

Stanisław A. Rybicki

WYBRANE ZAGADNIENIA PROJEKTOWANIA I EKSPLOATACJI ZAKŁADÓW OCZYSZCZANIA WODY Z RZEK PODGÓRSKICH I ZBIORNIKÓW ZAPOROWYCH

Obszar stanowiący tło niniejszych rozważań położony jest w obrębie Pogórza Karpackiego, którego wzniesienia terenu i wielkości opadów przekraczają wartości średnie dla kraju. Charakterystyczną cechą hydrologiczną wód płynących na tym obszarze jest znaczna amplituda natężeń ekstremalnych, małe wartości przepływów niskich, w porównaniu do średnich rocznych z wielolecia, a także długi czas trwania niżówek i wysokie przepływy w bardzo krótkich przedziałach czasu. Stan ten ilustrują następujące dane dla przekrojów ujęć wody dla większych miast i aglomeracji (przed wybudowaniem zbiorników zaporowych):

Soła w Porąbce (ujęcie dla Bielska-Białej i Śląska): przepływ najniższy $Q_0 = 1,18 \text{ m}^3/\text{s}$; przepływ średni roczny $Q_s = 17,4 \text{ m}^3/\text{s}$; przepływ maksymalny $Q_{1\%} = 1330 \text{ m}^3/\text{s}$.

Raba w Dobczycach (ujęcie dla Krakowa): $Q_0 = 0,9 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_s = 10,6 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_{1\%} = 1260 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dunajec (ujęcie dla Tarnowa): $Q_0 = 3,3 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_s = 71,9 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_{1\%} = 3130 \text{ m}^3/\text{s}$.

Wisłok w Rzeszowie: $Q_0 = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_s = 17,0 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_{1\%} = 900 \text{ m}^3/\text{s}$.

San w Przemyśle: $Q_0 = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_s = 45 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_{1\%} = 2500 \text{ m}^3/\text{s}$.

Administracyjnie obszar ten należy do województw: bielskiego, krakowskiego, krośnieńskiego, nowosądeckiego, przemyskiego, rzeszowskiego i tarnowskiego. W roku 1987 było tu ponad 5,0 mln mieszkańców stałych ($161 \text{ mk}/\text{km}^2$), co stanowiło 13% ludności Polski (w okresach wypoczynkowych przyjeżdża tu dodatkowo wiele osób). Powierzchnia tego obszaru liczy ponad 31 tys. km^2 , co stanowi prawie 10% powierzchni kraju. Jego lesistość zmienia się od 16,7% powierzchni w województwie krakowskim do 47,3% w województwie krośnieńskim. Pobór wody wynosił 1523 mln m^3/rok ($48,3 \text{ m}^3/\text{s}$) — tj. 10%, do tego dodać należy około 240 mln m^3/rok ($7,6 \text{ m}^3/\text{s}$) przekazywanych do województwa katowickiego. Wartości te wielokrotnie przekraczają poziom zasobów naturalnych.

Przyjmując jako miarę rozwoju gospodarczego kraju wartość produkcji sprzedanej, na wymienione województwa przypadało w 1987 r. 13% produkcji krajowej. Istotny udział miały tu województwa bielskie i krakowskie. Ponieważ rozwój gospodarczy

często stymuluje zapotrzebowanie na wodę, stąd też od szeregu lat istotną rolę odgrywają w tym zakresie ujęcia wód powierzchniowych oparte na zbiornikach zaporowych.

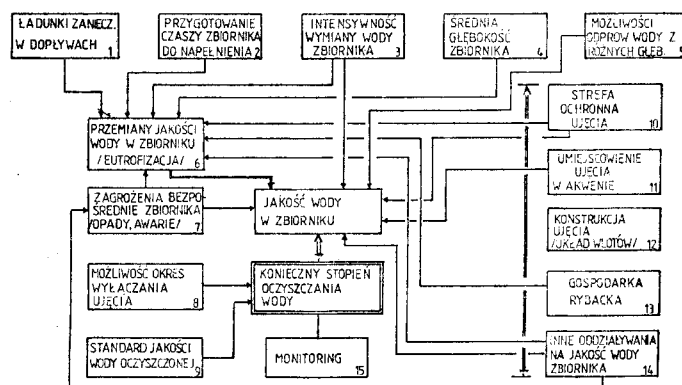
Projektowanie

Problemy występujące przy projektowaniu zakładów oczyszczania wód ujmowanych w rejonach podgórskich są niezwykle zróżnicowane.

