

Ryszard W. Szetela

Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska  
Politechnika Wroclawska  
Wrocław

## Strategie sterowania przeciążonej oczyszczalni ścieków z osadem czynnym

### 1. Model strukturalny oczyszczalni ścieków z osadem czynnym

Schemat strukturalny oczyszczalni ścieków z osadem czynnym przedstawiono na rys. 1. Nie uwzględniono na nim krat i piaskownika, ponieważ w niewielkim stopniu transformują one stężenia wejściowe ( $C_{we}$ ) (1). Zaproponowana struktura obiektów osadu czynnego obejmuje różnorodne konfiguracje procesu. Najprostsza odpowiada komorze osadu czynnego o pełnym wymieszaniu z recyrkulacją, co uzyskuje się przyjmując:  $n=1$ ,  $a_1 \leq 1$ ,  $c_1=1$ . Może to być komora tlenowa lub anoksydacyjna, w zależności od zainstalowanej mocy mieszania ( $N$ ). Zwiększając  $n$ , można uzyskać modele mieszania w komorze odpowiadające różnym stopniom dyspersji wzdłużnej (od pełnego wymieszania do przepływu tłokowego) (2,3). Układ ze stopniowym obciążeniem (4,5,6) uzyskuje się przyjmując  $a_i > 0$ , dla  $i = 1, 2, \dots, n$ . Założenie  $c_i=0$  prowadzi do przypadków stawu ściekowego. Możliwe jest także uzyskanie układów z nityfikacją i denityfikacją.

Podstawowym zadaniem projektanta technologii oczyszczania ścieków jest poszukiwanie optymalnego wariantu technologicznego, który przy znanej zmienności stężeń wejściowych ( $C_{we}$ ) zapewni uzyskanie właściwej zmienności stężeń wyjściowych ( $C_{wy}$ ). Model matematyczny procesu może być bardzo pomocny w rozwiązaniu tego zadania.

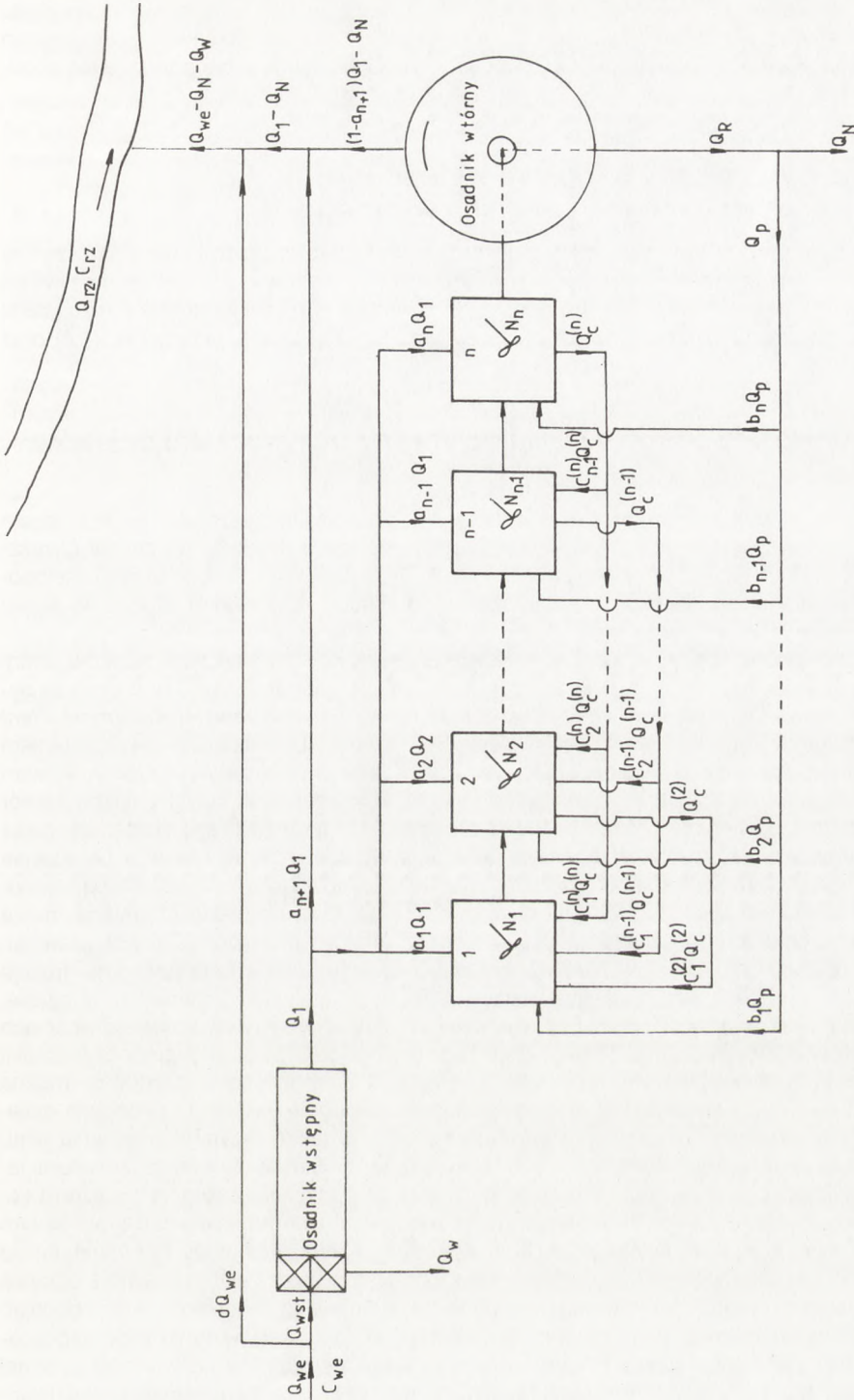
### 2. Struktura zanieczyszczeń ścieków miejskich

