

A U T O R E F E R A T

przedstawiający omówienie osiągnięcia naukowego

DR ŁUKASZ MACIEJ WIEJACZKA

Polska Akademia Nauk
Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania
Zakład Badań Geośrodowiska

KRAKÓW 2017

1. Imię i Nazwisko: Łukasz Maciej Wiejaczka

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej:

2006 - magister geografii, specjalizacja: ochrona środowiska, Instytut Geografii, Akademia Pedagogiczna im. KEN w Krakowie.

2010 - doktor nauk o Ziemi w zakresie geografii fizycznej, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN w Warszawie, praca doktorska pt. "Wpływ zbiornika wodnego Klimkówka na abiotyczne elementy środowiska przyrodniczego w dolinie rzeki Ropy".

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych:

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN:

2006-2010 - studia doktoranckie (stały pobyt na Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku)

2010 - asystent w Zakładzie Badań Geośrodowiska IGiPZ PAN w Krakowie

od 2011 - adiunkt w Zakładzie Badań Geośrodowiska IGiPZ PAN w Krakowie

4. Wskazanie osiągnięcia* wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego:

"WPŁYW DUŻYCH ZBIORNIKÓW ZAPOROWYCH NA ŚRODOWISKO
GEOGRAFICZNE POLSKICH KARPAT"

b) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa):

Mój udział w publikacjach został przedstawiony w załączniku 4.

[1]. WIEJACZKA Ł., KIJOWSKA-STRUGAŁA M., PIERWOŁA P., NOWAK M., 2015, *Influence of the Czorsztyn-Sromowce Wyżne Reservoir complex on the Dunajec River thermal regime*, Geographia Polonica, 88, 3: 467-482. DOI: 10.7163/GPol.0029.

[2]. KĘDRA M., WIEJACZKA Ł., 2016, *Disturbance of water-air temperature synchronisation by dam reservoirs*. Water and Environment Journal, 30, 1-2: 31-39. DOI: 10.1111/wej.12156

[3]. KĘDRA, M., WIEJACZKA, Ł., WESOŁY, K. 2016, *The role of reservoirs in shaping the dominant cyclicity and energy of mountain river flows*. River Research and Applications, 32: 561-571. DOI: 10.1002/rra.2880

[4]. WIEJACZKA Ł., KIJOWSKA-STRUGAŁA M., 2015, *Assessment of the hydromorphological state of Carpathian rivers above and below reservoirs*. Water and Environment Journal, 29: 277-287. DOI: 10.1111/wej.12082

[5]. WIEJACZKA Ł., KISZKA K., BOCHENEK W., 2014, *Changes of the morphology of the Ropa river upstream and downstream of the Klimkówka water reservoir*. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 48: 61-76.

[6]. WIEJACZKA Ł., OLĘDZKI J. R., BUCAŁA-HRABIA A., KIJOWSKA-STRUGAŁA M., 2017, *A spatial and temporal analysis of land use changes in two mountain valleys: with and without dam reservoir (Polish Carpathians)*. Quaestiones Geographicae, 36, 1: 129-137. DOI: 10.1515/quageo-2017-0010

[7]. WIEJACZKA Ł., PIRÓG D., SOJA R., SERWA M., 2014, *Community perception of the Klimkówka Reservoir in Poland*. International Journal of Water Resources Development, 30, 4: 649-661. DOI: 10.1080/07900627.2014.892426

c) omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania:

Komentarz autorski do zbioru publikacji pod wspólnym tytułem:

***"Wpływ dużych zbiorników zaporowych na środowisko
geograficzne polskich Karpat"***

stanowiących osiągnięcie naukowe

1. ZARYS PODEJMOWANYCH PROBLEMÓW BADAWCZYCH W RAMACH DOTYCHCZASOWEJ PRACY NAUKOWEJ ORAZ UZASADNIENIE WYBORU PROBLEMATYKI GŁÓWNEGO OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO

1.1. Zarys podejmowanych problemów badawczych w ramach dotychczasowej pracy naukowej

Zasadnicza tematyka badawcza, którą podejmuję w ramach mojej pracy naukowej dotyczy wpływu zbiorników retencyjnych, powstałych wskutek budowy zapór wodnych, na środowisko geograficzne. Głównym przedmiotem moich badań są duże zbiorniki zaporowe w polskich Karpatach. Zgodnie z wytycznymi International Commission of Large Dams (ICOLD) są to zbiorniki zaporami o wysokości powyżej 15 m i/lub o pojemności powyżej 10 mln m³. Badania nad oddziaływaniem zbiorników zaporowych na środowisko geograficzne rozpocząłem w 2006 roku na zbiorniku Klimkówka utworzonym na rzece Ropie (dopływ Wisłoki) w 1994 roku, w ramach przygotowywanej rozprawy doktorskiej. Podjęte problemy badawcze obejmowały zagadnienia roli zbiornika Klimkówka w kształtowaniu reżimu przepływów rzeki Ropy, właściwości fizykochemicznych wody oraz morfologii doliny Ropy. Dodatkowo, przeprowadziłem mało udokumentowane w polskiej literaturze analizy dotyczące społecznej percepcji zbiornika zaporowego.

Istotnym dla rozwoju mojego kompleksowego podejścia badawczego był fakt, że w trakcie 4-letnich studiów doktoranckich pracowałem na Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku, położonej w dorzeczu Ropy, prowadzącej ciągły monitoring m.in. procesów geomorfologicznych i hydrologicznych od 1968 roku. Stacja ta jest jedną z 11 stacji bazowych w Polsce włączonych do ogólnokrajowego programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego od 1994 roku. Ideą prowadzenia tego typu stacjonarnych badań jest traktowanie środowiska przyrodniczego, jako systemu złożonego z wielu elementów, wzajemnie ze sobą powiązanych.

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora w 2010 roku rozszerzyłem moje badania na kolejne zbiorniki zaporowe funkcjonujące na obszarze polskich Karpat tj. zespół zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne na Dunajcu i Besko na Wisłoku, a także Dobczyce na Rabie oraz zespół zbiorników Solina-Myczkowce na Sanie. Badania, które zapoczątkowałem na zbiorniku Klimkówka, skoncentrowały się na rozpoznaniu podobieństw i różnic w oddziaływaniu dużych karpackich zbiorników zaporowych o różnych parametrach i funkcjach na środowisko przyrodnicze. Podstawowe problemy badawcze podjęte przeze mnie w publikacjach naukowych (po uzyskaniu stopnia doktora) w ramach tematyki oddziaływania karpackich zbiorników zaporowych na środowisko geograficzne to:

1. Zmiany reżimu termicznego rzek: Ropa (Klimkówka), Dunajec (Czorsztyn-Sromowce Wyżne) oraz Wisłok (Besko): numery publikacji zgodnie z załącznikiem 4 to: I-B[1], II-A[1], II-D[4], [24], [25], [34], [44], [45], [49], [59], [62].

2. Zaburzenia w relacjach między temperaturą wody w rzekach a innymi elementami środowiska przyrodniczego (temperaturą powietrza oraz konduktywnością wody): Wisłok (Besko), Ropa (Klimkówka), Dunajec (Czorsztyn-Sromowce Wyżne): I-B[2], II-A[4], [9], II-D[12], [16], [29], [34].

3. Zmiany reżimu hydrologicznego rzek, w tym studia nad cyklicznością przepływów: Dunajec (Czorsztyn-Sromowce Wyżne) oraz Wisłok (Besko): I-B[3], II-D[18], [34], [54].

4. Ocena stanu hydromorfologicznego i jakości siedliskowej rzek powyżej i poniżej karpackich zbiorników zaporowych: San (Solina-Myczkowce), Wisłok (Besko), Ropa (Klimkówka), Dunajec (Czorsztyn-Sromowce Wyżne), Raba (Dobczyce): I-B[4], II-D[14], [28], [46], [55].

5. Zmiany morfologii koryt rzecznych: Ropa (Klimkówka): I-B[5], II-A[6], II-D[15], [21], [37], [43], [51].

6. Czasowe i przestrzenne zmiany użytkowania ziemi oraz krajobrazu kulturowego w otoczeniu zbiorników zaporowych: Ropa (Klimkówka): I-B[6], II-D[11], [17].

7. Społeczna percepcja zbiorników zaporowych: Ropa (Klimkówka): I-B[7], II-D[13], [22], [57].

Wyniki podjętych przeze mnie badań w ramach całej dotychczasowej działalności naukowej zostały zaprezentowane w 78 opracowaniach naukowych (w tym 68 po doktoracie), których jestem autorem lub współautorem, stanowiących mój dorobek naukowy. Wśród moich dotychczasowych opracowań 13 to artykuły publikowane w czasopismach z tzw. listy filadelfijskiej (*łącznie IF - 17,142, liczba cytowań - 35, h-index wg Web of Science - 4*), 32 artykuły w czasopismach bez IF i rozdziały w opracowaniach zbiorowych, 2 monografie oraz 32 abstrakty konferencyjne i notatki naukowe. Wyniki moich prac badawczych zostały przedstawione także na wielu konferencjach naukowych, w tym: 21 międzynarodowych i 8 krajowych, w formie 17 referatów oraz 13 posterów. Ponadto, wyniki swoich badań zaprezentowałem w formie 13 wykładów w instytucjach zagranicznych oraz krajowych, w tym: North Bengal University w Indiach (5 wykładów), North Eastern Hill University w Indiach (2), Stockholm University (1), Institute of Mountain Hazards and Environment CAS w Chinach (1), Institute for Water Problems RAS w Rosji (1), Regionalnym Zarządzie Gospodarki Wodnej w Krakowie (1), Komitecie Zagospodarowania Ziemi Górskich PAN w Krakowie (1) oraz Komisji Geograficznej PAU (1).

Moje osiągnięcia oraz dorobek naukowy zostały docenione m.in. przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, które w 2015 roku w drodze ogólnokrajowego konkursu przyznało mi stypendium dla młodych wybitnych naukowców na lata 2015-2018.

1.2. Uzasadnienie wyboru problematyki głównego osiągnięcia naukowego

Zagadnienie oddziaływania zbiorników retencyjnych na środowisko geograficzne jest częścią bardzo złożonego i szeroko dyskutowanego w literaturze naukowej problemu tj. wpływu gospodarczej działalności człowieka na środowisko geograficzne. Z chwilą powstania zbiornika zaporowego dochodzi do przekształcania elementów składowych środowiska przyrodniczego wskutek jakościowych i ilościowych zmian w procesie krążenia materii i energii. Wpływowi zbiorników podlegają także społeczności ludzkie zamieszkałe w bezpośredniej ich bliskości. Skala i zasięg

oddziaływania tego typu antropogenicznych obiektów na środowisko geograficzne jest dla każdego obiektu inna.

Poglądy na temat potrzeby budowania zapór i zbiorników retencyjnych są podzielone. Zdaniem hydrotechników inwestycje te są bardzo opłacalne pod względem ekonomicznym, ponieważ pozwalają na racjonalne gospodarowanie zasobami wodnymi. Z kolei hydrobiolodzy podkreślają, że budowanie zbiorników ma często negatywny wpływ na biocenozę rzek. Z punktu widzenia oddziaływania zbiorników na społeczności ludzkie istotną kwestią jest niejednoznaczny bilans społecznych zysków i strat wynikających z powstania danego obiektu.

Istnieje zatem potrzeba prowadzenia kompleksowych badań, których wyniki pomogą ocenić środowiskowe konsekwencje funkcjonowania poszczególnych zbiorników zaporowych oraz dadzą podstawę do wypracowania rozwiązań pozwalających minimalizować negatywne skutki budowy obiektów hydrotechnicznych. Na potrzebę tego typu badań wskazują m.in. zapisy zawarte w Deklaracji Międzynarodowej Komisji Wielkich Zapór (ICOLD). Według wytycznych deklaracji po oddaniu zbiornika retencyjnego do eksploatacji, jego oddziaływanie na środowisko powinno być systematycznie oceniane i porównywane ze stanem poprzedzającym budowę.

W Polsce, problematyka dotycząca oddziaływania zbiorników zaporowych na środowisko była często podejmowanym problemem badawczym od lat 60. do początku lat 90. ubiegłego wieku, kiedy powstała większość zapór i zbiorników retencyjnych w kraju. Najlepiej przebadanym pod kątem oddziaływania na środowisko jest nizinny zbiornik Włocławek na Wiśle. Szczególnie duża koncentracja zbiorników zaporowych występuje w polskich Karpatach, gdzie racjonalne gospodarowanie wodą ma znaczenie dla całego dorzecza Wisły. Przegląd literatury wskazuje, że nie prowadzono badań, ukierunkowanych na kompleksowe przedstawienie oddziaływania zbiorników zaporowych o różnych parametrach i funkcjach na środowisko geograficzne Karpat.

Obecnie w Polsce jest niewielu specjalistów zajmujących się badaniami zmian środowiska geograficznego pod wpływem funkcjonowania zbiorników zaporowych na rzekach. Szczególnie brakuje naukowców prowadzących kompleksowe badania, tzn. w odniesieniu do wielu elementów środowiska geograficznego wokół zbiorników zaporowych.

Biorąc po uwagę przedstawione znaczenie oddziaływania zbiorników zaporowych na środowisko przyrodnicze i społeczności ludzkie oraz moje wielokierunkowe podejście do tej problematyki, moje główne osiągnięcie naukowe jest zawarte w zbiorze 7 publikacji dokumentujących wpływ karpackich zbiorników zaporowych na wybrane elementy środowiska geograficznego.

Każda z 7 wskazanych publikacji reprezentuje jeden kierunek tematyczny, który podejmowałem w ramach moich dotychczasowych badań nad oddziaływaniem karpackich zbiorników zaporowych na środowisko geograficzne. W omówieniu problematyki mojego głównego osiągnięcia naukowego (przedstawionego w punkcie 2.3) przechodzę od zagadnień hydrologicznych i geomorfologicznych poprzez zmiany użytkowania ziemi do oddziaływania zbiorników na człowieka.

Tematyczna kolejność, w której zostały omówione publikacje stanowiące moje osiągnięcie naukowe, ma za zadanie odzwierciedlać wzajemne powiązania komponentów środowiska geograficznego. Ze względu na szerokie spektrum zagadnień, które poruszam w ramach mojego głównego osiągnięcia naukowego uznałem, że najbardziej przejrzystą formą prezentacji osiągnięć będzie omówienie każdej z publikacji osobno.

2. OMÓWIENIE PROBLEMATYKI GŁÓWNEGO OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO

2.1. Wprowadzenie

Na świecie funkcjonuje obecnie ok. 45 tys. dużych zbiorników zaporowych o łącznej powierzchni ok. 500 tys. km² (Wildi 2010). Około 70% rzek na świecie uległa modyfikacji przez duże zapory i zbiorniki retencyjne. Zasadnicze zadania zbiorników zaporowych sprowadzają się m.in. do: produkcji energii elektrycznej, zapewnienia dostawy wody pitnej i przemysłowej, nawadniania pól, ochrony przeciwpowodziowej, oraz ułatwienia żeglugi (World Commission on Dams 2000). Budowa zapór i zbiorników retencyjnych jest ingerencją człowieka w środowisko przyrodnicze prowadzącą do licznych zmian w obrębie dolin rzecznych (Tahmiscoğlu i in. 2007; Wildi 2010), powodującą przerwanie naturalnego kontinuum rzeczno (Mergou i in. 2012). Zbiorniki przyczyniają się do zmian w elementach abiotycznych środowiska, które z kolei wpływają na biotyczne komponenty ekosystemów rzecznych (McCartney i in. 2000). Do zasadniczych przeobrażeń środowiskowych spowodowanych przez zbiorniki retencyjne należą zmiany w reżimie hydrologicznym (m.in. Magilligan i Nislow 2005), morfologii koryt i dolin rzecznych (m.in. Petts i Gurnell 2005; Graf 2006), jakości wody (m.in. Wei i in. 2009), oraz ekosystemach wodnych rzek (m.in. Nilsson i Berggren 2000; Power i in. 1996). Zbiorniki mają także wpływ na zmiany w krajobrazie i użytkowaniu ziemi obszarów, na których są zlokalizowane (m.in. Vandever i Drummond 1976; Cao i in. 2011). Ważnym aspektem funkcjonowania zbiorników zaporowych jest ich bezpośredni wpływ na człowieka. Szacuje się, że z powodu budowy zapór i zbiorników retencyjnych na rzekach przesiedlono w skali świata nawet 80 mln osób, a kolejne setki milionów jest narażonych na oddziaływanie zbiorników żyjąc w ich bezpośrednim sąsiedztwie (WCD 2000).

