

Katarzyna Fagiewicz

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Wydział Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej

katarzyna.fagiewicz@amu.edu.pl,  <https://orcid.org/0000-0001-5336-9184>

Zmiany świadczeń ekosystemów związane z realizacją wodnej koncepcji rekultywacji terenów pogórnich. Przykład Wielkopolski Wschodniej

Zarys treści: Opracowanie koncentruje się na rozpoznaniu i ocenie zmian świadczeń ekosystemów (ujętych wg klasyfikacji CICES V.5.1) związanych z realizacją scenariusza rekultywacji wodnej wspierającego odbudowę zasobów wodnych terenu pogórnego. Etapem wstępnym dla procedury badawczej było wyłonienie świadczeń dostarczanych przez ekosystemy pogórnice i opisujących je wskaźników. Badania wykazały, że struktura świadczeń (wiązka świadczeń) po zakończeniu rekultywacji rozszerzy się o świadczenia regulacyjne i kulturowe związane z rozwojem potencjału wodnego, które nie występowały na tym obszarze w okresie przedgórnym. Dowiedziono, że potencjał świadczeń dostarczanych przez geosystemy pogórnice może wspierać cele lokalnej polityki rozwoju, a wyrażające je wskaźniki to wymierne narzędzia oceny korzyści, istotne dla podejmowania decyzji dotyczących rekultywacji i zagospodarowania terenów poeksploatacyjnych.

Słowa kluczowe: obszary pogórnice, świadczenia ekosystemów, wskaźniki usług ekosystemowych rekultywacja wodna, Wielkopolska Wschodnia

Wprowadzenie

Wielkopolska Wschodnia stoi przed historycznym wyzwaniem, jakim jest przejście od modelu gospodarczego regionu opartego od ponad 70 lat na eksploatacji złóż węgla brunatnego na drogę do gospodarki zeroemisyjnej. Od wczesnych lat 50 ubiegłego wieku na bazie złóż węgla brunatnego nieprzerwanie rozwijał się w regionie przemysł wydobywczy i energetyczny. Występowanie w Konińsko-Tureckim Zagłębiu Węgla Brunatnego złóż o silnie rozczłonkowanym kształcie zdecydowało o wieloodkrywkowym systemie eksploatacji węgla brunatnego w tym rejonie (Kozacki 2000, Kasztelewicz i in. 2005, Galantkiewicz 2010). Te specyficzne cechy geologiczno-górnice obszarów górniczych zaważyły na odmienności

Konińsko-Tureckiego Zagłębia Węgla Brunatnego w stosunku do pozostałych krajowych obszarów odkrywkowej eksploatacji węgla (Bełchatów, Turosszów), gdzie wydobywanie prowadzi się z jednej wielkopowierzchniowej odkrywki. W tym czasie w rejonie Konina uruchomiono 10 odkrywek węgla brunatnego, z czego nadal czynne pozostaje jedno pole wydobywcze. W okolicach Turku eksploatację prowadzono w 4 odkrywkach, obecnie już nieczynnych (Kasztelewicz 2010). Współczesny krajobraz rejonu Konina i Turku tworzą zatem „naturalne” i pogórnice geosystemy o różnym stopniu przekształcenia.

W październiku 2020 r. ZE PAK opublikował nową strategię rozwoju koncernu, która zakłada zakończenie eksploatacji z odkrywki Tomisławice do 2030 r., zaniechanie uruchamiania nowych pól wydobywczych (Ościśłowo i Dęby Szlacheckie), zamknięcie elektrowni węglowych (Pątnów i Pątnów II) w Wielkopolsce Wschodniej do 2030 r. i transformację społeczno-gospodarczą regionu.

Zwiększenie retencji i odbudowa zasobów wodnych Wielkopolski Wschodniej – koncepcja wodnej rekultywacji terenów pogórnich

W procesie transformacji Wielkopolski Wschodniej priorytetem jest przyspieszenie rekultywacji wyrobisk pogórnich w kierunku wodnym oraz odbudowa zasobów wód podziemnych, które mają znaczenie dla funkcjonowania środowiska, rolnictwa i leśnictwa oraz turystyki (Hetmański i in. 2021). Na odwodnienia górnicze w regionie nakładają się niekorzystne uwarunkowania klimatyczne (niskie sumy opadów rocznych – w latach 1951–2019 wahały się od 473 do 559 mm), co sprawia, że Wielkopolska Wschodnia leży w strefie o najwyższym, bardzo znaczącym, stopniu zagrożenia suszą atmosferyczną (tereny górnicze Lubstów–Drzewce, Tomisławice, Władysławów, Adamów–Kozmin) i umiarkowanie zagrożonym suszą hydrologiczną (teren górniczy Kazimierz–Pątnów–Józwin). W rezultacie rejon Konina i Turku klasyfikuje się jako obszar o największym deficycie wody w skali kraju (https://danepubliczne.imgw.pl/data/dane_pomiarowo_obserwacyjne, 2020) (RZGW 2017).

Dla przeciwdziałania suszy ZE PAK S.A. we współpracy z Państwowym Gospodarstwem Wodnym Polskie przygotował zintegrowany program odbudowy stosunków wodnych, obejmujący swoim zasięgiem zarówno wyrobiska pokopalniane, jak rzeki i kanały przepływające przez ten obszar oraz jeziora i mokradła. Koncepcja kształtowania zlewni rzek i jezior w rejonie funkcjonowania odkrywek węgla brunatnego opiera się na wykorzystaniu wyrobisk pokopalnianych do prowadzenia gospodarki retencyjnej, przeciwpowodziowej oraz dla produkcji energii. Zakłada ona ukształtowanie w procesie rekultywacji wodnej pojezierzy antropogenicznych na terenach pogórnich Konińsko-Adamowskiego Zagłębia Węgla Brunatnego. Na terenach pogórnich KWB Konin funkcjonować będzie 13 zbiorników poeksploatacyjnych, z których 8 już istnieje (Pątnów, Kozarzewek, Bilczew, Morzysław, Niesłusz, Gosławice, Lubstów, Kleczew), 2 są w trakcie napełniania (Józwin IIB, Roztoka), a 2 kolejne – Drzewce oraz Tomisławice – są planowane.

Podjęty przez KWB Adamów wodny kierunek rekultywacji realizuje proces kształtowania retencji wodnej krajobrazu poprzez budowę 8 zbiorników wodnych. W ramach rekultywacji wodnej powstały tu zbiorniki: Bogdałów, Przykona, Janiszew, Koźmin Południowy i Głowy, budowane na obszarze zwałowiska zewnętrznego O/Koźmin. Wodny kierunek zaplanowano również w przypadku rekultywacji wyrobisk końcowych O/Koźmin (Koźmin Końcowy) i O/Adamów (Adamów Pośredni i Adamów Końcowy) (Orlikowski, Szwed 2009, Fagiewicz 2013). Ze względu na naturalne uwarunkowania przyrodnicze okolic Turku (obszar starogłacjalny), realizacja koncepcji budowy zbiorników wodnych w tym rejonie ma szczególne znaczenie, bowiem po zakończeniu napełniania zbiorników (ok. 2027 r.) w krajobrazie, gdzie wcześniej nie występowały naturalne zbiorniki wodne, powierzchnia akwenów wzrośnie do 968 ha, a ilość zretencjonowanej w zbiornikach wody przekroczy 187,82 mln m³ (ZE PAK 2023). Jeziorność w granicach terenu górniczego Adamów–Koźmin (152,56 km²) wynosić będzie 6,34%. Dla porównania wskaźniki jeziorności dla terenów o największej koncentracji jezior (wg Choińskiego 2006) kształtują się na poziomie 3,05% dla Pojezierza Mazurskiego, 2,03% dla Pojezierza Pomorskiego czy 1,23% dla Pojezierza Wielkopolsko-Kujawskiego.