Marais i Ekama (7,8) podali rozbudowany model kinetyki i stechiometrii przemian związków organicznych i azotowych przez osad czynny, który może być uznany za najlepszy spośród aktualnie dostępnych. Przyjmuje się, że wszystkie składniki organiczne ścieków i osadu czynnego wyrażone są jako równoważne ChZT (8,9,10,11). Oczekuje się, że wskaźnik ten jest praktycznie równy teoretycznemu zapotrzebowaniu tlenu (TZT). ChZT ścieków dopływających dzielone jest na dwie części: biologicznie rozkładalną i biologicznie nierozkładalną. Część nierozkładalna ChZT dzieli się na zawartą w zawieszynie ( $x_i$ ) i rozpuszczoną ( $s_i$ ), a rozkładalna na łatwo rozkładalną ( $s_s$ ) i wolno rozkładalną ( $x_s$ ). Frakcja wolno rozkładalna to ta, która podlega przetworzeniu na łatwo rozkładalną w wyniku działania enzymów zewnątrzkomórkowych osadu czynnego.

Azot z kolei dzieli się na część utlenioną ( $N=NO_2^- + N=NO_3^-$ ), która w ściekach miejskich praktycznie jest zerowa, oraz na zredukowaną, wyrażoną jako azot ogólny ( $N_{og}$ ). Azot ogólny w ściekach dopływających dzieli się na pięć części: amonowy ( $s_{NH}$ ), organiczny, biologicznie rozkładalny (rozpuszczony ( $s_{ND}$ ) i w zawieszynie ( $x_{ND}$ )) oraz organiczny, biologicznie nierozkładalny (rozpuszczony i w zawieszynie). Dwie ostatnie formy azotu stanowią bardzo niewielki ułamek  $N_{og}$  (12,13) i zostały pominięte w rozważaniach.

### 3. Komputerowe generowanie wejść oczyszczalni ścieków

Dla potrzeb komputerowej symulacji dynamiki oczyszczalni ścieków konieczne bywa generowanie „sztucznych” ciągów wartości o cechach statystycznych zbliżonych do cech wejść rzeczywistych. Autor przyjmuje jako wymogi minimalne wzajemne podobieństwo: średnich, warian-



Rys. 1. Schemat strukturalny podstawowych procesów oczyszczania w oczyszczalni ścieków z osadem czynnym: 1-n – komory osadu czynnego.



cji, struktury częstotliwościowej (periodogramu), funkcji autokorelacji oraz gęstości rozkładu prawdopodobieństwa wejść generowanych i rzeczywistych. Z dobrym skutkiem zastosowano metodę polegającą na rozbiściu wejścia na składową okresową i szum, które generuje się osobno i sumuje.

#### **4. Model dynamiczny osadnika wstępnego, komór osadu czynnego i osadnika wtórnego**

Dokładny opis modeli osadnika wstępnego, przemian zanieczyszczeń przez osad czynny oraz osadnika wtórnego można znaleźć w pracy Szeteli (14). Zilustrowano tam duże możliwości predykcyjne tych modeli. Dokonano tego poprzez porównanie wyników symulacji z rezultatami badań doświadczalnych, zaczerpniętymi z prac Lessarda in. (15), Dolda, Ekamy i in. (7,8) oraz Laquidara i in. (16).

#### **5. System komputerowy symulacji pracy oczyszczalni ścieków z osadem czynnym**

Wspomniane w poprzednim rozdziale submodele obiektów oczyszczalni tworzą razem układ 252 równań różniczkowych zwyczajnych, będący modelem dynamiki procesów oczyszczania ścieków, obejmującym wszystkie zmienne stanu. Do rozwiązywania tego układu zastosowano metodę numeryczną Rungego-Kutty czwartego rzędu, ze zmienną długością kroku całkowania.

