

## ZMIENNOŚĆ MAKSYMALNYCH SPŁYWÓW JEDNOSTKOWYCH NA OBSZARZE SUDETÓW I PRZEDGÓRZA SUDECKIEGO

*Mariusz Adynkiewicz-Piragas*

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej we Wrocławiu

### Wstęp

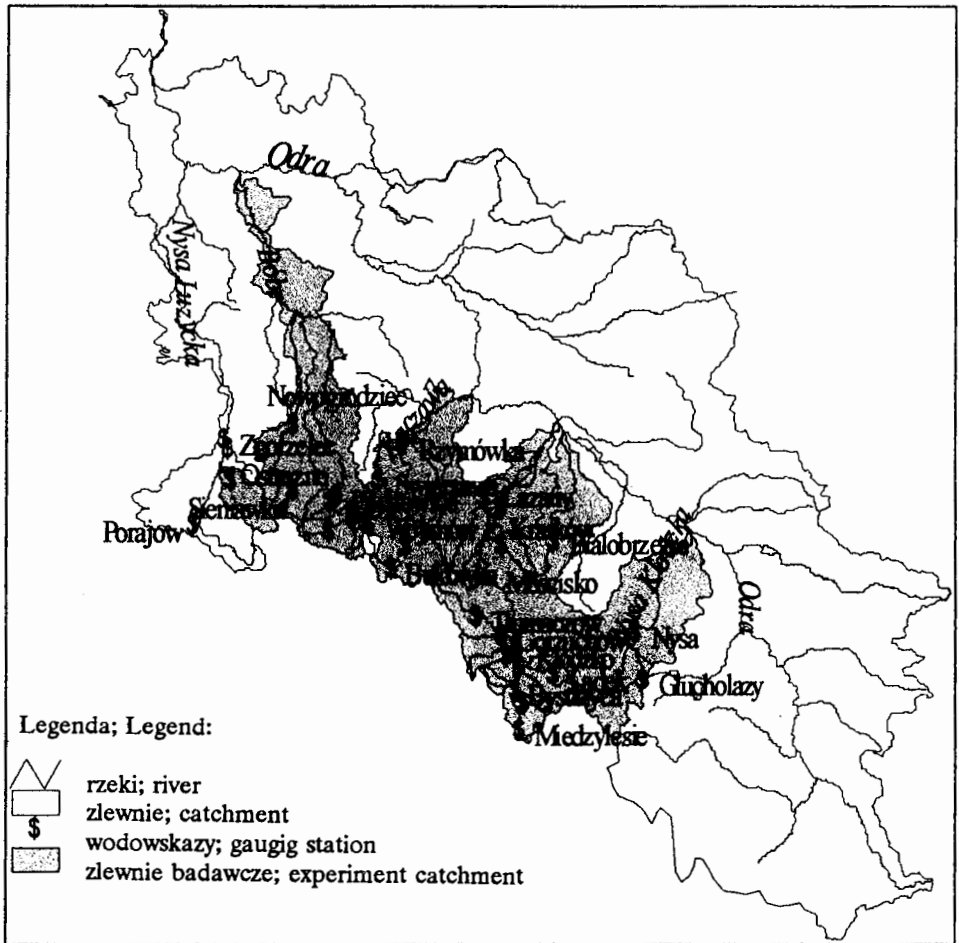
Erozja wodna wywołana jest ruchem wody, a zatem jest procesem hydrologicznym. Spływająca woda najpierw odrywa cząsteczki i transportuje je, a następnie osadza. Największe natężenie erozji wodnej występuje na stokach i zboczach terenów wyżynnych, górskich i podgórskich. Do czynników wpływających na natężenie erozji wodnej gleb zalicza się: rzeźbę terenu, warunki klimatyczno-hydrologiczne, rodzaj gleby i sposób użytkowania. Wpływ klimatu na natężenie erozji jest zróżnicowany i zależy od wielu czynników, a przede wszystkim związany jest z występowaniem stref klimatycznych. Oprócz zmienności klimatycznej do czynników potęgujących erozję wodną gleb zalicza się opady krótkotrwałe o dużym natężeniu. Erozją wodną zagrożone są przede wszystkim obszary charakteryzujące się znacznymi spadkami, do których należy również rejon Sudetów z Przedgórzem Sudeckim. Z chwilą pojawienia się w górach i na przedgórzu wielkiej wody letniej o prawdopodobieństwie wystąpienia 50% w zlewniach występuje zmywanie i rozmywanie gleb [PROCHAL 1987].

Celem pracy jest określenie potencjalnego zagrożenia erozyjnego spływami wielkich wód letnich ( $q_{50\%}$ ) i stuletnich ( $q_{1\%}$ ) na obszarze Sudetów.

