THE ISSUE OF WATER RESOURCES DIVERSIFICATION IN WATER SUPPLY SYSTEMS

PROBLEMATYKA DYWERSYFIKACJI ZASOBÓW WODY W SYSTEMACH WODOCIĄGOWYCH

Janusz Rak, Krzysztof Boryczko

Rzeszów University of Technology
e-mail: rakjan@prz.edu.pl, kb@prz.edu.pl

Abstract: The aim of the paper is to present the methodology for determining the diversification degree of water resources in Collective Water Supply Systems (CWSS). Knowing the number of water supply sub-systems and their share in the total supply of water for CWSS, it is possible to calculate the dimensionless Pielou ratio. The paper presents the calculation of the diversification rate for 26 CWSS in Poland. The presented methodology makes it possible to compare CWSS with different water requirements.

Keywords: collective water supply system, diversification, water resources

Streszczenie: Tematem publikacji jest przedstawienie metodyki określania stopnia dywersyfikacji zasobów wody w Systemach Zbiorowego Zaopatrzenia w Wodę (SZZW). Znając liczbę podsystemów dostawy wody oraz ich udział w całości dostawy wody do SZZW możliwe jest obliczenie bezwymiarowego wskaźnika Pielou. W pracy przedstawiono obliczenia wskaźnika dywersyfikacji dla 26 SZZW na terenie Polski. Przedstawiona metodyka daje możliwość porównywania jednostek o różnym zapotrzebowaniu na wodę.

Słowa kluczowe: system zbiorowego zaopatrzenia w wodę, dywersyfikacja, zasoby wody

1. Wstęp

Woda jest niezbędnym dobrem dla ludzi, gospodarki i przyrody. Jej zasoby mają zdolność do odnowienia, ale nie są niewyczerpane. Nie można ich zastąpić innymi zasobami, a tym bardziej wytworzyć. Ma to szczególne znaczenie w odniesieniu do zasobów wody słodkiej, które stanowią jedynie około 2% wody na Ziemi. Ze względu na zróżnicowanie środowiska wodnego nie można wypracować uniwersalnych i prostych metod zarządzania gospodarką wodną. W skali makro obserwuje się w ostatnim trzydziestoleciu podatność zasobów wód na skutki susz rzecznych oraz strat powodowanych przez powodzie. W tym względzie należy zwrócić szczególną uwagę na alokację i użytkowanie zasobów wody w zrównoważonej sieci powiązań obejmujących, rolnicze, energetyczne i środowiskowe. W bilansach należy uwzględnić wodę wirtualnie zawartą w produktach rolniczych i przemysłowych. W skali mikro obserwuje się trend polegający na wsparciu potencjału retencyjnego zasobów związanych z funkcjonowaniem wodociągów publicznych. Dotyczy to zarówno zasobów wód w źródle poboru wody jak i gromadzenie wody uzdatnionej do spożycia. Ciągłe udoskonalanie baz wiedzy i zarządzanie pozwala na zwiększenie odporności systemów zbiorowego zaopatrzenia w wodę (=SZZW) na różnorodne zdarzenie niepożądane. Ograniczenie ryzyka w tym zakresie musi odbywać się na podstawie modeli hydroekonomicznych kosztów i korzyści.

Przynależność do infrastruktury krytycznej implikuje, że jednym z podstawowych warunków funkcjonowania aglomeracji miejskich jest zapewnienie bezpieczeństwa dostawy wody do spożycia przez wodociąg publiczny. W pierwszym rzędzie należy zapewnić pokrycie bieżącego i perspektywicznego zapotrzebowania odbiorców na wodę w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniony z poszanowaniem ochrony naturalnych zasobów wód. Spośród czynników technicznych decydujące znaczenie ma niezawodność SZZW. Bezpieczeństwo lapidarne definiowane jest jako zdolność systemu do ochrony wewnętrznych wartości przed zewnętrznymi zagrożeniami. Analizy i oceny zarówno niezawodności jak i związane z bezpieczeństwem funkcjonowania SZZW wskazują na znaczącą rolę dywersyfikacji zasobów wody [1, 4, 5, 6, 7]. Światowa Organizacja Zdrowia (=WHO) podaje najbardziej elementarne standardy dostępu do bezpiecznej wody. Odległość w mieście do źródła poboru wody powinna wynosić poniżej 200 metrów, a od gospodarstwa na wsi poniżej 1 kilometra. Bardziej zaawansowane analizy dotyczą dywersyfikacji źródeł dostawy wody i gromadzenia wody uzdatnionej w sieciowych zbiornikach.