Idea budowy większej liczby mniejszych powierzchniowo i płytszych zbiorników w obrębie zwałowisk wewnętrznych, zamiast jednego zbiornika w wyrobisku końcowym, wpisuje się w program małej retencji, którego celem jest odbudowa

Tabela 1. Istniejące i planowane zbiorniki wodne realizujące wodny kierunek rekultywacji na terenie górniczym Adamów–Koźmin

Zbiornik	Powierzchnia przy maksymalnym napełnieniu (ha)	Pojemność zbiornika (mln m ³)	Retencja powodziowa (mln m ³)	Głębokość zbiornika (m)	Obecny status napełniania (rok napełnienia)	Funkcja
Bogdałów	10,8	0,6	–	10,9	zrealizowany	p-poż, retencja
Przykona	139,7	7,3	–	6,0	zrealizowany	rekreacyjno-retencyjna
Janiszew	60,0	4,05	0,55	9,0	zrealizowany	rekreacyjno-retencyjna
Głowy	91,5	20,0	0,50	24,5–40,5	zrealizowany	rekreacyjno-retencyjna
Koźmin Południowy	121,0	7,57	0,61	4,0–10,0	zrealizowany	przyrodniczo-retencyjna
Koźmin Końcowy	131,0	35,5	1,50	31,8–45,8	napełniany (2025)	przyrodniczo-retencyjna
Adamów Pośredni	105,0	22,0	2,00	28,7–37,0	planowany (2025)	rekreacyjno-retencyjna
Adamów Końcowy	309,0	90,8	3,70	24,5–37,5	planowany (2027)	rekreacyjno-retencyjna
Suma	968	187,82	8,86	–	–	–

Źródło: dane udostępnione przez ZE PAK S.A. (2023).

natomiast w przyszłości przyczyni się do stabilizacji głębokości zalegania zwierciadła wody gruntowej i zwiększenia retencji gruntowej. Poprzez system planowanych budowli rozdzielczych (jazów, śluz), ujściowych (przepusty, rurociągi) i piętrzących (mnichy, przelewy) możliwe będzie regulowanie stosunków wodnych w obrębie obszaru górniczego, między innymi zasilanie zbiorników, przerzuty wód między zbiornikami, awaryjne przekierowanie wód w czasie wezbrań, możliwość rozwoju gospodarki rybackiej czy wykorzystanie rezerw do nawodnień gruntów rolnych (ryc. 1). Prowadzenie nawodnień z regulowanym odpływem zwiększa retencyjność gleb i sprzyja efektywniejszemu wykorzystywaniu opadów przez roślinność, zmniejszając odpływ. Wytworzenie możliwości wielokrotnego w ciągu roku odnawiania retencji wody kapilarnej i gruntowej pozwala na eliminowanie niedoborów wodnych rzędu 150–200 mm rocznie (Nyc 1985).

Rekultywacja terenów pogórnich a usługi ekosystemowe

Obszary pogórnice są specyficznym typem przestrzeni, w której podejmuje się decyzje dotyczące zagospodarowania gruntów, akceptując lub nadając priorytet różnym modelom rekultywacji (Skalenicka, Lhota 2002, Wirth i in. 2018). Uwarunkowania te stwarzają wyjątkowe możliwości tworzenia nowych wartości społecznych, ekonomicznych i ekologicznych poprzez odbudowę ekosystemów pogórnich i kreowanie struktury krajobrazu pogórnich wpisującej się wizję rozwoju lokalnego.

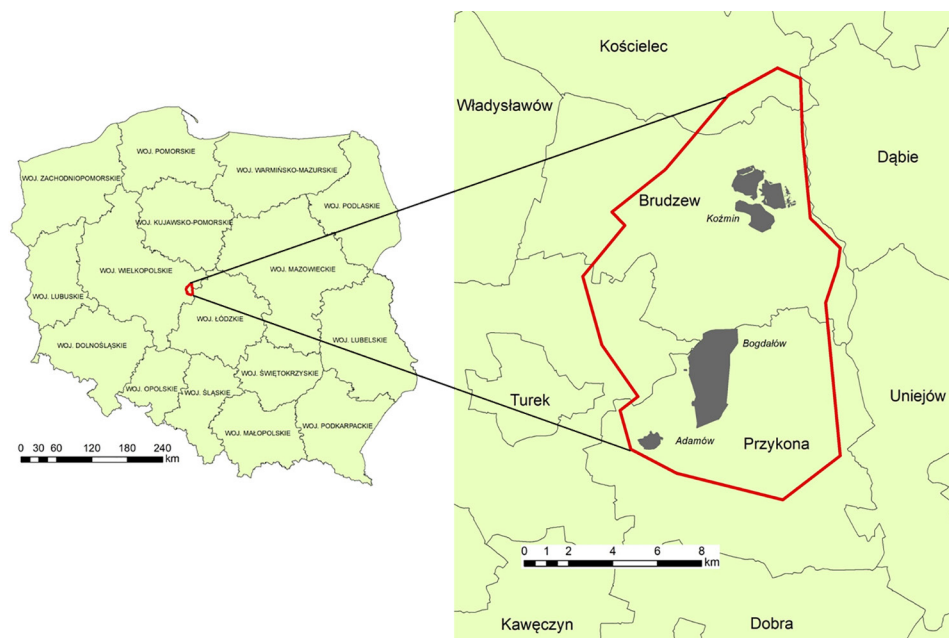
Jednak decyzje o kierunkach rekultywacji zazwyczaj podejmowane są przez zarządy kopalni, urzędników, polityków bez odniesień do środowiskowych strategii i polityk europejskich (np. Ratamäki i in. 2015) oraz bez wymiernej oceny, w jakim zakresie przyjęte do realizacji kierunki rekultywacji i powstała w efekcie struktura użytkowania gruntów pogórnich może wspierać strategiczne cele rozwoju gmin, na których terenie występują. Wynika to w dużej mierze z braku dostępnych narzędzi ewaluacji wartości, w szczególności niematerialnych, oraz korzyści dla lokalnych społeczności będących efektem wdrażania różnych scenariuszy rekultywacji geosystemów pogórnich. Koncepcją, która wyraża procesy i cechy układów geosystemów w kategoriach różnorodności korzyści (ekonomicznych, społecznych, kulturowych) dla człowieka oraz próbuje je kwantyfikować, poszukując adekwatnych wskaźników, są usługi ekosystemowe (ang. *ecosystem services*) (Maes i in. 2013, Potschin-Young i in. 2018, Mizgajski, Stępniewska 2023). W ostatnich dwóch dekadach koncepcja usług ekosystemowych była wykorzystywana w procesach decyzyjnych, w międzynarodowych badaniach i konwencjach (TEEB 2010, Alexander i in. 2011, Díaz i in. 2018). Podejście łączące wpływ działalności górniczej z funkcjami ekosystemów i potencjałem usług ekosystemowych stosowane jest coraz częściej w procesach decyzyjnych dotyczących kierunków rekultywacji i typów użytkowania ekosystemów pogórnich (von Döhren, Haase 2023). Decyzje te skutkują bowiem kształtowaniem ekosystemów pogórnich zapewniających specyficzny zakres świadczeń, o określonej strukturze i poziomie (Larondelle, Haase 2012, Mathey 2015, Fagiewicz 2023). Efektywnie zaplanowana i zrealizowana rekultywacja przywraca lub nadaje nowe funkcje

zdegradowanym ekosystemem, przez co ponownie uzyskują one zdolność do dostarczania korzyści, począwszy od najbardziej podstawowych (takich jak poprawa bezpieczeństwa żywnościowego, wodnego, klimatycznego – świadczenia zaopatrzeniowe i regulacyjne) po zaspokajanie potrzeb niematerialnych istotnych dla zdrowia i dobrego samopoczucia mieszkańców (świadczenia kulturowe).

