

## 4.3. MIARY ODPLYWU

Jednym z elementów bilansu wodnego jest **odpływ**, czyli ilość wody, jaka odpłynęła ze zlewni w ciągu danego okresu. Znajomość odpływu jest jedną z kluczowych informacji służącą w gospodarce wodnej do oceny zasobów wodnych. Wielkość odpływu rzecznoego zależy przede wszystkim od wielkości opadów docierających do zlewni, zaś ilość wody opadowej, jaka dotrze do rzeki, jest związana z warunkami fizjograficznymi zlewni (np. nachylenie stoków, gęstość sieci rzecznej, użytkowanie terenu, przepuszczalność podłoża; patrz rozdz. 1.2).

Odpływ ze zlewni oblicza się na podstawie informacji o wielkości natężenia przepływu w profilu wodowskazowym zamykającym zlewnię (patrz rozdz. 4.2). Podstawową jednostką czasu w obliczeniach hydrologicznych jest **rok hydrologiczny** obejmujący, w warunkach klimatu Polski, okres od 1 XI do 31 X. Początek roku hydrologicznego przypada na okres najmniejszych zapasów wody w zlewniach. **Półrocze zimowe** trwa od 1 XI do 30 IV. Jest to okres strat na parowanie, gromadzenia się wody w postaci pokrywy śnieżnej oraz roztopów. **Półrocze letnie** trwa od 1 V do 31 X. Dochodzi w nim do stopniowego wyczerpywania się zasobów wodnych. Odpływ można obliczać w odniesieniu do doby, miesiąca, półrocza, roku, wielolecia. **Odpływ dobowy**  $V_d$  jest iloczynem średniego dobowego natężenia przepływu rzeki i liczby sekund w ciągu doby:

$$V_d = 86\,400 Q \quad (4.3.1)$$

gdzie:

- $V_d$  – odpływ dobowy [ $\text{m}^3$ ],
- $Q$  – natężenie przepływu [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ],
- 86 400 – liczba sekund w ciągu doby.

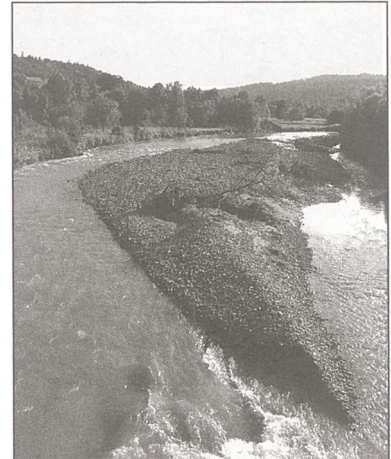
**Odpływ**  $V$  w długim okresie jest sumą objętości odpływu w kolejnych dobach i można go obliczyć według wzoru:

$$V = 86\,400 \sum_{k=1}^n Q_k \quad (4.3.2)$$

gdzie:

- $V$  – odpływ [ $\text{m}^3$ ],
- $Q_k$  – średnie dobowe natężenie przepływu w  $k$ -tym dniu [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ],
- $n$  – liczba dni w okresie, w którym obliczany jest odpływ.

Odpływ z dorzecza można wyrazić za pomocą miar względnych, umożliwiających porównanie ilości wody odprowadzanej z dorzeczy o różnych powierzchniach. Jedną z takich miar jest **odpływ jednostkowy**  $q$ , czyli objętości wody, jaka odpłynęła w ciągu sekun-



Przepływy rzek górskich i pogórskich odznaczają się dużą nieregularnością zarówno w półroczu zimowym, jak i letnim

dy z jednego kilometra kwadratowego zlewni. Obliczany jest za pomocą wzoru:

$$q = \frac{Q}{A} \quad (4.3.3)$$

gdzie:

- $q$  – odpływ jednostkowy [ $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ],  
 $Q$  – średnie natężenie przepływu [ $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ],  
 $A$  – powierzchnia zlewni [ $\text{km}^2$ ].

Odpływ można również wyrazić jako miąższość warstwy wody, jaką utworzyłaby dana objętość odpływu rozlana na powierzchni zlewni. **Warstwa odpływu**  $H$  obliczana jest jako iloraz objętości odpływu i powierzchni zlewni:

$$H = \frac{V}{A \cdot 10^3} \quad (4.3.4)$$

gdzie:

- $H$  – warstwa odpływu [mm],  
 $A$  – powierzchnia zlewni [ $\text{km}^2$ ],  
 $V$  – objętość odpływu [ $\text{m}^3$ ],  
 $10^3$  – stała wynikająca z przeliczenia jednostek z [m] na [mm].

Część opadów, która ulega transformacji w odpływ rzeczny, wyraża się za pomocą **współczynnika odpływu**  $c$ , czyli stosunku odpływu do opadu:

$$c = \frac{H}{P} \quad (4.3.5)$$

gdzie:

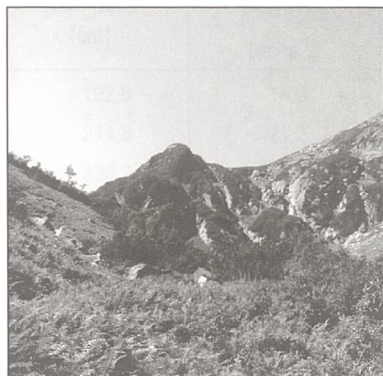
- $c$  – współczynnik odpływu,  
 $H$  – wskaźnik odpływu [mm],  
 $P$  – opad [mm].

