

# OCENA CZYNNIKÓW KSZTAŁTUJĄCYCH JAKOŚĆ WÓD ZBIORNIKA ZAPOROWEGO Z WYKORZYSTANIEM METODY DEMATEL

Mirosław DYTCZAK, Monika BORCZAK-MOCZYDŁOWSKA

**Streszczenie:** Jakość wód zbiornika zaporowego kształtowana jest przez wiele czynników. Procesy mające wpływ na stan jakościowy wód charakteryzują się złożoną naturą i zazwyczaj są ze sobą powiązane w mniej lub bardziej bezpośredni sposób. Aby osiągnąć odpowiednie parametry jakości wód zbiornika, niezbędne jest podejmowanie działań zapobiegawczych oraz naprawczych, uwzględniających złożoną naturę wspomnianych procesów. Podejmowanie decyzji w tym zakresie należy wesprzeć kompleksową analizą z wykorzystaniem wielokryterialnego narzędzia, czego przykładem jest przedstawiona w niniejszym opracowaniu metoda DEMATEL.

**Słowa kluczowe:** metoda DEMATEL, analiza wieloatrybutowa, czynniki kształtujące jakość wód, zbiornik zaporowy.

## 1. Wprowadzenie

Zbiornik zaporowy stanowi unikalny ekosystem, powstały w wyniku nałożenia się naturalnych cech środowiska wodnego rzeki zasilającej dany akwen oraz modyfikacji tego naturalnego układu, wywołanego ingerencją człowieka. Jakość wód zbiornika kształtuje się pod wpływem wielu czynników, zarówno o charakterze przyrodniczym, jak i antropogenicznym. Znakomita większość procesów należących do drugiej z wymienionych grup, tj. działalności gospodarczo-ekonomicznej, wywiera presję na elementy przyrody żywej i nieożywionej, prowadząc w ten sposób do nieodwracalnych często zmian w ekosystemie zbiornika, co w efekcie może znacząco pogarszać stan jego wód. Niezbędne jest zatem podejmowanie odpowiednich decyzji, mających na celu minimalizowanie negatywnego wpływu antropopresji na jakość wód zbiornika, przy czym proces decyzyjny musi uwzględniać szereg uwarunkowań o zróżnicowanym charakterze.

Niniejsza praca przedstawia przykład metody wielokryterialnego wspomagania analizy decyzji (ang. multi-criteria decision analysis, MCDA) [6], jaką jest DEMATEL. Metoda ta pozwala kompleksowo ujmować wpływ znaczących uwarunkowań rozpatrywanego zagadnienia, którym w tym przypadku jest stan jakościowy wód zbiornika zaporowego. Dzięki analizie DEMATEL możliwe jest określenie najistotniejszych czynników warunkujących jakość wód, dzięki czemu decyzje podejmowane w celu ochrony i zrównoważonego rozwoju zbiornika będą cechowały się większą efektywnością i skutecznością.

## 2. Zbiornik zaporowy „Jeziorsko”

Zbiornik „Jeziorsko” zlokalizowany jest w środkowym biegu rzeki Warty, na granicy województwa wielkopolskiego (powiat Turek) i łódzkiego (powiaty Sieradz i Poddębice).

Powstał po przegrodzeniu doliny rzeki Warty w 484,3 km jej biegu na linii wsi Skęczniew-Siedlątków zaporą ziemną o maksymalnej wysokości 20 m i długości 2730 m oraz po wybudowaniu zapór bocznych w dolinie rzek: Pichny i Teleszyny oraz zapór cofkowych w rejonie miasta Warta [1].

Główne zadania, dla których powstał zbiornik, są następujące[1]:

1. Zmniejszenie zagrożenia powodziowego dla Uniejowa, Koła, Konina i Poznania.
2. Zabezpieczenie wody pitnej dla Koła, Konina i Poznania (infiltracja do ujęć wodociągowych).
3. Zabezpieczenie wody do celów przemysłowych (m.in. Zespół Elektrowni Pątnów-Adamów-Konin).
4. Zabezpieczenie wody do nawodnień rolniczych.
5. Prowadzenie gospodarki rybackiej na zbiorniku i w ośrodku zarybieniowym w kompleksie stawów w Pęczniewie.
6. Produkcja energii elektrycznej w elektrowni „Jeziorsko” o mocy nominalnej 4,8 MW.
7. Utrzymanie warunków siedliskowych dla ptactwa.
8. Stworzenie bazy rekreacyjnej dla Łodzi i miast położonych w okolicy zbiornika.