Głównym celem pracy jest pokazanie nowej metodyki analizy i oceny dywersyfikacji zasobów wody w SZZW. Do tego celu zaadoptowano i pokazano możliwości interpretacyjne wskaźnika Pielou. Praca zawiera również obliczenia w/w wskaźnika dla przykładowych SZZW w Polsce.

2. Metoda oceny stopnia dywersyfikacji dostaw wody

Jako miarę określenia stopnia dywersyfikacji dostaw wody do miasta przyjęto wskaźnik Pielou [3], który wyznacza się ze wzoru:

$$d_p = \frac{d_s}{d_{s\max}} \quad (1)$$

, przy czym d_s to wskaźnik Shannona-Wienera [2]:

$$d_s = -\sum_{i=1}^m (u_i) \cdot (\ln(u_i)) \quad (2)$$

$$d_{s\max} = \ln(m) \quad (3)$$

gdzie:

u_i – udział i-tego podsystemu dostawy wody (=PsDoW) w całkowitej dostawie wody do SZZW,

m – liczba PsDyW.

Pierwotnie wskaźnik Pielou służył jako wskaźnik równomierności w badaniach różnego typu biocenoz. Analizując wzory (1) i (3) można stwierdzić, że dla jednego PsDoW d_p jest nieokreślone, dla dwóch niezależnych PsDoW o równych wydajnościach 0,5 wskaźnik $d_p=1,0$. Tabele 1÷4 prezentują wartości wskaźnika d_p obliczonego zgodnie z wzorem (1).

Tabela 1. Wartości liczbowe wskaźników d_p dla dwóch niezależnych PsDoW o różnych wydajnościach

$m=2$	$u_1 = 0,5$ $u_2 = 0,5$	$u_1 = 0,6$ $u_2 = 0,4$	$u_1 = 0,7$ $u_2 = 0,3$	$u_1 = 0,8$ $u_2 = 0,2$	$u_1 = 0,9$ $u_2 = 0,1$	$u_1 = 0,95$ $u_2 = 0,05$	$u_1 = 0,99$ $u_2 = 0,01$
d_p	1,0	0,97	0,88	0,72	0,47	0,286	0,081

Tabela 2. Wartości liczbowe wskaźników d_p dla trzech niezależnych PsDoW o różnych wydajnościach

$m=3$	$u_1 = 0,33$ $u_2 = 0,33$ $u_3 = 0,33$	$u_1 = 0,4$ $u_2 = 0,3$ $u_3 = 0,3$	$u_1 = 0,5$ $u_2 = 0,3$ $u_3 = 0,2$	$u_1 = 0,6$ $u_2 = 0,3$ $u_3 = 0,1$	$u_1 = 0,6$ $u_2 = 0,2$ $u_3 = 0,2$	$u_1 = 0,7$ $u_2 = 0,2$ $u_3 = 0,1$	$u_1 = 0,8$ $u_2 = 0,1$ $u_3 = 0,1$
d_p	1,0	0,991	0,9375	0,817	0,865	0,730	0,582

Tabela 3. Wartości liczbowe wskaźników d_p dla czterech niezależnych PsDoW o różnych wydajnościach

$m=4$	$u_1 = 0,25$ $u_2 = 0,25$ $u_3 = 0,25$ $u_4 = 0,25$	$u_1 = 0,3$ $u_2 = 0,3$ $u_3 = 0,2$ $u_4 = 0,2$	$u_1 = 0,4$ $u_2 = 0,3$ $u_3 = 0,15$ $u_4 = 0,15$	$u_1 = 0,5$ $u_2 = 0,3$ $u_3 = 0,1$ $u_4 = 0,1$	$u_1 = 0,6$ $u_2 = 0,2$ $u_3 = 0,1$ $u_4 = 0,1$	$u_1 = 0,7$ $u_2 = 0,1$ $u_3 = 0,1$ $u_4 = 0,1$
d_p	1,0	0,985	0,936	0,843	0,786	0,678

