

GOSPODARKA WODNA JAKO DYSCYPLINA NAUKOWA W SŁUŻBIE ROLNICTWA

**Waldemar MIODUSZEWSKI, Tomasz SZYMCZAK,
Zbigniew KOWALEWSKI**

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Zasobów Wodnych

Słowa kluczowe: gospodarka wodna, przepływ nienaruszalny, zasoby dyspozycyjne, zasoby wodne

Streszczenie

W artykule przedstawiono gospodarkę wodną jako dyscyplinę naukową, dostarczającą informacji i podstaw metodycznych, niezbędnych do prawidłowego zarządzania zasobami wodnymi w rolnictwie i wspomagającą rozwiązywanie problemów z tym związanych. Przeanalizowano potrzeby wodne kraju i rolnictwa oraz wykorzystanie zasobów wód powierzchniowych i gruntowych. Wykazano, że duże znaczenie dla prawidłowej oceny dostępnych zasobów wód powierzchniowych ma sposób obliczania gwarantowanych zasobów dyspozycyjnych, które powinny być określane z uwzględnieniem sezonowej nieregularności odpływu rzeczno- i analizy krzywych sum czasów trwania przepływów wyznaczanych oddzielnie dla poszczególnych miesięcy. Przedstawiono przykładowe obliczenia dla trzech zlewni nizinnych: Mławki, Sony Zachodniej i Moszczenicy. Dwie pierwsze zlewnie są położone w dorzeczu Wkry, a trzecia w dorzeczu Bzury. Z przedstawionych danych wynika, że analizowane zlewnie bardzo różnią się pod względem wielkości zasobów dyspozycyjnych i ich sezonowego rozkładu. Cechą wspólną jest natomiast niewystarczająca ilość lub całkowity brak tych zasobów w okresie letnim. Jak wynika z przedstawionych przykładów, bezpośrednie zagospodarowanie powierzchniowych zasobów wodnych przez rolnictwo w okresach największego zapotrzebowania na wodę jest praktycznie niemożliwe bez jej retencjonowania, a niezależnie należy ograniczać ilość wody na produkcję żywności. Powinno się to odbywać poprzez minimalizację nieproduktywnych strat, np. parowania z powierzchni gleby oraz poprzez dobór roślin o mniejszych potrzebach wodnych.

WSTĘP

Rolnictwo jest specyficznym konsumentem wody, co wynika z:

- bazowania produkcji roślinnej głównie na wodach opadowych, retencjonowanych w porach gleby lub w płytkich warstwach wodonośnych (w niektórych przypadkach liczącym się zasobem może być intercepcja szaty roślinnej);
- największego poboru wody w półroczu letnim, przewyższającego występujące w tym czasie opady atmosferyczne;
- zajmowania na potrzeby produkcji rolniczej 60% powierzchni kraju i zużywania do wyprodukowania żywności ponad 40% sumarycznych rocznych opadów atmosferycznych;
- występowania okresów nadmiernego uwilgotnienia i niedoborów wody z powodu dużej zmienności klimatu.

Powyższa specyfika rolnictwa – jako konsumenta wody – stawia przed gospodarką wodną trudne zadania, szczególnie na obszarach występowania ekosystemów bezpośrednio zależnych od wody.

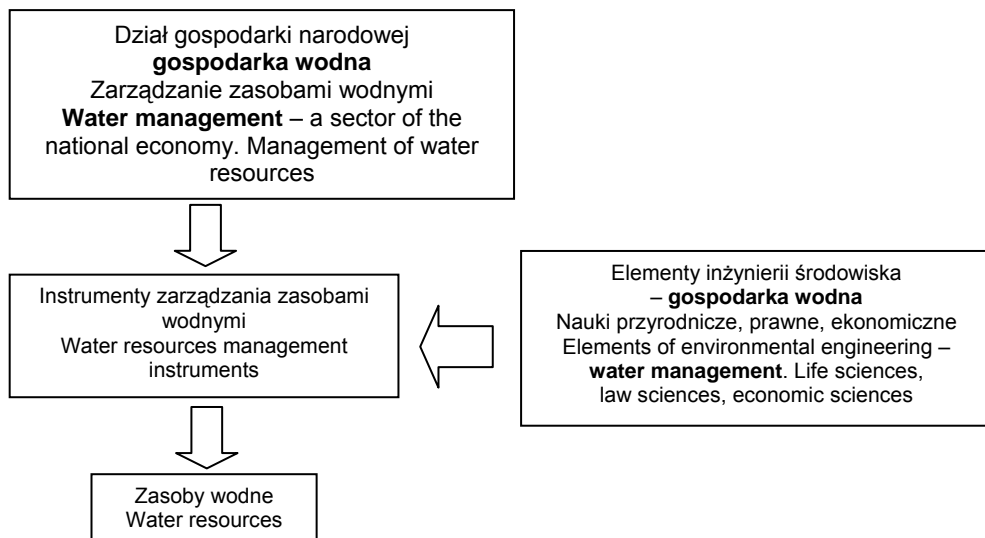
Polska jest zaliczana do krajów o małych zasobach wodnych, a rolnictwo – do największego konsumenta wody. Dlatego też gospodarka wodna na obszarach wiejskich może istotnie wpływać na dostępność wody dla innych użytkowników.

Problematyka wodna na obszarach wiejskich nie znajduje dostatecznego uznania, zarówno w polityce rolnej, jak i działalności naukowej. Ograniczony obecnie areal nawodnień wynika ze stanu ekonomicznego gospodarstw rolnych. Intensyfikacja rolnictwa i zwiększenie konkurencyjności polskich gospodarstw wywoła zwiększenie zużycia wody. Rolnictwo może okazać się konkurentem dla środowiska przyrodniczego w dostępie do wody. Niezbędne będzie nowe podejście do gospodarowania rolniczymi zasobami wodnymi.

GOSPODARKA WODNA JAKO DYSCYPLINA NAUKOWA

Gospodarka wodna jest jednym z działów gospodarki narodowej i jednocześnie dyscypliną naukową zaliczaną do grupy nauk o Ziemi [SŁOTA 1997]. Z jednej strony gospodarka wodna – to zarządzanie zasobami wodnymi dla potrzeb społeczeństwa i gospodarki, a z drugiej – dostarczanie naukowych, metodycznych podstaw, sposobów, technologii i innych rozwiązań potrzebnych do realizacji tego zarządzania (rys. 1).

Woda jest dobrem, który ma ogromne znaczenie w kształtowaniu środowiska naturalnego, a także w wielu dziedzinach działalności człowieka, np. rolnictwie, przemyśle czy technice. Dlatego też niezbędne jest realizowanie przemyślanej gospodarki wodnej na podstawie badań naukowych. Umożliwia to optymalne wykorzystanie zasobów wodnych do celów bytowych, energetycznych, transportowych lub innych, rozwój gospodarki narodowej, ochronę środowiska przyrodniczego, jak



Rys. 1. Gospodarka wodna jako dział gospodarki narodowej i dyscyplina naukowa z grupy nauk inżynierii środowiska; źródło: GODYŃ, SŁOTA [2002], rysunek zmodyfikowany

Fig. 1. Water management as a sector of the national economy and a scientific discipline from the group of environmental engineering sciences; source: GODYŃ, SŁOTA [2002], figure modified

również zapobieganie skutkom powodzi i susz. Gospodarka wodna polega na określeniu celów i zadań racjonalnego rozporządzenia naturalnymi zasobami wodnymi obecnie i w przyszłości. Wraz ze wzrostem zainteresowania zagadnieniami związanymi z gospodarką wodną rozszerzył się zakres badań hydrologicznych, w szczególności opartych na modelowaniu matematycznym, a także badań eksperymentalnych w systemach wodnogospodarczych.

Prace naukowe są ukierunkowane przede wszystkim na opis matematyczny procesów hydrologicznych, modelowanie matematyczno-fizyczne, identyfikację parametrów fizycznych modeli i metody badań eksperymentalnych. Jednocześnie doskonalone są teorie modelowania procesów i systemów hydrologicznych, zarówno tych naturalnych, jak i sterowanych przez człowieka. Poza tym takie zjawiska, jak: zlodzenie wód, wymiana masy i energii w wodach śródlądowych, erozja koryt rzecznych i brzegów zbiorników, mieszczące się w obrębie fizyki środowiskowej i hydrologii, są przedmiotem badań teoretycznych i empirycznych. Zwiększające się zapotrzebowanie na wodę przyczyniło się również do rozwoju metodyki prognozowania i określania charakterystyk hydrologicznych jako podstawowych danych, niezbędnych do podejmowania decyzji w zakresie gospodarki wodnej, z uwzględnieniem stochastycznego charakteru zjawisk hydrologicznych, oraz krajowych stosunków wodnych i bilansu wodnego. Rozpatrywany jest także wpływ gospodarki na procesy hydrologiczne i jakość wody. Zasoby wodne są poddawane zatem klasyfikacji i kompleksowej kwantyfikacji jakości wody. W tym celu ko-

nieczne było skupienie się również na technikach pomiarowych i systemach pozyskiwania, magazynowania, przetwarzania i transmisji danych, odnoszących się do ilości i jakości wody. W szerszym ujęciu zagadnień gospodarki wodnej mamy do czynienia z problematyką planowania, organizacji i sterowania systemami wodno-gospodarczymi. W tej dyscyplinie naukowej nieodzowne jest także określanie ekonomicznych aspektów gospodarowania zasobami wodnymi.

