móc opracowywać strategie dotyczące basenów rzek, zgodne z poprzednio podanymi zasadami, projekt zasobów wodnych IIASA rozpoczął prace nad systemem wspomagania podejmowania decyzji (w skrócie DSS, od angielskiego "Decision Support System"), który mógłby być użytkowany przez planistów i decydentów do takich celów jak:

- badanie skutków różnych zmian w całkowitych kosztach gospodarczych,
- rozdział kosztów pomiędzy różne sektory, kraje, miasta, zakłady przemysłowe itd.,
- ocena całkowitych emisji wpływających na jakość wody oraz ich rozkładu geograficznego i branżowego,
- badania jakości wody w rozmaitych skalach (zanieczyszczanych basenów cząstkowych, basenów całościowych, basenów wielkich rzek i mórz),
- badania alternatywnych sposobów technicznych stosowanych wobec ścieków,
- opracowywanie strategii kontroli emisji (w tym standardów opartych na dostępnych technologiach, docelowych poziomów jakości wody, instrumentów ekonomicznych itp.), a także
- programowanie realizacji polityk, modernizacji oczyszczalni ścieków i zmian w jakości wody (zarówno w ramach planowania krótkoterminowego, jak i długofalowego).

Proces planistyczny, a zatem i odpowiedni DSS, musi opierać się na ścisłej integracji wielu dyscyplin i zagadnień, pochodzących zarówno z planowania regionalnego jak i analizy i wspomaganie decyzji, a także z mikroekonomiki, inżynierii sanitarnej i wodnej, inżynierii środowiska (analiza i modelowanie stanu wód), zastosowań instrumentów ekonomicznych, finansów publicznych (w celu oceny implikacji finansowych róż-



Rys. 1 Ramy i elementy modelu tworzenia polityk sterowania jakością wody

nych polityk) i wreszcie innowacji w zakresie projektowania oczyszczalni ścieków oraz różnych metod modelowania jakości wody i opracowywania strategii sterowania tą jakością (identyfikacja, niepewność, optymalizacja itd.).

Ramy i główne elementy modelu polityk i strategii sterowania jakością wody w basenie rzeki są zilustrowane na Rys. 1. Zarysowany system jest w trakcie realizacji dla środowiska PC w języku C. Łatwe w użyciu, komercyjne pakiety oprogramowania są wykorzystane do celów zarządzania bazami danych i tworzenia elementów graficznych. Wykorzystuje się również możliwości systemu oprogramowania MS Windows.

Wpływ różnych emisji zanieczyszczeń jest odzwierciedlany w postaci stanu jakości wód przy pomocy modeli symulacyjnych. Aktualnie możliwe najlepsze modele hydrologii, transportu i reakcji chemicznych są używane w ramach dość elastycznego podejścia w celu charakteryzacji dróg tlenu i czynników nawozowych, jak również innych rodzajów zanieczyszczeń wody (por. np. Thomann i Mueller, 1987, oraz Somlyódy i Varis, 1992). Modele te mogą być wykorzystywane w warunkach stanu ustalonego w sposób deterministyczny (dla warunków niskiego przepływu), a następnie w fazie sprawdzania przy użyciu modeli i wariantów modeli dynamicznych (podejście odpowiadające przepływowi fali parabolicznej), albo też mogą być wykorzystywane w trybie stochastycznym przy pomocy metod Monte Carlo (por. np. Brown, 1989). W tym ostatnim przypadku używa się rozkładów statystycznych dla najważniejszych parameterów hydrologicznych, hydraulicznych i innych. Pozwala to na uzyskanie informacji o poziomie przekroczenia odpowiednich norm i standardów oraz na wzięcie pod uwagę stochastyczności i niepewności właściwych dla układów zasobów wodnych. Przygotowujemy także szybkie algorytmy oparte na analizie wariancji. Dla celów realizacji postępowania identyfikacyjnego stosowana jest przez nas metodyka o charakterze generycznym, zaproponowana przez Hornbergera i Speara (1981), jako procedura zewnętrzna w stosunku do DSS. Metoda zaadoptowana jest niezależna od struktury modelu. Wykorzystuje ona procedurę Monte Carlo na bazie tak zwanej definicji zachowania i w sposób jawny bierze pod uwagę niepewność i skąpość danych.

