

Janusz FILLIMOWSKI, Małgorzata WAWRO
Zakład Systemów Wodno-Gospodarczych
IMI GW - Kraków

ZASOBY DYSPOZYCYJNE SYSTEMU WODNEGO ŚLĄSKA

Streszczenie: Dla wielozbiornikowego systemu wodnego Śląska określono przedziały zasobów dyspozycyjnych, rozpatrując sumy indywidualnego działania bądź efekty synergii obiektów. W ten sposób powstały poziomy zasobów rosnących w wyniku budowy nowych zbiorników i rurociągów. Jednocześnie wskazuje się na dodatkowe możliwości zwiększenia osiągnięć tego systemu na drodze udoskonalania metod sterowania współpracujących obiektów hydrotechnicznych.

1. Specyfika zasobów dyspozycyjnych w systemie wodnym,

Aglomeracja miejsko-przemysłowa Śląska, rozbudowując się w dużym tempie, zwiększa coraz bardziej sieć dystrybucji wody pitnej. Źródła wody, które dotąd przewidywane były dla zabezpieczenia poszczególnych miast i osiedli, nie wystarczają dla pokrycia projektowanego wzrostu potrzeb. Stało się konieczne sięgnięcie po zasoby wodne dalej położone, a także rozpatrywanie większej ilości użytkowników łącznie z lokalnymi w rozwiązanych zlewniach zasilających. Obecnie przerzuca się wodę z Małej Wisły i Soły - w oparciu o rurociągi ze zbiorników: Goczałkowice, Tresna, Porąbka, Czaniec i stopniowo realizowane Dzieńkówice, które wyrównują przepływy naturalne, lecz uzyskiwane ilości wody nie wystarczą już wkrótce.

Deficyty wody mogą być zmniejszane nie tylko przez zwiększanie liczby źródeł, ale i przez oszczędne, optymalne gospodarowanie istniejącymi zasobami osiągające wysoki stopień synergii obiektów systemu. Efektem synergii, czyli współdziałania w systemie, będzie nie suma przepływów wy-

równywanych przez poszczególne zbiorniki, lecz wielkość zasobów większa od sumy dzięki uzupełnianiu się pracy zbiorników. Specyfika gospodarki wodnej, bazującej na zasilaniu z wielu zlewni, zmierzającej do zabezpieczenia dużych ilości wody dla odbiorcy - aglomeracji miejsko-przemysłowej, a więc użytkownika o zakładanej wysokiej gwarancji zabezpieczenia potrzeb, wymaga doskonałej znajomości dyspozycyjnych zasobów wodnych, oraz wpływu na ich wielkość czynników zarówno naturalnych jak i sztucznych.

Wielkość zasobów dyspozycyjnych, czyli dopływów, jakie mogą być wykorzystane /z określoną gwarancją/ przez użytkowników systemów wodnych, jest jedną z podstawowych charakterystyk używanych przy wszelkiego rodzaju analizach tych systemów. Pod pojęciem zasoby dyspozycyjne systemu wodnego rozumie się sumę wyrównanych odpływów z tego systemu, uzyskanych w wyniku celowej transformacji dopływów naturalnych. Określenie wielkości zasobów dyspozycyjnych systemów wodnych - szczególnie na etapie planowania nie jest sprawą prostą - było to przedmiotem naszych prac [7] oraz publikacji [5] - za tymi źródłami przytaczamy tu zaproponowaną klasyfikację zasobów wodnych: naturalnych, maksymalnych, minimalnych, potencjalnych i osiągalnych.

Przez zasoby naturalne rozumie się wielkość sumarycznego odpływu z systemu możliwą do uzyskania zadaną gwarancją, przy założeniu braku zbiorników retencyjnych i rurociągów umożliwiających międzylewniowe przerzuty wody - ustalamy je dla systemu, sumując naturalne przepływy o tej gwarancji występujące w poszczególnych przekrojach bilansowych, czyli przekrojach ujęć wody.

Zasoby maksymalne to suma zaregulowanych odpływów z systemu, jakie uzyskalibyśmy w przypadku dysponowania zbiornikami i rurociągami przerzutowymi o nieograniczonych możliwościach - wielkość tych zasobów równa się sumie średnich przepływów z wielolecia w przekrojach ujęć wody /w przypadku występowania w jednej zlewni kilku ujęć wody do bilansu wchodzi jedynie przekrój najniższej leżący/.

Pod pojęciem zasobów minimalnych rozumiemy sumę odpływów zaregulowanych w wyniku pracy zbiorników o założonych objętościach wyrównawczych, przy braku rurociągów umożliwiających międzylewniowe przerzuty - odpowiada to założeniu braku współpracy między zbiornikami. Wielkość zasobów

minimalnych jest sumą zdolności regulacyjnych zbiorników eksploatowanych według standardowych metod rozrządu wody.