Wielopłaszczyznowe prace badawcze dają podstawę naukową do konkretnych działań w ramach gospodarki wodnej. Poznawanie specyfiki lokalnych zasobów wodnych przyczynia się do stosowania skutecznych rozwiązań systemowych na terenie całego kraju. Dzięki temu możliwe jest maksymalne wykorzystanie wody do celów przyrodniczych i gospodarczych oraz ochrona przed zagrożeniem ze strony tego żywiołu.

Gospodarka wodna jest nauką, ulegającą ciągłej transformacji i rozwojowi. Zmieniające się podejście do problemów związanych z wykorzystaniem i ochroną środowiska naturalnego przyniosło również zmiany w zarządzaniu zasobami wodnymi. W 1989 r. w Raplocie „Water for the present and for future” (za: GODYŃ, SŁOTA [2002]), opracowanym przez Ministerie van Verkeer en Waterstaat w Holandii, wprowadzono nowoczesne podejście w gospodarowaniu wodą – zintegrowane zarządzanie zasobami wodnymi (ZZZW). Zdefiniowano je jako planistyczne i wdrożeniowe działania odpowiednich struktur administracji rządowej i samorządowej, oparte na koncepcji systemów i uwzględniające wewnętrzne funkcyjne powiązania między jakością i ilością wód powierzchniowych i podziemnych oraz zewnętrzne oddziaływania między gospodarką wodną a innymi sektorami zarządzania, na przykład ochroną środowiska, planowaniem regionalnym, energetyką i in.

Gospodarka wodna – jako dyscyplina naukowa – zajmuje się w ostatnich latach głównie opisem matematycznym (modelowaniem) oraz optymalizacją ilościowych i jakościowych procesów, z zastosowaniem elementów teorii systemów. Ma to na celu doskonalenie metod kształtowania zasobów wodnych oraz zasad korzystania z nich. Wyniki badań stosuje się w pracach planistycznych oraz eksploatacji bieżącej. Gospodarka wodna jest nauką wspomagającą administrowanie i zarządzanie zasobami wodnymi.

ANALIZA WYKORZYSTANIA KRAJOWYCH ZASOBÓW WODNYCH

Dotychczasowe gospodarowanie wodą ogranicza się praktycznie do rozdziału wód powierzchniowych między różnych użytkowników. W opracowywanych bilansach wodno-gospodarczych niekiedy nawet nie uwzględnia się możliwości poboru wód podziemnych. Coraz częściej zwraca się uwagę, że gospodarka wodna, szczególnie na potrzeby rolnictwa powinna obejmować analizę wykorzystania objętości wody, wynikającej z wielkości opadów atmosferycznych w danej zlewni. Powinno się więc regulować rozdział wód opadowych, a nie tylko tej części, która

znajduje się w korycie rzeki [DROGERS, IMMERZEEL 2008]. Proponuje się rozdział wód opadowych, traktowanych jako 100% zasobów wodnych, na „wodę niebieską”, tj. tę, która dopływa do cieków, i „wodę zieloną”, zamienioną na parę wodną w wyniku ewapotranspiracji. Niekiedy wydziela się również „wodę szarą”, to jest tę część wody, która została pobrana z cieków (warstwy wodonośnej) i po zużyciu w postaci mniej lub bardziej oczyszczonych ścieków odprowadzona do rzeki.

Rozpatrując krajowy bilans wodny, można orientacyjnie rozdzielić średnie roczne zasoby wodne na:

- $P = 192,4$ mld m^3 – opad (całkowite zasoby wodne),
- $O = 58,6$ mld m^3 – odpływ rzeczny (woda niebieska),
- $H = 133,8$ mld m^3 – ewapotranspiracja (woda zielona).

Pobór wód niebieskich (wody powierzchniowe i podziemne) wynosi ok. 12 mld m^3 , ale jedynie 1,7 mld m^3 to tzw. zużycie bezzwrotne. Większość odprowadzana jest do wód powierzchniowych.

Rozdział wód zielonych ($H = 133,8$ mld m^3), na podstawie przeprowadzonych obliczeń [MIODUSZEWSKI 2008], w skali rocznej jest następujący:

- użytki rolne 65,0 mld m^3 ,
- lasy 50,0 mld m^3 ,
- pozostałe 18,8 mld m^3 .

Wyraźnie widoczna jest duża rola rolnictwa, ale również lasów w wykorzystaniu zasobów wodnych. Produkcja żywności jest bardzo wodochłonna i ocenia się, że do zaspokojenia dziennych potrzeb żywieniowych jednego człowieka zużywa się ponad 1300 m^3 wody. Pozostałe zużycie to parowanie z wolnej powierzchni wody, placów i dróg oraz ewapotranspiracja roślinności naturalnej, parowanie z obszarów nieużytkowanych rolniczo itp.

Z porównania przedstawionych wyżej liczb wyraźnie wynika, że ograniczenie poboru wody na cele gospodarcze i komunalne, choć konieczne i niezbędne, nie ma istotnego znaczenia w ogólnym bilansie. Ograniczenie wody zużywanej przez rośliny może natomiast skutkować istotnymi oszczędnościami. Uważa się, że oszczędzenie 1% wody zużywanej na świecie na produkcję żywności daje 2–3 l wody dziennie w przeliczeniu na jedną osobę, tj. tyle ile wody pitnej człowiek potrzebuje [RIJSBERMAN 2006]. Zaoszczędzenie 10% wody w rolnictwie zaspokoiłoby wszystkie potrzeby gospodarcze, w tym przemysłu i gospodarki komunalnej. Duże potrzeby wodne rolnictwa budzą u niektórych specjalistów obawy, że ewentualny globalny światowy kryzys w gospodarce wodnej będzie dotyczył braku wody do produkcji żywności. Problem braku wody pitnej w krajach rozwijających się jest problemem ekonomicznym i wynika z braku środków finansowych na budowę studni. W okresach długotrwałych susz ludzie umierają nie z braku wody pitnej, ale z głodu (brak wody do uprawy roślin) i zanieczyszczenia dostępnej wody.

Przedstawiona wyżej analiza wyraźnie wskazuje, że warto zastanowić się nad możliwością ograniczenia ilości wody do produkcji żywności, a także przeznaczeniem większej ilości środków finansowych na badania naukowe.

Nie można ograniczać transpiracji roślin danego gatunku, bo plon zależy wprost proporcjonalnie od ilości pobranej przez roślinę wody, ale można ograniczać straty wody, wynikające z parowania z powierzchni gleby, z powierzchni roślin itp. Są to straty nieprodukcyjne. Również dobór roślin o mniejszych potrzebach wodnych może mieć istotny wpływ na gospodarkę wodną. Znane i stosowane są różne sposoby agrotechniczne ograniczenia bezproduktywnych strat wody. Nowym kierunkiem jest natomiast wdrożenie do gospodarki wodnej metod „zarządzania ewapotranspiracją”. Próba zaspokojenia potrzeb wodnych roślin i uzyskiwania większych plonów przez oszczędzanie wody zarówno w warunkach prowadzenia nawodnień, jak i w rolnictwie wykorzystującym jedynie wodę deszczową. Istotną rolę może tu odgrywać zwiększenie zdolności retencyjnych zlewni, w tym poprzez małą retencję [MIODUSZEWSKI 1999; KOWALEWSKI 2003].

Mówiąc o gospodarce wodnej w rolnictwie, nie można pominąć problemu zapewnienia odpowiedniej ilości wody do nawodnień. Obecnie w Polsce nawadnia się niewielkie powierzchnie, znacznie mniejsze niż nawet w takich krajach, jak Niemcy, Szwecja czy Finlandia, które mają korzystniejsze warunki klimatyczne do produkcji rolnej.

W Polsce prowadzone są szerokie badania nad ustaleniem potrzeb wodnych różnych roślin, uprawianych na różnych glebach [OSTROWSKI, ŁABĘDZKI 2008]. Za potrzeby uznaje się różnicę między ewapotranspiracją a opadem atmosferycznym w okresie wegetacyjnym. Brak natomiast bardziej ogólnego spojrzenia, w tym oceny, jaki obszar użytków rolnych w Polsce powinien być nawadniany, by zaspokoić potrzeby żywnościowe kraju.

Przeprowadzono dość ogólne obliczenia łącznych potrzeb wodnych kraju, przyjmując potrzeby wodne wg szacunków OSTROWSKIEGO i ŁABĘDZKIEGO [2008] dla prawdopodobieństwa wystąpienia susz 20 i 50%. Ogólną ilość wody oceniano, mnożąc jednostkowe potrzeby wyznaczone wg cytowanych autorów przez powierzchnię danej uprawy. Suma potrzeb dla danej rośliny stanowi całkowite hipoteczne potrzeby wodne do nawodnień (tab. 1).

