

Wpłynęło 21.09.2017 r.
Zrecenzowano 30.10.2017 r.
Zaakceptowano 04.11.2017 r.
A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

WZGLĘDNA PRZYRODNICZA ZASADNOŚĆ ROZWOJU ODWODNIEŃ I NAWODNIEŃ W SKALI WOJEWÓDZTW

Edmund KACA^{ACDEF}, Grażyna REK-KACA^{BCDEF}

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Kształtowania Środowiska

Streszczenie

Przedmiotem pracy jest specyficzna cecha województwa, którą jest względna przyrodnicza zasadność rozwoju w nim melioracji (odwodnień albo nawodnień) użytków rolnych. Względna, gdyż cecha ta odnoszona jest do przyrodniczej zasadności rozwoju melioracji w pozostałych województwach w kraju.

Praca składa się z dwóch części. Pierwsza dotyczy klimatycznej, glebowo-wodnej, hydrologicznej i przyrodniczej kwantyfikacji względnej zasadności rozwoju melioracji w województwach, druga zaś syntezy tych cząstkowych rodzajowych zasadności w jeden wskaźnik – względną przyrodniczą zasadność rozwoju melioracji w województwie. W realizacji pierwszej części wykorzystuje się wskaźniki charakteryzujące cząstkowe zasadności rozwoju melioracji w powiatach, w drugiej zaś fragment wielokryterialnej dialogowej metody porządkowania wariantów ELECTRE III.

Na podstawie metodyki opisanej wcześniej przez autora sklasyfikowano województwa w Polsce. Klasyfikacji dokonano na podstawie takich rodzajowych zasadności rozwoju melioracji, jak: klimatyczna, glebowo-wodna, hydrologiczna i przyrodniczo-ekologiczna. Według tej klasyfikacji największą przyrodniczą zasadnością rozwoju odwodnień charakteryzuje się województwo łódzkie, a najmniejszą – województwo lubuskie. Największa zasadność rozwoju nawodnień występuje w województwie opolskim, najmniejsza zaś w województwie małopolskim.

Słowa kluczowe: metoda AHP, metoda ELECTRE III, nawodnienia, odwodnienia, zasadność

WSTĘP

Przez rozwój melioracji (odwodnień i nawodnień) rozumie się proces polegający na wzroście liczby/ilości urządzeń melioracyjnych utrzymywanych w sprawno-

Do cytowania For citation: Kaca E., Rek-Kaca G. 2017. Względna przyrodnicza zasadność rozwoju odwodnień i nawodnień w skali województw. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 17. Z. 4 (60) s. 67–80.

ści i urządzeń odbudowywanych albo modernizowanych, na wprowadzaniu innowacji produktowych, procesowych, strukturalnych odnośnie do utrzymywania (obsługi) i użytkowania tych urządzeń oraz ich odbudowy/modernizacji, a także innowacji w obszarze organizacji i zarządzania, w celu dostosowania melioracji do zmieniających się warunków, w szczególności do zmieniającego się rolnictwa, wymagań środowiska naturalnego i oczekiwań społeczeństwa.

Przedmiotem pracy jest specyficzna cecha województwa, którą jest względna przyrodnicza zasadność rozwoju w nim melioracji (odwodnień, nawodnień). Względna, gdyż zasadność ta jest odnoszona do zasadności rozwoju melioracji w każdym z pozostałych województw w kraju. Przyrodnicza zasadność rozwoju melioracji jest specyficzną cechą województwa, traktowaną w niniejszej pracy jako zobiektywizowany i kwantyfikowany pogląd (stanowisko, przekonanie) na sprawę rozwoju melioracji, często opisywany w strategiach rozwoju województw, w szczególności zaś w wojewódzkich planach (jeżeli istnieją) rozwoju melioracji. Cechę tę traktuje się jako konstrukt teoretyczny – nieobserwowalną bezpośrednio (ukrytą) wielowymiarową zmienną województwa/powiatu. Przyrodniczą zasadność rozwoju melioracji warunkują czynniki wyrażające przyrodnicze możliwości i czynniki wyrażające przyrodnicze potrzeby rozwoju melioracji. W przypadku nawodnień do pierwszych zalicza się czynniki hydrologiczne i przyrodniczo-ekologiczne, a do drugich – czynniki klimatyczne i glebowo-wodne. Założono, że we wszystkich rozpatrywanych województwach przyrodnicze możliwości rozwoju odwodnień przeważają nad przyrodniczymi potrzebami, w przypadku nawodnień zaś sytuacja jest zróżnicowana. W części województw przyrodnicze potrzeby nawodnień przeważają nad możliwościami, a w pozostałych województwach sytuacja jest odwrotna, przyrodnicze możliwości nawodnień przeważają nad potrzebami.

Znajomość względnej przyrodniczej zasadności rozwoju melioracji w województwach może mieć duże znaczenie poznawcze i praktyczne. Praktyczne, ponieważ może być dedykowana opracowującym strategię rozwoju województw, w tym rozwoju melioracji odwadniających i nawadniających. Na podstawie wyników pracy można np. zwrócić uwagę na województwa o większej i największej przyrodniczej zasadności rozwoju odwodnień i/lub nawodnień oraz na regiony o zasadności znikomej. Na tej podstawie można centralnie planować (sugerować) zakres rzeczowy prac utrzymaniowych oraz odbudów i modernizacji urządzeń melioracyjnych w województwach. Szczegóły dotyczące programowania rozwoju melioracji w województwach w Polsce, z wykorzystaniem wskaźników względnej zasadności rozwoju melioracji, zostały opracowane i opisane przez autora [KACA 2015a, b].