Od kilku dekad na świecie odbywa się debata dotycząca sensowności budowy zapór i zbiorników retencyjnych (Biswas 2012). Zwolennicy twierdzą, że zapory i zbiorniki wodne odgrywają kluczową rolę w rozwoju ludzkości znacznie poprawiając jej dobrobyt. Przeciwnicy argumentują, że przyrodnicze i społeczne koszty budowy tych obiektów hydrotechnicznych są wyższe niż ekonomiczne zyski z ich funkcjonowania (McCartney i in. 2000; Biswas 2012). Publikacje naukowe i raporty różnych organizacji dotyczące środowiskowych oraz społecznych skutków oddziaływania zbiorników zaporowych wskazują na potrzebę dalszych badań w celu rozpoznania wszystkich aspektów związanych z funkcjonowaniem tego typu obiektów hydrotechnicznych oraz wypracowania rozwiązań minimalizujących ich negatywny wpływ na środowisko geograficzne (m.in. WCD 2000; Bird 2012; Kirchherr i in. 2016).

Literatura

- Bird E. (2012). The Socioeconomic Impact of Hydroelectric Dams on Developing Communities: A Case Study of the Chalillo Dam and the Communities of the Macal River Valley, Cayo District, Belize, Central America. Environmental Studies Electronic Thesis Collection. Paper 14.
- Biswas A.K. (2012). Impacts of large dams: Issues, opportunities and constraints. In *Impacts of large dams: A global assessment*, Springer Berlin Heidelberg.
- Cao Y., Zhou W., Wang J., Yuan C. (2011). Spatial-temporal pattern and differences of land use changes in the Three Gorges Reservoir Area of China during 1975–2005. *Journal of Mountain Science*, 8(4), 551-563.
- Graf W.L. (2006). Downstream hydrologic and geomorphic effects of large dams on American rivers. *Geomorphology*, 79(3), 336-360.
- Kirchherr J., Pohlner H., Charles K.J. (2016). Cleaning up the big muddy: A meta-synthesis of the research on the social impact of dams. *Environmental Impact Assessment Review*, 60, 115-125.
- Kummu M., Varis O. (2007). Sediment-related impacts due to upstream reservoir trapping, the Lower Mekong River. *Geomorphology*, 85(3), 275-293.
- Magilligan F.J., Nislow K.H. (2005). Changes in hydrologic regime by dams. *Geomorphology*, 71(1), 61-78.
- Mergou F.E., Lazaridou M., Albanakis, K. (2012, July). The effects of dams on rivers 'continuum'. In *Conference protection and restoration of the environment XI*, Thessaloniki, Greece (pp. 3-6
- McCartney M.P., Sullivan C., Acreman M.C., McAllister D.E. (2000). Ecosystem impacts of large dams. Thematic review II, 1.
- Nilsson C., Berggren K. (2000). Alterations of Riparian Ecosystems Caused by River Regulation Dam operations have caused global-scale ecological changes in riparian ecosystems. How to protect river environments and human needs of rivers remains one of the most important questions of our time. *BioScience*, 50(9), 783-792.
- Petts G.E., Gurnell A.M. (2005). Dams and geomorphology: research progress and future directions. *Geomorphology*, 71(1), 27-47.
- Power M.E., Dietrich W.E., Finlay J.C. (1996). Dams and downstream aquatic biodiversity: potential food web consequences of hydrologic and geomorphic change. *Environmental management*, 20(6), 887-895.
- Tahmisioglu M.S., Anul N., Ekmekci F., Durmuş N. (2007). Positive and negative impacts of dams on the environment. In *International Congress on River Basin Management* (pp. 22-24).
- Wei G., Yang Z., Cui B., Li B., Chen H., Bai J., Dong S. (2009). Impact of dam construction on water quality and water self-purification capacity of the Lancang River, China. *Water resources management*, 23(9), 1763-1780.
- Wildi W. (2010). Environmental hazards of dams and reservoirs.
- World Commission on Dams (WCD), 2000. Social Impact Assessment: WCD Thematic Review 2. Environmental and Social Assessment for Large Dams. World Commission on Dams, Cape Town.
- Vandever L.R., Drummond H.E. (1976). Differential land use change as the result of the construction of the Keystone Reservoir. In *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science* (Vol. 56, pp. 153-158)

2.2. Karpackie zbiorniki zaporowe – charakterystyka oraz kierunki dotychczasowych badań

W obrębie polskich Karpat funkcjonuje 12 dużych zbiorników zaporowych o zróżnicowanych parametrach hydrotechnicznych, funkcjach oraz wieku (Wiejaczka 2010). Największym zbiornikiem pod względem pojemności jest Solina (472 mln. m³), natomiast najmniejszym Wisła Czarne (5 mln. m³). Najstarsze zbiorniki to Porąbka (1936) na Sole oraz Rożnów na Dunajcu (1943), a najmłodsze obiekty (nie licząc Świnnej Poręby) to Klimkówka na Ropie oraz Sromowce Wyżne (1994) i Czorsztyn (1997) na Dunajcu. Połowa zbiorników zaporowych funkcjonuje w postaci zespołów złożonych z dwóch zależnych od siebie zbiorników (Solina-Myczkowce, Czorsztyn-Sromowce Wyżne, Rożnów-Czchów). Najbardziej zabudowaną zbiornikami rzeką jest Soła, na której powstało, aż dwa duże zbiorniki zaporowe (Porąbka i Tresna), które razem z małym, wyrównawczym zbiornikiem

Czaniec tworzą kaskadę. Zasadnicze zadania zbiorników karpackich obejmują: ochronę przeciwpowodziową (redukcję fal wezbraniowych), podniesienie przepływów minimalnych (ograniczenie niżówek), produkcję energii elektrycznej, wyrównanie przepływu, zapewnienie wody do celów komunalnych i przemysłowych. Większość zbiorników zaporowych funkcjonujących na obszarze polskich Karpat (Solina-Myczkowce, Besko, Klimkówka, Świnna-Poręba) zamyka beskidzkie zlewnie rzek. Pozostałe zbiorniki są zlokalizowane w obrębie kotlin śródgórskich (Czorsztyn-Sromowce Wyżne, Tresna, Porąbka) oraz pogórza karpackiego (Rożnów-Czchów, Dobczyce). Zapory zbiorników karpackich są usytuowane w przełomowych odcinkach dolin.

Ze względu na geograficzne zróżnicowanie polskich Karpat miejsca lokalizacji zbiorników charakteryzują się odmiennymi cechami przyrodniczymi oraz społeczno-kulturowymi (Warszyńska 1995). Polskie Karpaty stanowią część dorzecza górnej Wisły o gęsto rozbudowanej sieci rzecznej (Dynowska i Maciejewski 1991). Zachodnią część polskich Karpat cechują wyższe wysokości bezwzględne i względne oraz wyższe sumy opadów niż w Karpatach Wschodnich (Starkel i in. 2008). W Zachodnich Karpatach zaznacza się wpływ klimatu oceanicznego, podłoże budują głównie gruboławicowe piaskowce sprzyjające retencji, a dna dolin/kotlin wyścielają aluwia żwirowo-piaszczyste. Czynniki te sprzyjają bardziej wyrównanym przepływom. W Karpatach Wschodnich zaznacza się z kolei wpływ klimatu kontynentalnego, flisz stanowią w przewadze łupki, a koryta często są docięte do litej skały. Uwarunkowania te nie sprzyjają wyrównanym przepływom (Dobija 1981). Wezbrania w Karpatach Zachodnich osiągają podobne wysokości przepływu zarówno wiosną (zasilanie śnieżne) jak i latem (deszczowe). Im bardziej na wschód coraz słabiej zaznaczają się wezbrania letnie a zaczynają dominować wezbrania wiosenne (Dynowska 1971). W użytkowaniu ziemi na obszarze polskich Karpat w wyniku przemian społeczno-ekonomicznych obserwuje się spadek powierzchni użytków rolnych na korzyść wzrostu powierzchni leśnej i obniżanie granicy rolno-leśnej. Osadnictwo karpackie, rozwinięte wcześniej głównie w dnach dolinach rzecznych w ostatnich dwóch dziesięcioleciach wyraźnie wchodzi na stoki górskie (Bucala i Starkel 2013; Soja 2002).

Szerokiego opracowania przyrodniczych skutków funkcjonowania zbiornika zaporowego dokonano w Polsce jedynie w odniesieniu do nizinnej zbiornika Włocławek (m.in. Glazik 1978; Babiński 1982; Banach 1994; Achrem i Gierszewski 2007). Przyrodnicze skutki (głównie hydrologiczne i geomorfologiczne) funkcjonowania zbiorników wodnych przeanalizowano także w odniesieniu do obiektów regionu górnośląskiego (m.in. Rzętała 2003; Rzętała 2008), świętokrzyskiego (m.in. Ciupa i Suligowski 2015) oraz pojezierzy (m.in.

Grobelska 2006). Opracowania naukowe dotyczące oddziaływania karpackich zbiorników zaporowych na środowisko również skupiały się jak dotąd przede wszystkim na przyrodniczych aspektach tego problemu. W publikacjach, które od lat 60. ubiegłego wieku pojawiły się (głównie w polskiej literaturze naukowej) najwięcej uwagi poświęcono geomorfologicznym i hydrologicznym skutkom budowy zbiorników zaporowych. Na uwagę zasługują prace dokumentujące: zmiany w transporcie zawiesiny w rzekach (Łajczak 1999), formowanie się delt zbiornikowych w obrębie dolin rzecznych (Łajczak 2005, 2006), proces sedymentacji osadów w obrębie zbiorników zaporowych (Onoszko 1964; Chomiak i in. 1969; Cyberski 1969; Łajczak 1986a, 1986b; Klimek i in. 1989) oraz morfologiczne przekształcenia zboczy w obrębie strefy brzegowej zbiorników (Kieraś i in. 1973; Mazur 1975; Kostecki 1975; Ziętara 1992, 1994). W badaniach hydrologicznych zasadniczą uwagę poświęcono ogólnym zmianom ustroju hydrologicznego rzek karpackich ze szczególnym uwzględnieniem zabu rzeń reżimu przepływów (Punzet 1972, 1973, 1991; Dynowska 1984; Lach i Deptuch 1988; Krzanowski 2000; 2002a, 2002b), reżimu termicznego (Lewińska i Lewiński 1972; Cyberska 1972, 1975; Łajczak 1991). Z innych prac dotyczących badań nad oddziaływaniem zbiorników zaporowych na środowisko przyrodnicze w polskich Karpatach warto wymienić prace ukierunkowane na rozpoznanie zmian klimatycznych (Lewińska 1969; Morawska 1969; Kostrakiewicz 1979; Lewik 1992; Obrębska–Starkłowa 1997, 2002; Obrębska–Starkłowa i Grzyborowska 1995, Jezioro 2003).

Literatura

- Achrem E., Gierszewski P., 2007. Zbiornik Włocławski, Inspekcja Ochrony Środowiska, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Bydgoszcz, 146 ss.
- Babiński Z., (1982). Procesy korytowe Wisły poniżej zapory wodnej we Włocławku, Dok. Geogr., 1/2.
- Banach M., (1994). Morfodynamika strefy brzegowej zbiornika Włocławek, Prace Geogr. IGiPZ PAN, 161, 181 ss.
- Bucala A., Starkel L., (2013). Postępująca recesja rolnictwa a zmiany w środowisku przyrodniczym polskich Karpat. Przegląd Geograficzny, vol. 85, no. 1, pp. 15-29.
- Chomiak T., Cyberski J., Mikulski Z., (1969). Akumulacja rumowiska w zbiornikach retencyjnych (wyniki prac polskiej służby hydrologicznej w latach 1957 –1966), Prace PIHM, 96, s. 3-30.
- Ciupa T., Suligowski R., (2015). Hydrological conditions of the Pietraszki water reservoir designed for the River Sufraganiec (Kielce). Limnological Review, 15(4), 145-154.
- Cyberska B., (1972). Zmiany w temperaturze i zlodzeniu rzek poniżej zbiorników retencyjnych, Gosp. Wodna, 7, s. 244-250.
- Cyberska B., (1975). Wpływ zbiornika retencyjnego na transformację naturalnego reżimu termicznego rzeki, Prace IMGW, 4, s. 45-108.
- Cyberski J., (1969). Sedymentacja rumowiska w zbiorniku rożnowskim, Prace PIHM, 96, s. 21-42.
- Dobja A. (1981). Sezonowa zmienność odpływu w zlewni górnej Wisły (po Zawichost). Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne, 53, 51-112.
- Dynowska I., (1971). Typy reżimów rzecznych w Polsce, Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr., 50, 150 ss.
- Dynowska I., 1984. Zmiana reżimu odpływu w wyniku oddziaływania zbiorników retencyjnych, Czas. Geogr. 3, s. 301-316.

Dynowska I., Maciejewski M. (red.), (1991). Dorzecze górnej Wisły. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.

Glazik R., (1978). Wpływ zbiornika wodnego na Wiśle we Włocławku na zmiany stosunków wodnych w dolinie, Dokum. Geogr., 2 – 3, 119 ss.

Grobelska H., (2006). Ewolucja strefy brzegowej zbiornika pakoskiego (Pojezierze Gnieźnieńskie), Prace Geogr. IGiPZ PAN, 205, 122 ss.

Jezioro P., (2003). Wpływ zbiornika wodnego w Dobczycach na stosunki termiczne powietrza na podstawie serii pomiarowej 1976-1996, [w:] Dynamika zmian środowiska geograficznego pod wpływem antropopresji, Mat. Konf. II Ogólnopol. Symp., 25-27 IX 2003, Kraków-Sanok, s. 42-51.

Kieraś W., Majka J., Racinowski R., (1973). Próba określenia ilościowej charakterystyki abrazji na zbiorniku solińskim, Gosp. Wodna, 4, s. 129-131.

Klimek K., Łajczak A., Zawilińska L., (1989). Cechy sedymentologiczno – geochemiczne osadów delty Soły w zbiorniku Żywieckim, Probl. Zagosp. Ziem Górskich, 29, s. 85-92.

Kostecki M., (1975). Wstępne obserwacje nad transformacją brzegów zbiornika w Tresnej, Gosp. Wodna, 4, s. 144-145.

Kostrakiewicz L., (1979). Stosunki mezoklimatyczne Pienińskiego Parku Narodowego i jego obrzeża oraz prognoza przypuszczalnych zmian klimatu po wybudowaniu zapory wodnej na Dunajcu w Czorsztynie – Niedzicy, Ochr. Przyr., 42, s. 245-279.

Krzanowski S., (2000). Wpływ retencji zbiornikowej na wybrane elementy środowiska, ze szczególnym uwzględnieniem zmian reżymu przepływów w rzece poniżej zbiornika (na przykładzie dorzecza Sanu), Rozprawa habilitacyjna, Zeszyty Naukowe AR w Krakowie. Ser. Rozprawy, 259, 156 ss.

Krzanowski S., (2002a). Wpływ zbiornika wodnego "Dobczyce" na zmienność charakterystyki hydrologicznej rzeki Raby, Zeszyty Naukowe Akademii Techniczno – Humanistycznej w Bielsku Białej, 7, Inżynieria Włókiennicza i Ochrona Środowiska, 3, s. 52-60.

Krzanowski S., (2002b). Zasięg i efektywność oddziaływania zespołu zbiorników wodnych Solina – Myczkowce na reżym przepływów Sanu poniżej zapory w Myczkowcach, Problemy Zagospodarowania Ziem Górskich, 48, s. 23-30.