Zasoby potencjalne to suma zaregulowanych odpływów z systemu, możliwych do uzyskania, gdybyśmy dysponowali zbiornikami o zadanych pojemnościach i rurociągami przerzutowymi o strukturze i przepustowościach pozwalających na dowolne przerzuty wody między tymi zbiornikami.

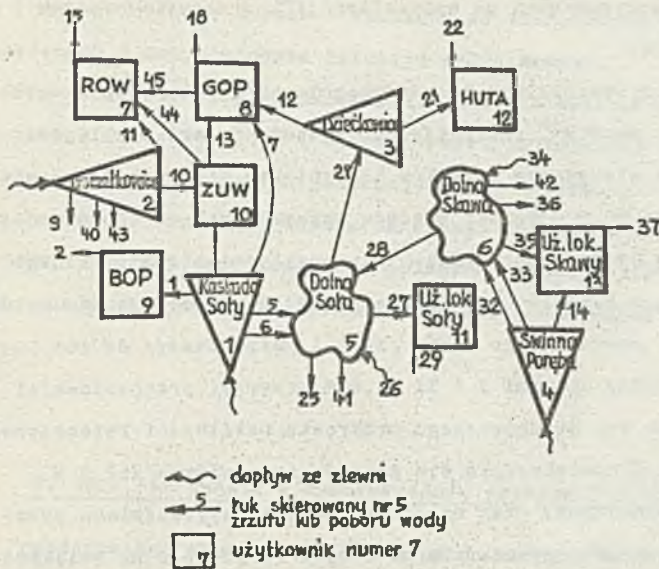
Osiągalnymi nazwalibyśmy zasoby wodne równe sumarycznemu odpływowi wyrównanemu z systemu /o zadanej strukturze oraz parametrach zbiorników i rurociągów przerzutowych/, możliwemu do uzyskania w wyniku eksploatacji tego systemu według "elastycznych" metod rozrządu wody bazujących na 12-miesięcznej prognozie dopływów do systemu.

Wyodrębniając ww. rodzaje zasobów, brano pod uwagę również możliwości prostego określenia ich wielkości dla różnych struktur systemów wodnych. Porównując je ze sobą, określamy efekty uzyskane dzięki przyłączeniu nowych źródeł zasilania wodą, dzięki rosnącemu poziomowi polityki operacyjnej na zbiornikach, powstawaniu możliwości przerzutowych - poznajemy również granice wzrostu efektów wynikające z zastosowania udoskonalonych metod sterowania w systemie. Zasoby naturalne /ujęcia bez zbiorników i przerzutów międzylewniowych/ i minimalne /system z zabudową zbiornikową lecz bez przerzutów/ są sumowanymi efektami systemu nie współpracujących obiektów. Natomiast wielkości trzech pozostałych rodzajów zasobów: maksymalnych /idealny system o nieskończonej pojemności zbiorników i przepustowości rurociągów/, potencjalnych /idealne połączenia dla współpracy rzeczywistych zbiorników/ i osiągalnych /idealne sterowanie przy rzeczywistych zbiornikach i przerzutach wody/ są efektem synergii w systemie. Różnica między sumą indywidualnego działania i efektem synergii obiektów hydrotechnicznych stanowi wynik gospodarki systemowej, natomiast wielkość zasobów osiągalnych jest poziomem, do którego można przybliżyć poprzez udoskonalanie sterowania realne zasoby dyspozycyjne systemu. Celem zatem polityki eksploatacyjnej systemu winno być dążenie do efektywnego przetransformowania zasobów naturalnych w osiągalne przy optymalnym doborze pojemności zbiorników i przepustowości rurociągów pracujących w systemie.