METODY I MATERIAŁ BADAŃ

Podstawę wyznaczania względnej przyrodniczej zasadności rozwoju melioracji w województwach, oddzielnie nawodnień i oddzielnie odwodnień, stanowiła meto-

dyka zaproponowana przez autora [KACA 2017a, b]. Zgodnie z tą metodyką szacowanie (pomiar) przyrodniczej względnej zasadności rozwoju melioracji w województwach rozpoczęto od doboru wymiarów tej zasadności. W pracy uwzględniono takie wymiary przyrodniczej zasadności rozwoju melioracji w województwach, jak: klimatyczny, glebowo-wodny, hydrologiczny i przyrodniczo-ekologiczny. Z tymi wymiarami rozwoju melioracji jest inferencyjnie związanych kilkanaście wskaźników dotyczących powiatów, mierzonych na różnych skalach, poczynając od skal szacunkowych (nominalnych i porządkowych), a kończąc na skalach ścisłych (interwałowych i ilorazowych). Różnorodność skal wynika z różnorodności źródeł, z których pochodzą wartości branych pod uwagę wskaźników. Różna jest również liczba wskaźników dotyczących danego wymiaru zasadności.

W opisie klimatycznej zasadności (potrzeby) rozwoju melioracji w powiecie wykorzystano wskaźniki zaproponowane przez ŁABĘDZKIEGO [2014]. Do opisu zasadności odwodnień przyjęto średni z wielolecia klimatyczny bilans wodny w okresie zimowym, a do opisu zasadności nawodnień – średni z wielolecia klimatyczny bilans wodny w powiecie w okresie wegetacji roślin. Wspomniany autor zmienił skale ilorazowe tych wskaźników na skale porządkowe zasadności (potrzeby) rozwoju odwodnień oraz nawodnień, dokonał kwalifikacji powiatów w województwach do poszczególnych kategorii zasadności, zliczenia powiatów i obliczenia częstości względnej ich występowania w poszczególnych kategoriach. Jako wskaźniki hydrologicznej zasadności rozwoju melioracji w powiecie wykorzystano wskaźniki zaproponowane przez SZYMCZAKA [2014]. W przypadku odwodnień był to jednostkowy odpływ średni roczny, a w przypadku nawodnień – wskaźnik odpływu dyspozycyjnego w powiecie. Po transformowaniu skal ilorazowych tych wskaźników na skale porządkowe dokonano kwalifikacji powiatów w województwach do poszczególnych kategorii, ich zliczenia i obliczenia częstości względnej ich występowania w kategoriach.

Grupę wskaźników wymiaru glebowo-wodnego zasadności (potrzeby) rozwoju odwodnień i nawodnień w powiecie zaproponowano w pracy OSTROWSKIEGO i TUSIŃSKIEGO [2014]. Były to: potencjał produkcyjny, dominujące zasilanie w wodę, zdolność retencyjna, przewodnictwo wodne i warunki natlenienia dominującej w powiecie zgeneralizowanej jednostki glebowej. Każdy z tych wskaźników jest mierzony na skali nominalnej z wyróżnionymi dwoma lub trzema kategoriami. Na podstawie odpowiednio dobranych układów kategorii tych skal wymieniony autor utworzył specyficzną skalę porządkową, w której wyróżnił kilka kategorii glebowo-wodnej zasadności (potrzeby) rozwoju odwodnień i nawodnień w powiecie. Wykorzystując tę skalę, obliczył liczbę i częstość względną powiatów w województwie należących do wyróżnionych kategorii zasadności rozwoju nawodnień i odwodnień.

Do opisu wymiaru przyrodniczo-ekologicznego zasadności (możliwości) rozwoju melioracji (odwodnień i nawodnień) w powiecie wykorzystano dwa wskaźniki zaproponowane w pracy DEMBKA i OŚWIECIMSKIEJ-PIASKO [2014]. Był to ro-

dziej formy prawnej ochrony przyrody w powiecie i udział (%) powierzchni tych form w powierzchni powiatu. Wartości pierwszego wskaźnika były mierzone na skali nominalnej o czterech kategoriach (cztery formy ochrony przyrody), a drugiego na skali ilorazowej. Na podstawie odpowiednio dobranych układów kategorii i wartości tych skal została utworzona specyficzna skala porządkowa, w której wyróżniono kilka kategorii przyrodniczo-ekologicznej zasadności (możliwości) rozwoju melioracji (nawodnień i odwodnień) w powiecie. Wykorzystując te skale, wymienieni autorzy określili liczbę i częstość względną powiatów w województwach w wyróżnionych kategoriach.

Na podstawie rozkładów względnej częstości występowania powiatów w kategoriach obliczano wartości wskaźników W_j ($j = 1, 2, 3, 4$) zasadności rozwoju melioracji w każdym województwie dla każdego j -tego wymiaru przyrodniczej zasadności. Wyniki tych obliczeń przedstawiono w pracy KACY i OSTROWSKIEGO [2014]. W obliczeniach wartości wskaźników W_j posługiwano się wzorem [KACA 2017a, b]:

$$W_{i,j} = \sum_{k=1}^o P_{i,j,k} (2k - 1) \quad (1)$$

gdzie:

- i = numer województwa ($i = 1, 2, \dots, 16$),
- j = numer wymiaru zasadności rozwoju melioracji ($j = 1, 2, 3, 4$),
- k = numer kategorii w skali porządkowej j -tego wymiaru zasadności rozwoju melioracji ($k = 1, 2, \dots, o$),
- $P_{i,j,k}$ = częstość względną (odsetek) powiatów w i -tym województwie w k -tej kategorii j -tego rodzaju zasadności rozwoju melioracji.