Do obliczenia potrzeb wodnych do nawodnień przyjęto dwa wariantowe schematy:

- **wariant I** – założono, że nawadniana będzie cała obecna powierzchnia upraw (dane dotyczące potrzeb wodnych przyjęto wg OSTROWSKIEGO i ŁABĘDZKIEGO [2008], a powierzchnię zasiewów poszczególnych roślin – wg GUS [2008]);
- **wariant II** – założono, że – stosując nawodnienia i odpowiednią agrotechnikę – plony zostaną zwiększone do uzyskanych w Niemczech; w związku z tym do produkcji żywności wystarczająca będzie proporcjonalnie mniejsza powierzchnia; przyjęto więc, że produkcja ogólna w kraju zostanie na obecnym poziomie, ale odbywać się będzie na mniejszym areale i w warunkach uzyskiwania większego plonu.

Tabela 1. Hipotetyczne potrzeby wody do nawodnień**Table 1.** Hypothetical water needs for irrigation

Wariant Variant	Powierzchnia nawadniana Irrigated area mln ha	Potrzeby wodne (mld m ³), gdy prawdopodobieństwo wystąpienia susz: Water needs (billion m ³) with the probability of drought occurrence:	
		20%	50%
I	13,2	12,8	9,0
II	7,1	8,6	4,8

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

Trudno sobie wyobrazić, aby możliwe było zaspokojenie potrzeb rolnictwa w pełni. Wymagałoby to budowy wielu dużych zbiorników wodnych, ponieważ bieżące przepływy w rzekach wraz z możliwością poboru wód podziemnych byłyby zbyt małe. Odpływ dyspozycyjny wody z terytorium całej Polski w okresie kwiecień–wrzesień wynosi bowiem średnio 12,1 mld m³ wody [MIODUSZEWSKI 2004].

Podane wyżej wyniki obliczeń nie są ścisłe i nie umożliwiają planowania gospodarki wodnej. Przytoczono je jedynie, aby przedstawić złożoność problematyki wodnej w rolnictwie. Zagadnienia te komplikują się jeszcze bardziej, gdy weźmie się pod uwagę tendencje światowe w ochronie przyrody. W odniesieniu do dostępu wody, szczególnie w dolinach rzecznych na obszarach występowania ekosystemów bezpośrednio od wody zależnych, występuje i będzie z czasem narastał konflikt interesów rolnictwa i ochrony przyrody. Nie wspominaamy tu o ważnej problematyce ochrony jakości wody.

Ze względu na produkcję rolną w okresach wiosennych występuje często wyraźny nadmiar wody, a jednocześnie odprowadzenie tego nadmiaru (przyśpieszenie odpływu) jest szkodliwe z uwagi na ochronę przyrodniczo cennych siedlisk.

W okresie letnim pobór wody z bieżących przepływów w ciekach jest zazwyczaj niemożliwy ze względu na niewielkie ilości wody w korycie rzeki. Pobór wody może spowodować zmniejszenie natężenia przepływu poniżej hydrobiologicznego, a obniżenie zwierciadła wody w rzece powoduje przesychnienie terenów mokradłowych.

Reasumując powyższe analizy, należy podkreślić, że w gospodarce wodnej na potrzeby rolnictwa niezbędne jest z jednej strony wdrażanie wodooszczędnych technologii produkcji roślinnej, a z drugiej – zwiększenie potencjalnych zdolności retencyjnych zlewni rzecznych. O poziomie produkcji rolniczej w coraz większym stopniu decyduje ilość dostępnej wody.

ZASOBY WÓD POWIERZCHNIOWYCH

Cechą charakterystyczną zasobów wód powierzchniowych jest ich losowa zmienność w czasie oraz zmienność sezonowa, uwidaczniająca się coraz wyraźniej wraz ze zmniejszaniem się powierzchni oraz naturalnej zdolności retencyjnej zlewni. Źródłem zaspokajania potrzeb wodnych rolnictwa w większości przypadków są wody płynące w ciekach małych zlewni, których zasoby podlegają znacznej zmienności obszarowej. Do zagospodarowania możliwa jest tylko część zasobów wodnych, stanowiących tak zwane zasoby dyspozycyjne.

Zasoby dyspozycyjne oznaczają ilość wody, która może zostać pobrana z rzeki na cele gospodarcze, bytowe, do nawodnień i do innych celów, związanych z prowadzeniem gospodarki wodnej, bez zagrożenia środowiska przyrodniczego, związanego z tą rzeką. Minimalny przepływ, jaki powinien być zachowany w rzece, nazywany jest przepływem nienaruszalnym Q_n .

Sposób obliczania wartości przepływu dyspozycyjnego, wyrażonego w $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, można wyrazić zależnością:

$$Q_d = Q_{ob} - Q_n \quad (1)$$

gdzie:

Q_d – przepływ dyspozycyjny;

Q_{ob} – przepływ obserwowany, który różni się od przepływu naturalnego o wartość zużycia wody lub dodatkowego zasilania wodami podziemnymi.

Przepływ obserwowany oblicza się wg wzoru:

$$Q_{ob} = Q_{nat} + \sum_{i=1}^{i=n} Q_i \quad (2)$$

gdzie:

Q_{nat} – przepływ naturalny, wynikający z odpływu powierzchniowego i gruntowego z obszaru zlewni, ograniczonego przekrojem bilansowym;

Q_i – przepływ wynikający z zasilania (zwiększenie) lub zużycia wody (ubytek) w i -tej działalności na obszarze ograniczonym przekrojem bilansowym;

Q_n – przepływ nienaruszalny.

Przepływ obserwowany jest zbliżony do naturalnego, gdy pobór wody i wpływ działań antropogenicznych są stosunkowo nieduże.

Tak więc przepływ dyspozycyjny stanowi różnicę między aktualnym przepływem obserwowanym a przepływem nienaruszalnym w danym profilu cieku.

Przepływ nienaruszalny w danym przekroju cieką i w danym okresie roku jest to umowny, właściwy dla założonego ekologicznego stanu cieką przepływ, którego wartość i jakość, ze względu na zachowanie tego stanu, nie mogą być, a ze względu na instytucję powszechnego korzystania z wód nie powinny być (z wyjątkiem okresów zagrożeń nadzwyczajnych) obniżane w wyniku działalności człowieka. Dla związanej z koniecznością zachowania założonego ekologicznego stanu cieką części przepływu nienaruszalnego przyjęto nazwę przepływ nienaruszalny hydrobiologiczny.

Wartość przepływu nienaruszalnego była przez wiele lat wyznaczana zgodnie z metodyką zaproponowaną przez KOSTRZEWĘ [1977]. W ostatnich latach postęp badań w zakresie podstaw przyrodniczych wyznaczania tej charakterystyki przepływu doprowadził do opracowania kilku nowych metod. Wymienić tu należy głównie metodę IFIM (ang. "Instream Flow Incremental Methodology") i metodę Stochlińskiego (małopolską) [WITOWSKI i in. 2008], jak również wyznaczanie przepływu nienaruszalnego według kryterium hydrobiologicznego w zlewniach rzek i potoków górskich na podstawie analizy występowania wybranych taksonów (wyodrębnionych jednostek systematycznych) makrobezkręgowców i w zależności od napełnienia cieką [WIĘZIK, WIĘZIK 2006].

Jak już wspomniano, przepływy, zwłaszcza w ciekach małych zlewni, znacznie się zmieniają sezonowo. Na ogół okresy niżówek pokrywają się z okresami największego zapotrzebowania na wodę, zwłaszcza przez rolnictwo. Z tego względu do obliczania bilansów wodnych i opracowywania planów gospodarowania wodą powinno się korzystać z dokładnych metod oceny zasobów dyspozycyjnych i stosować odpowiedni krok czasowy obliczeń: doba, dekada lub najwyżej miesiąc. Należy również dobrać właściwą charakterystykę przepływu. Bardzo mylącą charakterystyką jest przepływ średni, obliczany jako średnia arytmetyczna i przedstawiony bez odpowiednich komentarzy. Jeżeli założymy, że przepływ dyspozycyjny w przekroju zamykającym pewną hipotetyczną zlewnię w sierpniu w kolejnych dziewięciu latach był równy zero, a w dziesiątym roku miał wartość $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, to otrzymamy średnią wartość przepływu dyspozycyjnego dla tego miesiąca w rozpatrywanym dziesięcioleciu równą $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Między innymi z tego powodu hydrologiczną charakterystyką, stosowaną do oceny zasobów wodnych w gospodarce wodnej, są przepływy (np. średnie miesięczne) o określonej gwarancji wystąpienia wraz z przepływami wyższymi $SQm_j, G_j\%$. Gwarancję G_j , wyrażoną w procentach, wystąpienia przepływu średniego miesięcznego o wartości Q lub większej obliczamy oddzielnie dla każdego miesiąca j zgodnie z zależnością:

$$G_j = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \delta_{ij}}{n} 100\% \quad (3)$$

gdzie:

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{gdy } SQob_{ij} < Q \\ 0, & \text{gdy } SQob_{ij} \geq Q \end{cases}$$

n – liczba lat określająca długość ciągu

$SQob_{ij}$ – przepływ średni miesięczny (naturalny) w j -tym miesiącu i -tego roku;

$\sum_{i=1}^n \delta_{ij}$ – liczba miesięcy, w których przepływ średni miesięczny był mniejszy od Q .

Opisana metoda umożliwia określenie średniej wartości przepływu dyspozycyjnego w określonym miesiącu z gwarancją wyrażoną w procentach.