Lach J., Deptuch U., (1988). Wpływ zbiornika Besko na zmiany ustroju wodnego Wisłoka, Folia Geograph. Series Geograph.-Physica, 20, s. 85-99.

Lewik P., (1992). Klimat otoczenia zbiornika wodnego "Dobczyce" na Rabie, Roczn. Nauk.-Dydakt. WSP w Krakowie, 151, s. 63-77.

Lewińska J., (1969). Ocena wpływu sztucznych zbiorników wodnych na klimat lokalny na przykładzie kaskady górnego Sanu, Prace Inst. Met. Gosp. Wodn., 3, s. 5-84.

Lewińska J., Lewiński A., (1972). Wpływ energetycznego wykorzystania zbiorników wodnych na zmianę reżymu termicznego wody, Gosp. Wodna, 8, s. 295-296.

Łajczak A., (1986b). Retencja rumowiska w zbiornikach zaporowych karpackiego dorzecza Wisły, Czas. Geogr., 1, s. 47-77.

Łajczak A., (1986a). Zamulanie i lokalizacja zbiorników zaporowych w polskich Karpatach, Gosp. Wodn., 2, s. 47-50.

Łajczak A., (1991). Termika i zlodzenie rzek, [w:] I. Dynowska, M. Maciejewski, (red.), Dorzecze górnej Wisły, cz. 1, s. 243-249.

Łajczak A., (1999). Współczesny transport i sedymentacja materiału unoszonego w Wiśle i jej dopływach, Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej PAN, 15, Oficyna Wyd. Politach. Warszawska.

Łajczak A., (2005). Delty w zbiornikach zaporowych – nowy element rzeźby fluwialnej w górach i warunki ich formowania (na przykładzie polskich Karpat), [w:] Łajczak A. (red.), Antropopresja w górach średnich strefy umiarkowanej i skutki geomorfologiczne na przykładzie wybranych obszarów Europy środkowej, Human Impact on Mountain Ecosystem, 2, Uniwersytet Śląski, Sosnowiec, s. 127-137.

Łajczak A., (2006). Deltas in dam-retained lakes in the Carpathian part of the Vistula drainage basin. Prace Geograficzne IGiGP UJ, 116, 99-109.

Mazur Z., (1975). Formowanie się brzegów sztucznych zbiorników wodnych, Gosp. Wodna, 4, s. 142-143.

Morawska M., (1969). Przewidywany wpływ zbiorników wodnych w Pieninach na klimat lokalny, Folia Geogr. Series Geograph. – Physica, 3, s. 325-326.

Obrebska – Starkłowa B., (1997). Współczesne fluktuacje klimatu w rejonie zbiornika wodnego w Dobczycach i ich znaczenie dla gospodarki w górach, Probl. Zagosp. Ziem Górskich, 43, s. 13-22.

Obrebska – Starkłowa B., (2002). Influence of the water reservoir on the transformation of the ecoclimate of the Foothill Oak-Hornbeam forest Tilio-Carpinetum in Gaik-Brzezowa, Prace Geogr. IG i GP UJ, 109, s. 111-197.

Obrebska – Starkłowa B., Grzyborowska A., (1995). Sezonowe różnicowanie dobowego przebiegu temperatury powietrza w rejonie dobczyckiego zbiornika wodnego, Probl. Zagosp. Ziem Górskich, 38, s. 15-26.

- Onoszko J., (1964). Zamulanie zbiornika rożnowskiego w 19-leciu jego eksploatacji, Prace IBW – PAN, Gdańsk.
- Punzet J., (1972). Badania ruchu fal wypuszczanych ze zbiornika wodnego w Myczkowcach, Gosp. Wodna, 8, s. 286-290.
- Punzet J., (1973). Wpływ zbiorników retencyjnych na prawdopodobieństwo występowania wielkich wód w dorzeczu Wisły górnej, Gosp. Wodna, 2, s. 46-49.
- Punzet J., (1991). Wpływ zespołu zbiorników Rożnów – Czchów na reżim wodny Dunajca, Gosp. Wodna, 6, s.122-126.
- Rzętała M., (2008). Funkcjonowanie zbiorników wodnych oraz przebieg procesów limnicznych w warunkach zróżnicowanej antropopresji na przykładzie regionu górnośląskiego Wyd. Uniw. Śląskiego, Katowice, 171 s.
- Rzętała M. A., (2003). Procesy brzegowe i osady dennie wybranych zbiorników wodnych w warunkach zróżnicowanej antropopresji (na przykładzie Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży), Wydawnictwo UŚ, Katowice, 156 ss.
- Soja R. (2002). Hydrologiczne aspekty antropopresji w polskich Karpatach. Prace Geogr. IGiPZ PAN 186, Warszawa.
- Starkel L., Kostrzewski A., Kotarba A., Krzemień K. (red.), (2008). Współczesne przemiany rzeźby Polski. IGiPZ UJ, Kraków, 400 ss.
- Warszyńska J., (red.), (1995). Karpaty Polskie. Przyroda, człowiek i jego działalność, Uniwersytet Jagielloński, Kraków, 367 ss.
- Wiejaczka Ł. (2010). Zbiorniki retencyjne w polskich Karpatach, Aura, 10, Wyd. SIGMA-NOT, s. 7-9.
- Ziętara T., (1992). Wstępne wyniki badań i prognozy dotyczące przebiegu niszczenia brzegów zbiornika w Dobczycach, Rocz. Nauk. – Dydak. WSP w Krakowie, 151, Prace Geogr., 14, s. 95-107.
- Ziętara T., (1994). Niszczenie brzegów zbiornika "Besko" przez współczesne procesy geomorfologiczne, Rocz. Nauk. – Dydak. WSP w Krakowie, 170, Prace Geogr., 15 s. 167-180.

2.3. Wpływ karpackich zbiorników zaporowych na wybrane elementy środowiska geograficznego - problematyka głównego osiągnięcia naukowego

Wpływ zbiorników karpackich na reżim termiczny rzek

WIEJACZKA Ł., KIJOWSKA-STRUGAŁA M., PIERWOŁA P., NOWAK M., 2015, *Influence of the Czorsztyn-Sromowce Wyżne Reservoir complex on the Dunajec River thermal regime*, Geographia Polonica, 88, 3, 467-482.

Problem oddziaływania zbiorników zaporowych na warunki termiczne rzek jest podejmowany w literaturze światowej w licznych opracowaniach (m.in. Webb 1995; Liu i in. 2005; Murphy 2011). Zmiany w reżimie termicznym rzek rozpatrywane są szczególnie w kontekście ich ekologicznych skutków dla środowiska rzecznoego (m.in. Webb i Walling 1993; Lessard i Hayes 2003). Według Scottish Environment Protection Agency (APEM, 2015) zmiany reżimu termicznego rzeki wywołane funkcjonowaniem zbiorników retencyjnych obejmują:

1. Zmniejszenie zakresu dobowych wahań temperatury wody.
2. Zmniejszenie zakresu sezonowych wahań temperatury wody.
3. Obniżenie średnich i maksymalnych wartości temperatury wody w lecie (letnie ochłodzenie poprzez odpływ wody z hipolimnionu).
4. Wzrost średnich i minimalnych wartości temperatury wody w zimie (zimowe ocieplenie).

5. Wzrost średnich i maksymalnych wartości temperatury wody w lecie (letnie ocieplenie poprzez odpływ wody z epilimnionu).
6. Zmianę terminów istotnych ekologicznie wzrostów i spadków temperatury wody oraz progów temperaturowych.

Zasięg oddziaływania zbiorników na termikę rzek może sięgać od kilku do nawet kilkuset kilometrów, jednak w większości przypadków jest to kilkadziesiąt kilometrów w dół biegu rzeki (m.in. Crisp 1995; Lessard i Hayes 2003; Todd i in. 2005). Skala i zasięg zmian termicznych różni się w zależności od funkcji i parametrów zbiornika (m.in. głębokość, lokalizacja miejsc odpływu wód), wielkości przepływu rzeki i lokalnych cech środowiska przyrodniczego. Duże zbiorniki (o maksymalnej głębokości powyżej 5-10 m) mają największy wpływ na temperaturę wody w rzekach (APEM 2015).

Badania zmian termiki rzek w Polsce dotyczyły głównie rzek w Karpatach, tj.:

1. Dunajca i zespołu zbiorników Rożnów-Czchów (m.in. Chomiak 1962; Cyberska 1972, 1975) oraz zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne (Wiejaczka i in. 2014; **Wiejaczka i in. 2015**).
2. Ropy i zbiornika Klimkówka (Wiejaczka 2011).
3. Wisłoka i zbiornika Besko (Wiejaczka i Wesoły 2017).

Głównym celem opracowania **Wiejaczki i in. 2015** była analiza zmian reżimu termicznego środkowego biegu Dunajca spowodowanych funkcjonowaniem zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne. O ile zmiany reżimu termicznego dolnego biegu Dunajca wynikające z powstania zespołu zbiorników Rożnów-Czchów zostały przeanalizowane w cytowanej powyżej literaturze (głównie Cyberskiej 1972, 1975), o tyle zmiany temperatury wody środkowego biegu rzeki poniżej funkcjonującego od lat 1994-1997 zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne nie były przedmiotem rozważań.

Z badań przeprowadzonych w obrębie zbiorników Czorsztyn i Sromowce Wyżne (Wiejaczka i in. 2014; **Wiejaczka i in. 2015**) oraz na innych zbiornikach (Cyberska 1975; Wiejaczka 2011; Wiejaczka i Wesoły 2017) wynika, że zbiornik Czorsztyn wykazuje typową dla dużych, karpackich zbiorników retencyjnych dynamikę warunków termicznych w ciągu roku. W czasie lata w zbiorniku Czorsztyn wykształca się stratyfikacja termiczna z pionowym, kilkunastostopniowym spadkiem temperatury pomiędzy powierzchnią (23,9°C) a dnem zbiornika (9,4°C). Zimą w profilu pionowym zaznacza się stratyfikacja termiczna ze wzrostem temperatury od 0,1°C (pod pokrywą lodową) do 2,6°C (przy dnie). Jesień i wiosna są okresami przejściowymi pomiędzy warunkami w sezonach letnim i zimowym. Z kolei w zbiorniku wyrównawczym Sromowce Wyżne ze względu na małe głębokości oraz szybką

wymianę wody, wytworzenie się stratyfikacji jest utrudnione. Latem woda w powierzchniowej warstwie zbiornika Sromowce Wyżne jest chłodniejsza w stosunku do temperatury wody w górnej warstwie zbiornika Czorsztyn. Jesienią temperatura wody w zbiorniku wyrównawczym wskazuje na względną homotermię (8,9-8,2°C), podobnie jak w zbiorniku Czorsztyn. Zimą w profilu pionowym przy zaporze (brak pokrywy lodowej na powierzchni w czasie pomiaru), nie obserwowano zmian w temperaturze (2,2-2,1°C).

Z analizy przeprowadzonej w opracowaniu **Wiejaczki i in. (2015)**, (oraz **Wiejaczki i in. 2014**) wynika, że zmiany w termice środkowego biegu Dunajca związane z funkcjonowaniem zbiorników wodnych są spowodowane przez:

1. Dynamikę warunków termicznych w zbiorniku Czorsztyn - głównym obiekcie całego zespołu.
2. Lokalizację miejsca odpływu wody ze zbiornika Czorsztyn (głębokość z jakiej woda odpływa do zbiornika Sromowce Wyżne).
3. Dynamikę warunków termicznych w wyrównawczym zbiorniku Sromowce Wyżne, poprzez którą zbiornik ma zdolność do zmiany kierunku i skali skutków spowodowanych przez zbiornik Czorsztyn.

Wyniki terenowych pomiarów temperatury wody w profilu podłużnym Dunajca (od Nowego Targu aż po zbiornik Rożnów o długości ok. 100 km) przedstawione przez **Wiejaczkę i in. (2015)** wykazały, że w okresie lata zespół zbiorników Czorsztyn-Sromowce wpływa ochładzająco na termikę wód Dunajca. Skala zmian bezpośrednio poniżej obu zbiorników sięga 5-10°C i zmniejsza się wraz z biegiem rzeki. W okresie zimy przy utrzymującej się dłużej temperaturze powietrza poniżej 0°C (oraz zlodzeniu rzeki powyżej zbiorników) temperatura wody wypływającej z rozpatrywanych zbiorników zaporowych jest o 1-2°C wyższa od temperatury wód dopływających do zbiorników. Zaobserwowane zmiany termiki wody w profilu podłużnym środkowego biegu Dunajca, poniżej zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne są podobne do zmian zaobserwowanych przez Cyberską (1972, 1975) poniżej zespołu zbiorników Rożnów-Czchów. Autorka zauważyła, że zespół zbiorników Rożnów-Czchów wpływa na wody Dunajca ochładzająco w okresie wiosenno-letnim a ocieplająco w okresie jesienno-zimowym. Zasięg oddziaływania zbiorników Rożnów-Czchów na termikę Dunajca aż po ujście do Wisły (na odcinku ok. 50 km) jest obserwowany przez większą część roku.

Informacje dotyczące skali zmian w termice Dunajca poniżej zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne w opracowaniu **Wiejaczki i in. 2015** przedstawiono w oparciu o analizę dobowych wartości temperatury wody z okresu przed i po powstaniu obiektów. Przed

powstaniem zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne (1984-1993) wartości średniej miesięcznej temperatury wody w Dunajcu (w Krościenku, ok. 22 km poniżej zbiorników) wahały się w cyklu rocznym między 0,4°C (styczeń) a 15,8°C (lipiec). Po uruchomieniu zbiorników (1998-2007) wartości te zamykały się w przedziale od 0,9°C (luty) do 15,0°C (sierpień). Od kwietnia do sierpnia zaznacza się obniżenie wartości średniej miesięcznej temperatury wody od 0,7°C (sierpień) do 1,8°C (maj), natomiast od września do marca jej podwyższenie od 0,2°C (marzec) do 2,6°C (listopad). Wyrównanie średnich miesięcznych wartości temperatury wody pomiędzy rozpatrywanymi okresami w cyklu rocznym następuje dwukrotnie: w marcu przy temperaturze około 2,5°C oraz w sierpniu przy temperaturze około 14,5°C.

Podobne zmiany w rocznym cyklu temperatury wody Dunajca obserwowała Cyberska (1975) poniżej zespołu zbiorników Rożnów-Czchów. W przekroju wodowskazowym w Zgłobicach (23 km poniżej zbiorników), po utworzeniu zbiorników, autorka zauważyła niższe wartości średniej miesięcznej temperatury wody od marca do lipca oraz wyższe od września do lutego w porównaniu do sytuacji sprzed budowy obiektów. Wyraźne obniżenie wartości temperatury wody w lecie i podwyższenie w zimie odnotowano także w przypadku rzeki Ropy poniżej zbiornika Klimkówka (Wiejaczka 2011). W lecie skala obniżenia temperatury Ropy jest znacznie większa niż w przypadku Dunajca i w cyklu dobowym sięga nawet 20°C bezpośrednio poniżej zapory zbiornika Klimkówka.

Jednoznaczne określenie zasięgu oddziaływania zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne na temperaturę wody Dunajca w cyklu rocznym jest trudne. W sprzyjających warunkach hydrometeorologicznych zmiany termiczne sięgają cofki zbiornika Rożnów (cały środkowy bieg rzeki). Mniejsze dopływy Dunajca nie mają istotnego wpływu na temperaturę wody. Zauważalny (zimą i wiosną) jest natomiast wpływ Popradu, największego dopływu Dunajca, który przed uruchomieniem zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne – zgodnie z rozważaniami Gołka (1961) – nie wpływał na termikę Dunajca. W czasie zimowych pomiarów dopływ chłodniejszych wód Popradu obniżał temperaturę wody w Dunajcu o 1,4°C, natomiast wiosną cieplejsze wody Popradu podnosiły temperaturę wody Dunajca o 1,8°C.