### Materiał i metody badań

Badaniami objęto 34 zlewnie cząstkowe położone w Sudetach i na Przedgórzu Sudeckim. Obejmują one górne odcinki zlewni: Nysy Kłodzkiej, Śleży, Bystrzy, Kaczawy, Bobru i Nysy Łużyckiej (rys. 1). Obszar ten charakteryzuje się powierzchnią silnie urzeźbioną o znacznie zróżnicowanych wysokościach od 350 do 1602 m n.p.m. Średnie sumy roczne opadów w poszczególnych zlewniach wahają się od 1400 mm do 600 mm, a w półroczu letnim od 700 mm do 380 mm. Są to zlewnie górskie i podgórskie, urozmaicone pod względem ukształtowania powierzchni terenu, gdzie występują powodzie letnie.

Analizie poddano zlewnie o powierzchniach od 35,1 km<sup>2</sup> do 1609 km<sup>2</sup>, gdzie średnie spadki w zlewniach wahają się od 0,67% do 14,5%. Charakterystyczne parametry fizjograficzne badanych zlewni zestawiono w tabeli 1.



Rys. 1. Lokalizacja wybranych posterunków wodowskazowych

Fig. 1. Location of the selected gauging stations

Prawdopodobieństwo przewyższenia przepływów maksymalnych zwyczajnej wody letniej ( $WQ_{50\%}$ ) i wody stuletniej ( $WQ_{1\%}$ ) obliczono w 34 przekrojach wodowskazowych, dla których dysponowano 30-letnimi ciągami historycznymi (1971–2000). Parametry rozkładu przepływów maksymalnych estymowano metodą największej wiarygodności. Oszacowanie parametrów rozkładu polegało na znalezieniu takiego układu wartości, przy którym prawdopodobieństwo zaobserwowania posiadanej próby losowej jest największe [BYCZKOWSKI 1996]. Dla otrzymanych niesprzecznych funkcji rozkładów prawdopodobieństwa obliczono kryteria informacyjne, Akaike, które jest miarą dopasowania funkcji rozkładu do danych obserwacyjnych [OLEARCZYK 2001; OZGA-ZIELIŃSKA i in. 1999; RADZUK i in. 2000]. Dla obliczonych wartości maksymalnych przepływów letnich  $p = 50\%$  i rocznych  $p = 1\%$  obliczono spływy jednostkowe.

Tabela 1; Table 1

Charakterystyczne parametry zlewni czastkowych  
The characteristic parameters of subcatchments