CHARAKTERYSTYKA PRZEPLYWÓW DYSPOZYCYJNYCH NA PRZYKŁADZIE DWÓCH MAŁYCH ZLEWNI NIZINNYCH

Przeanalizowano przepływy dyspozycyjne w dwóch małych zlewniach nizinnych rzek Mławka i Sona Zachodnia. Obie zlewnie znajdują się w dorzeczu Wkry. Systematyczne obserwacje i pomiary hydrometryczne były prowadzone w tych zlewniach od 1966 r. Mławka ma powierzchnię 66,17 km² do profilu w m. Mławka, a Sona Zachodnia 71,34 km² do profilu w Nasierowie Dolnym. Charakterystyki fizycznogeograficzne zlewni można znaleźć we wcześniejszych publikacjach (np. SZYMCZAK [2002]). Dzięki wieloletnim ciągom pomiarowym przepływów naturalnych oraz wcześniej określonym wartościom przepływów nienaruszalnych [SZYMCZAK 2002] możliwe było obliczenie miesięcznych wartości przepływów dyspozycyjnych o różnych gwarancjach: $G = 90, 80, 50\%$ oraz wartości średnich przepływów dyspozycyjnych z okresu 1966–1995 (tab. 2, 3). W celu łatwiejszego porównania tych wielkości w poszczególnych zlewniach różniących się powierzchnią obliczono również jednostkowe odpływy dyspozycyjne (rys. 2).

Z przedstawionych danych (rys. 2, tab. 2) wynika, że analizowane zlewnie, mimo bliskiego położenia i podobnych powierzchni, bardzo różnią się pod względem wielkości zasobów dyspozycyjnych i ich sezonowego rozkładu. Cechą wspólną jest natomiast brak tych zasobów w okresie letnim. Zasoby dyspozycyjne o wielkości większej od 1 dm³·s⁻¹·km⁻² i gwarancji 80% występują jedynie w grudniu i marcu w Mławce, a w Sonie Zachodniej tylko w marcu, przy czym w drugiej zlewni są w tym miesiącu ponad dwukrotnie większe niż w pierwszej. W zlewni Sony szybciej pojawia się deficyt odpływu, który nawet dla gwarancji 50% występuje już w maju. Oznacza to, że częściej niż raz na dwa lata średni przepływ naturalny jest mniejszy od nienaruszalnego. W Mławce deficyt odpływu dla gwarancji 50% pojawia się dopiero w lipcu.

Porównanie wartości średnich wieloletnich z wartościami obliczonymi dla zadanych gwarancji występowania wskazuje, że stosowanie wartości średnich za-

Tabela 2. Obserwowane i dyspozycyjne przepływy Mławki w profilu Mławka ($A = 66,17 \text{ km}^2$), określone na podstawie przepływów średnich miesięcznych z 30-lecia 1966–1995

Table 2. Observed and available discharges of the Mławka River in the Mławka cross-section ($A = 66.17 \text{ km}^2$), determined based on mean monthly discharges from the 30-year-long period of 1966–1995

$G, \%$	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Średnie miesięczne przepływy obserwowane $SQ_{ob}, G\%$ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) o gwarancji wystąpienia G (%)												
Mean monthly observed discharges $SQ_{ob}, G\%$ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) of the guarantee of occurrence G (%)												
90	0,271	0,287	0,250	0,251	0,311	0,281	0,216	0,192	0,168	0,167	0,172	0,225
80	0,303	0,326	0,271	0,294	0,357	0,301	0,259	0,229	0,194	0,179	0,191	0,248
50	0,377	0,389	0,375	0,377	0,436	0,384	0,303	0,297	0,242	0,217	0,259	0,305
Średnie miesięczne przepływy obserwowane SQ_{ob} ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)												
Mean monthly observed discharges SQ_{ob} ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)												
–	0,385	0,408	0,373	0,395	0,476	0,428	0,308	0,299	0,278	0,255	0,295	0,331
Średnie miesięczne przepływy dyspozycyjne bezzwrotne $SQ_d, G\%$ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) o gwarancji wystąpienia wraz z wyższymi												
Mean monthly available non-rechargeable flows ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) of the guarantee of occurrence $G\%$ and higher												
90	0,018	0,034	-0,003	-0,003	0,058	0,027	-0,037	-0,062	-0,086	-0,087	-0,081	-0,028
80	0,049	0,073	0,018	0,041	0,104	0,048	0,005	-0,025	-0,059	-0,074	-0,062	-0,005
50	0,124	0,136	0,122	0,124	0,183	0,131	0,049	0,044	-0,012	-0,036	0,006	0,052
Średnie miesięczne przepływy dyspozycyjne SQ_d ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)												
Mean monthly available discharges SQ_d ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)												
–	0,132	0,154	0,120	0,141	0,222	0,175	0,054	0,046	0,025	0,002	0,041	0,077

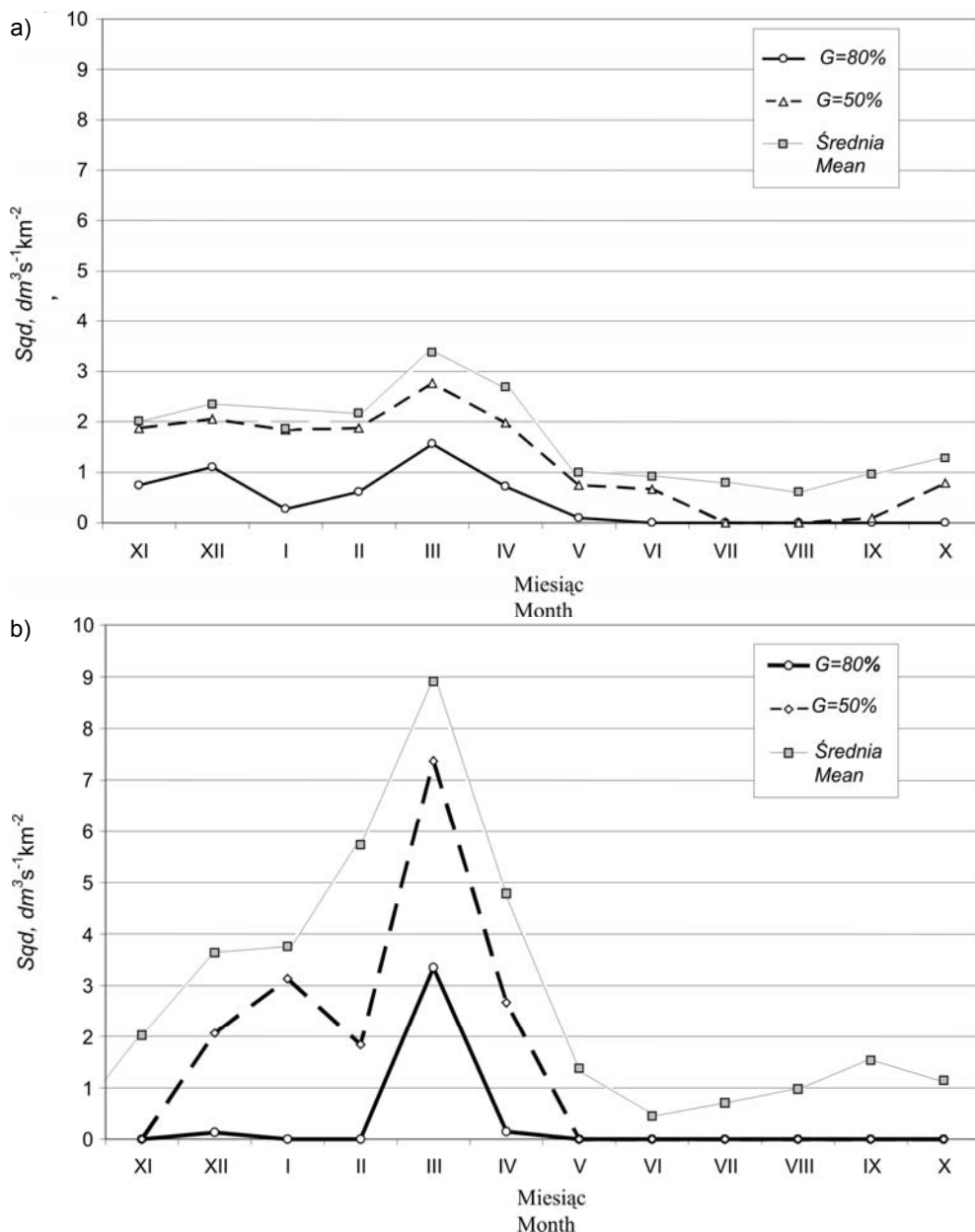
Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

Tabela 3. Obserwowane i dyspozycyjne przepływy Sony Zachodniej w profilu Nasierowo Dolne ($A = 71,34 \text{ km}^2$), określone na podstawie przepływów średnich miesięcznych z 30-lecia 1966–1995

Table 3. Observed and available discharges of the Sona Zachodnia River in the Nasierowo Dolne cross-section ($A = 71.34 \text{ km}^2$), determined based on mean monthly discharges from the 30-year-long period of 1966–1995