Wskazanie osiągnięcia naukowego

*Za najważniejsze osiągnięcia naukowe w ramach problematyki wpływu karpackich zbiorników zaporowych na reżim termiczny rzek, przedstawione w opracowaniu **Wiejaczki i in. (2015)** uważam:*

1. Wykazanie, że zmiany termiczne środkowego biegu Dunajca spowodowane przez zespół zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne mają podobny kierunek, skalę i zasięg oddziaływania do zmian w termice dolnego biegu Dunajca wywołanych przez zespół zbiorników Rożnów-Czchów.
2. Wykazanie, że budowa zespołu zbiorników jest bardziej korzystna dla środowiska przyrodniczego (reżimu termicznego rzeki) niż pojedynczych obiektów, ponieważ zbiornik wyrównawczy ma zdolność do zmiany kierunku (ocieplenie, ochłodzenie) oraz skali termicznych skutków spowodowanych przez zbiornik główny.
3. Wskazanie, że w Karpatach kierunek i skala zmian termicznych w rzekach (Dunajec) wywołanych przez zbiorniki zaporowe na głównych rzekach jest możliwy do odwrócenia/zmniejszenia przez ich duże dopływy (Poprad).

Literatura

- APEM (2015). Literature review of the influence of large impoundments on downstream temperature, water quality and ecology, with reference to the Water Framework Directive. APEM Scientific Report 413570. Scottish Environment Protection Agency. pp 84.
- Chomiak T. (1962). Wpływ zbiornika rożnowskiego na kształtowanie się temperatury wód Dunajca w odpływie ze zbiornika, Gosp. Wodna – Biul. PIHM, 1, 33.
- Crisp D.T. (1995). The Ecological Basis for the Management of Flows Regulated by Reservoirs in the United Kingdom, in The Ecological Basis for River Management (Eds Harper, D.M. and Ferguson, A.J.D.), pp. 93-103, John Wiley and Sons Ltd, Chichester, England.
- Cyberska B. (1972). Zmiany w temperaturze i zlodzeniu rzek poniżej zbiorników retencyjnych, Gosp. Wodna, 7, s. 244 – 250.
- Cyberska B. (1975). Wpływ zbiornika retencyjnego na transformację naturalnego reżimu termicznego rzeki, Prace IMGW, 4, s. 45 – 108.
- Gołek J. (1961). Termika rzek polskich. Prace PIHM, no. 62, pp. 1-79.
- Lessard J.L., Hayes D.B. (2003). Effects of elevated water temperature on fish and macroinvertebrate communities below small dams. River Research and Applications, 19, 721-732.
- Liu B., Yang D., Ye B., Berezovskaya S. (2005). Long-term open-water season stream temperature variations and changes over Lena River Basin in Siberia. Global and Planetary Change. 48: 96–111
- Murphy P. (2011). Investigative monitoring into the impact of Altnahinch dam on Water Framework Directive quality elements (flow, dissolved oxygen, temperature, chlorophyll, hydromorphology, invertebrates and river continuity) in 2011.
- Todd C.R., Ryan T., Nicol S.J., Bearlin A.R. (2005). The impact of cold water releases on the critical period of post-spawning survival and its implications for Murray cod (*Maccullochella peelii peelii*): A case study of the Mitta Mitta River, southeastern Australia. River Research and Applications, 21, 1035-1052.
- Webb B.W. (1995). Regulation and thermal regime in a Devon river system. Sediment and Water Quality in River Catchments. Eds I.D.L Foster, A.M. Gurnell and B.W. Webb. John Wiley and Sons Ltd. 1995.
- Webb B.W., Walling D.E. (1993). Temporal Variability in the Impact of River Regulation on Thermal Regime and some Biological Implications. Freshwater Biology, 29, 167-182.
- Wiejaczka Ł. (2011). Wpływ zbiornika wodnego „Klimkówka” na abiotyczne elementy środowiska przyrodniczego w dolinie rzeki Ropy, Prace Geograficzne IGiPZ PAN, 229, 144 ss.
- Wiejaczka Ł., Kijowska-Strugała M., Pierwoła P., Nowak M. (2014). Termiczna charakterystyka zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne, Gospodarka Wodna, 1, s. 28–36.
- Wiejaczka Ł., Wesoły K. (2017). Effect of a small dam reservoir on the water temperature in a Carpathian river, Geographia Polonica (przyjęta do druku).

Wpływ zbiorników karpackich na relacje pomiędzy temperaturą wody w rzece a temperaturą powietrza

[2]. KĘDRA M., WIEJACZKA Ł., 2016, *Disturbance of water-air temperature synchronisation by dam reservoirs*. Water and Environment Journal, 30, 1-2, 31-39. DOI: 10.1111/wej.12156

W warunkach naturalnych głównym czynnikiem kształtującym temperaturę wód powierzchniowych jest temperatura powietrza (m.in. Caissie 2006). Funkcjonowanie zbiornika retencyjnego zmienia reżim termiczny rzeki przyczyniając się do zmian/zaburzeń relacji między temperaturą wody a temperaturą powietrza (m.in. Erickson i Stefan 2000). Badania zależności pomiędzy temperaturą wody i powietrza są głównie ukierunkowane na przewidywanie zmian termiki wody (i ich konsekwencji dla ekosystemów wodnych) w kontekście zmian klimatycznych (m.in. Morrill i in. 2005).

Zależności między temperaturą wody rzecznej i temperaturą powietrza ustala się zazwyczaj przy zastosowaniu modeli regresji liniowej oraz funkcji S-kształtnej (m.in. Webb i Walling 1997; Mohseni i in. 1998; Erickson i Stefan 2000; Webb i in. 2003). Zastosowanie modelu regresji liniowej wynika z zaobserwowanej, zwykle silnej korelacji pomiędzy temperaturą wody i powietrza oraz ich liniowej zależności w stosunkowo szerokim przedziale przyjmowanych dodatnich wartości. Funkcja S-kształtna pozwala odwzorować zaobserwowaną nieliniowość pomiędzy tymi temperaturami na obu końcach tego przedziału (tj. wtedy, gdy temperatura powietrza spada poniżej 0°C, albo przekracza 25°C). Ze względu na interakcje pomiędzy zmiennymi i procesami przyrodniczymi spowodowane sprzężeniami dynamicznymi prowadzącymi do synchronicznych lub asynchronicznych zachowań, zmiany w synchronicznych zachowaniach pomiędzy temperaturą wody rzecznej i temperaturą powietrza zachodzące na skutek funkcjonowania zbiorników retencyjnych zostały przeanalizowane w opracowaniu **Kędry i Wiejaczki (2016)**.

Zjawisko synchronizacji to jedno z podstawowych zjawisk fizycznych odkrytych w XVII wieku przez Huygensa (1673). Synchronizacja polega na wyrównaniu rytmu (częstotliwości) sprzężonych ze sobą obiektów na skutek ich interakcji (Pikovsky i in. 2001). Pojęcie klasycznej synchronizacji oscylatorów periodycznych zostało uogólnione na przypadek oscylatorów nieliniowych (m.in. Pecora i Carroll 1990; Pikovsky i in. 1997), ponieważ nieliniowość dotyczy wszystkich procesów przyrodniczych, z wyjątkiem (prawdopodobnie) fizyki kwantowej (Heisenberg 1967). Synchronizacja zachodzi w systemach chemicznych, biologicznych i ekologicznych (Blasius i in. 1999; Pikovsky i in. 2001; Stone i in. 2002).

W celu zbadania zakłóceń synchronicznego zachowania temperatur wody i powietrza została wykorzystana analiza spektralna obejmująca transformatę Fouriera i transformatę falkową. Transformata Fouriera jest jedną z najczęściej stosowanych metod przetwarzania sygnałów w nauce i inżynierii, niosąc (globalnie) informację o średniej częstotliwości sygnału w całym analizowanym okresie (Gao i Yan 2011). Transformata falkowa, działając w domenie czasowo-częstotliwościowej, zachowuje informację zarówno lokalną jak i globalną, dzięki temu możliwe jest zlokalizowanie istotnych częstotliwości badanego sygnału (badanej zmiennej) w czasie (lokalnie), (Farge 1992). Zastosowana falka zespolona Morleta (Morlet i in. 1982) pozwoliła na uzyskanie informacji fazowej (dotyczącej przebiegu faz badanych temperatur) dla dominującej częstotliwości (odpowiadającej rocznej skali czasowej).

Głównym celem opracowania **Kędry i Wiejaczki (2016)** jest określenie roli zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne zbudowanego na Dunajcu w zaburzeniu naturalnie kształtowanego, synchronicznego zachowania temperatury wody rzeki i temperatury powietrza (czyli ich zgodnego w fazie przebiegu czasowego). Zbadany został rozkład energii spektralnej analizowanych temperatur powietrza i wody w Krościenku (22 km poniżej zbiorników) oraz ich synchronizacja fazowa dla dwóch rozłącznych okresów czasowych: bezpośrednio przed i po wybudowaniu zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne. Pozwoliło to na zidentyfikowanie zmian w synchronicznym zachowaniu tych temperatur oraz oszacowanie rozmiaru tych zmian (zakłóceń naturalnej synchronizacji) w okresie po wybudowaniu zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne.

Zasadniczą analizę dotyczącą zaburzeń naturalnie kształtowanego, synchronicznego zachowania temperatur wody i powietrza w opracowaniu **Kędry i Wiejaczki (2016)** poprzedza analiza zmian w naturalnych relacjach pomiędzy temperaturą wody Dunajca a temperaturą powietrza (w tej samej lokalizacji) oparta o wartości współczynnika korelacji Pearsona. Przeprowadzona analiza wykazała, że zależności pomiędzy rozpatrywanymi zmiennymi przed wybudowaniem zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne były silniejsze w okresie lata, a słabsze zimą. Po powstaniu zbiorników zachodzi odwrotna sytuacja. Wartości współczynników korelacji obliczone dla letnich i zimowych półroczy hydrologicznych wskazują, że temperatura powietrza ma większy wpływ na temperaturę wody w rzekach poniżej zbiorników zimą aniżeli latem. W poszczególnych latach okresu 1978-1992 poprzedzającego uruchomienie zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne wartości współczynnika korelacji pomiędzy temperaturą powietrza w Krościenku a temperaturą wody w Dunajcu dla zimowego półrocza wahały się między 0,54 a 0,73. W

półroczu letnim związek pomiędzy badanymi zmiennymi był silniejszy, a wartości współczynnika korelacji wyniosły 0,75-0,86. Po powstaniu zbiorników wartości współczynnika korelacji spadły do przedziału 0,53-0,77 w półroczu letnim, natomiast w półroczu zimowym siła związku została wzmocniona do 0,60-0,82. Średnio w półroczu zimowym siła wzajemnych relacji wzrosła z 0,62 do 0,71, natomiast w półroczu letnim spadła z 0,82 do 0,66. Podobne wnioski wysuwa Wiejaczka (2011) w odniesieniu do relacji między temperaturą wody w rzece a temperaturą powietrza poniżej zbiornika Klimkówka na Ropie. Przed powstaniem zbiornika Klimkówka (1982-1994) współczynnik korelacji pomiędzy temperaturą wody w Ropie w Szymbarku a temperaturą powietrza w półroczach zimowych wahał się pomiędzy 0,75 a 0,89, natomiast w półroczach letnich wartość tego współczynnika była nieco większa i zamykała się w przedziale od 0,85 do 0,93. W latach 1995-2006 (po uruchomieniu zbiornika) w półroczach zimowych nastąpił zauważalny wzrost wartości współczynnika korelacji do przedziału 0,80-0,89, natomiast w półroczach letnich odnotowano spadek wartości współczynnika korelacji do przedziału 0,61-0,87. Średnio w półroczu zimowym siła wzajemnych relacji wzrosła z 0,81 do 0,84, natomiast w półroczu letnim spadła z 0,89 do 0,82.

Z analizy Fouriera i falkowej wynika, że dla ciągów temperatur z okresu 1978-2012 (35 lat), dominująca częstotliwość odpowiada cyklowi rocznemu i zawiera większość energii spektralnej. Można również zauważyć, że cykliczność roczna jest znacznie silniejsza dla temperatur wody niż powietrza (różnice sięgają do 22%). Porównując okresy 15-letnie przed i po wybudowaniu zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne (1978-1992 i 1998-2012), cykliczność roczna temperatury wody została wzmocniona o 5% w okresie po wybudowaniu zbiorników. Z kolei cykliczność roczna temperatury powietrza uległa wzmocnieniu o 3% w stosunku do okresu przed wybudowaniem zbiorników. Można, zatem przyjąć (eliminując 3% wzmocnienie rocznego cyklu przez temperaturę powietrza), że funkcjonowanie rozpatrywanego zespołu zbiorników spowodowało wzmocnienie rocznej cykliczności (regularności) temperatury wody Dunajca w Krościenku o ok. 2%.

Analiza chwilowych faz dla cyklu rocznego wykazała, że po wybudowaniu zbiorników (1998-2012), różnica fazowa pomiędzy temperaturą wody a temperaturą powietrza zwiększyła się ponad 5-krotnie – do średnio 0,253 radianów (14,71 dni), podczas gdy w okresie przed wybudowaniem zbiorników (1978–1992), różnica fazowa wynosiła średnio 0,049 radianów (2,85 dni). Oznacza to, że ściśle, naturalnie kształtowane, synchroniczne zachowanie badanych temperatur zostało poważnie zaburzone, choć nie zanikło zupełnie. Otrzymany wynik opóźnienia czasowego temperatur wody w stosunku do

temperatur powietrza (w okresie przed wybudowaniem zbiorników) jest zgodny z uogólnionymi wynikami (1,5-3 dni) wyprowadzonymi z równania budżetu cieplnego (Bogan i in. 2003). Opóźnienie czasowe temperatury wody w stosunku do temperatury powietrza do ok. 15 dni (w okresie po wybudowanie zbiorników) oznacza, że proponowany przez Bogana i in. (2003) okres tygodniowy nie będzie odpowiedni do określenia zależności pomiędzy temperaturą wody rzecznej a tzw. temperaturą równowagi, choć zasadniczo okres tygodniowy jest traktowany jako wystarczający do uśrednienia dobowych zmian promieniowania słonecznego i zmian temperatur powietrza. Okres 2-tygodniowy byłby prawdopodobnie w tym przypadku (temperatury wody Dunajca w Krościenku w latach 1998-2012) bardziej odpowiedni.

Wskazanie osiągnięcia naukowego

*Za najważniejsze osiągnięcia naukowe w ramach problematyki wpływu karpackich zbiorników zaporowych na relacje pomiędzy temperaturą wody w rzece a temperaturą powietrza, przedstawione w opracowaniu **Kędry i Wiejaczki (2016)** uważam:*

- 1. Wykazanie osłabienia korelacji (wyrażonych wartościami współczynników korelacji Pearsona) między temperaturą wody w Dunajcu i temperaturą powietrza w okresie lata i ich wzmocnienie zimą (odwrócenie naturalnej sytuacji tzn. bez oddziaływania zbiornika na rzekę). Niniejszy wniosek potwierdza, że osłabienie korelacji temperatura wody-temperatura powietrza jest typowe dla rzek karpackich poniżej zbiorników zaporowych.*
- 2. Wykazanie 5-krotnego wzrostu różnicy fazowej (przesunięcia w czasie) pomiędzy rocznym cyklem temperatury wody Dunajca a temperaturą powietrza z ok. 3 dni (przed powstaniem zespołu zbiorników) do 15 dni (po ich wybudowaniu).*
- 3. Wykazanie, że funkcjonowanie zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne wzmacnia siłę (regularność) rocznego cyklu (zasadniczego cyklu procesów przyrodniczych) temperatury wody Dunajca. Biorąc pod uwagę energię spektralną roczny cykl temperatury wody Dunajca po wybudowaniu zespołu zbiorników jest silniejszy o ok. 2%.*

Literatura

Bogan T., Mohseni O., Stefan H.G. (2003). Stream temperature-equilibrium temperature relationship. Water Resources Research, 39, 1245–1256.

Blasius B., Huppert A., Stone L. (1999). Complex dynamics and phase synchronization in spatially extended ecological systems. Nature, 399, 354–359.