Celem opracowania jest zastosowanie podejścia polegającego na rozpoznaniu zmian struktury świadczeń ekosystemów jakie wynikać będą z realizacji scenariusza zakładającego wodny kierunek rekultywacji terenów pogórnich z głębokim deficycie wody i dużym zagrożeniu suszą hydrologiczną oraz określenie zmienności poziomu tych świadczeń. Etapem wstępnym operacjonalizacji celu badań było wyłonienie świadczeń dostarczanych przez ekosystemy pogórnich i opisujących je wskaźników.

Obszar i metody badań

Analizie poddano zmiany świadczeń ekosystemów na terenie górniczym Adamów–Kozłmin. Przyjmując za Kozackim (2000a) założenie, że obszar bezpośredniej eksploatacji (obszar górniczy) i przyległy teren jej wpływów (teren górniczy) tworzy specyficzny geosystem objęty antropopresją, granice obszaru badawczego wytyczono zgodnie z zasięgiem wyznaczonych w rejonie Turku terenów górniczych, rozumianych w myśl art. 6 ust. 1 pkt 15 ustawy z dnia 9 czerwca



Ryc. 2. Teren górniczy Adamów–Kozłmin na tle podziału administracyjnego
Źródło: opracowanie własne.

2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. z 2011 r. nr 163, poz. 981) jako przestrzeń objęta przewidywanymi szkodliwymi wpływami robót górniczych zakładu górniczego.

Teren górniczy Adamów–Kožmin o powierzchni 152,2 km² użytkowany przez KWB Adamów obejmuje obszar górniczy Adamów z odkrywkami Adamów i Bogdałów oraz obszar górniczy Kożmin i Kożmin I.

Czynna eksploatacja węgla brunatnego z odkrywki Kożmin zakończyła się w lutym 2021 r., natomiast trzy lata wcześniej (w styczniu 2018 r.) funkcjonowanie zakończyła Elektrownia Adamów o mocy 600 MW, dlatego teren ten klasyfikuje się obecnie jako pogórniczy w fazie rekultywacji.

Zmiany krajobrazu pod wpływem działalności górniczej i kreowanie nowych ekosystemów pogórniczych w procesie rekultywacji prowadzą do kształtowania nowej struktury krajobrazu zapewniającej specyficzne świadczenia ekosystemów. Do oceny korzyści, jakich dostarczać będą ekosystemy pogórnicze po wdrożeniu wodnej koncepcji rekultywacji (scenariusz 2027 r.), w odniesieniu do korzyści, jakich dostarczały ekosystemy w krajobrazie przedgórnym (1944 r.), zastosowano koncepcję świadczeń ekosystemów oraz badanie przekształceń struktury systemu krajobrazowego terenu górniczego Adamów–Kožmin między określonymi przekrojami czasowymi.

Analiza zmian struktury użytkowania

Dla obszaru górniczego Adamów–Kožmin opracowano mapy użytkowania terenu, przedstawiające stan w okresie poprzedzającym eksploatację węgla brunatnego (rok 1944) oraz po zakończeniu rekultywacji według scenariusza, którego realizację zaplanowano na 2027 r. Źródło danych dla opracowania map użytkowania terenu stanowiły materiały kartograficzne i teledetekcyjne. Dla obszarów przedgórnyczych – Urmesstischblatt Topographische Karte 1: 25 000 prezentujące strukturę użytkowania w roku 1944 (arkusz 40-27 D WLADYSŁAWOW, arkusz 40-27 E BRUDZEW, arkusz 40-27 G TUREK – WEST, 40-27 H TUREK – OST). Dla obszarów pogórniczych dokonano kartowania na podstawie ortofotomapy kraju (rejon Turku) udostępnionej poprzez protokół WMS (usługi Geoportal 2), przedstawiającej współczesny stan użytkowania terenu, którą zmodyfikowano w oparciu o projekty rekultywacji terenu pogórniczego Adamów–Kožmin (scenariusz 2027) udostępnione przez ZE PAK S.A. Wykorzystane materiały kartograficzne prezentowały badane elementy w skali 1: 25 000, w układzie odniesienia 1992.

Ocena świadczeń ekosystemów

Analiza świadczeń ekosystemów pogórniczych opiera się na typologii ekosystemów powszechnie wykorzystywanej do mapowania i oceny ekosystemów w skali europejskiej (MAES 2013) i szczegółowej klasyfikacji usług ekosystemowych CICES rekomendowanej przez Europejską Agencję Środowiska, której ostatnia wersja 5.1 powstała w 2018 r. (Haines-Young, Portschin 2018), a jej zastosowanie zapewnia porównywalność wyników rozpoznania usług.

Klasyfikacja wyróżnia świadczenia na pięciu poziomach szczegółowości (sekcja, dział, grupa, klasa, typ), przedstawione w postaci rozbudowanej tabeli, którą w niniejszym opracowaniu uproszczono do prezentacji sekcji świadczeń (zaopatrzeniowe, regulacyjne i kulturowe) oraz klas (tab. 2).

W ocenie uwzględniono świadczenia ekosystemów, które w największym stopniu uległy przekształceniom w wyniku działalności górniczej (agroekosystemy, ekosystemy leśne, ekosystemy wód powierzchniowych i podziemnych) oraz mają duże znaczenie dla rozwoju regionu pogórniczego, ponieważ odnoszą się do produkcji żywności, regulacji klimatu, zapewnienia zasobów wodnych i różnorodności krajobrazowej. Do ich opisu wykorzystano proste w konstrukcji wskaźniki, bazujące na dostępnych danych oraz danych, które wynikają z planowanych projektów i koncepcji rekultywacji. Przyjęcie takiego założenia jest korzystne, bowiem umożliwia zastosowanie nieskomplikowanych algorytmów do oceny świadczeń przez różnych interesariuszy uczestniczących w zarządzaniu terenami pogórnycznymi oraz wymierne porównywanie korzyści/strat w analizie różnych scenariuszy rozwoju terenów pogórnicznych, co ma istotny wymiar praktyczny w podejmowaniu decyzji planistycznych. W tabeli 2 zestawiono wskaźniki świadczeń ekosystemów wraz z metodą ich obliczania, których poziom oceniono w dwóch horyzontach czasowych – przed eksploatacją (1944 r.) i po eksploatacji (wg założeń scenariusza na rok 2027).