Tabela 4. Wartości liczbowe wskaźników d_P dla pięciu niezależnych PsDoW o różnych wydajnościach

$m = 5$	$u_1 = 0,2$ $u_2 = 0,2$ $u_3 = 0,2$ $u_4 = 0,2$ $u_5 = 0,2$	$u_1 = 0,3$ $u_2 = 0,3$ $u_3 = 0,2$ $u_4 = 0,1$ $u_5 = 0,1$	$u_1 = 0,4$ $u_2 = 0,3$ $u_3 = 0,1$ $u_4 = 0,1$ $u_5 = 0,1$	$u_1 = 0,5$ $u_2 = 0,2$ $u_3 = 0,1$ $u_4 = 0,1$ $u_5 = 0,1$	$u_1 = 0,6$ $u_2 = 0,1$ $u_3 = 0,1$ $u_4 = 0,1$ $u_5 = 0,1$
d_P	1,0	0,935	0,881	0,844	0,762

Analiza wskaźników stopnia dywersyfikacji d_P zawartych w tab. od 1 do 4 wskazuje, że:

- przy małej lub braku nierównomierności udziałów poszczególnych PsDoW w całości dostawy wody wskaźnik osiąga wartości zbliżone lub równe 1,0,
- w przypadkach znaczącego niezrównoważenia udziałów poszczególnych PsDoW w całości dostawy wody nie obowiązuje zasada, że czym większa liczba PsDoW to tym większy wskaźnik d_P .

W tab. 5 zestawiono wartości liczbowe wskaźników Pielou dla PsDoW o równych udziałach w dostawie wody.

Tabela 5. Wartości liczbowe wskaźników d_P dla niezależnych PsDoW o takich samych wydajnościach

m	2	3	4	5	6	8	10	20
u_i	0,5	0,33	0,25	0,20	0,167	0,125	0,10	0,05
d_P	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Analizując tab. 5 należy stwierdzić, iż dla dowolnej liczby m niezależnych PsDoW o takich samych wydajnościach wskaźnik Pielou osiąga wartość maksymalną równą 1,0, co oznacza maksymalną wartość równomiernej dywersyfikacji zasobów wód w SZZW.

Proponujemy kategoryzację i określenie standardów do oceny stopnia dywersyfikacji zasobów wody w SZZW:

– brak dywersyfikacji	d_P nieokreślone (dla $m=1$)
– mała dywersyfikacja	$0 < d_P \leq 0,500$
– średnia dywersyfikacja	$0,500 < d_P \leq 0,700$
– wystarczająca dywersyfikacja	$0,700 < d_P \leq 0,900$
– bardzo zadowalająca dywersyfikacja	$d_P > 0,900$

3. Przykłady oceny stopnia dywersyfikacji zasobów wody

Dla 26 SZZW na terenie Polski pokazano metodykę liczbowego wyznaczenia wskaźnika Pielou i na tej podstawie ocenę stopnia dywersyfikacji zasobów wód. Poszczególne udziały „u” wyznaczono w oparciu o dobowe zdolności produkcyjne PsDoW.