Przy ujęciach wody z rzek płynących (w zlewniach bez zbiorników) zwykle najwięcej trudności nasuwa duża zmienność stężenia zawiesiny, silne zanieczyszczenie bakteriologiczne, okresowo wysoka zawartość azotu amonowego, a niekiedy substancji organicznych, w tym pochodnych ropy naftowej. Schematy technologiczne oczyszczania wody stosowane w takich warunkach zawierają najczęściej koagulację (dostosowaną do dużej zmienności jakości wody), sedimentację, filtrację i chlorowanie. Koniecznym obiektem są stacje osłonowe.

Znacznie więcej problemów pojawia się przy ujęciach wody ze zbiorników zaporowych [9]; niektóre z nich przedstawiono na rysunku 1. Wiele czynników nie zależy od projektanta i użytkownika urządzeń wodociagowych. Wynika stąd potrzeba bliskiej współpracy wielu specjalistów.

Ujęcia wody są umieszczone zazwyczaj albo w obszarach akwenów zbiorników, albo poniżej nich. Cechy jakościowe wody w pierwszym przypadku zależą od jej charakterystyki w zbiorniku, w drugim dochodzi oddziaływanie zlewni leżącej między zaporą a ujęciem. Zlokalizowanie ujęcia wody (w zbiorniku lub poniżej) wymaga każdorazowej analizy, w trakcie której należy ocenić stopień nieza-



Rys. 1. Schemat oddziaływań różnych czynników na jakość wody w zbiornikach zaporowych

wodności działania całego systemu zaopatrzenia w wodę miasta lub aglomeracji. Między innymi trzeba określić sposób eksploatacji ujęcia ze zbiornika zaporowego w okresie, gdy zbiornik ten jest opróżniony. Praktyka wykazuje realność takich sytuacji. Może być to spowodowane np. remontem ekranów wodoszczelnych zapory lub też czyszczeniem dna zbiornika. W kilku znanych autorowi przypadkach wystąpiła konieczność budowy i eksploatacji ujęcia wody już w trakcie realizacji zapory. Przemawia to z kolei za umieszczeniem ujęcia raczej powyżej zapory (między innymi dla spełnienia podstawowych warunków obowiązujących w strefach ochronnych ujęć).

Wybór miejsca ujęcia w obrębie akwenu winien uwzględniać następujące czynniki:

- odmienna jakość wody w różnych miejscach zalewu i na poszczególnych głębokościach zbiornika,
- zmiany ukształtowania brzegów zbiornika (w wyniku abrazji),
- temperatura wody,
- falowanie wody (miejsce ujęcia winno być osłonięte),
- zasięg wahań poziomów wody,
- umieszczenie urządzeń upustowych w zaporze.

Obserwuje się tendencję do obniżania zalecanej prędkości wlotowej wody do ujęć ze zbiorników do 0,1 m/s. Jeżeli projektuje się ujęcie wody z istniejącego zbiornika zaporowego lub jeziora, to zaleca się dokładne rozpoznanie wymienionych przesłanek i następnie dopiero ustalenie miejsca budowy ujęcia. W innym przypadku należy opierać się na opracowaniach prognostycznych i (z dużą ostrożnością) na doświadczeniach zebranych w istniejących obiektach.

Odnosnie ujęć umieszczonych poniżej przekroju zapory, szczególnie ważne jest zalecenie, by nie lokalizować ich poniżej elektrowni wodnych. Wydaje się tu uzasadniony komentarz, że chodzi o niebudowanie ujęć w takich miejscach, w których występuje wpływ działania siłowni energetycznych. Jak wiadomo typową cechą jest duża i częsta zmienność natężeń przepływów w rzekach poniżej elektrowni wodnych. Zmienia się też, nawet kilka razy w ciągu dnia, jakość wody. Występują długotrwałe i uciążliwe trudności spowodowane śryżem, w takich warunkach zaleca się małe prędkości wlotowe do ujęć, nawet około 0,06 m/s [6].

