

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Wydział Inżynierii Środowiska



ROZPRAWA DOKTORSKA

mgr inż. Dorota Pułowska

**Bilans wodno-gospodarczy jako podstawa opracowania
zasad gospodarowania wodą w zlewniach
o szczególnych walorach przyrodniczych
na przykładzie Górnej Narwi**

WARSZAWA

1996

**POLITECHNIKA WARSZAWSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA
INSTYTUT SYSTEMÓW INŻYNIERII ŚRODOWISKA**

mgr inż. Dorota Pusłowska

**BILANS WODNO-GOSPODARCZY
JAKO PODSTAWA OPRACOWANIA ZASAD
GOSPODAROWANIA WODĄ W ZLEWNIACH
O SZCZEGÓLNYCH WALORACH PRZYRODNICZYCH
NA PRZYKŁADZIE GÓRNEJ NARWI**

*Praca doktorska wykonana
pod kierunkiem*

Prof. dr hab. inż. Janusza Kindlera

WARSZAWA, 1996

*Promotorowi, Panu Profesorowi Januszowi Kindlerowi
za pomoc udzieloną przy realizacji pracy składam serdeczne
podziękowania.*

*Panu Doktorowi Sylwkwowi Tyszewskiemu ogromnie dziękuję
za wszechstronną życzliwość, opiekę, współpracę i cierpliwość
oraz cenne wskazówki w trakcie realizacji pracy.*

*Pragnę również podziękować Pracownikom i Doktorantom
z Zakładu Gospodarki Wodnej i Hydrologii za pomoc
i słowa otuchy.*

*Rodzince i Przyjaciółom dziękuję za okazaną mi wyrozumiałość
i wsparcie.*

*Dodatkowo dziękuję Wszystkim i Wszystkiemu, którzy do powstania tej pracy
się przyczynili, a szczególnie: Temu, kto wynalazł komputer, przy którym spędziłam
bardzo długie godziny, Tym, dzięki którym istnieje Wydział Inżynierii Środowiska
z tak bliskim mi ostatnim piętrem, Drzewom, które zapewniły mi papier oraz innym
Drzewom i Zwierzętom, które dawały mi czasem wytchnienie.*

SPIS TREŚCI

1.	Cel i zakres pracy	5
2.	Bilans wodno-gospodarczy jako podstawa opracowania zasad gospodarowania wodą	6
2.1	Bilanse wodno-gospodarcze wg Bipromelu	6
2.2	„Program Wisła”	7
2.3	Regionalne Perspektywiczne Plany Rozwoju Gospodarki Wodnej i Ochrony Wód	10
2.4	Metodyka jednolitych bilansów wodno-gospodarczych	12
2.5	Przykłady modeli bilansowych	16
2.6	Podsumowanie i ocena opisanych metod bilansowania	18
2.6.1	Sposób prowadzenia obliczeń bilansowych	18
2.6.2	Jakość wód	18
2.6.3	Związek z wodami podziemnymi	19
2.6.4	Potrzeby wodne	20
2.6.5	Kryteria	20
3.	Modelowanie potrzeb wodnych użytkowników w bilansach wodno-gospodarczych	21
3.1	Użytkownicy w systemie wodno-gospodarczym	21
3.2	Gospodarka komunalna i przemysł	21
3.3	Nawodnienia użytków zielonych	22
3.3.1	Model obszarów zmeliorowanych nawadnianych podsiąkowo ze stałym zwierciadłem wody gruntowej	23
3.3.2	Model obszarów zmeliorowanych z regulowanym odpływem	26
3.4	Stawy rybne	27
3.5	Ochrona przed powodzią	30
4.	Modelowanie wymagań wodnych elementów środowiska przyrodniczego dla potrzeb bilansów	31
4.1	Elementy zintegrowanej gospodarki wodnej	31
4.2	Wybrane zagadnienia ekologii systemów wodnych	32
4.3	Przykłady sposobów uwzględniania wymagań środowiskowych w gospodarowaniu wodą	35
4.4	Model przepływów nienaruszalnych	39
4.5	Model łęgowej doliny rzecznej	39
4.5.1	Podstawy przyrodnicze	40
4.5.2	Sposób określania potrzeb wodnych protegowanych ekosystemów w dolinie Narwi	41

4.5.3	Przepływ nienaruszalny wg kryterium krajobrazowego	42
4.5.4	Wymaganie wiosennego zalewu doliny	43
4.5.6	Sposób reprezentacji zalewanej doliny rzecznej w modelu sieciowym	46
4.7	Sterowanie pracą zbiornika Siemianówka dla potrzeb ochrony doliny	49
5.	Zagadnienie współpracy modeli użytkowników z modelem bilansowym	50
6.	Proponowane kryteria oceny stopnia spełnienia zadań systemu	53
7.	Bilans wodno-gospodarczy zlewni Górnej Narwi z uwzględnieniem użytkowników o szczególnych walorach przyrodniczych	64
7.1	Ogólna charakterystyka zlewni	64
7.2	Zasoby wodne	64
7.3	Jakość wód powierzchniowych	67
7.4	Obiekty gospodarki wodnej	68
7.4.1	Zbiornik retencyjny Siemianówka.	69
7.4.3	Projektowany zbiornik retencyjny Sokołda	69
7.4.4	Projektowany kanał Narew - Supraśl	69
7.4.5	Jazy	69
7.5	Użytkownicy wody	70
7.6	Opis symulacyjno-optimalizacyjnego modelu Górnej Narwi	76
7.6.1	Model zlewni II rzędu	77
7.6.2	Model sieciowy	77
7.6.3	Model optimalizacyjny	79
7.6.4	Modele zlewni różnicowej i obiektów hydrotechnicznych oraz sposób ich reprezentacji w modelu sieciowym	80
7.7	Kryteria.	83
7.8	Wariantowe obliczenia symulacyjno-optimalizacyjne dla dorzecza Górnej Narwi	84
7.8.1	Zasady prowadzenia analiz bilansowych	84
7.8.2	Opis badanych wariantów gospodarowania wodą	84
7.8.3	Analiza wyników obliczeń bilansowych	87
8.	Wnioski	97
9.	Literatura	100
	Załącznik	

1. CEL I ZAKRES PRACY

Woda jest jednym z podstawowych elementów środowiska przyrodniczego, warunkującym istnienie życia na Ziemi. W ciągu ostatnich lat coraz częściej postrzegany jest fakt, że z zasobów wodnych korzysta nie tylko człowiek, ale również środowisko, które go otacza. W dotychczasowych analizach wodno-gospodarczych zadania związane z ochroną środowiska naturalnego traktowane były w uproszczony sposób.

Celem niniejszej pracy było opracowanie zasad modelowania systemów wodno-gospodarczych dla potrzeb prowadzenia analiz bilansowych w zlewniach obejmujących obszary o szczególnych walorach przyrodniczych. Szczególną uwagę zwrócono na modelowanie potrzeb użytkowników wody, z uwzględnieniem sposobów reprezentacji wymagań wodnych elementów środowiska przyrodniczego.

W pracy dokonano przeglądu i oceny dotychczas stosowanych w Polsce metod prowadzenia analiz wodno-gospodarczych. W opisie zwrócono uwagę na cel prowadzonych analiz bilansowych, przyjęte założenia, sposób odwzorowania potrzeb wodnych poszczególnych grup użytkowników oraz kryteria stosowane do oceny stopnia realizacji zadań systemu. Zaprezentowano wykorzystywane i opracowane dla potrzeb niniejszej pracy modele opisujące różne typy gospodarczego użytkowania wody. Na tle dążeń zmierzających do zachowania stanu równowagi pomiędzy działalnością gospodarczą człowieka i funkcjonowaniem przyrody zaprezentowano możliwości gospodarki wodnej w zakresie ochrony ekosystemów mokradłowych i rzecznych. Traktując realizację zadań związanych z ochroną środowiska przyrodniczego jako szczególny typ użytkownika w systemie wodno-gospodarczym przedstawiono propozycję sposobu modelowania wymagań wodnych siedlisk hydrogenicznych dla potrzeb analiz bilansowych. W modelu odwzorowano specyfikę zlewni Górnej Narwi i występujących tam siedlisk hydrogenicznych. Dokonano klasyfikacji użytkowników ze względu na sposób wykorzystania wody. Dla wyróżnionych typów użytkowników wody zaproponowano zasady współpracy modelu użytkownika z modelem rozrządu wody. Podkreślono konieczność włączania symulacyjnych modeli użytkowników do modelu bilansowego. Sformułowano propozycje kryteriów oceny stopnia realizacji zadań systemu wodno-gospodarczego, w których uwzględniono specyfikę użytkowników wody. Zgodnie z przedstawionymi zasadami modelowania systemu wodno-gospodarczego opracowano model bilansowy dla zlewni Górnej Narwi. Model ten wykorzystano do określenia zasad gospodarowania wodą w zlewni Górnej Narwi.

2. BILANS WODNO-GOSPODARCZY JAKO PODSTAWA OPRACOWANIA ZASAD GOSPODAROWANIA WODĄ

W niniejszym rozdziale przedstawiono w porządku chronologicznym dotychczas stosowane w Polsce metody bilansowania wodno-gospodarczego. W opisie szczególną uwagę zwrócono na cel prowadzonych analiz bilansowych, przyjęte założenia, sposób odwzorowania potrzeb wodnych poszczególnych grup użytkowników oraz kryteria stosowane do oceny stopnia realizacji zadań systemu. Dodatkowo przedstawiono wybrane z literatury przedmiotu przykłady modeli bilansowych. Rozdział zakończono podsumowaniem i oceną zaprezentowanych metod bilansowania.

2.1 Bilanse wodno-gospodarcze wg Bipromelu

Zgodnie z metodyką sporządzania bilansów wodno-gospodarczych opracowaną przez Bipromel [CBSiPWM, 1970], obliczenia prowadzono z krokiem miesięcznym lub dekadowym dla okresu jednego roku, wybranego spośród co najmniej dwudziestoletniego ciągu obserwacji. Obliczenia te miały charakter wariantowy, tzn. wykonywane były dla tzw. lat charakterystycznych (rok suchy, średni i mokry) oraz dla tzw. roku miarodajnego. Celem wariantowania roku, dla którego dokonywano obliczeń było zbadanie możliwości spełnienia zadań systemu w różnych warunkach hydro-meteorologicznych. Kryterium wyboru roku charakterystycznego było prawdopodobieństwo przewyższenia (p) średniego rocznego przepływu w przekroju zamykającym badaną zlewnię. Dla roku suchego prawdopodobieństwo to wynosiło $p=0.80$, dla roku średniego $p=0.50$, a dla mokrego $p=0.20$. Rokiem miarodajnym określano rok, dla którego prawdopodobieństwo przewyższenia średniego rocznego przepływu wynosiło około 0.75-0.8. Inną metodą wyboru roku miarodajnego o określonej wilgotności, stosowaną głównie dla obszarów rolniczych, było wytypowanie roku, dla którego różnica pomiędzy niedoborami wody o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=0.20$ a rocznym odpływem ze zlewni była maksymalna [Ciepielowski i Kiciński, 1990].

Dla analizowanych przekrojów bilansowych wielkość zasobów dyspozycyjnych w danym przedziale czasowym określano jako różnicę pomiędzy wielkością średniego okresowego przepływu w wybranym do obliczeń roku a przepływem nienaruszalnym i wielkością zmian przepływu spowodowanych użytkowaniem wody powyżej danego przekroju bilansowego (pobory i zrzuty).

Wielkości potrzeb wodnych określano na podstawie wskaźników charakterystycznych dla poszczególnych rodzajów użytkowania wody (gospodarki komunalnej, przemysłu, rolnictwa, żeglugi i hydroenergetyki) oraz statystycznych wskaźników wzrostu tych potrzeb. Początkowo uwzględniano również zmniejszenie

zasobów dyspozycyjnych o wielkość związaną ze zwiększonym parowaniem spowodowanym intensyfikacją produkcji roślinnej na gruntach ornych.

Obliczenia bilansowe polegały na porównaniu zasobów dyspozycyjnych z wielkością potrzeb wodnych użytkowników dla każdego przekroju bilansowego. Wynikiem bilansu były ciągi deficytów lub rezerw wody dla poszczególnych przekrojów.

2.2 „Program Wisła”

Prace badawcze nazywane „Projektem Wisła” prowadzone były na przestrzeni szeregu lat w dwóch etapach (lata 1968-1971 oraz 1971-1975). Podstawowym celem projektu było określenie optymalnego programu inwestycyjnego gospodarki wodnej, sposobu wykorzystywania i ochrony zasobów wodnych dorzecza Wisły oraz rozwijanie technik optymalizacji i modelowania matematycznego dla potrzeb gospodarki wodnej [Hydroprojekt, 1976]. Wynikiem projektu miał być wybór programu inwestycyjnego w zakresie zabudowy hydrotechnicznej dorzecza umożliwiającego zaspokojenie każdego z prognozowanych poziomów potrzeb. W ramach projektu brano pod uwagę gospodarkę narodową jako całość. Przykładowo, analizowano potencjalne lokalizacje nowych inwestycji gospodarczych ze względu na możliwości i koszty zaspokojenia ich potrzeb wodnych i konieczny stopień oczyszczania ścieków oraz uwzględniano rozwiązania substytucyjne. Optymalizacja programu zabudowy hydrotechnicznej była prowadzona dwuetapowo: etap pierwszy obejmował optymalizację rozrzędu wody pomiędzy użytkowników w ramach każdego z rozpatrywanych wariantów, w drugim etapie dokonywano wyboru najlepszego pod względem nakładów finansowych oraz uzyskiwanych efektów wariantu.

Dla potrzeb projektu zlewnię Wisły podzielono na 12 obszarów obliczeniowych (podsystemów), według kryteriów hydrologicznych, ekonomicznych oraz potencjalnych możliwości zabudowy hydrotechnicznej. Oddzielnie analizowano tzw. obszary wydzielone, obejmujące aglomeracje miejskie, okręgi przemysłowe oraz zlewnie rolnicze [Hydroprojekt, 1976].

W obliczeniach bilansowych uwzględniano cykliczną zmienność wielkości zasobów i zapotrzebowań wody [Kaczmarek i Krajewski, 1970]. Zmienność zasobów wodnych opisywana była ciągami przepływów średnich miesięcznych w wybranym wieloleciu (1951-1965). Okres ten uznano za wystarczająco długi i reprezentatywny dla stosunków wodnych w długim horyzoncie czasowym, choć dla zbiorników retencyjnych zalecano prowadzenie badań dla okresu dłuższego. Przyjęto, że dane z tego wielolecia reprezentują „hydrologię naturalną”, tzn. bez widocznego wpływu użytkownika wody. Na podstawie badań zmienności przepływów w ciągu miesiąca (przepływy minimalne w poszczególnych miesiącach są z reguły znacznie mniejsze niż średnie miesięczne) przyjęto, że wielkość dyspozycyjnych zasobów wodnych będzie określana

jako 0.7 przepływu średniego miesięcznego dla górskiej części dorzecza i 0.8 dla części pozostałej. Nie uznano za celowe wnioskowanie o deficytach wody u użytkowników na podstawie krótkotrwałych minimów miesięcznych, zakładając częściowe wyrównanie przepływów dzięki pracy zbiorników retencyjnych. Ze względu na dużą zmienność procesu zasilania, szczególnie dla cieków górskich, do symulacji pracy zbiorników retencyjnych zaproponowano podział roku na 15 okresów. Miesiące o największej zmienności przepływów (marzec, kwiecień i lipiec) podzielono na połowy. Po dokonaniu transformacji zasobów, odpływy ze zbiornika określano jednak jako średnie miesięczne.

Podstawowymi zadaniami gospodarki wodnej uwzględnianymi w analizach bilansowych były:

- wzrastające zapotrzebowanie na wodę użytkowników przemysłowych, komunalnych i rolniczych;
- ochrona wody przed zanieczyszczeniem, rozumiana jako zapewnienie przepływów niezbędnych do rozcieńczania ścieków [Kaczmarek i Krajewski, 1970];
- zapewnienie przepływów nienaruszalnych;
- ochrona przed powodzią;
- zaspokojenie ekonomicznie uzasadnionych potrzeb innych użytkowników wody (np. żeglugi, hydroenergetyki).

W projekcie danymi wyjściowymi o gospodarce narodowej były dane z lat 1968-1970, zaś prognozy określano dla roku 1985, jako etapu przejściowego, oraz docelowo dla roku 2000. Wielkości potrzeb poszczególnych użytkowników wody prognozowano dla lat 1985 i 2000. Przyjęto, że potrzeby zmieniają się w cyklu rocznym, tzn. w tych samych miesiącach w różnych latach wielkości potrzeb były stałe [Kaczmarek i Krajewski, 1970]. Straty wody u użytkownika przedstawiano jako pewną część poboru. Zakładano, że zrzut wody odbywa się bezpośrednio poniżej poboru i w tej samej chwili czasowej. W przypadku oddalenia punktu poboru wody i zrzutu ścieków przyjmowano współczynnik strat równy jedności.

Przekroje bilansowe wyznaczano w miejscach znaczniejszych poborów wody lub dopływów do cieków głównych. Ich liczba dla danego podsystemu mogła wynosić 10-15. W każdym przekroju bilansowym można było zlokalizować pobory wody dla jednego indywidualnego lub grupowego użytkownika [Kaczmarek i Krajewski, 1970]. Uwzględniano zachowanie przepływów nienaruszalnych w ciekach poniżej przekrojów bilansowych, a w przypadku wymagań utrzymania określonych przepływów dla potrzeb rozcieńczania ścieków bądź żeglugi traktowano koryto rzeczne jako specyficznego użytkownika.

Do optymalnego rozdziału wody pomiędzy użytkowników wykorzystano algorytm Out-of-Kilter [Ford i Fulkerson, 1969]. Przyjęta hierarchia użytkowników była następująca [Ministry..., 1972]: gospodarka komunalna, przemysł, rolnictwo, przepływy nienaruszalne, wyrównanie wahań przepływów powodowanych przez hydroenergetykę. W drugim etapie obliczeń [Hydroprojekt, 1976] zmieniono hierarchię użytkowników: zachowanie przepływów nienaruszalnych oraz potrzeby rolnictwa znalazły się bezpośrednio po gospodarce komunalnej.

Początkowo na kryterium optymalizacji proponowano [Kaczmarek i Krajewski, 1970] zyski lub straty ekonomiczne wynikające z dostarczenia lub deficytu wody. Rozpatrywano trzy postacie funkcji celu w optymalizacyjnym zadaniu rozrządu wody w ramach analizowanego wariantu [Kaczmarek i Krajewski, 1970]: suma strat (lub kosztów rozwiązań substytucyjnych) zależnych liniowo od niedoborów wody, suma strat przy nieliniowej funkcji niedoborów wody oraz suma (bądź średnia ważona) deficytów wody u wszystkich użytkowników systemu. Do wyboru optymalnego wariantu inwestycyjnego zaproponowano uwzględnienie wskaźników ekonomicznych, np.: roczna rata kapitałowa, średnie roczne nakłady eksploatacyjne włącznie z amortyzacją, efekty energetyki przyzbiornikowej oraz zagospodarowania turystycznego zbiorników, efekty ochrony przed powodzią uzyskane dzięki pracy zbiorników, straty związane z deficytami wody u wszystkich użytkowników systemu oraz nakłady wraz z kosztami eksploatacji niezbędne do utrzymania odpowiedniego stanu czystości wód. Efekty ekonomiczne badanych wariantów porównywano z odpowiednimi wartościami dla wariantu odpowiadającego aktualnemu stanowi zagospodarowania dorzecza.

W drugim etapie obliczeń projektu „Wisła” [Hydroprojekt, 1976] za kryterium optymalizacji przyjęto minimalizację ważonej sumy deficytów wody w całym systemie, przy czym arbitralnie przyjęte wagi oznaczały umowne straty powodowane deficytami wody. Spowodowane to było brakiem danych pozwalających kwantyfikować efekty ekonomiczne oraz trudnościami w wyrażeniu w kategoriach finansowych różnych aspektów użytkowania wody. Wartości współczynników wagowych wyrażały określoną klasyfikację (hierarchię) poszczególnych użytkowników wody w systemie. Jednocześnie, wyboru inwestycji hydrotechnicznych oraz ich parametrów (wielkości) dokonywano przy założeniu minimalizacji nakładów inwestycyjnych związanych z ich realizacją.

W zakresie ochrony wód przed zanieczyszczeniem określano konieczny stopień oczyszczenia ścieków na podstawie założonego sposobu użytkowania zasobów wodnych na danym odcinku cieków oraz zdolności samooczyszczania cieków i zbiorników wodnych [Ministry..., 1972]. Zakładano budowę grupowych oczyszczalni ścieków dla miast z zakładami przemysłowymi oraz skupień zakładów przemysłowych. Za wskaźnik jakości wód przyjęto BZT₅ (w drugim etapie oprócz BZT₅ uwzględniono również utlenialność, zawiesinę i fenole). Ładunki zanieczyszczeń, jakie można było

odprowadzać do cieków przy przepływie średnim niskim (SNQ) wyznaczano przy pomocy modelu matematycznego procesów samooczyszczania się rzek. Dla środkowych i dolnych biegów rzek uznano oczyszczanie mechaniczne oraz rozcieńczanie ścieków za rozwiązania wystarczające dla spełnienia wymagań ochrony jakości wód. Dla zlewni małych rzek rozważano możliwości przerzutu ścieków do większych odbiorników.

2.3 Regionalne Perspektywiczne Plany Rozwoju Gospodarki Wodnej i Ochrony Wód

Regionalne perspektywiczne plany rozwoju gospodarki wodnej [Hydroprojekt, 1980] opracowywane były w ramach formułowania programu gospodarki wodnej na lata 1976-80. Celem sporządzania planów regionalnych było umożliwienie terenowym organom administracji państwowej: a) opiniowania i uzgadniania lokalizacji inwestycji mających wpływ na ilość i jakość wód, b) wydawania pozwoleń wodno-prawnych na pobór wód i odprowadzanie ścieków, c) określanie przesłanek ukierunkowujących rozwój gospodarczy i zagospodarowanie przestrzenne poszczególnych obszarów, w tym również terenów podlegających szczególnej ochronie (ze względu na jakość oraz ilość wód) oraz terenów rezerwowanych pod przyszłe obiekty gospodarki wodnej, d) opiniowanie różnego rodzaju programów i planów inwestycji centralnych i terenowych, z punktu widzenia gospodarki wodnej i ochrony wód oraz doskonalenie nadzoru i kontroli w zakresie gospodarki wodno-ściekowej, sprawowanych przez terenowe organy administracji państwowej. Zakres planów obejmował: zaopatrzenie użytkowników w wodę, ochronę wód przed zanieczyszczeniem, wykorzystanie wód bez konieczności ich poboru (hydroenergetyka, transport wodny), ochronę przed powodzią oraz porządkowanie koryt rzecznych (ochrona przed erozją, kształtowanie stosunków wodnych w dolinach itp.). Plany regionalne składały się z dwóch oddzielnie opracowywanych części poświęconych gospodarce wodnej oraz ochronie wód. Powiązanie tych części następowało przez przyjęcie uzgodnionych zasad metodycznych i danych wejściowych dotyczących hydrologii, użytkowania wód i zabudowy hydrotechnicznej oraz wzajemne uwzględnianie formułowanych zaleceń. Obliczenia z zakresu gospodarki wodnej prowadzone były w dwóch układach: zlewniowym i administracyjnym. Spowodowane to było sposobem planowania i zarządzania prowadzonym w jednostkach administracyjnych, a jednocześnie koniecznością uwzględnienia specyfiki systemów wodnych. Obszary obliczeniowe obejmowały dorzecza jednej lub więcej rzek o zbliżonym charakterze hydrologicznym i występujących powiązaniach gospodarczych.

W ramach części dotyczącej gospodarki wodnej wyróżniano dwie grupy problemów. Pierwsza obejmowała zaspokojenie potrzeb wodnych użytkowników pobierających wodę i zapewnienie przepływów nienaruszalnych w rzekach oraz

zaspokojenie potrzeb użytkowników niepobierających wody lub zapewnienie tych wymogów ochrony wód przed zanieczyszczeniem, które wiązały się ze zmianami wielkości przepływu w rzekach (np. zapewnienie przepływów wystarczających do rozcieńczania ścieków, zapewnienie przepływów dla potrzeb transportu wodnego i hydroenergetyki). Druga grupa problemów dotyczyła regulacji i zabudowy liniowej rzek dla celów transportu śródlądowego i hydroenergetyki oraz ochrony przed powodzią. Zagadnienia te podejmowano w odrębnych opracowaniach. Obliczenia bilansowe wód powierzchniowych były poprzedzane analizą zasobów eksploatacyjnych oraz zapotrzebowania wód podziemnych. W obliczeniach dotyczących rozrządu wód powierzchniowych uwzględniano jedynie niezaspokojone potrzeby oraz zrzuty ścieków i wód zużytych pochodzące z użytkowania wód podziemnych (nie uwzględniano wpływu eksploatacji wód podziemnych na wielkość zasilania wód powierzchniowych).

Symulacyjno-optymalizacyjne obliczenia bilansowe prowadzono z krokiem dekadowym dla wybranego wielolecia historycznego (1951-1965). Wielkość zasobów wodnych określano dla zlewni o powierzchniach przekraczających 300 km². W zakresie zabudowy hydrotechnicznej wyróżniano warianty: bezinwestycyjny, uwzględniający obiekty istniejące i obiekty w budowie oraz wariant zabudowy maksymalnej. Wariant bezinwestycyjny dla wielkości potrzeb wodnych przewidywanych na lata 1990 i 2000 pozwalał na określanie kolejnych etapów zabudowy, umożliwiających minimalizację deficytów wody. Wariant zabudowy maksymalnej pozwalał na wyznaczenie górnej granicy możliwości zaspokajania potrzeb w danym systemie. Zasada szerokiego wariantowania zarówno stanu zabudowy hydrotechnicznej, jak i wielkości potrzeb wodnych, stanowiła podstawowe założenie metodyczne planów perspektywicznych.

W obliczeniach symulacyjnych uwzględniano następujących użytkowników wód powierzchniowych: a) gospodarka komunalna, traktowana jako użytkownik zbiorowy, reprezentowany przez pobory wodociągu komunalnego i zrzuty z kanalizacji miejskiej; b) wodochłonne zakłady przemysłowe [Szpindor i Piotrowski, 1986], posiadające własne ujęcia wód powierzchniowych i odprowadzające ścieki bezpośrednio do odbiorników; c) osiedla wiejskie zaopatrywane z wód podziemnych, (reprezentowane przez zrzuty ścieków); d) nawadniane kompleksy użytków rolnych i stawów rybnych; e) wymagania utrzymania przepływów nienaruszalnych oraz f) niezaspokojone użytkowania wód podziemnych. Rozważano przepływy nienaruszalne ze względu na następujące kryteria [Kostrzewa, 1977]: hydrobiologiczne, rybacko-wędkarskie, ochrony przyrody i turystyczne. Hierarchię użytkowników przyjęto następująco: gospodarka komunalna, przepływ nienaruszalny wg kryterium hydrobiologicznego, zakłady przemysłowe, rozcieńczanie ścieków z zakładów przemysłowych, rolnictwo (stawy rybne, nawodnienia deszczowniane gruntów ornych i użytków zielonych, nawodnienia intensywne użytków zielonych, nawodnienia ekstensywne), przepływy nienaruszalne wg pozostałych kryteriów. Potrzeby (i zrzuty) użytkowników

obszarowych o niezlokalizowanych ściśle miejscach poborów wody i zrzutów ścieków przypisano umownie do wybranych przekrojów kontrolnych, charakteryzujących użytkowanie wody w poszczególnych gminach (lub grupach gmin).

Dla rozpatrywanych horyzontów czasowych (1990 i 2000) wyróżniono trzy podstawowe hipotezy kształtowania się potrzeb: hipotezę małych potrzeb wodnych, dużych potrzeb oraz wielkości potrzeb wynikających z przewidywań urzędów wojewódzkich dotyczących stopnia rozwoju społeczno-gospodarczego, będącą hipotezą pośrednią pomiędzy dwoma wcześniej wymienionymi.

System wodno-gospodarczy odwzorowany był za pomocą sieci przepływowej, składającej się z łuków (po których odbywa się przemieszczanie zasobów wodnych) oraz węzłów (odpowiadających punktom pośrednim i docelowym tych przemieszczeń). Wyniki symulacji pozwalały na ocenę stopnia zaspokojenia potrzeb wodnych poszczególnych użytkowników, określenie wielkości rezerw i deficytów wody oraz wielkości przedsięwzięć inwestycyjnych pozwalających na poprawę stopnia realizacji zadań systemu.

Stopień realizacji potrzeb użytkowników oceniano dwoma kryteriami: gwarancją ilościową oznaczającą iloraz sumy objętości spełnionych poborów i sumy objętości zgłaszanych zapotrzebowań oraz gwarancją czasową stanowiącą stosunek okresów, w których potrzeby zostały spełnione do ogólnej ilości okresów występowania potrzeb. Przyjęto krytyczne wielkości dla obu tych kryteriów, oznaczające dopuszczalne poziomy akceptacji zagrożenia deficytami wody (np. krytyczna gwarancja czasowa dla gospodarki komunalnej wynosiła 99%, objętościowa 95%; dla przemysłu odpowiednio: 95 i 90%).

W ramach badań nad jakością wód przeprowadzono obliczenia symulacyjne, przy założeniu, że ścieki odprowadzane są do rzek przy przepływie średnim niskim (SNQ), którego wielkość w analizowanych przekrojach ustalano na podstawie obliczeń bilansu ilościowego. Przyjmowano docelowe klasy czystości dla poszczególnych odcinków rzek i na tej podstawie obliczano wielkości ładunków zanieczyszczeń, jakie mogły zostać wprowadzone (lub o jakie należało ograniczyć zrzuty) aby zachować założoną klasę czystości. Podkreślano fakt, że możliwość zaspokojenia potrzeb dla poszczególnych grup użytkowników uwarunkowana jest zapewnieniem wymaganej czystości np. dla gospodarki komunalnej - I klasa, dla stawów rybnych - II i dla nawodnień rolniczych - III.

Zgodnie z omówioną metodyką opracowywano regionalne plany gospodarki wodnej i ochrony wód dla obszaru całej Polski.

2.4 Metodyka jednolitych bilansów wodno-gospodarczych

W roku 1991 Ministerstwo Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa powołało Regionalne Zarządy Gospodarki Wodnej i nałożyło na nie

obowiązek opracowywania warunków korzystania z wód dorzecza mających stanowić podstawę dla racjonalnego sterowania gospodarką wodną w zlewniach. Na zlecenie Ministerstwa OŚZNiL powstała „Metodyka jednolitych bilansów wodno-gospodarczych” zalecana do stosowania w obliczeniach bilansowych wykonywanych w ramach zadań RZGW.

Bilans wodno-gospodarczy wód powierzchniowych według „Metodyki...” [Hydroprojekt, 1992] definiowany jest jako rachunek obejmujący ilościowe i jakościowe porównanie zasobów wód powierzchniowych z potrzebami wodnymi użytkowników oraz kształtowanie i rozrząd tych zasobów z uwzględnieniem potrzeb użytkowników, ich ważności, wymagań środowiska przyrodniczego oraz powiązań z wodami podziemnymi.

Obliczenia bilansowe wykonywane są w przekrojach bilansowych obszaru objętego rachunkiem dla wszystkich przedziałów czasowych rozpatrywanego wielolecia jako wielookresowa symulacja rozdziału zasobów wodnych pomiędzy użytkowników wody.

Zgodnie z „Metodyką...” [Hydroprojekt, 1992] rachunek bilansu ilościowego powinien uwzględniać:

- 1 -ograniczenia dyktowane względami ekologicznymi, np. zachowanie przepływów nienaruszalnych;
- 2 -efekty oddziaływania obiektów hydrotechnicznych: zbiorników retencyjnych i przerzutów wody;
- 3 -hierarchię (kolejność zaspokajania) potrzeb wodnych, zgodną z koncepcją użytkowania wód w rozpatrywanym obszarze;
- 4 -oddziaływanie zrzutów wprowadzanych do wód powierzchniowych;
- 5 -powiązania z zasobami wód podziemnych.

Celem bilansów jest [Hydroprojekt, 1992]:

- ocena możliwości zaspokojenia ilościowych potrzeb wodnych użytkowników zaopatrywanych z wód powierzchniowych;
- ocena oddziaływania obiektów hydrotechnicznych;
- ocena kształtowania się przepływów rzecznych, uwzględniająca przewidywane użytkowania zasobów wód i oddziaływania obiektów;
- ocena wielkości rezerw zasobów wód powierzchniowych;
- tworzenie podstaw dla określania warunków korzystania z wód dorzecza;
- tworzenie podstaw dla przygotowania i rewizji pozwoleń wodno-prawnych na pobór wody i odprowadzanie ścieków;

- przygotowanie propozycji działań w zakresie kształtowania i rozwoju użytkowania wód powierzchniowych.

Bilans zasobów wód powierzchniowych jest wykonywany w ramach zlewni rzecznych. Rozrząd wody pomiędzy użytkowników dokonywany jest zgodnie z ustaloną hierarchią użytkowania zasobów wodnych. Zachowanie hierarchii oznacza, że dostarczenie wody dla użytkownika umiejscowionego niżej w hierarchii nie może spowodować wystąpienia ani pogłębienia deficytu wody u użytkownika ważniejszego tj. zajmującego wyższą pozycję w hierarchii.

Bilans powinien mieć charakter dynamiczny, tj. powinien uwzględniać zmienność w czasie danych wejścia opisujących elementy bilansu (zasoby, potrzeby, zrzuty, zasady pracy obiektów itp.).

Badania symulacyjne powinny obejmować możliwie najdłuższy okres (minimum 15 lat), dla którego dysponuje się wiarygodnymi danymi dotyczącymi zasobów i potrzeb w przedziałach czasowych o długości dekady lub miesiąca. Symulację należy wykonywać dla okresu stanowiącego wielokrotność pełnych lat w układzie roku hydrologicznego.

Dla zlewni, na obszarze których znajdują się posterunki służb hydrologicznych (tzw. zlewnie kontrolowane), ilościowy opis zasobów wód powierzchniowych stanowią ciągi przepływów średnich okresowych zestawione dla przekrojów wodowskazowych na podstawie dostępnego materiału obserwacji wieloletnich. Dane o zasobach powinny:

- odzwierciedlać stan zasobów wodnych wolny od wpływu obiektów hydrotechnicznych i użytkowań (hydrologia naturalna);
- spełniać warunek ciągłości i synchroniczności.

Dla zlewni nie objętych stałymi obserwacjami (zlewnie niekontrolowane) ilościowy opis zasobów powinien zostać przygotowany poprzez wykonanie obliczeń pośrednich, z wykorzystaniem danych z innych zlewni (np. metodą analogii hydrologicznej [Ozga-Zielińska i Brzeziński, 1994]).

Potrzeby wodne zostały zdefiniowane jako [Hydroprojekt, 1992]:

- zapotrzebowanie użytkowników na dostawę wody o określonej jakości;
- wymagania zapewnienia przepływów rzecznych w określonych przekrojach dyktowane względami ekologicznymi lub użytkowaniem cieków;
- wymagania użytkowników wyrażające się w żądaniu określenia warunków i zezwolenia na odprowadzanie ścieków.

Potrzeby wodne użytkowników wód powierzchniowych opisywane są wieloletnimi ciągami średnich okresowych zapotrzebowań wody i objętości odprowadzanych ścieków

o określonej charakterystyce jakościowej oraz minimalnych średniookresowych przepływach. Wyróżniono cztery rodzaje zmienności potrzeb wodnych: potrzeby stałe, zmienne cyklicznie, zmienne dla wszystkich przedziałów czasowych oraz występujące tylko w sezonie wegetacyjnym.

Do ilościowego rozdziału zasobów wód powierzchniowych wykorzystuje się symulacyjno-optimalizacyjne modele systemu wodno-gospodarczego będące liczbowym odwzorowaniem obszarowej struktury systemu wodno-gospodarczego (układ sieci rzecznej, trasy przerzutów wody, lokalizację punktów poboru wody i zrzutu ścieków) oraz uwzględniający relacje pomiędzy zasobami wód powierzchniowych a ich użytkowaniem i ochroną, a także powiązania z wodami podziemnymi.

Porównanie zasobów i potrzeb odbywa się w przekrojach bilansowych lokalizowanych w miejscach istotnych dla rozrządu wód:

- na recypientach powyżej ujść znaczących dopływów;
- powyżej ujścia do rzeki wyższego rzędu;
- w miejscach znaczących poborów i zrzutów wód (tj. istotnie wpływających na kształtowanie zasobów);
- w miejscach usytuowania obiektów hydrotechnicznych kształtujących reżim przepływów (zbiorniki, przerzuty);
- na granicach państwa, jednostek administracyjnych i obszarów Regionalnych Zarządów Gospodarki Wodnej.

Do oceny stopnia realizacji zadania zaopatrzenia użytkowników w wodę zaproponowano [Hydroprojekt, 1992] gwarancję czasową i ilościową, maksymalną głębokość deficytu oraz maksymalny czas trwania ciągłego deficytu. Przyjęto, że na etapie identyfikacji podstawowych problemów gospodarki wodnej w badanej zlewni zostaną określone graniczne wskaźniki związane z wymaganym stopniem realizacji zadania zaopatrzenia w wodę dla poszczególnych użytkowników. Wskaźniki te mogą być obszarowo różnicowane.

W zakresie jakości wód powierzchniowych w „Metodyce...” [Hydroprojekt, 1992] zaproponowano wyznaczanie zależności pomiędzy stężeniami poszczególnych wskaźników zanieczyszczenia a wielkością przepływów. Zależności takie mogą być opracowywane, jeśli istnieją wystarczająco długie serie jednoczesnych pomiarów natężenia przepływów i stężenia zanieczyszczeń z roku poprzedzającego analizy bilansowe, wykonane w punktach pomiarowo-kontrolnych w różnych terminach. W trakcie opracowywania zależności pomiędzy stężeniem i przepływem zalecono wydzielanie grup jednorodnych punktów pomiarowych i testowanie różnych postaci równań regresyjnych. Kryterium wyboru postaci funkcji jest minimalizacja sumy

kwadratów odchyłek wartości pomierzonych i obliczonych. Na podstawie zależności regresyjnych tego typu oraz wyników ilościowego bilansu wód powierzchniowych możliwe jest dokonanie oceny aktualnego lub prognozowanego (wynikającego z rozważanych poziomów potrzeb wodnych użytkowników) stanu jakości wód, np. w postaci częstości występowania przedziału czasu (gwarancji), w którym parametry jakościowe wody spełniały określone wymagania w wybranych przekrojach rzeki.

2.5 Przykłady modeli bilansowych

W gospodarce wodnej wykorzystywane są najczęściej modele bilansowe, pozwalające na optymalizację rozrządu wody w systemie ze względu na zapotrzebowania i ograniczenia. W związku z rozwojem technik komputerowych cechą wspólną różnych modeli bilansowych powstających w ostatnich latach jest ich symulacyjny charakter, tzn. odwzorowywanie działania systemu dla długich (wieloletnich) horyzontów czasowych. Różnice pomiędzy poszczególnymi modelami wynikają ze szczegółowych celów, do których zostały opracowane, specyfiki regionów, które opisują, a szczególnie z podstawowych zadań gospodarki wodnej w systemie. Modele są wykorzystywane do określania strategii gospodarowania wodą w systemie, oceny stopnia realizacji zadań systemu, opracowania zasad sterowania pracą obiektów hydrotechnicznych, wyboru wariantu zabudowy hydrotechnicznej itp. Szerokiego przeglądu sposobów modelowania, zasad prowadzenia analiz bilansowych oraz najczęściej występujących w gospodarce wodnej konfliktów dokonano w pracy [USACE, 1991]. Poniżej przedstawiono wybrane przykłady modeli stosowanych w gospodarce wodnej.

Model bilansowy HOMER pozwala na wybór strategii gospodarowania wodą w zlewni rzeki Wolf (Wielka Brytania) z wykorzystaniem zbiornika retencyjnego Roadford [Whiter, 1987]. Podstawowym problemem gospodarki wodnej w tym regionie był stały wzrost zapotrzebowania na wodę dla celów bytowo-gospodarczych powodowany zwiększeniem ruchu turystycznego w okresie letnim, wzrostem liczby mieszkańców i standardu życia. Badania symulacyjne prowadzono z krokiem dobowym w oparciu o historyczne dane hydro-meteorologiczne oraz wielkości potrzeb wynikające z prognozy społeczno-gospodarczego rozwoju regionu. Rozważanymi użytkownikami wody, oprócz poborów na cele bytowo-gospodarcze, były: potrzeby hydroenergetyki oraz wymagania ochrony występujących gatunków ryb i gospodarki rybackiej. W trakcie badań analizowano wpływ zmian reżimu hydrologicznego rzeki powstających na skutek pracy zbiornika oraz jakości wody na populację ryb. Kryterium wyboru strategii gospodarowania wodą była minimalizacja konfliktów pomiędzy trzema podstawowymi użytkownikami w systemie.

Na podobnej zasadzie wielookresowej symulacji bilansu wodno-gospodarczego oparty został model dla zbiornika Wimbleball wyrównującego przepływy na rzece Exe

[SWW, 1993]. Celem badań była optymalizacja reguł gospodarki wodnej dla zaopatrzenia w wodę miasta Plymouth, poborów wody dla gospodarstw rybackich, produkcji energii elektrycznej oraz przerzutu wody do rzeki Taw.

Model WRMM [Ilich, 1993] gospodarowania zasobami wodnymi zlewni South Saskatchewan w Południowej Albercie (Kanada) zbudowany został z wykorzystaniem algorytmu programowania liniowego Out-of-Kilter. Model umożliwia analizowanie zmian zachodzących w zlewni rzecznej dla różnych zasad gospodarowania wodą oraz na skutek wprowadzania nowych obiektów gospodarki wodnej [Ilich, 1993]. Bilans wodno-gospodarczy ma charakter wielookresowej symulacji, prowadzonej w oparciu o wieloletni ciąg danych hydro-meteorologicznych, z krokiem czasowym równym jednemu tygodniowi. Kryterium optymalizacji rozrządu wody w zlewni jest minimalizacja kar naliczanych za niezaspokojenie potrzeb wodnych poszczególnych użytkowników, przy czym możliwe jest wprowadzenie nieliniowej funkcji kar jednostkowych. Podobne podejście stosowane było również dla rzeki Trent [Sigvaktason, 1976]. Z wykorzystaniem algorytmu Out-of-Kilter opracowany został również symulacyjny model zlewni rzecznej WRAP [Reddy i Wurbs, 1996], stosowany do wydawania i weryfikacji pozwoleń wodno-prawnych oraz oceny stopnia zaspokojenia potrzeb użytkowników wody w systemie rzeki Bravos (Texas). Pakiet programowy BILANS [Tyszewski, 1990] wykorzystywany jest do opracowywania bilansów wodno-gospodarczych oraz warunków korzystania z wód dorzeczy. Pakiet umożliwia badanie zmian stopnia realizacji zadań systemu powodowanych wprowadzaniem nowych obiektów hydrotechnicznych i użytkowników wody, zmianami hierarchii zaspokajania potrzeb wodnych i reguł pracy zbiorników retencyjnych.