Danymi wejściowymi do modelu, w sensie obciążeń środowiskowych, są emisje miejskie (municipalne, z gospodarstw domowych przede wszystkim) i przemysłowe, spływ miejski, niepunktowe rolnicze źródła zanieczyszczeń oraz inne źródła. Dla wszystkich tych wejść modelu opracowuje się podmodele mające szerokie możliwości uwzględniania alternatyw go-

spodarki ściekami, różnych scenariuszy oraz ocen odpowiednich kosztów. Podczas pierwszej fazy badań uwzględniano przede wszystkim emisje municypalne, ze względu na potencjalny ogromny koszt odnośnych operacji w obszarze Europy środkowej i wschodniej, jako, że, zgodnie z tym, o czym już wspominaliśmy, emisje municypalne nie mogą być redukowane po prostu przez innowacyjne polityki restrukturacyjne, co mogłoby zadziałać właściwie w przypadku przemysłu i rolnictwa.

Różne sformułowania modeli polityk sterowania zanieczyszczeniami wody (z uwzględnieniem i bez uwzględnienia instrumentów ekonomicznych) są analizowane w pracy Somlyódy'ego i Paulsena (1992). Sformułowania te prowadzą do rozmaitych postaci zadań optymalizacji. Względnie proste rozwiązania mogą być wyznaczone dla systemów liniowych, to znaczy wtedy, gdy wpływ na jakość wody może być wyrażony przy pomocy tak zwanych współczynników transmisji. Jest jednak często tak, że nie możemy zakładać liniowości odpowiednich zależności, a przeto i procedury otrzymywania rozwiązań stają się wtedy raczej dość wyrafinowane. Trudności są dodatkowo potęgowane przez fakt, że zagadnienia praktyczne mają charakter wielo - zanieczyszczeniowy, to znaczy, że działa jednocześnie wiele różnych rodzajów czynników zanieczyszczeń, a w odpowiednich procesach występują niepewności i zależności probabilistyczne, mające różne źródła.

W opisanych powyżej warunkach atrakcyjnym staje się zastosowanie programowania dynamicznego (patrz, na przykład, Hahn i Cembrowicz, 1981). Jest ono prostą konsekwencją faktu spływu wody w dół rzek i innych cieków (zastosowane sterowania nie mają wpływu [w zasadzie] na część basenu położoną powyżej punktu przyłożenia sterowania). Bieg rzeki i całość basenu mogą być podzielone na odcinki spływu oddzielone od siebie punktami pomiarowymi, dla których określone są cele w zakresie jakości wody. Strategia minimalno-kosztowa dla całości basenu może być efektywnie wyznaczona na podstawie rozwiązań optymalnych dla poszczególnych regionów [określonych na podstawie punktów pomiarowych]. Korzyści z zastosowania programowania dynamicznego są wielorakie: można włączyć do tej metodyki bez większych kłopotów zarówno proste jak i skomplikowane modele symulacyjne, można uwzględnić w jej ramach nieliniowe charakterystyki dynamiki systemów i funkcji kosztów, a także zmienne całkowitoliczbowe i mieszane, odpowiadające naturze alternatyw oczyszczania i innych elementów strategii sterowania zanieczyszczeniami wód, i wreszcie można w tej metodyce uwzględnić zagadnienie optymalnego programowania działań. Poza tym, cele w zakresie

jakości wody mogą być sformułowane w języku wielorakich zanieczyszczeń i ich wskaźników (na przykład poziomy zawartości rozpuszczonego tlenu, amoniaku, czy azotanów), oraz ich wariacji (rozmiary przestrzeni stanów odpowiednich zadań są ograniczane przez rosnące zapotrzebowania na pamięć i czas obliczeniowy, w zależności od konkretnej realizacji procedury rozwiązującej, tak zwanego "solwera").

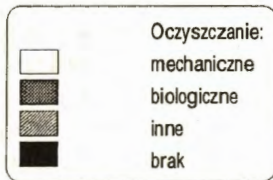
3. Obecne poziomy emisji miejskich w regionie Europy Środkowej i Wschodniej