Opracowano zintegrowany, interakcyjny system symulacyjny oczyszczalni ścieków, który może być użytkowany na mikrokomputerach zgodnych ze standardem IBM PC pod kontrolą systemu operacyjnego DOS. System ten nazwano skrótem WTPD (*Wastewater Treatment Plant Dynamics*). Program komputerowy został napisany w języku Turbo Pascal, z wykorzystaniem procedur systemu rozwiązywania układów równań różniczkowych zwyczajnych CSSP. System WTPD pozwala symulować pracę oczyszczalni (rys. 1), w każdej konfiguracji z liczbą komór osadu czynnego nie większą niż 4. Ustalenie schematu technologicznego następuje przez przyjęcie objętości poszczególnych obiektów (wybór  $V=0$ , oznacza brak danego urządzenia w układzie) oraz określenie sposobu rozdziału strumieni ścieków i osadu (nadanie odpowiednich wartości ułamkom  $a_i, b_i, c_i, d$  oraz przepływom  $Q_R, Q_C, Q_N, Q_W$ ). Użytkownik systemu może ustalać parametry modelu oraz wybierać charakter zmian przepływu i stężeń ( $ChZT, N_{og}$ , zawiesiny) ścieków oczyszczanych, jak również podział tych stężeń na poszczególne frakcje zanieczyszczeń. Możliwe jest nadawanie wejściom wartości stałych i zmiennych w czasie. W szczególności przewidziano możliwość generowania „sztucznych” wejść o właściwościach statystycznych podobnych do wejść rzeczywistych. Umożliwia to symulację pracy oczyszczalni przy wejściach możliwie bliskich rzeczywistym. Każdą z komór osadu czynnego można zadeklarować jako napowietrzaną lub nie, przyjmując odpowiednią moc ( $N_i$ ) i ekonomię natleniania ( $E$ ) zainstalowanych w niej urządzeń mieszających. W takim przypadku stężenia tlenu rozpuszczonego w poszczególnych komorach są wyliczane i zmieniają się wraz ze zmianami ładunków dopływających zanieczyszczeń. Przewidziano także opcję ze sterowaniem stężenia tlenu w poszczególnych komorach za pomocą zmian mocy urządzeń napowietrzających. W tym przypadku niezbędne jest określenie praktycznie dostępnego przedziału mocy (od minimum do maksimum) oraz liczby możliwych wartości dyskretnych w tym przedziale. Sterowanie odbywa się z wykorzystaniem regulatora P (występującego w systemie jako procedura), który badając odchyłkę aktualnego stężenia tlenu od wartości zadanej, zmienia odpowiednio moc napowietrzania. W takim przypadku stężenie tlenu rozpuszczonego oscyluje blisko wartości zadanej (jeśli tylko niezbędna chwilowa moc napowietrzania nie leży poza określonym przedziałem



wartości dopuszczalnych), a zużycie energii zmienia się wraz ze zmianami ładunków dopływających zanieczyszczeń.

W celu umożliwienia oddzielenia analizy przemian zanieczyszczeń od zagadnienia urządzeń napowietrzających, przewidziano opcję symulacji przy arbitralnie ustalonych stężeniach tlenu w komorach osadu czynnego. Wtedy ani stężenia tlenu, ani moce zainstalowane nie są przedmiotem obliczeń.

Przewidziano możliwość wyboru opcji z automatycznym utrzymywaniem wieku osadu (WO). W takim przypadku, natężenie  $Q_N$  jest programowo ustalane tak, żeby przy aktualnym stężeniu recyrkulatu, usuwać osad (zawiesiny w nie sklarowanym odpływie z osadnika wtórnego i osad nadmierny) w ilości dobowej równej  $1/WO$  części osadu znajdującego się w układzie. Opcją alternatywną jest określanie wartości  $Q_N$  przez użytkownika systemu.

W przypadku, gdy osadnik wtórny nie jest dociążony, to wpływ jego dynamiki na procesy biologiczne można do pewnego stopnia zaniedbać. W takiej sytuacji użytkownik systemu, chcący skupić się głównie na analizie przemian biegnących w komorach osadu czynnego, może wybrać opcję, w której osadnik wtórny traktowany jest upraszczająco tylko jako punkt rozdziału strumieni.

Rozpoczęcie obliczeń poprzedzone jest wczytaniem wartości początkowych zmiennych stanu. Wszystkie parametry ustalane przez użytkownika mogą być składowane do i odczytywane z plików dyskowych, co pozwala na ich wielokrotne wykorzystanie z pominięciem pracochłonnego wczytywania z klawiatury.