Sandomierz $m=1$

- PsDoW Romanówka $u_1=1,0$ d_p nieokreślone

Kategoria dywersyfikacji: brak

Stalowa Wola $m=2$

- PsDoW Krzyżowe Drogi $u_1=0,79$

- PsDoW Stare Ujęcie $u_2=0,21$

$$d_p = \frac{-(0,79 \cdot \ln 0,79 + 0,21 \cdot \ln 0,21)}{\ln 2} = 0,741$$

Kategoria dywersyfikacji: wystarczająca

Rzeszów $m = 2$

- PsDoW Zwięczyca I $u_1 = 0,43$

- PsDoW Zwięczyca II $u_2 = 0,57$

$$d_p = \frac{-(0,43 \cdot \ln 0,43 + 0,57 \cdot \ln 0,57)}{\ln 2} = 0,993$$

Kategoria dywersyfikacji: bardzo zadawalająca

Bydgoszcz $m = 2$

- PsDoW Czyżkówka $u_1 = 0,48$

- Wodypodziemne $u_2 = 0,52$

$$d_p = \frac{-(0,48 \cdot \ln 0,48 + 0,52 \cdot \ln 0,52)}{\ln 2} = 0,999$$

Kategoria dywersyfikacji: bardzo zadawalająca

Zielona Góra $m = 2$

- PsDoW Sadowa $u_1 = 0,60$

- PsDoW Zawada $u_2 = 0,40$

$$d_p = \frac{-(0,60 \cdot \ln 0,60 + 0,40 \cdot \ln 0,40)}{\ln 2} = 0,971$$

Kategoria dywersyfikacji: bardzo zadawalająca

Rabka Zdrój $m = 2$

- PsDoW Potok Poniczanka $u_1 = 0,28$

- PsDoW Potok Lubński $u_2 = 0,72$

$$d_p = \frac{-(0,28 \cdot \ln 0,28 + 0,72 \cdot \ln 0,72)}{\ln 2} = 0,855$$

Kategoria dywersyfikacji: wystarczająca

Szczawnica Zdrój $m = 2$

- PsDoW Pokrzywy $u_1 = 0,55$

- PsDoW Sewerynówka $u_2 = 0,45$

$$d_p = \frac{-(0,55 \cdot \ln 0,55 + 0,45 \cdot \ln 0,45)}{\ln 2} = 0,993$$

Kategoria dywersyfikacji: bardzo zadawalająca

Brzesko $m = 2$

- PsDoW Łukanowice $u_1 = 0,95$

- PsDoW Browar Okocim $u_2 = 0,05$

$$d_p = \frac{-(0,95 \cdot \ln 0,95 + 0,05 \cdot \ln 0,05)}{\ln 2} = 0,286$$

Kategoria dywersyfikacji: mała

Myślenice $m = 2$

- PsDoW Raba $u_1 = 0,9$

- PsDoW Dobczyce MPWiK Kraków $u_2 = 0,1$

$$d_p = \frac{-(0,90 \cdot \ln 0,90 + 0,10 \cdot \ln 0,10)}{\ln 2} = 0,469$$

Kategoria dywersyfikacji: mała

Wrocław $m = 2$

- PsDoW Mokry Dwór $u_1 = 0,48$

- PsDoW Na Grobli $u_2 = 0,52$

$$d_p = \frac{-(0,48 \cdot \ln 0,48 + 0,52 \cdot \ln 0,52)}{\ln 2} = 0,999$$

Kategoria dywersyfikacji: bardzo zadawalająca

Krosno $m = 3$

- PsDoW Iskrzynia $u_1 = 0,28$

- PsDoW Sieniawa $u_2 = 0,60$

- PsDoW Szczepańcowa $u_3 = 0,12$

$$d_p = \frac{-(0,28 \cdot \ln 0,28 + 0,60 \cdot \ln 0,60 + 0,12 \cdot \ln 0,12)}{\ln 3} = 0,835$$

Kategoria dywersyfikacji: wystarczająca

Opole $m=3$

- PsDoW Zawada $u_1=0,46$

- PsDoW Grotowice-Utrata $u_2=0,28$

- PsDoW Oleska $u_3=0,26$

$$d_p = \frac{-(0,46 \cdot \ln 0,46 + 0,28 \cdot \ln 0,28 + 0,26 \cdot \ln 0,26)}{\ln 3} = 0,968$$

Kategoria dywersyfikacji: bardzo zadawalajaca

Warszawa $m = 3$

- PsDoW Centralny $u_1 = 0,54$
- PsDoW Północny $u_2 = 0,32$
- PsDoW Praski $u_3 = 0,14$

$$d_p = \frac{-(0,54 \cdot \ln 0,54 + 0,32 \cdot \ln 0,32 + 0,14 \cdot \ln 0,14)}{\ln 3} = 0,885$$

Kategoria dywersyfikacji: wystarczajaca

Łańcut $m = 3$

- PsDoW Dąbrówka $u_1 = 0,37$
- PsDoW Wola Mała I $u_2 = 0,28$
- PsDoW Wola Mała II $u_3 = 0,35$

$$d_p = \frac{-(0,37 \cdot \ln 0,37 + 0,28 \cdot \ln 0,28 + 0,35 \cdot \ln 0,35)}{\ln 3} = 0,994$$