Ogólny poziom zaopatrzenia w wodę w miastach Polski, Czech, Słowacji, Węgier i Bułgarii jest względnie dobry (przynajmniej w zakresie ilości wody), a system kanalizacyjny jest, średnio biorąc, wystarczająco rozwinięty (sytuacja jest znacznie gorsza na obszarach wiejskich, na których mieszka 30% ludności tych krajów). Jednakże zakres oczyszczania ścieków jest wyraźnie niewystarczający - mniej niż 50% ścieków jest oczyszczanych biologicznie (wtórnie). W związku z nadmiernym obciążeniem oczyszczalni ścieków (nieraz o 100% i więcej) i ich kiepskim działaniem, średnia efektywność usuwania materiału organicznego wynosi około 70%. Biorąc pod uwagę tę część ścieków, które w ogóle nie są oczyszczane, lub są oczyszczane tylko mechanicznie (pierwotnie), możemy stwierdzić, że mniej niż 35% wpływającego BOD jest eliminowana. Nie istnieje praktycznie usuwanie składników nawozowych. Oczyszczanie osadu jest niewłaściwe, a jego składowanie jest związane z zagrożeniem z powodu braku wstępnego oczyszczania przemysłowego i wynikającego stąd wysokiego poziomu zawartości metali ciężkich.

Sytuacja w dziedzinie zaopatrzenia w wodę i oczyszczania ścieków różni się w sposób istotny w poszczególnych krajach. Jak widać na Rysunkach 2 i 3 w Polsce mamy wiele oczyszczalni stosujących wyłącznie metody mechaniczne, które to oczyszczalnie są znacznie przeciążone (udział oczyszczania wyłącznie mechanicznego jest wysoki także w Słowacji i na Węgrzech). Jest także sporo niedokończonych jeszcze oraz już przestarzałych oczyszczalni ścieków. Przy ocenie stopnia oczyszczania ścieków w Polsce należy rozważyć ewentualny wpływ jakości wody na stan Bałtyku, a także na wody lokalne, do których następują zrzućty. Standardy zachodnioeuropejskie są pod wieloma względami bliskie realizacji lub realizowane w Czechach. Część ludności, która jest obsługiwana przez publiczne systemy zaopatrzenia w wodę jest najmniejsza - wśród pięciu krajów tutaj rozważanych - w Słowacji, podczas gdy stopnie oczyszczania