$G, \%$	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Średnie miesięczne przepływy obserwowane $SQ_{ob}, G\%$ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) o gwarancji wystąpienia G (%)												
Mean monthly observed discharges $SQ_{ob}, G\%$ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) of the guarantee of occurrence G (%)												
90	0,034	0,060	0,019	0,075	0,223	0,093	0,034	0,011	0,005	0,001	0,005	0,010
80	0,042	0,120	0,044	0,095	0,358	0,129	0,044	0,026	0,012	0,005	0,008	0,021
50	0,081	0,266	0,342	0,250	0,645	0,309	0,110	0,049	0,034	0,015	0,019	0,039
Średnie miesięczne przepływy obserwowane SQ_{ob} ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)												
Mean monthly observed discharges SQ_{ob} ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)												
–	0,224	0,365	0,360	0,513	0,752	0,453	0,184	0,092	0,093	0,106	0,154	0,140
Średnie miesięczne przepływy dyspozycyjne bezzwrotne $SQ_d, G\%$ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) o gwarancji wystąpienia wraz z wyższymi												
Mean monthly available non-rechargeable flows ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) of the guarantee of occurrence G (%) and higher												
90	-0,084	-0,059	-0,100	-0,044	0,104	-0,026	-0,085	-0,108	-0,114	-0,117	-0,113	-0,108
80	-0,076	0,001	-0,075	-0,023	0,239	0,010	-0,075	-0,093	-0,107	-0,114	-0,111	-0,098
50	-0,038	0,147	0,223	0,131	0,526	0,190	-0,009	-0,070	-0,085	-0,104	-0,100	-0,080
Średnie miesięczne przepływy dyspozycyjne SQ_d ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)												
Mean monthly available discharges SQ_d ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)												
–	0,105	0,246	0,241	0,395	0,633	0,335	0,065	-0,027	-0,025	-0,013	0,036	0,021

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.



Rys. 2. Średnie miesięczne jednostkowe odpływy dyspozycyjne o gwarancjach wystąpienie G równych 80 i 50% oraz wartości średnie wieloletnie średnie miesięcznych odpływów dyspozycyjnych określone dla: a) Mławki, i b) Sony Zachodniej; źródło: opracowanie własne

Fig. 2. Mean monthly available specific discharges of the guarantee of occurrence G equal to 80 and 50% and long-term averages of monthly available discharges calculated for: a) the Mławka River b) the Sona Zachodnia River; source: own studies

miast gwarantowanych do oceny przepływów dyspozycyjnych może prowadzić do błędnej oceny możliwości zaspokojenia potrzeb wodnych (tab. 2). Na przykład średnie natężenie przepływu dyspozycyjnego Sony Zachodniej, obliczone dla września, wynosi $0,036 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, podczas gdy przepływ dyspozycyjny o gwarancji zarówno 80%, jak i 50% jest równy zeru.

Do dokładniejszych analiz, np. do oceny dyspozycyjnych zasobów wód powierzchniowych do nawodnień upraw warzywnych, istotna jest również znajomość przeciętnej liczby dni w danym miesiącu z przepływem dyspozycyjnym równym lub większym od zadanej wartości, wynikającej z konieczności wyrównania określonych niedoborów wodnych. Taką informację można uzyskać na podstawie krzywych sum czasów trwania przepływów dobowych, określanych odrębnie dla poszczególnych miesięcy na podstawie wieloletnich obserwacji.

Poniżej omówiono przykład oceny dyspozycyjnych zasobów wodnych Moszczenicy w sierpniu [SZYMCZAK 2007].

Moszczenica jest prawostronnym dopływem Bzury, a na jej obszarze uprawia się intensywnie warzywa (m.in. paprykę, ogórki i kapustę). Przekrój wodowskazowy IMGW w Giecznie zamyka zlewnię o powierzchni $223,1 \text{ km}^2$. Średni jednostkowy odpływ roczny SSQ wynosi $4,1 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Przepływy charakterystyczne roczne w profilu wodowskazowym mają następujące wartości:

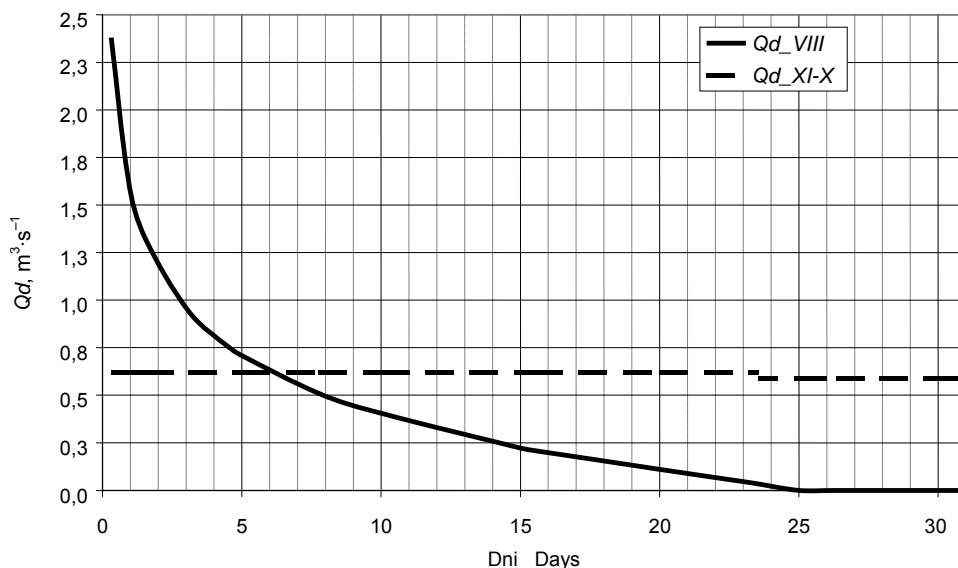
- przepływ najwyższy obserwowany $WWQ = 9,42 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$;
- przepływ średni z maksymalnych rocznych $SWQ = 4,72 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$;
- przepływ średni ze średnich rocznych $SSQ = 0,92 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$;
- przepływ średni z minimalnych rocznych $SNQ = 0,30 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$;
- przepływ najniższy z minimalnych rocznych $NNQ = 0,14 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Obliczono również:

- przepływ nienaruszalny metodą Kostrzewy $Q_n = 0,30, \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$;
- średni roczny przepływ dyspozycyjny $Q_d = SSQ - Q_n = 0,62, \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Średni roczny przepływ dyspozycyjny, obliczony jako różnica między przepływem średnim z wielolecia a przepływem nienaruszalnym, został tu podany jako wartość porównawcza, której przydatność np. na potrzeby oceny zasobów wód dostępnych do nawodnień, jest bardzo wątpliwa. Na podstawie krzywej sum czasów trwania dobowych przepływów, wyznaczonej dla sierpnia z wykorzystaniem obserwacji z lat 1977–2005, można ustalić przeciętną w wieloleciu liczbę dni z określonymi przepływami w tym miesiącu (rys. 3). Średnio tylko przez sześć dni w sierpniu dyspozycyjne przepływy są większe lub równe wartości średniej rocznej, przez dziewiętnaście dni są mniejsze, a przez sześć dni są równe zeru.

Jak wynika z przedstawionych przykładów, bezpośrednie zagospodarowanie powierzchniowych zasobów wodnych przez rolnictwo w okresach największego zapotrzebowania na wodę jest praktycznie niemożliwe bez jej retencjonowania. Ze względu na dużą zmienność tych zasobów i ich losowy charakter jednym z głównych zadań gospodarki wodnej – jako dziedziny naukowej – powinno być doskonalenie metod oceny zasobów wodnych w małych zlewniach z uwzględnieniem



Rys. 3. Krzywa sum czasów trwania dobowych wartości dyspozycyjnych przepływów Moszczenicy (wodowskaz Gieczno, $A = 223 \text{ km}^2$) dla sierpnia – Qd_{VIII} na tle wartości średniego rocznego przepływu dyspozycyjnego – Qd_{XI-X} ; źródło: wyniki własne

Fig. 3. Flow-duration curve of daily available discharges of the Moszczenica River (Gieczno water gauge, $A = 223 \text{ km}^2$) for August – Qd_{VIII} compared with the mean annual available discharge – Qd_{XI-X} ; source: own studies

badania w sieci zlewni reprezentatywnych. Celem tych badań powinno być także opracowanie metod retencjonowania zarówno wód powierzchniowych i podziemnych, jak i wód w strefie areacji.

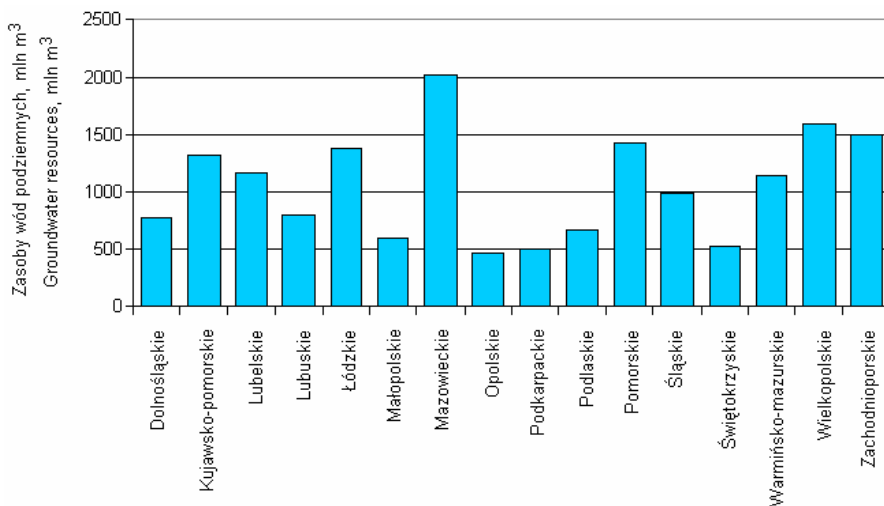
ZASOBY WÓD PODZIEMNYCH

Wody podziemne są surowcem, którego zasoby są odnawialne. Ich dostępność jest związana z budową geologiczną danego rejonu, warunkami hydrogeologicznymi i technicznymi warunkami ujęć wodnych. Podział zasobów wód podziemnych może być dokonywany ze względu na kryteria genetyczne, hydrodynamiczne, przestrzenne i sposób zagospodarowania.

