

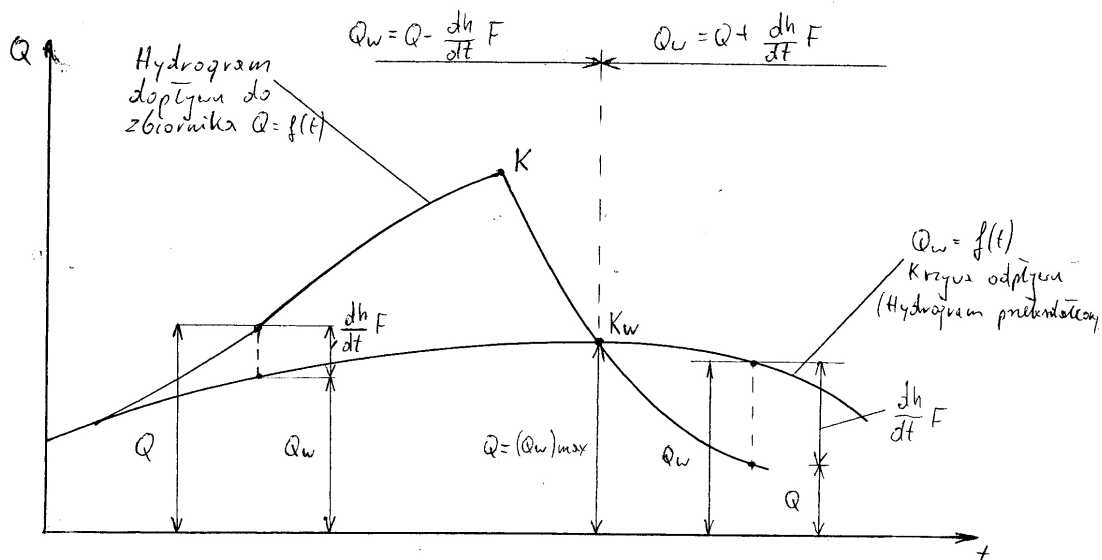
WYKŁAD IV

Analiza przejścia fali powodziowej

Odptyw ze zbiornika może być:

- kontrolowany: regulacja wydatku urządzeń zrzutowych na stały przepływ sekundowy ($Q_{odp} = \text{const.}$) przy pomocy zamknięć ruchomych.
- niekontrolowany: brak zamknięć ruchomych na urządzeniach zrzutowych. Występuje np. w przypadku zbiornika suchego lub zbiornika o stałej rzędnej przelewu.

W przypadku odpływu niekontrolowanego zmiana stanów wody w zbiorniku wpływa na wydatek urządzeń zrzutowych.



Odptyw niekontrolowany ze zbiornika, przy przejściu fali powodziowej, obliczamy z równania różniczkowego:

- gałąź wznosząca fali powodziowej i opadająca do punktu K_w

$$Q_w < Q$$

$$Q_w = Q - \frac{dh}{dt} F$$

- gałąź opadająca poniżej pkt. K_w ($Q_w > Q$)

$$Q_w = Q + \frac{dh}{dt} F$$

gdzie:

Q_w – zmienny odpływ wyrównany ze zbiornika

Q – zmienny dopływ do zbiornika

h – wysokość zw. Wody ponad osią upustów

t – czas

F – powierzchnia zalewu zbiornika na poziomie h

Ponieważ: $Q_w = f(h)$

to $(Q_w)_{\max}$ wystąpi dla h_{\max}

warunek ten spełniony jest, gdy $dh/dt = C$

co ma miejsce przy $(Q_w)_{\max} = Q$ w punkcie K_w

Ponieważ $dV = F dh$

$$\text{to: } Q_w = Q \pm \frac{dV}{dt}$$

lub w postaci:

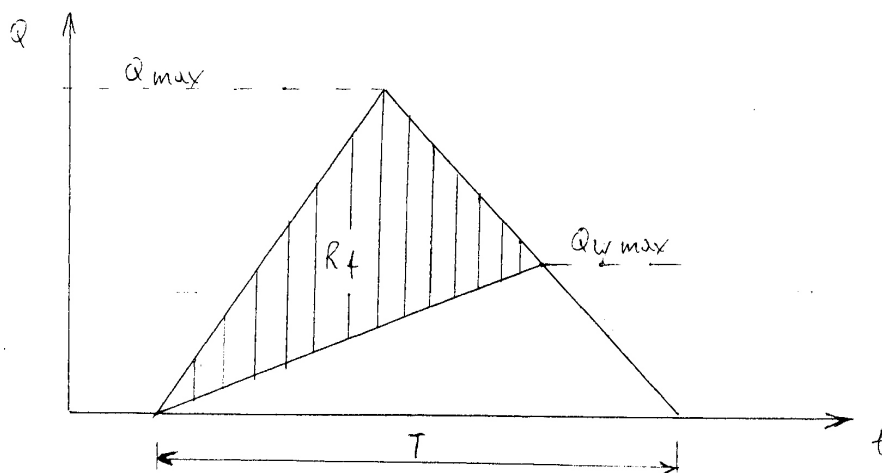
$$Q_w(h) = Q(t) \pm \frac{dV(h)}{dt}$$

Celem obliczeń jest wyznaczenie krzywej odpływu (hydrogramu) $Q_w(t)$ i krzywej stanów na zbiorniku $h(t)$. Równanie rozwiązujemy metodą całkowania graficznego po przejściu do przedziałów skończonych.

Metody uproszczone wyznaczania rezerwy forsownej

Metody te mogą być stosowane w przypadku małych zbiorników. W tym przypadku najczęściej brak jest dokładnych danych hydrologicznych, stąd stosowanie dokładniejszych metod nie byłoby uzasadnione. Przyjmuje się tu kształt fali w postaci trójkąta lub trapezu. Przy tym przyjęciu możliwe jest obliczenie pojemności forsownej zbiornika R_f .

- **Zbiornik ma rezerwę stałą wypełnioną, działa tylko przelew**



Q_{max} – maksymalny dopływ do zbiornika

Q_{wmax} – maksymalny odpływ ze zbiornika

T – czas transformacji w zbiorniku

Objętość szczytu fali V_s (powierzchnia trójkąta o podstawie T i wysokości Q_{max}):