Na podstawie wartości wskaźników W_j obliczono wartości indeksów Z_j zasadności rozwoju melioracji w województwie. Posługiwano się wzorem [KACA 2017a, b]:

$$Z_{i,j} = \frac{W_{i,j} - \min_i W_{i,j}}{\max_i W_{i,j} - \min_i W_{i,j}} \quad (2)$$

We wzorze tym symbole $\min_i W_{i,j}$ i $\max_i W_{i,j}$ oznaczają wartości wskaźnika j -tego wymiaru zasadności rozwoju melioracji w województwie odpowiednio z najmniejszą i w województwie z największą zasadnością rozwoju melioracji ze względu na ten wymiar. W dalszej części pracy wprowadzono specyficzne oznaczenia tak obliczonych indeksów. Indeksy wyrażające zasadność klimatyczną, glebowo-wodną, hydrologiczną i przyrodniczo-ekologiczną rozwoju melioracji w i -tym województwie oznaczano symbolami odpowiednio ZK , ZGW , ZH i ZPE .

Obliczone wartości indeksów wyrażających dany wymiar zasadności rozwoju melioracji w województwach zestawiono w tabeli 1. w odniesieniu do odwodnień i w tabeli 2. w odniesieniu do nawodnień. Zgodnie z założeniem indeksy Z_j ($j = 1, 2, 3, 4$) mogą przyjmować wartości z przedziału od 0 do 1. Oznacza to, że województwa z wartością $Z_j = 0$ będą miały taką samą, najmniejszą, a województwa z wartością $Z_j = 1$ będą miały taką samą, największą zasadność rozwoju melioracji spośród rozpatrywanych województw.

Podstawę oszacowania wartości wskaźnika Q względnej przyrodniczej zasadności rozwoju melioracji w województwach stanowił wynik porządkowania woje-

Tabela 1. Wartości indeksów klimatycznej (ZK), glebowo-wodnej (ZGW), hydrologicznej (ZH) i przyrodniczo-ekologicznej (ZPE) zasadności rozwoju odwodnień w województwach

Table 1. Values of indices of the climatic (ZK), soil-water (ZGW), hydrological (ZH) and environmental-ecological (ZPE) validity of developing drainage in the provinces

Województwo Province	ZK	Województwo Province	ZGW	Województwo Province	ZH	Województwo Province	ZPE
Wielkopolskie	0,00	lubuskie	0,00	wielkopolskie	0,00	lubuskie	0,00
Kujawsko- pomorskie	0,02	podkarpackie	0,14	lubuskie	0,10	podlaskie	0,01
Lubelskie	0,02	wielkopolskie	0,29	mazowieckie	0,13	warmińsko- mazurskie	0,02
Łódzkie	0,02	kujawsko- pomorskie	0,38	lubelskie	0,19	podkarpackie	0,13
Mazowieckie	0,02	świętokrzyskie	0,41	kujawsko- pomorskie	0,24	zachodniopomor- skie	0,20
Świętokrzyskie	0,02	śląskie	0,44	łódzkie	0,35	małopolskie	0,22
Dolnośląskie	0,26	opolskie	0,48	podlaskie	0,44	świętokrzyskie	0,24
Opolskie	0,26	warmińsko- mazurskie	0,48	dolnośląskie	0,49	pomorskie	0,28
Podkarpackie	0,37	pomorskie	0,51	świętokrzyskie	0,51	lubelskie	0,55
Śląskie	0,37	zachodniopo- morskie	0,51	warmińsko- mazurskie	0,51	mazowieckie	0,59
Podlaskie	0,60	lubelskie	0,58	zachodniopomor- skie	0,51	dolnośląskie	0,63
Warmińsko- mazurskie	0,86	dolnośląskie	0,60	pomorskie	0,54	wielkopolskie	0,65
Lubuskie	0,93	małopolskie	0,64	opolskie	0,56	śląskie	0,68
Małopolskie	0,95	mazowieckie	0,69	podkarpackie	0,77	kujawsko- pomorskie	0,71
Pomorskie	1,00	łódzkie	0,79	śląskie	0,79	opolskie	0,79
Zachodniopo- morskie	1,00	podlaskie	1,00	małopolskie	1,00	łódzkie	1,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie: KACA, OSTROWSKI [2014].

Source: own elaboration based on data according to: KACA, OSTROWSKI [2014].

wództw z uwzględnieniem indeksów zasadności (tab. 1, 2), wykonanego metodą bilansu netto NFS (ang. Net Flow Score), stanowiącą fragment wielokryterialnej dialogowej metody porządkowania wariantów (tu: województw) ELECTRE III. Metoda ta została szczegółowo opisana w pracach autora [KACA 2017a, b] w aspekcie jej zastosowania do obliczania zasadności rozwoju melioracji. W pracy korzystano z oprogramowania wykonanego w Instytucie Informatyki Politechniki Poznańskiej. Stosowanie tej metody wymaga ustalenia wartości wag kryteriów (tu: indeksów zasadności) oraz wartości progów dyskryminacji. Wartości te powinny być ustalone przez decydenta. W przypadku niniejszej pracy wartości te ustalili autorzy tego artykułu.