Przykładem bardziej złożonego modelu może być IQQM [GDH, 1991], którego poszczególne moduły zawierają: model bilansowy wód powierzchniowych, model jakości wód powierzchniowych, model hydrologiczny typu opad-odpływ, model przepływu wód podziemnych. W zakresie jakości wód powierzchniowych modelowane są procesy transportu zanieczyszczeń konserwatywnych, biodegradacji oraz wzrostu glonów. Model REALM [Diment, 1994] umożliwia optymalizację rozrządu wody w wielozbiornikowym systemie oraz transportu zanieczyszczeń konserwatywnych. W modelu tym wymagania środowiska przyrodniczego mogą być reprezentowane w postaci wymagań przepływu lub ilości zretencjonowanej wody na poszczególnych odcinkach rzek.

Innym przykładem modelu obejmującego nie tylko aspekty ilościowe jest holenderski model [Breusers i in., 1993], pozwalający na badanie strategii gospodarowania wodą w skali kraju. W jego skład wchodzi moduł umożliwiający obliczenia bilansowe dla wód powierzchniowych w poszczególnych okręgach, wynikiem którego są wielkości rezerw i deficytów wody. Wielkości te stanowią dane wejściowe do



modelu alokacji zasobów wodnych dla kraju. W module jakości wód obliczane są ładunki zanieczyszczeń (biogenów i substancji toksycznych) wprowadzane do wód powierzchniowych (np. na skutek nawożenia) w poszczególnych okręgach, ładunki odprowadzane do cieków głównych oraz ich transport w systemie. W połączeniu z modelem rozwoju glonów możliwe jest symulowanie ewentualnych zakwitów alg.

2.6 Podsumowanie i ocena opisanych metod bilansowania

W punktach 2.1 - 2.4 przedstawiono w porządku chronologicznym dotychczas stosowane w Polsce metody opracowywania bilansów wodno-gospodarczych. Metody te zmieniały się w czasie, wraz z rozwojem technik i narzędzi obliczeniowych, jak i pogłębianiem wiedzy: w bardziej szczegółowy sposób opisywano dane wejściowe (zasoby i potrzeby wodne) i dokładniej odwzorowywano działanie systemu. Z przedstawionych przykładów literaturowych wynika, że w planowaniu i zarządzaniu gospodarką wodną coraz częściej stosowane są modele, w których model bilansowy wód powierzchniowych jest jedną z części składowych.

2.6.1 Sposób prowadzenia obliczeń bilansowych

W latach 60-tych stosowana była opracowana przez Bipromel metoda bilansowania dla lat miarodajnych i charakterystycznych [CBSiPWM, 1970]. Obliczenia bilansowe prowadzono z krokiem miesięcznym. W metodzie tej nie uwzględniano zmienności składników bilansu wodno-gospodarczego w badanym wieloleciu. Metoda nie dawała możliwości prześledzenia zachowania systemu dla ciągu występujących po sobie lat suchych. W trakcie prowadzenia analiz bilansowych w wybranym roku miarodajnym nie uwzględniano stanu zasobów wodnych (zapasów zgromadzonych w zbiornikach retencyjnych) wynikającego z gospodarowania wodą w latach poprzednich. Nie uwzględniano również faktu, że wielkość zasobów wodnych jak i potrzeb użytkowników rolniczych kształtowane są przez te same czynniki meteorologiczne: nakładano potrzeby wodne użytkowników rolniczych obliczone na podstawie niedoborów wody o określonym prawdopodobieństwie na wielkość zasobów wodnych w wybranym roku miarodajnym. Począwszy od „Programu Wisła” metody bilansowania oparte były o obliczenia symulacyjne obejmujące całe analizowane wielolecie, uwzględniały zmienność wszystkich składników bilansu, przy czym, w miarę rozwoju technik obliczeniowych, zwiększano dokładność obliczeń poprzez skracanie kroku czasowego symulacji (z miesiąca do dekady).

2.6.2 Jakość wód

W opracowaniach wykonywanych do połowy lat 70-tych jakość wody uwzględniana była jedynie jako czynnik warunkujący możliwość odprowadzania

ścieków, a ochrona zasobów wodnych rozumiana była jako wyznaczenie ładunków zanieczyszczeń, które można wprowadzić do cieków przy założonym sposobie ich użytkowania. Jednym z rozważanych zadań gospodarki wodnej było zapewnienie przepływów w rzekach o objętości wystarczającej do rozcieńczania ścieków. Bardziej szczegółowej oceny jakości wód dokonano w Planach Regionalnych, jednakże nie podawała ona informacji o kształtowaniu się parametrów jakości wody w czasie lub częstości występowania wody o określonej klasie czystości. W „Metodyce jednolitych bilansów wodno-gospodarczych” [Hydroprojekt, 1992] podjęto próbę łącznego traktowania zagadnień związanych z ilością i jakością wód. „Metodyka...” zaleciła przeprowadzenie w ramach bilansu wodno-gospodarczego oceny jakości wód powierzchniowych na podstawie zależności pomiędzy stężeniem zanieczyszczeń i natężeniem przepływu. Dzięki zastosowaniu takich zależności możliwe jest uzyskanie informacji o czasowym rozkładzie określonych stężeń zanieczyszczeń (np. częstości ich występowania). Jednakże nie określono metody postępowania w przypadku nieuzyskania wiarygodnych zależności, co miało miejsce w trakcie opracowywania bilansów wodno-gospodarczych niektórych rzek [Słota i in., 1994; Tyszewski, 1995].

2.6.3 Związek z wodami podziemnymi

Uwzględniany w Planach Regionalnych wpływ użytkowania wód podziemnych na bilans wód powierzchniowych wyłącznie w postaci zrzutów ścieków użytkowników korzystających z ujęć wód podziemnych prowadził do wniosku, że przepływy średnie w wodach powierzchniowych będą wzrastały [Hydroprojekt, 1980]. Wniosek taki może być błędny, ponieważ nie został uwzględniony wpływ eksploatacji wód podziemnych na wielkość zasobów wód powierzchniowych. „Metodyka...” zaleca dwustopniowe wykonywanie obliczeń bilansowych: w pierwszym etapie należy wykonać bilans wód podziemnych i określić wpływ eksploatacji tych wód na zasoby wód powierzchniowych, a następnie, poprzez wprowadzenie tzw. użytkowników umownych, należy uwzględnić zmniejszenie zasobów wód powierzchniowych. Oprócz podania tych istotnych zaleceń „Metodyka...” nie precyzuje metody szacowania wzajemnego wpływu użytkowań wód podziemnych i powierzchniowych na wielkość zasobów [Tyszewski, 1995]. Próby oszacowania tego typu zależności podjęte w ramach opracowywania bilansów wodno-gospodarczych dla Kamiennej [Słota i in., 1994] i Wkry [Herbich i Tyszewski, 1993 i 1994] wykonane zostały różnymi metodami, a autorzy wskazywali na konieczność dysponowania regionalnym modelem dynamicznym przepływu wód podziemnych oraz przeprowadzenia dodatkowych badań hydrogeologicznych w celu oszacowania i weryfikacji jego parametrów.

2.6.4 *Potrzeby wodne*

W kolejnych metodach bilansowania stosowano coraz bardziej dokładne sposoby opisu potrzeb użytkowników wody. W bilansach wykonywanych zgodnie z metodyką Bipromelu [CBSiPWM, 1970] do obliczeń wprowadzano miarodajne wielkości potrzeb. W pierwszym etapie „Projektu Wisła” [Kaczmarek i Krajewski, 1970] zakładano potrzeby o zmienności cyklicznej, tzn. zmienne w poszczególnych miesiącach, lecz stałe dla wszystkich lat w badanym wieloleciu. W Planach Regionalnych [Hydroprojekt, 1980] oraz „Metodyce...” [Hydroprojekt, 1992] proponowano opis potrzeb wodnych za pomocą ciągów średnich okresowych (miesięcznych lub dekadowych) zapotrzebowań na wodę. Wielkości zapotrzebowań w kolejnych okresach obliczano przy założeniu pełnego pokrycia potrzeb użytkowników zgłaszanego w okresach poprzednich. Modelowanie potrzeb w postaci ciągu zapotrzebowań nie daje możliwości uwzględnienia zależności wielkości potrzeb od ilości wody dostarczonej w poprzednich okresach. W stosunku do użytkowników retencjonujących wodę opis taki jest zbyt uproszczony [Pusłowska i in., 1996]. Potrzeby tego typu użytkowników zależą od aktualnej wielkości retencji wody, a więc również od tego, czy w poprzednich okresach zapotrzebowanie użytkownika zostało pokryte. W rozdziale 3 i 4 przedstawiono propozycje sposobu opisu potrzeb wodnych dla wybranych typów użytkowników retencjonujących wodę.

2.6.5 *Kryteria*

Większość stosowanych w gospodarce wodnej kryteriów oceny stopnia realizacji zadania zaopatrzenia w wodę oparta jest na statystycznych charakterystykach hydrogramu deficytów wody. W kolejnych metodach bilansu wodno-gospodarczego zwiększała się liczba stosowanych kryteriów. W „Programie Wisła” oraz w Planach Regionalnych stopień zaspokojenia potrzeb użytkowników charakteryzowany był gwarancją ilościową (objętościową) oraz gwarancją czasową. W bilansach dokonywanych zgodnie z „Metodyką...” [Herbich i Tyszewski, 1993; Słota i in., 1994; Hydroprojekt-Warszawa, 1994] zbiór wskaźników oceny został poszerzony o kryteria maksymalnego czasu trwania ciągłego deficytu oraz maksymalnej głębokości deficytu. Wyniki badań przedstawione w pracy [Pusłowska i in., 1996] wskazują, że taki opis stopnia realizacji zadania zaopatrzenia w wodę okazuje się niewystarczający dla niektórych grup użytkowników, ze względu na brak jednoznacznej zależności pomiędzy wartościami kryteriów i wielkością strat powodowanych deficytami wody. Dotyczy to użytkowników retencjonujących wodę, takich jak np. obiekty melioracyjne, stawy rybne lub pojawiające się coraz częściej użytkowania związane z ochroną przyrody. W rozdziale 6 przedstawiono propozycje kryteriów oceniających stopień realizacji zadania zaopatrzenia w wodę tego typu użytkowników.

3. MODELOWANIE POTRZEB WODNYCH UŻYTKOWNIKÓW W BILANSACH WODNO - GOSPODARCZYCH

W rozdziale tym przedstawiono wykorzystywane i opracowane dla potrzeb niniejszej pracy modele opisujące różne typy gospodarczego użytkowania wody.

3.1 Użytkownicy w systemie wodno-gospodarczym

W ramach szeroko rozumianej gospodarki wodnej wszystkie elementy systemu wodnego, jego zadania i funkcje oraz konflikty pomiędzy nimi powinny być uwzględniane [Willi, 1992]. Do powszechnie znanych użytkowników systemu wodno-gospodarczego należą [Lambor, 1965]: gospodarka komunalna, przemysł, rolnictwo, leśnictwo, turystyka, wędkarstwo. Dodatkowymi zadaniami systemu są ochrona przed powodzią oraz ochrona przyrody i środowiska.

Bilans wodno-gospodarczy, dokonywany w ramach zlewni rzecznych, umożliwia uwzględnianie różnorodnych zadań gospodarki wodnej, ocenę stopnia ich realizacji oraz poszukiwanie rozwiązań minimalizujących konflikty pomiędzy poszczególnymi użytkownikami systemu. W niniejszym rozdziale rozważano sposoby reprezentowania w analizach bilansowych następujących zadań gospodarki wodnej:

- zaopatrzenie w wodę gospodarki komunalnej i przemysłu;
- zapewnienie wody do nawodnień rolniczych użytków zielonych, z uwzględnieniem nawodnień podsiąkowych ze stałym poziomem wody gruntowej oraz nawodnień z regulowanym odpływem;
- zapewnienie wody dla stawów rybnych;
- zadanie ochrony przed powodzią.

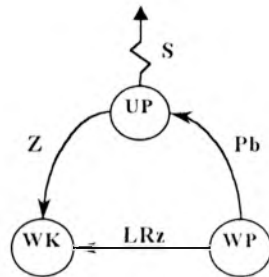
Wielkości zapotrzebowania na wodę do nawodnień użytków zielonych oraz dla stawów rybnych obliczane są przy pomocy oddzielnych modeli współpracujących z modelem bilansowym, zaś ochrona przed powodzią i zaopatrzenie w wodę użytkowników punktowych uwzględniono bezpośrednio w modelu bilansowym (opisanym w punkcie 7.6).

Ze względu na specyfikę zadań gospodarki wodnej związanych z ochroną środowiska przyrodniczego, zagadnieniom tym poświęcono rozdział 4.

3.2 Gospodarka komunalna i przemysł

Gospodarka komunalna i przemysł reprezentowane są w postaci użytkowników o punktowym poborze wody. Model użytkownika punktowego stanowi element modelu bilansowego. Użytkownik punktowy reprezentowany jest w postaci: a) łuku poboru wody (Pb) o przepustowości równej średniemu dekadowemu zapotrzebowaniu na wodę, b) węzła, w którym następuje rozdział poboru wody na zrzut i stratę (UP), c) łuku strat wody (S) oraz

d) łuku zrzutu wody (Z). Potrzeby użytkownika punktowego charakteryzowane są ciągami średnich dekadowych zapotrzebowań na wodę.



WP - Węzeł początkowy łuku poboru wody;
 WK - Węzeł końcowy łuku zrzutu;
 Łrz - Łuk przepływu rzeczniczego.

Rysunek 3.1 Sposób reprezentacji użytkownika punktowego w modelu bilansowym

3.3 Nawodnienia użytków zielonych

System nawodnień podsiąkowych stosowany na trwałych użytkach zielonych składa się z sieci rowów i urządzeń piętrzących wodę, umożliwiających regulowanie poziomu wody gruntowej. W okresach nadmiaru wody rowy służą do jej odprowadzania i przez to obniżania poziomu wody gruntowej. W okresie niedoborów umożliwiają zatrzymywanie i piętrzenie wody (za pomocą zastawek) w celu podniesienia poziomu wody gruntowej. Wyróżnia się trzy podstawowe typy nawodnień podsiąkowych [Pierzgalski, 1990]:

- odpływ regulowany;
- nawodnienia podsiąkowe ze stałym poziomem wody gruntowej (tzw. podsiąk stały);
- nawodnienia podsiąkowe ze zmiennym poziomem wody gruntowej (tzw. podsiąk okresowy).

O wyborze typu nawodnienia decydują przede wszystkim: wielkość dyspozycyjnych zasobów wodnych oraz czynniki związane ze specyfiką siedliska i sposobem użytkowania. Odmianami nawodnień podsiąkowych najczęściej stosowanymi w dolinach rzek są odpływ regulowany i podsiąk stały. Podsiąk okresowy znajduje zastosowanie głównie na polderach.

Poniżej omówiono sposób modelowania obiektów melioracyjnych dla dwóch typów nawodnień podsiąkowych występujących w zlewni Górnej Narwi.

3.3.1 Model obszarów zmeliorowanych nawadnianych podsiąkowo ze stałym zwierciadłem wody gruntowej

Przy podsiąku stałym obiekt odwadnia się na wiosnę, do osiągnięcia poziomu wody gruntowej odpowiadającemu górnemu stanowi dopuszczalnemu lub poziomowi pożądanemu. Urządzenia piętrzące są następnie zamykane i woda gruntowa utrzymywana jest w granicach poziomu pożądanemu. W przypadku wystąpienia niedoboru opadów na obiekt doprowadzana jest woda w celu podniesienia poziomu wody gruntowej do stanu pożądanego.

W modelu bilansowym obszar zmeliorowany nawadniany podsiąkowo ze stałym poziomem wody gruntowej reprezentowany jest w postaci łuku poboru o przepustowości równej średniemu dekadowemu zapotrzebowaniu na wodę oraz łuku zrzutu wody nadmiarowej lub niewykorzystanej. Wielkość zapotrzebowania na wodę w poszczególnych dekadach jest obliczana przy użyciu bilansowego modelu systemu melioracyjnego, opracowanego przez Kacę [1995]. Bilans profilu glebowego obliczany jest na podstawie informacji meteorologicznych (opad, temperatura, wilgotność, usłonecznienie, prędkość wiatru) oraz informacji o aktualnym stanie obiektu (aktualna głębokość zwierciadła wód gruntowych).

Zapotrzebowanie wody dla obiektu (VP_{OM}) jest jako obliczane suma ilości potrzebnej na pokrycie prognozowanego niedoboru opadów w danej dekadzie (P_N) oraz ilości wody potrzebnej na podniesienie zwierciadła wód gruntowych od stanu aktualnego (początkowego) do stanu pożądanego (P_μ).

$$VP_{OM} = P_N + P_\mu \quad (3.1)$$

Zapotrzebowanie wody wynikające z prognozowanego niedoboru opadów w danej dekadzie obliczane jest zgodnie ze wzorem:

$$P_N = \frac{10 \cdot F \cdot N}{\eta} \quad (3.2)$$

gdzie:

- P_N - zapotrzebowanie wody wynikające z niedoboru opadów [m^3/s];
- F - powierzchnia jednostki obszarowej [ha];
- N - niedobór opadów [mm];
- η - współczynnik wykorzystania wody przy nawodnieniu [-].

Wielkość niedoboru opadów obliczana jest na podstawie ewapotranspiracji rzeczywistej [Roguski i in., 1988] i sumy opadów:

$$N = k \cdot ETP - P \quad (3.3)$$

gdzie:

ETP - ewapotranspiracja potencjalna obliczona zgodnie z metodą Penmana [mm];

k - współczynnik roślinny zależny od okresu sezonu wegetacyjnego i sposobu użytkowania gruntów [-];

P - prognozowana suma opadów w danej dekadzie [mm].

Wielkości współczynników roślinnych zestawiono w tabeli Z.1 w załączniku.

Ilość wody potrzebna na podniesienie zwierciadła wód gruntowych do stanu pożądanego obliczana jest w zależności od wielkości obszarowego współczynnika zmiany retencji (μ) i stanu początkowego położenia zwierciadła wód gruntowych (H_p):

$$P_\mu = \frac{100 \cdot \mu \cdot F \cdot (H_p - H^*)}{\eta} \quad (3.4)$$

gdzie:

P_μ - zapotrzebowanie wody na podniesienie zwierciadła wód gruntowych do stanu pożądanego [m^3/s];

H^* - pożądana głębokość zwierciadła wody gruntowej mierzona od powierzchni terenu [cm].

W tabelach Z.2 i Z.3 w załączniku zestawiono: a) wartości pożądanego głębokości zwierciadła wody gruntowej w funkcji rodzaju gleby i rodzaju użytkowania oraz b) wartości obszarowego współczynnika zmiany retencji będącego funkcją rodzaju gleby i typu warunków meteorologicznych (WM).

Typ warunków meteorologicznych {okres długotrwałej suszy (1), przeciętny (2) lub okres deszczowy (3)} określany jest na podstawie niedoboru opadów w dwóch poprzednich dekadach oraz aktualnego poziomu zwierciadła wód gruntowych:

$$WM = \begin{cases} 1 & \text{gdy } N_{20} > 80 \text{ i } H_p > H_{max} \\ 2 & \text{gdy } N_{20} > 80 \text{ i } H_p \leq H_{max} \\ 3 & \text{gdy } N_{20} < 0 \end{cases} \quad \text{lub } 0 < N_{20} \leq 80 \quad (3.5)$$

gdzie:

N_{20} - niedobór opadów w ciągu dwóch poprzednich dekad obliczany na podstawie sumy opadów i ewapotranspiracji potencjalnej [mm];

H_{max} - maksymalna dopuszczalna głębokość odwodnienia zależna od rodzaju gleby [cm].

Wielkości maksymalnej dopuszczalnej głębokości odwodnienia zestawiono w tabeli Z.2 w załączniku.

Jeżeli obliczone zapotrzebowanie wody dla obiektu (VP_{OM}) jest mniejsze od zera, wystąpi nadmiar wody w glebie. Obliczoną objętość wody należy odprowadzić z obiektu, a stan końcowy położenia zwierciadła wody gruntowej równy jest stanowi pożądanemu. W przeciwnym wypadku, po sprawdzeniu, czy zapotrzebowanie (VP_{OM}) jest większe od minimalnej dawki nawodnieniowej oraz czy nie jest większe od przepustowości urządzeń doprowadzających wodę, zapotrzebowanie P_{OM} [m^3/s] wynosi:

$$P_{OM} = \begin{cases} 0 & \text{jeśli } VP_{OM} < DW_{min} \\ VP_{OM} & \text{jeśli } DW_{min} \leq VP_{OM} < Q_{max} \\ Q_{max} & \text{jeśli } VP_{OM} \geq Q_{max} \end{cases} \quad (3.6)$$

gdzie:

DW_{min} - minimalna wielkość dawki nawodnieniowej [m^3/s];

Q_{max} - przepustowość urządzeń nawadniających [m^3/s].

Zrzuty wody z obiektu (Z_{OM}) mają miejsce w następnej dekadzie, a ich wielkość wynosi:

$$Z_{OM} = \begin{cases} -VP_{OM} & \text{jeśli } VP_{OM} < 0 \\ (1 - \eta) \cdot P_{ob} & \text{jeśli } P_{ob} > 0 \\ 0 & \text{jeśli } 0 \leq VP_{OM} < DW_{min} \end{cases} \quad (3.7)$$

gdzie:

P_{ob} - wielkość poborów wody dla obiektu określona w modelu rozrządu wody [m^3/s].

Model obiektu nawadnianego wykorzystywany jest przez model rozrządu wody dwukrotnie (p. rozdział 5): do obliczenia wielkości zapotrzebowania na wodę w rozpatrywanej dekadzie oraz do obliczenia końcowego położenia zwierciadła wody gruntowej, po określeniu ilości wody, jaka została przeznaczona dla obiektu w danej

dekadzie. Stan końcowy położenia zwierciadła wody gruntowej staje się stanem początkowym dla kolejnej dekady.

Stan końcowy położenia zwierciadła wód gruntowych obliczany jest zgodnie z równaniem bilansowym:

$$H_k = H_p + \frac{N}{10 \cdot \mu} - \frac{Pob \cdot \eta}{100 \cdot \mu \cdot F} \quad (3.8)$$

gdzie:

H_k - głębokość zwierciadła wody gruntowej na końcu danej dekady [cm];

Pob - wielkość poborów wody dla obiektu określona w modelu rozrządu wody [m³/s].

3.3.2 Model obszarów zmeliorowanych z regulowanym odpływem

Nawodnienia podsiętkowe z regulowanym odpływem stosowane są najczęściej w warunkach niewielkich dyspozycyjnych zasobów wodnych. System taki jest właściwie odwodnieniem hamowanym za pomocą urządzeń piętrzących. Zastawki zamykane są wiosną, po odprowadzeniu nadmiarów wody (osiągnięciu górnego dopuszczalnego stanu wody gruntowej), a dalsze obniżanie stanu wody zależy głównie od opadów i intensywności ewapotranspiracji. Badania Ostromęckiego [1947, 1964] dotyczące porównania odpływu ze zlewni bagiennej (40% torfowisk) przed i po melioracji wykazały, że suma odpływu rocznego pozostała bez większych zmian. Praca obiektów melioracyjnych spowodowała zmiany w rozkładzie odpływów [Ostromęcki, 1964]: odpływ zimowy wyniósł około 130%, a letni około 60% odpływów pierwotnych.

W modelu bilansowym obiekty melioracyjne z regulowanym odpływem reprezentowane są przez łuk poboru wody dla użytkownika umownego. Pobory wody dla użytkownika umownego reprezentującego pracę obiektów melioracyjnych z regulowanym odpływem, obliczane na podstawie modelu opracowanego dla potrzeb niniejszej pracy, modyfikują (zmniejszają) wielkość zasobów wodnych związanych z zasilaniem gruntowym zlewni różnicowej lub cząstkowej. Przy obliczaniu stopnia modyfikacji zasilania gruntowego cieku przyjęto następujące założenia:

- W okresach nízówkowych, gdy przepływy spadają poniżej wielkości progowej, następuje zmniejszenie zasilania gruntowego cieku z powierzchni obiektów z regulowanym odpływem. Zasoby wodne analizowanej zlewni cząstkowej (różnicowej) określone są proporcjonalnie do powierzchni zlewni, z wyłączeniem powierzchni obiektów z regulowanym odpływem. W związku z eksploatacją obiektów z regulowanym odpływem zasilanie gruntowe z powierzchni tych obszarów

będzie zmniejszone proporcjonalnie do wskaźnika α uwzględniającego częściowe zatrzymywanie wody w obiekcie.

- Pominięto zmiany wielkości zasobów wodnych powodowane przez te obiekty w czasie wezbrań wiosennych oraz w okresach wystarczających zasobów wodnych. Zmiany te nie mają istotnego niekorzystnego wpływu na wyniki bilansu.

Wielkość modyfikacji zasobów wodnych zlewni obliczana jest zgodnie z następującym wzorem:

$$Zas' = \begin{cases} Zas_{his} & \text{jeśli } Zas > Zas_{prog} \\ q \cdot (F - F_{OR}) + \alpha \cdot q \cdot F_{OR} & \text{jeśli } Zas \leq Zas_{prog} \end{cases} \quad (3.9)$$

gdzie:

Zas' - wielkość zasobów wodnych zlewni zmodyfikowana przez działanie obiektów melioracyjnych z regulowanym odpływem [m^3/s];

Zas_{his} - wielkość zasobów wodnych zlewni cząstkowej (różnicowej) wynikająca z historycznego ciągu obserwacji [m^3/s];

Zas_{prog} - progowa wielkość zasobów wodnych [m^3/s];

q - współczynnik spływu jednostkowego [$m^3 / (s \cdot km^2)$];

α - współczynnik uwzględniający częściowe zatrzymywanie wody na obiekcie [-];

F - powierzchnia zlewni [km^2];

F_{OR} - powierzchnia obiektów melioracyjnych z regulowanym odpływem w badanej zlewni [km^2].

3.4 Stawy rybne

Potrzeby wodne stawów rybnych obejmują ilość wody niezbędną do ich zalania, podtrzymania zalewu oraz stałej wymiany wody w okresie eksploatacji. Zapotrzebowanie wody na zalewanie stawów obejmuje: nasycenie gruntu dna i terenu przyległego oraz napełnienie stawów. Wielkość tego zapotrzebowania zależy od powierzchni stawów, rodzaju i stanu uwilgotnienia gruntu bezpośrednio przed zalewem oraz głębokości zalegania wody gruntowej. Zapotrzebowanie wody do podtrzymania zalewu wynika z konieczności uzupełniania strat na filtrację przez groble, parowanie z wolnej powierzchni wody i transpirację wynurzonych roślin wodnych. Straty na filtrację zależą od parametrów geometrycznych grobli, rodzaju gruntu i ewentualnych uszczelnień. Wielkość parowania z powierzchni stawów jest uzależniona

od warunków meteorologicznych, stopnia pokrycia lustra wody roślinnością i jej składu gatunkowego oraz zabiegów eksploatacyjnych (np. wykaszania roślinności).

W modelu bilansowym stawy rybne reprezentowane są przez łuk poboru wody o przepustowości równej średniemu dekadowemu zapotrzebowaniu na wodę oraz łuk zrzutu wody. Dla potrzeb niniejszej pracy zaproponowano uproszczony model bilansowy umożliwiający obliczenie wielkości zapotrzebowania na wodę dla kompleksu stawów rybnych w okresie jego napełniania i eksploatacji. Przyjęto, że stawy eksploatowane są w cyklu rocznym. Okres napełniania stawu definiowany jest przez numer początkowej i końcowej dekady, w której można staw napełniać wodą. Jeżeli zasoby wodne w tym okresie nie wystarczają na napełnienie stawów do co najmniej napełnienia krytycznego V_{kryt} , stawy w danym roku nie są eksploatowane. Wielkość krytycznego napełnienia stawów oznacza najmniejsze napełnienie, przy którym stawy mogą być eksploatowane i związana jest z zapewnieniem odpowiednich warunków do życia hodowanych ryb. Wielkość potrzeb wodnych w okresie napełniania obliczana jest na podstawie aktualnego napełnienia stawów, ich pojemności oraz przepustowości urządzeń doprowadzających wodę. Zapotrzebowanie na wodę w okresie eksploatacji obliczane jest na podstawie wielkości strat wody oraz różnicy pomiędzy aktualnym i pożądanym napełnieniem stawów. Jeżeli napełnienie spadnie poniżej napełnienia krytycznego, stawy nie są dalej eksploatowane.

Równanie bilansowe stawów rybnych dla przedziału czasowego Δt :

$$VK = VP + \frac{P \cdot F}{10} + (Pb - S - Z) \cdot \Delta t \quad (3.10)$$

gdzie:

- VK - napełnienie końcowe stawów [m^3];
- VP - napełnienie początkowe stawów [m^3];
- P - suma opadu w rozpatrywanym przedziale czasowym [mm];
- F - powierzchnia stawów [ha];
- Pb - pobory wody [m^3/s];
- S - straty wody na parowanie i infiltrację [m^3/s];
- Z - zrzut wody ze stawów [m^3/s];
- Δt - długość przedziału czasowego [s].

Zapotrzebowanie na wodę dla stawu obliczane jest następująco:

$$PS = \begin{cases} PS_{max} & \text{jeśli } (V - VP) / \Delta t + S > PS_{max} \\ (V - VP) / \Delta t + S & \text{jeśli } (V - VP) / \Delta t + S \leq PS_{max} \\ 0 & \text{jeśli } VP < V_{kryt} \end{cases} \quad (3.11)$$

gdzie:

PS - potrzeby wodne stawów, związane z napełnianiem i uzupełnianiem strat w okresie eksploatacji [m^3/s];

V - požądane napełnienie stawów [m^3];

V_{kryt} - krytyczne napełnienie stawu [m^3];

PS_{max} - przepustowość urządzeń doprowadzających wodę [m^3/s].

Wielkości strat wody na parowanie, zależne od warunków meteorologicznych oraz wymiarów stawów, obliczane są na podstawie przybliżonej zależności [Drabiński, 1991] pomiędzy wielkością ewapotranspiracji potencjalnej obliczanej wzorem Penmana [Roguski, 1988] i wielkością parowania z powierzchni stawu:

$$E = a \cdot ETP \quad (3.12)$$

gdzie:

E - parowanie z powierzchni stawu rybnego [mm];

a - współczynnik korygujący;

ETP - ewapotranspiracja potencjalna wg Penmana [mm].

Wielkość strat wody na filtrację przyjmowana jest na podstawie danych z pozwoleń wodnoprawnych, jeżeli zawierają one pozycję "ilość wody na przesiąki". W przeciwnym wypadku wielkość strat na filtrację szacowana jest na podstawie danych literaturowych [Szymański, 1987].

Zrzuty wody ze stawów odbywają się w okresie pomiędzy początkową a końcową dekadą zrzutu, a ich wielkość zależy od aktualnego napełnienia stawów oraz przepustowości urządzeń:

$$Z = \begin{cases} Z_{max} & \text{jeśli } VP / \Delta t > Z_{max} \\ VP / \Delta t & \text{jeśli } VP / \Delta t \leq Z_{max} \end{cases} \quad (3.13)$$

gdzie:

Z_{max} - przepustowość urządzeń do odprowadzania wody [m^3/s].

3.5 Ochrona przed powodzią

Zadanie ochrony przed powodzią reprezentowane jest w modelu bilansowym przez dwa łuki dla przekrojów bilansowych: łuk przepływu dozwolonego umożliwiający przepuszczanie wód niepowodujących strat powodziowych oraz łuk przepływu nadmiarowego przepuszczający wody powyżej przepływu dozwolonego. Za przepuszczanie wody łukiem przepływu nadmiarowego naliczana jest kara symbolizująca straty powodziowe. Dodatkowo z zadaniem ochrony przed powodzią związany jest łuk reprezentujący napełnienie rezerwy powodziowej zbiorników retencyjnych. Łuk ten umożliwia zatrzymywanie wód większych od przepływu dozwolonego w zbiorniku, co prowadzi do ograniczania strat powodziowych.

4. MODELOWANIE WYMAGAŃ WODNYCH ELEMENTÓW ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO DLA POTRZEB BILANSÓW

W rozdziale tym poruszono wybrane zagadnienia dotyczące zasad zrównoważonego rozwoju w odniesieniu do gospodarki wodnej. Przedstawiono wybrane elementy ekologii systemów wodnych oraz sposoby uwzględniania zadań związanych z ochroną środowiska przyrodniczego w analizach wodno-gospodarczych. Zaproponowano również sposób modelowania wymagań siedlisk hydrogenicznych powiązanych z ekosystemem rzeczny dla potrzeb analiz wodno-gospodarczych. Przedstawiono, opracowany dla potrzeb niniejszej pracy, model łęgowej doliny rzecznej odzwierciedlający specyfikę zlewni Górnej Narwi.

4.1 Elementy zintegrowanej gospodarki wodnej

W ciągu ostatnich lat wzrasta na świecie zainteresowanie problemami ochrony środowiska. W wielu państwach powstają dokumenty deklarujące dalszy rozwój gospodarczy w równowadze ze środowiskiem. Podsumowaniem światowych dążeń w tej dziedzinie stała się konferencja Szczyt Ziemi w Rio de Janeiro w 1992 roku. Dokumenty końcowe tej konferencji, podpisane przez 179 krajów świata, w tym również przez Polskę [Żbikowski i Żelazo, 1996], nazywane popularnie „Agendą 21”, przedstawiają propozycje sposobów zwalczania degradacji środowiska lądowego, powietrza i wód, zachowania lasów oraz różnorodności gatunków żyjących na Ziemi [Keating, 1994]. W Polsce program rozwiązywania problemów ochrony środowiska, zgodny z deklaracjami przyjętymi na Szczycie Ziemi, zawarty został w Polityce Ekologicznej Państwa [MOŚZNiL, 1991]. W dokumencie tym podjęto decyzję o odejściu od tradycyjnej, wąsko rozumianej ochrony środowiska na rzecz ekorozwoju, tj. podporządkowania potrzeb i aspiracji państwa i społeczeństwa możliwościom, jakie daje środowisko, którym dysponujemy [MOŚZNiL, 1991]. Polityka ekorozwoju to z jednej strony nadanie konsumpcji, produkcji oraz rozwojowi cywilizacyjnemu kierunku zachowującego w sposób trwały walory i zasoby środowiska, z drugiej zaś czynna ochrona środowiska przyrodniczego. Polityka ta powinna objąć wszystkie dziedziny gospodarki, szczególnie te, które są źródłem głównych zagrożeń dla środowiska [Kindler, 1989]. Oprócz innych zagadnień poruszanych w PEP zawarte są w niej postulaty dotyczące kształtowania i ochrony żywych zasobów przyrody: przewidziano zwiększenie powierzchni ekologicznego systemu obszarów chronionych do 30% powierzchni kraju; planowane jest tworzenie spójnego systemu obszarów chronionych poprzez powoływanie nowych parków narodowych i krajobrazowych, obszarów chronionego krajobrazu oraz rezerwatów przyrody, które pozwolą na objęcie szczególną ochroną wszystkich ekosystemów mało lub zupełnie nie przekształconych, reprezentujących typowe dla Polski zbiorowiska przyrodnicze i formy przyrody nieożywionej oraz zachowanie naturalnych walorów ekologicznych

i krajobrazowych [MOŚZNiL, 1991]. W zakresie gospodarki wodnej, oprócz wskazania działań zmierzających do bardziej oszczędnego wykorzystywania zasobów wodnych [MOŚZNiL, 1991], podkreślony został fakt, że woda jest czynnikiem decydującym o prawidłowym funkcjonowaniu przyrody, a większość ludzkich działań w zakresie gospodarowania wodą szkodzi ekosystemom wodnym i zagraża gatunkom flory i fauny wód słodkich. Należy więc dostosować działalność człowieka do granic wyznaczonych przez przyrodę utrzymując środowisko w stanie równowagi i zdolności do samoregulacji [Słota, 1992]. Zgodnie z tym założeniem określono zasady zintegrowanej gospodarki wodnej.

W dotychczasowych analizach wodno-gospodarczych mniej dokładnie zdefiniowane zadania, takie jak ochrona środowiska, traktowane były najczęściej jako drugorzędne i uwzględniane w bardzo uproszczony sposób [Young i in., 1995], chociaż użytkowanie wody (np. konsumpcyjne wykorzystanie czy regulacja) potencjalnie wpływają na środowisko przyrodnicze [ARMCANZ/ANZECC, 1995; Schneiders i in., 1993]. Zasoby naturalne oraz walory przyrodnicze stają się coraz bardziej zagrożone, degradacja środowiska naturalnego jest ciągle postępującym procesem, ochrona nie może więc oznaczać wyłącznie wydzielenia obszarów rezerwatowych i niepodejmowania żadnych dodatkowych działań [Willi, 1992], a gospodarowanie nie może prowadzić do osiągnięcia jedynie krótkoterminowych zysków ekonomicznych.

W zakresie ochrony obszarów mokradłowych i ekosystemów rzecznych właściwa pod względem ekologicznym gospodarka wodna powinna odgrywać podstawową rolę.

4.2 Wybrane zagadnienia ekologii systemów wodnych

Siedliska mokradłowe budzą wiele zainteresowania [Van Wirdum, 1991] ze względu na wysokie wyspecjalizowanie zasiedlających je organizmów roślinnych i bogactwo związanej z nimi fauny oraz fakt, że niewiele tego typu siedlisk zachowało się w stanie nieprzekształconym [Wassen, 1990]. Mokradłem nazywany jest obszar trwale nasycony wodą stanowiącą większość (80%, a nawet do 95%) objętości gruntu [Żurek i Tomaszewicz, 1989]. Jedynie specyficzne gatunki roślin zdolne są do życia w warunkach długotrwanie podtopionej gleby, gdzie strefa aeracji niemal nie występuje. Ze względu na rodzaj zasilania hydrologicznego mokradła można podzielić na [Okruszko, 1992; Van Wirdum, 1991]:

- fluwiogeniczne - zasilane wodami powierzchniowymi, najczęściej rzecznyymi;
- soligogeniczne i topogeniczne - zasilane wodami podziemnymi;
- ombrogeniczne - zasilane głównie wodami opadowymi;
- słonoroślowe - z udziałem zasilania wodami morskimi.

Oprócz rodzaju zasilania hydrologicznego wiele innych czynników warunkuje występowanie siedlisk mokradłowych. Do najczęściej wymienianych należą:

- geomorfologia [Wolfert, 1992];
- reżim hydrologiczny zarówno wód powierzchniowych jak i podziemnych [Prończuk, 1973; Duel, 1991; Keve, 1992; Boeye, 1992];
- jakość wody [Young i in., 1995; Barkman, 1992];
- zanieczyszczenie powietrza [Vermeer i Joonten, 1992; Ilomets i in., 1992];
- sposób gospodarowania na terenach przyległych [Van Walsum, 1992].

Niektóre z tych czynników mogą być aktywnie kształtowane przez gospodarkę wodną. W celu formułowania właściwych pod względem ochrony środowiska zasad gospodarowania wodą w systemie konieczne jest wykorzystywanie wiedzy z zakresu ekologii. Niezbędna jest znajomość wymagań zbiorowisk roślinnych i gatunków zwierząt, odpowiedzi ekosystemów na bodźce zewnętrzne (zakłócenia), procesów warunkujących istnienie ekosystemów, czynników najbardziej istotnych dla kierunku i tempa sukcesji, wskaźników zdrowia systemu itp. Zakres ten znacznie wykracza poza wiedzę z dziedziny gospodarki wodnej, istnieje więc konieczność współpracy ze specjalistami z innych dziedzin [Mioduszewski, 1995].

Na obecnym poziomie wiedzy ekologicznej najczęściej nie jest możliwe ilościowe opisanie wymienionych zagadnień [Young i in., 1995]. Wiele problemów wynika z niedostatecznej jeszcze wiedzy ekologicznej, dodatkowo pojawiają się na styku gospodarki wodnej i ekologii.

Niektóre z tych problemów przedstawiono poniżej:

1. W większości ekosystemy poddawane są *oddziaływaniom złożonym*, stanowiącym sumę wzajemnie ze sobą powiązanych elementów, przy czym wydzielenie poszczególnych składowych nie zawsze jest możliwe. Nie ma pewności, że *czynnik* wskazany jako *determinujący* dla reakcji ekosystemu jest nim rzeczywiście, czy też inne czynniki, uznane za drugorzędne nie są równie lub bardziej istotne. Dodatkowo trudności powoduje istnienie przesunięcia w czasie pomiędzy reakcją ekosystemu a czynnikami ją wywołującymi: reakcja odzwierciedla zaszły wcześniej a nie równoległe zachodzące zmiany warunków środowiskowych [Lampert i Sommer, 1996]. W odniesieniu do ekosystemu rzeczny reżim przepływów może być uznany za czynnik determinujący właściwe jego funkcjonowanie [Young i in., 1995]. Pozostałe czynniki, takie jak jakość wód i sposób użytkowania terenów zalewowych, są jednak również istotne. Jednoznaczne ustalenie stopnia, w jakim o reakcji systemu decydują zmiany ilościowe, a w jakim zmiany jakości wody, jest trudnym zadaniem.
2. Pojęcia stabilności systemu, bezwładności, odporności [Richling i Solon, 1996] opisują sposób reakcji ekosystemów na *zakłócenia*. Związana z nimi „hipoteza umiarkowanych zakłóceń” sugeruje, że *różnorodność gatunków* w siedlisku jest najwyższa, jeśli zakłócenia

(np. wezbrania) charakteryzują się umiarkowaną częstością, intensywnością lub zasięgiem [Connell, 1978]. Odpowiednio częste zakłócenia zapobiegają zdominowaniu siedliska przez niewielką liczbę szybko wzrastających lub najbardziej wyspecjalizowanych gatunków [Allan, 1995]. Przykładowo w badaniach laboratoryjnych nad fitoplanktonem, zakłócenia warunków środowiskowych pojawiające się w odstępach czasowych rzędu trzech generacji sprzyjały maksymalnej różnorodności w zespole fitoplanktonu [Lampert i Sommer, 1996]. Bioróżnorodność gatunków jest mała w rzekach o rzadko występujących lub niewielkich zakłóceniach, np. w uregulowanych ciekach poniżej zbiorników [Stanford i Ward, 1992]. Na podstawie tej teorii przyjęto odpowiedni stopień zakłóceń jako wskaźnik stopnia naturalności ekosystemu. Jest to jednak określenie nieprecyzyjne, a możliwej do zastosowania definicji ilościowej ciągle jeszcze brakuje [Young i in., 1995].