$$V_s = \frac{1}{2} T Q_{max}$$

Rezerwa forsowna

$$R_f = V_s - \frac{1}{2} T Q_{wmax}$$

Z równania na V_s

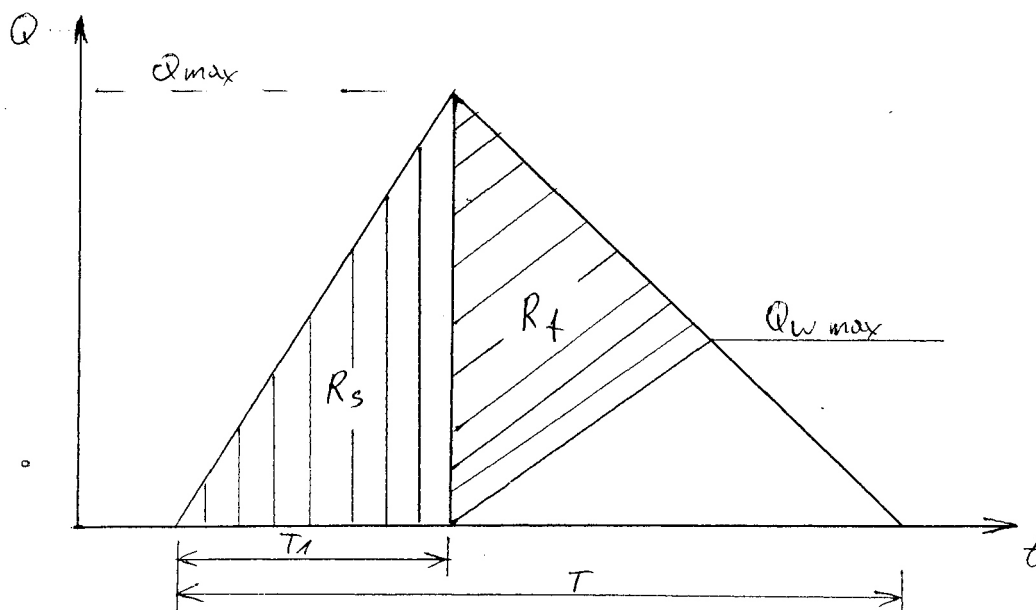
$$T = 2V_s/Q_{max}$$

$$\text{Stąd: } R_f = V_s (1 - Q_{wmax}/Q_{max})$$

lub przy danym R_f

$$Q_{wmax} = Q_{max} (1 - R_f/V_s)$$

□ Zbiornik ma rezerwę stałą opróżnioną:



Objętość szczytu fali:

$$V_s = \frac{1}{2} T Q_{max} \quad \rightarrow \quad T = 2V_s/Q_{max}$$

$$R_s = \frac{1}{2} T_1 Q_{max} \quad \rightarrow \quad T_1 = 2R_s/Q_{max}$$

$$R_f = V_s - R_s - \frac{1}{2} Q_{wmax} (T - T_1)$$

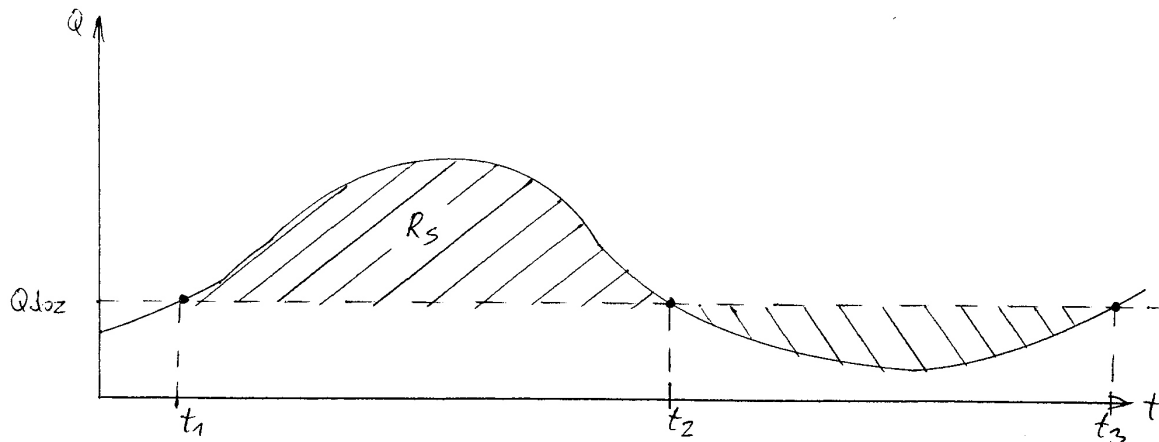
$$R_f = V_s - R_s - \frac{1}{2} Q_{wmax} (2V_s/Q_{max} - 2R_s/Q_{max})$$

$$R_f = (V_s - R_s) (1 - Q_{wmax}/Q_{max})$$

Metody magazynowania fali powodziowej

□ Gospodarka sztywna

1. – Przypadek gdy rezerwa stała R_s jest większa od objętości szczytu fali powodziowej V_s .