Równolegle z rozważaniami dotyczącymi wyboru lokalizacji ujęcia należy rozpoznać jakość wody w zbiorniku zaporowym oraz w dopływach i ustalić (lub oszacować) ogniska głównych ładunków zanieczyszczeń. Przy projektowanych zbiornikach zaporowych konieczne jest opracowanie prognozy jakości wody. Przydatny do praktycznych rozważań jest model Vollenweidera pod warunkiem, że dysponujemy wiarygodnymi danymi do określenia stopnia troficzności. W szczególności chodzi o uzyskanie reprezentatywnego zbioru, charakteryzującego w różnych warunkach hydrologicznych ładunki fosforu ogólne-

go i azotu ogólnego w dopływach. Domieszki te nie zawsze są określane w rutynowych badaniach laboratoriów wodociągowych czy ośrodków badań i kontroli środowiska. Dodać trzeba, że coraz częściej dominuje pogląd, iż liczebność zbioru stanowiącego podstawę do miarodajnej oceny jakości wody nie może być niższa od 24.

Bardzo ważne przy projektowaniu ujęć ze zbiorników zaporowych jest podjęcie współpracy z hydrotechnikami już przy fazach koncepcyjnych zbiornika (zapory). Zasięg prac pomiarowych i następnie wywłaszczeniowych prowadzonych dla czaszy zbiornika powinien uwzględniać zakres strefy ochronnej ujęcia wody. Szerokość pasa dla tej strefy wynosi około 100 m. Zaleca się intensywne pokrycie tego terenu trwałą roślinnością, dla zmniejszenia bezpośrednich wpływów erozyjnych oraz utrudnienia dostępu. Przydatne są tu krzewy kolczaste. Dodać trzeba, że prowadzone przy kilku akwenach usiłowania zmierzające do rozwinięcia się tych krzewów są dalekie od oczekiwań. Jako doraźne rozwiązanie pozostaje zatem ogrodzenie fragmentów strefy ochronnej ujęcia.

Przygotowanie czaszy zbiornika zaporowego powinno być przedmiotem bardzo drobiazgowej analizy. Zaleca się usunięcie m.in. pni drzew, nawierzchni smolowych i bitumicznych, gruntu przesiąkniętego pochodnymi ropy naftowej, odpadów komunalnych i przemysłowych, a także warstwy urodzajnej gleby, szczególnie przy gruntach wysokiej klasy bonitacyjnej; przygotować trzeba miejsca do odłowu ryb. Należy pamiętać o zapewnieniu środków finansowych na te prace, ale także możliwości technicznych i potrzebnego czasu (po ukończeniu robót przy zaporze a przed napełnieniem zbiornika).

Następnym przedmiotem współpracy projektantów wodociągu i zbiornika zaporowego powinno być właściwe rozmieszczenie urządzeń do odprowadzania wody ze zbiornika. Ustalenie ich w miejscu korzystnym dla wymiany wody i na różnych poziomach umożliwia usunięcie ze zbiornika prawie dowolnej warstwy wody. Jest to jeden ze sposobów regulacji stopnia eutrofizacji wody w zbiornikach, co decyduje o potrzebnym zakresie oczyszczania wody. Znane są z praktyki zachęcające efekty działania takich rozwiązań [2].

Powszechnie wiadomo, że zapas wody zgromadzonej w zbiorniku oddziałuje wyrównująco na jej jakość, ale pojawia się nowe (wewnętrzne) ognisko zanieczyszczeń, jakim jest eutrofizacja wody. Wyrównawcze działanie zbiornika jest zależne od wielu czynników związanych z jakością dopływającej i przetrzymywanej wody, a także z parametrami technicznymi eksploatacji zbiornika (rys. 1). Ilustracją zmian jakości wody rzeki Raby mogą być dane przedstawione w tabeli 1, dotyczące początkowego okresu istnienia zbiornika zaporowego [7].