Kategoria dywersyfikacji: bardzo zadawalajaca

Kielce $m = 3$

- PsDoW Białogon $u_1 = 0,58$
- PsDoW Zagnańsk $u_2 = 0,30$
- pozostałe 15 ujęć $u_3 = 0,12$

$$d_p = \frac{-(0,58 \cdot \ln 0,58 + 0,30 \cdot \ln 0,30 + 0,12 \cdot \ln 0,12)}{\ln 3} = 0,848$$

Kategoria dywersyfikacji: wystarczajaca

Częstochowa $m = 3$

- PsDoW Wierzchowisko $u_1 = 0,32$
- PsDoW Mirów-Srocko-Olsztyn $u_2 = 0,62$
- PsDoW Łobodno $u_3 = 0,06$

$$d_p = \frac{-(0,32 \cdot \ln 0,32 + 0,62 \cdot \ln 0,62 + 0,06 \cdot \ln 0,06)}{\ln 3} = 0,755$$

Kategoria dywersyfikacji: wystarczajaca

Poznań $m = 3$

- PsDoW Dębina $u_1 = 0,53$
- PsDoW Mosina $u_2 = 0,29$
- 15 ujęć wód podziemnych $u_3 = 0,18$

$$d_p = \frac{-(0,53 \cdot \ln 0,53 + 0,29 \cdot \ln 0,29 + 0,18 \cdot \ln 0,18)}{\ln 3} = 0,914$$

Kategoria dywersyfikacji: bardzo zadawalajaca

Nowy Sącz $m = 3$

- PsDoW Świniarsk $u_1 = 0,26$
- PsDoW Mała Wieś $u_2 = 0,59$
- PsDoW Stary Sącz $u_3 = 0,15$

$$d_p = \frac{-(0,26 \cdot \ln 0,26 + 0,59 \cdot \ln 0,59 + 0,15 \cdot \ln 0,15)}{\ln 3} = 0,861$$

Kategoria dywersyfikacji: wystarczająca

Tarnów $m = 3$

- PsDoW Zbylitowska Góra I $u_1 = 0,74$
- PsDoW Zbylitowska Góra II $u_2 = 0,16$
- PsDoW Świerczków $u_3 = 0,10$

$$d_p = \frac{-(0,74 \cdot \ln 0,74 + 0,16 \cdot \ln 0,16 + 0,10 \cdot \ln 0,10)}{\ln 3} = 0,679$$

Kategoria dywersyfikacji: średnia

Andrychów $m = 3$

- PsDoW Olszyny $u_1 = 0,54$
- PsDoW Kobiernice „Aqua” Bielsko-Biała $u_2 = 0,35$
- PsDoW Andropol $u_3 = 0,11$

$$d_p = \frac{-(0,54 \cdot \ln 0,54 + 0,35 \cdot \ln 0,35 + 0,11 \cdot \ln 0,11)}{\ln 3} = 0,858$$

Kategoria dywersyfikacji: wystarczająca

Leżajsk $m = 4$

- S-I $u_1 = 0,39$
- S-II $u_2 = 0,34$
- S-1 $u_3 = 0,13$
- S-2 $u_4 = 0,15$

$$d_p = \frac{-(0,39 \cdot \ln 0,39 + 0,34 \cdot \ln 0,34 + 0,13 \cdot \ln 0,13 + 0,15 \cdot \ln 0,15)}{\ln 4} = 0,926$$

Kategoria dywersyfikacji: bardzo zadawalająca

Kraków $m = 4$

- PsDoW Raba $u_1 = 0,63$
- PsDoW Dłubnia $u_2 = 0,11$
- PsDoW Rudawa $u_3 = 0,18$
- PsDoW Bielany $u_4 = 0,08$

$$d_p = \frac{-(0,63 \cdot \ln 0,63 + 0,11 \cdot \ln 0,11 + 0,18 \cdot \ln 0,18 + 0,08 \cdot \ln 0,08)}{\ln 4} = 0,754$$