Caissie D. (2006). The thermal regime of rivers: a review. Freshwater Biology, 51, 1389–1406.

Eaton J., Scheller R. (1996). Effects of climate warming on fish thermal habitat in streams of the United States. Limnology and Oceanography, 41, 1109–1115.

Erickson T., Stefan H. (2000). Linear air/water temperature correlations for streams during open water periods. Journal of Hydrologic Engineering, 5, 317–321.

Farge M. (1992). Wavelet transforms and their applications to turbulence. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 24, 395–457.

Gao R.X., Yan R. (2011). Wavelets. Theory and applications for manufacturing. Springer, New York, USA.

Heisenberg W. (1967). Nonlinear problems in physics. *Physics Today*, 20, 27–33.

Huygens C. (1673). *Horologium Oscillatorium*. Apud F. Muguet, Paris, France.

Mohseni O., Stefan, H.G., Erickson T.R. (1998). A nonlinear regression model for weekly stream temperatures. *Water Resources Research*, 34, 2685–2692.

Morrill J.C., Bales R.C., Conklin M.H. (2005). Estimating stream temperature from air temperature: Implications for future water quality. *Journal of Environmental Engineering*, 131, 139–146.

Morlet J., Arens G., Fargeau E., Giard D. (1982). Wave propagation and sampling theory – Part II: Sampling theory and complex waves. *Geophysics*, 41, 222–236.

Pecora L.M., Carroll T.L. (1990). Synchronization in chaotic systems. *Physical Review Letters*, 64, 821–824.

Pikovsky A.S., Rosenblum M.G., Kurths J. (2001). *Synchronization: A Universal Concept in Nonlinear Sciences*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.

Pikovsky A.S., Rosenblum M.G., Osipov G., Kurths J. (1997). Phase synchronization of chaotic oscillators by external driving. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 104, 219–238.

Stone L., Olinky R., Blasius B., Huppert A., Cazelles B. (2002). Complex synchronization phenomena in ecological systems. *AIP Conference Proceedings*, 622, 476–488.

Torrence C., Webster P. (1999). Interdecadal changes in the ENSO-Monsoon system. *Journal of Climate*, 12, 2679–2690.

Webb B.W., Clack P.D., Walling D.E. (2003). Water–air temperature relationships in a Devon river system and the role of flow. *Hydrological Processes*, 17, 3069–3084.

Webb B.W., Walling D.E. (1997). Complex summer water temperature behavior below a UK regulating reservoir. *Regulated Rivers: Research & Management*, 13, 463–477.

Wiejaczka Ł. (2011). Wpływ zbiornika wodnego „Klimkówka” na abiotyczne elementy środowiska przyrodniczego w dolinie rzeki Ropy, *Prace Geograficzne IGiPZ PAN*, 229, 144 ss.

Wpływ zbiorników karpackich na cykliczność przepływów rzek

[3]. KĘDRA, M., WIEJACZKA, Ł., WESOŁY, K. 2015, *The role of reservoirs in shaping the dominant cyclicity and energy of mountain river flows*. *River Research and Applications*, 32, 561–571. DOI: 10.1002/rra.2880

Jednym z podstawowych efektów funkcjonowania zbiorników zaporowych są zmiany reżimu hydrologicznego rzek (m. in. Magilligan i Nislow 2005; Graf 2006), polegające na zaburzeniu naturalnego rytmu przepływów niskich i wysokich, ich wielkości i czasu trwania. W badaniach reżimu hydrologicznego rzek istotnym kryterium oceny jego uwarunkowań jest cykliczność procesów hydrologicznych, m.in. rozkład i powtarzalność przepływu wody w czasie (White i in. 2005). Jedną z podstawowych metod służących wykrywaniu cykliczności procesów i zjawisk przyrodniczych jest analiza spektralna. Dzięki obserwacji zjawisk i procesów w dziedzinie częstotliwości zamiast badania prowadzonego w dziedzinie czasu, uzyskuje się nową informację o dominujących częstotliwościach danego procesu czy zjawiska. Te dominujące częstotliwości wiążą się z najbardziej istotnymi okresami powtarzalności dynamiki badanego procesu przyrodniczego. Z punktu widzenia cykliczności przepływu wody w rzekach analizę spektralną wykorzystuje się głównie do zidentyfikowania dominujących częstotliwości w dynamice przepływów w powiązaniu z naturalnymi cyklami

przyrodniczymi (m.in. Brook i Sheen, 1999; Kottegoda i in. 2004; Kuhnelt i in. 1990; Massei i in. 2010; Prokoph i in. 2012).

Problem wpływu zapór i zbiorników retencyjnych na cykliczność przepływów rzek jest słabo udokumentowany w literaturze. Jeden z nielicznych przykładów dotyczący Colorado River (White i in. 2005), pokazuje drastyczne zaburzenie dynamiki przepływu rzecznoego po wybudowaniu zapory, skutkujące zanikiem cyklu rocznego, będącego jednym z podstawowych cykli przyrodniczych na Ziemi. Zastosowanie analizy spektralnej dla danych o stosunkowo dużej rozdzielczości czasowej (pomiarzy codzienne) pozwala na w miarę precyzyjne określenie energii wykrytego cyklu oraz zidentyfikowanie ewentualnych zmian w cykliczności przepływu wody w rzekach spowodowanych funkcjonowaniem zbiorników zaporowych. Dodatkowo, dzięki obliczeniu energii spektralnej sygnału w dziedzinie czasu, możliwe jest określenie zmian w energii sygnału przed i po przejściu wody przez zbiornik zaporowy. Dla sygnału utworzonego przez wartości natężenia przepływu rzecznoego, zmiany w energii sygnału są wyrazem zmian w potencjale energetycznym rzeki (wzrost/spadek natężenia przepływu płynącej wody skutkuje adekwatną zmianą w wielkości jej energii kinetycznej i potencjalnej).

Głównym celem opracowania **Kędry i in. (2015)** jest określenie roli zbiorników zaporowych (Czorsztyn-Sromowce Wyżne na Dunajcu oraz Besko na Wisłoku) w kształtowaniu cykliczności i energii sygnału przepływów wody w rzekach górskich. Przedstawiona analiza skupia się na porównaniu zmian w cykliczności i energii sygnału przepływu wywołanych przez zbiorniki zaporowe o znacząco różnych parametrach i funkcjach. Duży zespół składający się z dwóch zbiorników retencyjnych (Czorsztyn-Sromowce Wyżne) o funkcji przeciwpowodziowej, wyrównawczej i energetycznej porównano z małym zbiornikiem (Besko), którego głównym zadaniem jest podnoszenie przepływów minimalnych, a rola przeciwpowodziowa jest drugorzędna. Dodatkowo zbiorniki te funkcjonują na rzekach (Dunajec i Wisłok) o odmiennym reżimie hydrologicznym. Odpływ wody z zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne oraz zbiornika Besko w generalnym zarysie nawiązuje do dynamiki dopływu. Odpływ dobowy z zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne w okresie kwiecień-październik wynosi $12 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, natomiast listopad-marzec $9 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Ze zbiornika Besko przez większą część roku odpływ dobowy jest utrzymywany na poziomie odpływu gwarantowanego ($0,9 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$).

W odniesieniu do głównego celu opracowania **Kędry i in. (2015)**, z analizy spektralnej codziennego dopływu i odpływu wody z zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne w rozpatrywanym wieloleciu 1998-2012 wynika, że w ich dynamice

dominuje cykl roczny. W odpływie wody ze zbiorników zaznacza się jedynie śladowy wzrost energii cyklu rocznego (z 10,04% do 10,41%) w jego kulminacji, w porównaniu do energii obserwowanej w przypadku cyklu rocznego dopływu. Świadczy to o niewielkim, dodatnim wpływie zespołu zbiorników na ustabilizowanie rocznej cykliczności przepływu wody górnego biegu rzeki Dunajec.

Przepływy Dunajca w posterunku wodowskazowym Krościenko zlokalizowanym ok. 22 km poniżej zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne wykazują bardzo dużą zgodność dynamiki w ciągu roku w odniesieniu do dopływu wody do zespołu zbiorników. Ze względu na większą powierzchnię zlewni wartości miesięcznych przepływów rzecznych są średnio o 21% wyższe w stosunku do odcinka rzeki powyżej zbiorników. Badanie cykliczności codziennych przepływów dla tego przekroju wodowskazowego potwierdza istnienie dominującego rocznego cyklu przepływów rzeki Dunajec. Jednak energia rocznego cyklu przepływu wynosząca 9,89% jest zauważalnie mniejsza (o 0,52%) w porównaniu z energią odpływu wody z zespołu zbiorników. Świadczy to o zwiększającym się wpływie zlewni na cykliczność przepływów Dunajca wraz z biegiem rzeki, powodującym nieznaczne osłabienie rocznego cyklu przepływów. Ze względu na duży udział zasilania podziemnego Dunajca, podtrzymującego regularność przepływów, zmniejszenie siły cyklu rocznego wraz z przyrostem powierzchni zlewni jest stosunkowo niewielkie.

Bardzo wyraźny wpływ zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne zaznacza się w przypadku analizy energii sygnału przepływów obliczonej dla rozpatrywanego wielolecia. Porównując energię sygnału dla dopływu wody do zespołu zbiorników z energią sygnału dla odpływu zauważalny jest znaczący jej spadek w odpływie aż o 40%. Uwzględniając fakt, że woda wypływająca ze zbiorników nie jest obciążona rumowiskiem, osłabienie energii sygnału po przejściu przez zbiornik zaporowy wydaje się korzystne, ponieważ obniżenie potencjału energetycznego rzeki wpływa na zmniejszenie jej siły erozyjnej. Ponadto, wraz z przyrostem zasilania z biegiem rzeki, przepływy odzyskują energię utraconą na skutek retencji w zespole zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne. Energia sygnału dla przepływów w przekroju wodowskazowym Krościenko obliczona dla wielolecia 1998-2012 jest o 24% wyższa od energii sygnału dla dopływu do zespołu zbiorników i dwukrotnie wyższa od energii sygnału dla odpływu. Można zatem stwierdzić, że 22 km poniżej zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne ich wpływ na dominujący cykl roczny oraz energię sygnału dla przepływów Dunajca nie jest już zauważalny.

Z analizy spektralnej codziennego dopływu i odpływu wody ze zbiornika Besko w latach 1998-2012, przeprowadzonej przez **Kędrę i in. (2015)**, wynika, że w ich dynamice

również dominuje cykl roczny, choć jego energia jest znacznie niższa w porównaniu do rzeki Dunajec. W odpływie wody ze zbiornika zaznacza się 1,4-krotny wzrost energii spektralnej cyklu rocznego w jego kulminacji w porównaniu z energią cyklu rocznego dopływu (z 2,86% do 4,03%). Funkcjonowanie zbiornika Besko powoduje, zatem wyraźne wzmocnienie (stabilizację) rocznego cyklu przepływów, skutkujące zwiększeniem jego regularności. Porównując energię sygnału dla dopływu z energią sygnału dla odpływu wody ze zbiornika, zauważalny jest wyraźny spadek jej wielkości w odpływie o 30%.

Reasumując analizę przeprowadzoną przez **Kędrę i in. (2015)** stwierdzić można, że wykryte zmiany w cykliczności przepływów rzeki Wisłok i Dunajec spowodowane funkcjonowaniem w ich biegu zbiorników zaporowych wykazują dużą analogię. Rozpatrywane zbiorniki funkcjonujące w górnym biegu rzek karpackich wzmacniają regularność naturalnego, rocznego cyklu przepływów, natomiast obniżają energię sygnału przepływu rzek, na których są zlokalizowane. Nieoczekiwanie, stosunkowo mały zbiornik Besko ma znacznie większy wpływ na stabilizację rocznego cyklu przepływów wody w rzece Wisłok niż duży zespół zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne na przepływy Dunajca. Fakt ten można wytłumaczyć silniejszą powtarzalnością rocznej dynamiki przepływu wody w Dunajcu, związaną z fizjograficznymi warunkami zlewni Dunajca, a w szczególności ze stosunkowo dużym zasilaniem podziemnym. Tak silna powtarzalność rocznej dynamiki przepływów Dunajca (z ok. 10% energią w cyklu rocznym) utrzymuje się na podobnym poziomie w odpływie, wskazując, że duży zespół zbiorników ma tylko znikomy wpływ na wzmocnienie rocznej cykliczności. Obecność stosunkowo małego zbiornika (Besko) wpływa z kolei znacząco na wzmocnienie rocznej powtarzalności dynamiki rzeki (Wisłok) charakteryzującej się bardziej nieregularnym reżimem hydrologicznym. W odniesieniu do energii sygnału dla przepływów rzek, zespół zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne bardziej osłabia energię przepływów Dunajca niż zbiornik Besko energię przepływów rzeki Wisłok.

Wskazanie osiągnięcia naukowego

*Za najważniejsze osiągnięcia naukowe w ramach problematyki wpływu karpackich zbiorników zaporowych na cykliczność przepływów rzek, przedstawione w opracowaniu **Kędry i in. (2015)** uważam:*

- 1. Wykazanie, że zbiorniki karpackie wzmacniają regularność naturalnego, rocznego cyklu przepływów.*

2. Wykazanie, że zbiornik Besko ma większy wpływ na stabilizację rocznego cyklu przepływów wody w rzece Wisłok niż zespół zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne na przepływy Dunajca. Wynika to z silniejszej powtarzalności rocznej dynamiki przepływu wody w Dunajcu w porównaniu z dynamiką przepływów Wisłoka o bardziej złożonym reżimie hydrologicznym.

Literatura

- Brook G.A., Sheen S.W. (1999). Cyclicity in precipitation and stream discharge in Georgia and relationships with the Southern Oscillation. *Physical Geography* 20: 367–393.
- Graf W.L. (2006). Downstream hydrologic and geomorphic effects of large dams on American rivers. *Geomorphology* 79: 336–360. DOI: 10.1016/j.geomorph.2006.06.022
- Hazel J.E. Jr., Topping D.J., Schmidt J.C., Kaplinski M. (2006). Influence of a dam on fine-sediment storage in a canyon river. *Journal of Geophysical Research – Earth Surface* 111: F01025, doi:10.1029/2004JF000193.
- Magilligan F.J., Nislow K.H. (2005). Changes in hydrologic regime by dams. *Geomorphology* 71: 61–78.
- Massei N., Laignel B., Deloffre J., Mesquita J., Motelay A., Lafite R., Durand A. (2010). Long-term hydrological changes of the Seine River flow (France) and their relation to the North Atlantic Oscillation over the period 1950–2008. *International Journal of Climatology* 30: 2146–2154. DOI: 10.1002/joc.2022.
- Kottegoda N.T., Natale L., Raiteri E. (2004). Some considerations of periodicity and persistence in daily rainfalls. *Journal of Hydrology* 296: 23–37.
- Kuhnel I., McMahon T.A., Finlayson B.L., Haines A., Whetton P.H., Gibson T.T. (1990). Climatic influences on streamflow variability: A comparison between southeastern Australia and southeastern United States of America. *Water Resource Research* 26: 2483–2496.
- Prokoph A., Adamowski J., Adamowski K. (2012). Influence of the 11 year solar cycle on annual streamflow maxima in Southern Canada. *Journal of Hydrology* 442: 55–62. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2012.03.038.
- White M.A., Schmidt J.C., Topping D. (2005). Application of wavelet analysis for monitoring the hydrologic effects of dam operation: Glen Canyon Dam and the Colorado River at Lees Ferry, Arizona. *River Research and Applications* 21: 551–565.