Tab. 1. Dane techniczne zbiornika „Jeziorsko”

Lp.	Charakterystyka	Jednostka	Poziom piętrzenia w m n.p.m.	
			min. 116,0	max. 121,5
1.	Pojemność zbiornika całkowita	mln m <sup>3</sup>	30,2	202,8
	użytkowa		-	172,6
2.	Powierzchnia zalewu	km <sup>2</sup>	17,6	42,3
3.	Głębokość zbiornika	m	4,0	10,5
4	Długość zbiornika	km	7,0	16,3

Bezpośrednio w otoczeniu zbiornika występują użytki rolne, z mozaikowym występowaniem lasów. W południowej części zbiornika, na obszarze tzw. cofki, bardzo dobre warunki bytowania i rozwoju znalazły liczne gatunki ptactwa wodno-błotnego. Teren o powierzchni 2350,6 ha jest objęty ochroną jako rezerwat ornitologiczny. Bytuje w nim niezwykle bogaty skład gatunkowy, pozwalający zaliczyć rezerwat do ostoi ptaków o znaczeniu europejskim. Wody zbiornika są miejscem występowania wielu gatunków ryb.

Główną rzeką zasilającą Zbiornik Jeziorsko jest rzeka Warta. W 2007 r. do rzek zlewni Warty powyżej zbiornika odprowadzano z terenu województwa łódzkiego 58,3 tys. m<sup>3</sup> ścieków na dobę [1]. Wpływ na jakość wód Jeziorska ma również jego prawostronny dopływ - rzeka Pichna, do której odprowadzane są ścieki ze Zduńskiej Woli. Do rzek zlewni Warty zasilającej zbiornik z terenu województwa w ciągu roku wprowadzono następujące ładunki w tys. kg: 304,5 - zawiesin ogólnych, 241,9 - BZT5, 1193 - ChZT-Cr, 239,5 - azotu ogólnego, 40,2 - fosforu ogólnego. Zanieczyszczenia dopływały również z wodami drenażowymi zapory oraz w wyniku spływów powierzchniowych. Istotny wpływ miał także ośrodek zarybieniowy w Pęczniewie oraz ptactwo, którego odchody w istotny sposób zasilają (głównie w fosfor) wody zbiornika.

Ocena jakości wód zbiornika została dokonana przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony

Środowiska w Łodzi na podstawie wytycznych Rozporządzenia Ministra Środowiska z dn. 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód (Dz. U. nr 32, poz. 284) [2]. Wspomniane rozporządzenie straciło moc prawną z dniem 1 stycznia 2005 r., jednakże fakt wejścia w życie nowego rozporządzenia dopiero 20 sierpnia 2008 r. spowodował konieczność oceny stanu jakości wód powierzchniowych za 2007 r. w oparciu o ten akt prawny [1]. Badania wód zbiornika, prowadzone przez WIOŚ w okresie wegetacyjnym (maj-wrzesień) 2007 r. pozwoliły na zaklasyfikowanie ogólnej jakości do wody do III klasy czystości - wody zadowalającej jakości (spośród pięciu określonych w Rozporządzeniu). Parametrami obniżającymi ogólną ocenę były przede wszystkim: barwa wody, ChZT-Cr oraz parametry sanitarne, w tym liczba bakterii coli.

Jakkolwiek jakość wód zbiornika Jeziorsko w porównaniu latami poprzednimi uległa pewnej poprawie, nie należy w żadnym wypadku rezygnować z aktywnych działań mających na celu ochronę i zrównoważony rozwój obszarów otaczających zbiornik. Niezbędne w tym przypadku wydaje się oparcie planowania rozwoju regionalnego o szczegółową analizę uwarunkowań i czynników decydujących o czystości wód, w czym niewątpliwie pomocna może być metoda wieloatrybutowa typu DEMATEL.