| L-p. No. | Rzeka; River     | Wodowskaz Gauging station | Region geograficzny Geographical region | km biegu rzeki Course of the river | Powierzchnia zlewni Catchment area (km <sup>2</sup> ) | Szerokość zlewni Width (km) | Sredni spadek zlewni Mean slope of catchment (%) |
|----------|------------------|---------------------------|---|------------------------------------|---|-----------------------------|--|
| 1.       | Nysa Kłodzka     | Międzylesie               | Sudety Środkowe                         | 167,0                              | 49,7  | 3,38                        | 7,788  |
|          |                  | Bystrzyca Kł.             |   | 147,8                              | 260   | 7,67                        | 3,952  |
|          |                  | Kłodzko                   |   | 127,4                              | 1084  | 19,96                       | 2,106  |
|          |                  | Nysa                      | Przedgórze Sudeckie                     | 60,5                               | 3276  | 27,03                       | 1,390  |
| 2.       | Wilczy Potok     | Wilkanów                  | Sudety Środkowe                         | 5,2                                | 35,1  | 2,83                        | 14,469   |
| 3.       | Bystrzyca        | Bystrzyca Kł.             | Sudety Środkowe                         | 0,4                                | 64  | 3,18                        | 6,005  |
| 4.       | Biała Łądecka    | Łądek Zdrój               | Sudety Wschodnie                        | 72,4                               | 166   | 5,72                        | 5,429  |
|          |                  | Żelazno                   |   | 4,9                                | 305   | 6,56                        | 4,600  |
| 5.       | Bystrzyca Duszn. | Szalejów Dol.             | Sudety Środkowe                         | 3,8                                | 175   | 5,99                        | 4,348  |
| 6.       | Ścinawka         | Tłumaczów                 |   | 23,6                               | 256   | 6,67                        | 2,368  |
|          |                  | Gorzuchów                 |   | 8,2                                | 511   | 9,52                        | 1,883  |
| 7.       | Biała Głuchowska | Głucholazy                | Sudety Wschodnie                        | 18,6                               | 283   | 7,80                        | 4,452  |
| 8.       | Ślęza            | Białobrzezie              | Przedgórze Sudeckie                     | 55,0                               | 181   | 7,67                        | 1,565  |
| 9.       | Bystrzyca        | Kraśków                   |   | 50,7                               | 683   | 15,35                       | 1,966  |
| 10.      | Piława           | Mościsko                  |   | 22,8                               | 291   | 12,93                       | 0,670  |
| 11.      | Strzegomka       | Łażany                    |   | 37,6                               | 356   | 9,60                        | 2,208  |
|          |                  | Świerzawa                 |   | Pogórze Zachodnio-sudeckie         | 66,3  | 134                         | 7,61   |
| 12.      | Kaczawa          | Rzymówka                  | 40,3                                    |                                    | 314   | 7,20                        | 2,251  |
| 13.      | Bóbr             | Bukówka                   | Sudety Zachodnie                        | 262,9                              | 58,5  | 6,88                        | 8,922  |
|          |                  | Kamienna Góra             |   | 248,0                              | 190   | 8,05                        | 5,470  |
|          |                  | Wojanów                   |   | 218,0                              | 535   | 9,98                        | 3,635  |
|          |                  | Jelenia Góra              |   | 205,1                              | 1049  | 15,77                       | 2,679  |
|          |                  | Pilchowice                |   | 191,9                              | 1209  | 15,17                       | 2,736  |
| 14.      | Łomnica          | Łomnica                   |   | 0,4                                | 118   | 6,02                        | 8,096  |
| 15.      | Kamienna         | Piechowice                | Pogórze Zachodnio-sudeckie              | 14,4                               | 99,2  | 5,51                        | 7,587  |
|          |                  | Jelenia Góra              |   | 1,6                                | 255   | 8,33                        | 5,097  |
| 16.      | Kamienica        | Barcinek                  |   | 3,8                                | 97,2  | 5,75                        | 2,315  |
| 17.      | Kwisa            | Nowogrodzic               |   | 56,2                               | 736   | 10,42                       | 1,338  |
| 18.      | Czarny Potok     | Mirsk                     |   | 0,2                                | 55,9  | 4,02                        | 2,956  |
| 19.      | Nysa Łużycka     | Porajów                   | Pogórze Zachodnio-sudeckie              | 197,6                              | 375   | 6,92                        | 3,320  |
|          |                  | Sieniawka                 |   | 194,2                              | 687   | 11,93                       | 2,482  |
|          |                  | Zgorzelec                 |   | 151,4                              | 1609  | 16,03                       | 1,746  |
| 20.      | Witka            | Ostróżno                  |   | 10,2                               | 268   | 6,43                        | 4,730  |
| 21.      | Czerwona Woda    | Zgorzelec-Ujazd           |   |                                    | 2,0   | 128                         | 5,74   |

W pracy podjęto również próbę skorelowania przepływów o zadanym prawdopodobieństwie przewyższenia z powierzchnią zlewni (A). Wykorzystano w tym celu związki regresyjne. Zastosowano regresję liniową, a siłę tego związku wyrażono współczynnikiem korelacji [BYCZKOWSKI 1996; RADZUK i in. 2000].

## Wyniki

Maksymalne spływy jednostkowe na badanym obszarze wykazują znaczną zmienność w badanym wieloleciu (1971–2000). Na obszarze Sudetów Środkowych i Wschodnich – dorzecze Nysy Kłodzkiej – najwyższe wartości obliczono w przekroju Wilkanów na Wilczce ( $4274 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ,  $A = 35,1 \text{ km}^2$ , 1997 r). Wartości powyżej  $1000 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  obliczono dla roku 1977 na Wilczce w przekroju Wilkanów i w Żelaznie na Białej Łądeckiej ( $A = 305 \text{ km}^2$ ). W pozostałych latach wahały się od 10 do  $600 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . W Sudetach Zachodnich obejmujących górne dorzecze Bobru największe spływy jednostkowe obliczono dla roku 1997 z maksimum w przekroju Piechowice na Kamiennej ( $1058 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ,  $A = 1209 \text{ km}^2$ ). Nieznacznie niższe spływy jednostkowe obliczono dla roku 1981 –  $976 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (Barcinek na Kamienicy,  $A = 97,2 \text{ km}^2$ ) i dla roku 1977 –  $940 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (Piechowice na Kamiennej). Natomiast w wieloleciu przyjmowały wartości od 30 do  $600 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . Na Przedgórzu Sudeckim w górnym biegu Bystrzycy maksymalne spływy jednostkowe  $> 300 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  obliczono dla roku 1997 z maksimum w Kraskowie ( $350 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ,  $A = 683 \text{ km}^2$ ), a powyżej  $2250 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  dla lat 1977 i 1979. Natomiast w zlewni Ślęzy do przekroju Białobrzecze ( $A = 181 \text{ km}^2$ ) największe wartości spływów ( $> 100 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ) obliczono w latach 1977, 1979 i 1980. W wieloleciu przeważnie kształtowały się w granicach od 10 do  $150 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . Dla Pogórza Zachodnosudeckiego obejmującego zlewnię Kwisy do przekroju Nowogrodzic i zlewnię górnej Nysy Łużyckiej obliczono maksymalne spływy w roku 1981 ( $607 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  Nowogrodzic,  $A = 736 \text{ km}^2$  i  $560 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  Sieniawka,  $A = 687 \text{ km}^2$ ) i w roku 1971 –  $519 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  w przekroju Zgorzelec Ujazd ( $A = 128 \text{ km}^2$ ). W latach 1997 i 1977 w przekroju Ostróżno ( $A = 268 \text{ km}^2$ ) na Nysie Łużyckiej obliczono spływy nieco wyższe od  $400 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . W pozostałych latach badanego wielolecia wahały się od 20 do  $300 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ .

Maksymalne spływy wód letnich w większości analizowanych przekrojów pokrywały się z maksymalnymi rocznymi spływami jednostkowymi.

Na podstawie ciągów rozdzielczych maksymalnych przepływów wód letnich obliczono prawdopodobieństwo wystąpienia przepływu zwyczajnej wielkiej wody ( $WQ_{50\%}$ ) i na podstawie ciągów rozdzielczych maksymalnych przepływów rocznych obliczono prawdopodobieństwo wystąpienia wody stuletniej ( $WQ_{1\%}$ ), (tab. 2). Wśród badanych rozkładów dominował rozkład log – normalny.

Spływy jednostkowe zwyczajnej wielkiej wody letniej ( $q_{50\%}$ ) w Sudetach Środkowych i Wschodnich (zlewnia Nysy Kłodzkiej) mogą osiągnąć przy zlewni mniejszej od  $100 \text{ km}^2$  od 61 (Bystrzyca Kłodzka na Bystrzycy) do  $93 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (Wilkanów). W zlewniach o powierzchni od  $100$  do  $300 \text{ km}^2$  spływy kształtowały się w granicach od 51 (Tłumaczów) do  $174 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (Bystrzyca Kłodzka na Nysie Kł.). Dla zlewni zajmujących powierzchnie  $> 500 \text{ km}^2$  spływy jednostkowe maleją i wahają się od 41 (Gorzuchów) do  $79 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (Kłodzko). W Sudetach Zachodnich na terenie zlewni poniżej  $100 \text{ km}^2$  spływy zwyczajnej wody letniej kształtowały się od 79 (Bukówka) do  $339 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (Piechowice).