3. Pomimo poznanego już mechanizmu sukcesji ekosystemów zdążających w swoim rozwoju do homeostazy, w ekologii uwzględnia się istnienie punktów bifurkacji [Richling i Solon, 1996], w których, zależnie od pewnej liczby czynników sprzyjających, rozwój systemu może potoczyć się w różnym kierunku i nie ma możliwości wcześniejszego przewidzenia dalszych trajektorii rozwoju. Zawsze więc pozostaje *niepewność odpowiedzi systemu* na określone oddziaływania.

4. Dodatkową trudność niesie ze sobą *niejednorodność skali* zarówno *czasowej* jak i przestrzennej pojawiająca się na styku gospodarki wodnej i ekologii. Powolność zmian zachodzących w ekosystemach powoduje, że możliwości weryfikacji prognoz są niewielkie. Dopiero pogłębianie wiedzy ekologicznej oraz wieloletni monitoring środowiska będą tworzyły takie możliwości.

5. *Skala przestrzenna* wodno-gospodarczych analiz różni się od skali badań ekologicznych o co najmniej dwa rzędy wielkości. Przedmiotami analiz wodno-gospodarczych są zlewnie o powierzchniach od kilkuset do kilku tysięcy (lub więcej) kilometrów kwadratowych, podczas gdy przeciętna wielkość poszczególnych siedlisk (w warunkach polskich) dochodzi zaledwie do kilku kilometrów kwadratowych, zaś ekologiczne badania np. różnorodności organizmów prowadzone są na powierzchni zaledwie kilku metrów [Richling i Solon, 1996].

6. Do oceny wpływu rozwiązań gospodarki wodnej na środowisko potrzebne są *wskaźniki równowagi i integralności ekosystemu*. Wielu ekologów podkreśla konieczność dokonywania oceny w oparciu o cechy biotyczne systemu, uznając parametry abiotyczne za mniej istotne [Norris i in., 1993]. Struktura troficzna została uznana za całościowy wskaźnik najlepiej opisujący stan równowagi systemu [Young i in., 1995]. Jednakże obecne braki wiedzy z zakresu ekologii uniemożliwiają takie podejście. Proponuje się więc wybór wrażliwych grup lub pojedynczych gatunków flory lub fauny na wskaźniki równowagi systemu [Young i in., 1995]. Jednocześnie należy zwrócić uwagę na właściwe wydzielenie decydujących parametrów hydrologicznych dla wybranych ekologicznych wskaźników.

Przykładowo, bezkręgowce będące dobrym wskaźnikiem ogólnego stanu jakości wód są bardzo mało wrażliwe na zmiany reżimu hydrologicznego [Young i in., 1995].

4.3 Przykłady sposobów uwzględniania wymagań środowiskowych w gospodarowaniu wodą

Pomimo niewystarczającej wiedzy ekologicznej i niepewności reakcji środowiska na sposoby gospodarowania wodą, coraz częściej w analizach wodno-gospodarczych uwzględniane są wymagania związane z ochroną środowiska przyrodniczego. W zależności od zakresu wiedzy i stopnia rozpoznania ekosystemów będących przedmiotem badań wymagania środowiska opisywane są przez: a) złożone modele ekologiczne, najczęściej pozwalające prognozować przyszły stan ekosystemów, b) zależności regresyjne i systemy eksperckie oparte na wymaganiach określonych zbiorowisk bądź gatunków flory lub fauny, c) modele bilansowe wód powierzchniowych lub podziemnych, których wyniki są następnie oceniane przez ekspertów z dziedziny ekologii, d) wybrane cechy zjawisk hydrologicznych lub wielkości charakterystyczne reprezentujące w przybliżeniu wymagania środowiska.

Przykładem modelu z pierwszej z wymienionych grup jest hydrauliczny model bagien Everglades na Florydzie w USA [Gunderson i Holling, 1992], uwzględniający sprzężenie zwrotne pomiędzy występowaniem zbiorowisk roślinności bagiennej i warunkami hydrologicznymi. W modelu tym wielkości stanów i przepływów wody w badanym obszarze wyznaczane są w zależności od wielkości opadów, ewapotranspiracji, roślinności, poborów i reguł gospodarowania wodą. Wyróżniono 26 rodzajów zbiorowisk roślinnych i występowanie ich w poszczególnych komórkach obszaru uzależniono od ilości biogenów w glebie oraz średniego okresu podtopienia (zalewu) w ciągu pięciu kolejnych lat. Jeżeli warunki wodne w tym okresie są bardziej suche (lub bardziej mokre) niż wymagane przez aktualnie występujące zbiorowisko roślinne lub ilość dostępnych biogenów przekracza wartość progową, roślinność ulega zmianie, co z kolei pociąga za sobą zmianę warunków hydraulicznych przepływu i wielkości ewapotranspiracji. Dodatkowo uwzględniane są zdarzenia losowe, (np. pożar), prowadzące do zniszczenia roślinności, po których rozpoczyna się proces sukcesji wtórnej warunkowany okresem podtopienia.

Do grupy modeli regresyjnych opartych na wymaganiach określonych gatunków roślin można zaliczyć model WaFlo [Gremmen i in., 1990]. W modelu tym powiązано zanikanie określonych gatunków roślin z wielkością obniżenia poziomu wód gruntowych. Model ten odwzorowuje specyfikę roślinności zasiedlającej plejstocenijski pas nizin europejskich. Podobne zależności dla terenów zalewowych Renu i Dunaju przedstawiali Duel [1991] i Keve [1992]. Występowanie gatunków roślin zostało uzależnione od długości czasu

podtopienia wodami wezbraniowymi. Czynnikiem ten został uznany również za determinujący dla występowania gatunków ptaków błotnych na rzecznych terenach zalewowych [Young i in., 1995]. Od czasu trwania zalewów uzależniono gniazdowanie i sukces lęgowy określonych gatunków ptaków.

W badaniach nad możliwościami renaturyzacji lub określaniem zasad ochrony siedlisk hydrogenicznym szeroko wykorzystywane są modele bilansowe wód powierzchniowych lub podziemnych, których wyniki są następnie oceniane przez ekspertów z dziedziny ekologii. Przykładowo, Van Walsum [1992] wykorzystywał model regionalnego systemu wód podziemnych SIMGRO [Querner i Van Bakel, 1990] do wyboru wariantu zabudowy hydrotechnicznej i zasad gospodarowania wodą w obszarze obejmującym rezerwat bagienny Grote Peel (Holandia) i tereny rolnicze. W badaniach analizowano możliwości ograniczenia odwodnienia terenu rezerwatu, stanowiącego podstawowy czynnik powodujący degradację siedliska, przy jednoczesnym zapewnieniu dogodnych warunków produkcji rolniczej na terenach przyległych. Dodatkowo uwzględniano zadanie ochrony występującej tam populacji ptaków błotnych. Kryterium realizacji tego zadania zdefiniowano jako sukces lęgowy (możliwość zdobycia wystarczającej ilości pożywienia) wybranych gatunków, co z kolei uzależniono od poziomu wód gruntowych na terenach rolniczych stanowiących żerowisko w okresie wiosennym. Zmiany w regionalnym systemie wód podziemnych (eksploatacja, ograniczenie zasilania, nadmierne drenowanie, zanieczyszczenie) i ich negatywne oddziaływanie na obszary o wysokiej wartości ekologicznej badali również Boeye i współautorzy [1994, 1995], Van Wirdum [1991] oraz Batelaan i współautorzy [1993]. W badaniach tych, w oparciu o regionalne modele przepływu wód podziemnych, analizowano przyczyny zmian roślinności oraz możliwości zapobiegania dalszej degradacji siedlisk hydrogenicznym.

W pracach nad możliwościami renaturyzacji częściowo odwodnionych torfowisk biebrzańskich do oceny sposobu gospodarowania wodą w systemie ze względu na wymagania ochrony siedlisk hydrogenicznym stosowano model związku wód powierzchniowych i podziemnych [Książczyński i in., 1994]. Model pozwolił określić przebiegi stanów wód gruntowych oraz zasięg zalewów, na podstawie których, z wykorzystaniem wiedzy ekspertów, możliwe było przewidywanie konsekwencji wybranego sposobu gospodarowania wodą.

Przykładem wykorzystania modelu wód powierzchniowych w badaniach związanych z ochroną wartościowych obszarów były prace przeprowadzone przez Smoluchowską [1994] na terenie Narwiańskiego Parku Krajobrazowego. Hydrauliczny model przepływu ustalonego [Smoluchowska, 1994] umożliwiający symulację przyptywu w wielodzielnych

korytach rzecznych oraz obliczenie rozkładu i głębokości zalewów wykorzystany został do opracowania podstaw gospodarowania wodą w celu poprawy warunków wilgotnościowych.

Ostatnim i najczęściej stosowanym z wymienionych sposobów uwzględniania wymagań środowiskowych w analizach wodno-gospodarczych jest żądanie zachowania wybranych cech zjawisk hydrologicznych lub określonych wielkości przepływów dla potrzeb środowiska przyrodniczego. Taki sposób reprezentowania wymagań środowiskowych związany jest z ekosystemami rzecznyymi. Należy zwrócić uwagę, że ekosystem rzeczny obejmuje nie tylko koryto ciek, lecz również strefę roślinności przybrzeżnej oraz bliskie i dalsze tereny zalewowe [Young i in., 1995; Tomiałoć i Dyrz, 1993], przy czym każda z tych stref zależna jest od charakterystycznych czynników hydrologicznych. Utrzymanie łączności koryta ciek i terenów zalewowych jest jednym z podstawowych warunków zachowania (lub osiągnięcia) stanu zbliżonego do naturalnego wraz z typowymi dla tego systemu organizmami roślinnymi i zwierzęcymi.

Arthington [1994] postuluje zachowanie wybranych cech zjawisk hydrologicznych dla potrzeb środowiska. Zmodyfikowany przez człowieka reżim hydrologiczny powinien zawierać cechy reżimu naturalnego (wielkość przepływów niskich, występowanie wezbrań), co umożliwi zachowanie życia biologicznego i funkcjonalnej integralności systemu. W oparciu o naturalny reżim hydrologiczny można wyróżnić cechy zjawisk hydrologicznych, które powinny zostać utrzymane, a następnie zdefiniować je jako potrzeby systemu rzeczne. Petts i Maddock [1994] sugerują pomiary cech charakterystycznych przekrojów poprzecznych koryta rzeki (prędkość, głębokość, rodzaj dna) i powiązanie ich ze znanymi ze studiów biologicznych wymaganiami ryb do tarlisk, ptaków do gniazdowania lub innych protegowanych gatunków.

Przeznaczenie określonych wielkości przepływów na potrzeby środowiska realizowane jest najczęściej poprzez wymaganie zapewnienia przepływów nienaruszalnych. Kryteriami określenia wielkości przepływu nienaruszalnego mogą być [Kostrzewa, 1977]: wymagania hydrobiologiczne, rybacko-wędkarskie, turystyczne oraz ochrony obiektów przyrody. Gordon i współautorzy [1992] proponują przeznaczenie określonego procentu średniego rocznego odpływu ze zlewni na potrzeby ryb. W warunkach polskich wielkości przepływu nienaruszalnego według kryterium hydrobiologicznego określone są najczęściej zgodnie z metodyką opracowaną przez Kostrzewę [1977]. W metodzie tej przepływy nienaruszalne wyznaczane są na podstawie prędkości niezamulających w kontrolowanych przekrojach rzecznych lub, w sposób przybliżony dla niekontrolowanych przekrojów, na podstawie wielkości zlewni i przepływu średniego niskiego. Nową propozycję metody wyznaczania wielkości przepływu nienaruszalnego przedstawiono w pracy Witowskiego i współautorów [1994]. Na podstawie historycznych

ciągów obserwacji hydrologicznych (które w założeniach tej metody mają odzwierciedlać naturalny reżim hydrologiczny) wyznaczone są wielkości przepływów spełniające następujące warunki: a) niezwiększenie częstości występowania niżówek o określonym czasie trwania więcej niż arbitralnie wybraną ilość razy oraz b) zachowanie przepływów najdłużej trwających jako nieszkodliwych dla organizmów zasiedlających rzekę. Metoda ta, choć uwzględnia zachowanie niektórych cech zjawisk hydrologicznych (z zakresu przepływów niskich - pod warunkiem, że dane historyczne wolne są od wpływu działalności człowieka) zawiera dużą dozę arbitralności w wyznaczaniu wielkości przepływu nienaruszalnego.

Dla celów bilansów wodno-gospodarczych najbardziej przydatne są modele oparte na systemach eksperckich lub zależnościach regresyjnych. Pozwalają one (przy obecnym stanie wiedzy ekologicznej) szacować wpływ sposobu gospodarowania wodą na analizowane siedliska, przy czym istnieje możliwość bieżącej współpracy modeli ekologicznych i bilansowych. Wysoka złożoność szczegółowych modeli dostosowanych do poszczególnych siedlisk, takich jak model Florydy [Gunderson i Holling, 1992] lub model wykorzystywany w pracach biebrzańskich [Książczyński i in., 1994], uniemożliwia ich bezpośrednie włączanie do modeli bilansowych. Do tego typu modeli można wprowadzać wyniki obliczeń bilansowych, co pozwala śledzić przyszłe odpowiedzi ekosystemu [Young i in., 1995] dla wybranych wariantów gospodarowania wodą. Wszystkie typy modeli powinny być jednak wykorzystywane; należy też podkreślić potrzeby pogłębiania wiedzy z zakresu ekologii oraz pracy interdyscyplinarnych zespołów nad tworzeniem i weryfikacją modeli opisujących zachowanie ekosystemów.

W przypadku braku odpowiednich modeli ekologicznych określanie ilościowych wymagań wodnych ekosystemu rzeki i jej doliny może odbywać się poprzez wprowadzanie pojęcia stanu pożądanego. Na podstawie badań siedlisk podlegających ochronie należy wówczas określić warunki wodne (poziom wód gruntowych, uwilgotnienie gleby czy występowanie wysokich przepływów), przy których nie następuje proces degradacji, a następnie przyjąć je jako stan pożądany. Po rozpoznaniu stopnia, w jakim przepływy kształtują stosunki wodne doliny należy określić pożądane wielkości przepływów zaspokajające wymagania wodne analizowanych siedlisk i przyjąć je za jedno z zadań gospodarki wodnej. Takie podejście nie umożliwia jednak badania wpływu częściowej realizacji zdefiniowanego zadania na analizowane siedliska. Nie jest również możliwe przewidywanie konsekwencji wyboru wariantów gospodarowania wodą nie uwzględniających wymagań środowiska.

Poniżej omówiono sposoby reprezentowania wymagań środowiska przyrodniczego w analizach wodno-gospodarczych w zakresie zadania zachowania przepływów nienaruszalnych oraz przedstawiono koncepcję modelu łęgowej doliny rzecznej.

4.4 Model przepływów nienaruszalnych

Najczęściej stosowanym sposobem reprezentacji wymagań ochrony ekosystemu rzecznoego jest zadanie zachowania przepływów nienaruszalnych. W modelu bilansowym przepływ nienaruszalny reprezentowany jest w postaci łuku łączącego dwa przekroje bilansowe. Przepustowość tego łuku odpowiada wielkości przepływu wyznaczonego ze względu na rozważane kryterium. Zadanie utrzymania przepływu nienaruszalnego wg kryterium hydrobiologicznego, uwzględniane niemal we wszystkich analizach wodno-gospodarczych, stało się jednym z podstawowych użytkowań wody. W niniejszej pracy uwzględniono zadanie zapewnienia przepływów nienaruszalnych wg kryterium hydrobiologicznego oraz kryterium ochrony krajobrazu. Wielkości przepływów hydrobiologicznych określono zgodnie z metodyką Kostrzewy [1977]. Sposób określenia wielkości przepływu krajobrazowego przedstawiono w punkcie 4.5.

4.5 Model łęgowej doliny rzecznej

Dla dolin rzecznych o szczególnych walorach przyrodniczych uwzględnianie wymagań środowiska przyrodniczego wyłącznie w postaci przepływu nienaruszalnego wg kryterium hydrobiologicznego wydaje się być niewystarczające. W celu dokładniejszego odwzorowania wymagań wodnych ekosystemu rzecznoego i związanych z nim siedlisk hydrogenicznych występujących na terenach zalewowych w niniejszej pracy zaproponowano model łęgowej doliny opracowany z uwzględnieniem specyfiki Górnej Narwi. Poniżej przedstawiono: a) sposób obliczania zapotrzebowania na wodę dla chronionej doliny rzecznej, b) sposób reprezentacji odcinków doliny, dla których określono wymagania wodne ze względu na ochronę zbiorowisk roślinnych oraz c) pozostałych odcinków doliny w modelu bilansowym.

Model doliny łęgowej, charakterystycznej dla odcinka Narwi od zbiornika Siemianówka do przekroju wodowskazowego w Surażu, powstał w oparciu o wyniki przyrodniczej waloryzacji tego odcinka doliny wykonanej przez zespół dr W. Dembka w ramach grantu KBN „Rolniczo i ekologicznie zrównoważone zasady gospodarowania zasobami wodnymi i walorami przyrodniczymi w dolinie łęgowej, na przykładzie Górnej Narwi” [Oświt i in., 1995]. Zespół ten, na podstawie badań terenowych, wyróżnił siedliska charakterystyczne dla ekosystemu lasów łęgowych i przybrzeżnych terenów zalewowych, zestawiał cechy decydujące o unikalnym charakterze tych ekosystemów, sformułował warunki niezbędne do zachowania ich naturalnego charakteru oraz określił zagrożenia dla funkcjonowania wybranych ekosystemów.

4.5.1 Podstawy przyrodnicze

Do najważniejszych cech decydujących o przyrodniczych i krajobrazowych walorach doliny Narwi należą m.in. [Oświt i in., 1995]:

- naturalny charakter rzeki o meandrującym korycie, licznych bocznych ramionach i rozbudowanej sieci starorzeczy;
- specyficzna rzeźba dna doliny, sprzyjająca bioróżnorodności;
- naturalny charakter ekosystemów mokradłowych, obecność lasów w strefie brzeżnej doliny;
- intensywne zalewy wiosenne, dzięki którym przez wiele tygodni utrzymuje się mozaika wodno-łądowa sprzyjająca lęgom ptaków wodno-błotnych;
- brak melioracji w dolinie głównej.

Autorzy opracowania zwrócili uwagę na powiązanie przyrodniczych walorów doliny ze specyfiką hydrograficzną i reżimem hydrologicznym tego odcinka Narwi. Wybrane ekosystemy, z charakterystyczną roślinnością, wykształcone pod wpływem naturalnych warunków wodnych doliny cechują się dużą różnorodnością gatunków roślin oraz gniazdującego tam ptactwa wodnego [Lewartowski, 1995].

Główne zagrożenia dla ekosystemów doliny związane ze zmianą warunków hydrologicznych stanowią [Oświt i in., 1995]:

- zmniejszanie się częstotliwości, wielkości i czasu trwania zalewów;
- pogłębiające się stany niżówkowe wód gruntowych w dolinie niebezpieczne dla dominujących gleb, wrażliwych na przesuszenie.

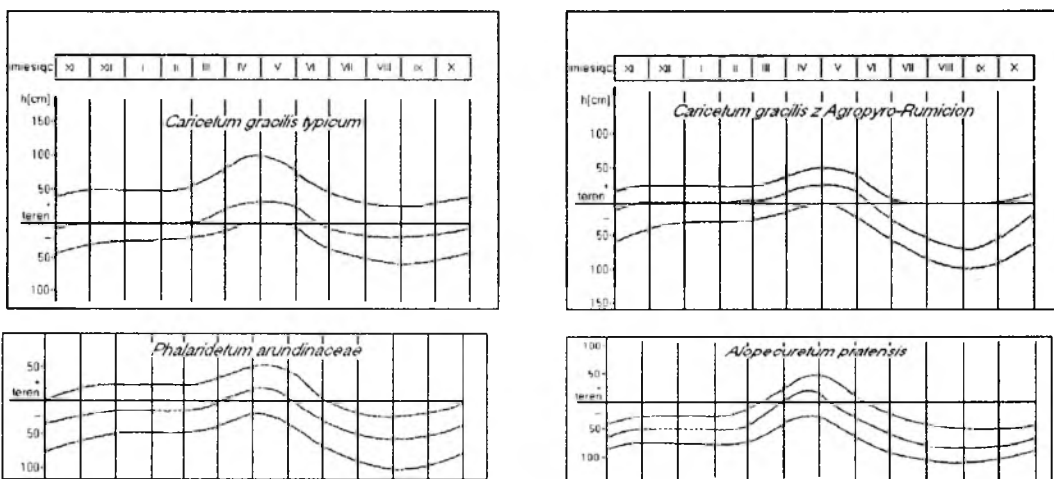
Dla celów opracowania zasad gospodarowania wodą uwzględniających ochronę wartościowych siedlisk hydrogenicznych Oświt i współautorzy [1995] określili wymagania wodne ekosystemów uznanych za pożądane. Wyróżniono cztery takie ekosystemy, znajdujące się w dolinie w strefie bezpośredniego oddziaływania wód rzecznych:

1. Ekosystem zabagnionych turzycowisk (*Caricetum gracilis typicum*), czyli siedliska, w których powierzchnia terenu układa się stosunkowo nisko w stosunku do lustra wody w rzece, długotrwale zalewane, o charakterze łągów zastoiskowych.
2. Ekosystem łąk turzycowiskowych (*Caricetum gracilis z Agropyro Rumicion*), o warunkach wodnych zbliżonych do opisanych wyżej, lecz podsychające w okresach niżówek.

3. Ekosystem łąk mozgowych i turzycowo-mozgowych (*Phalaridetum arundinaceae*): siedliska zalewane wiosną, wyraźnie przesycające w lecie.
4. Ekosystem związany z zespołem wyczyńca łąkowego (*Alopecuretum pratensis*), czyli mokre i wilgotne łąki zajmujące w dolinie niewielkie wyniesienia, krócej zalewane.

4.5.2 Sposób określania potrzeb wodnych protegowanych ekosystemów w dolinie Narwi

W oparciu o obserwacje ekspertowe i wieloletnie obserwacje stanów wód gruntowych w różnych zbiorowiskach roślinnych [Oświt i in., 1995] skonstruowano ideowe hydrogramy przebiegu stanów wody w ciągu roku dla poszczególnych zbiorowisk. Ze względu na wymagania tych zbiorowisk wyróżniono minimalne, optymalne i maksymalne poziomy wody. Należy zwrócić uwagę na wymaganie zalewu wiosennego, charakterystyczne dla wszystkich typów zbiorowisk roślinnych, oraz dopuszczalną głębokość wód gruntowych w okresach letnich (rys. 4.1).



Rys. 4.1 Ideowe hydrogramy stanów wody w protegowanych siedliskach [za Oświt i in., 1995]

Ideowe hydrogramy stanów wody w protegowanych siedliskach stanowiły podstawę koncepcji modelu łąkowej doliny zalewowej. W modelu doliny uwzględniono dwa podstawowe wymagania warunkujące zachowanie jej obecnego charakteru: a) niedopuszczanie do nadmiernego opadania wód gruntowych w okresach letnich niżówek oraz b) zapewnienie występowania wiosennych zalewów. W modelu przyjęto następujące założenia:

- zaspokojenie wymagań wodnych siedlisk występujących w dolinie Górnej Narwi możliwe jest w przypadku wykorzystania zasobów wodnych zbiornika Siemianówka;

- wymagania wodne doliny określono dla wybranych przekrojów uznanych za reprezentatywne dla poszczególnych zbiorowisk roślinnych; wytypowano jeden przekrój kontrolny na terenie Narwiańskiego Parku Krajobrazowego oraz cztery na łęgowym odcinku doliny Narwi;
- niedopuszczanie do nadmiernego opadania dolinowych wód gruntowych realizowane jest poprzez zadanie zapewnienia przepływów nienaruszalnych wg kryterium ochrony krajobrazu (p. 4.5.3); nie uwzględniono aktywnego kształtowania stanu uwilgotnienia siedlisk dolinowych;
- zadanie podwyższania przepływów wiosennych (p. 4.5.4) realizowane jest tylko w latach, w których wystąpiły naturalne wezbrania o niewystarczającej wielkości;
- podwyższanie wiosennych zalewów przy użyciu zasobów wodnych zbiornika wymaga uwzględnienia procesu retencjonowania wody w dolinie rzecznej.

4.5.3 Przepływ nienaruszalny wg kryterium krajobrazowego

Badany odcinek doliny charakteryzuje się silnym powiązaniem dolinowych wód gruntowych z wodami powierzchniowymi. Przykłady modelowania wzajemnych oddziaływań wód powierzchniowych i podziemnych przedstawiali m.in.: Sami i współautorzy [1995], Nawalany [1993], Lanza [1995]. W niniejszej pracy nie rozważano dynamiki związku dolinowych wód gruntowych z przepływami w korycie rzeczonym; związek ten nie był bezpośrednio modelowany. Przyjęto założenie, że niedopuszczanie do nadmiernego opadania dolinowych wód gruntowych w okresie letnim będzie realizowane poprzez zapewnienie przepływów ograniczających drenujący wpływ rzeki nazywanych dalej przepływami nienaruszalnymi wg kryterium ochrony krajobrazu (kryterium krajobrazowe). Taka koncepcja nie uwzględnia możliwości aktywnego kształtowania stanu uwilgotnienia siedlisk. Oznacza to, że bez względu na aktualne położenie zwierciadła wód gruntowych wielkość wymaganego przepływu pozostaje stała. Kształtowanie położenia zwierciadła wód gruntowych w dolinie za pomocą przepływów wód powierzchniowych wymagałoby długotrwałego utrzymywania znacznie podwyższonych przepływów. Powyższe rozwiązanie uznano za nieracjonalne i nierealistyczne ze względu na: a) różną dynamikę zmienności położenia zwierciadła wód gruntowych i stanów wód powierzchniowych, b) ograniczony zasięg oddziaływania wód powierzchniowych na wody gruntowe oraz c) niewystarczającą wielkość zasobów wodnych zbiornika Siemianówka. Aktywne kształtowanie stanu uwilgotnienia siedlisk dolinowych jest możliwe jedynie przy pomocy urządzeń hydrotechnicznych (jazów). Rozwiązanie takie zastosowano na terenie Narwiańskiego Parku Krajobrazowego [Mosiej i Sokołowski, 1995], gdzie jaz w Rzędzianach służy utrzymaniu wysokiego uwilgotnienia tego odcinka doliny.

Wielkości przepływów nienaruszalnych wg kryterium krajobrazowego dla wytypowanych przekrojów kontrolnych wyznaczono w następujący sposób: a) we współpracy z zespołem dokonującym przyrodniczej waloryzacji doliny określono stany wód w korycie Narwi, odpowiadające pożądanym stanom wód gruntowych w dolinie; b) związek stanów i przepływów w wybranych przekrojach rzeki ustalono z wykorzystaniem hydrodynamicznego modelu przepływu wód powierzchniowych [Kubrak, 1989] opracowanego dla Górnej Narwi; c) na podstawie zależności stan-przepływ określono wielkości przepływów nienaruszalnych wg kryterium krajobrazowego (QP).

4.5.4 Wymaganie wiosennego zalewu doliny

Wymaganie występowania wiosennych zalewów doliny odwzorowano poprzez określenie pożądanej wielkości zalewów w przekrojach kontrolnych oraz zdefiniowanie zasad pracy zbiornika Siemianówka w okresie zalewowym (omówionych w punkcie 4.7). Na podstawie ideowych hydrogramów uwilgotnienia siedlisk i statystycznej analizy hydrogramów przepływów przyjęto, że sezon zalewowy obejmuje okres od pierwszej dekady marca do ostatniej dekady kwietnia (16-21 dekada). Pożądane wielkości przepływów zalewowych (Q_{MIN} , Q_{OPT}), ustalone w sposób analogiczny jak wielkości przepływów nienaruszalnych wg kryterium krajobrazowego, odpowiadają minimalnym i optymalnym poziomom wody (rys. 4.1) dla siedlisk występujących w wytypowanych przekrojach. Optymalna wielkość przepływu zalewowego (Q_{OPT}), odzwierciedlająca wymagania wodne siedliska w okresie wiosennym, stanowi podstawę do obliczenia zapotrzebowania doliny na wodę, natomiast przepływ Q_{MIN} wykorzystywany jest jako wartość progowa przy określaniu stopnia realizacji zadania uzyskania zalewu doliny.

Zapotrzebowanie doliny na wodę w poszczególnych dekadach sezonu zalewowego dla przekrojów kontrolnych zależy jest od optymalnej wielkości przepływu zalewowego (Q_{OPT}), przepływów historycznych w Narwi i na jej kontrolowanych dopływach (Narewka i Orlanka) oraz tego, czy w danym roku zadanie zalania doliny zostało już zrealizowane. Pojęcie przepływ historyczny (Q_{His}) wprowadzono dla określenia przepływu, jaki występował w aktualnie rozpatrywanej dekadzie, nie zmodyfikowanego przez pracę zbiornika retencyjnego. Algorytm wyznaczania zapotrzebowania doliny na wodę w poszczególnych przekrojach kontrolnych dla aktualnie rozpatrywanej dekady przedstawiono na rysunku 4.2.

W przypadku, gdy zadanie zalania doliny nie zostało jeszcze zrealizowane, przepływ historyczny w przekroju kontrolnym (Q_{His}) porównywany jest z pożądaną wielkością przepływu zalewowego (Q_{OPT}). Jeżeli Q_{His} przekracza Q_{OPT} , zapotrzebowanie doliny na wodę równe jest pożądaney wielkości przepływu zalewowego. W przeciwnym

przypadku sprawdzana jest możliwość podwyższenia przepływów przy użyciu zasobów wodnych zbiornika Siemianówka.

Ze względu na ograniczoną wielkość zasobów wodnych zbiornika wywołanie wezbrania jedynie wodami zbiornikowymi nie jest możliwe. Jednocześnie analiza hydrogramów przepływów w przekrojach kontrolnych wykazała, że w niektórych latach zalewy nie występowały. Przyjęto więc, że zadanie wywołania zalewu doliny będzie realizowane, jeśli aktualne warunki w zlewni będą zbliżone do warunków występujących w czasie naturalnych wezbrań. Dla oceny warunków panujących w zlewni wprowadzono pojęcie przepływów granicznych dla Narewki i Orlanki. Wielkość tych przepływów ustalono na poziomie wody brzegowej.

W przypadku podwyższania przepływów (przy użyciu zasobów zgromadzonych w zbiorniku) podczas obliczania zapotrzebowania doliny uwzględniany jest proces retencjonowania wody w dolinie rzecznej. Na odcinku od zbiornika do rozpatrywanego przekroju kontrolnego część wody pozostaje na zalanim terenie wypełniając retencję powierzchniową oraz infiltrując. Dla naturalnie występujących wezbrań (bez interwencji zbiornika) proces ten został odwzorowany w obserwacjach wodowskazowych i w modelu bilansowym nie zachodzi konieczność uwzględniania dodatkowej ilości wody na wypełnienie retencji doliny. Sposób modelowania procesów retencjonowania wody w dolinie przedstawiono poniżej.

W modelu przyjęto, że ilość zretencjonowanej w dolinie wody, nazywana dalej retencją doliny (Ret), zależy od przepływu historycznego i brzegowego. W przypadku, gdy przepływ historyczny jest niższy od przepływu brzegowego retencja doliny jest proporcjonalna do różnicy pomiędzy pożądanym przepływem zalewowym Q_{OPT} i przepływem brzegowym; natomiast gdy przepływ historyczny kształtuje się powyżej wody brzegowej, wielkość retencji doliny jest proporcjonalna do różnicy pomiędzy Q_{OPT} i przepływem historycznym:

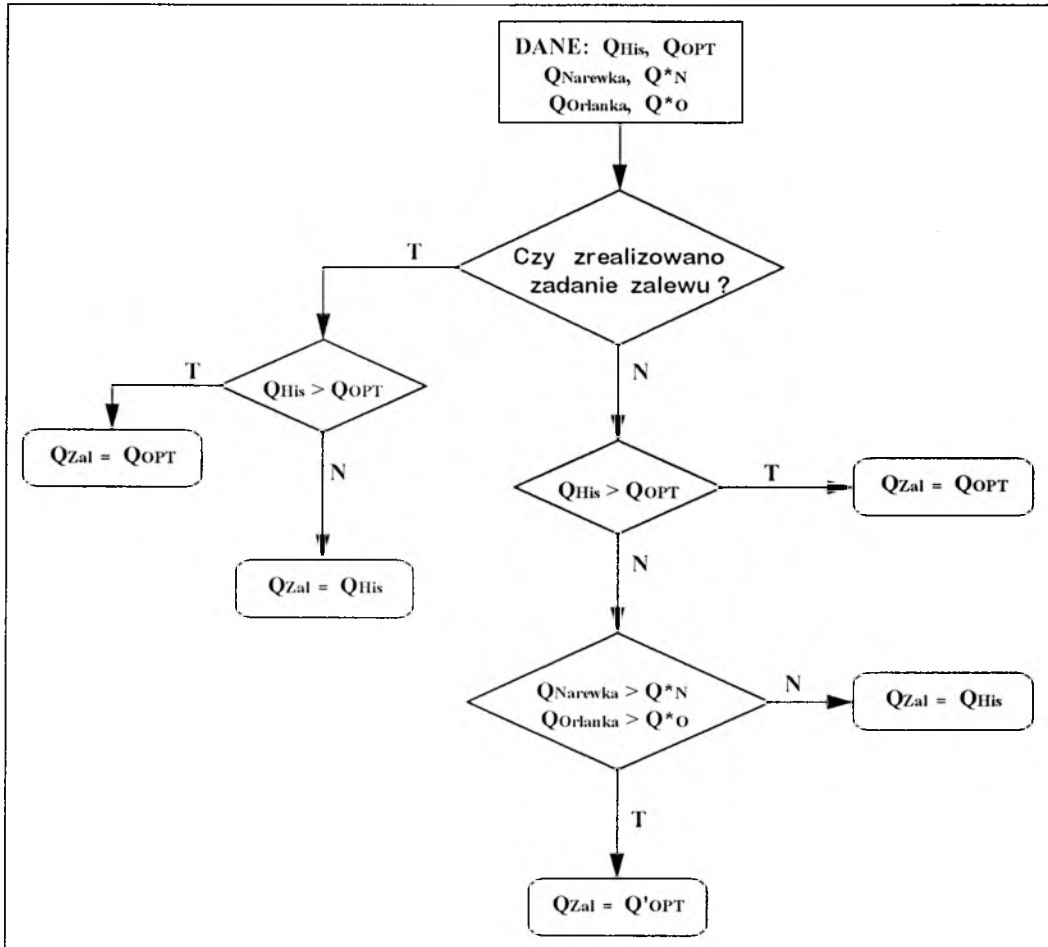
$$Ret = \varphi \cdot (Q_{OPT} - \max\{Q_{His}, Q_{Brzeg}\}) \quad (4.1)$$

gdzie:

- φ - współczynnik retencyjności doliny [-];
- Q_{His} - przepływ historyczny w badanym przekroju [m^3/s];
- Q_{Brzeg} - przepływ brzegowy w badanym przekroju [m^3/s].

Dla poszczególnych przekrojów kontrolnych wielkość zapotrzebowania na wodę do wywołania zalewu z uwzględnieniem retencji doliny (Q'_{OPT}) wynosi:

$$Q'_{OPT} = Q_{His} + (1 + \varphi) \cdot (Q_{OPT} - \max\{Q_{His}, Q_{Brzeg}\}) \quad (4.2)$$



Rys. 4.2 Schemat wyznaczania wielkości potrzeb wodnych doliny do wywołania zalewu o pożądanej wielkości, gdzie:

$Q_{Narewka}, Q_{Orlanka}$ oznaczają wielkości przepływów na Narewce i Orlance w aktualnie rozpatrywanej dekadzie;

Q^*_N, Q^*_O oznaczają graniczne wielkości przepływów dla Narewki i Orlanki.

Ilość odpływającej wody z terenu zalewowego w rozpatrywanej dekadzie (OZ) równa jest różnicy pomiędzy ilością doprowadzonej wody ($XZal$) i retencją doliny:

$$OZ = (1 - \varphi) \cdot (XZal - \max\{Q_{His}, Q_{Brzeg}\}) \quad (4.3)$$

Część wody zretencjonowana w dolinie powraca do rzeki w postaci spływu podpowierzchniowego (Z_{RET}), natomiast pozostała część wyparowuje z terenu zalewowego (S_{RET}):

$$Ret = Z_{RET} + S_{RET} \quad (4.4)$$

Spływ podpowierzchniowy uwzględniany jest w modelu bilansowym jako zrzut opóźniony w czasie, realizowany w momencie, gdy przepływy spadają poniżej wody brzegowej. Pozostała część wody zostanie w glebie i będzie tracona w postaci parowania terenowego. Tę część wody nazwano stratą na retencję doliny i założono, że zostanie odprowadzona poza system. Ze względu na dokładność modelu i charakter danych w modelu pominięto długotrwały proces zwiększonego zasilania niskich przepływów (powstały na skutek retencjonowania wody w dolinie). Wielkość i rozkład w czasie tego procesu można szacować jedynie przy pomocy szczegółowego modelu hydrogeologicznego.

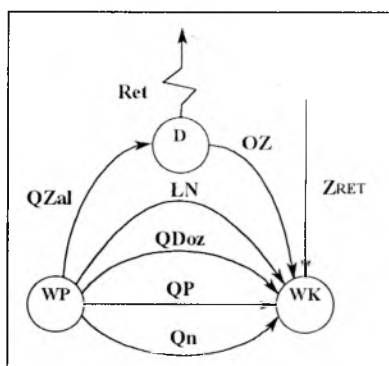
Jeżeli w rozpatrywanej dekadzie nie są spełnione warunki, przy których dąży się do podwyższenia przepływów wodą zbiornikową (przepływy na Narewce i Orłance nie osiągają wartości granicznych) lub też zadanie zalewu doliny zostało już zrealizowane w badanym roku zapotrzebowanie doliny na wodę równe jest:

$$Q_{Zal} = \begin{cases} Q_{His}, & \text{gdy } Q_{His} < Q_{OPT} \\ Q_{OPT}, & \text{gdy } Q_{His} \geq Q_{OPT} \end{cases} \quad (4.5)$$

4.5.6 Sposób reprezentacji zalewanej doliny rzecznej w modelu sieciowym

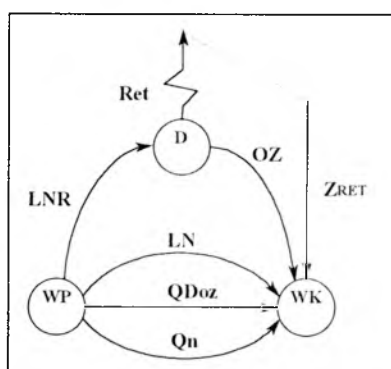
W modelu sieciowym odcinki doliny rzecznej, dla których określano wymagania wodne siedlisk hydrogenicznym, opisane są ośmioma łukami, które reprezentują wszystkie uwzględniane na danym odcinku zadania gospodarki wodnej (rys 4.3):

- łuk przepływu nienaruszalnego wg kryterium hydrobiologicznego (Q_n);
- łuk przepływu nienaruszalnego wg kryterium krajobrazowego; łuk przepuszcza wody większe od przepływu nienaruszalnego (Q_n), ale nie większe niż wielkość przepływu niezbędna dla ograniczenia drenującego wpływu rzeki (QP);
- łuk przepływu dozwolonego (Q_{Doz}), umożliwiającą przepuszczanie wód niepowodujących strat powodziowych w okresach, gdy zadanie ochrony przed powodzią jest realizowane; w okresie zalewowym przepustowość tego łuku jest nieograniczona, umożliwiając przepuszczanie nadwyżek przepływu historycznego ponad przepływ wywołujący zalew doliny o optymalnej wielkości;
- łuk przepływu nadmiarowego (LN), umożliwiającą przepuszczanie nadmiarów wody ponad Q_{Doz} ; łuk ten jest aktywny jedynie w okresie realizowania zadania ochrony przed powodzią, przy czym nie zachodzi konieczność uwzględniania zużycia wody na wypełnienie retencji doliny; za przepuszczanie wody tym łukiem naliczana jest kara symbolizująca straty powodziowe;



Rys. 4.2 Odcinek doliny z wymaganiem zalewu

- WP - Węzeł początkowy;
 WK - Węzeł końcowy;
 D - Węzeł reprezentujący zalewaną dolinę;
 Q_n - Łuk przepływu nienaruszalnego wg kryterium hydrobiologicznego;
 QP - Łuk przepływu nienaruszalnego wg kryterium krajobrazowego;
 Q_{Doz} - Łuk przepływu dozwolonego;
 LN - Łuk nadmiarowy (bez retencji);
 Q_{Zal} - Łuk przepływu zalewowego;
 OZ - Łuk odpływu z terenu zalanego;
 S_{RET} - Łuk strat wody na retencję;
 Z_{RET} - Łuk opóźnionego zrzutu retencji doliny.



Rys. 4.3 Odcinek doliny bez wymagania zalewu

- WP - Węzeł początkowy;
 WK - Węzeł końcowy;
 D - Węzeł reprezentujący zalewaną dolinę;
 Q_n - Łuk przepływu nienaruszalnego wg kryterium hydrobiologicznego;
 Q_{Doz} - Łuk przepływu dozwolonego;
 LN - Łuk nadmiarowy (bez retencji);
 LNR - Łuk nadmiarowy (z retencją);
 OZ - Łuk odpływu z terenu zalanego;
 S_{RET} - Łuk strat wody na retencję;
 Z_{RET} - Łuk opóźnionego zrzutu retencji doliny.

- łuk przepływu zalewowego (Q_{Zal}); przepustowość tego łuku jest równa zapotrzebowaniu doliny na wodę, niezbędną dla uzyskania pożądanej wielkości zalewu;
- węzeł sieci reprezentujący zalewaną dolinę (D); w węzle tym następuje rozdział wody na zużycie związane z retencją doliny (w tym opóźniony zrzut i straty) oraz odpływ wody z terenu zalewowego;
- łuk odpływu wody z terenu zalewowego (OZ); łukiem tym odpływa ilość wody, która nie została zretencjonowana w dolinie;
- łuk strat wody na retencję doliny rzecznej (Ret); łuk ten powoduje zmniejszenie zasobów w węzle; część wody reprezentująca parowanie terenowe jest odprowadzana poza system;
- łuk opóźnionego zrzutu retencji doliny (Z_{RET}) reprezentujący odpływ podpowierzchniowy z terenu zalewowego; przepływ tym łukiem odbywa się wówczas, gdy woda w rzece opadnie poniżej wody brzegowej.