Wpływ zbiorników karpackich na stan hydromorfologiczny oraz jakość siedliska rzek

[4]. WIEJACZKA Ł., KIJOWSKA-STRUGAŁA M., 2015, *Assessment of the hydromorphological state of Carpathian rivers above and below reservoirs*. *Water and Environment Journal*, 29: 277-287. DOI: 10.1111/wej.12082

Stan hydromorfologiczny rzek stanowi o ich jakości siedliskowej i zależy od zróżnicowania oraz liczebności elementów naturalnych i antropogenicznych, a także od ich wzajemnych proporcji. Im większa przewaga elementów naturalnych, tym lepsza jakość siedliska cieków. Dominacja składowych antropogenicznych świadczy natomiast o wyraźnym przekształceniu siedliska rzeczno-egzogenicznego przez człowieka (Szczepanowski i in. 2011). Ocena stanu hydromorfologicznego rzek jest jednym z wymagań służących realizacji procedur Ramowej Dyrektywy Wodnej UE (2000/60/WE).

Jednym ze skutków działalności człowieka w obszarach górskich są zmiany w hydromorfologii rzek i potoków (Wyżga i in. 2009; Wiejaczka i in. 2014; Bucala i Wiejaczka 2015). Przykładem działań człowieka, które w sposób bezpośredni zmieniają hydromorfologię rzek jest m.in. regulacja przepływu, fragmentacja koryta budowlami wodnymi, stabilizacja brzegów, eksploatacja kruszywa (Wohl 2006). Eloşeghi et al. (2010)

podaje, że działalność człowieka prowadzi do przekształcenia środowiska przyrodniczego na bardziej homogeniczne i o małej różnorodności.

Pomimo, iż wpływ zbiorników zaporowych na poszczególne elementy środowiska przyrodniczego jest udokumentowany w literaturze naukowej to zmiany stanu hydromorfologicznego i jakości siedliska rzek pod wpływem zbiorników nie były jak dotąd przedmiotem szerszych analiz. Celem opracowania **Wiejaczki i Kijowskiej-Strugały (2015)** jest ocena stanu hydromorfologicznego i jakości siedliska rzek karpackich powyżej i poniżej zbiorników zaporowych. Do badań wytypowano rzekę San (zbiorniki Solina-Myczkowce), Wisłok (Besko), Ropę (Klimkówka), Dunajec (Czorsztyn-Sromowce Wyżne) oraz Rabę (Dobczyce).

Jedną z najbardziej rozpowszechnionych w Europie metod oceny stanu hydromorfologicznego i jakości siedliska rzek jest metoda River Habitat Survey (RHS), opracowana na początku lat 90. przez brytyjską Environmental Agency. Metoda ta jest zgodna z wymaganiami Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego CEN (Comité Européen de Normalisation) odnoszącymi się do Ramowej Dyrektywy Wodnej (2000/60/WE).

W metodzie RHS składowymi stanu hydromorfologicznego są elementy abiotyczne, antropogeniczne i roślinność. Na podstawie zebranych danych dla rozpatrywanych odcinków badawczych rzek oblicza się syntetyczne wskaźniki: HQA (Habitat Quality Assessment) i HMS (Habitat Modification Score), pozwalające na liczbową ocenę właściwości hydromorfologicznych rzeki. Wartość wskaźnika HQA informuje o różnorodności naturalnych elementów morfologicznych rzeki oraz doliny. Wartość wskaźnika HMS świadczy o stopniu zmian antropogenicznych rzeki i doliny. Ciek wyróżnia się najlepszymi warunkami hydromorfologicznymi w przypadku wysokich wartości wskaźnika HQA i niskich wartości HMS. Szczegółową charakterystykę prowadzenia badań według metody RHS oraz zasady obliczania wyżej wymienionych wskaźników zawiera brytyjska publikacja opracowana przez Environment Agency (2003) oraz jego polska wersja dostosowana do warunków przyrodniczych Polski (Szozkiewicz i in. 2011).

Z przeprowadzonej w opracowaniu **Wiejaczki i Kijowskiej-Strugały (2015)** analizy wynika, że funkcjonowanie zbiorników zaporowych prowadzi do zmian abiotycznych i biotycznych elementów siedliska dolin rzecznych. Skala i zasięg zmian jest różna i zależy od wielu czynników np. funkcji i parametrów zbiorników oraz naturalnej specyfiki siedliska rzeki. Ocena stanu hydromorfologicznego wybranych rzek karpackich z zastosowaniem metody RHS wykazała, że warunki hydromorfologiczne zarówno powyżej jak i poniżej zbiorników zależą głównie od cech naturalnych środowiska, przez które rzeka przepływa.

Naturalność siedliska badanych rzek (wyrażona wartościami wskaźnika HQA) zarówno powyżej jak i poniżej zbiorników zgodnie z wytycznymi Walker i in. (2002) mieściła się w przedziale niskiej bądź dostatecznej jakości. O stopniu naturalności siedliska badanych odcinków rzek decydowały głównie: liczba i różnorodność naturalnych elementów morfologicznych dna i brzegów koryt rzecznych, a także struktura roślinności brzegowej oraz sposób rozmieszczenia drzew wzdłuż koryta. Biorąc pod uwagę stopień antropogenicznego przekształcenia siedlisk rzecznych w oparciu o wartości wskaźnika HMS i klasyfikację Walkera i in. (2002) siedlisko Wisłoka i Dunajca powyżej zbiorników (Besko i Czorsztyn-Sromowce Wyżne) oraz Ropę poniżej zbiornika Klimkówka można uznać za prawie niezmienione. Mało zmienionym siedliskiem odznaczała się Ropa powyżej zbiornika Klimkówka i Dunajec poniżej zespołu zbiorników. Tylko siedlisko rzeki Raby zarówno powyżej jak i poniżej zbiornika Dobczyce sklasyfikowano jak znacznie zmienione.

Wyniki prowadzonych przez **Wiejaczkę i Kijowską-Strugałę (2015)** badań z zastosowaniem metody RHS wykazały, że wpływ zbiorników zaporowych na warunki hydromorfologiczne rzek niekoniecznie musi być negatywny (powodujący pogorszenie ich jakości). Zespół zbiorników Solina-Myczkowce i Besko są przykładem budowli hydrotechnicznych mających "neutralny" wpływ na stan hydromorfologiczny rzek. Odcinki rzek zlokalizowane zarówno powyżej jak i poniżej tych zbiorników charakteryzowały się niemal naturalnym siedliskiem i niskim stopniem jego modyfikacji przez człowieka. W przypadku rzeki Ropy poniżej zbiornika Klimkówka zaobserwowano większe zróżnicowanie naturalnych elementów morfologicznych koryta oraz rodzajów przepływu niż powyżej zbiornika. Odnotowana, lepsza jakość siedliska rzeki poniżej zbiornika Klimkówka wynika także z braku umocnień brzegów obserwowanych powyżej zbiornika (ich pojawienie się nie jest związane z obecnością zbiornika). Relatywnie gorsze warunki hydromorfologiczne odnotowano na Rabie zarówno powyżej jak i poniżej zbiornika Dobczyce. Wynika to z obecności umocnień brzegowych oraz uregulowania biegu koryta rzeki. Umocnienie i wyprofilowanie koryta ma bezpośredni związek z powstaniem zbiornika, a zmiany te mogą być traktowane, jako wyraźny wpływ budowy zbiorników na stan hydromorfologiczny i jakość siedliska rzek. Podobne antropogeniczne przekształcenia siedliska odnotowano na Dunajcu poniżej zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne. Umocnienie i wyprofilowanie brzegów koryta miało na celu ochronę drogi biegnącej wzdłuż rzeki. Nastąpiło ono na długo przed powstaniem zbiorników i nie miało bezpośredniego związku z ich budową.

Wskazanie osiągnięcia naukowego

*Za najważniejsze osiągnięcia naukowe w ramach problematyki wpływu karpackich zbiorników zaporowych na stan hydromorfologiczny oraz jakość siedliska rzek przedstawione w opracowaniu **Wiejaczki i Kijowskiej-Strugały (2015)** uważam:*

1. Wykazanie, że budowa i funkcjonowanie zbiorników zaporowych prowadzi do zmian abiotycznych i biotycznych elementów stanu hydromorfologicznego rzek (zmniejsza lub zwiększa różnorodność i stan liczbowy elementów naturalnych i antropogenicznych), a poprzez to może w różny sposób wpływać na jakość siedliska rzecznoego.

2. Porównanie stanu hydromorfologicznego i jakości siedliska rzek na odcinkach powyżej i poniżej zbiorników zaporowych pozwoliło stwierdzić, że:

- zespół zbiorników Solina-Myczkowce i Besko są przykładem budowli hydrotechnicznych mających "neutralny" wpływ na stan hydromorfologiczny i jakość siedliska rzek (podobne zróżnicowanie elementów stanu hydromorfologicznego i zbliżona jakość siedliska powyżej i poniżej zbiorników),

- poniżej zbiornika Klimkówka odnotowano większe zróżnicowanie naturalnych elementów morfologicznych koryta rzeki a tym samym lepszą jakość siedliska rzeki niż powyżej zbiornika

- budowa zbiornika Dobczyce wpłynęła na pogorszenie warunków hydromorfologicznych i jakości siedliska Raby poniżej zapory poprzez antropogeniczne przekształcenie koryta.

- odnotowana poniżej zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne gorsza jakość siedliska Dunajca (niż powyżej zbiorników) nie ma bezpośredniego związku z budową tych obiektów hydrotechnicznych.

Literatura:

Bućała A., Wiejaczka Ł. (2015). Evaluation of the hydromorphological state of mountain streams under the influence of contemporary human activity (Polish Carpathians), Environmental Earth Sciences, 73, 7, s. 3451-3463. DOI 10.1007/s12665-014-3629-3

Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej.

Elosegi A., Díez J., Mutz M. (2010). Effects of hydromorphological integrity on biodiversity and functioning of river ecosystems. Hydrobiologia, 657(1), 199-215.

Environment Agency. (2003). River Habitat Survey Guidance Manual: 2003 Version. Environment Agency, Bristol.

Szozkiewicz K., Zgoła T., Jusik S., Hryc-Jusik B., Dawson F.H., Raven P. (2011). Hydromorfologiczna ocena wód płynących. Podręcznik do badań terenowych według metody River Habitat Survey w warunkach Polski. Poznań-Warrington, 1-133

Walker J., Diamond M., Naura M. (2002). The Development of Physical Habitat Objectives. Aquatic Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst., 12, 381-390

Wohl E. (2006). Human impacts to mountain streams. Geomorphology, 79(3), 217-248.

Wyżga B., Amirowicz A., Radecki-Pawlik A., Zawiejska J. (2009). Hydromorphological conditions, potential fish habitats and the fish community in a mountain river subjected to variable human impacts, the Czarny Dunajec, Polish Carpathians. River Research and Applications 25:517-536

Wiejaczka Ł., Bućała A., Sarkar S. (2014). Human role in shaping the hydromorphology of Himalayan rivers: study of the Tista River in Darjeeling Himalaya, Current Science, 106, 5, 10, 717-724.

Wpływ zbiorników karpackich na morfologię koryt rzecznych

[5]. **WIEJACZKA Ł., KISZKA K., BOCHENEK W.**, 2014, *Changes of the morphology of the Ropa river upstream and downstream of the Klimkówka water reservoir*. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, 48, s. 61-76.

Morfologia koryt rzecznych ulega ciągłym zmianom w czasie i przestrzeni, a proces ten jest uzależniony zarówno od czynników naturalnych jak i antropogenicznych (Hickin 1983). Wśród czynników naturalnych zasadniczą rolę odgrywają wezbrania, szczególnie te z ekstremalnymi przepływami (m.in. Frandofer i Lehotský 2011; Kijowska-Strugała 2012; Gorczyca i in. 2014). Z kolei wśród działań człowieka, które w sposób bezpośredni zmieniają morfologię koryt rzecznych wyróżnia się m.in. regulację przepływu, fragmentację koryta budowlami wodnymi, stabilizację brzegów czy eksploatację żwirów (m.in. Brandt 2000; Grams i Schmidt 2002; Petts i Gurnell 2005; Rinaldi i in. 2005; Gregory 2006). Według Krzemienia (2006) w obszarach o dużej antropopresji rzeki dopasowują strukturę systemów korytowych do zmienionych warunków w dnach dolin i na stokach.

W przypadku koryt rzek na obszarze polskich Karpat, w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat obserwuje się wyraźne ich pogłębianie sięgające od ok. 0,5 do 4 m. Wcinanie się rzek wynika ze wzrostu zdolności transportowej rzek spowodowanej pracami regulacyjnymi przy jednoczesnym spadku dostawy rumowiska do koryta i ubytku rumowiska dennego spowodowanego eksploatacją żwirów z koryta. (m.in. Wyżga 1991, 2007; Lach i Wyżga 2002; Zawiejska i Wyżga 2010).

Zauważalne zmiany morfologii koryt rzek obserwuje się poniżej zapór wodnych, kiedy pozbawiona rumowiska woda wypływająca ze zbiornika swoją energię zużywa m.in. na erozję koryta (Kondolf 1997; Graf 2006; Babiński 2002, 2007). Zmiany w morfologii koryt rzecznych obserwuje się także powyżej zbiorników zaporowych gdzie dominuje akumulacja materiału rzeczno (Łajczak 1986; Liro 2014; Wicher-Dysarz i Dysarz 2016).

W opracowaniu **Wiejaczki i in. (2014)** dokonano m.in. oceny roli zbiornika retencyjnego Klimkówka w kształtowaniu morfologii koryta rzeczno. Zawartą w opracowaniu analizę zmian położenia dna koryta rzeki Ropy oparto na wynikach corocznych pomiarów geodezyjnych (niwelacyjnych) koryta Ropy przeprowadzonych w latach 2009-2014. Badania prowadzono w czterech kontrolnych profilach poprzecznych koryta – jeden profil ok. 1,5 km powyżej (Uście Gorlickie) i trzy poniżej zbiornika Klimkówka (Łosie – 2 km, Ropa – 6 km oraz Szymbark – 16 km).

Z przeprowadzonych przez **Wiejaczkę i in. (2014)** badań terenowych wynika, że wezbrania o skrajnie dużych przepływach są głównym czynnikiem modelującym morfologię koryta Ropy. Wskazuje na to porównanie morfologii dna koryta z 2009 i 2010 roku - po ekstremalnie dużych wezbraniach na Ropie (w maju i czerwcu 2010 roku). Obecność zbiornika zaporowego jest dodatkowym czynnikiem decydującym o kierunku i skali przemian morfologicznych koryta.

W profilach zlokalizowanych poniżej zbiornika Klimkówka dominującym procesem morfologicznym jest pogłębianie się koryta rzeki Ropy sięgające do kilkudziesięciu centymetrów w czasie jednego dużego wezbrania. Skala tego procesu zależy od liczby oraz wielkości wezbrań w danym roku, cech utworów litologicznych budujących dno oraz odległości od zbiornika retencyjnego. Największe zmiany położenia dna stwierdzono w obrębie koryta ukształtowanego w aluviach, a najmniejsze w obrębie wychodni skalnych w korycie. Wraz z odległością od zbiornika Klimkówka wielkość wcinania się rzeki Ropy w podłoże maleje. Można to łączyć ze wzrostem ilości transportowanego materiału wraz z biegiem rzeki i spadkiem potencjału erozyjnego rzeki wywołanego przez zbiornik (odpływ ze zbiornika wody pozbawionej rumowiska sprzyja procesom erozji koryta - tzw. *"hungry water effect"* - m. in. Kondolf 1997). W przekrojach poprzecznych koryta Ropy nie zaobserwowano istotnego wpływu prac hydrotechnicznych (regulacji koryta) na morfologię dna koryta rzeki, zauważalnego na wielu innych rzekach karpackich. Mniejsze wezbrania powodują pogłębianie w zakresie od kilku do kilkunastu centymetrów oraz redepozycję materiału dennego. W latach pozbawionych wezbrań (2011-2014) nie zaobserwowano istotnych zmian w morfologii dna koryta Ropy na rozpatrywanym odcinku rzeki.