### 3. Metoda DEMATEL

DEMATEL (ang. DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory) jest narzędziem predystynowanym do realizacji zadania klasyfikacji [3], [6]. Metodę tę po raz pierwszy zastosowano w latach 70-tych w Batelle Geneva Institute w celu analizy wybranych aspektów problematyki ogólnościowej i oceny zagadnień społecznych o różnorodnych uwarunkowaniach [4]. O wadze metody świadczą jej liczne zastosowania w rozwiązywaniu złożonych zagadnień różnej natury, także w kombinacji z innymi metodami [6]. Analiza DEMATEL pojawia się w wielu dziedzinach, począwszy od planowania w przemyśle, procesów decyzyjnych w rozwoju obszarów zurbanizowanych, poprzez regionalne oceny aspektów środowiskowych aż po analizę problemów globalnych. Przykładowo używano jej do: wspomaganie projektowania interfejsu obsługi systemów sterowania, oceny informacji w medycynie, klasyfikacji produktów, wspomaganie procesu projektowania graficznego interfejsu użytkownika (GUI), analizy procesu rozwoju społecznego, wspomaganie procesu marketingu, planowania w rolnictwie oraz analizy awaryjności systemów [3].

DEMATEL pozwala efektywnie ujmować zależności, występujące pomiędzy czynnikami warunkującymi rozważane zagadnienie. Podstawę metody stanowi teoria grafów. Dzięki zastosowaniu grafu o ukierunkowanej postaci  $G(V;E)$  podczas analizy zagadnienia jest możliwe czytelne ujmowanie wpływu . Wierzchołki grafu (zbiór  $V$ ) odpowiadają rozpatrywanym czynnikom. Natomiast łuki grafu (zbiór  $E$ ) wskazują na charakter bezpośredniej relacji zachodzącej pomiędzy czynnikami - zwrot łuku od wierzchołka reprezentującego czynnik  $i$  do wierzchołka odpowiadającego czynnikowi  $j$  wskazuje jednoznacznie na wpływ czynnika  $i$  na czynnik  $j$ . Jeśli jednocześnie występuje wpływ czynnika  $j$  na czynnik  $i$  to parę wierzchołków im odpowiadających łączą 2 łuki o przeciwnych zwrotach. Taka sytuacja odpowiada efektowi bezpośredniego sprzężenia pomiędzy czynnikami [3].

Miarą siły zależności zachodzącej pomiędzy czynnikami jest ocena  $a_{ij}$ , skojarzona z łukiem łączącym wierzchołki grafu, odpowiadające czynnikom  $i$  oraz  $j$ . Dyskretna skala ocen (od całkowitego braku wpływu, aż po maksymalny wpływ) obejmuje stopnie od zera

do wartości maksymalnej (przykładowo 4, 3 lub 10). Oceny wpływu dokonuje się w ramach każdej z par rozpatrywanych  $n$  czynników. Tożsamościowej relacji wpływu czynnika odpowiada ocena zerowa  $a_{ii}=0$ . Oceny intensywności relacji, zachodzących pomiędzy rozpatrywanymi czynnikami pozwalają na zbudowanie *macierzy bezpośredniego wpływu czynników* (ang. *direct influence matrix*)  $\mathbf{A}$ . Jest ona macierzą kwadratową  $n \times n$  o głównej przekątnej wypełnionej zerami:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & & a_{ij} \\ & 0 & \\ & & \ddots \\ a_{ji} & & & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Na podstawie macierzy  $\mathbf{A}$  można wyznaczyć jej znormalizowaną postać (ang. *normalized direct influence matrix*)  $\mathbf{N}$ , dzieląc wyrazy każdego wiersza  $\mathbf{A}$  przez sumę jego elementów:

$$\mathbf{N} = \frac{1}{\max_i \sum_{j=1}^n a_{ij}} \cdot \mathbf{A} . \quad (2)$$

Elementy macierzy  $\mathbf{N}$  spełniają warunek:  $0 \leq n_{ij} \leq 1$ . W konsekwencji więc:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \mathbf{N}^k = \mathbf{0} . \quad (3)$$

Dzięki odpowiedniej operacji (**Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**) można wyznaczyć macierz całkowitego wpływu czynników (ang. *total influence matrix*)  $\mathbf{T}$ :

$$\mathbf{T} = \mathbf{N} + \mathbf{N}^2 + \mathbf{N}^3 + \dots = \mathbf{N} \cdot (\mathbf{I} - \mathbf{N})^{-1} \quad (4)$$