Tabela 2; Table 2

Maksymalne prawdopodobne  
spływy jednostkowe w wieloletniu 1971–2000

Maximum probability surface runoff from the period of 1971–2000

| Rzeka; River      | Wodowskaz<br>Gauging station | Region<br>geograficzny<br>Geographical<br>region | A<br>km <sup>2</sup> | WQ <sub>L50%</sub> | q <sub>L50%</sub> | WQ <sub>1%</sub> | q <sub>1%</sub> |
|-------------------|------------------------------|--|----------------------|--------------------|-------------------|------------------|-----------------|
| Nysa Kłodzka      | Międzylesie                  | Sudety<br>Środkowe                               | 49,7                 | 4,29               | 86                | 64,560           | 1299            |
|                   | Bystrzyca Kł.                |  | 260                  | 45,11              | 174               | 385,230          | 1482            |
|                   | Kłodzko                      |  | 1084                 | 85,12              | 79                | 1102,290         | 1017            |
|                   | Nysa                         | Przedgórze<br>Sudeckie                           | 3276                 | 85,38              | 26                | 658,650          | 201             |
| Wilczy Potok      | Wilkanów                     | Sudety<br>Środkowe                               | 35,1                 | 3,25               | 93                | 111,110          | 3166            |
| Bystrzyca         | Bystrzyca Kł.                |  | 64                   | 3,91               | 61                | 52,220           | 816             |
| Biała Łądecka     | Łądek Zdrój                  | Sudety<br>Wschodnie                              | 166                  | 28,0               | 168               | 228,030          | 1374            |
|                   | Żelazno                      |  | 305                  | 29,88              | 98                | 595,350          | 1952            |
| Bystrzyca Duszn.  | Szalejów Dol.                | Sudety<br>Środkowe                               | 175                  | 19,47              | 111               | 196,180          | 1121            |
| Ścinawka          | Thumaczów                    |  | 256                  | 12,97              | 51                | 261,010          | 1020            |
|                   | Gorzuchów                    |  | 511                  | 21,08              | 41                | 310,660          | 608             |
| Biała Głuchołaska | Głuchołazy                   | Sudety<br>Wschodnie                              | 283                  | 43,63              | 154               | 551,090          | 1947            |
| Słęża             | Białobrzecze                 | Przedgórze<br>Sudeckie                           | 181                  | 4,37               | 24                | 35,094           | 194             |
| Bystrzyca         | Kraśków                      |  | 683                  | 21,16              | 31                | 379,240          | 555             |
| Piława            | Mościsko                     |  | 291                  | 16,14              | 55                | 125,730          | 432             |
| Strzegomka        | Łazany                       |  | 356                  | 9,67               | 27                | 465,720          | 1308            |
| Kaczawa           | Świerzawa                    | Pogórze<br>Zachodniosude-<br>ckie                | 134                  | 11,06              | 83                | 108,350          | 809             |
|                   | Rzymówka                     |  | 314                  | 16,14              | 51                | 204,920          | 653             |
| Bóbr              | Bukówka                      | Sudety<br>Zachodnie                              | 58,5                 | 4,61               | 79                | 62,67            | 1071            |
|                   | Kamienna Góra                |  | 190                  | 17,1               | 90                | 168,080          | 885             |
|                   | Wojanów                      |  | 535                  | 38,57              | 72                | 254,320          | 475             |
|                   | Jelenia Góra                 |  | 1049                 | 82,43              | 79                | 559,680          | 534             |
|                   | Pilchowice                   |  | 1209                 | 61,92              | 51                | 482,700          | 399             |
| Łomnica           | Łomnica                      |  | 118                  | 18,07              | 153               | 93,870           | 796             |
| Kamienna          | Piechowice                   |  | 99,2                 | 33,61              | 339               | 106,660          | 1075            |
|                   | Jelenia Góra                 |  | 255                  | 43,84              | 172               | 156,210          | 613             |
| Kamienica         | Barcinek                     |  | 97,2                 | 11,08              | 114               | 191,670          | 1972            |
| Kwisa             | Nowogrodziec                 |  | 736                  | 43,17              | 59                | 387,320          | 526             |
| Czarny Potok      | Mirsk                        |  | 55,9                 | 13,27              | 237               | 128,980          | 2307            |
| Nysa Łużycka      | Porajów                      | Pogórze<br>Zachodniosu-<br>deckie                | 375                  | 46,43              | 124               | 138,970          | 371             |
|                   | Sieniawka                    |  | 687                  | 55,1               | 80                | 342,010          | 498             |
|                   | Zgorzelec                    |  | 1609                 | 17,42              | 11                | 588,030          | 365             |
| Witka             | Ostróżno                     |  | 268                  | 53,47              | 200               | 151,290          | 565             |
| Czerwona Woda     | Zgorzelec-Ujazd              |  | 128                  | 5,69               | 44                | 118,460          | 925             |

Na terenie zlewni o powierzchni od 100 do 300 km<sup>2</sup> spływ wynosił od 90 (Kamienna Góra) do 172 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup> (Jelenia Góra na Kamiennej), a w zlewniach > 500 km<sup>2</sup> od 51 (Pilchowice) do 79 (Jelenia Góra na Bobrze). Na Przedgórzu Sudeckim w zlewniach od 100 do 300 km<sup>2</sup> spływy jednostkowe o p = 50% kształtują się od 24 (Białobrzezie) do 55 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup> (Mościsko), a w zlewniach od 300 do 700 km<sup>2</sup> wahają się od 27 (Łazany) do 31 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup> (Krasków).

Pogórze Zachodniosudeckie charakteryzuje się spływami ( $q_{50\%}$ ) ok. 237 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup> w zlewniach < 100 km<sup>2</sup>. W zlewniach obejmujących powierzchnie od 100 do 300 km<sup>2</sup> wahają się od 51 (Rzymówka) do 124 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup> (Porajów) i dla zlewni > 700 km<sup>2</sup> od 11 (Zgorzelec) do 59 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup> (Nowogrodzic), (tab. 2).