Z kolei w korycie rzeki Ropy bezpośrednio powyżej zbiornika Klimkówka na przestrzeni analizowanych lat dominował proces akumulacji materiału niesionego przez rzekę. Jest on skutkiem spadku siły transportowej rzeki spowodowanego dwoma czynnikami: oddziaływaniem cofki zbiornika oraz podpieraniem wód Ropy przez boczny dopływ - rzekę Zdynia (o większych przepływach niż Ropa). Potwierdzeniem wyników pomiarów niwelacyjnych koryta Ropy powyżej zbiornika Klimkówka jest analiza stanów wody w Ropie w posterunku wodowskazowym RZGW. Z analizy dobowych stanów wody na Ropie w Uściu Gorlickim wynika, że przy przepływie $0,15 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ w 2009 roku stan wody kształtował się na poziomie 141 cm, natomiast w 2011 roku przy tej samej wielkości przepływu stan wody utrzymywał się na wysokości 164 cm. Podniesienie poziomu dna o 23 cm było efektem katastrofalnego wezbrania z czerwca 2010 roku, w czasie którego obserwowano intensywną akumulację materiału rzeczno-ego na tym odcinku rzeki. Obserwacje te potwierdza Kijowska i

Wiejaczka (2015), analizujący zmiany położenie dna koryta Ropy powyżej zbiornika Klimkówka dla wielolecia 1997-2014 w oparciu o długoletni przebieg minimalnych stanów wody. Według autorów podniesienie dna koryta Ropy po wezbraniach z maja i czerwca 2010 roku sięgnęło 33 cm. Ta typowa tendencja do akumulacji materiału powyżej zbiorników zaporowych, zaznaczająca się także w innych rzekach ze zbiornikami wodnymi, została odwrócona wskutek prac hydrotechnicznych przeprowadzonych po wezbraniu. Polegały one umacnianiu i nadbudowywaniu brzegów oraz udrożnieniu koryta poprzez wyrównanie jego profilu i spowodowały ponowne pogłębianie koryta. Czynniki antropogeniczne mają, zatem największy wpływ na modelowanie morfologii koryta Ropy bezpośrednio powyżej zbiornika Klimkówka.

Wskazanie osiągnięcia naukowego

*Za najważniejsze osiągnięcia naukowe w ramach problematyki wpływu karpackich zbiorników zaporowych na morfologię koryt rzecznych, przedstawione w opracowaniu **Wiejaczki i in. (2014)** uważam:*

- 1. Wykazanie, że zbiornik Klimkówka poprzez wyklinowywanie się cofki w górę koryta Ropy potęguje akumulację rumowiska zachodzącą w czasie wezbrań powyżej ujścia Zdyni (dopływ o wyższych przepływach niż Ropa).*
- 2. Wykazanie, że zbiornik Klimkówka potęguje obserwowaną poniżej jego lokalizacji tendencję Ropy do pogłębiania dna koryta. Skala pogłębiania koryta Ropy przez zbiornik Klimkówka zmniejsza się wraz z odległością od zapory i zależy m.in. od cech litologicznych podłoża.*

Literatura

- Babiński Z., (2002). Wpływ zapór na procesy korytowe rzek aluwialnych, Akademia Bydgoska im. Kazimierza Wielkiego.
- Babiński Z., (2007). Erozja wgłębna poniżej zbiorników wodnych na przykładzie wybranych zapór świata. Nauka Przyr. Technol. 1(2), 16-22.
- Brandt S.A. (2000). Classification of geomorphological effects downstream of dams. Catena, 40(4), 375-401.
- Frandofer M., Lehotský M. (2011). Channel adjustment of a mixed bedrock-alluvial river in response to recent extreme flood events (the upper topľa river). Geomorphologia Slovaca et Bohemica, 11(2), 59-71.
- Gorczyca E., Krzemień K., Wrońska-Wałach D., Boniecki M. (2014). Significance of extreme hydro-geomorphological events in the transformation of mountain valleys (Northern Slopes of the Western Tatra Range, Carpathian Mountains, Poland). Catena, 121, 127-141.
- Graf W.L. (2006). Downstream hydrologic and geomorphic effects of large dams on American rivers. Geomorphology, 79(3), 336-360.
- Gregory K.J. (2006). The human role in changing river channels. Geomorphology, 79(3), 172-191.
- Hickin E.J. (1983). River channel changes: retrospect and prospect. Modern and ancient fluvial systems, 59-83
- Kijowska-Strugała M. (2012). Impact of downpours on fluvial processes in the Polish Carpathians as exemplified by Bystrzanka stream, Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 46, 2012, s. 25-40.
- Kondolf G. M. (1997). PROFILE: hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels. Environmental management, 21(4), 533-551.

Krzemień K., (2006). Badania struktury i dynamiki koryt rzek karpackich. Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich, (4/1).

Lach J., Wyżga B. (2002). Channel incision and flow increase of the upper Wisłoka River, southern Poland, subsequent to the reafforestation of its catchment. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27(4), 445-462.

Liro M. (2014). Conceptual Model For Assessing The Channel Changes Upstream From Dam Reservoir. *Quaestiones Geographicae*, 33(1), 61-74

Łajczak A., (1986). Retencja rumowiska w zbiornikach zaporowych karpackiego dorzecza Wisły, *Czas. Geogr.*, 1, s. 47-77.

Rinaldi M., Wyżga B., Surinan N. (2005). Sediment mining in alluvial channels: physical effects and management perspectives, *River Res. Appl.*, 21, s. 805 – 828

Petts G.E., Gurnell A.M. (2005). Dams and geomorphology: research progress and future directions. *Geomorphology*, 71(1), 27-47

Wicher-Dysarz J., Dysarz T. (2016). Analiza procesu akumulacji rumowiska w górnej części zbiornika Jeziorsko. *Gospodarka Wodna*, (9), 292-298.

Wiejaczka Ł., Kijowska-Strugała M. (2015). Dynamics of the channel beds level in mountain rivers in the light of the minimum water stages analysis, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 10, 4, s. 105-112

Wyżga B. (1991). Present-day downcutting of the Raba River channel (Western Carpathians, Poland) and its environmental effects. *Catena*, 18(6), 551-566.

Wyżga B. (2007). A review on channel incision in the Polish Carpathian rivers during the 20th century. *Developments in Earth Surface Processes*, 11, 525-553.

Zawiejska, J., Wyżga B. (2010). Twentieth-century channel change on the Dunajec River, southern Poland: Patterns, causes and controls. *Geomorphology*, 117(3), 234-246.

Wpływ zbiorników karpackich na użytkowanie ziemi w dolinach rzecznych

[6]. **WIEJACZKA Ł., OLĘDZKI J. R., BUCAŁA-HRABIA A., KIJOWSKA-STRUGAŁA M., 2017, *A spatial and temporal analysis of land use changes in two mountain valleys: with and without dam reservoir (Polish Carpathians)*. *Quaestiones Geographicae*, 36, 1: 129-137. DOI: 10.1515/quageo-2017-0010**

Budowa zbiorników zaporowych jest jednym z najbardziej istotnych działań ludzkich mających wpływ na zmiany pokrycia terenu i użytkowania ziemi (Zhao i in. 2012). Natychmiastowym efektem obserwowanym w krajobrazie po powstaniu zbiornika jest pojawienie się powierzchni wodnej (Woldemichael i in. 2012). Badania zmian użytkowania ziemi w bezpośredniej bliskości zbiorników retencyjnych w różnych obszarach świata (m.in. Vandever i Drummond 1976; Tefera i Sterk 2008; Cao i in. 2011; Woldemichael i in. 2012; Pilgrim 2014) dowodzą, że po wybudowaniu zbiorników wodnych obserwuje się generalny wzrost powierzchni użytków pozarolniczych (lasów, nieużytków, zabudowy mieszkalnej itp.) oraz spadek udziału użytków rolnych (pastwisk, łąk, gruntów ornych). Natężenie zmian w użytkowaniu ziemi maleje wraz ze wzrostem odległości od zbiornika (Zhao i in. 2013).

Według Woldemichael i in. (2012) większość zmian antropogenicznych wokół zbiorników zaporowych pojawia się bezpośrednio po ich powstaniu. Badanie zaistniałych zmian powinno być oparte o porównanie warunków obserwowanych po uruchomieniu zbiornika z tymi z przed jego budowy. Vandever i Drummond (1976) twierdzą, że trudnością w porównywaniu zmian użytkowania ziemi przed i po wybudowaniu zbiorników jest odróżnienie zmian użytkowania ziemi związanych z budową zbiorników od zmian wynikających z postępujących przeobrażeń ekonomicznych regionów.

Problemem jest także znalezienie obszaru porównawczego (bez obecności zbiornika wodnego) o podobnych uwarunkowaniach środowiskowych. Po wyznaczeniu takiego obszaru zakłada się, że różnica w użytkowaniu ziemi między tymi dwoma obszarami wynika głównie z budowy zbiornika w obrębie jednego z nich.

Zmiany użytkowania ziemi w polskich Karpatach były przedmiotem wielu analiz w literaturze (m.in. Starkel 1990; Ciołkosz i in. 2011; Bucała 2012), natomiast problematyka wpływu zbiorników zaporowych na użytkowanie ziemi na tym obszarze nie była szerzej podejmowana. W nielicznych pracach zagadnienie to jest jedynie zarysowane przy okazji analizy zmian krajobrazowych (Jaguś i in. 2006; Forczek-Brataniec 2010)

Głównym celem opracowania **Wiejaczki i in. (2017)** była czasowa i przestrzenna analiza zmian w użytkowaniu ziemi w dwóch dolinach karpackich, wynikających z ogólnych transformacji społeczno-ekonomicznych, zachodzących na obszarze polskich Karpat oraz z budowy i funkcjonowania zbiornika zaporowego w jednej z nich. W publikacji przedstawiono zmiany użytkowania ziemi w sąsiadujących ze sobą dolinach karpackich, o podobnych uwarunkowaniach przyrodniczych. W analizie porównano użytkowanie ziemi w obszarach testowych doliny rzeki Białej (17,2 km²) i Ropy (15,5 km²). Analizę użytkowania ziemi na wybranych obszarach badawczych przeprowadzono w odniesieniu do roku 1977 oraz 2009 z wykorzystaniem archiwalnych zdjęć lotniczych oraz technik GIS.

Z podjętej przez **Wiejaczkę i in. (2017)** analizy wynika, że w dolinie rzeki Ropy w 2009 (15 lat po powstaniu zbiornika Klimkówka) w stosunku do 1977 roku (przed budową zbiornika) zaobserwowano spadek powierzchni leśnej o 2,3%. Jest to głównie konsekwencją wycięcia lasu w dnie doliny rzeki Ropy związanego z budową zbiornika Klimkówka. Powyżej przyjętego poziomu dna doliny na wysokości 400 m n.p.m. nastąpił wzrost powierzchni leśnej. Użytki zielone zmniejszyły swoją powierzchnię o ponad 40%, co z jednej strony wynika z zalania dna doliny wodą (6,02%), ale także z naturalnej sukcesji leśnej w wyższych partiach stoków (3,40%). Ponad połowa gruntów ornych, które występowały na dnie doliny Ropy, została zalana wodą wskutek uruchomienia zbiornika. W badanym przedziale czasowym (między 1997 a 2009) analiza zmian użytkowania ziemi wykazała także, że ok. 60% lasu i 8,5% użytków zielonych jest w ten sam sposób użytkowana. Ponadto ok. 3,4% użytków zielonych porosło lasem na drodze naturalnej sukcesji, a ok. 1% gruntów ornych zostało zajęte przez użytki zielone i las. Budowa zbiornika spowodowała, że ponad 15% łącznej powierzchni lasów, użytków zielonych, gruntów ornych, zabudowań i dróg zostało zajęte przez zbiornik wodny.

Pomimo zalania dna doliny (gdzie przed powstaniem zbiornika skupiona była zabudowa) nastąpił niewielki wzrost powierzchni zabudowań i dróg. Powstanie zbiornika i rozwój osadnictwa, na terenie przyległym do akwenu, przyczynił się do budowy nowych dróg w wyższych partiach zboczy doliny rzeki Ropy. Łączna długość sieci dróg w 2009 r. wzrosła w porównaniu z 1977 rokiem z 22,3 km do 38,1 km, a jej gęstość z 1,44 km/km² do 2,45 km/km². Powstanie akwenu wodnego

spowodowało rozwój budownictwa wokół zbiornika, głównie w obrębie wsi Klimkówka, na lewym zboczach doliny Ropy. W wyższych partiach stoków, po prawej stronie doliny, gdzie przed powstaniem zbiornika nie istniały żadne zabudowania, pojawiła się zabudowa rozproszona. Obok domów mieszkalnych w krajobrazie doliny zostały wybudowane domy letniskowe. Zmieniła się, zatem funkcja zabudowań na badanym obszarze z mieszkalno-gospodarczej na mieszkalno-rekreacyjną. Zwarta zabudowa, podobnie jak w 1977 roku, koncentruje się głównie w Uściu Gorlickim, przylegającym do testowego obszaru badań w dolinie Ropy.

Porównanie przez **Wiejaczkę i in. (2017)** zmian zaistniałych w użytkowaniu ziemi w dolinie Ropy ze zmianami w dolinie Białej wskazuje, że ogólne kierunki przekształceń w obu dolinach w strukturze użytkowania ziemi są podobne. Zaobserwowano spadek udziału użytków rolnych przy stopniowym wzroście powierzchni leśnej, zwłaszcza na stromych stokach. W badanym okresie zarówno w dolinach Białej jak i Ropy nastąpił przyrost powierzchni leśnej odpowiednio z 47,51% na 48,7% i z 65,21% na 67,55%. Prawdopodobnie rzeczywisty przyrost powierzchni leśnej byłby większy w dolinie Ropy, ponieważ 5.54% powierzchni leśnej zostało wycięte w trakcie budowy zbiornika. Zmiany w użytkowaniu ziemi zachodzące w dolinie rzeki Białej w rozpatrywanym 30-leciu są konsekwencją ogólnych przemian społeczno-ekonomicznych zachodzących w Polsce (w szczególności w Karpatach). Zmiany w użytkowaniu ziemi zachodzące w dolinie rzeki Ropy w rozpatrywanym przedziale czasowym z jednej strony wykazują związek z przemianami społeczno-gospodarczymi, a z drugiej strony bardzo wyraźnym czynnikiem decydującym o kierunku i skali zmian jest powstanie i funkcjonowanie zbiornika wodnego.

Wskazanie osiągnięcia naukowego

*Za najważniejsze osiągnięcia naukowe w ramach problematyki wpływu karpackich zbiorników zaporowych na użytkowanie ziemi w dolinach rzecznych, przedstawione w opracowaniu **Wiejaczki i in. (2017)** uważam:*

- 1. Wykazanie, że zmiany użytkowania ziemi w otoczeniu zbiornika, zasadniczo, wykazują analogię co do kierunku, z przeobrażeniami zachodzącymi na obszarze całych Karpat w wyniku przemian społeczno-ekonomicznych (m.in. wzrost powierzchni lasów, spadek powierzchni użytków rolnych).*
- 2. Wykazanie nałożenia się zmian użytkowania ziemi spowodowanych powstaniem zbiornika zaporowego, przejawiających się m.in. w lokalnym zmniejszeniu powierzchni lasów, zwiększeniu gęstości dróg w wyższych partiach zboczy doliny, zmianie funkcji zabudowań z mieszkalno-gospodarczych na mieszkalno-rekreacyjne, na ogólne tendencje zmian użytkowania ziemi w polskich Karpatach.*

Literatura

Bucała A. (2012). Współczesne zmiany środowiska przyrodniczego dolin potoków Jaszcz i Jamne w Górcach (Vol. 231). IGiPZ PAN.

Cao Y., Zhou W., Wang J., Yuan, C. (2011). Spatial-temporal pattern and differences of land use changes in the Three Gorges Reservoir Area of China during 1975–2005. *Journal of Mountain Science*, 8(4), 551–563.

Ciołkosz A., Guzik C., Luc M., Trzepacz P. (2011). Zmiany użytkowania ziemi w Karpatach Polskich w okresie 1988–2006.

Forczek-Brataniec U. (2010). Zmiany w krajobrazie wokół zbiorników wodnych w Pieninach. *Monografie Pienińskie*, 2, 259–279.

Jaguś A., Kulpa R., Rzeżała M. (2006). Zmiany użytkowania terenu i wód powierzchniowych w Pieninach. *Pieniny–Przyroda i Człowiek*, 9, 143–155.