W odniesieniu do celów transformacji regionu Wielkopolski Wschodniej do 2030 r., które koncentrują się na odbudowie zasobów wód powierzchniowych i podziemnych w regionie, oraz uwzględniając podjęty przez Kopalnię Węgla Brunatnego Adamów jako priorytetowy wodny kierunek rekultywacji, w kolejnym kroku rozpoznano i oceniono świadczenia ekosystemów związane z planowaną budową zbiorników wodnych w terenie pogórnicznym Adamów–Kozłmin. Ocena uwzględnia strukturę i poziom świadczeń, jakie dostarczane będą po wdrożeniu scenariusza wodnej rekultywacji (ok. 2027 r.), a nie występowały wcześniej na tym obszarze. Wskaźniki opisujące świadczenia dostarczane przez ekosystemy wodne powstałe w wyniku rekultywacji zestawiono w tabeli 3.

Uzyskane wskaźniki o różnych zakresach wartości oraz zróżnicowanych jednostkach znormalizowano według formuły (1) do wartości z przedziału (0–1), co umożliwiło porównanie ich poziomu i czytelną interpretację graficzną.

$$X' = \frac{X - \min(X)}{\max(X) - \min(X)} \quad (1)$$

- X' – znormalizowana wartość wskaźnika,
- X – wartość wskaźnika,
- $\min(X)$ – wartość minimalna wskaźnika,
- $\max(X)$ – wartość maksymalna wskaźnika.

Tabela 2. Wskaźniki opisujące świadczenia ekosystemów (wg klasyfikacji CICES V. 5.1) najbardziej podatne na zmiany w wyniku oddziaływania odkrywkowej eksploatacji węgla brunatnego

Sekcja	Klasa	Kod CICES V.5.1	Nazwa wskaźnika	Skrót	Metoda
Zaopatrujące	Rośliny łądowe, grzyby i glony uprawiane dla pozyskania żywności	1.1.1.1	Potencjał do produkcji żywności	Produkcja żywności	$Z_{\text{ŻYWNOSC}} = \frac{\text{powierzchnia gruntów ornych (ha)}}{\text{powierzchnia terenu górniczego}} \times 100\%$
		1.1.1.2	Potencjał do produkcji drewna	Produkcja drewna	$Z_{\text{DREWNO}} = \frac{\text{powierzchnia lasów (ha)}}{\text{powierzchnia terenu górniczego}} \times 100\%$
	Zasoby wód powierzchniowych dla różnych celów gospodarczych	1.3.1.1	Zasoby wody – jeziornosc	Zasoby wody	$Z_{\text{JEZIORNOSC}} = \frac{\text{powierzchnia zbiorników wodnych (ha)}}{\text{powierzchnia terenu górniczego}} \times 100\%$
Regulacyjne	Regulacja tempa erozji	2.2.1.1	Powierzchnia lasów w terenie górniczym	Regulacja erozji	$R_{\text{EROZJA}} = \text{pow. lasów (km}^2\text{)}$
	Regulacja składu chemicznego atmosfery i oceanów	2.2.6.1	Regulacja klimatu – sekwestracja CO ₂ przez różne typy ekosystemów	Regulacja klimatu	$R_{\text{SEKWESTRACJA}} = \text{pow. lasów} \times 3,0 \text{ (tys. t CO}_2\text{/ha/rok)} + \text{pow. gruntów ornych} \times 0,3 \text{ (tys. t CO}_2\text{/ha/rok)} + \text{pow. użytków zielonych} \times 0,6 \text{ (tys. CO}_2\text{/ha/rok)}$
Kulturowe	Kompozycja i konfiguracja krajobrazu	2.3.1.1	Różnorodność krajobrazowa	Różnorodność krajobrazowa	Wskaźnik różnorodności powierzchniowej Shannona (SHDI), $SHDI = \sum_{i=1}^n p_i \ln(p_i)$
	Cechy systemów biologicznych umożliwiających działania wspierające zdrowie, regenerację sił albo rozrywkę poprzez interakcje aktywne lub angażujące	3.1.1.1	Ekosystemy recepcyjne dla turystyki i rekreacji	Turystyka i rekreacja	p_i to proporcja płatów w rozważanym obszarze przypadająca na dany typ, n to pełna liczba typów płatów (McGarigal 2015). $K_{\text{THR}} = \text{pow. lasów (km}^2\text{)} + \text{pow. zbiorników wodnych (km}^2\text{)}$

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 3. Wskaźniki świadczeń ekosystemów (wg klasyfikacji CICES V. 5.1) związane z rozwojem potencjału wodnego w wyniku rekultywacji terenów pogórnicznych (scenariusz 2027 r.)

Sekcja	Klasa	Kod CICES	Nazwa wskaźnika	Skrót	Metoda
Zaopatrujące	Zasoby wód powierzchniowych dla różnych celów gospodarczych	V.1.5 1.3.1.1	Zasoby wody – jeziorność	Zasoby wody	$Z_{\text{JEZIORNOŚĆ}} = \frac{\text{powierzchnia zbiorników wodnych (ha)}}{\text{powierzchnia terenu górniczego}} \times 100\%$
Regulacyjne	Regulacja obiegu wody i przepływów (wraz z kontrolą powodzi i ochroną wybrzeża)	2.2.1.3	Potencjał przeciwpowodziowy zbiorników poeksploatacyjnych	Regulacja powodzi	$R_{\text{POWÓDŹ}} = \text{retencja powodziowa zbiorników poeksploatacyjnych (mln m}^3\text{)}$
	Regulacja obiegu wody i przepływów (wraz z kontrolą powodzi i ochroną wybrzeża)	2.2.1.3	Retencja wody w krajobrazie	Retencja wody	$R_{\text{RETENCJA}} = \text{pojemność zbiorników poeksploatacyjnych (mln m}^3\text{)}$
	Ochrona i utrzymanie miejsc/siedlisk gniazdowania i rozmnażania gatunków (w tym ochrona zasobów genowych)	2.2.2.3	Zbiorniki eksploatacyjne przystosowane do pełnienia funkcji przyrodniczych (stromie skarpy, niośne, nieodstepne brzegi)	Zbiorniki przyrodnicze	$R_{\text{FUNKCJE PRZYRODNICZE}} = \frac{\text{pow. zb. o funkcjach przyrodniczych (ha)}}{\text{powierzchnia zbiorników wodnych (ha)}} \times 100\%$

Sekcja	Klasa	Kod CICES V.1.5	Nazwa wskaźnika	Skrót	Metoda
Regulacyjne	Regulacja temperatury i wilgotności, w tym przewietrzanie i transpiracja	2.2.6.2	Wzrost parowania z powierzchni zbiorników powstałych w ramach rekultywacji wodnej	Parowanie ze zbiorników	<p>$R_{\text{PAROWANIE}}$ = miesięczne parowanie z powierzchni zbiornika (hm^3) (Rzętała 2008) wg wzoru:</p> $E_m = E_i \times A_z \times 10^{-5}$ <ul style="list-style-type: none"> E_m – miesięczne parowanie z powierzchni zbiornika [hm^3] A_z – powierzchnia zbiornika [ha] E_i – miesięczna suma wyparowanej wody w milimetrach wg formuły Iwanowa, tj. $E_i = 0,0018(25 + t)^2(100-f)$, gdzie: <ul style="list-style-type: none"> t – średnia miesięczna temperatura powietrza atmosferycznego [$^{\circ}\text{C}$] f – średnia miesięczna wilgotność względna powietrza atmosferycznego [%] 10^{-5} – przelicznik pozwalający na wyrażenie obliczeń w [hm^3] <p>Wskaźnik obliczono dla miesiąca lipca 2021 r. wg danych pomiarowo-obszaryjnych ze stacji Łódź (https://danepubliczne.ingw.pl/data/dane_pomiarowo_obszaryjne, 2020)</p> $t = 21^{\circ}\text{C}, f = 76\%$ $K_{\text{FUNKCJE}} = \frac{\text{pow. zb. o funkcjach rekreacyjnych (ha)}}{\text{powierzchnia zbiorników wodnych (ha)}} \times 100\%$
Kulturowe	Cechy systemów biologicznych umożliwiających działania wspierające zdrowie, regenerację sił albo rozrywkę poprzez interakcje aktywne lub angażujące	3.1.1.1	Zbiorniki ukształtowane do pełnienia funkcji rekreacyjnych (łagodne zejście do wody, plaża, zagospodarowanie turystyczne)	Zbiorniki rekreacyjne	
	Cechy systemów biologicznych umożliwiających działania wspierające zdrowie, regenerację sił albo rozrywkę poprzez interakcje aktywne lub angażujące	3.1.1.1	Nowe formy turystyki i rekreacji związane z rozwojem potencjału wodnego obszaru	Turystyka i rekreacja wodna	<p>$K_{\text{TR WODNA}}$ = formy turystyki i rekreacji (liczba) rozwijane w oparciu o potencjał wodny i infrastrukturę turystyczną</p>