Tabela 2. Wartości indeksów klimatycznej (ZK), glebowo-wodnej (ZGW), hydrologicznej (ZH) i przyrodniczo-ekologicznej (ZPE) zasadności rozwoju nawodnień w województwach

Table 2. Values of indices of the climatic (ZK), soil-water (ZGW), hydrological (ZH) and environmental-ecological (ZPE) validity of developing irrigation in the provinces

Województwo Province	ZK	Województwo Province	ZGW	Województwo Province	ZH	Województwo Province	ZPE
Małopolskie	0,00	lubuskie	0,00	kujawsko- pomorskie	0,00	lubuskie	0,00
Podkarpackie	0,09	wielkopolskie	0,18	lubelskie	0,00	podlaskie	0,01
Śląskie	0,10	pomorskie	0,50	lubuskie	0,00	warmińsko- mazurskie	0,02
Pomorskie	0,34	zachodniopo- morskie	0,53	łódzkie	0,00	podkarpackie	0,13
Świętokrzyskie	0,35	łódzkie	0,53	mazowieckie	0,00	zachodniopo- morskie	0,20
Dolnośląskie	0,38	świętokrzyskie	0,64	podlaskie	0,00	małopolskie	0,22
Warmińsko- mazurskie	0,40	podkarpackie	0,66	wielkopolskie	0,02	świętokrzyskie	0,24
Lubelskie	0,56	kujawsko- pomorskie	0,68	pomorskie	0,31	pomorskie	0,28
Łódzkie	0,60	lubelskie	0,71	dolnośląskie	0,32	lubelskie	0,55
Opolskie	0,62	dolnośląskie	0,72	świętokrzyskie	0,34	mazowieckie	0,59
Podlaskie	0,62	małopolskie	0,72	opolskie	0,39	dolnośląskie	0,63
Zachodniopo- morskie	0,70	warmińsko- mazurskie	0,75	zachodniopo- morskie	0,45	wielkopolskie	0,65
Mazowieckie	0,76	mazowieckie	0,82	warmińsko- mazurskie	0,79	śląskie	0,68
Kujawsko- pomorskie	0,83	podlaskie	0,91	śląskie	0,81	kujawsko- pomorskie	0,71
Lubuskie	0,96	opolskie	0,94	podkarpackie	0,88	opolskie	0,79
Wielkopolskie	1,00	śląskie	1,00	małopolskie	1,00	łódzkie	1,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie: KACA, OSTROWSKI [2014].

Source: own elaboration based on data according to: KACA, OSTROWSKI [2014].

Wartości wag poszczególnych kryteriów obliczono, wspomagając się metodą AHP (The Analytic Hierarchy Process). Sposób obliczeń wg tej metody został popularnie opisany w Internecie np. przez HAASA i MEIXNERA [niedatowane], a przykład jej stosowania – m.in. przez KACĘ [2013]. W przypadku odwodnień dane wyjściowe do tych obliczeń i uzyskane wartości wag zestawiono w tabeli 3. Założono, że do kryteriów charakteryzujących potrzeby odwodnień zalicza się indeksy: klimatyczny (*ZK*), glebowo-wodny (*ZGW*) i hydrologiczny (*ZH*), a do kryteriów charakteryzujących możliwości odwodnień – indeks przyrodniczo-ekologiczny (*ZPE*). Założono także, że województwa są jednorodne. W tym przypadku oznacza to, że w każdym z rozpatrywanych województw możliwości rozwoju odwodnień przeważają nad potrzebami, czyli że czynnik przyrodniczo-ekologiczny nie wyklucza możliwości rozwoju odwodnień.

Tabela 3. Macierz przewag branych pod uwagę kryteriów preferencji – indeksów zasadności rozwoju odwodnień w województwach oraz obliczone wagi wg metody AHP

Table 3. Matrix of advantages of considered preference criteria – indices of validity of developing drainage in the provinces, as well as weights calculated according to AHP method

Indeks Index	<i>ZK</i>	<i>ZGW</i>	<i>ZH</i>	<i>ZPE</i>	Waga Weight
<i>ZK</i>	1	1	9	1	0,35
<i>ZGW</i>	1	1	9	1	0,35
<i>ZH</i>	0,11	0,11	1	0,5	0,06
<i>ZPE</i>	1	1	2	1	0,24

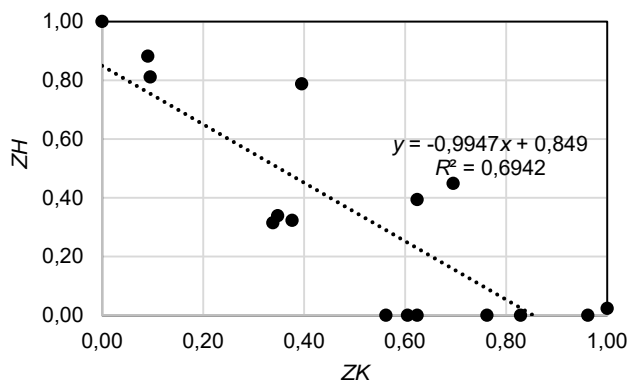
Objaśnienia: indeksy zasadności: *ZK* = klimatycznej, *ZGW* = glebowo-wodnej, *ZH* = hydrologicznej i *ZPE* = przyrodniczo-ekologicznej rozwoju odwodnień.

Explanations: indices of the: *ZK* = climatic, *ZGW* = soil-water, *ZH* = hydrological and *ZPE* = environmental-ecological validity.

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Podczas ustalania wag przyjęto (tab. 3), że zasadność przyrodniczo-ekologiczna rozwoju odwodnień (indeks *ZPE*) jest równoważna (1) zasadności klimatycznej (indeks *ZK*) i glebowo-wodnej (indeks *ZGW*) i ma mniej niż umiarkowaną (2) przewagę nad zasadnością hydrologiczną (indeks *ZH*). Założono również, że czynnik hydrologiczny nie ma wyraźnego znaczenia w ocenie zasadności rozwoju odwodnień. W związku z tym przyjęto, że wszystkie zasadności mają przewagę nad zasadnością hydrologiczną (indeks *ZH*) rozwoju odwodnień. Ponadto założono, że zasadność klimatyczna rozwoju odwodnień (indeks *ZK*) jest równoważna (1) zasadności glebowo-wodnej (indeks *ZGW*) i ma ekstremalnie silną przewagę (9) nad zasadnością hydrologiczną (indeks *ZH*). Założono także, że zasadność glebowo-wodna (indeks *ZGW*) jest równoważna (1) zasadności klimatycznej (indeks *ZK*) i ma ekstremalnie silną przewagę (9) nad zasadnością hydrologiczną (indeks *ZH*).