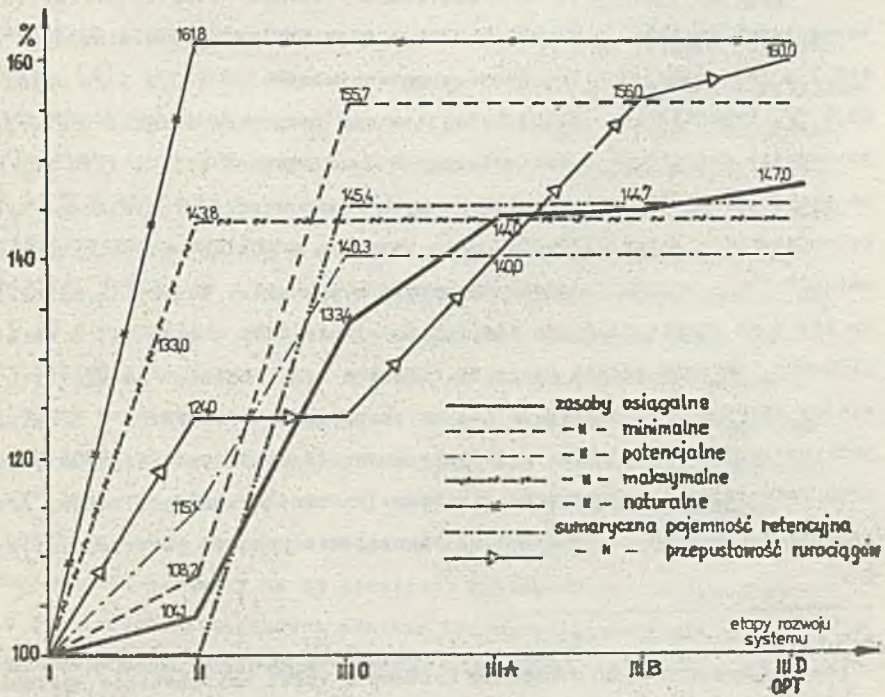
2. Tempo wzrostu zasobu.

Przy rozpatrywaniu rosnącej ilości etapów rozwoju złożonego systemu wodnogospodarczego Śląska zadania obliczeniowe komplikują się, stają się coraz bardziej pracochłonne - występuje potrzeba wprowadzania uproszczeń. Zoopatrzenie w wodę jest zagadnieniem, dla rozpatrywania którego wydzielono z całego systemu podsystem kształtowania zasobów wodnych /zwany krótko wodnym/ - jest to system nie wnikający w dystrybucję wody wśród jej grup odbiorców, traktowanych tu jako punktowe miejsca poboru wody, dostarczanej z systemu wodnego poprzez magistralną sieć rurociągów. Konsekwentnie do koncepcji systemu wodnego Śląska którego głównym zadaniem jest dostarczenie wody do sieci wodociągowej w Katowicach, Rybniku i Bielsku jak również do użytkowników związanych z systemem przez sieć rzeczną i źródła zasilania, ustalono etapy rozbudowy tego systemu zgodnie z obowiązującym harmonogramem do 1985 r. Schemat systemu wodnego Śląska przedstawia rys.1 - model obejmuje pobór wód powierzchniowych ze zbiornika Goczałkowice na Małej Wiśle, z ujęć na Sole poniżej kaskady zbiorników Tresna, Porąbka i Czaniec oraz z ujęcia w Grodzisku na Skawie poniżej zbiornika Świnna Poręba; pracę systemu uzupełnia zbiornik popieskowy Dzieckowice. Dla takiego systemu określano poprzednio zdefiniowane rodzaje zasobów dyspozycyjnych wody w przypadku optymalnie współpracujących obiektów. Poszczególne rodzaje zasobów systemu wodnego Śląska zostały opracowane przy wykorzystaniu 30-letnich obserwacji charakteryzowanych przepływami średnimi miesięcznymi z okresu 1946 - 1975.

Na rysunku 2 pokazano przyrost zasobów na poszczególnych etapach rozwoju systemu wodnego Śląska w stosunku do stanu obecnego, tj. wykorzystania zasobów Małej Wisły i Soły /etap I/. Etap II rozwoju to sięgnięcie po zasoby rzeki Skawy poprzez rurociąg Skawa - Soła w pierwszym okresie przed wybudowaniem zbiornika. Etap III uwzględnia wprowadzenie zbiornika na Skawie, rozpatruje się tu podetapy: IIIO - przed zrealizowaniem rurociągu Dzieckowice - Katowice, IIIA - po wybudowaniu tego rurociągu, IIIB - po odłączeniu Huty Katowice i zwiększeniu przerzutu z Soły do Dzieckowic



Rys. 1 Schemat sieciowy systemu wodnego Śląska



Rys. 2 Tempo przyrostu zasobów wodnych

i IIID-OPT - przy skorygowanych po optymalizacji^{x)} przepustowościach rurociągów w systemie.

Analizując rys.2, obserwujemy na poszczególnych liniach reprezentujących tempo wzrostu zasobów, retencyjności systemu i jego możliwości przerzucania wód, że stworzenie warunków korzystania z przepływów średnich rzeki Skawy daje 43,8 % wzrost zasobów maksymalnych w stosunku do takich zasobów Małej Wisły i Soły. Natomiast uwzględnienie minimalnego średniego miesięcznego przepływu na Skawie powoduje wzrost zasobów naturalnych obliczonych dla poprzedniego etapu /Soły i Małej Wisły/ do 161 %.