Jakość wody dopływającej jest charakterystyczna dla rzek podgórskich. Wyraźny wpływ na wysokie średnie stężenia mętności ma uchwycenie w tej serii badań kilku próbek wody o wysokiej mętności. De-

Tabela 1

Wybrane wskaźniki jakości wody Raby i wody ujmowanej ze zbiornika Dobczyce [7]

Woda dopływająca do zbiornika od 25.09.1986 do 15.08.1987											
Parametry	Mętność g/m ³	Barwa g Pt/m ³	Utlenial- ność g O ₂ /m ³	ChZT g O ₂ /m ³	ChZT Utlenial.	Azot amon. g N/m ³	Azot azotan. g N/m ³	Azot org. g N/m ³	Azot całkow. g N/m ³	Fosforany g PO ₄ ⁻ /m ³	Zasado- wość val/m ³
Liczba danych	19	19	19	8	8	19	19	11	11	19	19
Stężenie min.	3	5	2,0	3,6	1,31	0,02	1,0	0,3	1,42	n.w.	1,1
Stężenie max.	700	35	18,4	8,4	2,80	0,30	5,0	0,7	4,78	0,30	3,7
Stężenie śred.	104	15,4	5,8	5,5	1,9	0,056	2,82	0,49	2,81	0,059	2,24
Odczyn. stand.	191	7,50	5,6	2,0	0,5	0,062	1,4	0,13	1,18	0,079	0,75
Współczyn. zmien.	1,84	0,49	0,96	0,36	0,26	1,13	0,50	0,27	0,42	1,33	0,33
Woda ujmowana ze zbiornika od 17.11.1986 do 9.11.1987											
Liczba danych	14	14	14	8	8	17	14	12	12	14	14
Stężenie min.	2	7	2,7	5,0	1,28	0,04	0,5	0,4	1,16	ślady	1,0
Stężenie max.	350	50	4,8	17,0	6,30	0,30	5,0	0,9	5,58	0,10	2,9
Stężenie śred.	43,4	19,1	3,5	8,1	2,46	0,081	2,32	0,55	2,96	0,026	1,89
Odczyn. stand.	90,2	11,1	0,55	4,51	1,68	0,068	1,42	0,16	1,45	0,039	0,57
Współczyn. zmien.	2,08	0,58	0,27	0,56	0,68	0,84	0,61	0,29	0,49	1,50	0,30

cydujący o stopniu eutrofizacji fosfor wykazuje okresowo znaczne stężenia, a trend zmian zarówno stężeń jak i ładunków fosforanów w wodzie rzeki powyżej tego zbiornika jest rosnący.

Próbki wody pobieranej przez ujęcie ze zbiornika potwierdzają jego działanie wyrównawcze, przy czym zwraca uwagę wysoka mętność maksymalna. Barwa wody uległa zwiększeniu, również wyższe były stężenia domieszek oznaczonych jako ChZT. Doszukiwać się można odmienności związków składających się na ChZT. Mianowicie są one podobne do tych jakie występują w rzece przed zbiornikiem, ale występują również inne, bardziej odporne na rozkład, o czym świadczy wysoka wartość proporcji ChZT do utlenialności. Fosforany są niższe niż w rzece (wykorzystane m.in. przez biocenozę zbiornika zaporowego). Obniżyła się zasadowość, co ma znane następstwa w procesach uzdatniania wody. Wodę w zbiorniku dobczyckim, w okresie przedstawionym wyżej, można ocenić jako nieznacznie zeutrofizowaną.

Zbiornik przy stopniu wodnym w Rzeszowie, gromadzi wodę o jakości daleko odbiegającej od warunków stawianych wodzie ujmowanej do celów wodociagowych. Charakterystyka tej wody została przedstawiona w pracy [3], gdzie podano również jakość wody uzdatnionej. W tabeli 2 zestawiono dane charakteryzujące prawdopodobieństwo występowania barwy i azotu amonowego [8] w ujmowanej wodzie, podkreślając znaczny zakres badań kontrolnych

przewodzonych przez MPWiK w Rzeszowie oraz szeroką współpracę z instytucjami naukowo-badawczymi.