W opisie odcinka doliny, dla którego nie określano potrzeb wodnych związanych z wymaganiami zapewnienia przepływów nienaruszalnych QP oraz wiosennego zalewu doliny uwzględniono proces retencjonowania wody w dolinie w przypadku podwyższania przepływów zalewowych wodą ze zbiornika. Odcinek taki opisywany jest w modelu sieciowym siedmioma łukami:

- łuk przepływu nienaruszalnego wg kryterium hydrobiologicznego (Qn);
- łuk przepływu dozwolonego (Q_{Doz}), umożliwiający przepuszczanie wód niepowodujących strat powodziowych; przepustowość tego łuku jest zmienna w czasie: a) w okresie poza zalewowym przyjmuje wartość przepływu dozwolonego, b) w okresie zalewowym przyjmuje wartość przepływu, dla którego nie zachodzi konieczność uwzględniania zużycia wody na retencję doliny ($\max \{Q_{His}, Q_{brzeg}\}$);
- łuk przepływu nadmiarowego (LN), umożliwiający przepuszczanie nadmiarów wody ponad Q_{Doz} ; łuk ten jest aktywny jedynie w okresie realizowania zadania ochrony przed powodzią, przy czym nie zachodzi konieczność uwzględniania zużycia wody na retencję doliny; za przepuszczanie wody tym łukiem naliczana jest kara, symbolizująca straty powodziowe;
- łuk przepływu nadmiarowego (ENR), umożliwiający przepuszczanie przepływów większych niż $\max\{Q_{Brzeg}, Q_{his}\}$; łuk jest aktywny jedynie w okresie zalewowym, przy czym zachodzi konieczność uwzględniania zużycia wody na wypełnienie retencji doliny; sytuacja taka występuje wówczas, gdy zasoby wodne zbiornika Siemianówka wykorzystywane są do podwyższania przepływów zalewowych w przekrojach zlokalizowanych poniżej rozpatrywanego odcinka;
- węzeł sieci reprezentujący zalewaną dolinę (D); w węźle tym następuje rozdział wody na zużycie związane z wypełnieniem retencji doliny (w tym opóźniony zrzut i straty) oraz odpływ wody z terenu zalewowego;
- łuk odpływu wody z terenu zalanego (OZ), umożliwiający przepuszczanie tej części wody płynącej łukiem ENR , która nie jest retencjonowana w dolinie;
- łuk strat wody na retencję doliny rzecznej (Ret); łuk ten powoduje zmniejszenie zasobów w węźle; część wody reprezentująca parowanie terenowe jest odprowadzana poza system;
- łuk opóźnionego zrzutu retencji doliny (Z_{RET}) reprezentujący odpływ podpowierzchniowy z terenu zalanego; przepływ tym łukiem odbywa się wówczas, gdy woda w rzece opadnie poniżej wody brzegowej.

4.7 Sterowanie pracą zbiornika Siemianówka dla potrzeb ochrony doliny

Sterowanie wielkością odpływu ze zbiornika Siemianówka w sezonie zalewowym odbywa się zgodnie z następującymi założeniami:

- a) w przypadku wystąpienia naturalnego wezbrania na Narwi w zbiorniku mogą być magazynowane nadwyżki wody ponad przepływy pożądane Q_{OPT} ,
- b) w przypadku braku naturalnego wezbrania o przepływach przewyższających Q_{OPT} :
 - nie prowadzi się napełniania warstwy zbiornika, do której przypisane są zadania zapewnienia przepływów nienaruszalnych wg kryterium krajobrazowego i zapewnienia wiosennego zalewu doliny, lecz dopuszcza się napełnianie warstwy zbiornika dostępnej dla użytkowników postawionych wyżej w hierarchii;
 - jeśli przepływy na dopływach Narwi (Narewce i Orlance) osiągają przepływy graniczne, przy użyciu wody ze zbiornika dąży się do podwyższenia przepływów, aż do osiągnięcia przepływów pożądanych powodujących zalew;
 - jeżeli w danym roku przepływy na Narewce i Orlance nie osiągają wartości granicznych, zadanie zapewnienia zalewu pozostaje niezrealizowane;
- c) jeżeli w danym roku zrealizowano zalew doliny, do końca okresu zalewowego nie napełnia się odpowiedniej warstwy zbiornika.

5. ZAGADNIENIE WSPÓLPRACY MODELI UŻYTKOWNIKÓW Z MODELEM BILANSOWYM

W poprzednich rozdziałach zostały omówione modele różnych typów użytkowników wody występujących w systemie wodno-gospodarczym.

W dotychczasowych opracowaniach [np.: Słota i in., 1994; Herbich i Tyszewski, 1993; Hydroprojekt-Warszawa, 1994], wykonywanych zgodnie z zasadami „Metodyki jednolitych bilansów wodno-gospodarczych” [Hydroprojekt, 1992], potrzeby wszystkich typów użytkowników reprezentowane były w postaci średnich okresowych zapotrzebowań na wodę lub średnich okresowych wymagań przepływu w określonym przekroju rzeki. Wielkości potrzeb użytkowników, takich jak stawy rybne i nawodnienia rolnicze, obliczano przy założeniu, że w okresach poprzedzających analizowany przedział czasowy zapotrzebowanie użytkownika zostało w pełni pokryte.

Problematyka związana z modelowaniem potrzeb wodnych tego typu użytkowników oraz zasadami współpracy modeli użytkowników wody z modelem bilansowym była poruszana w wielu pracach [np. Tyszewski i in., 1995; Okruszko i in., 1994]. Dla określenia użytkowników, których potrzeby wodne uzależnione są od aktualnego stanu retencji wody w badanym obiekcie, będącego wynikiem gospodarowania wodą w poprzednich okresach, wprowadzono pojęcie „użytkownik retencjonujący wodę”.

Przykładami tego typu użytkowników są: a) użytkownia związane z produkcją rolną, dla których wielkość potrzeb wodnych zależna jest od uwilgotnienia gleby i oznacza ilość wody niezbędną do podniesienia uwilgotnienia gleby do stanu pożądanego ze względu na wymagania uprawianych roślin; b) stawy rybne, dla których potrzeby wodne wyznaczane są na podstawie ilości wody niezbędnej do utrzymania napełnienia stawów na poziomie wymaganym ze względu na warunki hodowli i chowu ryb; c) zakłady przemysłowe ze zbiornikami wyrównawczymi.

Autorzy [Pusłowska i in., 1996; Tyszewski i in., 1995] zwracali uwagę na zbyt uproszczony sposób odwzorowywania potrzeb użytkowników retencjonujących wodę, podkreślając konieczność uwzględniania zależności zapotrzebowania od aktualnej retencji wody u użytkownika. Obliczanie stanu retencji umożliwia uwzględnienie procesu narastania wielkości potrzeb wodnych w przypadku, gdy w poprzednich okresach nie zostały one w pełni zaspokojone.

W niniejszym rozdziale dokonano klasyfikacji różnych typów użytkownika zasobów wodnych ze względu na zasady modelowania potrzeb wodnych oraz sposób organizacji współpracy modeli użytkowników wody z modelem bilansowym.

Wyróżniono trzy typy użytkowników wody:

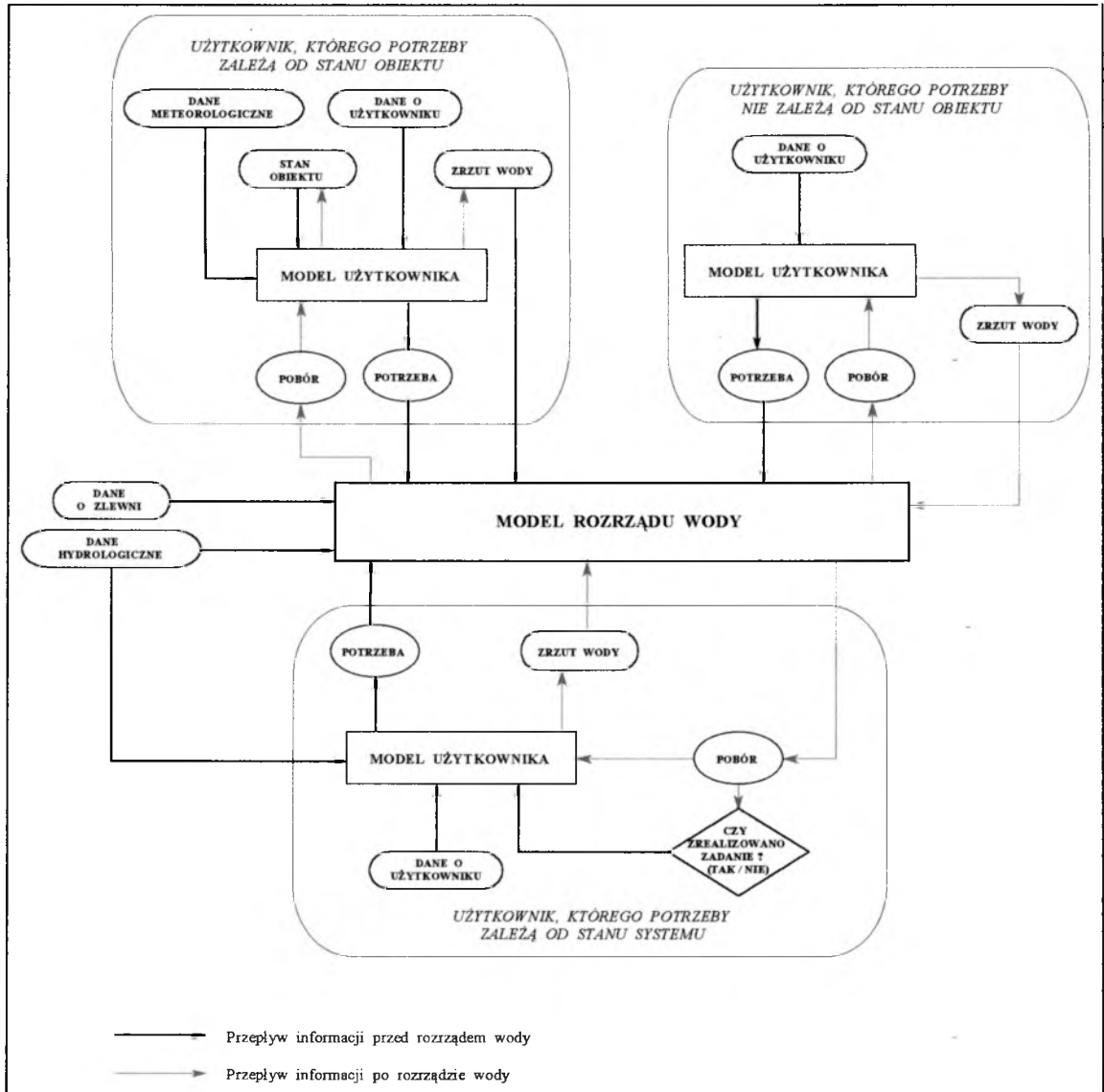
- użytkownicy, dla których wielkość potrzeb zależy od stanu retencji wody u użytkownika; tak więc wielkość aktualnego zapotrzebowania jest wynikiem gospodarowania wodą w poprzednich okresach oraz aktualnych warunków hydro-meteorologicznych;
- użytkownicy, dla których wielkość potrzeb wodnych oraz decyzja o ich zgłoszeniu określane są w zależności od aktualnego stanu zasobów wodnych zlewni; przykładem tego rodzaju użytkownika wody jest zadanie zapewnienia zalewu doliny;
- użytkownicy, dla których zmienność potrzeb wodnych w czasie wynika wyłącznie ze specyfiki danego użytkownika, nie zależy natomiast od stopnia pokrycia zapotrzebowania na wodę w poprzednich okresach; przykładami tak reprezentowanych użytkowników wody są: przepływy nienaruszalne (wg kryterium hydrobiologicznego i krajobrazowego), potrzeby gospodarki komunalnej i zakładów przemysłowych (bez zbiorników wyrównawczych).

Zasady współpracy, zakres oraz kierunki wymiany informacji pomiędzy modelami różnych typów użytkowników wody z modelem bilansowym przedstawiono na rysunku 5.1. Na rysunku niebieską linią oznaczono informacje (ilość przydzielonej wody) przekazywane z modelu bilansowego do modelu użytkownika. Dla wszystkich typów użytkowników pobory wody wykorzystywane są do określenia wielkości zrzutu.

W przypadku użytkownika, którego potrzeby zależą od stanu systemu (zadanie zapewnienia wiosennego zalewu doliny) z modelu rozrządu przekazywane są dodatkowo informacje o zasobach wodnych i realizacji zadania w poprzednich okresach. Wielkość potrzeb doliny obliczana jest na podstawie aktualnego przepływu i pożądanego wielkości przepływu wywołującego zalew, a zapotrzebowanie powtarzane jest aż do momentu jego zrealizowania lub zakończenia okresu, w którym realizacja tego zadania jest celowa. W zaproponowanym modelu ilość wody dostarczona w okresach poprzednich nie wpływa bezpośrednio na aktualne zapotrzebowanie. Należy tu podkreślić, że uwzględnianie zależności wielkości potrzeb wodnych od retencji wody u użytkownika jest uzasadnione w przypadku, gdy istnieje możliwość aktywnego kształtowania wielkości tej retencji (p. rozdz. 4.6).

W odniesieniu do użytkowników retencjonujących wodę zakres informacji przekazywanych do modelu i wykorzystywanych w trakcie obliczania potrzeb jest największy. Współpraca modelu użytkownika z modelem rozrządu przebiega dwuetapowo: w pierwszym etapie, na podstawie aktualnego stanu obiektu użytkownika wody oraz danych charakteryzujących warunki hydro-meteorologiczne, określane są potrzeby wodne obiektu, których wielkość jest przekazywana do modelu bilansowego. Po dokonaniu alokacji zasobów na podstawie ilości wody

przydzielonej użytkownikowi, aktualnego stanu obiektu i danych hydro-meteorologicznych obliczany jest stan końcowy obiektu, który staje się stanem początkowym dla kolejnego przedziału czasowego.



Rys. 5.1 Współpraca modeli różnych typów użytkowników wody z modelem bilansowym

6. PROPONOWANE KRYTERIA OCENY STOPNIA SPELNIENIA ZADAŃ SYSTEMU

W rozdziale tym przedstawiono propozycje sposobu obliczania kryteriów oceny stopnia zaspokojenia potrzeb wodnych użytkowników, ze szczególnym uwzględnieniem użytkowników retencjonujących wodę. Propozycje kryteriów oparte zostały na założeniu, że stopień realizacji zadań systemu powinien być oceniany z punktu widzenia użytkownika wody, tzn. na podstawie stanu, w jakim znajdował się obiekt użytkownika, nie zaś wyłącznie na podstawie analizy hydrogramów poborów i potrzeb wodnych (tzn. od strony jej dostarczania). Dla użytkowników retencjonujących wodę zaproponowano powiązanie kryteriów oceny stopnia realizacji zadań z przebiegiem zmienności retencji.

Zarówno w badaniach projektowych, jak i w trakcie opracowywania zasad eksploatacji systemu wodno-gospodarczego istnieje konieczność wskazywania rozwiązań najlepiej realizujących określone zadania oraz analizowania przyszłych skutków wybranych rozwiązań [Lambor, 1965]. Trafność dokonywanego wyboru zależy od właściwego doboru kryteriów służących ocenie funkcjonowania systemu. W przypadku systemów wodno-gospodarczych istotny jest fakt, że podejmowanie decyzji następuje w warunkach dużej niepewności, wynikającej z jednej strony z: a) losowości procesu zasilania systemu w wodę, b) losowego charakteru potrzeb wodnych niektórych typów użytkowników, czy c) trudnych do przewidzenia na obecnym poziomie wiedzy ekologicznych konsekwencji podejmowanych decyzji [Kaczmarek, 1983], a z drugiej strony z niedokładności prognoz dynamiki rozwoju gospodarczego oraz wielkości perspektywicznych potrzeb użytkowników wody. Do porównywania oraz wyboru wariantów realizujących postawione cele wykorzystywane są wskaźniki jakości pracy systemu [Quade, 1978]. Kryteria stosowane w gospodarce wodnej można podzielić na dwie grupy: kryteria ekonomiczne oraz kryteria opisujące funkcjonowanie elementów systemu.

Kryteria ekonomiczne [Kaczmarek i Krajewski, 1970] obliczane są na podstawie zysków ekonomicznych osiąganych przez użytkowników dzięki dostarczeniu wody lub strat powodowanych deficytami. Przykładami takich kryteriów mogą być: zyski z produkcji energii elektrycznej, zyski z produkcji rolniczej i przemysłowej lub też wielkości strat powodowanych deficytami wody. Kryteria takie mogą być stosowane zarówno w trakcie opracowywania zasad gospodarowania wodą w systemie, jak i na etapie projektowania obiektów gospodarki wodnej.

Badania nad ekonomicznymi aspektami gospodarki wodnej [Symonowicz, 1976] wskazują, że w gospodarce narodowej, charakteryzującej się złożonymi powiązaniem poszczególnych jej elementów, określenie całości skutków niedostarczenia wody dla różnego rodzaju użytkowników przemysłowych i rolniczych jest trudne bądź wręcz niemożliwe do oszacowania. W przypadku rozpatrywania użytkownika niezwiązanych bezpośrednio z produkcją, np. zachowanie przepływów nienaruszalnych, ochrona jakości wód, turystyka,

ochrona przed powodzią itp. pojawiają się dodatkowe problemy, polegające na oszacowaniu w jednostkach monetarnych skutków całkowitego lub częściowego niezrealizowania zadania.

Kryteria opisujące zachowanie elementów systemu są najczęściej charakterystykami rozkładu czasowego deficytów wody u poszczególnych użytkowników. Najwcześniej stosowanym i najbardziej naturalnym takim kryterium było ryzyko niespełnienia zadań systemu określane jako:

- prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia uznanego za niepożądane;
- liczba zdarzeń w analizowanym okresie lub
- oczekiwana liczba zdarzeń w analizowanym okresie.

Przy obliczaniu tak zdefiniowanego ryzyka zwykle przyjmowane są następujące założenia:

- wszystkie zdarzenia niespełnienia zadań systemu traktowane są tak samo, bez względu na ich wielkość (np. głębokość deficytów);
- zdarzenia te traktowane są jako niezależne od siebie (podczas gdy seria zdarzeń niepożądanych wywołuje inne konsekwencje niż taka sama liczba zdarzeń rozdzielonych okresami, w których nastąpiło spełnienie zadań systemu).

Ze względu na fakt, że miara ryzyka oceniała jedynie częstość występowania przypadków niespełnienia zadań przez system, formułowano dodatkowe kryteria oparte na hydrogramach deficytów wody. Przeglądu i systematyzacji wskaźników jakości działania systemu dokonali m.in. Hashimoto i współautorzy [1982] oraz Kaczmarek [1983], dzieląc kryteria na cztery grupy: niezawodności, odporności, odnawialności oraz wrażliwości.

Kryterium niezawodności zdefiniowano jako [Moy i in., 1986] stosunek liczby okresów, w których system nie spełnił swoich zadań, do liczby wszystkich rozpatrywanych okresów, czyli prawdopodobieństwo niezrealizowania zadań przez system. Kaczmarek [1983] określa miarę niezawodności jako prawdopodobieństwo osiągnięcia założonego celu u wszystkich użytkowników lub we wszystkich przedziałach czasowych (np. zaspokojenie potrzeb, redukcja fali powodziowej we wszystkich przekrojach do zadanej wielkości). Innym przykładem tego typu kryterium jest gwarancja czasowa zaspokojenia potrzeb użytkownika definiowana jako stosunek liczby okresów, w których potrzeby użytkownika zostały zaspokojone do liczby okresów, w których użytkownik zgłaszał zapotrzebowanie na wodę [Kindler i Tyszewski, 1995].

Kryterium odporności nawiązuje do niepewności dotyczącej przyszłych potrzeb użytkowników wody. Odporność charakteryzuje stopień, w jakim wybrany wariant będzie zaspokajał zadania systemu, jeśli nastąpi zmiana tych zadań [Fiering, 1976]. Według Hashimoto i współautorów [1982] kryterium odporności należy wiązać z wrażliwością całkowitych kosztów projektowanego systemu. Systemami odpornymi nazywane są takie,

które mogą zostać dostosowane do szerokiego zakresu wielkości potrzeb przy stosunkowo niewielkich dodatkowych kosztach.

Kryterium odnawialności opisywane jest przez czas potrzebny na przejście systemu ze stanu niezadowolającego do stanu zadowolającego [Hashimoto i in., 1982]. Można je zdefiniować jako prawdopodobieństwo zrealizowania zadań systemu pod warunkiem, że w poprzednim okresie zadania nie zostały zrealizowane. Miarą tego kryterium może być maksymalna liczba następujących po sobie okresów deficytowych w rozpatrywanym czasie.

Kryterium wrażliwości systemu określa znaczenie niezrealizowania zadań systemu. Kaczmarek [1983] odnosi to kryterium do ekonomicznych skutków zaistnienia stanów niezadowolających i określa jako prawdopodobieństwo zaistnienia takich stanów oraz wielkości strat, jakie wówczas wystąpią. Hashimoto i współautorzy [1982] proponują jako miarę tego kryterium maksymalną głębokość deficytu.

W analizach bilansowych wykonywanych dotychczas w Polsce najczęściej stosowanymi wskaźnikami oceny stopnia realizacji zadania zaopatrzenia w wodę są: gwarancja czasowa i objętościowa pokrycia potrzeb okresowych, maksymalna głębokość deficytu i maksymalny czas trwania ciągłego deficytu [Kindler i Tyszewski, 1995].

Gwarancja czasowa pokrycia średnich okresowych potrzeb wodnych (G_t) określa stosunek liczby przedziałów czasowych, w których zrealizowano zadanie zaopatrzenia w wodę do liczby okresów, w których zostały zgłoszone potrzeby:

$$G_t = 1 - \frac{\sum_{i=1}^v \sum_{j=1}^m \gamma_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \omega_{ij}} \quad (6.1)$$

gdzie:

$$\gamma_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{gdy } X_{ij} < P_{ij} \\ 0, & \text{gdy } X_{ij} = P_{ij} \end{cases} \quad \omega_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{gdy } P_{ij} > 0 \\ 0, & \text{gdy } P_{ij} = 0 \end{cases}$$

P_{ij} - średnie okresowe zapotrzebowanie na wodę w j -tym przedziale i -tego roku, [m^3/s];

X_{ij} - średni okresowy pobór wody w j -tym przedziale i -tego roku, [m^3/s];

n - liczba lat objętych analizami bilansowymi;

m - liczba przedziałów czasowych na jakie podzielono rok.

Gwarancja objętościowa pokrycia potrzeb (G_v) określa stosunek sumy objętości wody pobranej przez użytkownika do sumy objętości zgłoszonych potrzeb:

$$G_v = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Delta t_{ij} \cdot X_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Delta t_{ij} \cdot P_{ij}} \quad (6.2)$$

gdzie:

Δt_{ij} - długość j -tego okresu w i -tym roku, [s].

Kryterium maksymalnego czasu trwania ciągłego deficytu (L_{max}) określa czas trwania najdłuższego okresu deficytowego mierzony liczbą przedziałów czasowych:

$$L_{max} = \max \{ L_i \}; \quad i = 1, \dots, k \quad (6.3)$$

gdzie:

k - liczba okresów ciągłego deficytu;

L_i - czas trwania i -tego okresu deficytowego mierzony liczbą przedziałów czasowych.

Kryterium maksymalnej głębokości deficytu (D_{max}) określa największy okresowy niedobór wody w rozpatrywanym wieloleciu:

$$D_{max} = \max \{ D_{ij} \}; \quad \begin{matrix} i = 1, \dots, n, \\ j = 1, \dots, m \end{matrix} \quad (6.4)$$

gdzie:

D_{ij} - niedobór wody w j -tym okresie i -tego roku, [m^3/s].

Kryteria (G_v , D_{max} , L_{max}) pozostają ze sobą w ścisłej zależności: w miarę wzrostu gwarancji czasowej i skracania maksymalnego czasu trwania ciągłego deficytu rośnie maksymalna głębokość deficytu [Moy i in., 1986; Kindler i Tyszewski, 1995]. W trakcie opracowywania zasad gospodarowania wodą w systemie, dzięki zmianom reguł decyzyjnych dla zbiorników retencyjnych, można uzyskiwać bardziej korzystne z punktu widzenia użytkowników wody rozkłady deficytów w czasie. Kindler i Tyszewski [1995]

zwrócili uwagę na możliwość wystąpienia różnych hydrogramów deficytów przy jednakowych wartościach analizowanych kryteriów. Autorzy sformułowali wniosek o konieczności dobierania takich wskaźników oceny realizacji zadań, dla których niemożliwe byłoby wygenerowanie dwóch istotnie różnych hydrogramów deficytów przy jednakowych wartościach kryteriów oceny.

Doświadczenia wynikające z realizacji prac: „Zasady gospodarowania zasobami wodnymi doliny w sposób zaspokajający potrzeby ekosystemów chronionych i rolniczych” [Tyszewski i in., 1995] i „Renaturalizacja warunków wodnych w częściowo odwodnionych torfowiskach w Środkowym Basenie Doliny rzeki Biebrzy” [Okruszko i in., 1992] pozwalają stwierdzić, że dla użytkowników retencjonujących wodę (p. rozdz. 4) dotychczas stosowane w bilansach wodno-gospodarczych kryteria są niewystarczające.

Jednym z typów użytkowników retencjonujących wodę są rolniczo wykorzystywane obszary nawadniane. Badania nad zależnością pomiędzy dotychczas stosowanymi w gospodarce wodnej kryteriami i spadkiem plonów powodowanym niezrealizowaniem harmonogramu nawodnień prowadzili Pusłowska i współautorzy [1995]. W ramach prac przeprowadzono serię badań symulacyjnych z wykorzystaniem modelu SWACROP [Wesseling i in., 1989; Kabat i in., 1992; Kowalik, 1989; Moszowa, 1986], umożliwiającym określanie przyrostu biomasy roślin w zależności od ilości transpirowanej wody, przy założeniu, że pozostałe czynniki warunkujące wzrost roślin są utrzymywane na optymalnym poziomie.

Na podstawie wyników tych badań stwierdzono, że nie istnieje jednoznaczny związek pomiędzy wielkością strat (spadku plonów) powodowanych deficytami wody a dotychczas stosowanymi kryteriami. W kryteriach tych nie jest uwzględnione zjawisko narastania deficytów wody w zależności od stopnia zaspokojenia potrzeb w poprzednich okresach.

Zbliżoną wielkość plonów można uzyskać przy istotnie różnych gwarancjach czasowych lub dla takiej samej gwarancji czasowej można uzyskać różniące się wielkości plonów zmieniając harmonogram nawodnień. W przypadku prowadzenia nawodnień deszczownianych ze stałą dawką polewową zastrzeżenia te dotyczą również kryterium gwarancji objętościowej.

Kryterium maksymalnej głębokości deficytu jest mało reprezentatywne, ponieważ może ono przyjmować co najwyżej wartość równą wielkości dawki nawodnieniowej, podczas gdy, w przypadku wystąpienia deficytu trwającego dłużej niż jeden okres, faktyczny brak wody może być większy, co wynika z pogłębiania się niedoborów wody w glebie (jeżeli w międzyczasie nie wystąpiły wystarczająco duże opady). Doprowadzenie wilgotności gleby do stanu pożądanego wymaga więc dostarczenia większej ilości wody niż jedna dawka nawodnieniowa.

Kryterium maksymalnego czasu trwania ciągłego deficytu nie może być stosowane dla użytkowników o potrzebach dyskretnych (nieciągłych w czasie) ze względu na trudności ze zdefiniowaniem pojęcia ciągły deficyt. Warunkiem stosowalności tego kryterium jest przyjęcie jednego z dwóch budzących wątpliwości założeń:

- czas trwania ciągłego deficytu oznacza ciąg następujących po sobie okresów deficytów nierozdzielonych okresem, w którym całkowicie pokryto przynajmniej jedno niezerowe zapotrzebowanie na wodę; przykładowo dwa okresy deficytowe oddalone od siebie o miesiąc powinny być traktowane łącznie, jeżeli w międzyczasie nie były zgłaszane zapotrzebowania na wodę, podczas gdy rzeczywisty niedobór wody może trwać krócej;
- czas trwania ciągłego deficytu może odnosić się tylko do okresów, w których w sposób ciągły było zgłaszane zapotrzebowanie na wodę; tak więc dwa okresy deficytowe oddalone od siebie o miesiąc powinny być traktowane rozdzielnie bez względu na warunki meteorologiczne, chociaż w przypadku braku lub niewystarczających opadów obiekt nawadniany znajduje się w stanie ciągłego deficytu.

Powyższe przykłady wskazują, że faktu, czy obiekt znajduje się w stanie deficytu nie można stwierdzić jedynie na podstawie analizy ciągów zapotrzebowań i poborów wody bez uwzględniania warunków meteorologicznych.

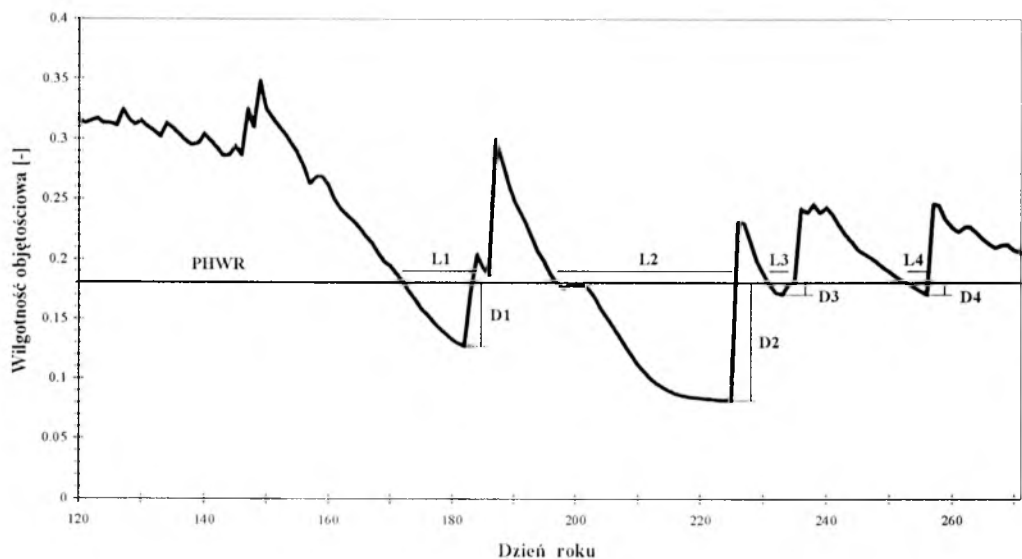
Należy zauważyć, że zastrzeżenia dotyczące zasadności stosowania kryteriów G_t , G_v , D_{max} i L_{max} dotyczą nie tylko nawodnień rolniczych, ale również wszystkich typów użytkowania wody, w których istnieje możliwość jej retencjonowania. Do tej grupy, oprócz opisanych nawodnień rolniczych, należą także stawy rybne, środowiskowe wymagania dotyczące stanu uwilgotnienia siedlisk i ekosystemów, jak również użytkownicy komunalni i przemysłowi posiadający własne możliwości retencjonowania wody (np. w zbiornikach wyrównawczych). W dalszej części rozdziału podjęto próbę zdefiniowania kryteriów oceny stopnia realizacji zadania zaopatrzenia w wodę w oparciu o przebieg retencji wody u użytkownika.

W rozdziale 5 sformułowano wniosek dotyczący konieczności obliczania potrzeb wodnych użytkowników retencjonujących wodę na podstawie aktualnej wielkości retencji w obiektach tych użytkowników. Zaproponowana metoda obliczania potrzeb wodnych wiąże się z włączaniem symulacyjnych modeli użytkowników systemu wodno-gospodarczego do modelu bilansowego. Wynikiem obliczeń symulacyjnych są m.in. ciągi wielkości retencji wody u użytkowników w kolejnych okresach objętego analizami wielolecia. Zaproponowano więc powiązanie kryteriów oceny stopnia realizacji zadania zaopatrzenia w wodę użytkowników mogących retencjonować wodę z przebiegiem stanów obiektu (np. dla użytkownika rolniczego z uwilgotnieniem gleby lub poziomem zwierciadła wody gruntowej). Gwarancja czasowa może być zdefiniowana jako stosunek liczby okresów,

w których wielkość retencji wody dla badanego obiektu była zadowalająca do liczby wszystkich okresów objętych badaniami symulacyjnymi. W przypadku użytkownika rolniczego jest to stosunek liczby okresów, w których zapas wody w glebie rozpatrywanego obiektu był w zakresie zadowalającym ze względu na warunki poboru wody przez rośliny do liczby wszystkich rozpatrywanych okresów w sezonach wegetacyjnych.

Równocześnie określono kryterium maksymalnego czasu trwania ciągłego deficytu (L_{max}) jako czas trwania najdłuższego okresu, w którym zapas wody w glebie spadał poniżej dolnej granicy przedziału stanów zadowalających dla poboru wody przez rośliny. Maksymalną głębokość deficytu (D_{max}) zdefiniowano jako największy okresowy niedobór wody w glebie w rozpatrywanym wieloleciu.

Przykład przebiegu uwilgotnienia gleby w sezonie wegetacyjnym oraz interpretację zaproponowanych kryteriów przedstawiono na rys. 6.1.



Rys. 6.1 Przykładowy przebieg zmian uwilgotnienia gleby - kryteria L_{max} i D_{max} oceny stopnia realizacji zadania zaopatrzenia w wodę.

$PHWR$ - wilgotność odpowiadająca punktowi hamowania wzrostu roślin;

D_1, \dots, D_4 - głębokość spadku wilgotności gleby poniżej $PHWR$ ($D_{max} = D_2$);

L_1, \dots, L_4 - czas, w którym wilgotność gleby utrzymuje się poniżej $PHWR$ ($L_{max} = L_2$).

Różne konsekwencje niedostarczenia wody dla poszczególnych typów użytkowników uniemożliwiają stosowanie uniwersalnego kryterium dla wszystkich rodzajów użytkowań.

W celu dokonania oceny stopnia realizacji zadań systemu sformułowano kryteria dla wybranych grup użytkowników występujących w systemie wodno-gospodarczym, z uwzględnieniem specyfiki zlewni Górnej Narwi omawianej w dalszej części pracy. Użytkowania te obejmują:

- zaopatrzenie w wodę obiektów melioracyjnych nawadnianych podsiąkowo;
- zaopatrzenie w wodę stawów rybnych;
- utrzymanie przepływów nienaruszalnych według kryterium ochrony krajobrazu;
- zapewnienie wiosennych zalewów doliny;
- zapewnienie ochrony przed powodzią.

Dla zadań związanych z zapewnieniem określonych wielkości przepływu (np. przepływy nienaruszalne, zadanie zapewnienia zalewu doliny, ochrona przed powodzią) ocena stopnia realizacji zadań dokonywana jest we wszystkich przekrojach, w których poszczególne zadania zostały określone.

Gwarancja zaspokojenia potrzeb obiektów melioracyjnych nawadnianych podsiąkowo jest charakteryzowana gwarancją czasową uzyskania zadowalającego stanu końcowego poziomu zwierciadła wody gruntowej, która oznacza częstość, z jaką zwierciadło wód gruntowych dla danego obiektu melioracyjnego utrzymywało się powyżej poziomu maksymalnej dopuszczalnej głębokości odwodnienia dla wszystkich dekad w sezonach wegetacyjnych w wieloleciu:

$$G_{OM} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N_{lat}} \sum_{j=1}^{L_{sw}} \gamma_{ij}}{N_{lat} \cdot L_{sw}} \quad (6.5)$$

gdzie:

$$\gamma_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{gdy } H_{ij} > H_{max} \\ 0, & \text{gdy } H_{ij} \leq H_{max} \end{cases}$$

L_{sw} - liczba dekad w sezonie wegetacyjnym;

H_{ij} - poziom zwierciadła wody gruntowej w j -tej dekadzie sezonu wegetacyjnego i -tego roku mierzony od powierzchni terenu [cm];

H_{max} - maksymalna dopuszczalna głębokość odwodnienia [cm].

Dla stawów rybnych, zgodnie z modelem opisanym w punkcie 3.4, założono, że staw jest eksploatowany w danym roku, jeśli został napełniony co najmniej do objętości krytycznej oraz w okresie eksploatacji napełnienie stawu nigdy nie spadło poniżej objętości krytycznej.

Dla potrzeb oceny zaopatrzenia w wodę tego użytkownika zastosowano dwa kryteria: miarę niezawodności pracy stawu oraz gwarancję objętościową pokrycia potrzeb (opisaną wzorem 6.2). Miara niezawodności pracy stawu rybnego została zdefiniowana jako stosunek liczby lat, w których napełnienie stawu w całym okresie eksploatacji utrzymywało się powyżej napełnienia krytycznego do liczby wszystkich lat w badanym wieloleciu:

$$MNs_r = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N_{lat}} \gamma_i}{N_{lat}} \quad (6.6)$$

$\sum_{i=1}^{N_{lat}} \gamma_i$ - oznacza liczbę lat, w których nie napełniono stawu lub, na skutek niedoborów wody, zaniechano hodowli ryb.

Dla zadania zapewnienia wiosennych zalewów doliny sformułowano kryterium miary niezawodności oraz maksymalnej liczby lat, w których nie osiągnięto zalewów doliny.

Miara niezawodności uzyskania wiosennych zalewów doliny oznacza częstość występowania lat, w których uzyskano optymalną (lub minimalną) wielkość zalewu w badanym wieloleciu:

$$MNz_{al_{opt/min}} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N_{lat}} \gamma_i}{N_{lat}} \quad (6.7)$$

$\sum_{i=1}^{N_{lat}} \gamma_i$ - oznacza liczbę lat, w których nie osiągnięto optymalnej (minimalnej) wielkości zalewu wiosennego.

Maksymalna liczba lat, w których nie osiągnięto zalewów doliny oznacza największą liczbę następujących po sobie lat, w których nie uzyskano wiosennych zalewów doliny o minimalnej wielkości (Q_{MIN}). W kryterium tym odwzorowano specyfikę użytkownika (ekosystemu), dla którego istotne znaczenie mają okresy dłuższe od jednego roku:

$$Lzal_{max} = \max \{ Llat_i \}; \quad i = 1, \dots, k \quad (6.8)$$

gdzie:

k - liczba wystąpień sekwencji lat, w których nie osiągnięto zalewów doliny:

$$Q_{max_i} < Q_{MIN} \quad (6.9)$$

Q_{max_i} - przepływ maksymalny w sezonie zalewowym;

$Llat_i$ - czas trwania i -tej sekwencji mierzony liczbą lat.

Dla zadania zapewnienia przepływów nienaruszalnych według kryterium ochrony krajobrazu, oprócz kryteriów gwarancji czasowej i objętościowej pokrycia potrzeb obliczanych zgodnie z definicjami (6.1) i (6.2), określono miarę niezawodności spełnienia tego zadania. Miara ta uwzględnia specyfikę użytkownika, dla którego bardziej niekorzystnym zjawiskiem jest długotrwałe przebywanie w stanie niezadowolającym, niż incydentalne, nawet głębokie, deficyty wody.

Miara niezawodności zapewnienia przepływów nienaruszalnych wg kryterium krajobrazowego oznaczająca stosunek liczby lat, w których nie wystąpiły okresy deficytowe dłuższe niż N_{kryt} dekad do liczby wszystkich badanych lat. Po uzgodnieniach z zespołem przyrodników przyjęto $N_{kryt} = 9$ dekad:

$$MN_{QP} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N_{lat}} \gamma_i}{N_{lat}} \quad (6.10)$$

$\sum_{i=1}^{N_{lat}} \gamma_i$ - oznacza liczbę lat, w których wystąpiły okresy deficytowe dłuższe niż krytyczna liczba dekad (N_{kryt}).

Stopień realizacji zadania ochrony przed powodzią oceniany jest miarą niezawodności realizacji tego zadania oraz wielkością maksymalnego przekroczenia przepływu dozwolonego dla przekrojów, w których zadanie to było realizowane. Zadanie to dotyczy zagwarantowania przepływów niepowodujących strat powodziowych oraz ochrony łąk przed podtopieniem w okresach sianokosów i zapewnienie przepływów, przy których możliwy jest zbiór siana przy pomocy maszyn rolniczych.

Miara niezawodności spełnienia zadania ochrony przed powodzią oznacza stosunek liczby lat, w których zadanie to zostało zrealizowane do liczby wszystkich badanych lat:

$$MN_{pow} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N_{lat}} \gamma_i}{N_{lat}} \quad (6.11)$$

$\sum_{i=1}^{N_{lat}} \gamma_i$ - oznacza liczbę lat, w których przepływy w okresie realizowania zadania ochrony przed powodzią przekroczyły wielkość przepływu dozwolonego.

Maksymalne przekroczenie przepływu dozwolonego w danym roku:

$$Q_{max_i} = \max \{0, Q_{ij} - Q_{doz_j}\} \quad \text{dla } i \in (1, N_{lat}), j \in (1, N_{okr}) \quad (6.12)$$

gdzie:

N_{okr} - liczba przedziałów czasowych w roku, w których realizowano zadanie ochrony przed powodzią.

7. BILANS WODNO-GOSPODARCZY ZLEWNI GÓRNEJ NARWI Z UWZGLĘDNIENIEM UŻYTKOWNIKÓW O SZCZEGÓLNYCH WALORACH PRZYRODNICZYCH

W niniejszym rozdziale przedstawiono bilans wodno-gospodarczy zlewni Górnej Narwi opracowany z wykorzystaniem opisanych w poprzednich rozdziałach propozycji sposobu reprezentowania wymagań ochrony środowiska przyrodniczego i opisu potrzeb użytkowników rolniczych w analizach bilansowych oraz kryteriów oceny realizacji poszczególnych zadań gospodarki wodnej.

7.1 Ogólna charakterystyka zlewni

Zlewnia Górnej Narwi jest zlewnią unikalną w skali kraju pod względem sposobu wykorzystania. Dużą część powierzchni zlewni pokrywają lasy, większość użytkowanych gospodarczo terenów zajmują użytkowania rolnicze. Tereny podlegające przyrodniczej ochronie zajmują 35% powierzchni zlewni. Należą do nich: Białowieski Park Narodowy, parki krajobrazowe (Narwiański PK oraz PK Puszczy Knyszyńskiej), 37 rezerwatów przyrody oraz 4 obszary chronionego krajobrazu (Puszcza Białowieska, Puszcza Knyszyńska, Dolina Narwi oraz częściowo Wzgórza Sokólskie).

Niektóre spośród wymienionych obiektów ochrony przyrody obejmują unikalne ekosystemy związane z wodami powierzchniowymi, wymagające zapewnienia szczególnych warunków wodnych. Należą do nich: a) Narwiański Park Krajobrazowy, utworzony w celu zachowania w naturalnym stanie zabagnionego odcinka doliny Narwi wraz ze szczególnie cennymi zespołami roślinności szuwarowej i wodnej oraz bogatą ornitofauną [Lewartowski, 1995]; b) łęgowy odcinek Doliny Narwi, spełniający wymagania do objęcia go statusem parku krajobrazowego [Oświt i in., 1995], którego walory przyrodnicze uznawane są za cenne w skali kraju i Europy [WIOŚ, 1994]; c) Park Krajobrazowy Puszczy Knyszyńskiej im. W. Sławińskiego, utworzony w celu ochrony terenów leśnych oraz dolin rzek leśnych wyróżniających się wysokim stopniem naturalności i dużymi walorami przyrodniczymi, krajobrazowymi i kulturowymi.