Uwzględniony między etapami I i II 24,0 % przyrost przepustowości rurociągów w systemie bez jednoczesnego przyrostu możliwości retencjonowania decyduje o 4,1 % powiększeniu się zasobów osiągalnych i 0,2 % wzroście zasobów minimalnych. Przy nieograniczonych możliwościach przerzutowych prace zbiorników rozważanych na etapie II pozwoli na zwiększenie zasobów potencjalnych o 15,1 %. Zbudowanie zbiornika Świnna Poręba na Skawie da na etapie III 45,4 % przyrost pojemności wyrównawczej systemu i spowoduje w porównaniu z wyjściowym poziomem /etap I/ wzrost zasobów osiągalnych do 133,4 % /czyli o dalsze 29,3 %/, zasobów minimalnych do 155,7 % /o dalsze 47,5 %/, zasobów potencjalnych do 140,3 % /o dalsze 25,2 %/. Przedstawione dalej kolejne etapy dotyczące zwiększania przepustowości rurociągów w systemie po 16 % na etapach IIIA i IIIB lub 4 % na etapie IIID-OPT, jak również pewnych zmian struktury wielkości tych przepustowości /etap IIID-OPT/ dały rezultat w postaci wzrostu zasobów osiągalnych - wyniku dodatniej synergii w systemie. Zasoby te wzrosły do 144 % na etapie IIIA, do 144,7 % na etapie IIIB lub do 147 % na etapie IIID-OPT. Zwrócić należy uwagę na wzrost o 2,3 % zasobów osiągalnych między etapami IIIB a IIID-OPT, co uzyskane zostało zaledwie 4 % wzrostem przepustowości rurociągów, a głównie zmianami wynikłymi z optymalizacji tych rurociągów, a dotyczącymi struktury rozmieszczenia możliwości przerzutowych w systemie. Proponowane rozwiązanie poparte obliczeniami optyma-

x) Jako kryterium optymalizacji przepustowości przyjęto minimalizację kosztów inwestycyjnych rozwoju systemu i strat użytkowników systemu [3].

lizacyjnymi wprowadza najistotniejsze zmiany na kierunkach Skawa - Dzieńkowice i Goczałkowice - Rybnik w stosunku do planowanych tu przepustowości /określonych w dużym stopniu intuicją inżynierską/.

Przedstawiony tu dla uproszczenia jedynie wzrost zasobów osiągalnych o gwarancji czasowej 100 % i bez wprowadzenia zmiennej struktury potrzeb o zróżnicowanych wymaganych gwarancjach ich zapewnienia, daje jedynie zarys możliwości wzrostu zasobów na drodze doskonalenia synergii w systemie. Mamy podstawy spodziewać się dalszych efektów dzięki doskonaleniu metod sterowania jak i uwzględnianiu wpływu komponentów systemu na jego pracę.

3. Rola sterowania w wykorzystaniu zasobów dyspozycyjnych

Przedstawione tempo przyrostu zasobów wodnych Śląska w zależności od rozbudowy inwestycyjnej pozwala w ostateczności zwiększyć zasoby osiągalne o 47 %, tj. do $30,77 \text{ m}^3/\text{s}$ z gwarancją czasową 100 %. Uzyskanie takich zasobów w praktyce eksploatacyjnej jest trudne z uwagi na brak długoterminowych prognoz dopływu wody do zbiorników tego rejonu. Jak wykazały badania [3], skrócenie okresu prognozy do jednego miesiąca i przyjmowanie pozostałych wartości przyszłych dopływów równych medianom wyznaczonym w wieloletnim ciągu obserwacji historycznych pomniejsza zasoby dyspozycyjne o 10 % w stosunku do osiągalnych ze 100 % gwarancją. Już od szeregu lat rozpatrywane są struktury potrzeb o zmiennej gwarancji czasowej ich spełnienia. Wynika to z możliwości stosowania częściowych ograniczeń, np. o 10 %, co nie wywołuje odczuwalnych skutków u odbiorców wody. Rozpatrywanie takich struktur potrzeb zezwala na zwiększenie wykorzystania wody w okresach nadmiaru wody w rzekach. W tabl.1 przedstawiono uzyskiwane gwarancje spełnienia poszczególnych przedziałów potrzeb na etapie III. Widać tu wyraźnie, że stosowana w [6] metoda półsztywnego sterowania uzyskuje bardzo wysokie gwarancje zbliżone do metody sterowania elastycznego ze znajomością prognozy na 12 miesięcy. Zastosowanie powyższej metody sterowania do okresów miesięcznych powinno być uzupełniane przez sterowanie na poziomie niższym w okresach krótszych /dobowych lub dekadowych/, co prawdopodobnie zwiększyłoby jeszcze osiągi systemu.