W przypadku nawodnień, w trakcie ustalania wartości wag, indeksy zasadności podzielono na dwie grupy. Do grupy pierwszej, wyrażającej potrzebę rozwoju nawodnień, zaliczono indeksy zasadności klimatycznej (ZK) i zasadności glebowo-wodnej (ZGW), a do drugiej, wyrażającej możliwości rozwoju nawodnień, zaliczono indeksy zasadności hydrologicznej (ZH) i zasadności przyrodniczo-ekologicznej (ZPE). Między indeksami ZK i ZH zachodzi ujemna istotna statystycznie ($\alpha = 0,05$) korelacja (rys. 1), co może oznaczać, że brane pod uwagę województwa mogą być niejednorodne pod względem branych pod uwagę kryteriów. W tym przypadku czynnikiem powodującym niejednorodność są czynniki klimatyczny i hydrologiczny. W części województw (np. woj. wielkopolskie) potrzebujących nawodnień (duża wartość indeksu ZK) ich rozwój może nie być możliwy ze względu na brak wody (mała wartość indeksu ZH). W tych województwach należałoby stosować duże wartości wag dla kryterium hydrologicznego (indeks ZH), a małe dla kryterium klimatycznego (ZK). W pozostałej części województw (np. woj. małopolskie) może być sytuacja odwrotna. Tutaj możliwości hydrologiczne mogą przeważać nad potrzebami klimatycznymi. W tym przypadku duże wagi należałoby stosować dla kryterium klimatycznego (ZK), a małe dla kryterium hydrologicznego (ZH).



Rys. 1. Współzależność indeksów klimatycznej (ZK) i hydrologicznej (ZH) zasadności rozwoju nawodnień w województwach; źródło: opracowanie własne

Fig. 1. Relationship between the index of climatic validity (ZK) and the index of hydrological validity (HV) of developing irrigation in the provinces; source: own elaboration

W tym przypadku, tzn. z założeniem, że województwa w Polsce nie są jednorodne, zgodnie z metodyką [KACA 2017a, b], hierarchizację województw prowadzono dwukrotnie, obliczając wartości Q'_i i Q''_i wskaźnika Q . Na podstawie wartości tych wskaźników obliczano wartości Q_i wskaźnika Q zasadności rozwoju nawodnień w każdym (i -tym) województwie wg wzoru [KACA 2017a, b]:

$$Q_i = \frac{\min(Q'_i; Q''_i)}{\sum_1^m \min(Q'_i; Q''_i)} 100 \text{p.p.} \quad (3)$$

gdzie: p.p. = punkty procentowe; Q'_i i Q''_i = wartości wskaźnika Q dla i -tego województwa wg metody NFS, obliczone odpowiednio dla przypadku przewagi kryteriów (wag) charakteryzujących potrzeby nad kryteriami dotyczącymi możliwości rozwoju melioracji i odwrotnie – dla przypadku przewagi kryteriów charakteryzujących możliwości nad kryteriami wyrażającymi potrzeby.

Na podstawie wartości Q_i obliczono wartości wskaźnika *wsk* zasadności rozwoju nawodnień, posługując się wzorem [KACA 2017a].

$$wsk_i = \frac{mQ_i}{200} \quad (3)$$

Zasadność rozwoju nawodnień w warunkach przewagi potrzeb rozwoju nad możliwościami prowadzono z założeniem (tab. 4, przypadek 1), że klimatyczna

Tabela 4. Macierz przewag branych pod uwagę kryteriów preferencji – indeksów klimatycznej (ZK), glebowo-wodnej (ZGW), hydrologicznej (ZH) i przyrodniczo-ekologicznej (ZPE) zasadności rozwoju nawodnień w województwach oraz obliczone wagi wg metody AHP

Table 4. Matrix of advantages of considered preference criteria – indices of the: climatic (ZK), soil-water (ZGW), hydrological (ZH) and environmental-ecological (ZPE) validity of developing irrigation in the provinces, as well as weights calculated according to AHP method

Indeks Index	ZK	ZGW	ZH	ZPE	Waga Weight
Przypadek 1 Case 1					
ZK	1	2	5	7	0,52
ZGW	0,50	1	3	5	0,30
ZH	0,20	0,33	1	3	0,12
ZPE	0,14	0,20	0,33	1	0,06
Przypadek 2 Case 2					
	ZH	ZGW	ZK	ZPE	
ZH	1	2	5	7	0,52
ZGW	0,50	1	3	5	0,30
ZK	0,20	0,33	1	3	0,12
ZPE	0,14	0,20	0,33	1	0,06

Objaśnienia: przypadek 1 – założono przewagę klimatycznych potrzeb rozwoju nad hydrologicznymi możliwościami; przypadek 2 – założono przewagę hydrologicznych możliwości rozwoju nad klimatycznymi potrzebami.

Explanations: case 1 – assumed climatic advantage of development needs on hydrological capabilities; case 2 – assumed the advantage of hydrological development opportunities on climate needs.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych wg KACY [2017b].