Spływy jednostkowe wielkiej wody stuletniej ( $q_{1\%}$ ) w Sudetach Środkowych i Wschodnich w badanym wieloleciu (1971–2000) osiągały wartości w zlewniach < 100 km<sup>2</sup> od 816 (Bystrzyca Kłodzka na Bystrzycy) do 3166 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup> (Wilkanów). W zlewniach o powierzchni od 100 do 300 km<sup>2</sup> kształtowały się w przedziale od 1020 (Tłumaczów) do 1952 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup> (Żelazno), a w zlewniach > 500 km<sup>2</sup> od 608 (Gorzuchów) do 1017 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup> (Kłodzko). W Sudetach zachodnich w zlewniach < 100 km<sup>2</sup> spływy jednostkowe ( $q_{1\%}$ ) osiągały wartości z przedziału od 1071 (Bukówka) do 1972 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup> (Barcinek). Mniejsze wartości spływów obliczono dla zlewni od 100 do 300 km<sup>2</sup>, gdzie wahały się od 613 (Jelenia Góra na Kamiennej) do 885 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup> (Kamienna Góra). W zlewniach o powierzchni > 500 km<sup>2</sup> zawierały się w granicach od 399 (Pilchowice) do 534 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup> (Jelenia Góra na Bobrze). Przedgórze Sudeckie w badanym wieloleciu charakteryzowało się, w zlewniach o powierzchni od 100 do 300 km<sup>2</sup>, spływami od 194 (Białobrzezie) do 432 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup> (Mościsko). Natomiast w zlewniach obejmujących obszar od 300 do 700 km<sup>2</sup> spływy wahały się od 555 (Krasków) do 1308 (Łazany). Spływy jednostkowe o p = 1% na Pogórzu Zachodniosudeckim w zlewniach > 100 km<sup>2</sup> wynosiły 2307 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup> (Miřsk). W zlewniach od 100 do 300 km<sup>2</sup> wahały się od 565 (Ostróžno) do 925 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup> (Zgorzelec Ujazd). Znacznie mniejsze wystąpiły na obszarze zlewni o powierzchni od 300 do 700 km<sup>2</sup>, gdzie osiągały wartości z przedziału od 371 (Porajów) do 653 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup> (Rzymówka). W zlewniach powyżej 700 km<sup>2</sup> spływy jednostkowe wahały się od 365 (Zgorzelec Ujazd) do 526 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup> (Nowogrodzic), (tab. 2).

Najwyższy spływ jednostkowy wody stuletniej określono z materiałów statystycznych dla Wilkanowa na rzece Wilczce (dopływ Nysy Kłodzkiej)  $q_{1\%} = 3166$  dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup> (A = 35,1 km<sup>2</sup>).

Z analizy zależności przepływów prawdopodobnych p = 50% i p = 1% z powierzchnią zlewni (A) wynika, że dla badanego obszaru współczynnik korelacji (r) wynosi dla WQ<sub>50%</sub> i WQ<sub>1%</sub> r = 0,65. Na obszarze poszczególnych jednostek fizyczno geograficznych współczynnik r wahał się od 0,16 do 0,99 (tab. 3).

## Dyskusja

Natężenie erozji wodnej w Polsce w poszczególnych latach może być różne. Na niżu duże znaczenie ma przebieg tajania, a w górach – suma opadów. Zagrożenie spływem roztopowym w górach zwykle nie powoduje zagrożenia erozyjnego. Duży wpływ na przebieg tajania śniegu wywiera wystawa zbocza oraz porasta-

jące je krzewy i drzewa, które w górach zajmują znaczne powierzchnie. Natomiast największe zagrożenie erozyjne powodują deszcze letnie, szczególnie częste i długotrwałe [ZIEMNICKI 1978].

Tabela 3; Table 3

Współczynniki korelacji i równania regresji liniowej  $WQ_{p\%} = f(A)$   
Correlation coefficients and linear regression equation  $WQ_{p\%} = f(A)$

| Region geograficzny<br>Geographical region | WQ <sub>30%</sub>   |                        | WQ <sub>1%</sub>  |                        |
|--|---|------------------------|---|------------------------|
|  | współczynnik korelacji (r)<br>correlation coefficient (r) | równanie equation      | współczynnik korelacji (r)<br>correlation coefficient (r) | równanie equation      |
| Sudety Środkowe i Wschodnie                | 0,86  | $y = 0,0703x + 6,507$  | 0,9   | $y = 0,9304x + 80,992$ |
| Sudety Zachodnie                           | 0,88  | $y = 0,051x + 14,137$  | 0,96  | $y = 0,835x + 76,774$  |
| Przedgórze Sudeckie                        | 0,99  | $y = 0,0251x + 3,3117$ | 0,78  | $y = 0,1504x + 188,86$ |
| Pogórze Zachodniosudeckie                  | 0,16  | $y = 0,064x + 26,005$  | 0,97  | $y = 0,3293x + 83,33$  |
| Sudety z Przedgórzem Sudeckim              | 0,65  | $y = 0,0252x + 17,822$ | 0,65  | $y = 0,2417x + 174,27$ |

Nadmiar wody z deszczów ulewnych i nawałnych, który nie został zatrzymany przez rośliny i nie wsiąknął w glebę, spływa po terenie nachylnym po stoku w dół. Jest to spływ powierzchniowy. Spływy z deszczów ulewnych i nawałnych powodują wezbrania, które niekiedy przechodzą w powódzie. W czasie wezbrań występują w dorzeczeniach zmywy powierzchniowe i rozmywy liniowe [PROCHAL 1987].