Tabela 1

Czasowe gwarancje spełnienia potrzeb w systemie

Przedział potrzeb	Wielkość potrzeb	Suma potrzeb	Gwarancja spełnienia przy sterowaniu		
			Idealnym	Według [6]	Według [6] wariant B
%	m ³ /s		%		
75	28,30	28,30	100	99,6	99,8
15	5,65	33,95	95	94,7	95,5
10	3,77	37,72	60	48,4	50,7

^x przy zmniejszonym o $2,2 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ przepływie niernaruszalnym na Sole.

Widać stąd, że ustalone na etapie planowania rozwoju systemu zasoby dyspozycyjne jako zasoby osiągalne stanowią granicę, do której osiągi systemu powinny jak najbardziej zbliżyć się dzięki optymalnemu sterowaniu obiektami. Rola sterowania jest więc ogromna - dla przedstawionego systemu powoduje ono powiększenie zasobów dyspozycyjnych od poziomu zasobów minimalnych do osiągalnych, t.j. o $5 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$, przy 100 % gwarancji zabezpieczenia potrzeb i o $12 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$, przy zróżnicowanej strukturze potrzeb. Powyższe wartości są niebagatelne dla regionu miejsko-przemysłowego Śląska, gdyż stanowią około 15-30 % potrzeb prognozowanych na rok 1990. Zaznaczyć jednak trzeba, że powyższe zwiększenie osiągnięć uwarunkowane jest odpowiednim wyposażeniem systemu między innymi w podsystemy informatyczne, automatyzacji sterowania jak i optymalnym rozwiązaniem obiektów hydrotechnicznych, a w szczególności obiektów międzyzlewniowego przerzutu wody.

LITERATURA

- [1] Filimowski J., Wawro M.: "Efektywność rozbudowy systemu w funkcji tempa narastania potrzeb wodnych i możliwości tempa zwiększenia zasobów dyspozycyjnych" IMGW, Kraków, 1978 r. /maszynopis/
- [2] "Generalna koncepcja systemu wodno-gospodarczego w aglomeracji miejsko-przemysłowej" wariant I BPBK, Katowice, 1978 r. /maszynopis/ wariant II IMGW, Kraków, 1976 r. /maszynopis/
- [3] Kordas B., Filimowski J.: "Optymalizacja przepustowości rurociągów magistralnych systemu zaopatrzenia w wodę Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego" Archiwum Hydrotechniki Tom XXIV zes.3, 1977 r.
- [4] "Regionalny plan zaopatrzenia w wodę Górnośląska - Etap II" CBSiPBW Hydroprojekt", Kraków, 1974 r.

- [5] Słota H., Wawro M.: "Zasoby systemów wodnych w funkcji ich rozwoju i metod eksploatacji" Gospodarka wodna 2/1979.
- [6] Słota H. i in.: "Koncepcja sterowania istniejącymi i projektowanymi zbiornikami retencyjnymi w podsystemie kształtowania i ochrony zasobów wodnych na obszarze objętym systemem wodnogospodarczym Śląska - dla stanu rozwoju podsystemu przewidywanego na lata 1980-85" IMGW, Kraków, 1978 r. /maszynopis/.
- [7] Wawro M.: "Zasoby dyspozycyjne systemu na poszczególnych etapach jego rozwoju" IMGW, Kraków, 1977 r. /maszynopis/.
- [8] "Założenia generalne rozwoju wodociągu grupowego WPWiK w Katowicach" BPWK, Katowice, 1973 r.

ДИСПОЗИЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ ВОДНОЙ СИСТЕМЫ СИЛЕЗИИ

В водной системе Силезии, содержащей ряд водохранилищ определено интервалы ресурсов, рассматривая суммы индивидуальной работы или результаты сотрудничества объектов. Таким образом получено уровни ресурсов увеличивающихся вследствие постройки новых водохранилищ и водоводов. Одновременно указано добавочные возможности увеличения результатов работы системы путём улучшения методов управления совместно работающих гидротехнических объектов.

OPERATING RESOURCES OF SILESIA WATER SYSTEM

Water Resources of multireservoir Silesia Water System are defined by analysing the sum of individual available resources or the effect of objects synergy. The changes of water resources levels are caused by new reservoirs and water pipeline building. Further possibility for growth of the operating resources are showed by the control methods of synergizing objects in system development.