Szczegółowe komentarze, objaśnienia i uzasadnienie wyboru wskaźników usług dostarczanych przez ekosystemy pogórnice zawarto w dostępnym online opracowaniu podsumowującym rezultaty projektu EcoservPol (Rezultaty projektu – Zakład Geografii Kompleksowej UAM – amu.edu.pl).
 Źródło: opracowanie własne.

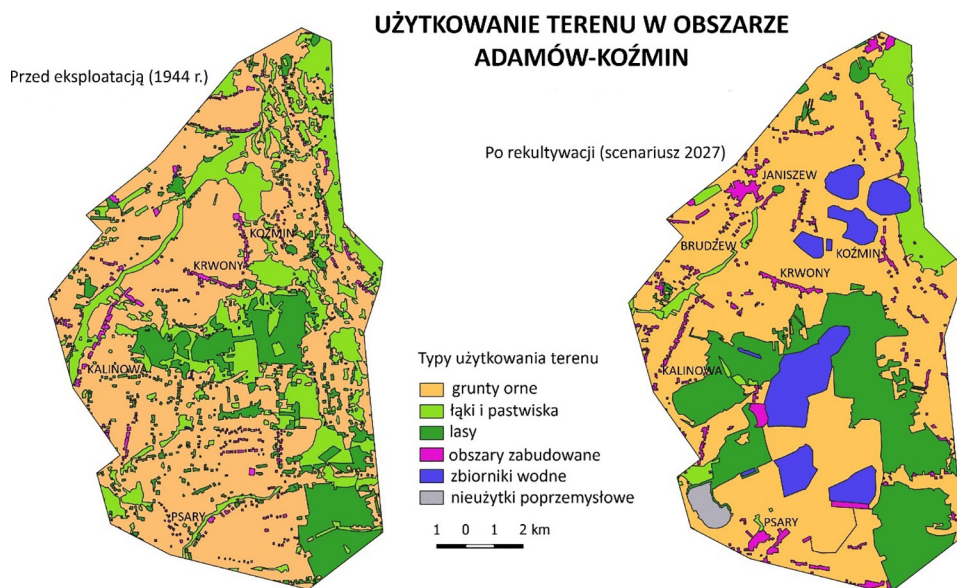
Wyniki

Zmiany struktury użytkowania na terenie górniczym Adamów–Kozmin

W okresie poprzedzającym rozwój górnictwa odkrywkowego w strukturze użytkowania obszaru Adamów–Kozmin dominowały grunty orne, pokrywające głównie równinną powierzchnię wysoczyznową, których udział w przestrzeni wynosił 62,72% (9569 ha) oraz związane z płytkimi i rozległymi dolinami cieków tereny łąk i pastwisk. Naturalne łąki i pastwiska pokrywające powierzchnię 3289 ha (21,5%) stanowiły główny element struktury ekologicznej obszaru, którą w niewielkim zakresie wzmacniały powierzchnie leśne. Lesistość obszaru wynosiła 11,48% (17,52 km²).

Charakterystycznym dla obszaru był brak naturalnych jezior, a wody powierzchniowe reprezentowały drobne zbiorniki wodne o średniej powierzchni 0,38 ha (np. tzw. „stawy koralikowe” w okolicach Milinowa), wypełniające najczęściej zagłębienia w zatorfionych obniżeniach dolinnych, których sumaryczna powierzchnia wynosiła zaledwie 26 ha.

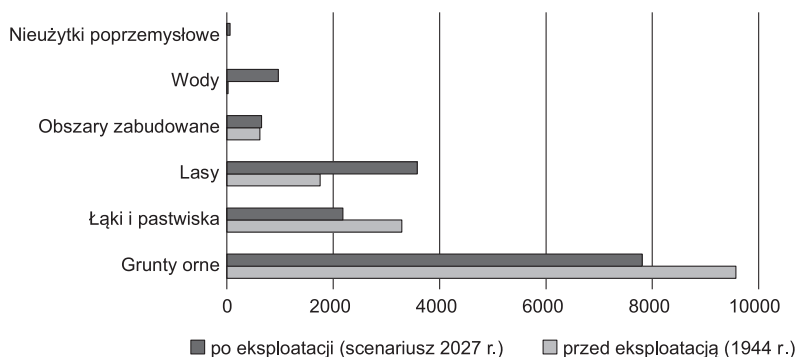
Zmiany użytkowania na obszarze Adamów–Kozmin są wyraziste i koncentrują się w bezpośrednim otoczeniu odkrywek. Najbardziej charakterystyczne dotyczą powierzchni leśnych, które wyparły znaczną część terenów łąkowych i pastwiskowych. Zalesienia objęły obszary zwałowisk zewnętrznych odkrywek Adamów i Bogdałów, które – pierwotnie użytkowane jako grunty orne – zrehabilitowano



Ryc. 3. Zmiany użytkowania terenu na obszarze Adamów–Kozmin (przed eksploatacją i po zakończeniu rekultywacji)

Źródło: opracowanie własne.

w kierunku leśnym. Ogółem powierzchnia lasów wzrosła dwukrotnie – z 1752 ha do 3580 ha, w tym udział gruntów pokopalnianych zrehabilitowanych w kierunku leśnym stanowił prawie 46% (839 ha). Powierzchnie łąk zmniejszyły się z 3289 ha do 2184 km², a ich udział z 21,5% do 13,88% (ryc. 4).



Użytkowanie terenu (ha)	Grunty orne	Łąki i pastwiska	Lasy	Obszary zabudowane	Wody	Nieużytki przemysłowe	Powierzchnia terenu górniczego (ha)
przed eksploatacją (1944 r.)	9569,0	3289,0	1752,0	620,0	26,0	0,0	15256
po eksploatacji (scenariusz 2027 r.)	7811,0	2184,0	3580,0	650,0	968,0	63,0	15256

Ryc. 4. Zmiany użytkowania terenu na obszarze Adamów–Koźmin (ha)
Źródło: opracowanie własne.