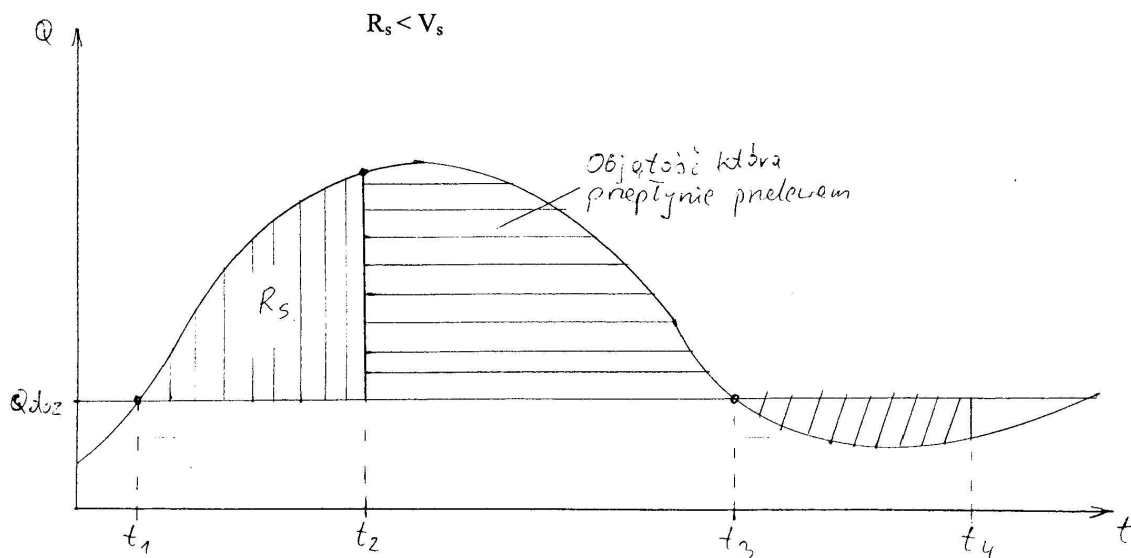
- w momencie t_1 , gdy dopływ do zbiornika osiągnie Q_{doz} otwiera się upust
- w chwili t_2 następuje wypełnienie warstwy przeciwpowodziowej rezerwy stałej. Przy czym dla:

$$t_1 < t < t_2$$

wydatek wody dopływającej: $Q_{dopl.} > Q_{doz.}$

- od momentu t_2 , w którym $Q_{dopl.} < Q_{doz.}$ opróżnia się warstwę rezerwy stałej R_s przy użyciu odpływu $Q_{doz.}$
- w chwili t_3 następuje zakończenie opróżniania rezerwy stałej.

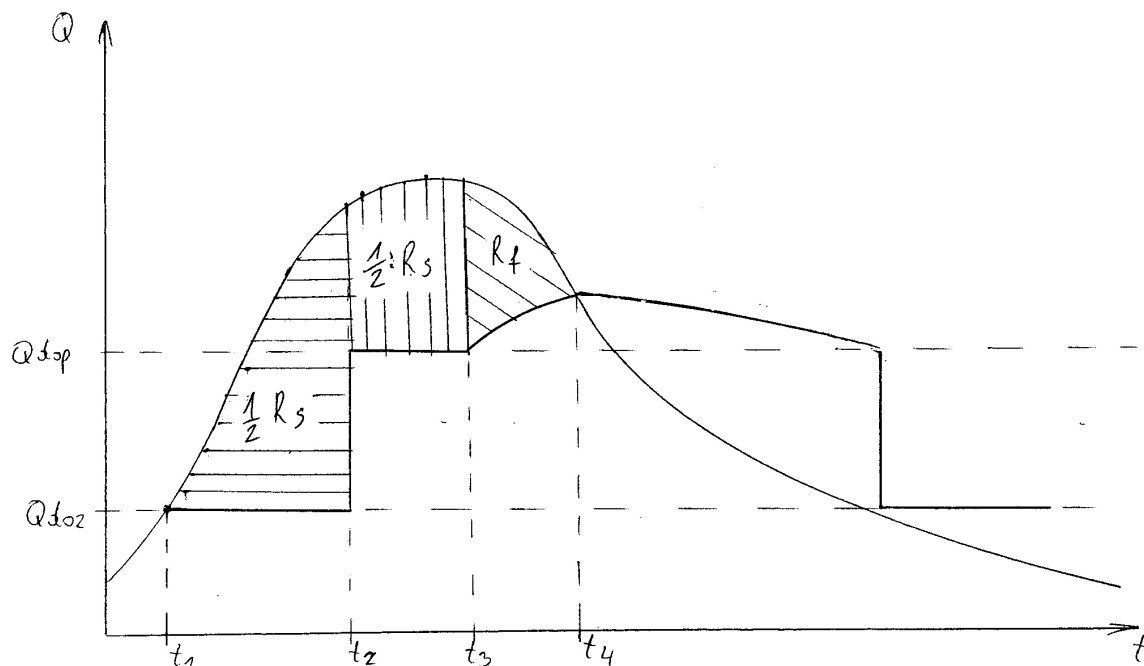
2. - Przypadek gdy pojemność rezerwy stałej R_s jest mniejsza od objętości szczytu fali powodziowej V_s .