Symbol  $\mathbf{I}$  w (**Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**) oznacza macierz jednostkową  $n \times n$ . Godne uwagi jest to, że elementy macierzy  $\mathbf{T}$  ujmują oprócz wpływu bezpośredniego także wpływ pośredni czynników, wynikający z ich niejawnych powiązań. Natomiast siłę wyłącznie niejawnych powiązań obrazuje wynik działania:

$$\mathbf{T}' = \mathbf{T} - \mathbf{N} = \mathbf{N}^2 \cdot (\mathbf{I} - \mathbf{N})^{-1} . \quad (5)$$

Na podstawie zawartości powyższej macierzy można sklasyfikować rozpatrywane czynniki, biorąc przy tym pod uwagę zarówno rolę względem analizowanego zjawiska, jak i znaczenie względem pozostałych czynników. Służą temu odpowiednio syntetyczne miary  $s^+, i$  oraz  $s^-, i$ , oparte na wartościach sum wierszy ( $r_i$ ) i kolumn ( $c_i$ ) macierzy  $\mathbf{T}$ , odpowiadających danemu (i-temu) czynnikowi:

$$r_i = \sum_{j=1}^n t_{ij} , c_i = \sum_{j=1}^n t_{ji} . \quad (6)$$

Wartość miary znaczenia i-tego czynnika z uwagi na rozpatrywane zagadnienie opisuje suma:

$$s_i^+ = r_i + c_i . \quad (7)$$

Wartość  $s^+,i$  pozwala zidentyfikować 2 grupy czynników:

- neutralnych z uwagi na zagadnienie—wartość sumy (**Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**) równa zeru;
- istotnych z uwagi na zagadnienie (większa wartość sumy odpowiada wyższemu stopniowi znaczenia czynnika).

Wartość miary znaczenia czynnika względem pozostałych czynników opisuje różnica:

$$s_i^- = r_i - c_i \quad (8)$$

Wartość  $s^-,i$  stanowi podstawę wyodrębnienia 3 grup czynników:

- przeważających nad pozostałymi czynnikami—wartość różnicy (**Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**) większa od zera;
- neutralnych względem innych czynników —wartość różnicy równa zeru;
- zdominowanych przez pozostałe czynniki.

Oczywiste jest przy tym, że czym większa wartość bezwzględna miary (**Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**), tym większa różnica znaczenia pomiędzy i-tym czynnikiem a pozostałymi czynnikami.

Dzięki odwzorowaniu poszczególnych czynników w dwuwymiarowej przestrzeni miar  $s^+$  i  $s^-$ , można je łatwo sklasyfikować rozpatrywane czynniki zarówno z uwagi na kryterium znaczenia dla rozwiązania danego zagadnienia, jak i znaczenia względem pozostałych czynników. W podobnym celu można także wykorzystać sumy wierszowe i kolumnowe macierzy całkowitego wpływu  $T$ , macierzy bezpośredniego wpływu  $N$  lub macierzy wpływu wyłącznie pośredniego  $T'$ .

Oryginalna wersja metody DEMATEL ujmuje grupowy charakter procesu decyzyjnego. Dzięki odpowiedniej agregacji ocen lub mierników pozyskanych od poszczególnych ekspertów, możliwe jest uzyskanie wartości miar syntetycznych, ilustrujących charakter rozpatrywanych czynników [3].

#### 4. Klasyfikacja czynników wpływających na jakość wód zbiornika „Jeziorsko”

Jako przykład wykorzystania metody DEMATEL rozpatrzono zagadnienie klasyfikacji czynników warunkujących jakość wód w zbiorniku zaporowym „Jeziorsko”. W tym celu wyznaczono następujące procesy, wpływające na stan jakościowy zbiornika:

1. Parametry wód rzeki Warty, zasilającej zbiornik „Jeziorsko” (PW)
2. Skanalizowanie obszarów przylegających do zbiornika (SO)
3. Spływ powierzchniowy z terenów rolniczych, nawożonych związkami azotu i fosforu (SP)
4. Zanieczyszczenia związane z działalnością rekreacyjno-wypoczynkową (RW)
5. Nakłady finansowe na gospodarkę wodno-ściekową w otoczeniu zbiornika (NF)
6. Stopień zalesienia terenów przybrzeżnych (SZ)