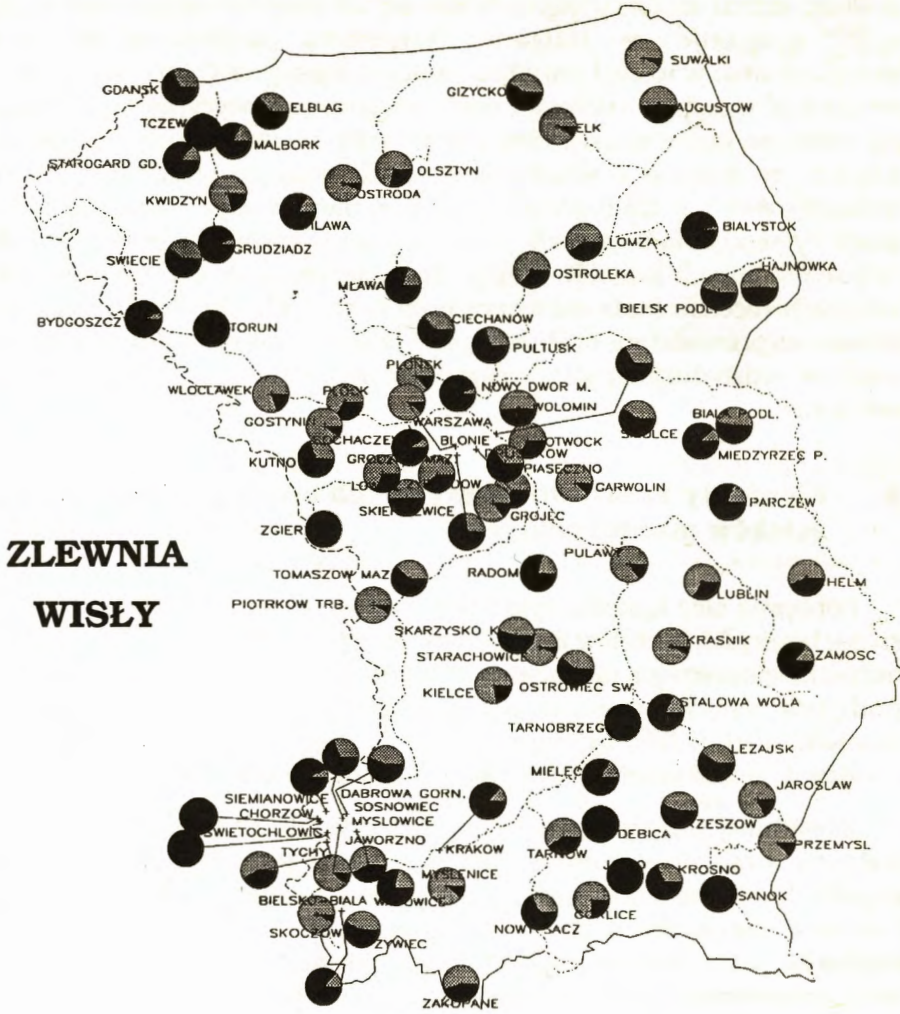


**ZLEWNIA
WISŁY**



Fys. 2. Zakres oczyszczania ścieków miejskich w zlewni Wisły

IIASA Water Resources Project
Laxenburg, Austria



Całkowite i wyjściowe poziomy BOD (kg/dzień)

całkowite
 wyjściowe

Rys. 3. Poziomy BOD dla miast w zlewni Wisły

IIASA Water Resources Project
Laxenburg, Austria

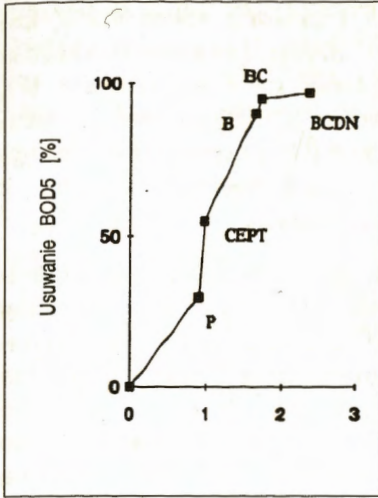
ścieków różnych rodzajów są najniższe w Słowacji i na Węgrzech. Największy udział miast, w których nie ma żadnych urządzeń oczyszczających występuje w Bułgarii. Największą nierównowagę między zaopatrzeniem w wodę i kanalizacją obserwuje się na Węgrzech, gdzie jest to uzasadnione historycznymi preferencjami inwestycyjnymi. Konsumpcja wody na głowę mieszkańca jest wysoka we wszystkich rozważanych krajach, w związku z wysokimi stratami wody ze starzejącej się sieci wodociągowej i z tradycyjnie niskimi cenami wody. Najniższe zużycie wody występuje na Węgrzech, gdzie ceny wody zostały podniesione wcześniej niż w innych krajach. Węgry charakteryzują się poza tym wysokim stopniem rozcieńczenia zanieczyszczeń w wodach, do których następują zrzuty, co prowadzi na ogół do lepszej jakości wód niż w innych krajach, a także bardzo dużym i słabo oczyszczonym zrzutem z metropolii budapeszteńskiej.

4. Elementy kosztowo efektywnych strategii oczyszczania ścieków municypalnych

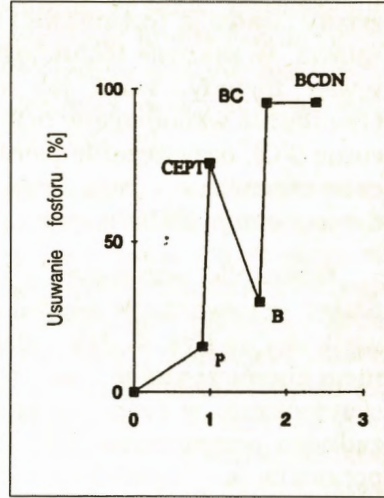
Ponieważ sieć kanalizacyjna jest względnie dobrze rozwinięta na obszarach miejskich krajów Europy środkowej i wschodniej, więc w krótkim horyzoncie czasowym należy się skoncentrować na obniżaniu konsumpcji wody i na poprawie stanu urządzeń oczyszczających (włącznie z przetwarzaniem osadu), tak, by doprowadzić do objęcia oczyszczaniem całości zrzutów i do zamknięcia cyklu poboru i zrzutu wody.

Zasadniczym elementem przy opracowywaniu realistycznych i realizowalnych strategii sterowania jakością wody jest właściwe ustawienie standardów i kryteriów jakości wody. W tym kontekście postuluje się zastosowanie zarówno standardów na zrzuty, jak i na stan wody w środowisku, otrzymanych dla zadanych poziomów zużycia wody, najczęściej stosowanych technologii oczyszczania ścieków oraz ograniczeń finansowych. Standardy takie powinny być oparte na warunkach lokalnych. Mniej ostre standardy powinny być nakładane na początku procesu i następnie zastępowane przez coraz bardziej wymagające w trakcie realistycznie długiego okresu przejściowego (około 15 lat), w trakcie którego obserwowane (monitorowane) byłyby warunki gospodarcze i zmiany jakości wody.