Ze względu na występowanie podlegających ochronie ekosystemów związanych z wodami powierzchniowymi zadania gospodarki wodnej w zlewni Górnej Narwi określono jako zapewnienie wystarczającej ilości wody nie tylko dla użytkowników gospodarczych, ale również dla użytkowników o charakterze przyrodniczym.

7.2 Zasoby wodne

Reżim hydrologiczny Górnej Narwi, typowy dla rzek nizinnych, charakteryzuje się jednym wezbraniem wiosennym, powstającym w wyniku topnienia śniegu oraz dość wyrównanym odpływem letnim. Wezbrania letnie występują sporadycznie.

Największymi prawobrzeżnymi dopływami Narwi są Supraśl i Nereśl, zaś lewobrzeżnymi Narewka, Orlanka i Ślina (rys.7.1). Największymi dopływami Supraśli są Sokółda i Biała. Podstawowe charakterystyki zlewni Narwi, Supraśli i ich kontrolowanych dopływów zestawiono w tabeli 7.1.

Tabela 7.1 Długości rzek i powierzchnie zlewni Górnej Narwi i jej ważniejszych dopływów

Rzeka	Długość [km]	Powierzchnią dorzecza [km ²]
Narew do ujścia Biebrzy	210.0	7291.0
Ślina	28.1	107.5
Nereśl	40.4	283.1
Supraśl	93.8	1844.4
Orlanka	50.3	520.5
Narewka	61.0	710.7
Sokółda	54.0	484.2
Biała	29.9	123.9

Zasoby wodne zlewni Górnej Narwi charakteryzowano przy użyciu ciągów przepływów dobowych dla czternastu posterunków wodowskazowych (rys. 7.1). Podstawowe charakterystyki przepływów w przekrojach wodowskazowych rzeki Narwi i jej głównych dopływów zestawiono w tabeli 7.2.

Tabela 7.2 Przepływy charakterystyczne

Lp.	Przekrój	Rzeka	Powierzchnia [km ²]	Przepływ charakterystyczny [m ³ /s]						Okres obserwacji
				NNQ	SNQ	SSQ	NWQ	SWQ	WWQ	
1	Bondary	Narew	1094.6	0.27	1.24	5.66	8.20	33.0	85.9	1964-90
2	Narewka	Narewka	590.4	0.30	0.71	3.20	6.54	22.3	50.7	1951-90
3	Narew	Narew	1978.0	0.95	2.11	9.77	19.4	57.5	153.0	1951-90
4	Płoski	Narew	2537.9	2.20	3.67	16.2	35.6	79.4	182.0	1973-83
5	Chrabolny	Orlanka	482.7	0.27	0.45	2.87	10.2	31.0	94.6	1975-83
6	Suraż	Narew	3376.5	1.52	3.52	15.5	25.9	85.2	250.0	1951-90
7	Zółtki	Narew	4302.3	1.73	4.86	20.4	27.0	110.0	443.0	1951-86
8	Kulesze-Chobotki	Nereśl	279.3	0.06	0.22	1.24	3.30	9.80	28.0	1969-90
9	Strękowa Góra	Narew	7180.6	2.46	9.54	33.9	36.7	154.2	524.0	1951-86
10	Gródek	Supraśl	207.6	0.12	0.23	1.09	3.70	8.89	25.1	1976-83
11	Nowosiółki-Zaluki	Supraśl	348.6	0.31	0.54	1.65	3.72	9.29	31.2	1951-86
12	Fastv	Supraśl	1816.6	1.66	3.40	8.62	11.6	37.2	123.0	1951-90
13	Sokółda	Sokółda	464.0	0.54	0.89	2.61	3.99	15.2	40.1	1966-83
14	Zawady	Biała	108.5	0.49	0.69	1.39	2.58	6.26	13.0	1973-83

W wyniku analizy dostępnych danych oraz badań hydrologicznych [Tyszewski i in., 1995] przyjęto, że zasoby wodne w analizach bilansowych będą opisane w postaci ciągów przepływów średnich dekadowych dla wielolecia 1951 - 1986 dla czternastu wyżej wymienionych przekrojów wodowskazowych.

7.3 Jakość wód powierzchniowych

W rozdziale 4 zwrócono uwagę, że jakościowe charakterystyki wody należą do podstawowych czynników warunkujących występowanie określonych gatunków organizmów roślinnych i zwierzęcych oraz istnienie ekosystemów. Również dla użytkowników wód jakościowe parametry dostarczanej wody mają bardzo istotne znaczenie. Jednakże celem niniejszej pracy nie było modelowanie jakości wód powierzchniowych w badanej zlewni. Możliwości w zakresie modelowania jakości wód i różne sposoby ujmowania tego zagadnienia przedstawiali m.in.: Burzyński i współautorzy [1996], Kraszewski [1995], Beck [1987]. W niniejszej pracy ograniczono się jedynie do krótkiego scharakteryzowania obecnego stanu jakości wód powierzchniowych w zlewni Górnej Narwi.

Opis stanu czystości wód powierzchniowych w zlewni Górnej Narwi przygotowano na podstawie raportów o stanie środowiska w województwie białostockim w latach 1993 i 1994 [WIOŚ, 1994; WIOŚ, 1995].

W tabeli 7.3 zestawiono wyniki badań stanu czystości wody w 1994 roku oraz założone klasy czystości (zgodnie z zarządzeniem 18/71 Prezydium WRN z roku 1971 o docelowym przeznaczeniu wód) dla poszczególnych odcinków rzeki Narwi i Supraśli oraz ich dopływów w profilach ujściowych.

Tabela 7.3 Stan czystości wód powierzchniowych Narwi i Supraśli oraz ich dopływów

Rzeka	Klasa czystości wody	
	założona	1994
Narew wypływająca ze zbiornika Siemianówka	I	III
Narew powyżej ujścia Choroszczanki	I	II
Narew poniżej ujścia Supraśli	I	III
Supraśl powyżej Michałowa	II	III
Supraśl poniżej Michałowa	I	n.o.n.
Supraśl poniżej Sokoldy (ujście wody dla Bralegostoku)	I	III
Supraśl poniżej ujścia Białej	III	n.o.n.
Orlanka	III	n.o.n.
Sokolda	I	III
Czarna	II	n.o.n.
Biała	III	n.o.n.

We wszystkich przekrojach pomiarowo-kontrolnych na rzekach Narew i Supraśl oraz ich dopływach jakość wód nie odpowiada założonym klasom czystości. Jednakże w ramach programu ochrony jakości wód powierzchniowych w zlewni Górnej Narwi realizowane są kolejne inwestycje zmierzające do ograniczenia ładunków zanieczyszczeń odprowadzanych do rzek w tej zlewni. W 1993 roku po raz pierwszy nie zanotowano negatywnego wpływu ścieków z miasta Łapy na jakość wód (dobra praca oczyszczalni miejskiej oraz skierowanie ścieków z Cukrowni Łapy do oczyszczalni miejskiej). Oddanie do eksploatacji (w roku 1994) mechaniczno-biologicznej oczyszczalni miejskiej

w Białymstoku wyraźnie poprawiło jakość wód Supraśli w profilu ujściowym do Narwi i pozwoliło utrzymać w Narwi poniżej ujścia Supraśli wody o III klasie czystości (dotychczas pozaklasowe). Planowane jest uruchomienie oczyszczalni dla gminy Michałowo oraz kierowanie ścieków z miejscowości sąsiadujących z Białymstokiem do oczyszczalni miejskiej, co wpłynie na poprawę jakości wód ujmowanych dla Białegostoku (dotychczas III klasa). Jednocześnie, pomimo podejmowanych działań zmierzających do poprawy stanu jakości wód powierzchniowych w zlewni, zjawiskiem niekorzystnym jest pogarszanie stanu czystości niektórych dopływów Narwi i Supraśli.

Wody zbiornika Siemianówka charakteryzuje typowa dla płytkich zbiorników nizinnych niestabilność parametrów jakościowych w zależności od pory roku: w okresach letnich wpływ na jakość wody miały zakwity sinic i masowy rozwój fitoplanktonu, w okresach jesiennych deficyty tlenowe i obecność substancji toksycznych powstających w trakcie procesu rozkładu obumarłej masy glonów. Dodatkowe zagrożenie jakości wód zbiornikowych i Narwi poniżej zbiornika Siemianówka stanowi niezabezpieczona linia kolejowa przecinająca zbiornik na długości 5 km, którą przewożone są znaczne ilości substancji toksycznych.

7.4 Obiekty gospodarki wodnej

7.4.1 Zbiornik retencyjny Siemianówka

Zbiornik Siemianówka, zlokalizowany w 432.6 km biegu rzeki, w przekroju zamykającym zlewnię o powierzchni 1092.0 km², został zaprojektowany [Bipromel, 1979] jako element systemu wodno-gospodarczego Górnej Narwi i Supraśli i miał stanowić potencjalne źródło wody dla zmeliorowanej doliny Supraśli oraz miasta Białystok. Zaniechanie prac związanych z odwodnieniem doliny Górnej Narwi i utworzenie NPK może zmienić jego rolę w systemie. W zależności od kierunku rozwoju regionu, zbiornik może spełniać zadania „pro-ekologiczne” lub „gospodarcze”.

W niniejszej pracy rozważano wykorzystanie zbiornika Siemianówka do realizacji następujących zadań:

- zapewnienie przepływów nienaruszalnych (wg kryterium hydrobiologicznego i krajobrazowego) w Górnej Narwi;
- wspomaganie zalewów wiosennych doliny łęgowej na odcinku Bondary - Suraż oraz na obszarze NPK;
- zaopatrzenie w wodę Cukrowni Łapy;
- przerzut wody do zlewni Supraśli;
- zaopatrzenie w wodę obiektów melioracyjnych nawadnianych podsiąkowo;

- ochrona przed powodzią zlokalizowanych wzdłuż Narwi terenów rolniczych.

Podstawowe parametry zbiornika [Pałys, 1991] zestawiono w tabeli 7.4.

7.4.2 Projektowany zbiornik retencyjny Supraśl

Zbiornik Supraśl, zlokalizowany w środkowej części biegu rzeki Supraśli, został zaprojektowany w celu zaopatrzenia w wodę miasta Białystok. Projektowana pojemność użytkowa zbiornika zapewnia pokrycie aktualnych i prognozowanych potrzeb Białegostoku [Bipromel, 1979]. Dodatkowo zbiornik może być wykorzystywany do celów rekreacyjnych oraz gospodarki rybackiej. Podstawowe parametry zbiornika zestawiono w tabeli 7.4.

7.4.3 Projektowany zbiornik retencyjny Sokolda

Zbiornik został zlokalizowany w dolnym biegu rzeki Sokolda. Zbiornik zaprojektowano dla zaopatrzenia w wodę terenów rolniczych, dodatkowo może być wykorzystywany do celów rekreacyjnych, z uwagi na bliskość miasta Czarna Białostocka, oraz gospodarki rybackiej [Bipromel, 1979].

Tabela 7.4 Parametry istniejących i projektowanych zbiorników retencyjnych w zlewni Górnej Narwi

Lp.	Nazwa	Rzeka	Średni przepływ roczny SSQ [m ³ /s]	Powierzchnia zlewni [km ²]	Pojemność [mln m ³]		Powierzchnia zalewu [ha]		Wysokość piętrzenia [m]
					całkowita	użytkowa	max	min	
1	Siemianówka	Narew	5.54	1092.0	79.5	59.1	3250	1170	7.0
2	Supraśl	Supraśl	5.68	1431.3	56.0	48.0	1580	470	10.5
3	Sokolda	Sokolda	2.05	434.5	29.5	22.0	920	370	10.0

7.4.4 Projektowany kanał Narew - Supraśl

Kanał N-S pomiędzy zbiornikiem Siemianówka i rzeką Supraśl został zaprojektowany jako potencjalne źródło wody dla systemów melioracyjnych zlokalizowanych w dolinie Supraśli oraz uzupełniającego zaopatrzenia w wodę Białegostoku. Projektowana przepustowość wynosiła 5.4 m³/s [Bipromel, 1979].

7.4.5 Jazy

Na omawianym odcinku rzeki Narwi zostało usytuowanych sześć jazów, z których dwa, znajdujące się w miejscowościach Rzędziany i Babino, mają za zadanie podniesienie poziomu wody w rzece oraz zwierciadła wód gruntowych w dolinie na

terenie NPK. Natomiast cztery pozostałe - Złotoria, Góra, Tykocin i Strękowa Góra umożliwiają pobory wody do nawodnień prowadzonych w systemach melioracyjnych. W zlewni Supraśli znajdują się 22 jazy, których zadaniem jest umożliwienie poborów wody do nawodnień. Podstawowe parametry jazów [Dąbkowski i in., 1992] zestawiono w tabeli 7.5.

Tabela 7.5 Zestawienie jazów w zlewni Górnej Narwi i Supraśli

Lp	Nazwa	Rzeka	km biegu rzeki [km]	wysokość [m]	Lp	Nazwa	Rzeka	km biegu rzeki [km]	wysokość [m]
1	Rzędziany	Narew	310.1	3.0	15	Walily	Supraśl	69.2	1.6
2	Babino	Narew	304.2	3.3	16	Królowe Stojko	Supraśl	71.7	1.2
3	Złotoria	Narew	299.8	2.6	17	Jakimy	Czarna	1.5	1.5
4	Góra	Narew	288.6	3.0	18	Surażnowo	Sokołda	1.4	1.3
5	Tykocin	Narew	281.9	2.3	19	Łażnic	Sokołda	3.8	1.3
6	Strękowa Góra	Narew	261.7	2.1	20	Sokołda	Sokołda	7.9	1.3
7	Dobrzyniewo Fabryczne	Supraśl	10.47	1.5	21	Stara Moczarnia	Sokołda	15.1	1.6
8	Nowe Aleksandrowo	Supraśl	11.3	-	22	Janowszczyzna	Sokołda	16.7	1.8
9	„Zajma”	Supraśl	11.9	2.5	23	Sokołka	Sokołda	23.9	2.0
10	Wasilków	Supraśl	22.5	2.5	24	Sokołka	Sokołda	27.7	2.0
11	Nowodworce	Supraśl	25.8	1.5	25	Sokołka	Sokołda	28.9	1.6
12	Supraśl	Supraśl	40.5	3.0	26	Kolonia Krzemienne	Płaska	0.8	2.0
13	Kol. Stryjowszczyzna	Supraśl	54.9	-	27	Gródek	Dziar-niakówka	0.5	1.9
14	Nowosiółki	Supraśl	58.1	2.0	28	Gródek	Dziar-niakówka	1.1	1.5

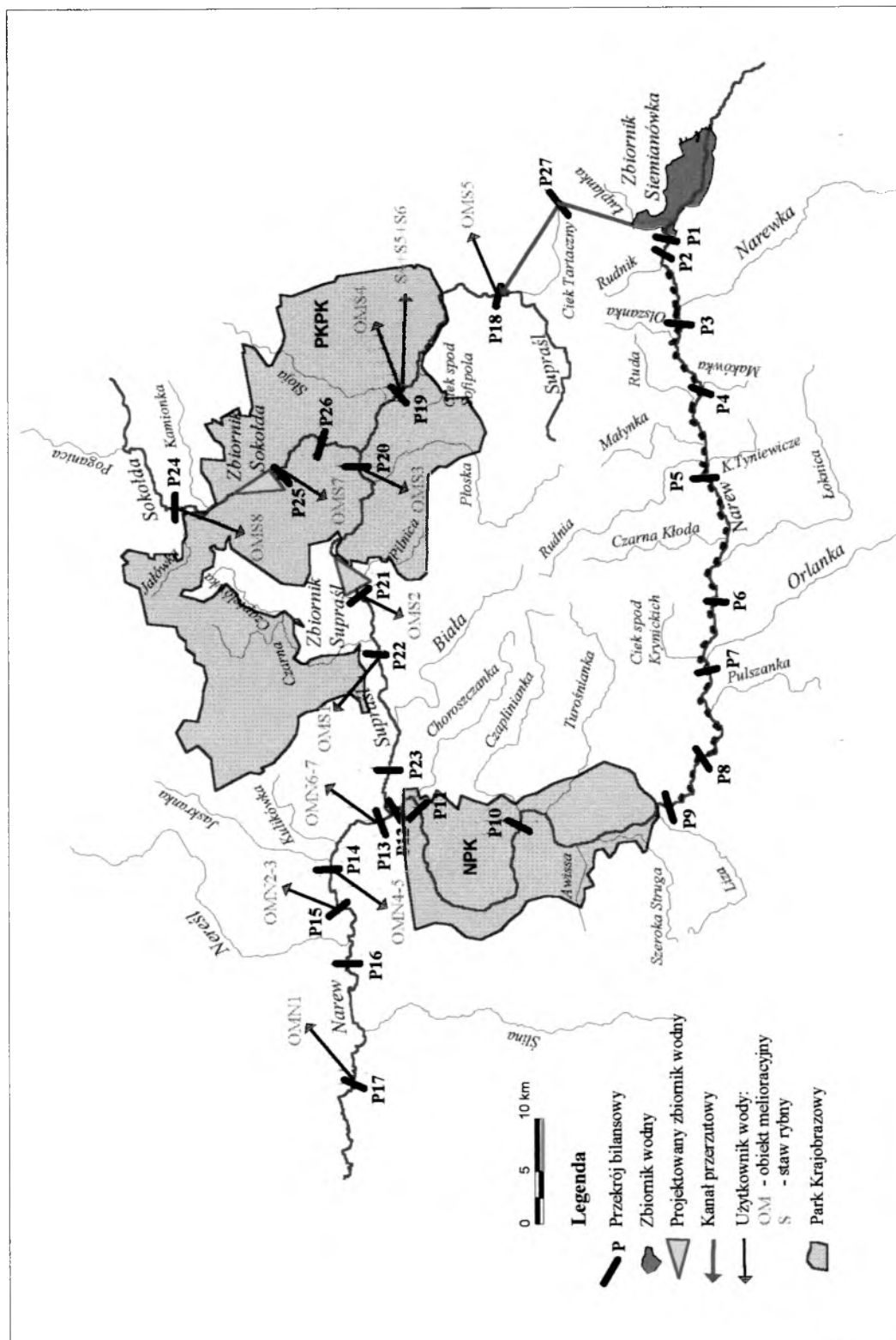
Lokalizację obiektów gospodarki wodnej przedstawia rysunek 7.2.

7.5 Użytkownicy wody

Zadania gospodarki wodnej w zlewni Górnej Narwi można podzielić na zadania związane ze spełnieniem wymagań ochrony środowiska przyrodniczego oraz zadania związane z użytkowaniem gospodarczymi.

W obszarze zlewni Górnej Narwi występują następujące typy użytkowania zasobów wód powierzchniowych (rys. 7.2):

- zapewnienie przepływów nienaruszalnych według kryterium hydrobiologicznego (Q_n), związane z utrzymaniem życia biologicznego w rzece; wartości przepływów nienaruszalnych dla poszczególnych przekrojów bilansowych zestawiono w tabeli 7.6;
- zapewnienie przepływów nienaruszalnych według kryterium krajobrazowego (QP), związane z ochroną ekosystemów na wybranych odcinkach rzek Narwi i Supraśli; wartości przepływów nienaruszalnych wg kryterium krajobrazowego dla wybranych przekrojów bilansowych zestawiono w tabeli 7.7;



Rys. 7.2 Lokalizacja obiektów gospodarki wodnej i użytkowników systemu wodno-gospodarczego

- wspomaganie (podwyższanie i przedłużanie) wiosennych zalewów doliny koniecznych dla zachowania naturalnego charakteru siedlisk hydrogeniczných oraz stworzenia dogodnych warunków dla lęgu ptaków wodno-błotnych na wybranym odcinku Narwi; wielkości pożądaných przepływów w okresie zalewowym zestawiono w tabeli 7.7;
- zaopatrzenie w wodę Cukrowni Łapy, której potrzeby wodne wynoszą 0.18 m³/s (na podstawie pozwolenia wodnoprawnego);
- uzupełniające zaopatrzenie w wodę miasta Białystok; wielkość potrzeb wodnych wynosi 0.67 m³/s (na podstawie opracowania [Dolecka i in., 1995]);
- zaopatrzenie w wodę obszarów zmeliorowanych nawadnianých podsiękowo ze stałym zwierciadłem wody gruntowej; wielkości zapotrzebowań na wodę wyznaczane są w oparciu o dane meteorologiczne (opad, temperaturę, wilgotność powietrza, prędkość wiatru oraz usłonecznienie) przy użyciu modelu opisanego w punkcie 3.3; w tabeli 7.8 zestawiono powierzchnie obiektów melioracyjnych nawadnianých podsiękowo przypisanych do poszczególných przekrojów bilansowych oraz w zlewniach II rzędu;
- zaopatrzenie w wodę stawów rybnych; wielkość zapotrzebowań na wodę wyznaczana jest na podstawie modelu opisanego w punkcie 4.4; podstawowe parametry stawów rybnych zestawiono w tabeli 7.9;
- zaopatrzenie w wodę kanału Narew-Supraśl (N-S); wielkość przepływu wody w kanale uwarunkowana jest potrzebami wodnymi użytkowników zlokalizowanych wzdłuż kanału i rzeki Supraśli poniżej ujścia kanału; przepływ w kanale nie może przekraczać jego przepustowości; przewidziano zachowanie przepływu nienaruszalnego Q_n o wielkości 0.04 m³/s;
- ochrona przeciwpowodziowa, związana z zapewnieniem dogodnych warunków dla przeprowadzenia sianokosów przy użyciu maszyn rolniczych na naturalnych łąkach lęgowych doliny Narwi na odcinku Bondary - Suraż; wielkości przepływów dozwolonych w poszczególných przekrojach bilansowych zestawiono w tabeli 7.7;
- obiekty melioracyjne z regulowanym odpływem, wpływające na wielkość zasobów wodnych; stopień modyfikacji zasobów wodnych dla poszczególných zlewni obliczany jest na podstawie modelu opisanego w punkcie 4.3; podstawowe parametry obiektów melioracyjnych z regulowanym odpływem zestawiono w tabeli 7.10.

Tabela 7.6 Zestawienie wielkości przepływów nienaruszalnych wg kryterium hydrobiologicznego dla przekrojów bilansowych na Narwi i Supraśli oraz cieków niższego rzędu w profilach ujściowych.

Przekrój	Rzeka	Powierzchnia [km ²]	Q _N [m ³ /s]	Przekrój	Rzeka	Powierzchnia [km ²]	Q _N [m ³ /s]
P1	Narew	1092.0	0.672		Chorodnianka	76.8	0.046
	Łuplanka	42.6	0.026	P13	Narew	6152.3	4.55
P2	Narew	1094.6	0.70	P14	Narew	6350.0	4.69
P3	Narew	1865.8	0.74		Kulikówka	53.4	0.032
	Narewka	710.7	0.705		Jaskranka	120.1	0.072
	Rudnik	40.6	0.024	P15	Narew	6427.5	4.77
P4	Narew	1978.0	1.32	P16	Narew	6782.4	5.07
	Olszanka	23.7	0.014		Nereśl	283.1	0.580
	Makówka	27.0	0.016	P17	Narew	7180.6	5.40
P5	Narew	2265.0	1.37		Ślina	359.7	0.216
	Ruda	64.8	0.039	P18	Supraśl	207.3	0.243
	Małynka	50.3	0.030		Ciek Tartaczny	67.0	0.040
	Kanał Tyniewicze	61.0	0.037	P19	Supraśl	348.6	0.460
	Rudnia	88.6	0.053		Ciek spod Solipola	20.0	0.012
P6	Narew	2537.9	1.53	P20	Supraśl	1076.6	
	Czarna Kloda	52.7	0.032		Słoja	219.0	0.131
	Łoknica	175.3	0.105	P21	Supraśl	1431.3	1.500
P7	Narew	3137.6	1.60		Płoska	215.0	0.129
	Orlanka	520.5	0.450		Pilnica	34.7	0.021
	Ciek spod Krynickich	57.1	0.034	P22	Supraśl	1650.0	1.700
P8	Narew	3345.0	1.77		Czarna	196.0	0.118
	Pulszanka	142.9	0.086	P23	Supraśl	1816.6	1.900
P9	Narew	3376.5	1.90		Biała	115.0	0.130
P10	Narew	4104.8	2.77	P24	Sokolda	220.0	0.368
	Liza	134.5	0.081		Poganica	40.5	0.024
	Szcrocka Struga	39.5	0.024	P25	Sokolda	434.5	
	Awissa	60.0	0.036		Kamionka	54.4	0.033
	Turośnianka	130.70	0.078		Jalówka	50.5	0.030
	Czaplinianka	78.9	0.047	P26	Sokolda	464.0	
P11	Narew	4210.0	2.94	P27	Kanał N-S	-	0.040
P12	Narew	4302.3	3.00				

Tabela 7.7 Wielkości przepływów konwencjonalnych dla wybranych przekrojów bilansowych Górnej Narwi i Supraśli.

Przekrój	QP	Q _{doz}	Q _{brzeg}	Q _{min}	Q _{opt}
P1	-	12.4	-	-	-
P3	4.0	8.0	11.1	58.0	77.0
P4	7.0	10.0	19.8	21.0	29.0
P5	8.0	20.0	20.6	62.0	83.0
P8	9.0	20.0	26.6	50.0	67.0
P10	14.0	22.2	41.6	56.0	74.0
P17	-	157.0	-	-	-
P18	0.8	0.9/2.7	-	-	-
P23	-	22.0	-	-	-
P26	-	11.7	-	-	-

Tabela 7.8 Zestawienie powierzchni obiektów melioracyjnych nawadnianych podsiękowo w zlewni Górnej Narwi dla stanu istniejącego (wariant ekstensywny) i planowanego (wariant intensywny)

Lp.	Nazwa rzeki	Nawodnienia podsiękowe [ha]	
		Wariant intensywny	Wariant ekstensywny
1	Narew - jaz Złotora (P13) - OMN7	1050	870
2	Narew - jaz Złotora (P13) - OMN6	823	742
3	Narew - jaz Góra (P14) - OMN5	525	80
4	Narew - jaz Góra (P14) - OMN4	960	330
5	Narew - jaz Tykocin (P15) - OMN3	518	164
6	Narew - jaz Tykocin (P15) - OMN2	447	253
7	Narew - jaz Strękowa Góra (P17) - OMN1	10000	5000
8	Narewka	241	150
9	Orlanka	9828	1740
10	Nereśl	1716	769
11	Biała	220	48
12	Supraśl do P18 z wyłączeniem Cieku Tartacznoego - OMS5+OMS6	1174	524
13	Supraśl (P19) - OMS4	179	121
14	Supraśl (P20) - OMS3	400	63
15	Supraśl (P21) - OMS2	350	111
16	Supraśl (P22) - OMS1	1497	1051
17	Sokolda do P24 z wyłączeniem Poganicy - OMS8	379	17
18	Sokolda (P25) - OMS7	1145	543
19	Łuplanka	131	67
20	Rudnik	343	131
21	Olszanka	295	70
22	Ruda	92	66
23	Małynka	228	44
24	Kanal Tyniewicze	1127	522
25	Rudnia	2058	107
26	Czarna Kloda	1680	195
27	Łoknica	3458	444
28	Ciek spod Krynickich	1517	104
29	Pulszanka	3343	140
30	Liza	1142	458
31	Awissa	859	157
32	Turośnianka	1510	69
33	Czaplinianka	127	48
34	Chorodnianka	685	100
35	Kulikówka	496	91
36	Jaskranka	796	340
37	Ciek Tartaczny	674	-
38	Ciek spod Sofipola	134	40
39	Płoska	2191	137
40	Czarna	126	11
41	Poganica	312	174

Tabela 7.9 Zestawienie stawów rybnych w zlewni Górnej Narwi

Nazwa stawu	Id.	Nr pozwolenia wodno-prawnego	Rzeka	Powierzchnia [ha]	Pojemność [mln m ³]	Przepustowość [m ³ /s]	Numery dekad	
							napelniania	opróżniania
Stawy Ostrów - Pietkowo	S1	229505223701 do 2001	Liza	186.6	2.345	0.91	7-18	1-3
Stawy J. Danilczuk, M. Charkiewicz	S2	230705224502 do 2001	Czapłmianka	32.0	0.443	0.74	14-17	34-35
Stawy Gajowniki	S3	230705224501 do 2002	Czapłmianka	11.7	0.118	0.18	14-18	34-36
Stawy Walily	S4	231505221501	źródłiska k. Gródka	44.8	0.448	0.25	11-20	1-3
Stawy Płatowszczyzna	S5	231505221502 do VIII 1995	Cick od Grzybówki	21.5	0.320	0.20	11-20	1-3
Stawy Glejsk	S6	231505221503	Cick Grzybówka	10.0	0.150	0.10	11-20	1-3
Stawy Feliks	S7	232305224002 do 2003	Kanał od Sokółki-Sokolda	20.7	0.364	0.43	16-18	4-6
Zb. Sokółka	S8	232305224001	Kanał od Sokółki	19.0	0.470	0.10	10-15	4-6
Staw Krasne	S9	234205224201 do 2005	Piłnica	11.2	0.278	0.18	13-18	1-3
Zbiornik wodny Czapielówka	S10	234605220601 do 2003	Czapielówka d. Czarnej	16.6	0.317	1.75	16-18	26-28
Stawy Dojlidy	S11	235205224201 do 2004	Biała	119.4	1.704	0.77	13-15	32-36
Zb. plażowy w Białymstoku	S12	235205225003 do 2004	Biała	34.0	0.597	0.35	13-18	34-36
Staw Popielewo	S13	235505222501 do 2002	Kuljkówka i Cisówka	132.9	1.625	1.69	13-16	32-36
Staw Knyszyn	S15	235905222202 do 1998	Jaskranka	91.2	0.883	1.00	11-20	1-3
Zb. Czechowizna - przepływowy	S16	236105222201	Nereśl - Jez. Zygmunta Augusta	460.0	4.855	4.24	7-15	33-35
Staw Rudka	S17	306605220401	Rów meliorac. zł. Orłanki	11.0	0.110	0.10	11-20	1-3
Zb. Wyrobisko Kundzin	S18	703605224001	Wody źródłiskowe zł. Sokoldy	15.0	0.225	0.15	11-20	4-6
Staw Kondratki	S19	704405222801 do 2003	Jalówka d. Sokoldy	22.0	0.498	0.39	16-17	4-5

Tabela 7.10 Zestawienie powierzchni obiektów melioracyjnych z regulowanym odpływem w zlewni Górnej Narwi

Lp.	Nazwa rzeki	Regulowany odpływ [ha]	
		Wariant intensywny	Wariant ekstensywny
1	Narew do P1 z wyłączeniem Łuplanki	487	233
2	Narew (P2)	224	126
3	Narew (P9)	1005	174
4	Narew (P11)	517	45
5	Narew (P13)	222	-
6	Narewka	592	204
7	Orlanka	2779	342
8	Nereśl	1805	869
9	Biała	373	-
10	Supraśl do P18 z wyłączeniem Cieku Tartaczno - OMS5+OMS6	2611	500
11	Supraśl (P19) - OMS4	295	200
12	Supraśl (P20) - OMS3	604	77
13	Supraśl (P21) - OMS2	342	110
14	Supraśl (P22) - OMS1	1037	-
15	Sokołda do P24 z wyłączeniem Poganicy - OMS8	868	39
16	Sokołda (P25) - OMS7	222	105
17	Łuplanka	141	75
18	Rudnik	343	131
19	Olszanka	182	126
20	Makówka	2160	338
21	Ruda	944	396
22	Małynka	1656	36
23	Kanał Tyniewiczze	1083	577
24	Rudnia	155	14
25	Łoknica	2002	96
26	Ciek spod Krynickich	768	-
27	Pulszanka	347	62
28	Liza	1886	151
29	Szeroka Struga	2048	15
30	Awissa	1330	200
31	Turośnianka	4608	204
32	Czaplinianka	259	-
33	Chorodnianka	1058	90
34	Kulikówka	235	43
35	Jaskranka	1798	771
36	Ślina	1996	204
37	Ciek Tartaczny	120	-
38	Śloja	765	-
39	Płoska	248	-
40	Czarna	266	-
41	Poganica	963	536
42	Kamionka	354	239

7.6 Opis symulacyjno-optymalizacyjnego modelu Górnej Narwi

Model symulacyjno-optymalizacyjny zlewni Górnej Narwi składa się z czterech podstawowych elementów: modelu bilansowego zlewni niższego rzędu, modelu sieciowego, modelu optymalizacyjnego oraz modeli symulacyjnych obiektów występujących w systemie.

Obliczenia bilansowe prowadzone są w dwóch fazach: w pierwszej wykonywany jest bilans zlewni II rzędu. Wyniki tych obliczeń stanowią wejście do modelu sieciowego, w którym zostały odwzorowane główne rzeki badanego obszaru: Narew, Supraśl i Sokołda. Rozwiązanie zadania alokacji zasobów wodnych dla głównych rzek systemu stanowi drugą fazę obliczeń.

7.6.1 Model zlewni II rzędu

W zlewni Górnej Narwi wyróżniono 37 zlewni II rzędu użytkowanych rolniczo, w których przewiduje się realizację wszystkich lub tylko niektórych z następujących zadań:

- zapewnienie wody dla obszarów zmeliorowanych z regulowanym odpływem;
- zachowanie przepływów nienaruszalnych wg kryterium hydrobiologicznego;
- zaopatrzenie w wodę stawów rybnych;
- nawodnienia podsiąkowe obszarów zmeliorowanych.

Zadania te zostały wymienione w kolejności zgodnej z hierarchią ważności użytkowników wody.

Zasoby zlewni II rzędu (zlewnie niekontrolowane) określono proporcjonalnie do wielkości spływu jednostkowego na danym odcinku cieków głównego (Narwi, Supraśli lub Sokołdy) oraz powierzchni zlewni, z wykorzystaniem obserwacji hydrologicznych z 14 przekrojów wodowskazowych.

Potrzeby wodne poszczególnych typów użytkowań określone są zgodnie z następującymi założeniami:

- Wielkości przepływów nienaruszalnych wg kryterium hydrobiologicznego (stałe dla całego roku) obliczono na podstawie wskaźnika jednostkowego odpływu $q_N=0.6 \text{ l/s/km}^2$, stosowanego przez Urząd Wojewódzki w Białymstoku przy wydawaniu pozwoleń wodnoprawnych i zestawiono w tabeli 7.9.
- Wielkości zapotrzebowania na wodę dla pozostałych użytkowników wody obliczane są w sposób opisany w punkcie 7.5.

W tabeli 4 w załączniku zestawiono dane dotyczące użytkowania zlewni II rzędu.

7.6.2 Model sieciowy

Zgodnie z zaleceniami „Metodyki jednolitych bilansów wodno-gospodarczych” [Hydroprojekt, 1992] przyjęto, że zlewnia rzeczna wraz z użytkownikami wody

i obiektami hydrotechnicznymi (system wodno-gospodarczy) modelowana jest za pomocą sieci przepływowej, złożonej z węzłów i łuków. Węzły sieci odpowiadają:

- źródłom zasobów;
- lokalizacjom poborów;
- lokalizacjom zrzutów wody przez użytkowników;
- lokalizacjom zbiorników retencyjnych;
- lokalizacjom ujęć;
- lokalizacjom wylotów kanałów przerzutowych.

Łuki sieci przedstawiają kierunki przemieszczania się zasobów między węzłami. Każdy łuk sieci opisywany jest pięcioma liczbami określającymi:

- numer węzła początkowego łuku (i),
- numer węzła końcowego łuku (j),
- dolne ograniczenie przepływu w łuku (L_{ij}),
- górne ograniczenie przepływu w łuku (H_{ij}),
- współczynnik wagowy (a_{ij}) odzwierciedlający hierarchię użytkowania zasobów wodnych (jednostkowy koszt przesyłu wody z węzła i do węzła j).

Współczynniki wagowe a_{ij} w odniesieniu do użytkowników określają kolejność dostarczania wody w okresie jej niedoboru, natomiast w odniesieniu do obiektów hydrotechnicznych - kolejność włączania ich do pracy w systemie.

Poprawność zdefiniowania sieci badana jest przy pomocy algorytmu sprawdzającego warunki [Tyszewski, Okruszko, 1994]: a) drożności łuków sieci, b) przepustowości węzłów oraz c) wystarczalności zasobów w węzłach sieci. Metoda ta pozwala określić numery łuków, dla których błędnie zdefiniowano ograniczenia.

Wielkości przepływów Q_{ij} w poszczególnych łukach sieci, dla każdego przedziału czasowego, muszą spełniać dwa podstawowe warunki:

- warunek zgodności przepływów z ograniczeniami (wielkość przepływu w danym łuku musi być zawarta pomiędzy dolnym i górnym ograniczeniem):

$$L_{ij} \leq Q_{ij} \leq H_{ij} \quad (7.1)$$

- warunek zachowania bilansu przepływów w węźle (suma dopływów do węzła musi być równa sumie odpływów z węzła):

$$\sum_{j=1}^m Q_{ij} = \sum_{k=1}^n Q_{jk} \quad (7.2)$$

gdzie:

- m - liczba łuków skierowanych do węzła j o węźle początkowym i ;
- n - liczba łuków wychodzących z węzła j o węźle końcowym k .

7.6.3 Model optymalizacyjny

Fakt dopuszczenia zmienności przepływów w zakresie ograniczeń (7.1) wskazuje na możliwość istnienia wielu różnych kombinacji przepływów spełniających te ograniczenia. Jeżeli w danym przedziale czasowym istnieje nadwyżka zasobów nad potrzebami, to rozwiązanie polega na przypisaniu łukom poborów wody przepływów równych wielkościom zapotrzebowań, a przepływy w pozostałych łukach wynikają z bilansu.

W przypadku niedoboru zasobów konieczne jest określenie kombinacji przepływów zgodnie z przyjętą hierarchią użytkowania zasobów wodnych zlewni. Do rozwiązywania tego typu zadania optymalizacyjnego wykorzystano algorytm programowania sieciowego Out-of-Kilter [Ford i Fulkerson, 1969]. Algorytm ten przyjmuje jako kryterium optymalizacji minimalizację sumy strat spowodowanych niespełnieniem potrzeb użytkowników wody lub niezapewnieniem wymaganych przepływów na określonych odcinkach rzek, co oznacza minimalizację sumy iloczynów przepływów i miar kosztów przypisanych poszczególnym łukom sieci:

$$I_{mm}^* = \min \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N Q_{ij} \cdot \alpha_{ij} \quad \text{dla } i \neq j \quad (7.3)$$

przy ograniczeniach (7.1) i (7.2).

gdzie:

- N - liczba węzłów.

Klasyczny algorytm Out-of-Kilter nie przewiduje występowania łuków, których przepustowość jest funkcją wielkości przepływu w innych łukach sieci. Sytuacje takie występują w przypadku reprezentacji w modelu sieciowym użytkowników, którzy w trakcie realizacji swoich zadań częściowo zużywają pobraną wodę. Dla tego typu

użytkowników wielkość górnego ograniczenia w łuku strat wody jest funkcją wielkości przepływu w łuku poboru (rys. 3.1). W zlewni Górnej Narwi do tego typu użytkowników wody można zaliczyć Cukrownię Łapy, miasto Białystok oraz tereny zalewowe. W celu odwzorowania w modelu wymienionych użytkowników wykorzystano modyfikację algorytmu Out-of-Kilter zaproponowaną przez Tyszewskiego i Okruszko [1994].

Schemat sieci Out-of-Kilter dla zlewni Górnej Narwi przedstawiono na rysunku 7.3.

7.6.4 Modele zlewni różnicowej i obiektów hydrotechnicznych oraz sposób ich reprezentacji w modelu sieciowym

Poniżej przedstawiono modele: zasilania ze zlewni różnicowej oraz zbiornika retencyjnego, wykorzystywane w obliczeniach bilansowych dla zlewni Górnej Narwi.

Model zlewni różnicowej

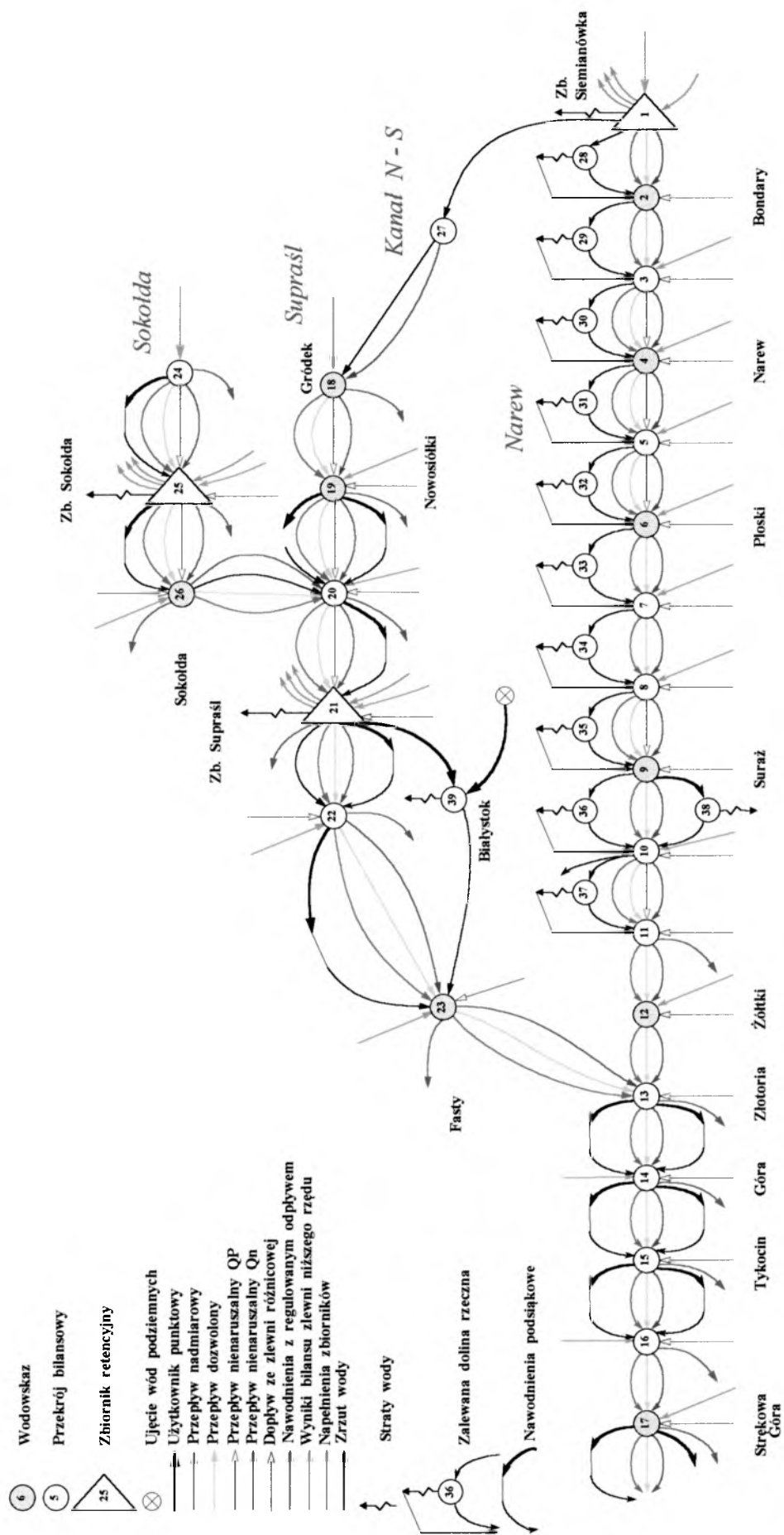
Dopływ ze zlewni różnicowej reprezentowany jest przez łuk doprowadzający wodę do przekroju bilansowego, o przepustowości równej przyrostowi przepływu pomiędzy kolejnymi przekrojami bilansowymi. Przyjęto, że dopływ ze zlewni różnicowej jest proporcjonalny do powierzchni tej zlewni oraz odpływu jednostkowego obliczonego na podstawie przepływów wodowskazowych na danym odcinku rzeki. W systemie Górnej Narwi wyróżniono 26 zlewni różnicowych.