Source: own elaboration based on data acc. to: KACA [2017b].

zasadność (potrzeba) rozwoju nawodnień (indeks ZK) ma silną (5) przewagę nad zasadnością hydrologiczną (indeks ZH) i bardzo silną (7) przewagę nad zasadnością ekologiczno-przyrodniczą (indeks ZPE) oraz że zasadność (potrzeba) glebowo-wodna (ZGW) ma umiarkowaną (3) i silną (5) przewagę odpowiednio nad zasadnością hydrologiczną (ZH) i zasadnością przyrodniczo ekologiczną (ZPE). Pozostałe założenia dotyczyły przewag w ramach każdej z wydzielonych grup. Przyjęto, że zasadność klimatyczna (indeks ZK) ma mniej niż umiarkowaną (2) przewagę nad glebowo-wodną zasadnością rozwoju nawodnień (indeks ZGW) oraz że zasadność hydrologiczna (ZH) ma umiarkowaną (3) przewagę nad zasadnością przyrodniczo-ekologiczną (ZPE).

Obliczenia zasadności rozwoju nawodnień w warunkach przewagi możliwości rozwoju nawodnień nad potrzebami prowadzono, zakładając (tab. 4, przypadek 2), że hydrologiczna zasadność (możliwość) rozwoju nawodnień i klimatyczna zasadność (potrzeba) mają takie przewagi nad pozostałymi kryteriami, jakie miały odpowiednio klimatyczna zasadność i hydrologiczna zasadność w przypadku 1.

Do obliczeń przyjęto jednakowe dla wszystkich kryteriów (i przypadków) progi determinacji: próg równoważności o wartości $q_j = 0,05$ i próg preferencji o wartości $p_j = 0,10$ dla $j = 1, 2, 3$ i 4 . W obliczeniach nie uwzględniono progu weta v .

PRZYRODNICZA ZASADNOŚĆ ROZWOJU ODWODNIEŃ I NAWODNIEŃ W WOJEWÓDZTWACH

Z przeprowadzonych analiz wynika, że największa przyrodnicza zasadność rozwoju odwodnień występuje w województwach łódzkim i małopolskim (tab. 5). Są to województwa, dla których wartości wskaźnika Q względnej przyrodniczej zasadności rozwoju odwodnień oszacowano odpowiednio na 10,2 p.p. (punktu procentowego) i 9,8 p.p., zakładając, że zasadność rozwoju melioracji we wszystkich województwach (w kraju) wynosi 100 p.p. Województwo łódzkie charakteryzuje się (tab. 1) bardzo małą klimatyczną zasadnością rozwoju odwodnień (indeks zasadności $ZK = 0,02$) i dość małą zasadnością hydrologiczną ($ZH = 0,35$), ale dużą zasadnością glebowo-wodną ($ZGW = 0,79$) i największą zasadnością przyrodniczo-ekologiczną ($ZPE = 1,00$). W innej sytuacji znajduje się województwo małopolskie, które charakteryzuje się (tab. 1) bardzo dużą klimatyczną ($ZK = 0,95$) i największą zasadnością hydrologiczną ($ZH = 1,00$) rozwoju odwodnień oraz dość dużą glebowo-wodną ($ZGW = 0,64$) i dość małą przyrodniczo-ekologiczną ($ZPE = 0,22$) zasadnością odwodnień. Najmniejsza przyrodnicza zasadność rozwoju odwodnień występuje w województwach lubuskim ($Q = 2,2$ p.p.) i podkarpackim ($Q = 2,4$ p.p.) – tabela 5. Województwo lubuskie charakteryzuje się dużą zasadnością klimatyczną ($ZK = 0,93$) i bardzo małą zasadnością hydrologiczną ($ZH = 0,10$) rozwoju odwodnień oraz najmniejszą zasadnością glebowo-wodną ($ZGW = 0,00$) i zasadnością przyrodniczo-ekologiczną ($ZPE = 0,00$) odwodnień. Z kolei zasad-

ność odwodnień w województwie podkarpackim jest warunkowana dosyć małą zasadnością klimatyczną ($ZK = 0,37$) i dosyć dużą zasadnością hydrologiczną ($ZH = 0,77$), ale bardzo małą zasadnością glebowo-wodną ($ZGW = 0,14$) i przyrodniczo-ekologiczną ($ZPE = 0,13$).

Zasadność rozwoju nawodnień analizowano z założeniem przewag potrzeb rozwoju nad możliwościami (tab. 6., przypadek 1) i przewag możliwości rozwoju nad potrzebami (tab. 6., przypadek 2). Z syntezy tych dwóch przypadków wg wzoru (3) wynika (tab. 6), że największa przyrodnicza zasadność rozwoju nawodnień występuje w województwach opolskim i zachodniopomorskim. Są to województwa, dla których wartości wskaźnika względnej przyrodniczej zasadności rozwoju nawodnień Q oszacowano odpowiednio na 13,5 p.p. i 12,1 p.p. Województwo opolskie charakteryzuje się