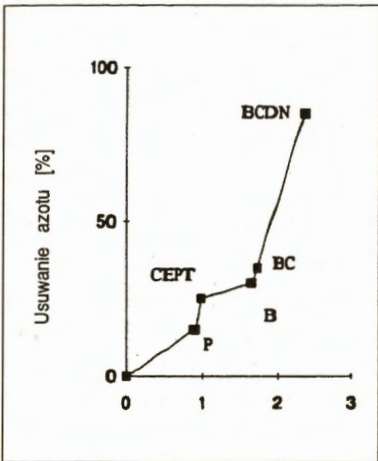
Decyzje dotyczące oczyszczalni ścieków zależą od wielu czynników, takich jak istniejące już urządzenia i ich (nadmierne) obciążenie, dostępne fundusze, wymagania odnośnie wód, do których dokonywane są



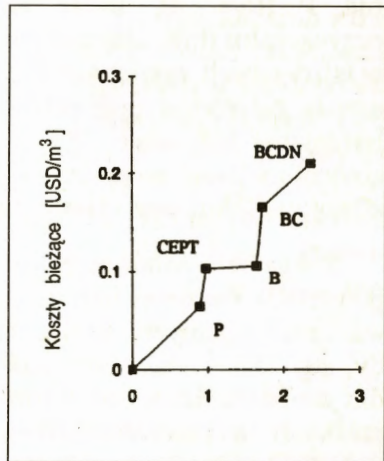
Jednostkowy koszt inwestycji [USD/m³]



Jednostkowy koszt inwestycji [USD/m³]



Jednostkowy koszt inwestycji [USD/m³]



Jednostkowy koszt inwestycji [USD/m³]

Rys. 4. Poziomy oczyszczania i koszty jednostkowe technologii. Wartości wyznaczone dla hipotetycznej oczyszczalni obsługującej 100.000 mieszkańców, przy zużyciu wody 400l dziennie na głowę i wejściowych poziomach BOD = 250 mg/l, TN = 48 mg/l, TP = 12 mg/l.

zrzuty, tradycje techniczne i technologiczne, i wreszcie efektywność kosztowa. W zakresie technologii mamy do dyspozycji sprawdzone alternatywne metody, takie jak oczyszczanie pierwotne mechaniczne (P), chemicznie wspomagane oczyszczanie pierwotne (CEPT), pierwotne strącanie (PC), oczyszczanie pierwotne i biologiczne (B), oczyszczanie biologiczno-chemiczne (BC), oraz oczyszczanie biologiczno-chemiczne z denitryfikacją (BCDN), patrz Ødegaard i Henze (1992).