Model zbiornika retencyjnego

W modelu sieciowym zbiornik reprezentowany jest w postaci węzła oraz łuków opisujących: dopływy wody do zbiornika, napełnienie zbiornika na początku danego okresu, napełnienia końcowe pierwszej i drugiej warstwy zbiornikowej, napełnienie końcowe rezerwy przeciwpowodziowej, straty wody na parowanie z powierzchni zbiornika oraz odpływy ze zbiornika.

W modelu przyjęto, że zbiornik pracuje zgodnie z zasadami polityki standardowej warunkowej jednopoziomowej. Polityka standardowa warunkowa jednopoziomowa jest modyfikacją polityki standardowej, umożliwiającą wyróżnienie dwóch grup ważności użytkowników wody. Zgodnie z tą polityką zbiornik realizuje swoje zadania według następującej kolejności:

- zaspokojenie potrzeb wodnych użytkowników pierwszej grupy,
- odtworzenie zasobów wody pierwszej warstwy zbiornikowej, związane ze zwiększeniem gwarancji spełnienia potrzeb wodnych użytkowników pierwszej grupy,
- zaspokojenie potrzeb wodnych użytkowników drugiej grupy,
- napełnianie drugiej warstwy zbiornikowej.



Rys. 7.3 Schemat sieci Out-of-Kilter dla zlewni Górnej Narwi

Dla polityki standardowej warunkowej jednopoziomowej odpływ wody T ze zbiornika w rozpatrywanym przedziale czasowym obliczany jest z zależności:

$$T = \begin{cases} VP + Q & \text{gdy } VP + Q \leq P1 \\ P1 & \text{gdy } P1 < VP + Q \leq P1 + VD \\ VP + Q - VD & \text{gdy } P1 + VD < VP + Q \leq P1 + P2 + VD \\ P1 + P2 & \text{gdy } P1 + P2 < VP + Q \leq P1 + P2 + VU \\ VP + Q - VU & \text{gdy } VP + Q > P1 + P2 + VU \end{cases} \quad (7.4)$$

gdzie:

- Q - dopływ do zbiornika [mln m³];
- VP - napełnienie zbiornika na początku rozpatrywanego okresu [mln m³];
- VD - napełnienie docelowe, tj. pojemność pierwszej warstwy zbiornikowej [mln m³];
- $P1$ - potrzeby wodne użytkowników pierwszej grupy [mln m³];
- $P2$ - potrzeby wodne użytkowników drugiej grupy [mln m³].

Równanie bilansowe zbiornika przyjęto w postaci:

$$V_k = V_p + \left(\sum_{i=1}^m Q_i - \sum_{j=1}^n T_j \right) \cdot \Delta t - S_E \quad (7.5)$$

gdzie:

- VP, VK - napełnienie na początku i na końcu rozpatrywanego przedziału czasowego [mln m³];
- Δt - długość przedziału czasowego [mln s];
- Q_i - dopływ do zbiornika [m³/s];
- T_j - odpływ ze zbiornika [m³/s];
- m - liczba dopływów do zbiornika;
- n - liczba odpływów ze zbiornika;
- S_E - różnica pomiędzy wielkością parowania z powierzchni zbiornika i opadu [mln m³].

W analizach bilansowych uwzględniono istniejący zbiornik Siemianówka oraz zbiorniki projektowane Supraśl i Sokółda.

Model kanału przerzutowego

W modelu sieciowym kanał przerzutowy Narew-Supraśl reprezentowany jest w postaci łuku poboru wody o przepustowości równej projektowanej przepustowości kanału. Wielkość przepływu wody w kanale wynika z zapotrzebowania na wodę użytkowników zlokalizowanych wzdłuż rzeki Supraśl poniżej ujścia kanału, aktualnych zasobów wodnych w zlewni oraz przepustowości kanału. Przewidziano również realizację zadania zachowania przepływu nienaruszalnego wg kryterium hydrobiologicznego w dolnej części kanału.

7.7 Kryteria

Gwarancje czasowe i objętościowe, określone wzorami (6.1) i (6.2), obliczane są dla następujących użytkowników:

- przepływ nienaruszalny wg kryterium hydrobiologicznego;
- przepływ nienaruszalny wg kryterium krajobrazowego;
- zaopatrzenie w wodę Białegostoku;
- zaopatrzenie w wodę Cukrowni Łapy.

Ocena stopnia realizacji następujących zadań systemu:

- zapewnienie przepływów nienaruszalnych wg kryterium krajobrazowego;
- zapewnienie wiosennych zalewów doliny;
- zaopatrzenie w wodę stawów rybnych;
- zaopatrzenie w wodę obszarów zmeliorowanych nawadnianych podsiąkowo ze stałym poziomem wody gruntowej oraz
- ochrona przeciwpowodziowa

dokonywana jest w oparciu o kryteria odzwierciedlające specyfikę wymienionych użytkowników wody, zdefiniowane w rozdziale 6.

7.8 Wariantowe obliczenia symulacyjno-optimalizacyjne dla dorzecza Górnej Narwi

7.8.1 Zasady prowadzenia analiz bilansowych

Symulacyjny wielookresowy charakter bilansu wodno-gospodarczego oznacza wykonanie ciągu obliczeń dla kolejnych, następujących po sobie przedziałów czasowych, przy czym łącznikiem między kolejnymi przedziałami jest magazynowanie nadwyżek wody w zbiorniku retencyjnym oraz retencjonowanie u użytkowników pobierających wodę w jednym przedziale czasowym, a odprowadzających wykorzystaną wodę w innym (bilansowanie poboru i zrzutu odbywa się w różnych przedziałach czasowych).

Obliczenia bilansowe prowadzone są w dwóch fazach: w pierwszej wykonywany jest bilans zlewni II rzędu. Wyniki tej fazy obliczeń odzwierciedlają zmiany wielkości zasobów wodnych w badanych zlewniach zachodzące na skutek użytkowania wody i stanowią dane wejściowe do sieciowego modelu bilansowego, w którym odwzorowano główne rzeki systemu. W drugiej fazie obliczeń wykonywany jest bilans wodno-gospodarczy dla głównych rzek systemu. Kolejne etapy drugiej fazy obliczeń opisano poniżej:

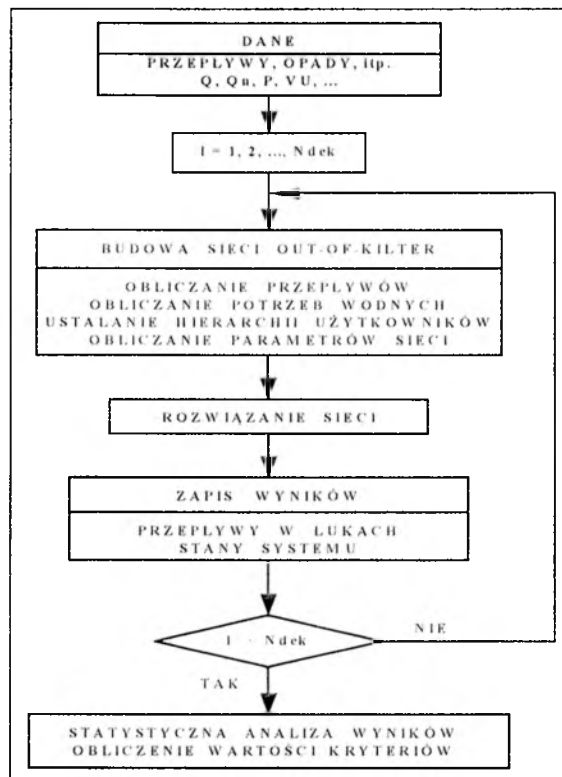
- dla każdej dekady, pierwszym krokiem jest obliczenie wielkości pożądaných przepływów, potrzeb wodnych użytkowników z wykorzystaniem modeli symulacyjnych oraz dopływów ze zlewni różnicowych (z uwzględnieniem wyników obliczeń bilansowych dla zlewni II rzędu uzyskanych w pierwszej fazie analizy);
- w następnym kroku określone są parametry łuków sieci z uwzględnieniem zadanej hierarchii ważności poszczególnych typów użytkowania zasobów wodnych;
- kolejnym etapem jest rozwiązanie problemu alokacji zasobów wodnych przy użyciu algorytmu programowania sieciowego Out-Of-Kilter;
- po dokonaniu rozrządu wody przy użyciu modeli użytkowników obliczane są stany końcowe obiektów, przy czym tak obliczone stany końcowe stają się stanami początkowymi dla następnej dekady.

Zasady prowadzenia symulacyjno-optimalizacyjnych obliczeń bilansowych przedstawia rysunek 7.4.

7.8.2 Opis badanych wariantów gospodarowania wodą

Symulacyjno-optimalizacyjne obliczenia prowadzone dla określonego sposobu gospodarowania wodą, tzn. przy ustalonych parametrach systemu (lokalizacja

i pojemności zbiorników retencyjnych, przepustowości kanałów przerzutowych, parametry regul decyzyjnych itp.) i przyjętej hierarchii użytkowania zasobów wodnych nazywane są wariantami obliczeniowymi. W wyniku obliczeń uzyskuje się m.in. wartości kryteriów charakteryzujących stopień realizacji zadań systemu wodno-gospodarczego. Kryteria te są następnie wykorzystywane do porównywania pomiędzy sobą wariantów gospodarowania wodą. Ze względu na znaczną liczbę czynników podlegających wariantowaniu, wybór najlepszego wariantu gospodarowania wodą może być złożonym problemem kombinatorycznym.



Rys. 7.4 Zasady prowadzenia symulacyjno- optymalizacyjnych obliczeń bilansowych [za Tyszewski i Okruszko, 1994]

W celu ułatwienia analizy wyników obliczeń zaproponowano grupowanie wariantów w scenariusze, obejmujące warianty o podobnym charakterze. W przypadku zlewni Górnej Narwi wyróżniono dwa scenariusze: *ekologiczny*, w którym we wszystkich wariantach preferowano zaspokajanie wymagań wodnych elementów środowiska przyrodniczego oraz *gospodarczy*, w którym priorytetowym zadaniem systemu było zaopatrzenie w wodę użytkowników przemysłowych i rolniczych. Dla potrzeb analizy wyróżniono ponadto wariant *odniesienia*, w którym odwzorowano aktualnie obowiązujące zasady pracy zbiornika Siemianówka i obecny stan

zagospodarowania zlewni oraz wariant *naturalny* opisujący sytuację w zlewni przed wybudowaniem zbiornika Siemianówka.

We wszystkich analizowanych wariantach gospodarowania wodą zadania: zapewnienia przepływów nienaruszalnych wg kryterium hydrobiologicznego, zaopatrzenie w wodę Białegostoku i Cukrowni Łapy zajmowały najwyższe miejsca w hierarchii użytkowania zasobów wodnych. W scenariuszu ekologicznym kolejnymi zadaniami były: zapewnienie wiosennych zalewów doliny oraz przepływów nienaruszalnych wg kryterium krajobrazowego; ostatnie miejsca zajmowały zadania związane z zapewnieniem wody dla stawów rybnych i nawodnień rolniczych. W scenariuszu gospodarczym zadania związane z ochroną walorów przyrodniczych doliny Narwi ustawiono w hierarchii poniżej zadań gospodarczych.

W wariantcie odniesienia odwzorowano aktualnie obowiązujące reguły pracy zbiornika Siemianówka oraz obecny stan użytkowania zasobów wodnych zlewni. Wariant ten różni się istotnie od pozostałych rozpatrywanych wariantów ze względu na reguły pracy zbiornika Siemianówka: rezerwa powodziowa utrzymywana jest przez cały rok, a jej wielkość wynosi 45.3 mln m³ w miesiącach od listopada do maja i 20.0 mln m³ w pozostałych miesiącach roku. Hierarchia zadań systemu odpowiada scenariuszowi gospodarczemu.

W ramach analizowanych scenariuszy wariantowaniu podlegały: a) istnienie projektowanych obiektów hydrotechnicznych (zbiorników Supraśl i Sokółda oraz kanału Narew-Supraśl), b) pojemność napełnienia docelowego i rezerwy przeciwpowodziowej zbiorników retencyjnych c) powierzchnia nawadnianych obiektów melioracyjnych zlokalizowanych w dolinie Narwi i Supraśli (wariant ekstensywnej gospodarki rolnej odpowiadający stanowi istniejącemu oraz wariant intensywnego rolnictwa - dla stanu projektowanego) oraz d) wielkość potrzeb wodnych Białegostoku. Zestawienie parametrów systemu dla analizowanych wariantów przedstawiono w tabeli 7.11.

Na podstawie wyników wcześniejszych analiz [Pusłowska i Tyszewski, 1995] w zbiorniku Siemianówka wydzielono okresowo utrzymywaną rezerwę przeciwpowodziową o pojemności VRS=15 mln m³. Zadanie ochrony przed powodzią realizowano w sezonie wegetacyjnym.

W pierwszej fazie analiz bilansowych (obejmującej obliczenia dokonywane w zlewniach II rzędu) uwzględniono dwa poziomy rolniczego wykorzystania badanych zlewni: poziom odpowiadający stanowi aktualnemu (wariant ekstensywny) oraz poziom projektowany (wariant intensywny). Wyniki tej fazy odzwierciedlają stan zaspokojenia potrzeb użytkowników wody, przy czym brak obiektów hydrotechnicznych uniemożliwia kształtowanie zasobów wodnych w celu poprawy stopnia realizacji zadań. Wyniki obliczeń bilansowych dla zlewni II rzędu zestawiono w tabeli 7.12. Na podstawie zestawionych wyników można stwierdzić, że najbardziej zagrożone deficytami wody są

zlewnie: Jaskranki, Kulikówki, Jałówki, Śliny i Pulszanki. Stopień realizacji postawionego najwyżej w hierarchii zadania zapewnienia przepływów nienaruszalnych wg kryterium hydrobiologicznego nie przekracza w tych zlewniach 90%.

Optymalizację parametrów zbiorników retencyjnych (pojemność użytkowa i parametry planu dyspozytorskiego) prowadzono jedynie dla intensywnego poziomu rolniczego wykorzystania zlewni. Syntetyczne wyniki obliczeń dla analizowanych wariantów gospodarowania wodą przedstawiono w tabeli 7.13. Tabela ta obejmuje zestawienie minimalnych i maksymalnych wartości kryteriów dla wyróżnionych grup użytkowników systemu. W niektórych wariantach część użytkowników pozostawała poza wpływem aktualnie analizowanych obiektów hydrotechnicznych. Wartości kryteriów dla takich użytkowników podano w nawiasach. Dla zadania ochrony przed powodzią podano dodatkowo wartości wskaźników dla przekrojów pozostających pod wpływem rozważanych obiektów hydrotechnicznych. W tabeli tej poprzez zacieniowanie wyróżniono warianty, dla których wyniki szczegółowe zestawiono w tabeli 7.14.

7.8.3 Analiza wyników obliczeń bilansowych

W pierwszym etapie obliczeń wariantowych badano celowość wydzielenia napełnienia docelowego dla zbiornika Siemianówka (warianty EpsN00NI-E40N00NI dla scenariusza ekologicznego oraz GpsN00NI-G40N00NI dla scenariusza gospodarczego), przy braku projektowanych obiektów hydrotechnicznych. Dla scenariusza gospodarczego stwierdzono celowość wydzielenia warstwy zbiornika o pojemności $VD=10$ mln m^3 , do której zakwalifikowano wszystkie użytkownia gospodarcze. Przy takiej pojemności napełnienia docelowego osiągnięto istotną poprawę gwarancji czasowej zapewnienia przepływów hydrobiologicznych na Narwi, natomiast wskaźniki realizacji zadań związanych z ochroną środowiska przyrodniczego nie uległy istotnemu pogorszeniu. Obserwowana równocześnie poprawa wartości kryteriów dla zaopatrzenia Białegostoku i obiektów melioracyjnych w dolinie Supraśli spowodowana została zapewnianiem przepływów hydrobiologicznych na Narwi poniżej ujścia Supraśli w większości zasobami Narwi (zgromadzonymi w pierwszej warstwie zbiornika Siemianówka), przy zmniejszonym udziale wód Supraśli. W takiej sytuacji pobory wody dla użytkowników w zlewni Supraśli nie były ograniczane koniecznością zaspokajania postawionych wyżej w hierarchii przepływów hydrobiologicznych na dolnym odcinku Narwi. Dla scenariusza ekologicznego nie stwierdzono celowości wydzielenia napełnienia docelowego: wartości kryteriów nie ulegają istotnej poprawie przy podziale zbiornika na warstwy. Spowodowane jest to niewystępowaniem konfliktów pomiędzy gospodarczymi i przyrodniczymi użytkowaniem wody w poszczególnych przekrojach bilansowych dla tych samych przedziałów czasowych.

Tabela 7.11 Zestawienie parametrów systemu dla analizowanych wariantów gospodarowania wodą

Scenariusz	Wariant	Zb. Siemianówka			Zb. Supraśl			Zb. Sokółka		K. N-S	Białystok		OM
		VU	VRS	VD	VU	VRS	VD	VU	VRS		QK	PB	
naturalny	WN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.666	E	
odniesienia	W0	59.1	45.3/ 20.0	0	0	0	0	0	0	0	0.666	E	
Ekologiczny	EpsN00NI	59.1	15.0	0	0	0	0	0	0	0	0.666	I	
	E10N00NI	59.1	15.0	10.0	0	0	0	0	0	0	0.666	I	
	E20N00NI	59.1	15.0	20.0	0	0	0	0	0	0	0.666	I	
	E30N00NI	59.1	15.0	30.0	0	0	0	0	0	0	0.666	I	
	E40N00NI	59.1	15.0	40.0	0	0	0	0	0	0	0.666	I	
	E*N00NE	59.1	15.0	0	0	0	0	0	0	0	0.666	E	
	E*N00TI	59.1	15.0	0	0	0	0	22.0	0	0	0.666	I	
	E*NpsNI	59.1	15.0	0	48.0	0	0	0	0	0	0.666	I	
	E*NpsTI	59.1	15.0	0	48.0	0	0	22.0	0	0	0.666	I	
	E*T00NI	59.1	15.0	0	0	0	0	0	0	2.7	0.666	I	
	E*T00TI	59.1	15.0	0	0	0	0	22.0	0	2.7	0.666	I	
	E*TpsNI	59.1	15.0	0	48.0	0	0	0	0	2.7	0.666	I	
	E*TpsTI	59.1	15.0	0	48.0	0	0	22.0	0	2.7	0.666	I	
	E*T05NI	59.1	15.0	0	5.0	0	0	0	0	2.7	0.666	I	
	E*TN25I	59.1	15.0	0	0	0	0	2.5	0	2.7	0.666	I	
	E*TN25IB	59.1	15.0	0	0	0	0	2.5	0	2.7	1.0	I	
E*TN25E	59.1	15.0	0	0	0	0	2.5	0	2.7	0.666	E		
Gospodarczy	GpsN00NI	59.1	15.0	0	0	0	0	0	0	0	0.666	I	
	G05N00NI	59.1	15.0	5.0	0	0	0	0	0	0	0.666	I	
	G75N00NI	59.1	15.0	7.5	0	0	0	0	0	0	0.666	I	
	G10N00NI	59.1	15.0	10.0	0	0	0	0	0	0	0.666	I	
	G20N00NI	59.1	15.0	20.0	0	0	0	0	0	0	0.666	I	
	G30N00NI	59.1	15.0	30.0	0	0	0	0	0	0	0.666	I	
	G40N00NI	59.1	15.0	40.0	0	0	0	0	0	0	0.666	I	
	G*N00NE	59.1	15.0	10.0	0	0	0	0	0	0	0.666	E	
	G*NpsNI	59.1	15.0	10.0	48.0	0	0	0	0	0	0.666	I	
	G*NP05NI	59.1	15.0	10.0	48.0	5.0	0	0	0	0	0.666	I	
	G*NP10NI	59.1	15.0	10.0	48.0	10.0	0	0	0	0	0.666	I	
	G*NP15NI	59.1	15.0	10.0	48.0	15.0	0	0	0	0	0.666	I	
	G*ND05NI	59.1	15.0	10.0	48.0	0	5.0	0	0	0	0.666	I	
	G*ND10NI	59.1	15.0	10.0	48.0	0	10.0	0	0	0	0.666	I	
	G*N40NI	59.1	15.0	10.0	40.0	0	0	0	0	0	0.666	I	
	G*N30NI	59.1	15.0	10.0	30.0	0	0	0	0	0	0.666	I	
	G*N20NI	59.1	15.0	10.0	20.0	0	0	0	0	0	0.666	I	
	G*N10NI	59.1	15.0	10.0	10.0	0	0	0	0	0	0.666	I	
	G*N75NI	59.1	15.0	10.0	7.5	0	0	0	0	0	0.666	I	
	G*N05NI	59.1	15.0	10.0	5.0	0	0	0	0	0	0.666	I	
	G*N25NI	59.1	15.0	10.0	2.5	0	0	0	0	0	0.666	I	
	G*N05NE	59.1	15.0	10.0	5.0	0	0	0	0	0	0.666	E	
	G*NN22I	59.1	15.0	10.0	0	0	0	22.0	0	0	0.666	I	
	G*NNP05I	59.1	15.0	10.0	0	0	0	22.0	5.0	0	0.666	I	
	G*NNP10I	59.1	15.0	10.0	0	0	0	22.0	10.0	0	0.666	I	
	G*NN20I	59.1	15.0	10.0	0	0	0	20.0	0	0	0.666	I	
	G*NN10I	59.1	15.0	10.0	0	0	0	10.0	0	0	0.666	I	
	G*NN75I	59.1	15.0	10.0	0	0	0	7.5	0	0	0.666	I	
	G*NN05I	59.1	15.0	10.0	0	0	0	5.0	0	0	0.666	I	
	G*NN25I	59.1	15.0	10.0	0	0	0	2.5	0	0	0.666	I	
	G*NN02I	59.1	15.0	10.0	0	0	0	2.0	0	0	0.666	I	
	G*NN25IB	59.1	15.0	10.0	0	0	0	2.5	0	0	1.0	I	
	G*NN25E	59.1	15.0	10.0	0	0	0	2.5	0	0	0.666	E	
G*TN25I	59.1	15.0	10.0	0	0	0	2.5	0	2.7	0.666	I		
G*TN25E	59.1	15.0	10.0	0	0	0	2.5	0	2.7	0.666	E		

Tabela 7.12 Zestawienie wyników obliczeń bilansowych dla zlewni II rzędu

Lp.	Nazwa zlewni	Przep. nienaruszalny G_v		Obiekty nawadniane G_t		Stawy rybne G_v		Stawy rybne M_n	
		W_{ext}	W_{int}	W_{ext}	W_{int}	W_{ext}	W_{int}	W_{ext}	W_{int}
1	Narew do P1	0.998	0.999	----	----	----	----	----	----
2	Narewka	0.998	0.999	0.992	0.995	----	----	----	----
3	Orlanka	0.998	0.999	0.934	0.784	0.942	0.943	0.917	0.944
4	Nereśl	0.954	0.961	0.745	0.739	0.808	0.877	0.806	0.917
5	Biała	1.000	1.000	1.000	1.000	0.965	0.965	1.000	1.000
6	Supraśl do P18	0.962	0.969	0.840	0.810	----	----	----	----
7	Sokołda do P24	0.992	0.993	0.984	0.909	0.897	0.902	1.000	1.000
8	Łuplanka	0.999	0.999	1.000	0.987	----	----	----	----
9	Rudnik	0.961	0.960	0.993	0.925	----	----	----	----
10	Olszanka	0.963	0.960	0.997	0.902	----	----	----	----
11	Makówka	0.963	0.959	----	----	----	----	----	----
12	Ruda	0.996	0.996	0.995	0.989	----	----	----	----
13	Małynka	0.996	0.996	1.000	0.956	----	----	----	----
14	K. Tyniewicze	0.996	0.996	0.913	0.843	----	----	----	----
15	Rudnia	0.996	0.996	0.995	0.812	----	----	----	----
16	Czarna Kloda	0.996	0.996	0.972	0.778	----	----	----	----
17	Łoknica	0.995	0.995	0.980	0.815	----	----	----	----
18	Ciek s. Krynickich	0.902	0.902	0.991	0.833	----	----	----	----
19	Pulszanka	0.895	0.898	0.988	0.839	----	----	----	----
20	Liza	0.989	0.990	0.911	0.886	0.939	0.941	1.000	1.000
21	Szeroka Struga	0.987	0.987	----	----	----	----	----	----
22	Awissa	0.985	0.986	0.989	0.874	----	----	----	----
23	Turośnianka	0.984	0.985	1.000	0.888	----	----	----	----
24	Czaplinianka	0.985	0.986	0.985	0.971	0.962	0.966	1.000	1.000
25	Choroszczanka	0.985	0.986	1.000	0.927	----	----	----	----
26	Kulikówka	0.859	0.864	0.882	0.858	0.922	0.939	0.917	0.944
27	Jaskranka	0.837	0.848	0.882	0.861	0.912	0.926	0.806	0.861
28	Ślina	0.804	0.820	----	----	----	----	----	----
29	Ciek Tartaczny	1.000	1.000	----	0.865	----	----	----	----
30	Ciek spod Sofipola	1.000	1.000	1.000	0.996	----	----	----	----
31	Słoja	0.991	0.991	----	----	----	----	----	----
32	Płoska	0.998	0.998	1.000	0.910	0.926	0.926	1.000	1.000
33	Pilnica	0.998	0.998	----	----	0.923	0.923	0.944	0.944
34	Czarna	0.998	0.998	1.000	1.000	0.940	0.940	1.000	1.000
35	Poganica	1.000	1.000	1.000	1.000	----	----	----	----
36	Kamionka	1.000	1.000	----	----	----	----	----	----
37	Jałówka	0.954	0.954	----	----	0.877	0.877	1.000	1.000

---- użytkownik nie występował w danej zlewni

Tabela 7.13 Syntetyczne wyniki obliczeń dla analizowanych wariantów gospodarowania wodą

Scenariusz	Wariant	Przeptyw hydrobiologiczny G_t		Przeptyw krajobrazowy G_t		Obiekty nawadniane G_{ROM}		Stawy rybne		Białystok G_t	Łapy G_t	Zalewy		Ochrona przeciwpowodziowa		
		Narew	Supraśl	Narew	Supraśl	Narew	Supraśl	G_v	$M\Delta_{sr}$			$M\Delta_{z_{min}}$	Lz_{max}	$M\Delta_{pow}$	Q_{max}	
naturalny	WN	0.944-1.000	0.947-1.000	0.670-0.809	0.683	0.944-1.000	0.978-1.000	0.929	0.972	0.992	0.998	0.528-0.583	4	0.306-0.972	1.9-96.2	
	W0	0.962-1.000	0.947-1.000	0.782-0.894	0.683	0.994-1.000	0.978-1.000	0.929	0.972	0.992	1.000	0.528-0.694	3-4	0.306-0.972	1.9-96.0	
Ekologiczny	E* N00NI	0.979-1.000	0.959-1.000	0.824-0.888	0.701	0.963-0.998	0.966-1.000	0.933	1.000	0.992	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100	
	E10N00NI	0.980-1.000	0.959-1.000	0.824-0.888	0.701	0.961-0.997	0.966-1.000	0.933	1.000	0.992	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100	
	E20N00NI	0.980-1.000	0.959-1.000	0.824-0.888	0.701	0.961-0.997	0.966-1.000	0.933	1.000	0.992	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100	
	E30N00NI	0.980-1.000	0.959-1.000	0.824-0.888	0.701	0.961-0.997	0.966-1.000	0.933	1.000	0.992	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100	
	E40N00NI	0.980-1.000	0.959-1.000	0.824-0.888	0.701	0.961-0.997	0.966-1.000	0.933	1.000	0.992	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100	
	E* N00NE	0.972-1.000	0.947-1.000	0.825-0.887	0.683	0.994-1.000	0.978-1.000	0.929	0.972	0.992	1.000	0.667-0.694	3	0.306-0.972	1.9-96.0	
	E*N00TI	0.980-1.000	0.959-1.000	0.824-0.888	0.701	0.966-0.998	0.971-1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100	
	E*NpsNI	0.980-1.000	0.959-1.000	0.824-0.888	0.701	0.966-0.998	0.971-1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100	
	E*NpsII	0.980-1.000	0.959-1.000	0.824-0.888	0.701	0.956-0.998	0.971-1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100	
	E* T00NI	0.972-1.000	0.979-1.000	0.812-0.879	0.865	0.963-0.997	0.986-1.000	0.938	1.000	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100	
	E* T00TI	0.972-1.000	0.979-1.000	0.812-0.881	0.867	0.966-0.998	0.992-1.000	0.938	1.000	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100	
	E* TpsNI	0.972-1.000	0.979-1.000	0.812-0.881	0.867	0.966-0.998	0.986-1.000	0.938	1.000	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100	
	E* TpsII	0.972-1.000	0.979-1.000	0.812-0.881	0.867	0.966-0.998	0.992-1.000	0.938	1.000	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100	
	E* T05NI	0.972-1.000	0.979-1.000	0.812-0.881	0.867	0.966-0.998	0.986-1.000	0.938	1.000	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100	
	E* IN2SI	0.972-1.000	0.979-1.000	0.812-0.881	0.867	0.963-0.998	0.992-1.000	0.938	1.000	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100	
	E* IN25IB	0.972-1.000	0.979-1.000	0.812-0.881	0.867	0.965-0.998	0.992-1.000	0.938	1.000	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100	
	E* IN25E	0.966-1.000	0.972-1.000	0.822-0.881	0.867	0.944-1.000	0.998-1.000	0.938	1.000	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.278-0.972	1.9-93.3	
	Gospodarczy	GpsN00NI	0.979-1.000	0.959-1.000	0.824-0.888	0.701	0.963-0.998	0.966-1.000	0.933	1.000	0.992	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100
		G05N00NI	0.999-1.000	0.959-1.000	0.813-0.881	0.701	0.966-0.998	0.966-1.000	0.933	1.000	0.992	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100
		G75N00NI	1.000	0.959-1.000	0.810-0.880	0.701	0.966-0.998	0.966-1.000	0.933	1.000	0.992	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100
G10N00NI		1.000	0.959-1.000	0.809-0.878	0.701	0.966-0.998	0.971-1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100	
G20N00NI		1.000	0.959-1.000	0.796-0.870	0.701	0.966-0.998	0.971-1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100	
G30N00NI		1.000	0.959-1.000	0.781-0.856	0.701	0.966-0.998	0.971-1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	0.556-0.694	3-4	0.250-0.972	1.9-100	
G40N00NI		1.000	0.959-1.000	0.750-0.842	0.701	0.966-0.998	0.971-1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	0.556-0.694	3-4	0.250-0.972	1.9-100	
G* N00NE		1.000	0.947-1.000	0.814-0.877	0.683	0.994-1.000	0.978-1.000	0.929	0.972	0.992	1.000	0.667-0.694	3	0.306-0.972	1.9-96.0	
G* NpsNI		1.000	0.959-1.000	0.809-0.878	0.701	0.966-0.998	(0.971) 0.986-1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972 P23 0.889	1.9-100 P23 15.4	
G* NP05NI		1.000	0.959-1.000	0.809-0.878	0.701	0.966-0.998	0.971-1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	0.667-0.694	3	P23 0.889	P23 15.4	
G* NF10NI		1.000	0.959-1.000	0.809-0.878	0.701	0.966-0.998	0.971-1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	0.667-0.694	3	P23 0.889	P23 15.4	
G* NF15NI		1.000	0.959-1.000	0.809-0.878	0.701	0.966-0.998	0.971-1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	0.667-0.694	3	P23 0.889	P23 15.4	

Tabela 7.13 c.d.

Scenariusz	Wariant	Przeptyw hydrobiologiczny G_t		Przeptyw krajobrazowy G_t		Obiekty nawadniane G_{rom}		Stawy rybne		Białostok		Łapy		Zalewy		Ochrona przeciwpowodziowa	
		Narew	Supraśl	Narew	Supraśl	Narew	Supraśl	G_v	M/N_{spr}	G_t	G_t	$M/N_{zal_{min}}$	$L_{zal_{max}}$	M/N_{pow}	O_{max}		
	G*ND05NI	1.000	0.959-1.000	0.809-0.878	0.701	0.966-0.998	0.971-1.000	0.933	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100			
	G*ND10NI	1.000	0.959-1.000	0.809-0.878	0.701	0.966-0.998	0.971-1.000	0.933	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100			
	G*ND40NI	1.000	0.959-1.000	0.809-0.878	0.701	0.966-0.998	(0.971)1.000	0.933	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100			
	G*ND30NI	1.000	0.959-1.000	0.809-0.878	0.701	0.966-0.998	(0.971)1.000	0.933	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100			
	G*ND20NI	1.000	0.959-1.000	0.809-0.878	0.701	0.966-0.998	(0.971)1.000	0.933	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100			
	G*ND10NI	1.000	0.959-1.000	0.809-0.878	0.701	0.966-0.998	(0.971)1.000	0.933	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100			
	G*ND75NI	1.000	0.959-1.000	0.809-0.878	0.701	0.966-0.998	(0.971)1.000	0.933	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100			
	G*ND35NI	1.000	0.959-1.000	0.809-0.878	0.701	0.966-0.998	(0.971)1.000	0.933	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100			
	G*ND25NI	1.000	0.959-1.000	0.809-0.878	0.701	0.966-0.998	(0.971)1.000	0.933	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100			
	G*ND05NE	1.000	0.947-1.000	0.815-0.877	0.683	0.994-1.000	0.978-1.000	0.929	0.972	1.000	0.667-0.694	3	0.306-0.972	1.9-96.0			
	G*NN22I	1.000	0.959-1.000	0.809-0.878	0.701	0.966-0.998	0.971-1.000	0.933	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100			
	G*NNP05I	1.000	0.959-1.000	0.809-0.878	0.701	0.966-0.998	0.971-1.000	0.933	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100			
	G*NNP10I	1.000	0.959-1.000	0.809-0.878	0.701	0.966-0.998	0.971-1.000	0.933	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100			
	G*NN20I	1.000	0.959-1.000	0.809-0.878	0.701	0.966-0.998	(0.971)1.000	0.933	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100			
	G*NN10I	1.000	0.959-1.000	0.809-0.878	0.701	0.966-0.998	(0.971)1.000	0.933	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100			
	G*NN75I	1.000	0.959-1.000	0.809-0.878	0.701	0.966-0.998	(0.971)1.000	0.933	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100			
	G*NN05I	1.000	0.959-1.000	0.809-0.878	0.701	0.966-0.998	(0.971)1.000	0.933	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100			
	G*NN25I	1.000	0.959-1.000	0.809-0.878	0.701	0.966-0.998	(0.971)1.000	0.933	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100			
	G*NN20I	1.000	0.959-1.000	0.809-0.878	0.701	0.966-0.998	(0.971)1.000	0.933	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100			
	G*NN25IB	1.000	0.959-1.000	0.809-0.877	0.701	0.966-0.998	(0.971)1.000	0.933	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100			
	G*NN25E	1.000	0.947-1.000	0.815-0.877	0.683	0.994-1.000	0.978-1.000	0.929	0.972	1.000	0.667-0.694	3	0.306-0.972	1.9-96.0			
	G*TN25I	1.000	0.993-1.000	0.802-0.870	0.852	0.966-0.998	1.000	0.938	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.250-0.972	1.9-100			
	G*TN25E	1.000	0.991-1.000	0.809-0.870	0.856	0.994-1.000	1.000	0.938	1.000	1.000	0.667-0.694	3	0.278-0.972	1.9-93.3			

Gospodarczy

Tabela 7.14 Zestawienie wyników obliczeń dla wybranych wariantów gospodarowania wodą

Użytkownik	Kryterium	WARIANT									
		WN	W0	EpsN00NI	E*N00NE	E*TN25I	G10N00NI	G*N00NE	G*N05NI	G*NN25I	G*TN25I
QN1	Gt	0.944	0.962	0.979	0.972	0.972	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
QN2	Gt	0.995	0.995	0.998	0.997	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
QN3	Gt	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
QN4	Gt	0.999	0.999	0.998	0.999	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
QN5	Gt	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
QN6	Gt	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
QN7	Gt	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
QN8	Gt	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
QN9	Gt	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
QN10	Gt	0.999	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
QN11	Gt	0.999	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
QN12	Gt	0.999	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
QN13	Gt	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
QN14	Gt	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
QN15	Gt	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
QN16	Gt	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
QN17	Gt	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
QN18	Gt	0.947	0.947	0.959	0.947	0.997	0.959	0.947	0.959	0.959	1.000
QN19	Gt	0.988	0.988	0.992	0.988	0.998	0.992	0.988	0.992	0.992	1.000
QN20	Gt	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
QN21	Gt	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
QN22	Gt	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
QN23	Gt	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
QN24	Gt	0.991	0.991	0.993	0.991	0.993	0.993	0.991	0.993	0.993	0.993
QN25	Gt	0.978	0.978	0.986	0.978	1.000	1.000	0.978	1.000	1.000	1.000
QN26	Gt	0.980	0.980	0.987	0.980	1.000	1.000	0.980	1.000	1.000	1.000
QN27	Gt	-	-	-	-	0.979	-	-	-	-	1.000
QP3	Gt	0.809	0.856	0.888	0.887	0.881	0.878	0.877	0.877	0.877	0.870
QP4	Gt	0.670	0.789	0.837	0.837	0.825	0.820	0.823	0.820	0.820	0.809
QP5	Gt	0.673	0.789	0.835	0.836	0.825	0.816	0.823	0.816	0.816	0.807
QP8	Gt	0.748	0.816	0.850	0.852	0.845	0.837	0.843	0.836	0.836	0.833
QP10	Gt	0.698	0.782	0.824	0.825	0.812	0.809	0.814	0.809	0.809	0.802
QP18	Gt	0.683	0.683	0.701	0.683	0.867	0.701	0.683	0.701	0.701	0.852

Porównanie wyników obliczeń dla scenariusza ekologicznego i gospodarczego pozwala stwierdzić, że zapewnianie przepływów krajobrazowych powoduje wyczerpywanie zasobów wodnych zbiornika Siemianówka przed okresami niżówkowymi, co z kolei pogarsza stopień realizacji zadania utrzymania przepływów hydrobiologicznych. W dalszych analizach prowadzonych w ramach scenariusza gospodarczego przyjęto, że zbiornik Siemianówka pracuje zgodnie z warunkową polityką standardową przy napełnieniu docelowym $VD=10$ mln m^3 . W ramach scenariusza ekologicznego zbiornik Siemianówka pracuje zgodnie z zasadami polityki standardowej; wydzielanie warstwy napełnienia docelowego uznano za niewskazane. Szczegółowe wyniki obliczeń dla wariantów G10N00NI i EpsN00NI zestawiono w tabeli 7.14.

W następnym etapie analiz wprowadzono zbiorniki retencyjne na Supraśli i Sokółdzie dla scenariusza gospodarczego. Na podstawie analizy szczegółowych wyników obliczeń stwierdzono, że zarówno wprowadzenie zbiornika na Supraśli, jak i na Sokółdzie prowadzi do wyraźnej poprawy stopnia realizacji zadania zaopatrzenia w wodę użytkowników zlokalizowanych poniżej tych zbiorników. Wprowadzenie zbiornika Supraśl jednocześnie wpływa na podniesienie stopnia realizacji zadania ochrony przed powodzią, lecz wydzielenie rezerwy powodziowej w tym zbiorniku (do wielkości $VRS=15$ mln m^3) nie powoduje dalszej poprawy. Wydzielenie rezerwy powodziowej w zbiorniku Sokółda ($VRS=5$ mln m^3) umożliwia poprawę stopnia ochrony przed powodzią zarówno dla dolnego odcinka Sokółdy jak i Supraśli.

Dla obu projektowanych zbiorników wariantowano następnie wielkość pojemności użytkowej. Na podstawie wyników obliczeń (tabela 7.14) stwierdzono, że wykorzystanie zbiornika Supraśl o pojemności użytkowej $VU=5$ mln m^3 (wariant G*N05NI) bądź zbiornika Sokółda o $VU=2.5$ mln m^3 (wariant G*NN251) pozwala na poprawę stopnia realizacji zadania zaopatrzenia w wodę użytkowników w zlewni Supraśli, a zwiększanie pojemności użytkowej powyżej tej wartości nie prowadzi do uzyskania dodatkowych efektów. Ze względu na lokalizację w systemie zbiornika Sokółda (powyżej zbiornika Supraśl) i możliwość zaopatrywania większej liczby użytkowników w dalszych analizach rozpatrywano wykorzystanie zbiornika Sokółda.

Wprowadzenie zbiornika Supraśl lub/i Sokółda w scenariuszu ekologicznym nie wpływa na stopień realizacji zadań związanych z ochroną doliny Narwi.