Kategoria dywersyfikacji: wystarczająca

Opole $m = 4$

- PsDoW Zawada	$u_1 = 0,51$
- PsDoW Opole	$u_2 = 0,26$
- PsDoW Groszowice	$u_3 = 0,07$
- PsDoW Grotowice	$u_4 = 0,16$

$$d_p = \frac{-(0,51 \cdot \ln 0,51 + 0,26 \cdot \ln 0,26 + 0,07 \cdot \ln 0,07 + 0,16 \cdot \ln 0,16)}{\ln 4} = 0,846$$

Kategoria dywersyfikacji: wystarczająca

Łódź $m=6$

- PsDoW Dąbrowa	$u_1=0,59$
- PsDoW Teofilów	$u_2=0,12$
- PsDoW Żabieniec	$u_3=0,05$
- PsDoW Mirecki	$u_4=0,03$
- PsDoW Sikawa	$u_5=0,14$
- wodociągi lokalne	$u_6=0,06$

$$d_p = \frac{-(0,59 \cdot \ln 0,59 + 0,12 \cdot \ln 0,12 + 0,05 \cdot \ln 0,05 + 0,03 \cdot \ln 0,03 + 0,14 \cdot \ln 0,14 + 0,06 \cdot \ln 0,06)}{\ln 6} = 0,706$$

Kategoria dywersyfikacji: wystarczająca

Krynica $m = 8$

- PsDoW Czarny Potok	$u_1 = 0,42$
- PsDoW Powroźnik	$u_2 = 0,23$
- PsDoW Miejskie	$u_3 = 0,05$
- Studnie 12 i 20	$u_4 = 0,10$
- PsDoW Jastrzębia	$u_5 = 0,06$
- PsDoW Kopciowa	$u_6 = 0,08$
- PsDoW Huzary	$u_7 = 0,04$
- Studnie 19	$u_8 = 0,02$

$$d_p = \frac{-(0,42 \cdot \ln 0,42 + 0,23 \cdot \ln 0,23 + 0,05 \cdot \ln 0,05 + 0,10 \cdot \ln 0,10 + 0,06 \cdot \ln 0,06 + 0,08 \cdot \ln 0,08 + 0,04 \cdot \ln 0,04 + 0,02 \cdot \ln 0,02)}{\ln 8} = 0,798$$

Kategoria dywersyfikacji: wystarczająca

Lublin $m = 10$

- PsDoW Prawiedniki	$u_1 = 0,31$
- PsDoW Dąbrowa	$u_2 = 0,04$
- PsDoW Wilczopole	$u_3 = 0,11$
- PsDoW Wrotków	$u_4 = 0,11$
- PsDoW Dziesiąta	$u_5 = 0,17$
- PsDoW Słowiek	$u_6 = 0,09$
- PsDoW Centralna	$u_7 = 0,07$
- PsDoW Piastowskie	$u_8 = 0,06$
- PsDoW Bursaki	$u_9 = 0,03$
- PsDoW Felin	$u_{10} = 0,01$

$$d_p = \frac{-(0,31 \cdot \ln 0,31 + 0,04 \cdot \ln 0,04 + 2 \cdot (0,11 \cdot \ln 0,11) + 0,17 \cdot \ln 0,17 + 0,09 \cdot \ln 0,09 + 0,07 \cdot \ln 0,07 + 0,06 \cdot \ln 0,06 + 0,03 \cdot \ln 0,03 + 0,01 \cdot \ln 0,01)}{\ln 10} = 0,869$$

Kategoria dywersyfikacji: wystarczająca

Radom $m = 10$

- PsDoW Lesiów	$u_1 = 0,01$
- PsDoW Firlej	$u_2 = 0,02$
- PsDoW Obozisko	$u_3 = 0,12$
- PsDoW 25 czerwca	$u_4 = 0,16$
- PsDoW Sławno	$u_5 = 0,12$
- PsDoW Halinów	$u_6 = 0,04$
- PsDoW Woźniki	$u_7 = 0,01$
- PsDoW Malczew	$u_8 = 0,44$
- PsDoW Podkanów	$u_9 = 0,06$
- PsDoW Łączniki	$u_{10} = 0,02$

$$d_p = \frac{-(2 \cdot (0,01 \cdot \ln 0,01) + 2 \cdot (0,02 \cdot \ln 0,02) + 0,12 \cdot \ln 0,12 + 0,16 \cdot \ln 0,16 + 0,12 \cdot \ln 0,12 + 0,04 \cdot \ln 0,04 + 0,44 \cdot \ln 0,44 + 0,06 \cdot \ln 0,06)}{\ln 10} = 0,742$$