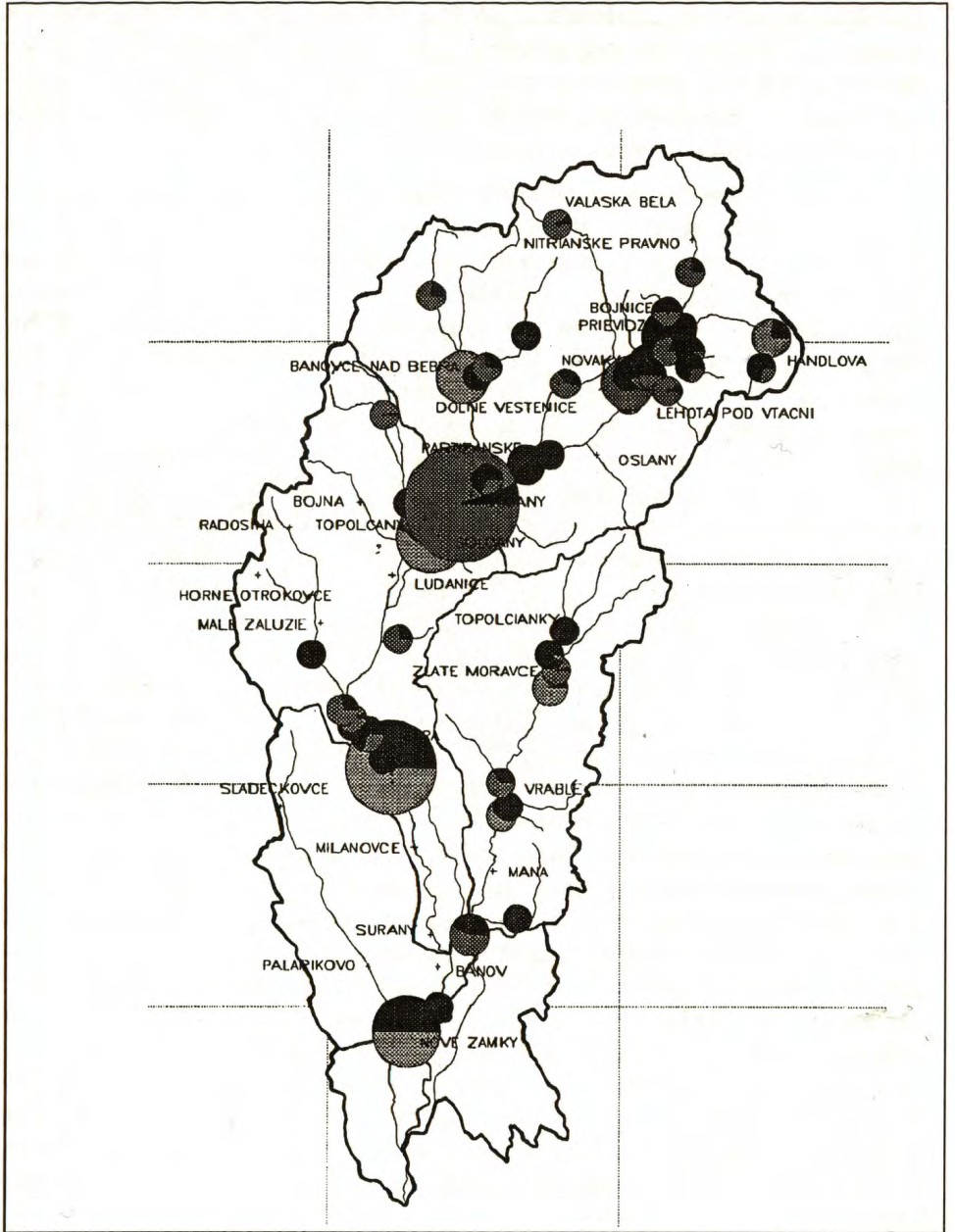
Wskaźniki oczyszczania i przybliżone koszty jednostkowe (uwzględniając przetwarzanie osadu) są dla pokazane dla oczyszczalni średniej wielkości na Rys. 4. Jak widać, CEPT (lub PC z intensywniejszym działaniem chemicznym) jest kosztowo najefektywniejszym pierwszym krokiem oczyszczania w tych przypadkach, w których obecnie nie ma jeszcze żadnego oczyszczania. CEPT może być wykorzystywane efektywnie do poprawiania wyników istniejących urządzeń do oczyszczania mechanicznego lub też przeciążonych oczyszczalni biologicznych (z lub bez nityfikacji/denitryfikacji). Wymagania kapitałowe są minimalne. Korzyści obejmują, poza poprawą w zakresie BOD i wskaźników oczyszczania P (Rys. 4), także znaczący wzrost potencjału przerobowego oczyszczalni (lub, alternatywnie, intensyfikację nityfikacji/denitryfikacji w istniejących systemach z czynnym osadem, albo też możliwość zmniejszenia gabarytów przewidywanej jednostki biologicznej następującej po istniejącej jednostce CEPT): prędkość przepływu powierzchniowego w zbiorniku osadowym oczyszczania pierwotnego może być praktycznie zdwojona (Morissey i Harleman, 1990).

Z Rys. 4 wynika również jasno, że usuwanie azotu bardzo wyraźnie powiększa koszty systemu oczyszczania. Tak więc, usuwanie azotu jest w warunkach silnych ograniczeń finansowych usprawiedliwione tylko wtedy, gdy zanieczyszczenie amoniakiem lub azotanami stanowi zagrożenie dla zaopatrzenia w wodę lub dla jakości wód morskich. W innych przypadkach oczyszczalnie powinny być projektowane w taki sposób, by ewentualne rozszerzenie o usuwanie azotu mogło być zrealizowane w późniejszym okresie.