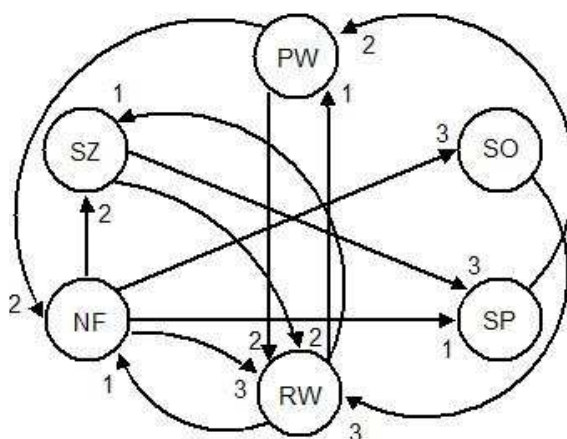
Powyższe kryteria zostały sklasyfikowane biorąc pod uwagę ich znaczenie dla jakości wód zbiornika „Jeziorsko”. W tym celu użyto skali oceny 0 - 3, przy czym poszczególne stopnie oznaczały:

- 0 - brak wpływu
- 1 - niewielki wpływ
- 2 - istotny wpływ
- 3 - wyjątkowo znaczący wpływ

Relacjom znaczenia powyższych kryteriów jakościowych zostały przypisane oceny, przedstawione w postaci macierzy wpływu bezpośredniego A:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 2 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 3 \\ 2 & 3 & 0 & 0 & 3 & 2 \\ 2 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Zależności zachodzące pomiędzy poszczególnymi kryteriami zostały przedstawione za pomocą grafu (rys. 1)



Rys. 1. Graf wpływu czynników dla skali ocen 0 - 3

Największą wartością sumy elementów macierzy A charakteryzuje się wiersz RW - zanieczyszczenia związane z działalnością rekreacyjno-wypoczynkową. Wynosi ona 10. Znormalizowana macierz wpływu bezpośredniego N przyjmuje postać:

$$N = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0,2 & 0,1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,1 & 0,3 \\ 0,2 & 0,3 & 0 & 0 & 0,3 & 0,2 \\ 0,2 & 0 & 0 & 0,1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,1 & 0,2 & 0 \end{bmatrix} \quad (10)$$

Za pomocą wzoru (4) można uzyskać macierz łącznego wpływu T w postaci:

$$T = \begin{bmatrix} 0,0414 & 0,0364 & 0,2083 & 0,1214 & 0,0855 & 0,0868 \\ 0,0720 & 0,0121 & 0,0144 & 0,0404 & 0,3197 & 0,0124 \\ 0,0479 & 0,0164 & 0,0096 & 0,0547 & 0,1850 & 0,3138 \\ 0,3179 & 0,3313 & 0,0636 & 0,1043 & 0,4850 & 0,2399 \\ 0,2401 & 0,0404 & 0,0480 & 0,1347 & 0,0656 & 0,0413 \\ 0,0798 & 0,0412 & 0,0160 & 0,1374 & 0,2616 & 0,0323 \end{bmatrix} \quad (11)$$

Wektor sum wyrazów w kolejnych wierszach macierzy T przyjmuje postać:

$$r = \begin{bmatrix} 0,5797 \\ 0,4710 \\ 0,6275 \\ 1,5419 \\ 0,5701 \\ 0,5682 \end{bmatrix} \quad (12)$$

zaś wektor sum wyrazów w poszczególnych kolumnach wygląda następująco:

$$c = \begin{bmatrix} 0,7991 \\ 0,4778 \\ 0,3598 \\ 0,5928 \\ 1,4025 \\ 0,7265 \end{bmatrix} \quad (13)$$

Poniższa tabela przedstawia wartości wskaźników (7,8) dla poszczególnych zmiennych:

Tab. 2. Ogólne rankingi kryteriów przy skali ocen 0 – 3

Lp.	Kryterium	s+	pozycja wg s+	s-	pozycja wg s-
1	PW	1,3787	3	-0,2194	5
2	SO	0,9489	6	-0,0068	3
3	SP	0,9873	5	0,2677	2
4	<b>RW</b>	<b>2,1347</b>	<b>1</b>	<b>0,9491</b>	<b>1</b>

5	NF	1,9726	2	-0,8323	6
6	SZ	1,2947	4	-0,1583	4

Za pomocą wskaźników s+ i s- sklasyfikowano kryteria biorąc pod uwagę na ich miejsce (aktywność) w trakcie przeprowadzonej analizy oraz znaczenie dla rozpatrywanego problemu, tj. wpływu na jakość wód zbiornika zaporowego.