- od chwili t_1 gromadzi się nadwyżkę dopływu przekraczającą wielkość Q_{doz}
- w momencie t_2 następuje wypełnienie warstwy przeciwpowodziowej rezerwy stałej R_s .
- w czasie od t_2 do t_3 nadwyżka dopływu przejdzie przelewami bez zatrzymania jej przez zbiornik.
- opróżnianie warstwy rezerwy stałej R_s trwa od t_3 do t_4 .

□ Gospodarka półsztywna

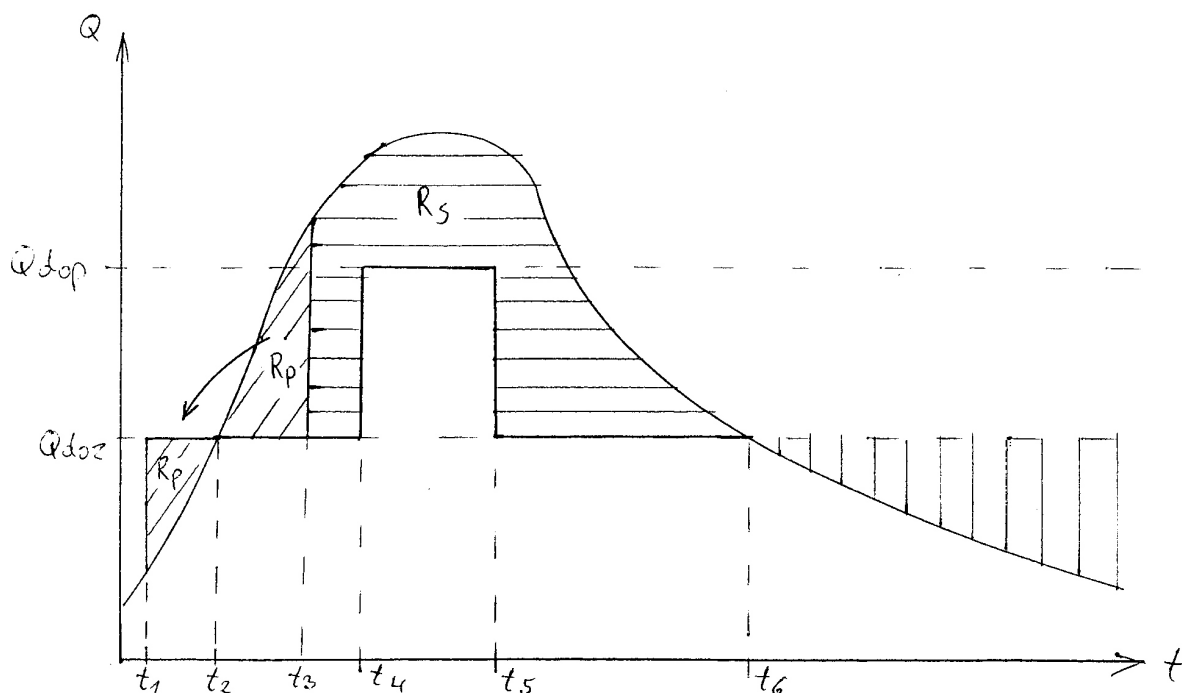
- W tym przypadku gdy rezerwa stała R_s jest mniejsza od szczytu fali powodziowej $R_s < V_s$
- możliwe jest jeszcze inne postępowanie – gospodarka półsztywna.