Obecny stan oczyszczania ścieków i zrzutów przemysłowych w krajach Europy środkowej i wschodniej, brak funduszy, a także potrzeba opracowania realizowalnych strategii krótkoterminowych i podtrzymywalnych strategii długofalowych, w powiązaniu z szeroką gamą dostępnych wariantów technologicznych, prowadzą razem do logicznego wniosku, że właściwą drogą jest wielostopniowa realizacja systemów oczyszczania w okresie przejściowym, skoordynowana z ustaleniami dotyczącymi prawo-

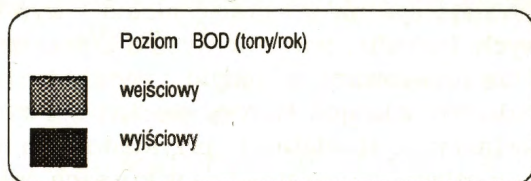
dawstwa w zakresie środowiska. Można wykazać, że takie postępowanie, wraz z odpowiednio zaprojektowanymi schematami finansowania rozważanych inwestycji, może znacznie zwiększyć średnią efektywność kosztową w okresie eksploatacji inwestycji (w zależności, oczywiście, od stopy procentowej, inflacji i jeszcze kilku innych czynników).

Wszystkie wspomniane powyżej elementy mogą zostać zintegrowane w ramach modelu strategii sterowania jakością wody, zilustrowanego na Rys.1, co pozwoli na wyznaczenie minimalnokosztowych strategii dla basenów rzek. Użyteczność krótkoterminowej strategii minimalnokosztowej (której opracowanie jest przedmiotem współpracy pomiędzy IIASA, Instytutem Hydrologicznym, VUVH, z Bratysławy i Zarządem Basenu rzeki Wag - Słowacja), została zilustrowana na przykładzie basenu częściowego dorzecza Dunaju, a mianowicie basenu Nitry w Słowacji (Somlyódy i Paulsen, 1992). Rozważany obszar obejmuje nieco więcej niż 5.000 km² i jest zamieszkały przez około 600.000 osób. Emisje przemysłowe i municypalne, w połączeniu z brakiem odpowiedniego systemu oczyszczania (Rys. 5), doprowadziły do obniżenia jakości wody, co jest odzwierciedlone przez wartości DO < 1 mg/l i BOD5 > 40 mg/l (Koivusalo i in., 1992). Wstępne zastosowanie modelu tworzenia strategii kontroli zanieczyszczeń pokazuje, że obecne poziomy DO mogą zostać podniesione przez zastosowanie odpowiednich sterowań największych zrzutów do około 7 mg/l, jeśli zastosuje się "najlepszą z dostępnych technologii" ("best available technology"), to znaczy BCDN, por. Rys. 4. Koszt kapitałowy tego przedsięwzięcia należy ocenić na około 65×10^6 USD. Jeśli jednakowoż bylibyśmy zadowolili się poziomem DO = 4 mg/l, co i tak byłoby znacznym postępem w stosunku do stanu obecnego, to odpowiednia regionalna strategia minimalno-kosztowa nie kosztowałaby więcej niż jedną piątą powyższej sumy. Koszt kapitałowy strategii odpowiadającej poziomowi DO = 6 mg/l będzie również znacznie niższy (26×10^6 USD) niż koszt strategii jednolitej poprawy na bazie oczyszczania przy pomocy BCDN. I wreszcie, jeśli zaakceptujemy odchyłki stopnia oczyszczania w zakresie DO, P i azotu wynoszące do 20% od poziomu osiąganego przy zastosowaniu najdroższej technologii, to znaczy BCDN, to możemy uzyskać oszczędności w wysokości około 25×10^6 USD w krótkim horyzoncie czasowym. Przyniesiony przykład pokazuje jasno potencjał, jaki tkwi w możliwości opracowywania minimalnokosztowych strategii w odniesieniu do zlewni rzek.

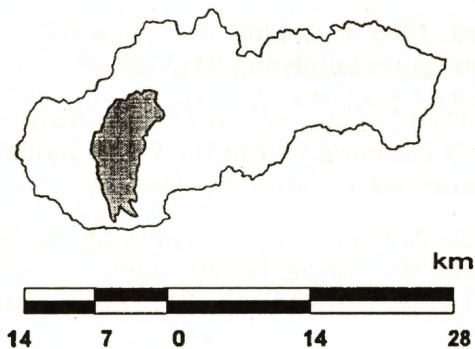


Rys.5. Poziomy BOD w emisjach miejskich i przemysłowych

BASEN RZEKI NITRY (SŁOWACJA)



Położenie basenu w Słowacji



VÚVH Bratislava
Slovakia

IIASA Laxenburg
Austria

w zlewni rzeki Nitry (Słowacja).