Nowe elementy struktury użytkowania związane z przyjętym na terenach pogórczych Adamów–Koźmin wodnym kierunkiem rekultywacji stanowią wielkopowierzchniowe zbiorniki wodne kształtowane w obrębie zwałowisk wewnętrznych i zagłębień końcowych. Według zakładanego scenariusza w roku 2027, po napełnieniu 8 planowanych zbiorników, areal wód powierzchniowych wzrośnie do 968 ha. Efektem tych działań będzie zwiększenie udziału wód w krajobrazie do 6,35%. Wobec braku dużych zbiorników wodnych w przedgórczym, starogłacjalnym krajobrazie (0,17%), pojawienie się wielofunkcyjnych zbiorników wodnych stanowi znaczącą zmianę zarówno z punktu widzenia fizjonomii krajobrazu, jak i jego struktury (w szczególności struktury ekologicznej), dostarczającej specyficznych świadczeń związanych z ekosystemami wodnymi.

Zmiany świadczeń ekosystemów pogórnich na terenie Adamów–Kozmin

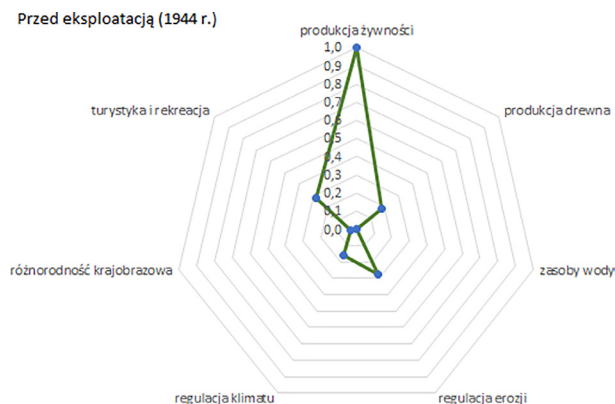
Dynamika zmian krajobrazu pod wpływem górnictwa odkrywkowego i wyraźne zmiany struktury użytkowania terenów górniczych znajdują odzwierciedlenie w poziomie świadczeń ekosystemów, które w największym stopniu ulegają przekształceniu w procesie eksploatacji. Przed rozpoczęciem eksploatacji na obszarze Adamów–Kozmin struktura świadczeń była zdominowana przez usługi związane z produkcją żywności. Najwyższa wartość wskaźnika opisującego to świadczenie wynika z rolniczego charakteru terenu, na którym grunty orne zajmowały 62% powierzchni (tab. 4). Poziom pozostałych świadczeń był porównywalny, ale niski (wskaźniki normalizowane: produkcja drewna – 0,18, regulacja klimatu – 0,16, regulacja erozji – 0,28, turystyka i rekreacja – 0,28) (ryc. 5). Najniższa wartość znormalizowanego wskaźnika odnosiła się do zasobów wody, co wynikało z minimalnego udziału zbiorników wodnych w strukturze krajobrazu. Zinventaryzowane oczka wodne zajmowały powierzchnię 26 ha, co stanowiło 0,17% powierzchni terenu górniczego.

Tabela 4. Zmiany poziomu świadczeń ekosystemów najbardziej podatnych na przekształcenia w wyniku oddziaływania odkrywkowej eksploatacji węgla brunatnego

Kod CICES V.5.1	Wskaźnik	Jednostka	Przed eksploatacją (1944 r.)	Po eksploatacji (scenariusz 2027 r.)	Kierunek zmian	Zmiana procentowa
1.1.1.1	Potencjał do produkcji żywności	%/(*)	62,72/(1,0)	51,20/(1,0)	spadek	-18%
1.1.1.2	Potencjał do produkcji drewna	%/(*)	11,48/(0,18)	23,47/(0,43)	wzrost	104%
1.3.1.1.	Zasoby wodne – jeziorność	%/*(*)	0,17/(0,0)	6,35/(0,07)	wzrost	3635%
2.2.1.1.	Regulacja erozji – powierzchnia lasów na terenie górniczym	km2/(*)	17,52/(0,28)	35,80/(0,68)	wzrost	104%
2.2.6.1	Regulacja klimatu – sekwestracja CO ₂ przez różne typy ekosystemów	tys. t CO ₂ /ha/rok/(*)	10,10/(0,16)	14,39/(0,24)	wzrost	42%
2.3.1.1.	Różnorodność krajobrazowa (SHDI)	bez miana /(*)	2,3178/(0,03)	2,7601/(0,0)	wzrost	19%
3.1.1.1	Ekosystemy recepcyjne dla turystyki i rekreacji	km ² (*)	17,78/(0,28)	45,48/(0,9)	wzrost	156%

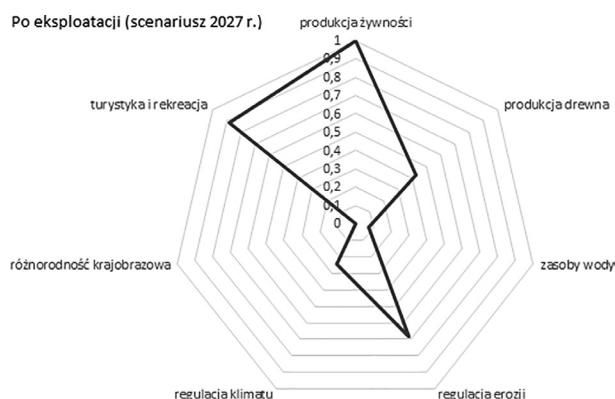
(*) wartość wskaźnika znormalizowana wg formuły (1)

Źródło: opracowanie własne.



Ryc. 5. Poziom wybranych świadczeń ekosystemów na obszarze przedgórnym (1944 r.)
Źródło: opracowanie własne.

Na terenie pogórnym kształtowanym w procesie rekultywacji (zakończenie planowane na rok 2027) analizowane świadczenia wzrosły. Wyjątek stanowi świadczenie zaopatrujące związane z produkcją żywności, którego poziom obniżył się (spadek wskaźnika o 18%), niemniej jego wartość pozostaje najwyższa na tle pozostałych analizowanych usług (tab. 6). Natomiast struktura pozostałych świadczeń jest bardziej zrównoważona, co graficznie przedstawia mniej zwarty wykres radarowy (ryc. 6) przedstawiający poziom świadczeń na obszarze pogórnym (por. ryc. 6 – świadczenia na obszarze przedgórnym). W związku z priorytetowym dla terenu pogórnego Adamów–Kozmin wodnym kierunkiem rekultywacji, po zrealizowaniu zakładanych scenariuszy budowy zbiorników wodnych zasoby wodne wzrosną o 3635% (tab. 5, ryc. 7). Zbiorniki wodne jako nowe elementy krajobrazu kreują nowe przestrzenie turystyczne, co w znaczącym stopniu wpłynęło na wzrost świadczeń kulturowych związanych z funkcją turystyczną i rekreacyjną. Wzrost powierzchni lasów i ich udziału w strukturze krajobrazu



Ryc. 6. Poziom wybranych świadczeń ekosystemów na obszarze pogórnym (scenariusz 2027 r.)

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 5. Struktura i poziom świadczeń związanych z rozwojem potencjału wodnego na obszarze Adamów–Koźmin (scenariusz 2027 r.)