Do scharakteryzowania dostępności wód podziemnych najbardziej przydatne jest kryterium sposobu zagospodarowania, według którego zasoby te dzieli się na trzy grupy:

- **zasoby dyspozycyjne**, jako ilość wody możliwa do pobrania z obszaru bilansowego w określonych warunkach środowiskowych i hydrogeologicznych, bez wskazania lokalizacji i warunków techniczno-ekonomicznych ujęć; w 2008 r. dotyczyło to rozpoznania 44,1% powierzchni kraju [PROEKO CDM 2008];

- **zasoby eksploatacyjne**, to dopuszczalny pobór wód podziemnych z ujęcia o określonym sposobie eksploatacji, z uwzględnieniem ograniczeń związanych z wymaganiami ochrony środowiska i warunkami techniczno-ekonomicznymi poboru wody; stan tych zasobów w skali kraju 2007 r. przedstawiono na rysunkach 4. i 5. [GUS 2008];
- **zasoby perspektywiczne**, zasoby szacowane uproszczoną metodą dla pozostałej części kraju, dla której jeszcze nie określono zasobów dyspozycyjnych.

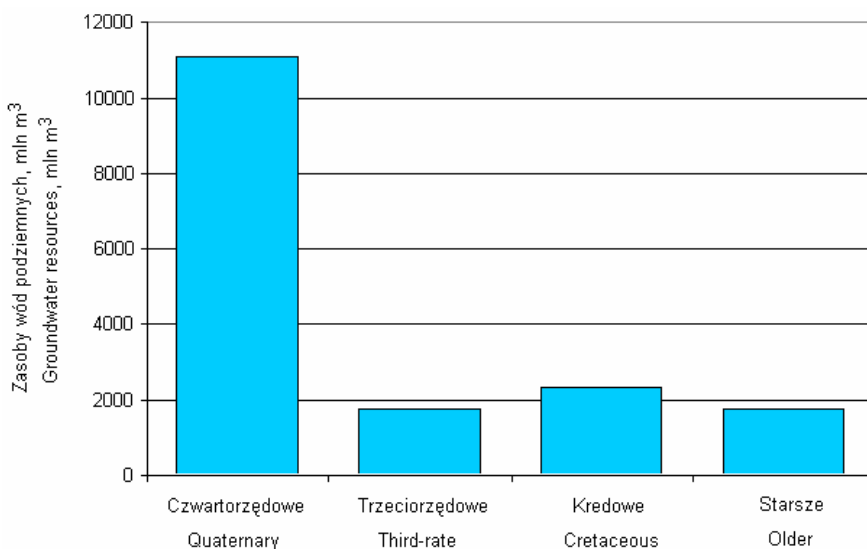


Rys. 4. Zasoby eksploatacyjne wód podziemnych według województw w 2007 r.; źródło: GUS [2008]

Fig. 4. Economic yield of groundwater resources by voivodeships of Poland in 2007; source: GUS [2008]

Ocenia się, że zasoby wód podziemnych w Polsce nie są dostatecznie wykorzystywane. Spotykane są opinie, że rolnictwo może pobierać wody podziemne do nawodnień, co przed kilku laty było praktycznie niemożliwe. Wody te są wykorzystywane, ale głównie płytkie, ze studni, których głębokość wynosi poniżej 30 m, a pobór wody poniżej $5 \text{ m}^3 \cdot \text{doba}^{-1}$, czyli takich, które – zgodnie z prawem wodnym – nie wymagają pozwoleń wodno-prawnych.

Pobór wody do nawodnień z płytkich warstw wodonośnych wydaje się racjonalny. Są to bowiem wody często zanieczyszczone azotanami, które są szkodliwe w wodzie do picia, ale stanowią cenny nawóz dla roślin. Jednocześnie należy wprowadzać (upowszechniać) rolnicze użytkowanie zlewni, które – między innymi przez odpowiednią orkę, zwiększanie zasobów próchnicy i dobór roślin – przyczynia się do zwiększenia infiltracji wód opadowych, a tym samym do uzupełnienia zasobów wód podziemnych. Ponadto jednym z zadań, stojących przed nauką, jest opracowanie metod oceny zasobności płytkich warstw wodonośnych oraz zasad wzbogacania tych zasobów.



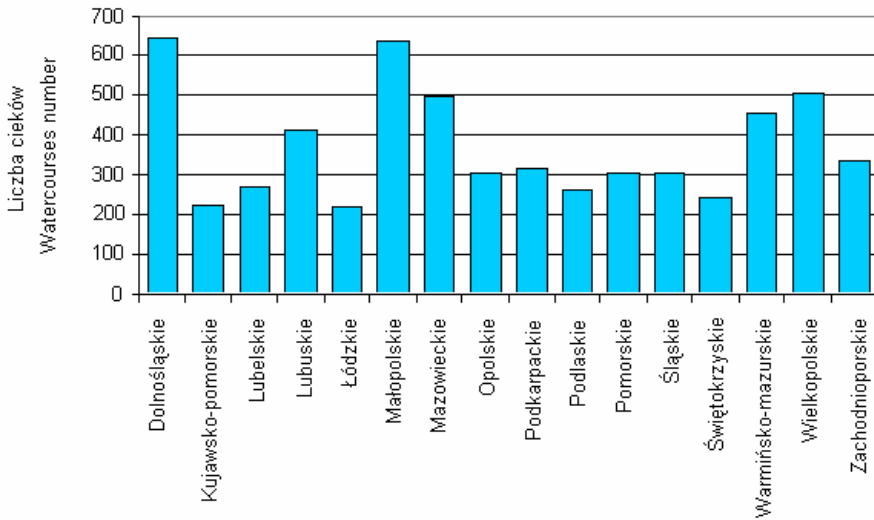
Rys. 5. Zasoby eksploatacyjne wód podziemnych w wydzielonych utworach geologicznych;
źródło: GUS [2008]

Fig. 5. Economic yield of groundwater resources in distinguished geological formations;
source: GUS [2008]

ZASOBY WODNE DLA POTRZEB ROLNICTWA

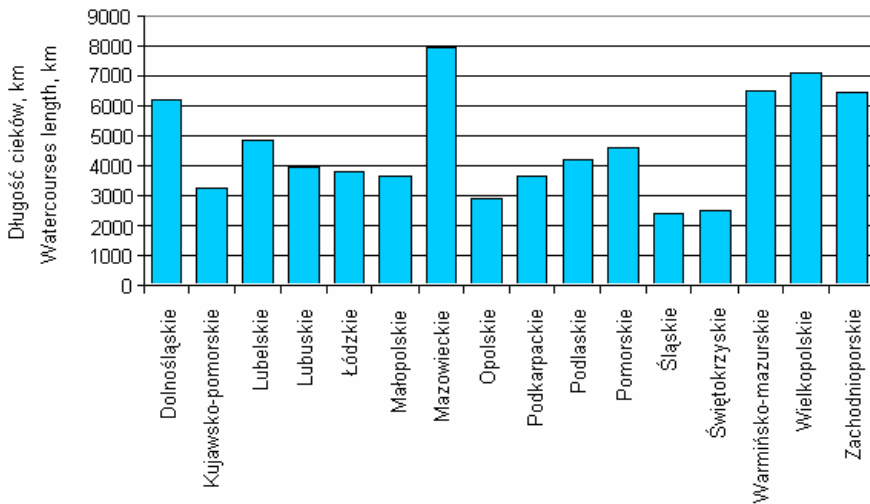
Wykorzystywanie wód do celów gospodarczych, w tym na potrzeby rolnictwa znalazło swoje odzwierciedlenie w ustawie Prawo Wodne [2005]. W rozporządzeniu RM w sprawie śródlądowych wód powierzchniowych lub ich części stanowiących własność publiczną [2003], w załącznikach nr 2 i 3 zamieszczono wykazy wód istotnych dla regulacji stosunków wodnych na potrzeby rolnictwa, służących polepszeniu zdolności produkcyjnej gleby i ułatwieniu jej uprawy. Są to wody, dla których prawa własności w stosunku do wód publicznych stanowiących własność Skarbu Państwa wykonuje marszałek województwa. Są one niekiedy nazywane rolniczymi zasobami wodnymi. O dużym znaczeniu wód rolniczych w gospodarce wodnej kraju świadczą liczba cieków śródlądowych wód powierzchniowych istotnych dla regulacji stosunków wodnych (rys. 6), sumaryczna długość tych cieków w poszczególnych województwach (rys. 7) oraz długość w przeliczeniu na km² każdego z województw (rys. 8).