Wyniki obliczeń zapisywane są do pliku dyskowego oraz przedstawiane w formie graficznej i tabelarycznej. Istnieje możliwość wielokrotnej prezentacji dowolnie wybranych wyników zapisanych w pliku. Wyniki stanowią przebiegi czasowe:

a) każdej ze zmiennych stanu (40 stężeń dla osadnika wstępnego, 56 dla komór osadu czynnego i 156 dla osadnika wtórnego),

b) natężeń przepływu wszystkich strumieni ścieków i osadu oraz odpowiadających im stopni rozdziału na poszczególne komory osadu czynnego,

c) stężeń wszystkich frakcji zanieczyszczeń w dopływie do oczyszczalni,

d) stężeń wszystkich rozpuszczonych frakcji zanieczyszczeń ( $S_S, S_I, S_{NO}, S_{NH}, S_{ND}, S_{ALK}$ ) oraz  $ChZT, BZT_5, N_{org}, N_{og}$  (osobno w związkach rozpuszczonych, zawiesinie oraz łącznie); azotu całkowitego i zawiesin (w rozbiciu na mineralne, organiczne i ogólne) w:

- dopływie do oczyszczalni,
- odpływie z osadnika wstępnego,
- odpływie z osadnika wtórnego,
- odpływie z oczyszczalni,

e) ładunków chwilowych wszystkich zanieczyszczeń wymienionych w punkcie d) w:

- dopływie do oczyszczalni,
- dopływie do osadnika wstępnego,
- odpływie z osadnika wstępnego,
- dopływie do części biologicznej,
- odpływie z osadnika wtórnego,
- odpływie z oczyszczalni,

f) scałkowanych ładunków wszystkich zanieczyszczeń wymienionych w punkcie d), które od początku symulacji do danego czasu dopłynęły i odpłynęły z oczyszczalni,

g) szybkości zużycia tlenu w każdej komorze osadu czynnego,

h) chwilowego zużycia tlenu oraz zużycia scałkowanego od początku symulacji do danego czasu:

- w każdej z komór osadu czynnego,
- we wszystkich komorach osadu łącznie,

i) łącznej chwilowej mocy mieszania we wszystkich komorach osadu czynnego,



- j) scalkowanego łącznego zużycia energii we wszystkich komorach osadu czynnego,
- k) stężenia osadu w każdej komorze i na poszczególnych wysokościach osadnika wtórnego,
- l) stężenia osadu recykulowanego,
- l) masy osadu czynnego:
  - w każdej komorze,
  - łącznie we wszystkich komorach,
  - w osadniku wtórnym,
  - w całym układzie oczyszczania,
- m) scalkowanego dopływu ścieków do oczyszczalni,
- n) scalkowanej masy osadu nadmiernego odprowadzonego z układu.

Podczas symulacji, obliczenia można zakończyć w każdym momencie. Można je także przerwać, wprowadzić niezbędne zmiany dowolnych parametrów podlegających wyborowi, po czym wznowić symulację od miejsca przerwania. Użytkownik ma możliwości wyboru kroku czasowego, z którym zapisywane są wyniki obliczeń, określania żądanej dokładności obliczeń (całkowania numerycznego) oraz zmiany skali wykresów, na których prezentowane są wyniki. Przewidziano możliwość przeniesienia zarówno danych wejściowych jak i wyników (w tym ich obrazu graficznego) na drukarkę. Wyniki mogą być dodatkowo składowane do standardowych plików tekstowych (ASCII) dzięki czemu można je łatwo wykorzystywać w innych pakietach oprogramowania mikrokomputerów.

Opracowana wersja systemu WTPD jest traktowana jako przejściowa i będzie podlegać zmianom zmierzającym do rozbudowy mechanizmów komunikacji z użytkownikiem. Celem tego jest ułatwienie korzystania z systemu użytkownikom o różnym stopniu przygotowania. Ponadto, z myślą o zwiększeniu szybkości obliczeń zamierza się zoptymalizować procedury numeryczne rozwiązywania równań i budowę programu.

## 7. Wybór strategii sterowania przeciążonej oczyszczalni ścieków z osadem czynnym

Stosunkowo częstym problemem starszych oczyszczalni ścieków jest ich przeciążenie hydrauliczne oraz ładunkiem zanieczyszczeń. W takich przypadkach wybór sposobu sterowania procesu decyduje o wielkości ładunku zanieczyszczeń w odpływie do odbiornika. Najprostszą i dość częstą praktyką eksploatacyjną jest omijanie urządzeń do biologicznego oczyszczania ścieków, tak żeby uzyskać projektowaną jakość odpływu z osadników wtórnych. Patrząc na wielkość ładunku zanieczyszczeń w odpływie z oczyszczalni, jest to niekorzystna strategia sterowania. Wyboru właściwej strategii można dokonać za pomocą przedstawionego systemu WTPD. Zilustrowano to poniżej na przykładzie obiektu, którego schemat przedstawiono na rys. 2. Układ komór osadu czynnego jest przybliżeniem często spotykanego rozwiązania z reaktorem o przepływie tłokowym zasilanym na długości. Efekty pracy obiektu przeanalizowano przy następujących sposobach sterowania z ominięciem:

A – komór osadu czynnego przez określoną część ścieków mechanicznie oczyszczonych ( $a_5 = \text{const} \leq 1$ ), przy dopływie tylko do pierwszej komory ( $a_1 = 1$ );

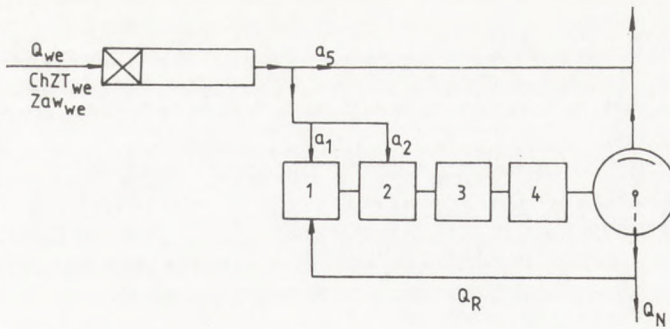
B – komór osadu czynnego przez nadmiar ścieków mechanicznie oczyszczonych powyżej określonej wartości granicznej,  $Q_{gr}$  (gdy  $Q_{we} \leq Q_{gr}$ , to  $a_5 = 0$ , natomiast gdy  $Q_{we} > Q_{gr}$ , to  $a_5 = 1 - Q_{gr}/Q_{we}$ ), przy dopływie tylko do pierwszej komory ( $a_1 = 1$ );

oraz bez ominięcia:

C – komór osadu czynnego ( $a_5 = 0$ ), przy dopływie tylko do pierwszej komory ( $a_1 = 1$ );

D – komór osadu czynnego ( $a_5 = 0$ ), przy dopływie ścieków do pierwszej komory ( $a_1 = 1$ ) w czasie zwiększonego dopływu zanieczyszczeń ( $14^{00} - 2^{00}$ ), a do komory drugiej ( $a_2 = 1$ ) w godzinach  $2^{00} - 14^{00}$ .

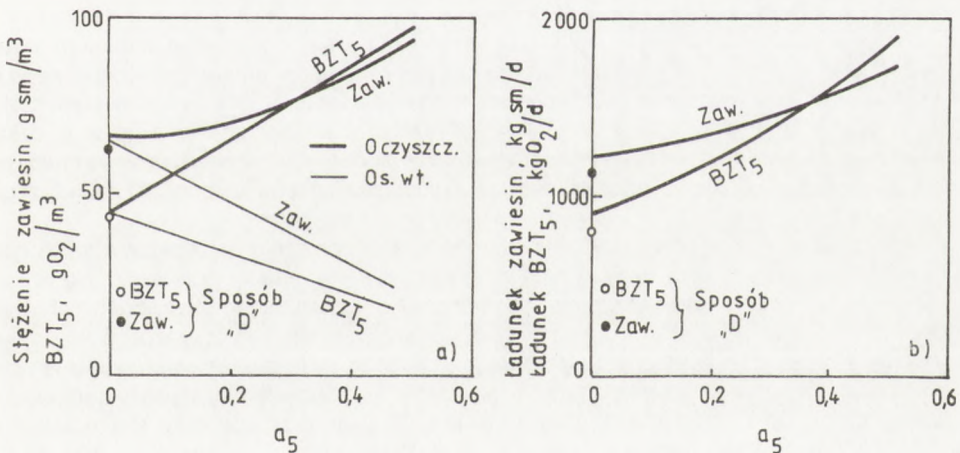




Rys. 2. Schemat układu do przykładu z wyborem strategii sterowania dla przeciążonej oczyszczalni ścieków (osadnik wstępny:  $V_{wst} = 1000\text{m}^3$ ; komory napowietrzania:  $V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = 500\text{m}^3$ ; osadnik wtórny:  $V_{wt} = 1500\text{m}^3$ ,  $A_{wt} = 500\text{m}^2$ ; ścieki:  $Q_{we}^{sr} = 750\text{m}^3/\text{h}$ ,  $Q_{we}^{max} = 1000\text{m}^3/\text{h}$ ,  $Q_{we}^{min} = 450\text{m}^3/\text{h}$ ,  $ChZT_{we}^{sr} = 500\text{gO}_2/\text{m}^3$ ,  $ChZT_{we}^{max} = 665\text{gO}_2/\text{m}^3$ ,  $ChZT_{we}^{min} = 300\text{gO}_2/\text{m}^3$ ,  $Zaw_{we}^{sr} = 250\text{gsm}/\text{m}^3$ ,  $Zaw_{we}^{max} = 333\text{gsm}/\text{m}^3$ ,  $Zaw_{we}^{min} = 150\text{gsm}/\text{m}^3$ ;  $Q_R = 250\text{m}^3/\text{h}$ ).