Schematy technologiczne stacji uzdatniania wody pobieranej z jezior i zbiorników zaporowych zależne są od stopnia czystości wody, będącego w znacznej mierze pochodną zjawisk eutrofizacyjnych [1]. Przy wodach oligotroficznym (zawartość fosforu ogólnego w wodzie zbiornika poniżej 0,01 g P/m³) zwykle może być wystarczający następujący układ: okresowe wstępne utlenianie (np. KMnO₄) — koagulacja — filtry pospieszne (jednowarstwowe) — usuwanie CO₂ — dezynfekcja. Przy wodach oligotroficzo-mezotroficznym (od 0,01 do 0,02 g P/m³) schemat technologiczny jest najczęściej następujący: okresowe dawkowanie węgla pylistego — wstępne utlenianie — koagulacja i korekta pH — filtry pospieszne (dwuwarstwowe) — okresowa wtórna koagulacja — filtracja przez złoża specjalne — usuwanie CO₂ — dezynfekcja. Najbardziej złożony układ ma miejsce przy wodach zanieczyszczonych, tj. mezotroficzo-eutroficznym (> 0,02 g P/m³): mikro-sita — wstępne utlenianie — wysoko sprawna koagulacja — filtry dwuwarstwowe — ozonowanie — okresowa wtórna koagulacja — złoża z węglem biologicznie aktywnym — usuwanie CO₂ — dezynfekcja dwutlenkiem chloru.

Zaleca się przed opracowaniem projektu wykonanie badań technologicznych w skali ułamkowo-technicznej. W wodach ujmowanych ze zbiorników zaporowych

Tabela 2

Natężenia barwy i stężenia azotu amonowego w ujęciu na Wisłoku dla Rzeszowa [8]

Rok	Natężenie barwy odpow. prawdp. wyst.					Stężenie azotu amonowego odpow. prawdp. wyst.					
	100%	95%	90%	$\bar{x}$	w	100%	95%	90%	50%	$\bar{x}$	w
1981	220	60	60	31,7	0,80	3,0	1,9	1,5	0,9	0,96	0,60
1983	180	60	50	34,3	0,71	—	—	—	—	—	—
1984	50	45	38	27,3	0,29	2,6	1,1	1,0	0,60	0,64	0,58
1985	60	40	35	25,3	0,31	2,0	1,4	1,0	0,14	0,34	1,32
1986	80	45	40	27,8	0,35	2,0	0,8	0,56	0,14	0,25	1,28

wych efektywność procesu sedymentacji, nawet poprzedzonej koagulacją, jest często mniejsza niż przy oczyszczaniu wód płynących. Przy ujęciach poniżej zbiorników zaporowych jakość wody może być bardziej zróżnicowana. Wyraźne oddziaływanie zlewni leżącej między zaporą a ujęciem może przejawiać się wysokimi wartościami mętności, ChZT, barwy i stężeń różnych form azotu. Stopień zmienności stężeń tych wskaźników jest znacznie wyższy niż przy poborze wody wprost z akwenu. Stąd też może być uzasadnione wprowadzenie basenów wody surowej.

Eksploatacja

Trudności eksploatacyjne ujęć związanych ze zbiornikami zaporowymi zależą głównie od czynników przedstawionych na rysunku 1, a także od kwalifikacji personelu, możliwości technicznych urządzeń i stopnia zaopatrzenia w materiały do produkcji itp. Konieczność uzyskiwania odpowiednio wcześniej informacji co do jakości wody oraz potrzeba dysponowania zestawem urządzeń umożliwiających elastyczne dostosowywanie procesu oczyszczania do zmian jakości wody, są powszechnie znane.

Wydać się celowe zwrócenie uwagi na niezbyt doceniane u nas możliwości, jakie kryją w sobie działania leżące poza eksploatacją samej stacji oczyszczania wody. Możliwość te są uwarunkowane dysponowaniem urządzeniami umożliwiającymi pobór wody dla stacji oczyszczania z różnych głębokości (co jest stosowane w niektórych polskich projektach) i istnieniem przewodów odprowadzających wodę ze zbiornika, rozmieszczonych na kilku poziomach. Wtedy można spełnić następujące kryteria racjonalnej eksploatacji, zaproponowane przez praktyków z CSRF [2]:

- maksymalne wydłużenie okresu pobierania wody o wysokiej jakości,
- ograniczenie okresu poboru wody o złej jakości,
- zmniejszenie do minimum występowania stref beztlenowych w zbiorniku zaporowym,
- odseparowanie dopływu do ujęcia wodociągowego od strumienia wody złej jakości i dopływu do ujęcia zanieczyszczeń wywołanych eutrofizacją.