(tab. 2) ponadprzeciętną klimatyczną zasadnością rozwoju nawodnień ($ZK = 0,62$) i zasadnością hydrologiczną poniżej przeciętnej ($ZH = 0,39$) oraz bardzo dużą zasadnością glebowo-wodną ($ZGW = 0,94$) i dużą zasadnością przyrodniczo-ekologiczną ($ZPE = 0,79$). Województwo zachodniopomorskie charakteryzuje się (tab. 2) dużą klimatyczną ($ZK = 0,70$) i przeciętną zasadnością hydrologiczną ($ZH = 0,45$) rozwoju nawodnień oraz przeciętną zasadnością glebowo-wodną ($ZGW = 0,53$) i małą przyrodniczo-ekologiczną ($ZPE = 0,20$). Najmniejsza przyrodnicza zasadność rozwoju nawodnień występuje w województwach małopolskim ($Q = 2,8$ p.p.) i podkarpackim ($Q = 3,3$ p.p.) – tabela 6. Województwo małopolskie charakteryzuje się najmniejszą klimatyczną zasadnością rozwoju nawodnień ($ZK = 0,00$) i największą zasadnością hydrologiczną ($ZH = 1,00$) oraz ponadprzeciętną zasadnością glebowo-wodną ($ZGW = 0,72$) i zasadnością przyrodniczo-ekologiczną poniżej przeciętnej ($ZPE = 0,22$). Przyrodnicza zasadność nawodnień w województwie podkarpackim jest warunkowana bardzo małą zasadnością klimatyczną ($ZK = 0,09$) i dużą zasadnością hydrologiczną ($ZH = 0,88$), ale nieco ponad przeciętną zasadno-

Tabela 5. Ranking województw i wartości wskaźników Q (w punktach procentowych p.p.) i wsk (bez miana b.m.) względnej przyrodniczej zasadności rozwoju odwodnień

Table 5. Ranking of provinces and values of indicators Q (in percentage points p.p. and wsk of the relative environmental validity of developing drainage

Województwo Province	Q p.p.	wsk b.m.
Lubuskie	2,2	0,174
Podkarpackie	2,4	0,188
Świętokrzyskie	2,7	0,214
Wielkopolskie	3,0	0,243
Kujawsko-pomorskie	4,0	0,317
Warmińsko-mazurskie	5,2	0,417
Lubelskie	5,6	0,445
Mazowieckie	6,8	0,545
Opolskie	7,5	0,597
Śląskie	7,6	0,606
Zachodniopomorskie	7,9	0,635
Pomorskie	8,1	0,646
Podlaskie	8,5	0,683
Dolnośląskie	8,6	0,689
Małopolskie	9,8	0,782
Łódzkie	10,2	0,818
Suma	100,0	8,000

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Tabela 6. Ranking województw i wartości wskaźników Q (w punktach procentowych p.p.) i *wsk* względnej przyrodniczej zasadności rozwoju nawodnień

Table 6. Ranking of provinces and values of indicators Q (in percentage points p.p.) and *wsk* of the relative environmental validity of developing irrigation

Przypadek 1 Case 1		Przypadek 2 Case 2		Ranking i mierniki zasadności Ranking and indicators		
województwo province	Q' p.p.	województwo province	Q'' p.p.	województwo province	Q p.p.	<i>wsk</i> (-)
Dolnośląskie	4,6	dolnośląskie	6,7	małopolskie	2,8	0,225
Kujawsko-pomorskie	9,8	kujawsko-pomorskie	3,6	podkarpackie	3,3	0,263
Lubelskie	6,5	lubelskie	3,2	lubuskie	3,6	0,288
Lubuskie	9,4	lubuskie	2,3	łódzkie	4,3	0,344
Łódzkie	6,0	łódzkie	2,8	wielkopolskie	4,5	0,360
Małopolskie	1,8	małopolskie	11,1	lubelskie	4,9	0,396
Mazowieckie	9,6	mazowieckie	4,4	pomorskie	5,0	0,397
Opolskie	8,7	opolskie	9,1	śląskie	5,6	0,450
Podkarpackie	2,1	podkarpackie	9,6	kujawsko-pomorskie	5,6	0,451
Podlaskie	7,5	podlaskie	4,1	podlaskie	6,4	0,513
Pomorskie	3,2	pomorskie	5,6	świętokrzyskie	6,4	0,515
Śląskie	3,6	śląskie	10,5	mazowieckie	6,8	0,547
Świętokrzyskie	4,2	świętokrzyskie	6,5	dolnośląskie	7,2	0,576
Warmińsko-mazurskie	5,0	warmińsko-mazurskie	9,7	warmińsko-mazurskie	7,8	0,623
Wielkopolskie	10,0	wielkopolskie	2,9	zachodniopomorskie	12,1	0,972
Zachodniopomorskie	7,9	zachodniopomorskie	7,8	opolskie	13,5	1,081
Suma	100,0	suma	100,0	suma	100,0	8,000

Źródło: opracowanie własne na podstawie: KACA [2017b].

Source: own elaboration based on data according to: KACA [2017b].

ścią glebowo-wodną ($ZGW = 0,66$) i małą zasadnością przyrodniczo-ekologiczną ($ZPE = 0,13$).

PODSUMOWANIE

W pracy podjęto próbę oszacowania względnej przyrodniczej zasadności rozwoju melioracji (odwodnień i nawodnień) w województwach. Wyróżniono cztery wymiary tej zasadności: klimatyczny, hydrologiczny, glebowo-wodny i przyrodniczo-ekologiczny.

Wykorzystano metodykę szacowania względnej przyrodniczej zasadności rozwoju melioracji w regionach opisaną w pracach autora [KACA 2017a, b].

Zgodnie z zaproponowaną metodyką wyznaczono wartości indeksów klimatycznych, hydrologicznych, glebowo-wodnych i przyrodniczo-ekologicznych oraz

wskaźników Q i wsk względnej przyrodniczej zasadności rozwoju odwodnień i nawodnień w województwach w Polsce.

Z przeprowadzonych analiz wynika, że największa przyrodnicza zasadność rozwoju odwodnień jest w województwach łódzkim, małopolskim i dolnośląskim, a najmniejsza w województwach lubuskim, podkarpackim i świętokrzyskim.