5. Uwagi końcowe

Region Europy środkowej i wschodniej przeżywa okres bezprecedensowych przemian. Jeśli istniejące narzędzia i techniki oraz ich efektywne połączenia zostaną zastosowane do zachodzących procesów, to można wierzyć, że powstaną rzeczywiste warunki do znacznej poprawy jakości wody w tym regionie przy kosztach, które należy uznać za dostępne. Opracowanie innowacyjnych strategii wymaga zastosowania podejścia systemowego, pozwalającego na integrację metod i wyników z różnych dyscyplin naukowych. Ponadto, poważne wysiłki muszą zostać podjęte w celu zapewnienia, że opracowane metodyki i wyniki będą dostępne dla specjalistów i decydentów z krajów Europy środkowej i wschodniej, przede wszystkim w postaci prac studialnych, przykładowych realizacji, seminariów roboczych i możliwości uczestnictwa w kursach dokształcających.

Literatura

- Alcamo, Joseph, red. (1992): *Coping with Crisis in Eastern Europe's Environment*. Parthenon Publishing Group Ltd.
- Brown, S.R. (1989): *TOMCAT, a Computer Model Designed Specifically for Catchment Quality Planning Within the Water Industry*. Nieopublikowany raport, Thames Water Authority, London.
- Golitsyn, G.S. (1992): *Environmental Aspects of the Transformation of Eastern Europe and the Former Soviet Union*. W: *Science and Sustainability. Selected Papers on IIASA's 20th Anniversary*. IIASA, Novographic, Vienna.
- Hahn, H.H. i R.G. Cembrowicz (1981): *Model of the Neckar River, Federal Republic of Germany*. W: *Models for Water Quality Management*, p.red. A.K.Biswasa. McGraw Hill, New York.
- Hornberger, G.M. i R.C.Spear (1981): *An Approach to the Preliminary Analysis of Environmental Systems*. *J.Environment. Managmt.*, 12, ss.7-18.
- Hughes, G. (1992): *Are the Costs of Cleaning Up Eastern Europe Exaggerated? Economic Reform and the Environment*. *Oxford Review of Economic Policy*, 7, nr 4.

- Koivusalo, H., O.Varis i L.Somlódy (1992): Water Quality of Nitra River, Slovakia - Analysis of Organic Material Pollution. IIASA WP-92-084, Laxenburg.
- Morrissey, S.P. i D.K.F.Harleman (1990): Chemically Enhanced Wastewater Treatment. MIT Ralph M. Parsons Laboratory, Report No. R90-14.
- Ødegaard, H. i M.Henze (1992): Evaluation of Alternative Municipal Wastewater Treatment Technologies (maszynopis).
- Somlyódy, L. (1991): Application of Systems Analysis in Water Pollution Control: Perspectives for Central and Eastern Europe. Water Science and Technology 24(6), ss.73-76.
- Somlyódy, L. i O.Varis (1992): Water Quality Modeling of Rivers and Lakes. IIASA, WP-92-041, Laxenburg.
- Somlyódy, L. i C.M.Paulsen (1992): Cost-Effective Water Quality Management Strategies in Central and Eastern Europe. IIASA, WP-92-091, Laxenburg.
- Somlyódy, L. (1993): Water Quality Management in Urban Areas: The Challenge for Central and Eastern Europe. W: European Water Pollution Control, 3, nr 2.
- Thomann, R.V. i J.A.Mueller (1987): Principles of Surface Water Quality Modeling and Control. Harper and Row, New York.

IBS

ANALIZA SYSTEMOWA I JEJ ZASTOSOWANIE 42859 A

WPROWADZENIE

Leszek Kuźnicki
Peter E. de Jánosi
Miroslaw Mossakowski
Jan Owskiński

INTERDYSCYPLINARNOŚĆ

Nathan Keyfitz

DEMOGRAFIA

Christopher Prinz
Jerzy Z. Holzer

TRANSFORMACJA GOSPODARCZA

János Gács
Józef St. Zegar

ŚRODOWISKO I ZASOBY NATURALNE

Nebojša Nakićenović
Jacek Marecki
Janusz Cofała
Maciej Nowicki
Sten Nilsson
Andrzej Szujecki
Wojciech Galiński i Manfred Küppers
Laszlo Somlyódy
Zdzisław Kaczmarek

METODY I TECHNIKI SYSTEMOWE

Andrzej Ruszczyński
Marek Makowski
Andrzej P. Wierzbicki
Zdzisław Pawlak
Kurt Fedra i Elisabeth Weigkricht

ISBN 83 - 85847 - 25 - 1