Ujęcia wodociągowe eksploatują wody z warstwy epilimnionu lub hipolimnionu. Optymalna głębokość poboru wody w każdym ujęciu wynika ze stratyfikacji zanieczyszczeń w zbiorniku oraz zakresu oczyszczania wody. Jeżeli nastąpi uruchomienie drobnych zawieszin (osadów), np. przez falowanie lub zjawiska termiczne, to może nastąpić wprowadzenie do hipolimnionu dużych ładunków zanieczyszczeń. Dlatego wyklucza się pobór wody z głębokości bliskiej dna [5].

Poprawa jakości wody w zbiorniku zaporowym lub jeziorze powoduje ułatwienia w eksploatacji stacji wodociągowej, polegające między innymi na wyraźnym zmniejszeniu ilości materiałów do produkcji. Przykładem tego mogą być następstwa wynikające z poprawy jakości wody w jednym z ujęć amerykań-

kańskich umieszczonych w zbiornikach zaporowych [4]. Na skutek zwiększenia zasadowości w wodzie zbiornika (średnio o około 50%), nastąpiło obniżenie zawartości azotu amonowego (średnie stężenie z 0,34 do 0,26 g N/m³, a zakres zmian zmalał od 0,08÷1,18 do 0,06÷0,89 g N/m³), przy nieznacznym wzroście żelaza (średnio z 0,30 do 0,35 g Fe/m³) i manganu (średnio z 0,08 do 0,11 g Mn/m³). Obniżeniu uległy potrzebne ilości większości materiałów do produkcji wody, m.in. energia elektryczna z 256 tys. kWh do 234 tys. kWh (wszystkie ilości podano dla 1 roku), wapno z 336 tys. kg do 182 tys. kg, chlor z 5,0 tys. kg do 3,8 tys. kg (obniżona dawka wynosi 5,0 g Cl₂/m³), zrezygnowano ze stosowania węgla aktywnego.

Eksploatacja stacji oczyszczania wody ze zbiorników zaporowych wymaga stałej obserwacji i działań zmierzających do opanowania głównych ognisk zanieczyszczeń doprowadzanych do tego akwenu i w nim powstających. Znaczącą rolę w tym zakresie może odgrywać specjalnie prowadzona gospodarka rybacka, podporządkowana w zupełności utrzymaniu właściwej jakości wody. Problematyka ta jest w naszym kraju przedmiotem zainteresowań wodociągowców, hydrobiologów, ichtologów i specjalistów innych gałęzi [10]. Aktualne poglądy w zakresie gospodarki rybackiej w wodociągowych zbiornikach zaporowych zawarte są w syntetycznym zdaniu „minimum biomasy”. Wprowadzenie do takich zbiorników znaczących ilości ryb roślinożernych (jak amur biały, tołpyga) uznano za niewłaściwe. Sprawą otwartą pozostaje kwestia eksploatacji rybackiej zbiorników wodociągowych. Dominuje pogląd, że muszą one podlegać użytkownikowi wodociągowemu. Nagłe zmiany poziomów piętrzenia wody są często niekorzystne dla rybostanu.

Kolejną specyfiką ujęć wody ze zbiorników zaporowych jest konieczność utrzymywania pogotowia do zwalczania awaryjnych zanieczyszczeń wody, np. pochodnymi ropy naftowej. Wymaga to odpowiedniego sprzętu i przeszkolonych pracowników, a warunkiem właściwego działania jest systematyczna obserwacja akwenu.

Wiele trudności wywołuje eksploatacja ujęć i stacji oczyszczania wody, położonych poniżej zbiorników zaporowych, wykorzystywanych również do celów energetycznych. Zmiany natężeń przepływu, jakości wody, a w zimie dodatkowo zmienne warunki termiczne są powodem uciążliwości, trwających nawet kilka miesięcy w roku. Oprócz problemów związanych z obiektem ujęcia konieczne jest dostosowanie parametrów procesu uzdatniania do zmieniającej się charakterystyki wody. Wymaga to dysponowania stosownymi urządzeniami, w tym także takimi, które umożliwiają szybkie oznaczanie niektórych wskaźników. I w tym przypadku dobra współpraca zakładu wodociągowego z kierownictwem obiektu hydrotechnicznego łagodzi trudności eksploatacyjne.