W każdym z wyszczególnionych przypadków przeprowadzono symulacje przy różnych wielkościach osadu (ustalanych przez wybór  $Q_N$ ), a zatem przy różnych jego stężeniach w komorach napowietrzania. Wzrost stężenia osadu z jednej strony zwiększa stopień mineralizacji zanieczyszczeń (rozpuszczonych i uwieczonych w strukturze kłaczków), a z drugiej wywołuje pogorszenie efektów pracy osadnika wtórnego i wzrost stężenia zawiesin w odpływie. Przy pewnym optymalnym wieku osadu uzyskuje się zatem największą sprawność oczyszczania. Przeprowadzone symulacje potwierdziły to rozumowanie. Zależności średnich stężeń zawiesin i  $BZT_5$  w odpływach z osadnika wtórnego i całej oczyszczalni od stopnia omińnięcia osadu czynnego ( $a_5$ ), przy sterowaniu omińnięciem w sposób A przedstawiono na rys. 3a.

Analogiczną zależność dla dobowych ładunków zawiesin i  $BZT_5$  odpływających z oczyszczalni przedstawiono natomiast na rys. 3b.

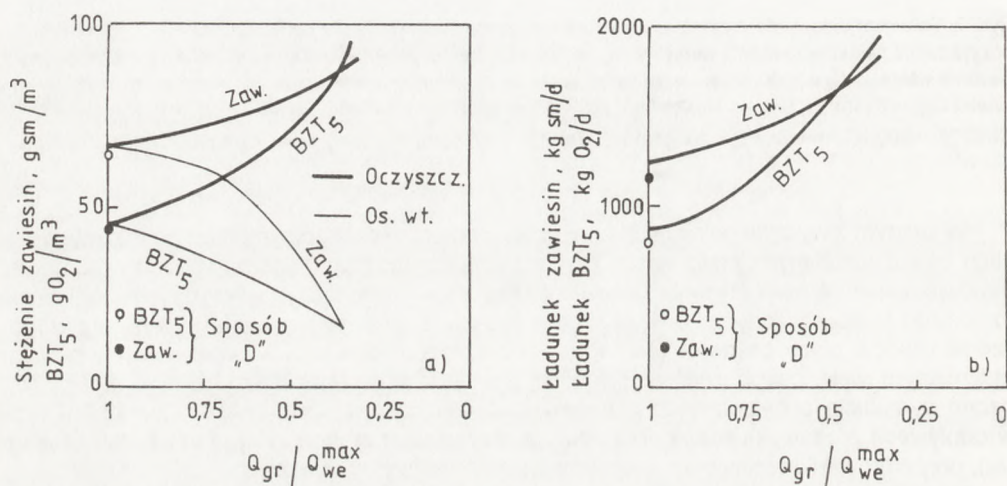


Rys. 3. Zależność efektów oczyszczania od stopnia omińnięcia, przy optymalnych wiekach osadu w układzie A: a) – stężenia; b) – ładunki dobowe w odpływie.



Z wykresów wynika, że chęć utrzymania niskich stężeń w odpływie z osadnika wtórnego (BZT<sub>5</sub> i zawiesiny rzędu 25g/m<sup>3</sup>) wymaga dużego omińnięcia ( $a_5$  rzędu 0,4). Obstawanie przy tym (na co dość często nalegają urzędnicy organów kontrolnych) pociąga za sobą znaczny wzrost ładunków zanieczyszczeń odprowadzanych do odbiornika. Zaakceptowanie gorszej jakości odpływu z osadnika wtórnego, pozwala uzyskać znaczne zmniejszenie tych ładunków w odpływie z całej oczyszczalni. W rozważanym tutaj przypadku, przy braku omińnięcia, obniżka ta może wynosić aż 45% ładunku BZT<sub>5</sub> odprowadzanego przy  $a_5=0,44$ .