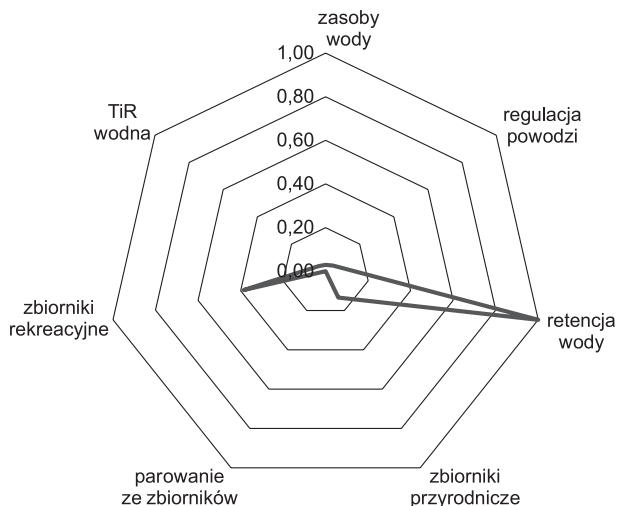
Kod CICES V5.1.	Wskaźnik	Jednostka	Poziom wskaźnika po zakończeniu rekultywacji wodnej (scenariusz 2027 r.)
1.3.1.1	Zasoby wody – jeziorność	% /(*)	6,35/(0,03)
2.2.1.3	Potencjał przeciwpowodziowy zbiorników poeksploatacyjnych	mln m ³ /(*)	8,86 / (0,04)
2.2.1.3	Retencja wody w krajobrazie	mln m ³ /(*)	187,82/(1,0)
2.2.2.3	Zbiorniki poeksploatacyjne przystosowane do pełnienia funkcji przyrodniczych (stromie skarpy, niedostępne brzegi)	% /(*)	26,00/(0,13)
2.2.6.1	Wzrost parowania z powierzchni zbiorników powstałych w ramach rekultywacji wodnej	hm ³ /miesiąc /(*)	0,88/(0,00)
3.1.1.1.1.	Zbiorniki ukształtowane do pełnienia funkcji rekreacyjnych (łagodne zejście do wody, plaża, zagospodarowanie turystyczne)	% /(*)	72,83/(0,38)
3.1.1.1	Rozwój nowych form turystyki i rekreacji w regionie rozwijane w oparciu o potencjał wodny	Liczba (szt.) /(*)	8/(0,04)

(*) wartość wskaźnika znormalizowana wg formuły (1)

Źródło: opracowanie własne.

(o 104%) w wyniku rekultywacji o kierunku leśnym wpłynął na zwiększenie poziomu świadczeń zaopatrujących: produkcja drewna – z 0,18 do 0,43 (wskaźniki znormalizowane) oraz świadczeń regulacyjnych: regulacja erozji – z 0,28 do 0,68, regulacja klimatu – z 0,16 do 0,24.

Ponieważ uwarunkowania naturalne i górnictwo odkrywkowe w Wielkopolsce Wschodniej są przyczyną deficytu wody i zagrożenia suszą oraz wobec podjętych działań na rzecz odbudowy stosunków wodnych na tym terenie, w kolejnym etapie analizy świadczeń dostarczanych przez ekosystemy pogórnice skoncentrowano się na korzyściach związanych z rozwojem potencjału wodnego terenu Adamów–Koźmin (tab. 5). Najwyższy poziom świadczenia wyraża wskaźnik retencji wody w krajobrazie (wskaźniki normalizowane). W relacji do jego poziomu wartości pozostałych świadczeń są niskie (ryc. 7). Jednak każdy z nich dostarcza wymiernych korzyści. Wskaźnik udziału zbiorników przystosowanych do pełnienia funkcji rekreacyjnych oraz wskaźnik rozwoju nowych form turystyki i rekreacji w regionie związanych z wodą wskazują na możliwość realizacji różnorodnych funkcji turystycznych, których ranga w wymiarze społecznym, zdrowotnym, a także planistycznym, sprawia, że obszary pogórnice ze znacznym udziałem zbiorników wodnych i lasów tworzą ważny element struktury funkcjonalno-prze-strzennej strefy podmiejskiej Turku.



Ryc. 7. Poziom świadczeń ekosystemów na obszarze pogórnym Adamów–Koźmin związany z rozwojem potencjału wodnego (scenariusz 2027 r.)

Źródło: opracowanie własne.

Wskaźnik opisujący wzrost parowania z powierzchni zbiorników, choć uzyskał najniższą wartość wśród uwzględnionych wskaźników, oznacza, że w stosunku do ilości wody, która wyparowała z powierzchni zbiorników ($0,88 \text{ hm}^3$) w lipcu – najcieplejszym i najbardziej suchym miesiącu 2021 r. – stanowi istotną pozycję w bilansie wodnym po wyliczeniu wskaźników dla poszczególnych miesięcy roku. Podobnie poziom potencjału przeciwpowodziowego, o znormalizowanej wartości wskaźnika $0,04$, odnosi się do rezerwy powodziowej o wielkości $8,86 \text{ mln m}^3$, co daje wymierne korzyści w zakresie potencjalnych możliwości ograniczenia negatywnych skutków powodzi.

Podsumowanie

Ocena przeprowadzona na przykładzie terenu górniczego Adamów–Koźmin, łącząca analizę zmian użytkowania na podstawie historycznych i współczesnych materiałów kartograficznych oraz planów rekultywacji zakładających różne scenariusze zagospodarowywania terenów pogórnym w połączeniu z koncepcją świadczeń ekosystemów, daje możliwość porównywania poziomu korzyści wynikających z decyzji dotyczących kierunków rozwoju społeczno-gospodarczego i zagospodarowania przestrzennego. Ułatwia również ustalenie priorytetów i dostosowanie planów rekultywacji do wspierania działań na rzecz klimatu, produkcji bioenergii lub – jak w przypadku Wielkopolski Wschodniej – odbudowy stosunków wodnych, które w kolejnych etapach stanowiąc będą bazę do rozwijania funkcji turystycznych w regionie. W ocenie świadczeń wykorzystano proste wskaźniki i metody ich kwantyfikacji, mające potencjał wyjaśniający korzyści możliwe

do uzyskania (z wyjątkiem wskaźnika różnorodności krajobrazu, obliczonego z zastosowaniem metryki krajobrazowej stosowanej w geoekologii). Wskaźniki świadczeń ekosystemów wspierają ocenę, planowanie i monitorowanie efektów podejmowanych działań naprawczych i stanowią wymierne narzędzie porównywania korzyści możliwych do uzyskania zależnie od podjętych decyzji o kierunkach rekultywacji (Mandle i in. 2020).

Analiza porównawcza i uzyskane wyniki uzasadniają poszerzenie praktycznego zakresu zastosowań koncepcji świadczeń ekosystemowych w planowaniu rekultywacji (Larondelle, Haase 2012). W ekologicznym podejściu do tego procesu (*ecological restoration*) nacisk kładzie się na przywrócenie lub zwiększenie usług ekosystemowych i różnorodności biologicznej obszarom zdegradowanym. Jednak dotychczas sposób włączania koncepcji usług ekosystemowych do procesu planowania rekultywacji nie został kompleksowo rozwiązany (Döhren, Haase 2023). Przedstawiony w pracy algorytm oceny może zatem stanowić propozycję zastosowania tej koncepcji w zarządzaniu obszarami pogórnymi, szczególnie w procesie planowania, jako stosunkowo komunikatywny i oparty na publicznych, łatwo dostępnych danych, co umożliwiło wymierne porównywanie rezultatów.

Konflikt interesów

Autorka deklaruje brak występowania konfliktu interesów. Oświadcza, że tekst artykułu jest w całości jej dziełem.