Wysokie opady o charakterze rozlewnym wzmagają gwałtowność odpływu i powodują denudacyjne procesy stokowe. Obszarem nawiedzonym przez deszcze o charakterze rozlewnym powodującym niekiedy katastrofalne powódzie są Sudety Zachodnie (dorzecze Bobru i Kwisy) [DUBICKI 2001]. Potwierdzają to również obliczone spływy jednostkowe wielkich wód letnich ( $q_{50\%}$ ) w badanym wieloleciu (1971–2000). Obliczone wartości spływów jednostkowych o prawdopodobieństwie przewyższenia  $p = 50\%$  w Sudetach Środkowych i Wschodnich ( $41\text{--}174 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ) są niższe niż w Sudetach Zachodnich ( $51\text{--}339 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ). Znacznie większe spływy jednostkowe występują również na Pogórzu Zachodniosudeckim ( $11\text{--}237 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ) niż na Przedgórzu Sudeckim ( $24\text{--}55 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ). Natomiast opady typu nawałnego najczęściej obserwowane są w Sudetach Środkowych i Wschodnich oraz na Pogórzu Zachodniosudeckim [DUBICKI 2001]. Znajduje to swoje odbicie w obliczonych wartościach przepływów maksymalnych o  $p = 1\%$ , na podstawie których można stwierdzić, że w niektórych przekrojach wartości zaobserwowane znacznie przekraczają obliczone przepływy prawdopodobne ( $WQ_{1\%}$ ). Ma to głównie miejsce w dorzeczu Nysy Kłodzkiej gdzie przepływy w roku 1997 znacznie przewyższają  $WQ_{1\%}$  zarejestrowane na wodowskazie, tj.: Międzylesie, Wilkanów, Bystrzyca Kłodzka, Łądek Zdrój, Żelazno, Szalejów Dolny oraz na Pogórzu Zachodniosudeckim, tj.: Świerzawa, Sieniawka, Nowogrodziec, Zgorzelec. Ponadto obliczone spływy jednostkowe wielkiej wody stuletniej są znacznie wyższe w Sudetach Środkowych i Wschodnich ( $608\text{--}3166 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ) ze średnim spadkiem zlewni od 1,9 do 14,5% niż w Zachodnich ( $399\text{--}1972 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ) o spadku 1,4 do 8,9%. Natomiast na Przedgórzu Sudeckim są niż-

sze ( $194\text{--}1308 \text{ dm}^3\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ ) przy spadku  $0,67\text{--}2,2\%$  niż na Pogórzu Zachodniosudeckim ( $365\text{--}2307 \text{ dm}^3\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ ) przy spadku  $1,3\text{--}4,73\%$ .

Mocne związki korelacyjne ( $r > 0,9$ ) pomiędzy przepływami prawdopodobnymi a powierzchnią zlewni w badanym wieloleciu, uzyskano dla wielkich wód letnich na obszarze Przedgórz Sudeckiego i dla wielkiej wody stuletniej na terenie Sudetów i Pogórza Zachodniosudeckiego.

### Wnioski

1. Znacznie wyższe potencjalne zagrożenie spływami wielkich wód letnich ( $q_{50\%}$ ) występuje w Sudetach Zachodnich niż w Sudetach Środkowych i Wschodnich.
2. Najwyższe spływy jednostkowe wielkiej wody stuletniej ( $q_{1\%}$ ) wystąpiły w Sudetach Środkowych i Wschodnich oraz na Pogórzu Zachodniosudeckim, które związane są głównie z występującymi tam deszczami nawalnymi i dużymi spadkami terenu.
3. Obliczona wartość współczynnika korelacji  $r = 0,65$  dla badanego obszaru potwierdza, że badane zmienne ( $WQ_{1\%} = f(A)$  i  $WQ_{50\%} = f(A)$ ) są współzależne.

### Literatura

BYCZKOWSKI A. 1996a. *Hydrologia*. T. 1, PWRiL Warszawa: 309–353.