Otrzymane wartości wskaźnika s+ wskazują na to, iż najbardziej aktywnym (w sensie sumarycznym, tj. z uwagi na przewagę nad innymi kryteriami, jak i sytuację odwrotną) jest proces przenikania zanieczyszczeń związanych z działalnością rekreacyjno-wypoczynkową. Bezpośrednio za nim plasują się nakłady finansowe na gospodarkę wodno-ściekową w otoczeniu zbiornika, o znaczeniu zbliżonym do pierwszego kryterium. Kolejnym czynnikiem są parametry jakościowe rzeki Warty, która zasila zbiornik „Jeziorsko”. Następne kryterium to stopień zalesienia terenów przybrzeżnych, zaś ostatnimi dwoma czynnikami, o znaczeniu w zasadzie równorzędnym, są spływ powierzchniowy z terenów rolniczych oraz stopień skanalizowania obszarów przylegających do zbiornika.

Rozpatrując wpływ w/w czynników na jakość wód zbiornika zaporowego można stwierdzić, iż najważniejszym kryterium w tym przypadku okazuje się ponownie proces przenikania zanieczyszczeń będących rezultatem działalności rekreacyjno-wypoczynkowej w otoczeniu „Jeziorska”. Następne w kolejności kryterium - spływ powierzchniowy z pól uprawnych charakteryzuje się wyraźnie mniejszym znaczeniem. Pozostałe czynniki również nie wpływają na jakość wód zbiornika w tak znaczący sposób, aczkolwiek nie sposób pominąć ich oddziaływania w kompleksowym rozpatrywaniu zagadnienia kształtowania się parametrów jakościowych opisywanego zbiornika.

## 5. Podsumowanie

Uzyskane dzięki opisanej metodzie wyniki potwierdzają celowość zastosowania analizy DEMATEL do wspomagania procesu decyzyjnego związanego z działaniami korygującymi i prewencyjnymi, dla zapewnienia odpowiedniego stanu środowiska zbiornika zaporowego, jak i jego otoczenia. Kryterium wpływu działalności o charakterze turystycznym i wynikające z niej zanieczyszczenie wód zbiornika zostało wskazane jako aspekt znaczący w kontekście planowanego rozwoju terenów przylegających do akwenu. Fakt ten, jak również pozostałe wymienione czynniki powinny zostać wzięte pod uwagę przez lokalne władze podczas określania strategii zagospodarowania przestrzennego omawianego obszaru. Ponadto wnioski wynikające z przeprowadzonej analizy mogą służyć jako wskazówka dla właściwych służb i organizacji środowiskowych w trakcie opracowywania programów poszerzania świadomości ekologicznej okolicznej ludności, zamieszkującej tereny wokół zbiornika na stałe bądź okresowo.

## Literatura

1. Raport o stanie środowiska w województwie łódzkim w 2007 r., Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Łodzi
2. Rozporządzenia Ministra Środowiska z dn. 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód (Dz. U. nr 32, poz. 284)
3. DEMATEL, Katedra Badań Operacyjnych w Zarządzaniu, Wydział Zarządzania i



- Inżynierii Produkcji Politechniki Opolskiej, Opole 2008
4. Tamura H., Akazawa K. Structural modeling and systems analysis of uneasy factors for realizing safe, secure and reliable society, *Journal of Telecommunications and Information Technology*, 3/2005
  5. Tamura H., Akazawa K. Stochastic DEMATEL for structural modeling of a complex problematique for realizing safe, secure and reliable society, *Journal of Telecommunications and Information Technology*, 4/2005
  6. Dytczak M.: Równoległe zastosowanie metod AHP i DEMATEL w wielokryterialnej ocenie decyzji. [W:] Knosala R. (red.): *Komputerowo zintegrowane zarządzanie*. OW PTZP, Opole, 2008, s.249–257.

Mgr Monika BORCZAK-MOCZYDŁOWSKA  
AWP Nordic Products  
tel: +48 42 2555770  
fax: +48 42 2555772  
e-mail: mborczak@awpawp.com  
www.awpawp.com

Prof. dr hab. inż. Mirosław DYTCZAK  
Politechnika Opolska  
45-047 Opole, ul. Waryńskiego 4  
tel: 502062562, 0224069749  
e-mail: mdytczak@rsnot.com.pl