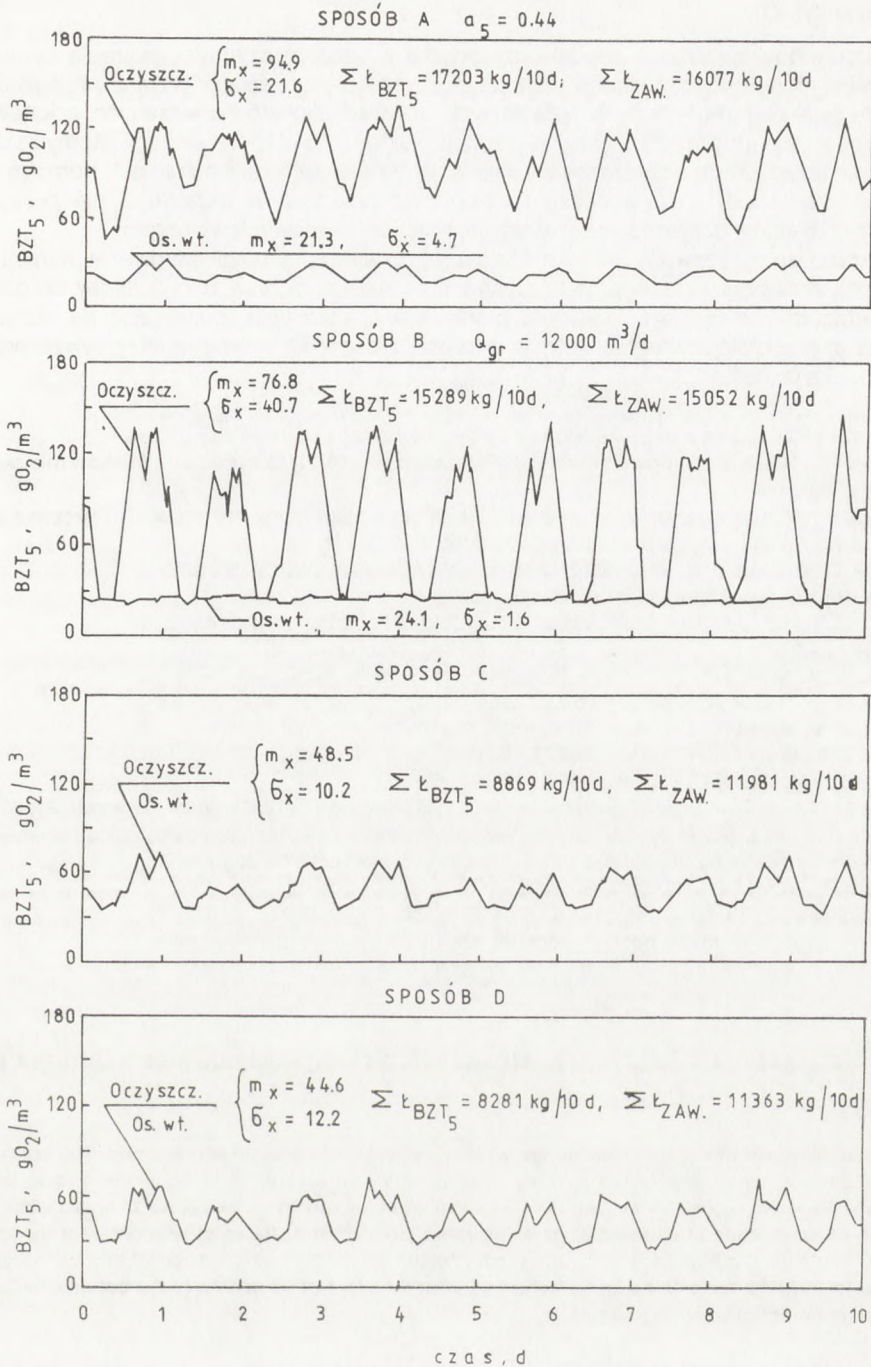
Analogiczne zależności dla sterowania omińnięciem w sposób B, zilustrowano na rys. 4 z tym, że na osiach odciętych odłożono stosunek  $Q_{gr}/Q_{we}^{max}$ . Wartość  $Q_{gr}/Q_{we}^{max}=1$  odpowiada przypadkowi biologicznego oczyszczania wszystkich ścieków (brak omińnięcia). Wnioski – jak widać – wyprowadzone powyżej obowiązują także i w tym przypadku.



Rys. 4. Zależność efektów oczyszczania od stopnia omińnięcia, przy optymalnych wiekach osadu w układzie B: a) – stężenia; b) – ładunki dobowe w odpływie.

Z przeprowadzonych rozważań wynika, że w rozpatrywanym przykładzie, minimum ładunku zanieczyszczeń odprowadzanych do odbiornika uzyskuje się przy braku omińnięcia. Pewne dalsze polepszenie efektów można uzyskać przez magazynowanie części osadu w pierwszej komórce w czasie zmniejszonego dopływu zanieczyszczeń i wykorzystywanie go w godzinach zwiększonego dopływu zanieczyszczeń (sterowanie w sposób D). W analizowanym tutaj przypadku uzyskiwano to przez kolejne przełączanie punktu zasilania na komorę nr1 ( $a_1=1$ ) o godz 2 i komorę nr 2 ( $a_2=1$ ) o godz 14. Uzyskane wyniki naniesiono punktowo na rys. 3 i 4.