W kolejnym etapie obliczeń prowadzonych w ramach scenariusza gospodarczego uwzględniono kanał Narew-Supraśl. Wprowadzenie kanału umożliwia poprawę: zapewnienia przepływów nienaruszalnych zarówno według kryterium hydrobiologicznego jak i krajobrazowego, zaopatrzenia w wodę stawów rybnych oraz obiektów melioracyjnych zlokalizowanych w górnej części zlewni Supraśli, przy jednoczesnym pogorszeniu gwarancji czasowej zapewnienia przepływów

nienaruszalnych wg kryterium krajobrazowego na Narwi (wariant G*TN25I). Poprawa stopnia realizacji zadań dla użytkowników zlokalizowanych powyżej zbiorników Supraśl i Sokołda możliwa jest jedynie poprzez wprowadzenie kanału N-S. Jednocześnie uruchomienie przerzutu wody do zlewni Supraśli powoduje zmniejszenie zasobów wodnych Narwi na odcinku od zbiornika Siemianówka do ujścia Supraśli. W scenariuszu ekologicznym przejawia się to obniżeniem gwarancji zapewnienia przepływów nienaruszalnych hydrobiologicznych i krajobrazowych na Narwi (wariant E*TN25I).

Wyniki obliczeń bilansowych dla wariantu ekstensywnego rolnictwa wykazują poprawę wskaźników realizacji zadania zaopatrzenia w wodę nawadnianych obiektów melioracyjnych, będącą efektem zmniejszonego zapotrzebowania. Jednocześnie można zauważyć niewielkie pogorszenie wskaźników realizacji zadania zapewnienia przepływów hydrobiologicznych w niektórych odcinkach rzek. Zjawisko to można tłumaczyć następująco: działanie obiektów melioracyjnych można przyrównać do pracy zbiornika retencyjnego, przy czym okres retencionowania wody równy jest jednej dekadzie. Woda pobrana dla nawodnień w bieżącej dekadzie, w następnym przedziale czasowym jest częściowo zrzucana zasilając przepływy rzeczne. Jeżeli pobory wody dla nawodnień następują tuż przed okresem, gdy przepływy w rzece spadają poniżej przepływu hydrobiologicznego, zjawisko to może prowadzić do poprawy stopnia realizacji zadania zapewnienia przepływów hydrobiologicznych. Zmniejszenie powierzchni obiektów nawadnianych w wariantie ekstensywnym powoduje zmniejszenie efektu zasilania cieków wodą odprowadzaną z obiektów. Dla wariantu ekstensywnego można również zauważyć niewielką poprawę wskaźników realizacji zadania ochrony przed powodzią w porównaniu z wariantem intensywnego rolnictwa. Powodem tego jest zmniejszenie powierzchni obszarów zmeliorowanych, które przyspieszają spływ wody. W tabeli 7.14 zestawiono szczegółowe wyniki obliczeń dla wariantu ekstensywnego rolnictwa w scenariuszu ekologicznym (wariant E*N00NE) i gospodarczym (wariant G*N00NE).

Porównanie wyników obliczeń rozpatrywanych wariantów z wariantem odniesienia (W0 w tab. 7.14) pozwala stwierdzić, że obecny sposób pracy zbiornika Siemianówka poprawia wskaźniki realizacji zadania ochrony przed powodzią w porównaniu do pozostałych rozpatrywanych wariantów, chociaż w przypadku dużych wezbrań pojemność zbiornika Siemianówka jest niewystarczająca dla zapewnienia skutecznej ochrony. Jednocześnie stopień realizacji zadań związanych z ochroną środowiska przyrodniczego jest niższy niż dla wariantów rozpatrywanych zarówno w ramach scenariusza gospodarczego jak i ekologicznego.

Porównanie wyników obliczeń wariantu naturalnego (WN w tab. 7.14), w którym odwzorowano stan zlewni przed wybudowaniem zbiornika Siemianówka, z pozostałymi analizowanymi wariantami pozwoliło zauważyć, że praca zbiornika w istotny sposób

poprawia stopień realizacji wszystkich zadań gospodarki wodnej w dolinie Narwi. W przypadku scenariusza gospodarczego wskaźniki realizacji zadań systemu wzrastają nie tylko dla użytkowników gospodarczych lecz również dla wymagań związanych z ochroną środowiska przyrodniczego, bez względu na reguły pracy zbiornika Siemianówka. Porównanie wyników obliczeń wariantu naturalnego ze scenariuszem ekologicznym pozwala zauważyć poprawę zaspokojenia wymagań wodnych doliny Górnej Narwi i jednoczesny wzrost gwarancji czasowej zaspokojenia potrzeb nawadnianych obiektów melioracyjnych.

8. WNIOSKI

Analizy bilansowe stanowią podstawę opracowania zasad gospodarowania wodą w systemach wodno-gospodarczych. Dla potrzeb prowadzenia analiz bilansowych zachodzi konieczność modelowania systemów wodno-gospodarczych, w szczególności zapotrzebowania użytkowników na wodę oraz doboru kryteriów oceniających stopień realizacji zadań. Obliczenia bilansowe prowadzone są dla różnych wariantów zabudowy hydrotechnicznej, wielkości potrzeb użytkowników i zasad gospodarowania wodą, a uzyskiwane wartości kryteriów umożliwiają porównywanie efektów pracy systemu dla poszczególnych wariantów i w konsekwencji wybór wariantu preferowanego. W dobie wzrastającego zainteresowania problemami środowiska przyrodniczego wymagania związane z ochroną walorów przyrodniczych powinny być uwzględniane w analizach bilansowych. Na podstawie studiów literaturowych i badań symulacyjnych sformułowano wnioski dotyczące zarówno modelowania systemów wodno-gospodarczych jak i zasad gospodarowania wodą w zlewni Górnej Narwi.

Modelowanie systemów wodno-gospodarczych

Przedstawiona w pracy propozycja zasad modelowania systemów wodno-gospodarczych umożliwia uwzględnienie w analizach bilansowych w bezpośredni sposób zadań związanych z ochroną środowiska. Wymagania wodne elementów środowiska przyrodniczego, traktowane jako użytkownicy w systemie wodno-gospodarczym, wpływają na rozrząd zasobów wodnych oraz sposób pracy obiektów hydrotechnicznych. Poprzez uwzględnienie hierarchii użytkowania zasobów wodnych zaproponowane podejście pozwala na analizowanie konsekwencji różnych koncepcji rozwoju regionu oraz poszukiwanie kompromisu pomiędzy poziomem działalności gospodarczej i zakresem działań związanych z ochroną środowiska.

Opracowanie przedstawionego w pracy sposobu modelowania wymagań wodnych związanych z ochroną środowiska przyrodniczego było możliwe dzięki współpracy z zespołem przyrodników. Ze względu na różnorodność i specyfikę zadań gospodarki wodnej istnieje konieczność współpracy specjalistów z zakresu gospodarki wodnej z ekspertami z innych dziedzin nauki.

Opracowany w ramach niniejszej pracy symulacyjno-optymalizacyjny model systemu wodno-gospodarczego okazał się przydatnym narzędziem do prowadzenia analiz bilansowych mających na celu opracowanie zasad gospodarowania wodą w zlewni Górnej Narwi i Supraśli. Model ten może być wykorzystywany jako narzędzie do wspomagania decyzji w zakresie gospodarki wodnej w regionie.

Wykazano nieadekwatność dotychczas stosowanego sposobu opisu potrzeb wodnych niektórych typów użytkowników wody. Modelowanie potrzeb wodnych powinno odzwierciedlać specyfikę wykorzystywania wody przez poszczególnych użytkowników. W przypadku użytkowników retencjonujących wodę wielkość potrzeb powinna być obliczana z uwzględnieniem aktualnego stanu retencji. Taki sposób modelowania potrzeb umożliwia odwzorowanie zależności aktualnego zapotrzebowania na wodę od stopnia zaspokojenia potrzeb w ubiegłych przedziałach czasowych. Do użytkowników retencjonujących wodę powszechnie występujących w systemach wodno-gospodarczych można zaliczyć nawadniane obiekty melioracyjne i stawy rybne. W pracy przedstawiono modele symulacyjne obu wymienionych rodzajów użytkownika zasobów wodnych. W przypadku użytkowników, których potrzeby wodne zależne są od stanu systemu, wielkość zapotrzebowania powinna być obliczana z uwzględnieniem aktualnego stanu zasobów wodnych zlewni oraz informacji o sposobie gospodarowania wodą w okresach poprzednich. Przedstawiono propozycję symulacyjnego modelu łęgowej doliny rzecznej, w którym odwzorowano wymagania wodne doliny związane z ochroną występujących w niej ekosystemów.

Zaproponowano zasady współpracy modeli użytkowników wody z modelem bilansowym. W przypadku użytkowników, których potrzeby zależą od ilości zretencjonowanej wody lub użytkowników, których potrzeby zależne są od stanu systemu (zlewni) modele użytkowników powinny być włączane do bezpośredniej współpracy z modelem bilansowym. Informacje o ilości przydzielonej użytkownikowi wody przekazywane z modelu alokacji zasobów stanowią podstawę do obliczenia zapotrzebowania w kolejnych okresach.

Przeprowadzona analiza przydatności dotychczas stosowanych kryteriów oceny stopnia realizacji zadania zaopatrzenia w wodę systemu wykazała ich nieadekwatność dla niektórych typów użytkowników. Analogicznie do sposobu modelowania potrzeb wodnych również kryteria powinny odzwierciedlać specyfikę użytkowników. Stwierdzono, że stopień realizacji poszczególnych zadań systemu powinien być oceniany z punktu widzenia użytkownika wody. Dla użytkowników retencjonujących wodę przedstawiono propozycję sposobu definiowania kryteriów na podstawie stanu, w jakim przebywał obiekt użytkownika. Zaproponowano również kryteria oceny stopnia zaspokojenia wymagań wodnych elementów środowiska przyrodniczego, w których odwzorowano specyfikę tego rodzaju użytkownika zasobów wodnych.

Zasady gospodarowania wodą w zlewni Górnej Narwi

W analizach bilansowych dla zlewni Górnej Narwi rozważano dwa scenariusze: gospodarczy, w którym priorytetowymi zadaniami systemu było zaspokojenie potrzeb

użytkowników przemysłowych i rolniczych oraz ekologiczny, w którym preferowano realizację zadań związanych z ochroną środowiska przyrodniczego.

Praca zbiornika Siemianówka w istotny sposób podnosi stopień realizacji zadań systemu związanych zarówno z zaopatrzeniem w wodę użytkowników gospodarczych jak i zaspokojeniem wymagań środowiska przyrodniczego w stosunku do sytuacji przed wybudowaniem zbiornika.

Obecny sposób gospodarowania wodą na zbiorniku Siemianówka nie zapewnia wystarczającego stopnia zaspokojenia wymagań ochrony środowiska przyrodniczego.

Dla scenariusza gospodarczego wydzielenie napełnienia docelowego zbiornika Siemianówka o pojemności $VD=10$ mln m^3 umożliwi uzyskanie wysokiej gwarancji zaspokojenia potrzeb wodnych użytkowników gospodarczych, przy niewielkim pogorszeniu stopnia realizacji wymagań związanych z ochroną środowiska przyrodniczego. Dla scenariusza ekologicznego wprowadzenie warstwy napełnienia docelowego dla zbiornika Siemianówka nie jest uzasadnione.

Wprowadzenie jednego z projektowanych zbiorników retencyjnych (na Supraśli lub Sokołdzie) o pojemności użytkowej co najmniej $VU=5$ mln m^3 prowadzi do całkowitego zaspokojenia potrzeb użytkowników zlokalizowanych w zasięgu oddziaływania zbiorników, w tym perspektywicznych potrzeb Białegostoku. Ze względu na lokalizację w systemie uzasadniony wydaje się wybór zbiornika Sokołda.

Poprawa stopnia realizacji zadań dla użytkowników zlokalizowanych w zlewni Supraśli powyżej zbiorników Supraśl i Sokołda możliwa jest jedynie poprzez wprowadzenie kanału Narew-Supraśl. Jednocześnie uruchomienie przrzutu wody do zlewni Supraśli powoduje zmniejszenie zasobów wodnych Narwi na odcinku od zbiornika Siemianówka do ujścia Supraśli, co przejawia się obniżeniem gwarancji zapewnienia przepływów nienaruszalnych hydrobiologicznych i krajobrazowych na Narwi.

9. LITERATURA

- ALLAN J.D., 1995: *Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters*. Chapman and Hall, London.
- ARMCANZ/ANZECC, 1995: *National Principles for the Provision of Water for the Environment*. ARMCANZ/ANZECC, March 1995.
- ARTHINGTON A.H., 1994: *A Holistic Approach to Water Allocation to Maintain the Environmental Values of Australian Streams and Rivers: A Case History*. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.*, 24, 165-177
- BARKMAN J.J., 1992: *Plant Communities and Synecology of Bogs and Heath Pools in The Netherlands. W: Fens and Bogs in The Netherlands: Vegetation, History, Nutrient Dynamics and Conservation*.
- BATELAAN O., DE SMEDT F., OTERO VALLE M. N., HUYBRECHTS W., 1993: *Development and Application of a Groundwater Model Integrated in the GIS GRASS*. *Proceedings of the Vienna Conference: HydroGIS 93, Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources*. IAHS Publ. No 221.
- BECK M.B., 1987: *Water Quality Modelling: A Review of the Analysis of Uncertainty*. *Water Resources Research*, vol 23, No. 8, s. 1393-1442.
- BIPROMEL, CENTRALNE BIURO STUDIÓW I PROJEKTÓW WODNYCH MELIORACJI I ZAOPATRZENIA W WODĘ ROLNICTWA, 1979: *Gospodarka Wodna Dorzecza Górnej Narwi. Studium generalne*. Warszawa.
- BOEYE D., 1992: *Hydrologie, hydrochemie en ecologie van een groundwaterhankelijk veen*. Universiteit Antwerpen. Rozprawa doktorska.
- BOEYE D., CLEMENT L., VERHEYEN R.F., 1994: *Hydrochemical Variation in a Groundwater Discharge Fen*. *Wetlands*, vol. 14, no 2, s. 123-133.
- BOEYE D., VAN STRAATEN D., VERHEYEN R.F., 1995: *A Recent Transformation from Poor to Rich Fen Caused by Artificial Groundwater Recharge*. *Journal of Hydrology*, no 169, s. 111-129.
- BREUSERS H., DE JONG J., KLOMP R., LUITEN H., 1993: *A Wet Country Short of Water*. *International Commission on Irrigation and Drainage. Fifteenth Congress. The Hague*. s.163-175.
- BURZYŃSKI K., KOT A., SZYDŁOWSKI M., SZYMKIEWICZ R., ZIMA P., 1996: *Matematyczny model jakości wody rzeki zlewni Redy*. *Inżynieria Morska i Geotechnika* 1, s. 49-54.

- CBSiPWM, 1970: Zasady sporządzania bilansów wodno-gospodarczych przy opracowywaniu dokumentacji wodnomelioracyjnych. Prace studialne 163, Warszawa.
- CIEPEŁOWSKI A., KICIŃSKI T., 1990: Budownictwo wodne, cz.1. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa.
- CONNELL J.H., 1978: Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs. *Science*, 199, 1302-1309.
- DĄBKOWSKI L. BAJKOWSKI S., HAJKIEWICZ J., 1992: Rozmycia dna koryt rzeki Narwi poniżej jazów. *Gospodarka Wodna* 8, s. 188-192.
- DIMENT G.A., 1994: REALM, Resources Allocation Model Release Notes. Departement of Conservation and Environment, Victoria. Mat. nieopublikowane.
- DOLECKA J., GARBARCZYK K., KRÓLIKOWSKI A., WALERY M., 1995: Charakterystyka perspektywicznych potrzeb wodnych m. Białegostoku oraz ocena możliwości ich pokrycia z dyspozycyjnych zasobów wód powierzchniowych i podziemnych. Katedra Wodociągów i Kanalizacji Politechniki Białostockiej. Opracowanie w maszynopisie.
- DRABIŃSKI A., 1991: Wpływ gospodarowania wodą w stawach rybnych na odpływ ze zlewni rzeki Baryczy do przekroju Łąki. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Rozprawa habilitacyjna nr 90.*
- DUEL H., 1991: Perspectives for Recovering Fluvial Processes and Woodlands in Flood Plains of the River Rhine. Publications and reports of the project 'Ecological Rehabilitation of the River Rhine'. TNO Report No 29-1991.
- FIERING M. B., 1976: The Role of System Analysis in Water Program Development. *Nat. Resources Journ.*, v. 16, p. 759-771.
- FORD L.R. and FULKERSON D.R., 1969: *Przeptywy w sieciach*. PWE. Warszawa.
- GDH GUTTERIDGE, HASKINS AND DAVEY, 1991: Integrated Quantity/Quality Modelling - Stage 3. Consultancy report to the Departement of Water Resources, NSW.
- GORDON N.D., MCMAHON T.A., FINLAYSON B.L., 1992: *Stream Hydrology: An Introduction for Ecologists*. John Wiley and Sons, Chichester.
- GREMMEN N.J.M., REIJNEN M.J.S.M., WIERTZ J., VAN WIRDUM G., 1990: A Model to Predict and Assess the Effects of Groundwater Withdrawal on the Vegetation in the Pleistocene Areas of The Netherlands. *Journal of Environmental Management* no 31, s.143-155.
- GUNDERSON L.H. and HOLLING C.S., 1992: Modelling Linkages between Hydrology and Vegetation in the 'River of Grass'. Interim report no 2. South Florida Water Management District.

- HASHIMOTO T., LOUCS D. P. and STEDINGER J. R., 1982: Reliability, Resiliency and Vulnerability Criteria for Water Resources Systems. *Water Resour. Res.* v. 18, p. 21-26.
- HERBICH P. i TYSZEWSKI S., 1993: Warunki korzystania z wód zlewni Wkry. Opracowanie wykonane na zlecenie RZGW Warszawa. Warszawa.
- HERBICH P. i TYSZEWSKI S., 1994: Wybrane problemy bilansu wodno-gospodarczego w świetle doświadczeń z pierwszej edycji warunków korzystania z wód zlewni Wkry. I Sympozjum „Bilansowanie zasobów wodnych w dorzeczu Odry” 25-26 października 1994, Wrocław.
- HYDROPROJEKT CBSiPBW, 1976: Program inwestycyjny rozwoju gospodarki wodnej na lata 1976-2000. W ramach problemu węzłowego 10.12: Zagospodarowanie i ochrona zasobów wodnych w Polsce.
- HYDROPROJEKT CBSiPBW, 1980: Opracowanie planów regionalnych w zakresie zagospodarowania zasobów wodnych. Obszar obliczeniowy W-2 - dorzecze Nidy. Zeszyt I. Analiza i zestawienie wyników w zakresie gospodarki wodnej - część opisowa. ODGW Kraków.
- HYDROPROJEKT-WARSZAWA, 1992: Metodyka jednolitych bilansów wodno-gospodarczych. Opracowanie w maszynopisie, Warszawa.
- HYDROPROJEKT-WARSZAWA, 1994: Warunki korzystania z wód zlewni rzeki Radomki. Opracowanie wykonane na zlecenie MOŚZNiL, Warszawa.
- ILICH N., 1993: Water Resources Management Model (WRMM) of Alberta Environment: Model Properties and Capabilities. 15th Congress of International Commission on Irrigation and Drainage, The Hague, The Netherlands.
- ILOMETS M., PUNNING J.M., YEVDOKIMOVA A., 1992: Heavy Metal Content in Sphagnum, Acrotelm and Peat in the Manninkjarve bog, Estonian SSR. Peatland Ecosystem and Man: An Impact Assessment. Proceedings of a symposium by the I.P.S, 196-201.
- KABAT P., VAN DEN BROEK B.J., FEIDES R.A., 1992: SWACROP: A Water Management and Crop Production Simulation Model. *ICID Bulletin*, 41: 61-84.
- KACA E. i in., 1995: Rozrząd wody w zlewni rzecznej. Podsumowanie badań wykonanych w ramach projektu badawczego nr 5 5659 91 02. IMUZ, Falenty.
- KACZMAREK Z., 1983: Kryteria sterowania systemami wodno-gospodarczymi. Sesja naukowa „Współczesna gospodarka wodna i hydrologia”, Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Sanitarnej i Wodnej, Warszawa.

- KACZMAREK Z. i KRAJEWSKI K., 1970: Model matematyczny bilansu wodno-gospodarczego dla optymalizacji programu inwestycyjnego gospodarki wodnej w dorzeczu Wisły. Politechnika Warszawska, Katedra Gospodarki Wodnej i Hydrologii, Warszawa.
- KEATING M., 1994: Globalny program działań. Szczyt Ziemi. Agencja Informacyjna GEA, Warszawa.
- KEVE G., 1992: Revitalization of the Gelderse Poort Floodplain Area. WAU Diploma Work.
- KINDLER J., 1989: Kierunki rozwoju gospodarki wodnej i jej funkcje w przestrzennym zagospodarowaniu kraju (ze szczególnym uwzględnieniem rolnictwa). Postępy Nauk Rolniczych 2.
- KINDLER J. i TYSZEWSKI S., 1995: Wielokryterialna ocena parametrycznych reguł decyzyjnych w projektowaniu zbiorników retencyjnych. W: Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej PAN, Zeszyt 7, Warszawa.
- KOSTRZEWA H., 1977: Weryfikacja kryteriów i wielkości przepływu nienaruszalnego dla rzek Polski. Materiały Badawcze IMGW, Warszawa.
- KOWALIK P. 1989: Relacja pomiędzy zaopatrzeniem w wodę a plonem roślin. W: Potrzeby wodne roślin uprawnych (Dziezyc red.), s. 36-49. PWN, Warszawa.
- KRASZEWSKI A., 1995: Zastosowanie systemu wspomaganie decyzji do ochrony jakości wody w rzekach. Materiały konferencyjne Polsko-Bytyjskiej Konferencji Naukowo-Technicznej: Inżynieria środowiska: współpraca pomiędzy uczelniami wyższymi i przemysłem w zakresie edukacji i badań stosowanych. Instytut Systemów Inżynierii Środowiska, Warszawa.
- KSIĄŻYŃSKI K., NACHLIK E., KUBRAK J., BYCZKOWSKI A., 1994: Analysis of Restoration Possibilities for the Flow in the Defunct Beds of the Jegrznia and the Elk Rivers. W: Towards Protection and Sustainable Use of the Biebrza Wetlands: Exchange and Integration of Research Results for the Benefit of a Polish-Dutch Joint Research Plan. Rep. 3. Ed. H. Okruszko i M.J. Wassen, Utrecht.
- KUBRAK J., 1989: Modele numeryczne rozprzestrzeniania się fali wypływającej przez wyrwę w zaporze. Wyd. SGGW-AR, Warszawa.
- LAMBOR J, 1965: Podstawy i zasady gospodarki wodnej. Wyd. Komunikacji i Łączności. Warszawa.
- LAMPERT W. i SOMMER U., 1996: Ekologia wód śródlądowych. PWN, Warszawa.

- LANZA G.L., 1995: Modelling Aquifer Recharge Processes at the Watershed Scale. Parameter Estimation in Groundwater Flow and Pollution Modelling. Editoriale Bios, Cosenza. s.41-51.
- LEWARTOWSKI Z., 1995: Szczegółowa waloryzacja awifauny lęgowej doliny Górnej Narwi na odcinku od granicy państwa wraz z opracowaniem wniosków w zakresie potrzeby ochrony ostoi ptaków wodno-blotnych. Raport końcowy projektu badawczego KBN 5.5706.92.03 cz. IV. IMUZ, Falenty.
- MINISTERSTWO OCHRONY ŚRODOWISKA, ZASOBÓW NATURALNYCH I LEŚNICTWA, 1991: Polityka Ekologiczna Państwa.
- MINISTRY OF AGRICULTURE, „HYDROPROJEKT”. CONSULTING ENGINEERS, UN OFFICE OF TECHNICAL COOPERATION, 1972: Planning Comprehensive Development of the Vistula River System - Final Report. United Nations Development Programme. Warsaw.
- MIODUSZEWSKI W., 1995: Ocena kierunku badawczego „Gospodarka wodna i kształtowanie środowiska rolniczego i leśnego”. Melioracje Rolne 1/2, Warszawa.
- MOSIEJ K., SOKOŁOWSKI J., 1995: Prace remontowe jazów na Narwi. Gospodarka Wodna 9, s. 239-241.
- MOSZOWA J., 1986: Wpływ deszczowania i zróżnicowanego nawożenia azotowego na dynamikę rozwoju oraz plon nowych odmian ziemniaków (Matematyczny model i jego weryfikacja empiryczna). ZPPNR z. 268, s. 437-480.
- MOY WAN-SEE, COHON J., REVELLE C.S., 1986: A Programming Model for Analysis of the Reliability, Resiliency and Vulnerability of a Water Supply Reservoir. Water Resources Research, Vol. 22, 4.
- NAWALANY M., 1993: Mathematical Modelling of River-Aquifer Interactions. HR Wallingfort, Report SR 349.
- NORRIS R.H., HART B., BELL C., 1993: Monitoring River Health Initiative; Defining Core Indicators. W: International Symposium on the Use of Biota to Assess Water Quality. Canberra.
- OKRUSZKO H., 1992: Siedliska hydrogeniczne, ich specyfika i występowanie, Hydrogeniczne siedliska wilgotnościowe, Wydawnictwo IMUZ, Falenty.
- Okruszko i in., 1992: Renaturalizacja warunków wodnych w częściowo odwodnionych torfowiskach w Środkowym Basenie Doliny rzeki Biebrzy. Opracowanie wykonane na zlecenie Międzynarodowej Fundacji Ochrony Środowiska, Projekt 3943, Warszawa.
- OSTROMEŃCKI J., 1947: Projektowanie równowagi bilansu wodnego dla zmeliorowanych zlewni bagiennych. cz. I i II. Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej, t.1.

- OSTROMEŃCKI J., 1964: Wstęp do melioracji rolnych. PWRiL, Warszawa.
- OŚWIT J., DEMBEK W., DANIELOWSKA A., WSZOLA A., OSTRZYŻEK S., 1995: Charakterystyka i waloryzacja doliny Górnej Narwi na odcinku granica państwa-Suraż. Raport końcowy projektu badawczego KBN 5.5706.92.03 cz. IV. IMUZ, Falenty.
- OZGA-ZIELIŃSKA M. I BRZEZIŃSKI J., 1994: Hydrologia stosowana. PWN, Warszawa.
- PALYS F., 1991: Założenia wodno-gospodarcze zbiornika Siemianówka. W: Gospodarcza i przyrodnicza rola zbiornika wodnego Siemianówka. Konferencja naukowo-techniczna, Siemianówka. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- PETTS G.E. and MADDOCK I., 1994: Flow Allocation for In-river Needs. W: The Rivers Handbook Volume 2. Ed. Calow P. and Petts G.E. Blackwell, Oxford. 289-307.
- PIERZGALSKI E., 1990: Melioracje użytków zielonych - nawodnienia podsiąkowe. Wydawnictwo SGGW-AR.
- PROŃCZUK J., 1973: Zmiany hydrologiczne i cenotyczne w dolinie Narwi na przestrzeni 33 lat - jako podstawa rozważań melioracyjnych. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych nr 134, s. 131-147, Warszawa.
- PUSŁOWSKA D., OKRUSZKO T., TYSZEWSKI S., 1996: Kryteria oceny realizacji zadania zaopatrzenia w wodę użytkowników rolniczych. Przegląd naukowy SGGW, Zeszyt 11, s. 313-322, Warszawa.
- PUSŁOWSKA D., TYSZEWSKI S., 1995: Optymalizacja zasad gospodarowania wodą w zlewni Górnej Narwi z uwzględnieniem ochrony siedlisk hydrogenicznych. Materiały konferencyjne Polsko-Bytyjskiej Konferencji Naukowo-Technicznej: Inżynieria środowiska: współpraca pomiędzy uczelniami wyższymi i przemysłem w zakresie edukacji i badań stosowanych. Instytut Systemów Inżynierii Środowiska, Warszawa.
- QUADE E.S., 1978: An Introduction to System Analysis: What It Is and What It Does. Arch. Automatyki i Telemechaniki, v. 24, z. 4.
- QUERNER E.P. and VAN BAKEL P.J.T., 1990: Description of the Regional Groundwater Flow Model SIMGRO. Winand Staring Centre, Report 7.
- REDDY A.R.Y. and WURBS R.A., 1996: Water Resources Allocation Based on Network Flow Programming. Civil Engineering Systems, vol 13. OPA, Amsterdam. s.75-87.
- RICHLING A. i SOLON J., 1996: Ekologia krajobrazu. PWN, Warszawa.
- ROGUSKI W., SARNACKA S., DRUPKA S., 1988: Instrukcja wyznaczania potrzeb i niedoborów wodnych roślin uprawnych i użytków zielonych. Materiały instruktazowe IMUZ nr 66.
- SAMI K., HUGHES D.A., SMAKTHIN V., 1995: Modelling Runoff from Surface-Subsurface Interactions in Southern Africa. W: Hydrological Processes in the Catchment Scale. Proceedings of the International Conference, Cracow. Ed. B. Więzik. s. 289-301.

- SCHNEIDERS A., VERHAERT E., BLUST G.D., WILS C., BERVOETS L., VERHEYEN R.F., 1993: Towards an Ecological Assessment of Watercourses. *Journal of Aquatic Ecosystem Health*, no2, s. 29-38.
- SIGVAKDASON O.T., 1976: A Simulation Model for Operating a Multipurpose, Multireservoir System. *Water Resources Research*, vol. 12.
- SŁOTA H., 1992: Ekologiczne i ekonomiczno-społeczne uwarunkowania gospodarki wodnej. *Gospodarka Wodna* 7.
- SŁOTA H. i in., 1994: Warunki korzystania z wód zlewni rzeki Kamiennej. Opracowanie wykonane na zlecenie RZGW Warszawa.
- SMOLUCHOWSKA A., 1994: Podstawy gospodarowania zasobami wodnymi w dolinach rzek o szczególnych walorach przyrodniczych. Projekt badawczy Nr 5 0280 91 01. IMUZ, Falenty.
- STANFORD J.A. and WARD J.V., 1992: Management of Aquatic Resources in Large Catchments: Recognizing Interactions Between Ecosystem Connectivity and Environmental Disturbance. W: *Watershed Management: Balancing Sustainability and Environmental Change*. Naiman J.R. (ed.) Springer-Verlag, New York. 91-124.
- SWW SOUTH WEST WATER, 1993: Wimbleball-Exe Water Resources Model. Model and Programmer/User Manual. Exeter.
- SYMONOWICZ A., 1976: Ekonomiczne aspekty gospodarowania zasobami wodnymi w systemach wodno-gospodarczych. *Monografie i Opracowania* 55, SGPiS, Warszawa.
- SZPINDOR A. i PIOTROWSKI J., 1986: *Gospodarka wodna*. PWN, Warszawa.
- SZYMAŃSKI J., 1987: Stawy rybne. W: *Podstawy melioracji rolnych*, t.2. PWRiL, Warszawa.
- TOMIAŁOJC L. i DYRCZ A., 1993: Przyrodnicza wartość dużych rzek i ich dolin w Polsce w świetle badań ornitologicznych. W: *Ochrona Przyrody i środowiska w dolinach nizinnych rzek Polski*. Wydawnictwo Instytutu Ochrony Przyrody PAN. s. 13-36, Kraków.
- TYSZEWSKI S., 1990: Instrukcja obsługi pakietu programowego BILANS. Raport końcowy tematu CPBR 11.10.03.03.04 „Model wspomaganie decyzji w zakresie pozwoleń wodno-prawnych”, Warszawa.
- TYSZEWSKI S., 1995: Wybrane problemy opracowywania zlewniowych bilansów wodno-gospodarczych. VI Ogólnopolska Szkoła Naukowa Gospodarki Wodnej. IMGW, Warszawa.

- TYSZEWSKI S. i OKRUSZKO T., 1994: Optimisation of Water Management in the Middle Basin of the Biebrza River. W: Towards Protection and Sustainable Use of the Biebrza Wetlands: Exchange and Integration of Research Results for the Benefit of a Polish-Dutch Joint Research Plan. Rep. 3. Ed. H. Okruszko i M.J. Wassen, Utrecht.
- TYSZEWSKI S. PUSŁOWSKA D., OKRUSZKO T., 1995: Zasady gospodarowania zasobami wodnymi doliny w sposób zaspokajający potrzeby ekosystemów chronionych i rolniczych. Opracowanie wykonane w ramach Grantu KBN: Rolniczo i ekologicznie zrównoważone zasady gospodarowania zasobami wodnymi i walorami przyrodniczymi w dolinie łęgowej, na przykładzie Górnej Narwi, Warszawa.
- USACE US ARMY CORPS OF ENGINEERS, 1991: Optimization of Multi-Purpose Reservoir System Operations: A Review of Modelling and Analysis Approaches. Hydrologic Engineering Center, California.
- VERMEER J.G. and JOONTEN L.H.J., 1992: Conservation and Management of Bog and Fen Reserves in The Netherlands. W: Fens and Bogs in The Netherlands: Vegetation, History, Nutrient Dynamics and Conservation.
- VAN WALSUM P.E.V., 1992: Water Management in Groote Peel Bog Reserve and Surrounding Agricultural Area. Winand Staring Centre, Report 49.
- WASSEN M.J., 1990: Water Flow as a Major Landscape Ecological Factor in Fen Development. Rijksuniversiteit te Utrecht. Rozprawa doktorska.
- WESSELING J.G., KABAT P., VAN DEN BROEK B.J., FEDDES R.A., 1989: SWACROP: Simulating the Dynamic of the Unsaturated Zone and Water Limited Crop Production. Model Input Instructions. The Winand Staring Centre, SC-DLO, Wageningen.
- WHITER N.E., 1987: A Hydrological and Operational Model of the Roadford Reservoir System. BHS Symposium.
- WILLI H.P., 1992: Protection against Floods: Case Studies in Switzerland. Ecological Rehabilitation of Floodplains. Report No II-6, European Workshop. s. 157-161.
- WIOŚ WOJEWÓDZKI INSPEKTORAT OCHRONY ŚRODOWISKA W BIALYMSTOKU, 1994: Raport o stanie środowiska w województwie białostockim w 1993 roku. Białystok.
- WIOŚ WOJEWÓDZKI INSPEKTORAT OCHRONY ŚRODOWISKA W BIALYMSTOKU, 1995: Raport o stanie środowiska w województwie białostockim w 1994 roku. Biblioteka monitoringu środowiska, Białystok.
- VAN WIRDUM G., 1991: Vegetation and Hydrology of Floating Rich Fen. Thesis University of Amsterdam. Dataywyse Maastricht.

- WITOWSKI K., FILIPKOWSKI A., FILIPKOWSKI R., 1994: Opracowanie znormalizowanych zasad obliczania przepływu nienaruszalnego w systemach rzecznych. Raport końcowy z realizacji projektu badawczego. IMGW, Warszawa.
- WOLFERT H.P., 1992: Geomorphological Differences between River Reaches: Differences in Nature Rehabilitation Potential. Ecological Rehabilitation of Floodplains. Report No II-6, European Workshop. 137-144.
- YOUNG W.J., DAVIS J.R., BOWMER K.H., FAIRWEATHER P.G., 1995: The Feasibility of a Decision Support System for Environmental Flows. CSIRO Consultancy Report No 95/19.
- ŻBIKOWSKI A. i ŻELAZO J., 1996: Ekologiczne uwarunkowania gospodarki wodnej. *Gospodarka Wodna* 1, 1996.
- ŻUREK S. i TOMASZEWICZ H., 1989: Badanie bagien. W: Przewodnik do hydrograficznych badań terenowych. PWN, Warszawa.

ZAŁĄCZNIK

Zawartość załącznika

Tabela Z.1 Wartości współczynników roślinnych k w sezonie wegetacyjnym, dla różnych typów użytkowania gruntów	2
Tabela Z.2. Wartości pożądanych stanów końcowych zwierciadła wody gruntowej oraz maksymalnej i minimalnej głębokości odwodnienia	2
Tabela Z.3 Wartości obszarowego współczynnika zmiany retencji	2
Tabela Z.4 Zestawienie danych dotyczących użytkowania zlewni II rzędu	3
Tabela Z.5 Zestawienie przekrojów bilansowych dla zlewni Górnej Narwi	5
Opis programu NAREW	7
Struktura i zawartość zbioru DANE.	8
Struktura i zawartość zbioru BILANS	11
Struktura i zawartość zbioru HYD-MET.DEK.	12
Struktura i zawartość zbioru WAGI.	13
Struktura i zawartość zbiorów wynikowych	14
Przykład zbioru WYNIKI	15
Opis programu ZLEWNIA	17
Struktura i zawartość zbioru DANE.	17
Struktura i zawartość zbioru HYD-ZLEW.DEK.	19
Struktura i zawartość zbiorów wynikowych	20
Przykład zbioru WYNIKI	20

Tabela Z.1 Wartości współczynników roślinnych k w sezonie wegetacyjnym, dla różnych typów użytkowania gruntów, w zależności od numeru dekady. W pozostałych dekadach roku współczynnik przyjmuje wartość równą 0.0.

Nr dekady	Typ użytkowania			Nr dekady	Typ użytkowania		
	łąka dwukośna	łąka trzykośna	pastwisko		łąka dwukośna	łąka trzykośna	pastwisko
16	0.93	0.93	0.93	25	1.00	1.11	1.10
17	0.93	0.93	0.93	26	1.00	1.15	1.15
18	0.95	0.95	0.99	27	1.05	0.78	1.15
19	1.06	1.06	1.13	28	1.09	0.97	1.00
20	1.28	1.28	1.04	29	1.26	1.07	1.05
21	1.31	1.31	1.20	30	1.30	1.18	1.15
22	1.43	0.76	0.80	31	1.15	1.34	1.20
23	0.90	0.95	1.02	32	1.15	1.41	1.40
24	0.98	1.08	1.25	33	1.15	1.41	1.40

Tabela Z.2. Wartości pożądanych stanów końcowych zwierciadła wody gruntowej oraz maksymalnej i minimalnej głębokości odwodnienia w zależności od rodzaju użytkowania gruntów i rodzaju gleby.

	Rodzaj gleby					
	Prognostyczne kompleksy wilgotnościowo-glebowe (PKWG) A i AB			Prognostyczne kompleksy wilgotnościowo-glebowe (PKWG) C, CD i D		
Maksymalna dopuszczalna głębokość odwodnienia [cm]	90			55		
Minimalna głębokość odwodnienia [cm]	30			15		
Pożądany stan końcowy zwierciadła wody gruntowej [cm]	Rodzaj użytkowania					
	łąka dwukośna	łąka trzykośna	pastwisko	łąka dwukośna	łąka trzykośna	pastwisko
	70	60	60	35	30	40

Tabela Z.3 Wartości obszarowego współczynnika zmiany retencji (μ) w zależności od rodzaju gleby oraz typu warunków meteorologicznych

Typ warunków meteorologicznych	Rodzaj gleby	
	PKWG A i AB	PKWG C, CD i D
dlugotrwała susza	0.25	0.40
warunki przeciętne	0.18	0.32
okres deszczowy	0.10	0.17

Tabela Z.4 Zestawienie danych dotyczących użytkowania zlewni II rzędu

Lp.	Nazwa rzeki	Przekrój bilansowy	Powierzchnia zlewni [km ²]	QN [m ³ /s]	Stawy rybne	Nawodnienia podsiąkowe [ha]		Nawodnienia - regulowany odpływ [ha]	
						Wariant intensywny	Wariant ekstensywny	Wariant intensywny	Wariant ekstensywny
1	Narew do przekroju P1 z wyłączeniem Luplanki	P1	1049.4	0.672	-	-	-	487	233
2	Narewka	P3	710.7	0.705	-	241	150	592	204
3	Orlanka	P7	520.5	0.450	S17	9828	1740	2779	342
4	Neresz	P16	283.1	0.580	S16	1716	769	1805	869
5	Biała	P23	115.0	0.130	S11, S12	220	48	373	-
6	Supraśl do przekroju P18 z wyłączeniem Cieku Tartacznoego	P18	140.3	0.243	-	1174	524	2611	500
7	Sokolada do przekroju P24 z wyłączeniem Pogoniew	P24	179.5	0.368	S7, S8, S18	379	17	868	39
8	Luplanka	P1	42.6	0.026	-	131	67	141	75
9	Rudnik	P3	40.6	0.024	-	343	131	343	131
10	Olszanka	P4	23.7	0.014	-	295	70	182	126
11	Makówka	P4	27.0	0.016	-	-	-	2160	338
12	Ruda	P5	64.8	0.039	-	92	66	944	396
13	Małynka	P5	50.3	0.030	-	228	44	1656	36
14	Kanal Tymniewicze	P5	61.0	0.037	-	1127	522	1083	577
15	Rudnia	P5	88.6	0.053	-	2058	107	155	14
16	Czarna Kloda	P6	52.7	0.032	-	1680	195	-	-
17	Łoknica	P6	175.3	0.105	-	3458	444	2002	96
18	Ciek spod Krzwickich	P7	57.1	0.034	-	1517	104	768	-
19	Pulszanka	P8	142.9	0.086	-	3343	140	347	62
20	Liza	P10	134.5	0.081	S1	1142	458	1886	151
21	Szeroka Struga	P10	39.5	0.024	-	-	-	2048	15
22	Awissa	P10	60.0	0.036	-	859	157	1330	200
23	Turośnianka	P10	130.70	0.078	-	1510	69	4608	204
24	Czaplinianka	P10	78.9	0.047	S2, S3	127	48	259	-
25	Chorodnianka	P12	76.8	0.046	-	685	100	1058	90
26	Kulikówka	P14	53.4	0.032	S13	496	91	235	43
27	Jaskranka	P14	120.1	0.072	S15	796	340	1798	771
28	Ślina	P17	359.7	0.216	-	-	-	1996	204
29	Ciek Tartaczny	P18	67.0	0.040	-	674	-	120	-

Tabela Z.4 c.d.