Analizowano również zmiany powierzchni nawadnianych oraz powierzchni napełnianych stawów w latach 1990–2007 (rys. 9). Powierzchnia nawadnianych użytków rolnych i gruntów leśnych zmniejszyła się natomiast wyraźnie (kilkakrotnie) w stosunku do lat 90. XX w., powierzchnia napełnianych stawów utrzymuje się na poziomie zbliżonym do ok. 50 tys. ha.



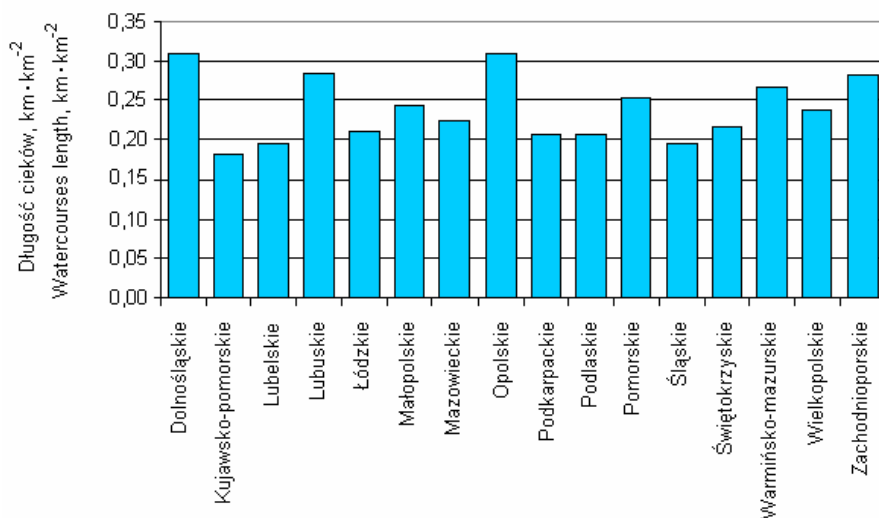
Rys. 6. Liczba cieków istotnych dla regulacji stosunków wodnych na potrzeby rolnictwa w poszczególnych województwach; źródło: opracowanie własne wg danych GUS [2008]

Fig. 6. The number of water courses important for the regulation of water conditions for agricultural purposes in particular voivodships; source: own elaboration acc. to data of GUS [2008]



Rys. 7. Długość cieków istotnych dla regulacji stosunków wodnych na potrzeby rolnictwa w poszczególnych województwach; źródło: opracowanie własne wg danych GUS [2008]

Fig. 7. The length of water courses important for the regulation of water conditions for agricultural purposes in particular voivodships; source: own elaboration acc. to data of GUS [2008]



Rys. 8. Długość cieków istotnych dla regulacji stosunków wodnych na potrzeby rolnictwa w przeliczeniu na km² powierzchni województwa; źródło: opracowanie własne wg danych GUS [2008]

Fig. 8. The length of water courses important for the regulation of water conditions for agricultural purposes per km² of voivodship's area; source: own elaboration acc. to data of GUS [2008]

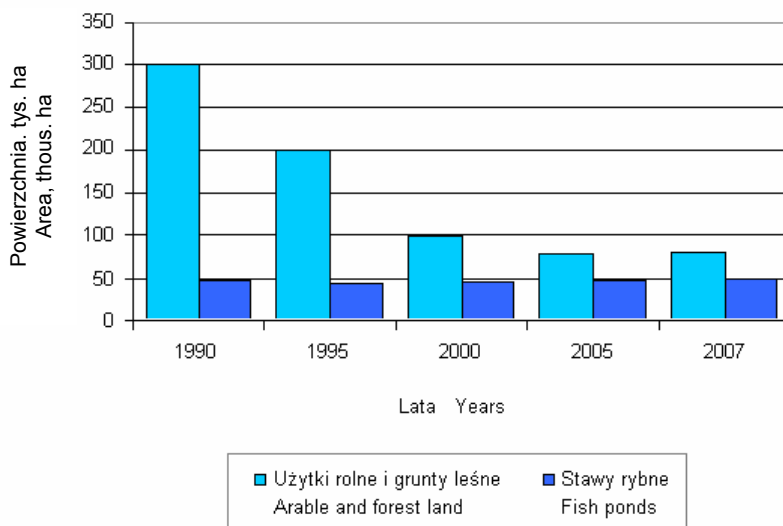
Tabela 4. Wykorzystanie wód rolniczych

Table 4. The use of agricultural waters

Przeznaczenie	The purpose	Ilość/objętość, mln m ³ Number/volume, mln m ³
Potrzeby ludności i inwentarza	For people and animals	
– z sieci wodociągowej	water from pipelines	430
– z innych źródeł (studnie kopane)	from other sources (dug wells)	60
Nawodnienia użytków rolnych i gruntów leśnych	Irrigation of agriculture lands and forests	100
Uzupełnienie napełnienia stawów rybnych	Water for fishponds	1024
Razem	Total	1614

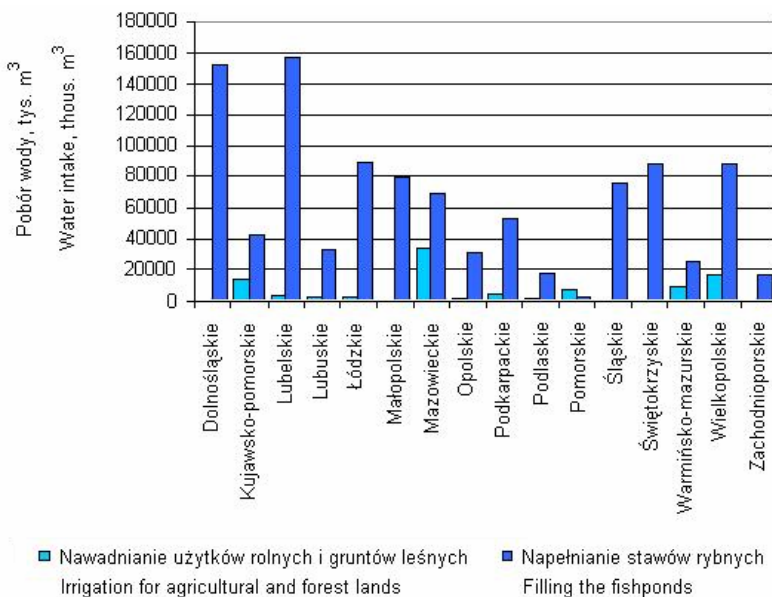
Źródło: GUS [2008]. Source: GUS [2008].

Zróżnicowanie poboru wody w poszczególnych województwach z podziałem na wody do nawodnień i do stawów przedstawiono na rysunku 10. W poborze wód do nawodnień dominują województwa lubelskie i dolnośląskie (po ok. 160 mln m³), a w poborze wód do napełniania stawów województwo mazowieckie (ok. 40 mln m³).



Rys. 9. Powierzchnia terenów nawadnianych oraz stawów rybnych napełnianych w latach 1990–2007; źródło: opracowanie własne wg danych GUS [2008]

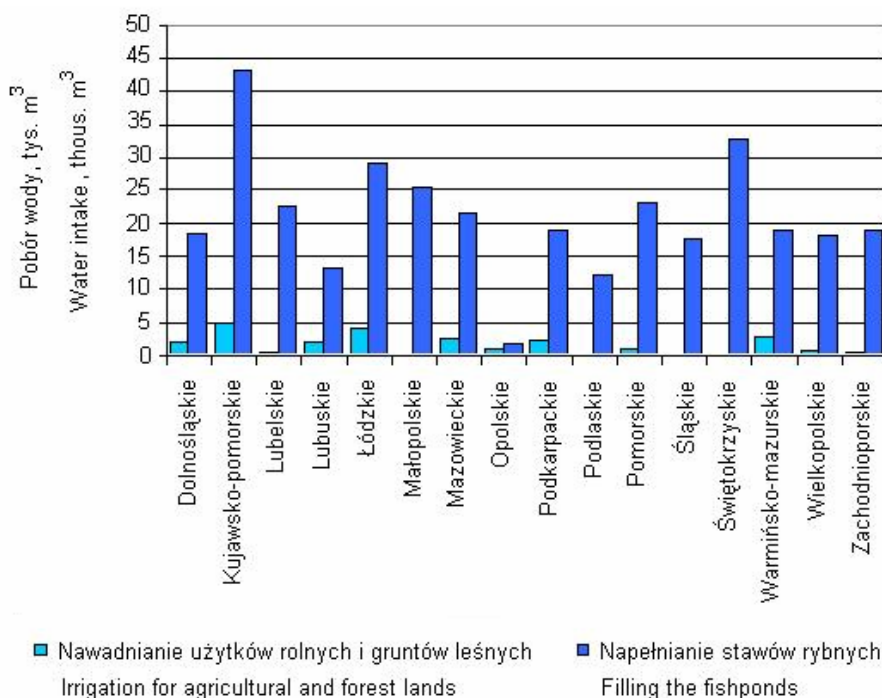
Fig. 9. Total area of irrigated lands and the fishponds filled in 1990–2007; source: own elaboration acc. to data of GUS [2008]



Rys. 10. Pobór wody do nawadniania użytków rolnych i gruntów leśnych oraz napełniania stawów rybnych według województw w 2007 r.; źródło: opracowanie własne wg danych GUS [2008]

Fig. 10. The intake of water for irrigation of agricultural lands and forests and for the filling of fishponds by voivodships in 2007; source: own elaboration acc. to data of GUS [2008]

Sumaryczny pobór wody do nawodnień i napełniania stawów w przeliczeniu na jednostkową powierzchnię użytków rolnych lub stawów w poszczególnych województwach pokazano na rysunku 11. Najwyższy wskaźnik poboru występuje w województwie kujawsko-pomorskim i wynosi na potrzeby nawodnień ok. 45 tys. $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, a do napełniania stawów ok. 5 tys. $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.