BYCZKOWSKI A. 1996b. *Hydrologia*. T. 2, PWRiL Warszawa: 170–216.

DUBICKI A. 2001. *Katastrofalne opady deszczu w wybranych obszarach Sudetów i ich przedpolu*, w: *Dynamika obiegu wody w zlewniach rzecznych*. Praca zbiorowa pod red. Jerzego Jaworskiego i Jerzego Szkutnickiego, IMGiW Warszawa: 77–91.

OLEARCZYK D. 2001. *Regionalne zależności przepływów maksymalnych w dorzeczu górnej i środkowej Odry*. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu 412: 159–186.

OZGA-ZIELIŃSKA M., BRZEZIŃSKI J., OZGA-ZIELIŃSKI B. 1999. *Zasady obliczania największych przepływów rocznych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia przy projektowaniu obiektów budownictwa hydrotechnicznego. Długie ciągi pomiarowe przepływów*, w: *Hydrologia i Oceanologia*. IMGiW Warszawa: 9–32.

PROCHAŁA J. 1987. *Podstawy Melioracji Rolnych*. Praca zbiorowa pod red. J. Prochała. PWRiL Warszawa: 264–314.

RADCZUK I., TOKARCZUK T., MŁOSTEK E., MORDALSKA H. 2000. *Ocena przepływów miodajnych i kontrolnych w Sudetach*. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu 387: 87–102.

ZIEMNICKI S. 1978. *Ochrona gleb przed erozją*. PWRiL Warszawa: 7–53.

**Słowa kluczowe:** przepływy maksymalne, spływy jednostkowe, prawdopodobieństwo wystąpienia wezbrania, związki regionalne, Sudety



### Streszczenie

W pracy przeanalizowano przebieg maksymalnych spływów jednostkowych na obszarze Sudetów i Przedgórze Sudeckiego w 34 wybranych zlewniach cząstkowych. Dla wyznaczonego obszaru, metodą największej wiarygodności, obliczono w wieloletniu 1971–2000 prawdopodobieństwo przewyższenia zwyczajnej wielkiej wody letniej ( $WQ_{50\%}$ ) i wody stuletniej ( $WQ_{1\%}$ ). Z przeprowadzonej analizy wynika, że znacznie wyższe potencjalne zagrożenie spływami wielkich wód letnich ( $q_{50\%}$ ) występuje na obszarze Sudetów Zachodnich, gdzie  $q_{50\%}$  wahało się od 51 do 339  $\text{dm}^3\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ , niż w Sudetach Środkowych i Wschodnich (41–174  $\text{dm}^3\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ ). Najwyższe wartości spływów wody ( $q_{1\%}$ ) stuletniej obliczono w Sudetach Środkowych i Wschodnich, gdzie wahały się od 608 do 3166  $\text{dm}^3\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ . Uzyskany związek korelacyjny ( $r = 0,65$ ) pomiędzy powierzchnią zlewni ( $A$ ), a przepływem  $WQ_{1\%}$  i  $WQ_{50\%}$  potwierdza, że badane zmienne na tym obszarze są współzależne.

### VARIABILITY OF MAXIMUM SURFACE RUNOFFS IN THE SUDETY AND PRZEDGÓRZE SUDECKIE

*Mariusz Adynkiewicz-Piragas*

Institute of Meteorology and Water Management, Wrocław

Key words: annual flood, surface flow, flood probability, regional relationship, Sudety

### Summary

In the paper the pattern of maximum surface runoff in 34 selected subcatchments in the Sudety and Przedgórze Sudeckie is presented. The exceedance probability of maximum discharges  $Q_{50\%}$  and  $Q_{1\%}$  for the summer season from the period of 1971–2000, was determined using the likelihood method. Analysis of results indicated that a considerably higher potential danger of surface runoff in the summer season ( $q_{50\%}$ ) occurs in the Western Sudety, where  $q_{50\%}$  varies from 51 to 339  $\text{dm}^3\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ , than in the Middle Sudety and Eastern Sudety ( $q_{50\%}$  varies from 41 to 174  $\text{dm}^3\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ ). The highest values of the surface runoff  $q_{1\%}$  were calculated in Middle Sudety and Eastern Sudety within the range of 608–3166  $\text{dm}^3\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ . Correlation coefficient ( $r = 0.65$ ) between the catchment area ( $A$ ) and discharges  $Q_{1\%}$  and  $Q_{50\%}$  confirm the variables dependence.

Dr inż. Mariusz Adynkiewicz-Piragas  
Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej  
ul. Parkowa 30  
51-616 WROCLAW  
e-mail: mariusz\_adynkiewicz-piragas@imgw.pl