Największą zasadnością rozwoju nawodnień charakteryzują się województwa: opolskie, zachodniopomorskie i warmińsko-mazurskie, zaś najmniejszą województwa: małopolskie, podkarpackie i lubuskie. W grupie tych województw nie znalazły się województwa wielkopolskie i kujawsko-pomorskie, które charakteryzują się bardzo dużymi potrzebami klimatycznymi nawodnień (duże niedobory opadów), ale bardzo małymi możliwościami hydrologicznymi (małe przepływy dyspozycyjne wody w ciekach). W województwie kujawsko-pomorskim występują gleby bardziej podatne na nawodnienie, o czym świadczy większa wartość indeksu glebowo-wodnego zasadności rozwoju nawodnień w tym województwie.

BIBLIOGRAFIA

- DEMBEK W., OŚWIECIMSKA-PIASKO Z. 2014. Przyrodniczo-ekologiczne uwarunkowania rozwoju melioracji. W: Uwarunkowania rozwoju melioracji wodnych w Polsce [Biological and ecological determinants of reclamation development. In: Determinants of reclamation development in Poland]. Red. E. Kaca. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie. Nr 37. Falenty. Wydaw. ITP s. 113–127.
- HAAS R., MEIXNER O. niedatowane. An illustrated guide to the Analytic Hierarchy Process [online]. Vienna. Institute of Marketing and Innovation. University of Natural Resources and Applied Life Sciences. [Dostęp 05.06. 2013]. Dostępny w Internecie: <http://www.boku.ac.at/mi/>
- KACA E. 2013. Strategiczna analiza SWOT Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego z wykorzystaniem metody AHP [Strategic SWOT analysis of the Institute of Technology and Life Sciences with use of AHP method]. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie. Nr 3 s. 129–134.
- KACA E. 2015a. Podstawy metodyczne obliczeń w programowaniu rozwoju melioracji wodnych. Aspekty rzeczowo-kosztowe [The methodological basis for calculations in programming of the land reclamation development. Material and cost aspects]. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie. Nr 41. Falenty. Wydaw. ITP. ISBN 978-83-65426-00-0 ss. 105.
- KACA E. 2015b. Średnio- i długookresowe programy rozwoju melioracji wodnych w skali kraju i województw [Average- and long-term programmes of the development of drainage and irrigation on the national and provincial scale]. Falenty. Wydaw. ITP. ISBN 978-83-65426-03-1 ss. 159.
- KACA E. 2017a. Szacowanie względnej zasadności rozwoju melioracji w skali regionów [The assessing of relative validity of developing land reclamation on the regional scale] Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 17. Z. 4 (60) s. 49–65.
- KACA E. 2017b. Methodology of assessing the relative environmental validity of developing drainage and irrigation on a regional scale. Journal of Water and Land Development. No. 35 p. 101–112.
- KACA E., OSTROWSKI J. 2014. Uwarunkowania i zasadność rozwoju melioracji. W: Uwarunkowania rozwoju melioracji wodnych w Polsce [Determinants and advisability of reclamation development. In: Determinants of reclamation development in Poland]. Red. E. Kaca. Woda-

- Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie. Nr 37. Falenty. Wydaw. ITP s. 167–191.
- ŁABĘDZKI L. 2014. Klimatyczne uwarunkowania rozwoju melioracji. W: Uwarunkowania rozwoju melioracji wodnych w Polsce [Climatic determinants of reclamation development. In: Determinants of reclamation development in Poland]. Red. E. Kaca. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie. Nr 37. Falenty. Wydaw. ITP s. 35 – 52.
- OSTROWSKI J., TUSIŃSKI E. 2014. Glebowo-wodne uwarunkowania rozwoju melioracji. W: Uwarunkowania rozwoju melioracji wodnych w Polsce [Soil-water determinants of reclamation development. In: Determinants of reclamation development in Poland]. Red. E. Kaca. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie. Nr 37. Falenty. Wydaw. ITP s. 86–112.
- SZYMCZAK T. 2014. Hydrologiczne uwarunkowania rozwoju melioracji. W: Uwarunkowania rozwoju melioracji wodnych w Polsce [Hydrological determinants of reclamation development. In: Determinants of reclamation development in Poland]. Red. E. Kaca. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie. Nr 37. Falenty. Wydaw. ITP s. 53–85.

Edmund KACA, Grażyna REK-KACA

THE RELATIVE VALIDITY OF DEVELOPING DRAINAGE AND IRRIGATION IN THE PROVINCES SCALE

Key words: *AHP method, ELECTRE III method, irrigation, drainage, validity*

S u m m a r y

The subject of the research is a specific feature of the province in Poland – the relative environmental validity of developing drainage and irrigation within it; relative, as it refers to the environmental validity of developing land drainage and irrigation in the remaining provinces in the country.

The research consists of two parts. The first applies to soil-water, climate, hydrological and environmental-ecological quantification of the relative validity of the development of land reclamation in the provinces, while the second – synthesis of these partial validity in one indicator – relative environmental validity of developing land reclamation in the province. In the first part of the research, the indicators characterizing the partial justification the development of land reclamation in the counties is used. In the second, a fragment of the multi-criteria dialogue method of ordering of variants (regions) ELECTRE III is used.

Based on the methodology described in the work of the author [KACA 2017a, b] the provinces in Poland were classified. The classification was made on the basis of such generics the validity of the development of reclamation as the climate, soil and water, hydrological and environmental-ecological validity. According to this classification, the largest natural reasons for the development of drainage systems is characterized by the Łódzkie Voivodeship and the smallest – Lubuskie Voivodeship. The highest rationale for irrigation development occurs in the Opolskie Voivodeship, and the smallest in Małopolskie Voivodeship.

Adres do korespondencji: prof. dr hab. inż. Edmund Kaca, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Kształtowania Środowiska, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa; e-mail: edmund_kaca@sggw.pl