Rys. 11. Pobór wody do nawadniania użytków rolnych i gruntów leśnych oraz napełniania stawów rybnych w przeliczeniu na ha powierzchni użytków lub stawów w poszczególnych województwach w 2007 r.; źródło: opracowanie własne wg danych GUS [2008]

Fig. 11. The intake of water for irrigation of agricultural lands and forests and for the filling of fishponds per ha of land or pond in particular voivodships in 2007; source: own elaboration acc. to data of GUS [2008]

PODSUMOWANIE

Produkcja żywności dla zwiększającej się liczby ludzi będzie wymagała w przyszłości zwiększenia powierzchni nawadnianych gruntów rolnych. Nie ma możliwości w warunkach małych zasobów wodnych Polski na pełne pokrycie potrzeb roślin poprzez stosowanie nawodnień. Niezbędne jest opracowanie optymalnych sposobów gospodarowania zasobami wodnymi, jakimi są opady atmosferyczne. Występują uzasadnione obawy w skali światowej, że może zabraknąć wo-

dy na potrzeby produkcji żywności. Wydaje się, że Polsce, leżącej w strefie klimatu umiarkowanego, nie grozi w najbliższym okresie ciągły brak wody dla rolnictwa.

Istnieje możliwość zwiększenia poboru wody do nawodnień z płytkich warstw wodonośnych, ale pod warunkiem takiego użytkowania rolniczego i zagospodarowania terenu, aby możliwe było zwiększenie infiltracji i zasilania tych warstw. Tym niemniej należy się spodziewać, że dostęp do wody będzie limitował produkcję rolną. Istnieją również uzasadnione obawy przed występowaniem coraz ostrzejszej konkurencji w dostępie do wody między rolnictwem a ochroną środowiska przyrodniczego. Zachowanie walorów przyrodniczych ekosystemów bezpośrednio od wód zależnych wymaga utrzymania wysokiego poziomu wód powierzchniowych i podziemnych. W takiej sytuacji znacznie ograniczony może być pobór wody na inne cele, w tym rolnicze. Podstawowymi zadaniami, stojącymi przed gospodarką wodną – jako dyscypliną naukową – jest wypracowanie metod ograniczania niedoborów wodnych poprzez stosowanie dwu kluczowych strategii, tj. zmniejszenie nieprodukcyjnej części ewapotranspiracji oraz retencjonowanie wód opadowych zarówno z zastosowaniem metod technicznych, jak i nietechnicznych, w tym uzupełniania wód podziemnych. Gospodarka wodna, jako dyscyplina naukowa, może przyczynić się do znalezienia optymalnych rozwiązań w tym zakresie, dostarczając wyników badań symulacyjnych, wykonanych z użyciem modeli numerycznych, zweryfikowanych uprzednio na podstawie danych pomiarowych, pochodzących ze zlewni doświadczalnych.

LITERATURA

- DROGERS P., IMMERZEEL W. 2008. Managing the real consumer: evapotranspiration [online]. Report Future Water. No 78. [Data dostępu 10.02.2011]. Dostępny w Internecie: http://www.futurewater.nl/downloads/2008_Drogers_FW78.pdf
- GODYŃ I., SŁOTA H. 2002. Rola gospodarki wodnej w inżynierii środowiska w dobie zrównoważonego i trwałego rozwoju. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN. Vol. 12. I Kongres Inżynierii Środowiska – dodatek s. 69–79.
- GUS 2008. Ochrona środowiska. Warszawa ss. 555.
- KOWALEWSKI Z. 2003. Wpływ retencjonowania wód powierzchniowych na bilans wodny małych zlewni rolniczych. Woda Środowisko Obszary Wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie. Nr 6 ss. 126.
- KOSTRZEWA H. 1977. Weryfikacja kryteriów i wielkości przepływu nienaruszalnego dla rzek Polski. Materiały Badawcze. Ser. Gospodarka Wodna i Ochrona Wód. Warszawa. IMGW ss. 207.
- MIKULSKI Z. 1998. Gospodarka wodna. Warszawa. PWN ss. 320.
- MIODUSZEWSKI W. 1999. Ochrona i kształtowanie zasobów wodnych w krajobrazie rolniczym. Falenty. Wydaw. IMUZ ss. 128.
- MIODUSZEWSKI W. 2004. Gospodarowanie zasobami wodnymi w aspekcie wielofunkcyjnego rozwoju obszarów wiejskich. Woda Środowisko Obszary Wiejskie. T. 4 z. 1 (10) s. 11–29.
- MIODUSZEWSKI W. 2008. Kilka uwag dotyczących gospodarowania rolniczymi zasobami wodnymi. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie. Nr 4 s. 193–198.

- OSTROWSKI J., ŁABĘDZKI L. (red.) 2008. Atlas niedoborów wodnych roślin uprawnych i użytków zielonych w Polsce. Falenty. Wydaw. IMUZ ss. 19+32 mapy.
- PROEKO CDM Sp. z o.o. 2008. Projekt Narodowej Strategii Gospodarowania Wodami 2030 (z uwzględnieniem etapu 2015) [online]. Warszawa. [Data dostępu 10.02.2011]. Dostępny w Internecie: www.zegluga.wroclaw.pl/doc/strategia/pdf
- RIJSBERMAN F.R. 2006. Water scarcity: Facto or fiction. *Agricultural Water Management*. Vol. 80. Iss. 1–3 s. 5–22.
- Rozporządzenie RM z dnia 17 grudnia 2002 r. w sprawie śródlądowych wód powierzchniowych lub ich części stanowiących własność publiczną. *Dz.U.* 2003 Nr 16 poz. 149.
- SŁOTA H. 1997. Zarządzanie systemami gospodarki wodnej. Warszawa. Wydaw. IMGW ss. 130.
- SZYMCZAK T. 2002. Problematyka wyznaczania przepływu nienaruszalnego w warunkach małych zlewni nizinnych. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*. T. 2 z. 1(4) s. 137–154.
- SZYMCZAK T. 2007. Ocena dyspozycyjnych zasobów wodnych rzeki Moszczenicy oraz możliwości poboru wody do nawodnień poniżej profilu wodowskazowego w Giecznie. Falenty. ITP. Ekspertyza. Maszynopis ss. 18.
- SZYMCZAK T., BURS W. 2008. Charakterystyka hydrologiczna cieków jako źródła wody w gospodarce stawowej. W: *Innowacyjne rozwiązania wodno-stawowe w hodowli ryb karpiowatych*. Falenty. Wydaw. IMUZ s. 60–72.
- Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo Wodne *Dz.U.* 2005 Nr 239 poz. 2019 z późn. zm.
- WIĘZIK U., WIĘZIK B. 2006. Ekologiczne uwarunkowania gospodarki wodnej w zlewniach rzek i potoków górskich. *Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej PAN*. Z. 28 ss. 87.
- WITOWSKI K., FILIPKOWSKI A., GROMIEC M. 2008. Obliczanie przepływu nienaruszalnego. *Poradnik*. Wydanie drugie rozszerzone. Warszawa. IMGW ss. 123.

Waldemar MIODUSZEWSKI, Tomasz SZYMCZAK, Zbigniew KOWALEWSKI

WATER MANAGEMENT AS A SCIENTIFIC DISCIPLINE SERVING AGRICULTURE

Key words: available resources, base flow, water management, water resources

S u m m a r y

The paper presents water management as a scientific discipline providing information and methodological background for the proper management of water resources in agriculture and supporting solution of associated problems. Water demands of the country and of agriculture and the use of surface and ground water resources were analysed. It was demonstrated that the method of calculating guaranteed available resources is important for appropriate assessment of available resources of surface waters. These resources should be determined with the consideration of seasonal irregularity of the river outflow and the analysis of flow-duration curves estimated separately for particular months. Examples of calculations are presented for three lowland catchments of the Mławka, Sona Zachodnia and Moszczenica rivers. The first two are situated in the catchment basin of the Wkra River, the third – in the catchment of the Bzura River. Presented data show that the analysed catchments differ much with respect to available resources and their seasonal distribution. Their common feature is, however, an insufficient amount or a total lack of these resources in the summer period. As seen from presented examples, direct management of surface water resources by agriculture in the periods of highest demand for water is practically impossible without its retention. Moreover, the amounts of water for

food production should be limited by minimizing non-productive losses (evaporation from the soil surface) and by selecting plants of lower water demands.

Recenzenci:

prof. dr hab. Andrzej Ciepielowski

prof. dr hab. Stanisław Krzanowski

Praca wpłynęła do Redakcji 22.07.2010 r.