Literatura / References

- Alexander S., Nelson C.R., Aronson J., Lamb D., Cliquet A., Erwin K.L., Finlayson C.M., de Groot R.S., Harris J.A., Higgs E.S., Hobbs R.J., Robin Lewis, III, R.R., Martinez D., Murcia C. 2011. Opportunities and challenges for ecological restoration within REDD+. *Restoration Ecology*, 19(6): 683–689. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1526-100x.2011.00822.x>
- Choiński A. 2006. Katalog jezior Polski. Uniwersytet Adama Mickiewicza, Poznań.
- Díaz S., Pascual U., Stenseke M., Martín-López B., Watson R.T., Molnár Z., Hill R., Chan K.M.A., Baste I.A., Brauman K.A. i in. 2018. Assessing nature's contributions to people. *Science*, 359: 270–272.
- Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB). 2010. The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations. Earthscan, London, UK.
- Fagiewicz K. 2023. Usługi ekosystemów zdegradowanych. [W:] A. Mizgajski, M. Stępniewska (red.), *Usługi ekosystemowe w zarządzaniu układami przyrodniczymi*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Fagiewicz K. 2016. Przekształcenia struktury krajobrazowej obszarów odkrywkowej eksploatacji węgla brunatnego. Przykład Konińsko-Tureckiego Zagłębia Węgla Brunatnego. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Fagiewicz K. 2013. Shaping the water conditions in the post-mining areas (a case-study of Brown Coal Mine Adamów). *Civil and Environmental Engineering Reports*, 11: 41–53.
- Galantkiewicz E. 2010. Wyimki. Kronika 65-lecia Kopalni Węgla Brunatnego „Konin”. Qax Manufaktura Artystyczna Katarzyna Janikowska, Bydgoszcz.
- Hetmański M., Kiewra D., Iwanowski D., Czyżak P. 2021. Sprawiedliwa transformacja w Wielkopolsce Wschodniej – diagnoza i wytyczne. Fundacja WWF Polska, Warszawa,
- Kasztelewicz Z. 2010. Rekultywacja terenów pogórnymi w polskich kopalniach odkrywkowych. Fundacja Nauka i Tradycja Górnicze, AGH, Kraków.

- Kasztelewicz Z., Czyż J., Dwornik E. 2005. Sztuka górnicza w sześćdziesięcioleciu KWB Konin. *Węgiel Brunatny*, 4(53): 23–29.
- Kozacki L. 2000. Antropopresja górnicza, przemysłowa i komunalna na obszarze między Koninem, Kleczewem a Ślesinem. [W:] *Geologia i ochrona środowiska Wielkopolski*. Poznań, s. 105–112.
- Kozacki L. 2000a. Granice krajobrazowe w obszarach przeobrażonych antropogenicznie. [W:] *Granice krajobrazowe. Podstawy teoretyczne i znaczenie praktyczne. Problemy Ekologii Krajobrazu*, 7: 91–100.
- Larondelle N., Haase D. 2012. Valuing post-mining landscapes using an ecosystem services approach – An example from Germany. *Ecological Indicators*, 18: 567–574. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.01.008>
- Mandle L., Shields-Estrada A., Chaplin-Kramer R., Mitchell M.G.E., Brems L.L., Gourevitch J.D., Hawthorne P., Johnson J.A., Robinson B.E., Smith J.R., Sonter L.J., Verutes G.M., Vogl A.L., Daily G.C., Rickett T.H. 2020. Increasing decision relevance of ecosystem service science. *Nature Sustainability*, 4: 161–169. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00625-y>
- Mathey J., Rößler S., Banse J., Lehmann I., Bräuer A. 2015. Brownfields as an element of Green Infrastructure for implementing ecosystem services into urban areas. *Journal of Urban Planning and Development*, 141(3). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000275](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000275)
- McGarigal K. 2015. FRAGSTATS Help. University of Massachusetts, Amherst (<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats.help.4.2.pdf>).
- Mizgajski A., Stępniewska M. 2023. Uwarunkowania i wyzwania wdrażania koncepcji usług ekosystemowych do praktyki. [W:] A. Mizgajski, M. Stępniewska (red.), *Usługi ekosystemowe w zarządzaniu układami przyrodniczymi*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Nyc K. 1985. Sterowanie zasobami retencji gruntowej w dolinach rzek nizinnych. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej*, 53, Rozprawy. Wrocław.
- Orlikowski D., Szwed L. 2009. Wodny kierunek rekultywacji w KWB Adamów SA inwestycją w przyszłość regionu. *Górnictwo i Geoinżynieria*, 3(2).
- Pepliński B. 2018. External costs of opencast brown coal mining in agriculture and agri-food industry (on the example of Wielkopolska). *CEEJ*, 5, 1: 154–171. <https://doi.org/10.1515/ceej-2018-0018>
- Ratamáki O., Jokinen P., Sørensen P.B., Breeze T., Potts S. 2015. A multilevel analysis on pollination related policies. *Ecosystem Services*, 14: 133–143. <http://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.01.002>
- Rzętała M. 2008. Funkcjonowanie zbiorników wodnych oraz przebieg procesów limnicznych w warunkach zróżnicowanej antropopresji na przykładzie regionu górnośląskiego. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice.
- Skalenicka P., Lhota T. 2002. Landscape heterogeneity – the quantitative criterion for landscape reconstruction. *Landscape and Urban Planning*, 58: 147–156.
- Sytek M. (red.) 2021. *Koncepcja sprawiedliwej transformacji Wielkopolski Wschodniej*. ARR Transformacja Sp. z o.o., Konin.
- Wirth P., Chang J., Syrbe U., Wende W., Hu T. 2018. Green infrastructure: a planning concept for the urban transformation of former coal-mining cities. *International Journal of Coal Science & Technology*, 5(1): 78–91.
- von Döhren P., Haase D. 2023. Ecosystem services for planning postmining landscapes using the DPSIR framework. *Land*, 12(5): 1077. <https://doi.org/10.3390/land12051077>

Źródła internetowe

- Europe's Green Deal plan unveiled, POLITICO, 11 grudnia 2019 (dostęp: 30.03.2024). https://danepubliczne.imgw.pl/data/dane_pomiarowo_obserwacyjne, 2020.
- UNFCCC. Adoption of the Paris Agreement (unfccc.int; dostęp: 17.06.2024).

Changes in ecosystem services related to implementing the water concept of post-mining areas reclamation. The example of Eastern Greater Poland

Abstract: The study focuses on identifying and assessing changes in ecosystem services related to implementing the water concept of reclamation of post-mining areas with a deep water deficit and

a high risk of hydrological drought. Long-term mining activities, exploitation and reclamation influence changes in the pre-mining landscape and the formation of post-mining ecosystems, providing a specific range of ecosystem services. The structure of benefits depends on the mode of reclamation, the type of use of post-mining ecosystems and the relationship to ecosystems that existed in a given area before the commencement of mining. To assess the benefits provided by post-mining ecosystems (2027 scenario), and the benefits provided by ecosystems in the pre-mining landscape (1944), the concept of ecosystem services was used and the study of transformations in the structure of the landscape system of the Adamów-Koźmin mining area (Eastern Greater Poland) between specific time slices. The preliminary assessment included the benefits of ecosystems that have been most transformed as a result of mining activities (agroecosystems, forest ecosystems, surface and groundwater ecosystems) and are of significant importance for the development of the post-mining region because they relate to food production, climate regulation, and resource provision water and landscape diversity. Simple indicators were used to describe them based on available data and data from planned recultivation projects and concepts. The results enable a measurable comparison of the benefits obtained by post-mining ecosystems depending on the adopted reclamation scenarios, which justify the inclusion of the ecosystem services concept in managing post-mining areas.

Key words: postmining landscapes, ecosystem services, ecosystem services indicators, water reclamation, Eastern Greater Poland