Wnioski

1. Pobór i oczyszczanie wody z rzek górskich, zbiorników zaporowych i poniżej tych obiektów wy-

maga sprawnego dostosowywania się do zmieniających się cech jakościowych wody.

2. Współpraca wodociągowców i hydrotechników powinna rozpocząć się możliwie wcześnie, już przy programowaniu tych obiektów i trwać przez cały okres projektowania, a następnie wykonawstwa i eksploatacji.

3. Wiele trudności związanych z ujmowaniem wody ze zbiorników (i poniżej tych obiektów) można zmniejszyć lub wręcz uniknąć, optymalizując sposób eksploatacji zbiornika i zakładu wodociągowego.

4. Poprawa układu organizacyjnego, jakkolwiek nie jest warunkiem wystarczającym, jednak ułatwia najkorzystniejszą eksploatację obiektów wodociągowych związanych w sposób szczególny z obiektami hydrotechnicznymi oraz urządzeniami do ochrony wód — a takimi są ujęcia ze zbiorników zaporowych.

LITERATURA

1. H. BERNHARDT: Wasserversorgung aus Trinkwassertalsperren. GWF Wasser-Abwasser, 1984, Nr 7, ss. 312.
2. J. HEJZLAR: Možnosti zlepšování kvality vody ve vodárenské nadřži Řimov optimalizací režimu vypouštění. Vodní Hospodářství, 9/1989, ss. 236—245.

2. T. PIWIŃSKI: Problemy zaopatrzenia miasta Rzeszowa w wodę i trudności eksploatacyjne wodociągu. Mat. XI konf. „Zagadnienia zaopatrzenia w wodę miast i wsi”, PZITS, Poznań, 1988, t. IV, s. 50—64.
4. R. R. RAMAN, B. R. ARBUCKLE: Long-Term Destratification in an Illinois Lake. JAWWA, 1989, Z. 6, ss. 66—71.
5. H. H. STABEL, V. ZIMMERMANN, H. P. LEDERGERBER, H. MÄCKLE: Phosphatrückgang, Algenentwicklung und Wasserqualität in den Seen des Einzugsgebiets der AWBR. GWF Wasser-Abwasser, 1989, Nr 10, ss. 525—532.
6. **Stroitielnyje Normy i Prawila:** Wodosnabżeniye. Narużnyje seti i sooruzhenia, SNiP 2.04.02—84.
7. J. SITARSKA: Badania wody rzek w zlewni Dunajca, Raby i zbiorników Dobczyce. BPBK Kraków, 1987 (nie publikowane).
8. S. A. RYBICKI: Program zaopatrzenia m. Rzeszowa w wodę po 1990—2015 r. w oparciu o przerzut wody z Sanu. Wstępna koncepcja zasilania w aspekcie niezawodnościowym. BPBK Kraków, 1989 (nie publikowane).
9. S. WRÓBEL: Uwarunkowanie jakości wody w zbiornikach zaporowych. Mat. symp. „Biomaniipulacja jako metoda zachowania czystości wody w zbiornikach zaporowych. Wyd. PZITS Nr 553, Mogilany 16—17 maj 1988 r.
10. **Praca zbiorowa:** Biomaniipulacja jako metoda zachowania czystości wody w zbiornikach zaporowych. Mat. konf., wyd. PZITS nr 553, 1988.

MAJOR PROBLEMS DEALT WITH IN THE DESIGN AND OPERATION OF TREATMENT PLANTS FOR PIEDMONT RIVERS AND IMPOUNDMENT LAKES

Characterized are the objects of water supply with headwater intakes, operated in the Carpathian Piedmont Plain.

Consideration is given to the following major factors — site selection for the intake in the impoundment lake, method of crest preparation, development of appropriate technological systems (by taking into account the actual degree of eutrophication) and determination of adequate operating conditions for the water treatment plants.