Przebieg BZT<sub>5</sub> w odpływie z osadnika wtórnego i z oczyszczalni, przedstawiono na rys. 5, przy uwzględnieniu losowości wejść. Także w tej sytuacji – jak widać – potwierdza się wniosek, że minimum ładunku odprowadzanego do odbiornika uzyskuje się przy braku omińnięcia. Jednocześnie następuje znaczne zmniejszenie wariacji stężeń zanieczyszczeń w odpływie z oczyszczalni. Przeszkodą na drodze do przyjęcia proponowanej strategii sterowania w praktyce eksploatacyjnej obiektu przeciążonego, może być brak odpowiedniej rezerwy zdolności natleniania. Przykładowo, maksymalne godzinowe zużycie tlenu przy sposobie sterowania B wynosi 68,7kgO<sub>2</sub>/h, a przy sposobie D jest o ok. 50% większe i dochodzi do 103,3kgO<sub>2</sub>/h. Jednakże, nawet w takiej sytuacji racjonalna wydaje się rozbudowa systemu napowietrzania, choćby jako działanie doraźne, do czasu znacznie kosztowniejszej rozbudowy oczyszczalni.

Rys. 5. Zależność BZT<sub>5</sub> odpływów z osadnika wtórnego i oczyszczalni od sposobu sterowania.



## 8. Wnioski

Przedstawiony całościowy model oczyszczalni z osadem czynnym, pozwala symulować bardzo wiele różnorodnych układów technologicznych oczyszczania ścieków z uwzględnieniem przemian związków organicznych i azotowych, a także aspektów związanych z losowością wejść. Model daje możliwość analizy na etapie projektowania różnych sytuacji istotnych dla wymiarowania urządzeń do oczyszczania ścieków. W fazie eksploatacji natomiast, pomaga w rozważaniach nad modyfikacją procesu i rozbudową urządzeń w związku z nie osiągnięciem zakładanych efektów oczyszczania, czy też pojawieniem się nowych wymagań.

Pokazano, że opracowany model może służyć do wyboru strategii sterowania, minimalizującej ładunek zanieczyszczeń odprowadznych z przeciążonej oczyszczalni ścieków do odbiornika. Stwierdzono, że nie jest efektywna praktyka eksploatacyjna, polegająca na stosowaniu omińnięcia części biologicznej tak, żeby w odpływie z osadnika wtórnego utrzymywać projektowaną, wysoką jakość odpływu.

### Literatura

1. Cywiński B., Gdula S., Kempa E., Kurbiel J., Płoszański H., (1972), Oczyszczanie ścieków miejskich, t.1, Arkady, Warszawa.
2. Kafarow W. W., Metody cybernetyki w chemii i technologii chemicznej, (1979), WNT, Warszawa, s. 121.
3. Tuan V. A., Thanh N. C., Lohani B. N., (1980), JWPCF, 52, 1931.
4. Buhr H. O., Godard M. F., Wilson T. E., Ambrose W. A., (1984), JWPCF, 56, 325.
5. Torpey W. N., (1984), Sewage Works J., 20, 781.
6. Wilber C., (1980), 53<sup>rd</sup> Ann. Conf., Water Pollut. Control Fed., Las Vegas, Nev.
7. Dold P. L., Ekama G. A., Marais G. v. R., (1980), Prog. Wat. Tech., 12, 47.
8. Ekama G. A., Marais G. v. R., (1980), Prog. Wat. Tech., 12, 47.
9. Payne W. T., (1970), Ann. Rev. Microbiol., 17.
10. Servizi J. A., Bogan R. H., (1963), JSED, ASCE, 63, 17.
11. Servizi J. A., Bogan R. H., (1964), JWPCF, 36, 607.
12. Bidstrup S. M., Grady C. P. L. Jr., (1988), JWPCF, 60, 351.
13. Henze M., Grady C. P. L. Jr., Gujer W., Marais G. v. R., Matsuo T., (1987), Water Research, 21, 505.
14. Szetela R., (1990), Model dynamiczny oczyszczalni ścieków z osadem czynnym, Prace Naukowe Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej, 64, Monografie 32.
15. Lessard P., Beck M. B., (1988), JEED, ASCE, 114, 753.
16. Laquaidara V. D., Keinath T. M., (1983), JWPCF, 55, 54.
17. Siwicki I., (1987), Instrukcja obsługi programu OK CSSP (maszynopis) Warszawa.

### Control strategies for overloaded activated sludge wastewater treatment plant

#### Summary

A dynamic model of the activated sludge wastewater treatment system is presented. The components of the model are submodels of the primary settling tank, the system of aerobic and anoxic activated sludge tanks and the secondary settling tank. Application of the model to the choice of appropriate control strategy for an overloaded treatment plant is illustrated. Four control strategies with different by-pass and sludge recirculation patterns have been analysed. The carried out simulations showed that by-passing can lead to substantial increase of the load discharged from the plant as compared to the options involving full biological treatment of incoming wastes.

#### Adres dla korespondencji:

Ryszard W. Szetela, Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska, Politechnika Wroclawska, pl. Grunwaldzki 9, 50-370 Wroclaw.