- od momentu t_1 gromadzi się nadwyżkę dopływu przekraczającą Q_{doz}
- od chwili t_2 , gdy rezerwa stała R_s jest do połowy wypełniona, a szczyt fali jeszcze nie nadszedł podwyższa się odpływ z Q_{doz} na Q_{dop} (przepływ dopuszczalny).
- w chwili t_3 następuje wypełnienie rezerwy stałej.
- w czasie od t_3 do t_4 nadwyżka dopływu przejdzie przelewami.

□ Gospodarka przewidywana

- Możliwe jest jeszcze bardziej elastyczny system gospodarki dla tego samego przypadku, gdy rezerwa stała R_s jest mniejsza od szczytu fali powodziowej $R_s < V_s$ – gospodarka przewidywana.



- od momentu t_1 do t_2 tworzy się rezerwę przygotowaną R_p .
- w miarę orientowania się co do wielkości fali w chwili t_4 – zwiększa się odpływ z Q_{doz} na przepływ Q_{dop} .

Metody sztywne stosuje się na potokach górskich oraz w górnym biegu rzek, ponieważ w tym przypadku nie jest możliwe dostatecznie wczesne przewidywanie kształtu fali powodziowej.

Metody elastyczne stosuje się w dolnym biegu większych rzek i ew. w biegu środkowym. W tym przypadku można bowiem wystarczająco wcześnie postawić prognozę co do kształtu fali.

BILANSE WODNO-GOSPODARCZE

1. Elementy ilościowe bilansu wodno-gospodarczego

□ Przepływ naturalny Q_n

Jest to przepływ wynikający z odpływu powierzchniowego i gruntowego z obszaru zlewni ograniczonego przekrojem bilansowym.

□ Przepływ obserwowany Q_o

Różni się od przepływu naturalnego o wartość zużycia wody lub zasilania wodami podziemnymi. Przepływ ten określa się na podstawie zależności:

$$Q_0 = Q_n + \sum_{i=1}^{i=n} Q_i$$

gdzie:

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

Jeżeli $\sum_{i=1}^{i=n} Q_i < 0.05Q_n$ to wyrażenie to można pominąć w rachunku bilansowym.

□ Przepływ nienaruszalny Q_b

Jest to przepływ warunkowany zachowaniem w cieku odpowiednich wymogów biologicznych, sanitarnych, środowiskowych, turystycznych. Wartość Q_b przyjmuje się jako równą:

- najmniejszemu przepływowi w danym okresie obserwacyjnym
- średniemu niskiemu przepływowi SNQ w danym okresie
- przepływowi o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia.

Kryteria oceny przepływu nienaruszalnego wg Kostrzewy (Przepływy nienaruszalne – Gospodarka Wodna 1980 nr1):

a) kryterium hydrobiologiczne:

$$Q_b = k \text{ SNQ}$$

k - współczynnik empiryczny zależny od typu rzeki i powierzchni zlewni.