## Przykład

Oblicz warstwę odpływu i odpływ jednostkowy w dorzeczu Nidy (Wiślica) w czerwcu, lipcu i sierpniu 1980 r. Powierzchnia dorzecza wynosi  $3630 \text{ km}^2$ . Skorzystaj z krzywej przepływu sporządzonej w przykładzie 1 (rozd. 4.2). Stany wody Nidy (Wiślica) przedstawione są w tab. 4.3.1.

## Rozwiązanie

- Odczytanie z krzywej przepływu wielkości natężenia przepływów w czerwcu, lipcu i sierpniu 1980 r. Dla każdego stanu wody (tab. 4.3.1: kolumny 2, 3, 4) z krzywej przepływu (ryc. 4.2.1) należy odczytać odpowiadające mu natężenie przepływu (tab. 4.3.1: kolumny 6, 7, 8). Na przykład przy stanie wody  $249 \text{ cm}$  (5 czerwca), natężenie przepływu wynosiło  $29,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .



Współczynnik odpływu w zlewniach wysokogórskich jest duży ze względu na szybki spływ wód i niewielkie parowanie

Dzień	Stan wody [cm]			Dzień	Natężenie przepływu [m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]		
	VI	VII	VIII		VI	VII	VIII
1	2	3	4	5	6	7	8
1	180	197	338	1	12,3	15,2	92,9
2	187	194	332	2	13,4	14,7	86,1
3	211	192	328	3	18,3	14,3	81,8
4	232	190	325	4	23,9	13,9	78,8
5	249	190	319	5	29,7	13,9	72,8
6	272	190	309	6	39,9	13,9	64,0
7	279	193	297	7	43,6	14,5	55,0
8	265	196	262	8	36,5	15,0	35,1
9	253	201	244	9	31,3	16,0	27,9
10	240	198	235	10	26,4	15,4	24,9
11	220	196	230	11	20,5	15,0	23,3
12	210	194	219	12	18,0	14,7	20,3
13	204	193	220	13	16,7	14,5	20,5
14	195	191	243	14	14,9	14,1	27,5
15	193	194	263	15	14,5	14,7	35,6
16	190	195	266	16	13,9	14,9	37,0
17	188	200	279	17	13,6	15,8	43,6
18	190	200	296	18	13,9	15,8	54,3
19	205	199	322	19	16,9	15,6	75,7
20	206	196	336	20	17,1	15,0	90,6
21	208	196	323	21	17,6	15,0	76,7
22	208	196	297	22	17,6	15,0	55,0
23	208	198	276	23	17,6	15,4	42,0
24	208	208	250	24	17,6	17,6	30,1
25	206	222	241	25	17,1	21,1	26,8
26	205	230	236	26	16,9	23,3	25,2
27	205	252	232	27	16,9	30,9	23,9
28	205	268	227	28	16,9	37,9	22,5
29	201	287	225	29	16,0	48,4	21,9
30	198	305	222	30	15,4	60,9	21,0
31		313	220	31		67,5	20,5

Tab. 4.3.1. Stany wody  
i natężenie przepływu Nidy (Wiślica)  
w 1980 r.

## 2. Obliczenie warstwy odpływu

Aby obliczyć warstwę odpływu, należy wcześniej obliczyć odpływ w poszczególnych miesiącach według wzoru (4.3.2):

$$V_{vi} = 86\,400 \cdot 604,9 = 52\,263\,360 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V_{vii} = 86\,400 \cdot 649,9 = 56\,151\,360 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V_{viii} = 86\,400 \cdot 1413,3 = 122\,109\,120 \text{ [m}^3\text{]}$$

Obliczone wartości podstawia się do wzoru (4.3.4):

$$H_{VI} = \frac{52\,263\,360}{3630 \cdot 10^3} = 14,4 \text{ [mm]}$$

$$H_{VII} = \frac{56\,151\,360}{3630 \cdot 10^3} = 15,5 \text{ [mm]}$$

$$H_{VIII} = \frac{122\,109\,120}{3630 \cdot 10^3} = 33,6 \text{ [mm]}$$

### 3. Obliczenie odpływu jednostkowego

Aby obliczyć odpływ jednostkowy, konieczna jest znajomość średnich przepływów miesięcznych. Są to średnie arytmetyczne przepływów dobowych. Należy je przedstawić w  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

$$Q_{VI} = 20,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 20\,200 \text{ [dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$$

$$Q_{VII} = 21,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 21\,000 \text{ [dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$$

$$Q_{VIII} = 45,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 45\,600 \text{ [dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$$

Odpływy jednostkowe należy obliczyć według wzoru (4.3.3):

$$q_{VI} = \frac{20\,200}{3630} = 5,6 \text{ [dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}\text{]}$$

$$q_{VII} = \frac{21\,000}{3630} = 5,8 \text{ [dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}\text{]}$$

$$q_{VIII} = \frac{45\,600}{3630} = 12,6 \text{ [dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}\text{]}$$

### Odpowiedź

Warstwy odpływu w dorzeczu Nidy (Wiślica) w czerwcu, lipcu i sierpniu 1980 r. wynosiły odpowiednio: 14,4 mm, 15,5 mm i 33,6 mm, natomiast odpływ jednostkowy był równy:  $5,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ,  $5,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  i  $12,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ .

### Zadanie

Oblicz współczynnik odpływu w dorzeczu Nidy (Wiślica) w czerwcu, lipcu i sierpniu 1980 r. Wysokość opadu w kolejnych miesiącach wynosiła odpowiednio:  $P_{VI} = 104,0 \text{ mm}$ ;  $P_{VII} = 144,4 \text{ mm}$ ;  $P_{VIII} = 87,7 \text{ mm}$ .