Lp.	Nazwa rzeki	Przekrój bilansowy	Powierzchnia zlewni [km ²]	QN [m ³ /s]	Stawy rybne	Nawodnienia podsiakowe [ha]		Nawodnienia - regulowany odpływ [ha]	
						Wariant intensywny	Wariant ekstensywny	Wariant intensywny	Wariant ekstensywny
30	Ciek spod Soffpola	P19	20.0	0.012	-	134	40	-	-
31	Słota	P20	219.0	0.131	-	-	-	765	-
32	Płoska	P21	215.0	0.129	-	2191	137	248	-
33	Pilnica	P21	34.7	0.021	S9	-	-	-	-
34	Czarna	P22	196.0	0.118	S10	126	11	266	-
35	Pogonica	P24	40.5	0.024	-	312	174	963	536
36	Kamionka	P25	54.4	0.033	-	-	-	354	239
37	Jatówka	P25	50.5	0.030	S19	-	-	-	-

Tabela Z.5 Zestawienie przekrojów bilansowych w zlewni Górnej Narwi

Lp.	Nazwa przekroju	Rzeka	Ident.	Powierzchnia [km ²]	Kilometraż [km]	Rzeki przypisane do przekroju	Powierzchnia zlewni [km ²]
1	Zbiornik Siemianówka	Narew	P1	1092.0		Łuplanka	42.6
2	Wodowskaz Bondary	Narew	P2	1094.6	431.7		
3	Poniziej ujścia Narewki (Przekrój Dembka P51 - hydr.3)	Narew	P3	1865.8	422.8	Narewka Rudnik Wodowskaz Narewka	710.7 40.6 590.4
4	Wodowskaz Narew	Narew	P4	1978.0	410.0	Makówka Olszanka	27.0 23.7
5	Przekrój Dembka P37 - hydr.2	Narew	P5	2265.0*	401.2*	Ruda Małynka Rudnia Kanał Tyniewicze	64.8 50.3 88.6 61.0
6	Wodowskaz Ploski (Przekrój Dembka P24 - hydr.3)	Narew	P6	2537.9	384.1	Czarna (Kłoda) Łoknica	52.7 175.3
7	Poniziej dopływu Orłanki	Narew	P7	3137.6	376.8	Orłanka Ciek spod Krynickich Wodowskaz Chraboty	520.5 57.1 482.7
8	Przekrój Dembka P1A - hydr.4	Narew	P8	3345.0*	364.3*	Pulszanka	142.9
9	Wodowskaz Suraż	Narew	P9	3376.5	355.3		
10	Most w Kruszewie	Narew	P10	4104.8	335.7	Liza Szeroka Struga Awissa Turośnianka Czaplinianka	134.5 39.5 60.0 130.7 78.9
11	Jaz w Rzędzianach (Przekrój Smoluchowskiej)	Narew	P11	4210.0*	310.1*		
12	Wodowskaz Żółtki	Narew	P12	4302.3	302.2	Horodnianka	76.8
13	Jaz w Złotorii (poniziej ujścia Supraśli)	Narew	P13	6152.3	299.8	Supraśl Wodowskaz Fastv	1844.4 1816.6
14	Jaz w Górze	Narew	P14	6350.0*	288.6*	Kulikówka Jaskranka	53.4 120.1

Tabela Z.5 c.d.

Lp.	Nazwa przekroju	Rzeka	Ident.	Powierzchnia [km ²]	Kilometraż [km]	Rzeki przypisane do przekroju	Powierzchnia zlewni [km ²]
15	Jaz w Tykocinie	Narew	P15	6427.5	281.9		
16	Poniżej ujścia Nercsi	Narew	P16	6782.4	279.5	Nercsi Wodowskaz Kulesze	283.1 279.3
17	Wodowskaz Strękowa Góra	Narew	P17	7180.6	261.7	Slina	359.7
18	Wodowskaz Gródek	Supraśl	P18	207.3	71.0	Ciek Tartaczny	67.0
19	Wodowskaz Nowosiółki	Supraśl	P19	348.6	51.6	Ciek spod Sofipola	20.0
20	Poniżej ujścia Sokoldy	Supraśl	P20	1076.6	45.1	Sokolda Słoja	484.2 107.0
21	Zbiornik Supraśl	Supraśl	P21	1431.3		Pilnica Płoska	34.7 215.2
22	Poniżej ujścia Czarnej	Supraśl	P22	1650.0		Czarna	195.8
23	Wodowskaz Fasty (poniżej ujścia Białej)	Supraśl	P23	1816.6	7.0	Biała Wodowskaz Zawady	115.4 108.5
24	Powyżej ujścia Jalówki	Sokolda	P24	220.0		Pogonica	40.5
25	Zbiornik Sokolda (powyżej wodowskazu Sokolda)	Sokolda	P25	434.5		Jalówka Kamionka	50.5 54.4
26	Wodowskaz Sokolda	Sokolda	P26	464.0	6.8		
27	Koniec I odcinka kanału Narew-Supraśl	Kanał N-S	P27				

OPIS PROGRAMU NAREW

Program NAREW przeznaczony jest do prowadzenia wodno-gospodarczych analiz bilansowych dla systemu Górnej Narwi i Supraśli. Umożliwia on symulowanie rozrządu wody w systemie dla wybranego wielolecia oraz ocenę stopnia realizacji zadań systemu dla różnych wariantów gospodarowania wodą. Prowadzenie obliczeń programem NAREW wymaga wcześniejszego dokonania bilansu dla 37 zlewni II rzędu wyróżnionych w systemie. Bilans dla zlewni II rzędu opracowywany jest przy użyciu programu ZLEWNIA, opisanego w dalszej części załącznika 1. Do obliczeń bilansowych program NAREW wykorzystuje dane hydro-meteorologiczne, dane dotyczące użytkowania zasobów wodnych i hierarchii zaspokajania potrzeb, dane o obiektach hydrotechnicznych oraz wyniki obliczeń bilansowych w zlewniach II rzędu. Dane do programu zestawione są w zbiorach: DANE, WAGI, BILANS oraz HYD-MET.DEK.

Program umożliwia wariantowanie:

1. Hierarchii użytkowania zasobów wodnych;
2. Parametrów obiektów hydrotechnicznych:
 - pojemności oraz parametrów planu dyspozytorskiego dla zbiorników retencyjnych;
 - przepustowości kanału przerzutowego;
3. Wielkości potrzeb użytkowników wody:
 - średnich dekadowych zapotrzebowań na wodę użytkowników komunalnych i przemysłowych;
 - parametrów obszarów zmeliorowanych nawadnianych podsiąkowo ze stałym poziomem wody gruntowej (powierzchnia obiektów, rodzaj użytkowania);
 - powierzchni obszarów zmeliorowanych nawadnianych podsiąkowo z regulowanym odpływem;
 - powierzchni i pojemności stawów rybnych;
4. Parametrów związanych z zadaniem ochrony przed powodzią (okres realizacji zadania, wielkości przepływu dozwolonego).

Struktura i zawartość zbioru DANE

Dane liczbowe do zbioru DANE powinny być przygotowane w formacie swobodnym w przedstawionej poniżej kolejności.

Grupa danych podstawowych

REKORD 1 - dane podstawowe charakteryzujące wymiarowość zadania sieciowego:

NLAT, NRP, NOM, NLUK, NWEZ, NSTRAT, NITER, NUZYT, NPRZEKR, NZBIOR, IDRUK

NLAT - liczba analizowanych lat.

NRP - numer roku początkowego.

NOM - liczba obiektów melioracyjnych nawadnianych podsiąkowo ze stałym poziomem wody gruntowej,

NLUK - liczba luków sieci,

NWEZ - liczba węzłów sieci.

NSTRAT - liczba luków strat wody u użytkowników.

NITER - maksymalna liczba iteracji algorytmu Out-of-Kilter.

NUZYT - liczba użytkowników.

NPRZEKR - przekrojów bilansowych.

NZBIOR - zbiorników retencyjnych.

IDRUK - zmienna sterująca wydrukiem wyników pośrednich w modelu obiektów melioracyjnych nawadnianych podsiąkowo ze stałym poziomem wody gruntowej (IDRUK=0 - bez wydruków),

REKORD 2 - dane dotyczące użytkowników ze stratami wody:

LKPOB(I), LKSTR(I), LKZRZ(I). I=1..NSTRAT

LKPOB - numer luku poboru wody.

LKSTR - numer luku strat.

LKZRZ - numer luku zrzutu

Grupa danych dotyczących wspomaganie wiosennych zalewów doliny:

REKORD 3 - nr dekady początkowej i końcowej okresu zalewowego:

NDPoz, NDKoz

REKORD 4 - przepływy wywołujące zalew o optymalnej wielkości dla wytypowanych przekrojów [m³/s]:

Qopt3, Qopt4, Qopt5, Qopt8, Qopt10

REKORD 5 - minimalne wielkości przepływu w okresie zalewowym dla wytypowanych przekrojów [m³/s]:

Qmin3, Qmin4, Qmin5, Qmin8, Qmin10

REKORD 6 - współczynniki retencyjności doliny:

FiZal1, FiZal2,....., FiZal10

REKORD 7 - współczynniki strat wody:

Gamma1, Gamma2,....., Gamma10

REKORD 8 - wielkości przepływów brzegowych dla wytypowanych przekrojów [m³/s]:

Qbrzeg1, Qbrzeg2,....., Qbrzeg10

REKORD 9 - wielkości przepływów granicznych dla Narewki i Orlanki [m³/s]:

QgrNar, QgrChr

REKORD 10 - graniczna liczba dekad do kryterium miary niezawodności realizacji zadania zachowania przepływu nienaruszalnego wg kryterium krajobrazowego:

LDgr

Grupa danych dotyczących zbiorników retencyjnych:*Zbiornik Siemianówka*

REKORD 11 - pojemność zbiornika [mln m³], napelnienie początkowe [mln m³], współczynniki zależności powierzchni zalewu od napelnienia zbiornika:

VZ, VP, WspA, WspB, WspC

REKORD 12 - pojemność pierwszej warstwy zbiornikowej w poszczególnych dekadach roku [mln m³]:

(VD1(I), I=1,36)

REKORD 13 - pojemność rezerwy przeciwpowodziowej w poszczególnych dekadach roku [mln m³]:

(VRS(I), I=1,36)

REKORD 14 - średnie dekadowe wielkości strat wody na parowanie z powierzchni zbiornika w poszczególnych dekadach roku [mm]:

(StrPar(I), I=1,36)

Zbiornik Supraśl

REKORD 15, REKORD 16, REKORD 17, REKORD 18

Zbiornik Sokolda

REKORD 19, REKORD 20, REKORD 21, REKORD 22

Grupa danych dotyczących użytkowników wody

REKORD 23 - średnie dekadowe potrzeby Cukrowni Lapy w poszczególnych dekadach roku [m³/s]:

(Lapy(I), I=1,36)

REKORD 24 - współczynniki strat wody w poszczególnych dekadach roku [-]:

(FiLapy(I), I=1,36)

REKORD 25 - średnie dekadowe potrzeby Białegostoku w poszczególnych dekadach roku [m³/s]:

(Bialy(I), I=1,36)

REKORD 26 - współczynniki strat wody w poszczególnych dekadach roku [-]:

(Fi Bialy(I), I=1,36)

REKORD 27 - średnie dekadowe pobory wody dla Białegostoku z ujęcia wód podziemnych w poszczególnych dekadach roku [m³/s]:

(Ujecie(I), I=1,36)

REKORD 28 - przepustowość kanału przerzutowego Narew-Supraśl w poszczególnych dekadach roku [m³/s]:

(Kanal(I), I=1,36)

Grupa danych dotyczących stawów rybnych

REKORD 29 - dane do modelu stawów rybnych:

FStawy, VStawy, NrDPPob, NrDKpob, QmaxPob, NrDPzrz, NrDKzrz, QmaxZrz, Vgr

FStawy - powierzchnia [ha],

VStawy - pojemność [mln m³],

NrDPPob, NrDKpob - numer początkowej i końcowej dekady okresu napelniania stawów,

QmaxPob - przepustowość urządzeń doprowadzających wodę [m³/s],

NrDPzrz, NrDKzrz - numer początkowej i końcowej dekady okresu opróżniania stawów,

QmaxZrz - przepustowość urządzeń odprowadzających wodę [m³/s],

Vgr - graniczne napelnienie stawu [mln m³],

REKORD 30 - wartości współczynnika umożliwiającego przeliczanie ewapotranspiracji potencjalnej na parowanie z powierzchni stawów w poszczególnych dekadach roku [-];

(WspAlfa(J), J=1,36)

REKORD 31 - średnie dekadowe wymagania przepływu w przekroju Strękowa Góra (ponad przepływ hydrobiologiczny) wynikające z potrzeb wodnych użytkowników zlokalizowanych w zlewni Dolnej Narwi w poszczególnych dekadach roku [m³/s];

(QNDln(I), I=1,36)

Grupa danych dotyczących przepływów nienaruszalnych wg kryterium krajobrazowego w wytypowanych przekrojach

REKORDY 32... 52 - średnie dekadowe wielkości przepływu nienaruszalnego wg kryterium krajobrazowego w poszczególnych dekadach roku dla przekrojów 1-12 oraz 18-26 [m³/s];

(QP(I), I=1,36)

W przekrojach, dla których nie definiowano zadania zachowania przepływu nienaruszalnego wg kryterium krajobrazowego wielkość tego przepływu równa jest przepływowi nienaruszalnemu hydrobiologicznemu.

Grupa danych do modelu obiektów melioracyjnych nawadnianych podsiąkowo ze stałym poziomem wody gruntowej

REKORD 53...88 - wartości współczynników roślinnych dla różnych typów użytkowania gruntów w poszczególnych dekadach roku [-];

(WspK(I,J), I=1,36, J=1,3)

REKORD 89...124 - wartości pożądanego stanu końcowego zwierciadła wody w zależności od rodzaju użytkowania gruntów i rodzaju gleby [cm];

(H2c(I,J), I=1,36, J=1,6)

REKORD 125...127 - wartości obszarowego współczynnika zmiany retencji w zależności od rodzaju gleby i typu warunków meteorologicznych [-];

(Mi(I,J) I=1, 3, J=1,2)

REKORD 128 - wartości maksymalnej dopuszczalnej głębokości odwodnienia w zależności od rodzaju gleby [cm];

(H3(I), I=1,2)

REKORD 129 - wartości minimalnej dopuszczalnej głębokości odwodnienia w zależności od rodzaju gleby [cm];

(H1(I), I=1,2)

Grupa danych dotyczących poszczególnych obiektów melioracyjnych**REKORD 130 - nazwa i identyfikator obiektu**

NAMEOMPod, IdOMPod

REKORD 131 - nazwa i identyfikator stacji meteorologicznej

Stacja, IdStacja

REKORD 132 - liczba jednostek nawadnianych w obiekcie, współczynnik wykorzystania wody oraz przepustowość urządzeń doprowadzających wodę:

LJ, ETA, QuMAX

REKORD 133 - rodzaje gleby w poszczególnych jednostkach nawadnianych:

(IG(I), I=1, LJ)

REKORD 134 - rodzaje użytkowania w poszczególnych jednostkach nawadnianych:

(IU(I), I=1, LJ)

REKORD 135 - kolejność zaspokajania potrzeb poszczególnych jednostek:

(IK(I), I=1, LJ)

REKORD 136 - powierzchnie nawadniane w poszczególnych jednostkach, [ha]:

(F(I), I=1, LJ)

REKORD 137... 227 - Dane dla kolejnych obiektów melioracyjnychGrupa danych dotyczących obiektów melioracyjnych z regulowanym odpływem**REKORD 228 - liczba obiektów, przepływ graniczny [m³/s]:**

NOMROd, QgrSura

REKORD 229... 254 - powierzchnia zlewni [km²], powierzchnia obiektu [ha], współczynnik charakteryzujący ilość wody zatrzymywanej na obiekcie dla kolejnych obiektów [-]:

FZIRoz, OMROd, WspROd

Struktura i zawartość zbioru BILANS

Zbiór "BILANS" zawiera wyniki obliczeń bilansowych dla zlewni II rzędu wykonanych przy użyciu programu ZLEWNIA. Struktura zbioru BILANS jest następująca:

REKORDY [1... NLAT] - średnie dekadowe dopływy ze zlewni II rzędu do 1-go przekroju bilansowego w sieciowym modelu rzek głównych w poszczególnych dekadach kolejnych lat rozpatrywanego wielolecia:

(QB-1(K), K=1.. 36)

REKORDY [J*NLAT+1... (J+1)*NLAT, (J=1, NPRZEKR, I=1, NLAT)]

średnie dekadowe dopływy ze zlewni II rzędu do kolejnych przekrojów bilansowych (J) rzek głównych w poszczególnych dekadach kolejnych lat rozpatrywanego wielolecia:

(QB-J(K), K=1.. 36)

Struktura i zawartość zbioru HYD-MET.DEK

Zbiór "HYD-MET.DEK" zawiera średnie dekadowe wielkości przepływów nienaruszalnych wg kryterium hydrobiologicznego i przepływów dozwolonych dla wszystkich przekrojów bilansowych, wartości przepływów średnich dekadowych w rozpatrywanym wieloleciu dla przekrojów wodowskazowych oraz dekadowe sumy opadów i ewapotranspiracji potencjalnej.

Poniżej przedstawiono zawartość kolejnych rekordów w zbiorze HYD-MET.DEK.

REKORD 1...27 - wartości przepływów nienaruszalnych wg kryterium hydrobiologicznego w kolejnych przekrojach bilansowych w poszczególnych dekadach roku [m^3/s],

(QNH-J(I), I=1, 36, J=1, NPRZEKR)

REKORD 28...54 - wartości przepływów dozwolonych w kolejnych przekrojach bilansowych w poszczególnych dekadach roku [m^3/s],

(QD-J(I), I=1, 36, J=1, NPRZEKR)

REKORD 55...55+NLAT - średnie dekadowe wartości przepływów dla pierwszego przekroju wodowskazowego w poszczególnych latach rozpatrywanego wielolecia [m^3/s],

(QWod-1(I), I=1, 36) J=1, NPRZEKR

REKORDY [55 + J*NLAT+1 ... 55 + (J+1)*NLAT, (J=1, NWod, I=1, NLAT)]

średnie dekadowe wartości przepływów dla kolejnych przekrojów wodowskazowych w poszczególnych latach rozpatrywanego wielolecia [m^3/s],

(QWod-J(I), I=1, 36, J=1, NPRZEKR)

REKORD 559...559+NLAT - średnie dekadowe sumy opadów w poszczególnych latach rozpatrywanego wielolecia [mm],

(P(I), I=1, 36)

REKORD 595...595+NLAT - średnie dekadowe sumy ewapotranspiracji potencjalnej w poszczególnych latach rozpatrywanego wielolecia [mm],

(ETP(I), I=1, 36)

Struktura i zawartość zbioru WAGI

Zbiór "WAGI" zawiera wartości współczynników wagowych charakteryzujących hierarchię użytkowania zasobów wodnych. Wagi te przypisane są łukom modelu sieciowego odpowiadającym poszczególnym rodzajom użytkowania zasobów wodnych.

Poniżej przedstawiono zawartość kolejnych rekordów w zbiorze WAGI.

REKORD 1 - przepływy nienaruszalne hydrobiologiczne:

WQNH1, ..., WQNH27

REKORD 2 - przepływy nienaruszalne krajobrazowe:

WQNK1, ..., WQNK12, WQNK18, ..., WQNK26

REKORD 3 - podwyższanie zalewu:

WPZa3, WPZa4, WPZa5, WPZa8, WPZa10

REKORD 4 - straty wody na retencję w dolinie, przekroje z wymaganiami zalewu:

WRet3, WRet4, WRet5, WRet8, WRet10

REKORD 5 - obiekty melioracyjne:

WOM1, ..., WOM7, WOMS1, WOMS2, WOMS3, WOMS4, WOMS7

REKORD 6 - przepływy powyżej przepływu dozwolonego - straty powodziowe:

WSpow1, WSpow2, WR3, WR4, WR5, WSpow6, WSpow7, WR8, WSpow9, WR10, WR11, ..., WR26

REKORD 7 - przepływy powodujące stratę na retencję w dolinie, przekroje bez wymagania zalewu:

WPU1, WPU2, WPU6, WPU7, WPU9

REKORD 8 - straty wody na retencję w dolinie, przekroje bez wymagania zalewu:

WRet1, WRet2, WRet6, WRet7, WRet9

REKORD 9 - Cukrownia Lapy: pobór, strata:

WPPLapy, WSLapy

REKORD 10 - ewapotranspiracja w NPK:

WETPPark

REKORD 11 - Białystok: pobór, strata:

WPPBialy, WSBialy

REKORD 12 - potrzeby Dolnej Narwi:

WNDln

REKORD 13 - potrzeby stawów rybnych:

WStawy

REKORD 14 - Zbiornik Siemianówka napelnienia:

WVD1, WVD2, WVRS

REKORD 15 - Zbiornik Siemianówka, straty na parowanie:

WSPar

REKORD 16 -Zbiornik Supraśl napelnienia:

WVD1, WVD2, WVRS

REKORD 17 -Zbiornik Siemianówka, straty na parowanie:

WSPar

REKORD 18 -Zbiornik Sokolda napelnienia:

WVD1, WVD2, WVRS

REKORD 19 -Zbiornik Siemianówka, straty na parowanie:

WSPar

REKORD 20 -obiekty melioracyjne z regulowanym odpływem:

WPOMROd1..., WPOMROd26

Struktura i zawartość zbiorów wynikowych

Wynikami obliczeń bilansowych prowadzonych programem NAREW są wartości kryteriów oceny stopnia realizacji zadań systemu oraz wynikające z bilansu wielkości przepływów (badź napelnień) dla wszystkich odcinków rzek, użytkowników oraz zbiorników retencyjnych. Wyniki te zestawione są w zbiorach: WYNIKI, STAN, POB, QBIL i POT. W zbiorze o nazwie zdefiniowanej przez użytkownika w trakcie działania programu zawarte jest syntetyczne zestawienie wartości kryteriów oceny stopnia realizacji zadań systemu dla wyróżnionych grup użytkowników wody.

W zbiorze STAN znajduje się zestawienie napelnienia zbiorników retencyjnych w poszczególnych dekadach kolejnych lat wielolecia. Dodatkowo w zbiorze tym znajdują się stany końcowe położenia zwierciadła wód gruntowych dla obiektów melioracyjnych nawadnianych podsiąkowo ze stałym poziomem wody gruntowej oraz stany końcowe napelnienia stawów rybnych w poszczególnych dekadach analizowanego wielolecia. W zbiorach POT i POB zestawione są odpowiednio wielkości potrzeb i poborów wody użytkowników systemu dla poszczególnych dekad kolejnych lat wielolecia.

Przykładowy zbiór wyników syntetycznych:

W0 |0.975-1.000 |0.947-1.000 |0.906-0.906 |0.686-0.686 |0.994-1.000 |0.978-1.000 |0.972 |0.929 |0.992 |1.000 |0.694-0.694 |3-3

Przykład zbioru WYNIKI:

Wariant: W0

Wariant odniesienia

Lp.	Nazwa uzytkownika	Pmax	Gt	Gv	M.Niez	M.N.Qopt	I.I.Qmin
1	Przepływ nienaruszalny nr 1	1.00	0.975	0.997	----	----	----
2	Przepływ nienaruszalny nr 2	0.70	0.997	1.000	----	----	----
3	Przepływ nienaruszalny nr 3	0.74	1.000	1.000	----	----	----
4	Przepływ nienaruszalny nr 4	1.32	0.999	1.000	----	----	----
5	Przepływ nienaruszalny nr 5	1.37	1.000	1.000	----	----	----
6	Przepływ nienaruszalny nr 6	1.53	1.000	1.000	----	----	----
7	Przepływ nienaruszalny nr 7	1.60	1.000	1.000	----	----	----
8	Przepływ nienaruszalny nr 8	1.77	1.000	1.000	----	----	----
9	Przepływ nienaruszalny nr 9	1.90	1.000	1.000	----	----	----
10	Przepływ nienaruszalny nr 10	2.77	1.000	1.000	----	----	----
11	Przepływ nienaruszalny nr 11	2.94	1.000	1.000	----	----	----
12	Przepływ nienaruszalny nr 12	3.00	1.000	1.000	----	----	----
13	Przepływ nienaruszalny nr 13	4.55	1.000	1.000	----	----	----
14	Przepływ nienaruszalny nr 14	4.69	1.000	1.000	----	----	----
15	Przepływ nienaruszalny nr 15	4.77	1.000	1.000	----	----	----
16	Przepływ nienaruszalny nr 16	5.07	1.000	1.000	----	----	----
17	Przepływ nienaruszalny nr 17	5.40	1.000	1.000	----	----	----
18	Przepływ nienaruszalny nr 18	0.24	0.947	0.991	----	----	----
19	Przepływ nienaruszalny nr 19	0.46	0.988	0.999	----	----	----
20	Przepływ nienaruszalny nr 20	1.12	1.000	1.000	----	----	----
21	Przepływ nienaruszalny nr 21	1.50	1.000	1.000	----	----	----
22	Przepływ nienaruszalny nr 22	1.70	1.000	1.000	----	----	----
23	Przepływ nienaruszalny nr 23	1.90	1.000	1.000	----	----	----
24	Przepływ nienaruszalny nr 24	0.37	0.991	0.999	----	----	----
25	Przepływ nienaruszalny nr 25	0.85	0.978	0.997	----	----	----
26	Przepływ nienaruszalny nr 26	0.89	0.980	0.998	----	----	----
27	Przepływ nienaruszalny nr 27	----	----	----	----	----	----
28	Przepływ krajobrazowy nr 1	----	----	----	----	----	----
29	Przepływ krajobrazowy nr 2	----	----	----	----	----	----
30	Przepływ krajobrazowy nr 3	----	----	----	----	----	----
31	Przepływ krajobrazowy nr 4	----	----	----	----	----	----
32	Przepływ krajobrazowy nr 5	----	----	----	----	----	----
33	Przepływ krajobrazowy nr 6	----	----	----	----	----	----
34	Przepływ krajobrazowy nr 7	----	----	----	----	----	----
35	Przepływ krajobrazowy nr 8	----	----	----	----	----	----
36	Przepływ krajobrazowy nr 9	----	----	----	----	----	----
37	Przepływ krajobrazowy nr 10	14.00	0.906	0.923	1.000	----	----
38	Przepływ krajobrazowy nr 11	----	----	----	----	----	----
39	Przepływ krajobrazowy nr 12	----	----	----	----	----	----
40	Przepływ krajobrazowy nr 18	0.80	0.686	0.774	1.000	----	----
41	Przepływ krajobrazowy nr 19	----	----	----	----	----	----
42	Przepływ krajobrazowy nr 20	----	----	----	----	----	----
43	Przepływ krajobrazowy nr 21	----	----	----	----	----	----
44	Przepływ krajobrazowy nr 22	----	----	----	----	----	----
45	Przepływ krajobrazowy nr 23	----	----	----	----	----	----
46	Przepływ krajobrazowy nr 24	----	----	----	----	----	----
47	Przepływ krajobrazowy nr 25	----	----	----	----	----	----
48	Przepływ krajobrazowy nr 26	----	----	----	----	----	----
49	Obiekt melioracyjny nr 1	4.00	1.000	203.822	----	----	----
50	Obiekt melioracyjny nr 2	0.45	1.000	186.612	----	----	----
51	Obiekt melioracyjny nr 3	0.18	1.000	166.049	----	----	----
52	Obiekt melioracyjny nr 4	0.48	1.000	186.327	----	----	----
53	Obiekt melioracyjny nr 5	0.13	1.000	197.400	----	----	----
54	Obiekt melioracyjny nr 6	0.66	0.994	180.550	----	----	----
55	Obiekt melioracyjny nr 7	1.11	0.998	174.345	----	----	----
56	Obiekt melioracyjny nr 1S	1.50	0.998	208.282	----	----	----
57	Obiekt melioracyjny nr 2S	0.23	1.000	213.405	----	----	----
58	Obiekt melioracyjny nr 3S	0.13	1.000	212.952	----	----	----
59	Obiekt melioracyjny nr 4S	0.18	0.978	186.050	----	----	----
60	Obiekt melioracyjny nr 7S	1.15	0.989	194.917	----	----	----
61	Obiekt melioracyjny nr 8S	----	----	----	----	----	----
62	Zalaw nr 3	----	----	----	----	----	----
63	Zalaw nr 4	----	----	----	----	----	----
64	Zalaw nr 5	----	----	----	----	----	----
65	Zalaw nr 8	----	----	----	----	----	----
66	Zalaw nr 10	86.47	0.951	0.998	0.694	0.667	3
67	Cukrownia Lapy	0.18	1.000	1.000	----	----	----
68	Białystok	0.67	0.992	0.998	----	----	----
69	Stawy rybne	----	----	0.929	0.972	----	----
70	Park-ewapotranspiracja	----	----	----	----	----	----
71	Narew Dolna	----	----	----	----	----	----

Przekroj	DQmax	MNPow
P-1	44.3	0.944
P-17	53.0	0.972
P-18	8.1	0.333
P-23	11.7	0.833
P-26	1.9	0.972

Rok	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P23	P26	P27
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	1.5	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	0.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	11.2	0.0	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	5.5	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0
29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	0.2	0.0	0.0
30	44.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	53.0	2.9	11.7	1.9	0.0
31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0
32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0
33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
34	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0
36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0

OPIS PROGRAMU ZLEWNIA

Program ZLEWNIA przeznaczony jest do wykonywania obliczeń bilansowych dla 37 zlewni II rzędu w wodno-gospodarczym systemie Górnej Narwi i Supraśli. Rozrząd wody pomiędzy użytkowników w zlewni dokonywany jest zgodnie z ustaloną hierarchią zaspokajania potrzeb. Do obliczeń bilansowych program ZLEWNIA wykorzystuje dane hydro-meteorologiczne oraz dane dotyczące użytkowania zasobów wodnych. Dane do programu zestawione są w zbiorach: DANE oraz HYD-ZLEW.DEK.

Struktura i zawartość zbioru DANE

Grupa danych podstawowych

REKORD 1 - dane podstawowe charakteryzujące wymiarowość zadania obliczeniowego:

NLAT, NRP, NZlewni, IDRUK

NLAT - liczba analizowanych lat,

NRP - numer roku początkowego.

NZlewni - liczba badanych zlewni II rzędu

IDRUK - zmienna sterująca wydrukiem wyników pośrednich w modelu obiektów melioracyjnych nawadnianych podsiąkowo ze stałym poziomem wody gruntowej (IDRUK=0 - bez wydruków),

REKORD 2 - przepływ graniczny dla obiektów melioracyjnych z regulowanym odpływem [m³/s]:

QgrSuraz

REKORDY 3...76 - dane podstawowe o badanych zlewniach: nazwa, identyfikator oraz powierzchnia zlewni [km²]:

RZEKA(1),IDRZEKA(1)

FZlewni(1)

.....

RZEKA(NZlewni),IDRZEKA(NZlewni)

FZlewni(NZlewni)

Grupa danych o przepływach nienaruszalnych wg kryterium hydrobiologicznego

REKORDY 77...113 - przepływ nienaruszalny wg kryterium hydrobiologicznego w poszczególnych dekadach roku [m³/s] dla badanych zlewni:

(QN(1,I), I=1,36)

.....

(QN(NZlewni,I), I=1,36)

Grupa danych dotyczących stawów rybnych

REKORD 114 - wartości współczynnika umożliwiającego przeliczenie ewapotranspiracji potencjalnej na parowanie z powierzchni stawów w poszczególnych dekadach roku [-]:

(WspAlfa(J), J=1,36)

REKORDY 115-142 - dane do modelu stawów rybnych dla poszczególnych zlewni:

FStawy(1), VStawy(1), NrDPpob(1) .NrDKpob(1), QmaxPob(1), NrDPzrz(1), NrDKzrz(1), QmaxZrz(1), Vgr (1)

.....

FStawy(NZlewni), VStawy(NZlewni), NrDPpob(NZlewni), NrDKpob(NZlewni), QmaxPob(NZlewni), NrDPzrz(NZlewni), NrDKzrz(NZlewni), QmaxZrz(NZlewni), Vgr (NZlewni)

FStawy - powierzchnia [ha].

VStawy - pojemność [mln m³].

NrDPpob, NrDKpob - numer początkowej i końcowej dekady okresu napelniania stawów.

QmaxPob - przepustowość urządzeń doprowadzających wodę [m³/s].

NrDPzrz, NrDKzrz - numer początkowej i końcowej dekady okresu opróżniania stawów.

QmaxZrz - przepustowość urządzeń odprowadzających wodę [m³/s].

Vgr - graniczne napelnienie stawu [mln m³].

Grupa danych do modelu obiektów melioracyjnych nawadnianych podsiąkowo ze stałym poziomem wody gruntowej

REKORD 143...178 - wartości współczynników roślinnych dla różnych typów użytkowania gruntów w poszczególnych dekadach roku [-],

(WspK(I,J), I=1,36, J=1,3)

REKORD 179...214 - wartości pożądaných stanów końcowych zwierciadła wody w zależności od rodzaju użytkowania gruntów i rodzaju gleby [cm],

(H2c(I,J), I=1,36, J=1,6)

REKORD 215...217 - wartości obszarowego współczynnika zmiany retencji w zależności od rodzaju gleby i typu warunków meteorologicznych [-],

(Mi(I,J) I=1, 3, J=1,2)

REKORD 218 - wartości maksymalnej dopuszczalnej głębokości odwodnienia w zależności od rodzaju gleby [cm];

(H3(I), I=1,2)

REKORD 219 - wartości minimalnej dopuszczalnej głębokości odwodnienia w zależności od rodzaju gleby [cm];

(H1(I), I=1,2)

Grupa danych dotyczących obiektów melioracyjnych w poszczególnych zlewniach

REKORD 220 - nazwa i identyfikator obiektu

NAMEOMPod, IdOM

REKORD 221 - nazwa i identyfikator stacji meteorologicznej

Stacja, IdStacja

REKORD 222 - liczba jednostek nawadnianych w obiekcie, współczynnik wykorzystania wody oraz przepustowość urządzeń doprowadzających wodę:

LJ, ETA, QuMAX

REKORD 223 - rodzaje gleby w poszczególnych jednostkach nawadnianych:

IG

REKORD 224 - rodzaje użytkowania w poszczególnych jednostkach nawadnianych:

IU

REKORD 225 - kolejność zaspokajania potrzeb poszczególnych jednostek:

IK

REKORD 226 - powierzchnie nawadniane w poszczególnych jednostkach, [ha]:

F

REKORD 227... 448 - Dane dla kolejnych obiektów melioracyjnych w kolejnych zlewniach

Grupa danych dotyczących obiektów melioracyjnych z regulowanym odpływem

REKORD 449... 485 - powierzchnia obiektu [ha], współczynnik charakteryzujący ilość wody zatrzymywanej na obiekcie dla kolejnych zlewni [-]:

OMROd, WspROd

Struktura i zawartość zbioru HYD-ZLEW.DEK

Zbiór "HYD-ZLEW.DEK" zawiera wartości przepływów średnich dekadowych w rozpatrywanym wieloleciu dla przekrojów wodowskazowych zlokalizowanych w zlewni Górnej Narwi i Supraśli oraz dekadowe sumy opadów i ewapotranspiracji potencjalnej.

Poniżej przedstawiono zawartość kolejnych rekordów w zbiorze HYD- ZLEW.DEK.

REKORDY 1...503 - średnie dekadowe wartości przepływów dla kolejnych przekrojów wodowskazowych w poszczególnych dekadach kolejnych lat w wieloleciu [m^3/s],

(QWod (I), I=1, 36)

REKORDY 504 ... 539 - średnie dekadowe sumy opadów w poszczególnych dekadach kolejnych lat w wieloleciu [mm],

(P(I), I=1, 36)

REKORDY 540...575 - średnie dekadowe sumy ewapotranspiracji potencjalnej w poszczególnych dekadach kolejnych lat w wieloleciu [mm],

(ETP(I), I=1, 36)

Struktura i zawartość zbiorów wynikowych

Wynikami obliczeń bilansowych prowadzonych programem ZLEWNIA są wartości kryteriów oceny stopnia zaspokojenia potrzeb użytkowników w poszczególnych zlewniach II rzędu zestawione w zbiorze WYNIKI. Dodatkowo w zbiorze BILANS zestawione są wielkości średnich dekadowych dopływów ze zlewni II rzędu do poszczególnych przekrojów bilansowych rzek głównych odwzorowanych w modelu sieciowym dla kolejnych lat rozpatrywanego wielolecia. Przykład zbioru WYNIKI dla wariantu ekstensywnego użytkowania rolniczego przedstawiono poniżej.

Lp	Nazwa użytkownika	Pmax	Gt	Gv	M.Niez.
1	Qnienaruszalny Narew	0.67	0.995	0.998	----
2	Qnienaruszalny Narewka	0.70	0.978	0.998	----
3	Qnienaruszalny Orlanka	0.45	0.986	0.998	----
4	Qnienaruszalny Neresl	0.58	0.745	0.954	----
5	Qnienaruszalny Biala	0.13	1.000	1.000	----
6	Qnienaruszalny Suprasl	0.24	0.833	0.962	----
7	Qnienaruszalny Sokolda	0.37	0.949	0.992	----
8	Qnienaruszalny Luplanka	0.03	0.999	0.999	----
9	Qnienaruszalny Rudnik	0.02	0.935	0.961	----
10	Qnienaruszalny Olszanka	0.01	0.941	0.963	----
11	Qnienaruszalny Makowka	0.02	0.940	0.963	----
12	Qnienaruszalny Ruda	0.04	0.982	0.996	----
13	Qnienaruszalny Malynka	0.03	0.985	0.996	----
14	Qnienaruszalny KanalTniewicze	0.04	0.982	0.996	----
15	Qnienaruszalny Rudnia	0.05	0.982	0.996	----
16	Qnienaruszalny CzarnaKloda	0.03	0.982	0.996	----
17	Qnienaruszalny Loknica	0.10	0.980	0.995	----
18	Qnienaruszalny CiekspodKrynich	0.03	0.860	0.902	----
19	Qnienaruszalny Pulszanka	0.09	0.848	0.895	----
20	Qnienaruszalny Liza	0.08	0.960	0.989	----
21	Qnienaruszalny SzerokaStruga	0.02	0.964	0.987	----
22	Qnienaruszalny Awissa	0.04	0.960	0.985	----
23	Qnienaruszalny Turosnianka	0.08	0.956	0.984	----
24	Qnienaruszalny Czaplina	0.05	0.958	0.985	----
25	Qnienaruszalny Horodnianka	0.05	0.958	0.985	----
26	Qnienaruszalny Kulikowka	0.03	0.826	0.859	----
27	Qnienaruszalny Jaskranka	0.07	0.789	0.837	----
28	Qnienaruszalny Slina	0.22	0.752	0.804	----
29	Qnienaruszalny CiekTartaczny	0.04	1.000	1.000	----
30	Qnienaruszalny CiekspodSofipola	0.01	1.000	1.000	----
31	Qnienaruszalny Sloja	0.13	0.968	0.991	----
32	Qnienaruszalny Ploska	0.13	0.995	0.998	----
33	Qnienaruszalny Pilnica	0.02	0.995	0.998	----
34	Qnienaruszalny Czarna	0.12	0.995	0.998	----
35	Qnienaruszalny Pogonica	0.02	1.000	1.000	----
36	Qnienaruszalny Kamionka	0.03	1.000	1.000	----
37	Qnienaruszalny Jalowka	0.03	0.954	0.954	----

Lp	Nazwa użytkownika	Pmax	Gt	Gv	M.Niez.
1	Stawy rybne Narew	----	----	----	----
2	Stawy rybne Narewka	----	----	----	----
3	Stawy rybne Orlanka	----	----	0.942	0.917
4	Stawy rybne Neresl	----	----	0.808	0.806
5	Stawy rybne Biala	----	----	0.965	1.000
6	Stawy rybne Suprasl	----	----	----	----
7	Stawy rybne Sokolda	----	----	0.897	1.000
8	Stawy rybne Luplanka	----	----	----	----
9	Stawy rybne Rudnik	----	----	----	----
10	Stawy rybne Olszanka	----	----	----	----
11	Stawy rybne Makowka	----	----	----	----
12	Stawy rybne Ruda	----	----	----	----
13	Stawy rybne Malynka	----	----	----	----
14	Stawy rybne KanalTniewicze	----	----	----	----
15	Stawy rybne Rudnia	----	----	----	----
16	Stawy rybne CzarnaKloda	----	----	----	----
17	Stawy rybne Loknica	----	----	----	----
18	Stawy rybne CiekspodKrynich	----	----	----	----

19	Stawy rybne Pulszanka	----	----	----	----
20	Stawy rybne Liza	----	----	0.939	1.000
21	Stawy rybne SzerokaStruga	----	----	----	----
22	Stawy rybne Awissa	----	----	----	----
23	Stawy rybne Turossniana	----	----	----	----
24	Stawy rybne Czaplina	----	----	0.962	1.000
25	Stawy rybne Horodniana	----	----	----	----
26	Stawy rybne Kulikowka	----	----	0.922	0.917
27	Stawy rybne Jaskranka	----	----	0.912	0.806
28	Stawy rybne Slina	----	----	----	----
29	Stawy rybne CiekTartaczny	----	----	----	----
30	Stawy rybne CiekspodSofipola	----	----	----	----
31	Stawy rybne Sloja	----	----	----	----
32	Stawy rybne Ploska	----	----	0.926	1.000
33	Stawy rybne Pilnica	----	----	0.923	0.944
34	Stawy rybne Czarna	----	----	0.940	1.000
35	Stawy rybne Poganica	----	----	----	----
36	Stawy rybne Kamionka	----	----	----	----
37	Stawy rybne Jalowka	----	----	0.877	1.000

Lp	Nazwa uzytkownika	Pmax	Gt	Gv	M.Niez.
1	OM-podsiak Narew	----	----	----	----
2	OM-podsiak Narewka	0.24	0.992	----	----
3	OM-podsiak Orlanka	9.83	0.934	----	----
4	OM-podsiak Neresl	1.72	0.745	----	----
5	OM-podsiak Biala	0.19	1.000	----	----
6	OM-podsiak Suprasl	1.17	0.840	----	----
7	OM-podsiak Sokolda	0.11	0.984	----	----
8	OM-podsiak Luplanka	0.13	1.000	----	----
9	OM-podsiak Rudnik	0.34	0.993	----	----
10	OM-podsiak Olszanka	0.29	0.997	----	----
11	OM-podsiak Olszanka	----	----	----	----
12	OM-podsiak Ruda	0.09	0.995	----	----
13	OM-podsiak Malynka	0.20	1.000	----	----
14	OM-podsiak KanalTniewicze	1.13	0.913	----	----
15	OM-podsiak Rudnia	0.48	0.995	----	----
16	OM-podsiak CzarnaKloda	1.00	0.972	----	----
17	OM-podsiak Loknica	2.36	0.980	----	----
18	OM-podsiak CiekspodKrynich	0.50	0.991	----	----
19	OM-podsiak Pulszanka	0.71	0.988	----	----
20	OM-podsiak Liza	1.14	0.911	----	----
21	OM-podsiak Liza	----	----	----	----
22	OM-podsiak Awissa	0.86	0.989	----	----
23	OM-podsiak Turossniana	0.36	1.000	----	----
24	OM-podsiak Czaplina	0.13	0.985	----	----
25	OM-podsiak Horodniana	0.52	1.000	----	----
26	OM-podsiak Kulikowka	0.50	0.882	----	----
27	OM-podsiak Jaskranka	0.80	0.882	----	----
28	OM-podsiak Jaskranka	----	----	----	----
29	OM-podsiak Jaskranka	----	----	----	----
30	OM-podsiak CiekspodSofipola	0.13	1.000	----	----
31	OM-podsiak CiekspodSofipola	----	----	----	----
32	OM-podsiak Ploska	0.62	1.000	----	----
33	OM-podsiak Ploska	----	----	----	----
34	OM-podsiak Czarna	0.05	1.000	----	----
35	OM-podsiak Poganica	0.05	1.000	----	----
36	OM-podsiak Poganica	----	----	----	----
37	OM-podsiak Poganica	----	----	----	----



BIBLIOTEKA GŁÓWNA

Politechniki Warszawskiej

B.023503/01



400000000263508

**Wypożyczalnia
dla Pracowników**