Typ rzeki	Powierzchnia zlewni km ²	k
Nizinny	< 1000	1.00
	1000 – 2500	0.58
	> 2500	0.50
Przełajowy i podgórski	< 500	1.27
	500 – 1500	0.77
	1500 – 2500	0.52
	> 2500	0.50
Górski	< 300	1.52
	.	.
	.	.
	> 2500	0.50

b) kryterium rybacko – wędkarskie

Przepływ Q_b ustala się indywidualnie dla poszczególnych rzek w zależności od gatunku ryb i okresu ich rozwoju. Przepływ może być sezonowo zmienny.

c) Kryterium ochrony przyrody (środowiska)

Ustala się ze względu na poziom wód gruntowych w dolinach rzecznych, mający istotny wpływ na rozwój szaty roślinnej.

d) Kryterium turystyczne

Przy przepływie Q_b należy zapewnić odpowiednie głębokości:

0.25 – 0.30 m – szlaki kajakowe

1.00 – 1.25 m – szlaki żeglarskie

□ **Ubytki przepływu spowodowane intensywną produkcją roślinną na gruntach ornych**

Wartości średnie miesięczne ubytków przepływu w przekrojach bilansowych oblicza się wg zależności:

- maj, lipiec, sierpień

$$Q_i = 0.385810^{-3} H_i A$$

- czerwiec

$$Q_i = 0.373410^{-3} H_i A$$

gdzie: H_i – wskaźnik ubytku przepływu w mm – tab.12 A. Szpindor, 1974, str. 58 – 87

A – powierzchnia zlewni ograniczona przekrojem bilansowym w km^2

□ **Przepływ dyspozycyjny Q_d**

Jest to część przepływu naturalnego lub obserwowanego będąca do dyspozycji do zaspokojenia potrzeb wodnych.

Wartość przepływów dyspozycyjnych w danym przekroju bilansowym określamy wg zależności:

1) $Q_d = Q_n - Q_b$

2) $Q_d = Q_n - \left(Q_b + \sum_{i=1}^{i=n} Q_i \right)$

3) $Q_d = Q_o - \left(Q_b + \sum_{i=1}^{i=n} Q_i \right)$

□ **Zapotrzebowanie na przepływ wody w rzece $\sum_{i=1}^{i=n} Q_{ip}$**

Zapotrzebowanie to wynika z obliczenia sumarycznych potrzeb wodnych dla i – tych działalności. Zapotrzebowanie to określamy zestawiając pobór wody z rzeki przez

wszystkich użytkowników tj.: rolnictwo, przemysł, gospodarkę komunalną, energetykę, żeglugę.

□ Równanie bilansu wodno - gospodarczego

Zakładamy że rachunek bilansowy sporządzamy dla dwóch przekrojów. Równanie bilansu w pierwszym przekroju bilansowym ma postać:

$$U_I = Q_d - \sum_{i=1}^{i=n} Q_{ip}$$

gdzie: U_z – niedobór lub nadmiar wody z punktu widzenia potrzeb

$$\sum_{i=1}^{i=n} Q_{ip} - \text{zapotrzebowanie na przepływ wody w rzece dla } i\text{-tych działalności}$$

(użytkowników)

W przekroju drugim zlokalizowanym poniżej pierwszego przekroju bilansowego mogą mieć miejsce zwroty wody pobranej w ilości:

$$Q_{iz} = \beta_i Q_{ip}$$

Zakładając że pobór wody ma miejsce tylko w tych przypadkach gdy:

$$Q_d \geq \sum_{i=1}^{i=n} Q_{ip}$$

to wówczas równanie bilansowe w przekroju drugim ma postać

$$U_{II} = Q_d - \sum_{i=1}^{i=n} Q_{ip} + \sum_{i=1}^{i=n} Q_{iz}$$

W przypadku gdy w pierwszym przekroju bilansowym występują niedobory wody to dla przekroju drugiego obliczenia wykonujemy wg zależności:

$$U_{II} = Q_d - \sum_{i=1}^{i=n} Q_{ip} + \sum_{i=1}^{i=n} Q_{iz} - U_I$$

Obliczenia te można wykonywać na arkuszach bilansowych.