Kategoria dywersyfikacji: wystarczająca

4. Podsumowanie

- O stopniu dywersyfikacji zasobów wody w SZZW decydują trzy czynniki:
 - udział wydajności PsDoW w odniesieniu do zapotrzebowania maksymalnego dobowego,
 - liczba PsDoW,
 - równomierność rozkładu wydajności w poszczególnych PsDoW.
- Dywersyfikacja zasobów wód jest jednym z warunków niezawodnego działania SZZW. W przypadku sytuacji kryzysowych dywersyfikacja może zapewnić ciągłość dostaw wody do odbiorców.
- Jeden PsDoW oznacza brak dywersyfikacji zasobów wody, co wiąże się z niemożliwością wyznaczenia wskaźnika Pielou. Dowolna kombinacja przejścia z dwóch PsDoW na ich większą liczbę daje zwiększenie stopnia

dywersyfikacji w przypadku w miarę zrównoważonych ich udziałów w globalnym zapotrzebowaniu na wodę. W przypadkach bardzo znacznego zróżnicowania udziałów PsDoW zwiększenie ich liczby nie zawsze prowadzi do zwiększenia stopnia dywersyfikacji zasobów wody.

- Bezwymiarowe wartości wskaźnika Pielou predysponują go do analizy stopnia dywersyfikacji zasobów wody w różnych PsDoW i dają możliwość porównywania jednostek o różnym zapotrzebowaniu na wodę.

5. Literatura

- [1] Knapik K., Płoskonka R.: Metoda oceny funkcjonowania systemów zaopatrzenia w wodę przy uwzględnieniu dywersyfikacji zbiornikowych rezerw wody, XX Jubileuszowa Krajowa Konferencja, VIII Międzynarodowa Konferencja „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód” PZITS O/Wielkopolski, Poznań - Zakopane, 2008, t. II, s. 493-516.
- [2] Krebs Ch.: Ecological Methodology, HarperCollins, New York, 1989.
- [3] Pielou E. C.: The measurement of diversity in different types of biological collections, Journal of Theoretical Biology, Elsevier/1966, s. 131-144.
- [4] Rak J.: Ocena stopnia dyslokacji objętości wody w sieciowych zbiornikach wodociągowych, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, Sigma-NOT, 7/2014, s. 255-258.
- [5] Rak J.: Problematyka dywersyfikacji dostaw wody, Technologia Wody, Wydawnictwo Seidel-Przywecki, 1/2014, s. 14-16.
- [6] Rak J.: Metoda oceny stopnia dywersyfikacji dostawy wody dla wybranych miast w Polsce, INSTAL, Ośrodek Informacji "Technika instalacyjna w budownictwie", 5/2014, s. 38-40.
- [7] Rak J., Włoch A., Models of level diversification assessment of Water Supply Subsystems, Book, Models of level diversification assessment of Water Supply Subsystems, K. A. Madryas C., Nienartowicz B., Szot A., 2015, Taylor & Francis Group, London, s.237-244.

Prof. dr hab. inż. Janusz Rak w roku 1976 ukończył studia na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Krakowskiej. Stopień doktora nauk technicznych uzyskał w 1986 r., stopień doktora habilitowanego w 1994 r., a w 2006 r. otrzymał tytuł naukowy profesora nauk technicznych. Pracuje na stanowisku profesora zwyczajnego w Politechnice Rzeszowskiej. Jest kierownikiem Katedry Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków. Specjalność – niezawodność i bezpieczeństwo systemów komunalnych oraz inżynieria uzdrowiskowa.

Dr inż. Krzysztof Boryczko w roku 2003 ukończył studia na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Rzeszowskiej. Stopień doktora nauk technicznych uzyskał w 2014 r. Jest asystentem w Katedrze Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków. Specjalność – niezawodność i bezpieczeństwo systemów komunalnych z wykorzystaniem modeli hydraulicznych.