Pilgrim C. (2014). Spatial and temporal analysis of land cover change, sedimentation and water quality in the Lake Issaqueena watershed, South Carolina.

Starkel L. (1990). Zróżnicowanie przestrzenne środowiska Karpat i potrzeby zmian w użytkowaniu ziemi. *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich*, 30.

Tefera B., Sterk G. (2008). Hydropower-induced land use change in Fincha'a watershed, western Ethiopia: Analysis and impacts. *Mountain Research and Development*, 28(1), 72–80.

Vandever L.R., Drummond H.E. (1976). Differential land use change as the result of the construction of the Keystone Reservoir. In *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science* (Vol. 56, pp. 153–158)

Woldemichael A.T., Hossain F., Pielke R., Beltrán-Przekurat A. (2012). Understanding the impact of dam-triggered land use/land cover change on the modification of extreme precipitation. *Water Resources Research*, 48(9).

Zhao Q., Liu S., Deng L., Dong S., Yang Z., Yang J. (2012). Landscape change and hydrologic alteration associated with dam construction. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 16, 17–26.

Zhao Q., Liu S., Deng L., Dong S., Yang Z., Liu, Q. (2013). Determining the influencing distance of dam construction and reservoir impoundment on land use: A case study of Manwan Dam, Lancang River. *Ecological engineering*, 53, 235–242.

Wpływ zbiorników karpaccich na lokalne społeczności

[7]. WIEJACZKA Ł., PIRÓG D., SOJA R., SERWA M., 2014, *Community perception of the Klimkówka Reservoir in Poland*. *International Journal of Water Resources Development*, 30, 4: 649–661. DOI: 10.1080/07900627.2014.892426

Zbiorniki zaporowe poza oddziaływaniem na środowisko przyrodnicze, wywierają także wpływ na człowieka żyjącego w ich otoczeniu (Goldsmith i Hildyard 1986; Sadler i in. 2000; Scudder 2012). Z punktu widzenia lokalnych społeczności ludzkich obecność zbiorników z jednej strony wiąże się określonymi korzyściami, a z drugiej z prawdopodobieństwem wystąpienia wielu skutków niepożądanych (World Commission on Dams 2000). Według WCD (2000) negatywne oddziaływanie zbiorników retencyjnych na lokalne społeczności może zmieniać się w czasie. Niektóre skutki są natychmiastowe (np. utrata domu, źródła dochodu itp.), na inne trzeba czekać znacznie dłużej (zmniejszenie niezadowolenia społecznego, oraz poczucia zagrożenia ze strony zbiornika związanego z ryzykiem katastrofy obiektu). Skala i zasięg zaistniałych skutków będą się także różnić w zależności od rozmiarów obiektu hydrotechnicznego, miejsca jego lokalizacji oraz gęstości zaludnienia obszaru zlewni/doliny rzecznej. Castelán (2002) zauważa, że wiele negatywnych skutków budowy dużych zapór jest rezultatem nieefektywnego planowania oraz niewłaściwego zarządzania.

Napier i in. (1986) podają, że ludzie oceniają wszystkie zjawiska z punktu widzenia ich przydatności dla siebie. Indywidualna ocena zbiornika zaporowego jest, zatem uzależniona od wielkości otrzymanych korzyści i poniesionych strat, związanych z jego powstaniem. Sirikaew i Seeboonruang (2013) zauważają, że ludność mieszkająca w bezpośrednim otoczeniu nowopowstałego zbiornika pomimo, iż dostrzega korzyści wynikające z jego obecności, obawia się, że jej dotychczasowy tryb życia ulegnie znacznym, niepożądanym zmianom. Społeczna percepcja zapór i zbiorników wodnych nie zawsze musi być negatywna. Miejscowa ludność może już na etapie budowy zbiornika przywyknąć do jego obecności albo też z czasem jej negatywne nastawienie może zaniknąć (Napier i in. 1985). Ludność może mieć pozytywny stosunek do zbiorników zaporowych np. w przypadku satysfakcjonujących rekompensat za utracone dobra materialne oraz pojawienia się nowych perspektyw poprawy standardu życia (m.in. Manatunge i Takesada 2013; Sisinggih i in. 2013). Kirchherr i in. (2016) oceniają, że 95-96% publikacji naukowych dotyczących społecznej percepcji zbiorników zaporowych wskazuje na przynajmniej jeden negatywny społeczny aspekt ich budowy. Tylko 5-6% procent opracowań dotyczy wyłącznie pozytywnych społecznych skutków budowy zbiorników.

W polskiej literaturze naukowej odnaleźć można zaledwie dwa opracowania dotyczące społecznej percepcji zbiorników zaporowych: Micka i Padły (2004), w odniesieniu do zbiornika Czorsztyn na Dunajcu oraz Sroczyńskiego i Józefko (2002) opisującego stosunek lokalnej społeczności do planowanej budowy zbiornika Krempna na Wisłocze. W opracowaniach tych podkreśla się negatywny stosunek lokalnych społeczności do zbiorników zaporowych na etapie ich planowania i budowy.

W rozprawie doktorskiej Wiejaczki (2009) została podjęta tematyka społecznej percepcji zbiornika Klimkówka. Badania ankietowe i wywiad przeprowadzony wśród lokalnej społeczności w 2008 roku wykazały, że zbiornik Klimkówka jest w pełni akceptowany przez społeczność mieszkającą w bezpośredniej bliskości zbiornika. Zdecydowana większość ankietowanych osób nie dostrzegała negatywnych skutków wybudowania zbiornika zaporowego w ich bliskim otoczeniu, zarówno z punktu widzenia własnych interesów, jak i całej lokalnej społeczności. Miejscowa ludność podkreślała raczej pozytywne wyniki z lokalizacji zbiornika Klimkówka w ich sąsiedztwie i nie chciałyby powrotu do poprzedniego wyglądu doliny Ropy – bez zbiornika. Zaznaczyć należy, że budowie zbiornika nie towarzyszyły żadne protesty ze strony lokalnych społeczności czy organizacji proekologicznych. Społeczny sprzeciw był obserwowany np. w stosunku do

(budowanego w zbliżonym okresie, co zbiornik Klimkówka) zbiornika Czorsztyn na Dunajcu (Micek i Padło 2004).

W czerwcu 2010 roku na Ropie miało miejsce wezbranie o ekstremalnym jak dla tej rzeki przepływie, powstałe na skutek intensywnych opadów na obszarze Polski południowej. Zbiornik Klimkówka obniżył wówczas kulminację fali wezbraniowej z $450 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (przepływ z prawdopodobieństwem pojawienia się wynoszącym raz na tysiąc lat) do $284 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Przechwycenie znacznej ilości wody w ciągu krótkiego czasu, sprawiło, że zbiornik Klimkówka utracił swoje zdolności retencyjne, co wymusiło z kolei duże zrzuty wody ze zbiornika (o wielkości równej dopływowi – $150 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$). W konsekwencji zarysowanej powyżej sytuacji woda w Ropie poniżej zbiornika Klimkówka wystąpiła z koryta rzeki powodując podtopienia przyległych terenów, a tym samym stwarzając realne zagrożenie powodziowe. W powszechnej opinii panującej wśród ludności zamieszkującej całą dolinę Ropy, utrwalił się pogląd, że to właśnie zbiornik Klimkówka był przyczyną powodzi, ponieważ nie był przygotowany na przyjęcie tak dużej fali wezbraniowej. Dodatkowo w czasie wezbrania pojawiały się różne informacje (podawane także przez media) sugerujące, że zaporze wodnej zbiornika Klimkówka grozi katastrofa budowlana. Następstwem zarysowanej powyżej sytuacji mogła być zmiana pozytywnej, społecznej percepcji zbiornika Klimkówka.

Ze względu na powyższe, po wezbraniu w 2010 roku przeprowadzono ponowne badania wśród lokalnej społeczności (poniżej zapory) w celu wychwycenia potencjalnych zmian w postrzeganiu zbiornika Klimkówka przez lokalną społeczność. Wykorzystano formularz ankietowy, którym posłużono się w roku 2008, a jedyne dodatkowe pytanie zawarte w kwestionariuszu dotyczyło skuteczności ochrony przeciwpowodziowej zbiornika Klimkówka. Wstępne wyniki badań zostały przedstawione w opracowaniu Serwy i Wiejaczki (2011), a pogłębiona ich analiza została zawarta w publikacji **Wiejaczki i in. (2014)**.

Zasadnicze cele opracowania **Wiejaczki i in. (2014)** sprowadzały się do:

1. Analizy dynamiki percepcji zbiornika zaporowego w kontekście niebezpiecznych zdarzeń hydrologicznych (powodzi), przez ludność mieszkającą w jego najbliższym otoczeniu.
2. Ustalenia wpływu zmiennych niezależnych (płeć, wiek, poziom wykształcenia, oddalenie domostwa od obiektu) na sposób postrzegania zbiornika.
3. Dokonania hierarchizacji wybranych determinant percepcji obiektów hydrotechnicznych, ze szczególnym uwzględnieniem pozycji niepożądanego zdarzenia – powodzi w rankingu tych czynników.

Analiza przeprowadzona w opracowaniu **Wiejaczki i in. (2014)** wykazała, że zbiornik Klimkówka zarówno przed jak i po powodzi w dolinie Ropy w 2010 roku jest postrzegany

przez lokalną społeczność, jako obiekt bezpieczny, a samo ryzyko katastrofy zapory według oceny badanych osób jest znikome. Wypowiedzi indagowanych wskazują m.in. na zaufanie do osób zarządzających obiektem i pracujących przy budowie zapory oraz na przekonanie, że odpowiednie położenie ich domostwa w obrębie doliny jest gwarancją bezpieczeństwa. Wyraźne poczucie bezpieczeństwa prawdopodobnie wynika także z kilkunastoletniego okresu przyzwyczajania się lokalnej społeczności do obecności dużego obiektu hydrotechnicznego w bezpośredniej bliskości ich miejsca zamieszkania. Nie bez znaczenia wydaje się również fakt, że w ostatnich latach zarówno w Polsce jak i na świecie nie wydarzyła się żadna spektakularna katastrofa hydrotechniczna obiektu piętrzącego. Takie wydarzenie mogłoby wpłynąć na wzrost poczucia zagrożenia osób mieszkających poniżej zapór wodnych. Weryfikacja tej hipotezy byłaby możliwa w przypadku wykonania ponownego badania tej samej populacji po wystąpieniu awarii innej budowli piętrzącej, skutkującej poważnymi konsekwencjami społecznymi lub przynajmniej w sposób negatywny nagłośnionej przez media. O pozytywnym nastawieniu do zbiornika świadczy także przekonanie żyjącej w pobliżu obiektu ludności o potrzebie jego budowy. Respondenci dostrzegali więcej korzyści (w skali osobistej i społecznej) z sąsiedowania z obiektem, niż kosztów. Ciekawym zjawiskiem jest społeczna dwoistość percepcji skutków budowy zbiornika. Przykładowo wąska grupa badanych widzi negatywne skutki budowy zbiornika np. wzmożony ruch turystyczny powodujący przykre dla nich konsekwencje (np. hałas). Dla wielu innych osób ruch turystyczny jest jednak pozytywnym aspektem związanym z obecnością zbiornika, przyczyniającym się, m.in. do wzrostu koniunktury gospodarczej regionu. Ludność po kilkunastu latach funkcjonowania zbiornika przywykła do obecności zbiornika i zapory wodnej w ich najbliższym otoczeniu i nie chciałby obecnie powrotu do sytuacji bez zbiornika retencyjnego w ich sąsiedztwie. Respondenci nie wyrażali też szczególnego pragnienia zmiany miejsca zamieszkania na bardziej oddalone od zapory (ewentualnie chcieliby mieszkać wyżej od dna doliny, poza zasięgiem potencjalnych wód powodziowych). Można, zatem wnioskować, że badana ludność żyje w symbiozie ze zbiornikiem i zaakceptowała go, jako element przestrzeni życiowej.

W hierarchii czynników mających wpływ na społeczną percepcję zbiorników zaporowych w przypadku badanej populacji największe znaczenie ma odległość posesji od zbiornika. Generalnie im większa odległość domostwa od zbiornika tym bardziej pozytywny społeczny odbiór obiektu. Pozostałe determinanty jak wiek, wykształcenie czy płeć mają mniejszy wpływ na sposób postrzegania zbiornika i zapory. Zdarzenie w postaci wezbrania powodującego powódź, jak już wspomniano powyżej, nie miało istotnego wpływu na ogólny,

pozytywny odbiór zbiornika. Powódź okazała się czynnikiem tylko nieznacznie obniżającym pozytywny stosunek mieszkańców do zbiornika.

Wskazanie osiągnięcia naukowego

*Za najważniejsze osiągnięcia naukowe w ramach problematyki wpływu karpackich zbiorników zaporowych na lokalne społeczności, przedstawione w opracowaniu **Wiejaczki i in. (2014)** uważam:*

- 1. Wykazanie, że największe znaczenie dla percepcji zbiornika zaporowego przez lokalną społeczność ma odległość posesji od zbiornika. Wraz ze wzrostem odległości domostwa od zbiornika wzrasta pozytywny społeczny odbiór obiektu. Inne społeczne determinanty jak: wiek, wykształcenie czy płeć mają mniejszy wpływ na sposób postrzegania zbiornika i zapory.*
- 2. Wykazanie, że wyrażnie pozytywny społeczny odbiór zbiornika zaporowego nie ulega istotnemu osłabieniu, nawet w przypadku wystąpienia potencjalnego zagrożenia (powodzi) ze strony obiektu.*

Literatura

- Castelán E. (2002). Role of Large Dams in the Socio-economic Development of Mexico. *International Journal of Water Resources Development*, 18, 1, 163–177.
- Goldsmith E., Hildyard N. (1986). The social and environmental effects of large dams. 2. case studies. *Wadebridge Ecological Centre*.
- Kirchherr J., Pohlner H., Charles K.J. (2016). Cleaning up the big muddy: A meta-synthesis of the research on the social impact of dams. *Environmental Impact Assessment Review*, 60, 115–125.
- Manatunge J., Takesada N. (2013). Long-term perceptions of project-affected persons: a case study of the Kotmale Dam in Sri Lanka. *International Journal of Water Resources Development*, 29, 1, 87–100.
- Micek G., Padło T. (2004). Postrzeganie Zbiornika Czorszyńskiego przez mieszkańców okolicznych wsi, [w:] Micek G., Padło T. (red.), *Przestrzeń w badaniach i wędrówkach studentów geografii IGiP UJ, Kraków*, s. 37 – 42.
- Napier T.L., Goe W.R. Carter M.V. (1985). Reservoir Impacts: A Synthesis of a 10-Year Research Project. *Water Resources Research*, 21, 6, 801–807.
- Napier T.L., Carter M.V. Bryant E.G. (1986). Local perceptions of reservoir impacts: A test of vested interests. *American Journal of Community Psychology*, 14, 1, 17–37.
- Sadler B., Verocai I., Vanclay F. (2000). Environmental and Social Impact Assessment for large dams. Final version. *World Commission on Dams (WCD). WCD Thematic Review*, 2.
- Scudder, T.T.T. (2012). *The Future of Large Dams: "Dealing with Social, Environmental, Institutional and Political Costs"*. Routledge.
- Serwa M., Wiejaczka Ł. (2011). Społeczna percepcja zbiornika retencyjnego Klimkówka po powodzi w 2010 roku, *Gospodarka Wodna*, 4, s. 144 – 148.
- Sirikaew, U., Seeboonruang, U. (2013). Assessment of Social Impacts of a Reservoir on a Saline Soil Area in Northeast Thailand. *Advanced Materials Research*, 622, 1659–1663.
- Sisinggih D., Wahyuni S., Juwono P.T. (2013). The resettlement programme of the Wonorejo Dam project in Tulungagung, Indonesia: the perceptions of former residents. *International Journal of Water Resources Development*, 2, 91, 14–24.
- Sroczyński W., Józefko U. (2002). Geochrona górnych odcinków dolin rzek beskidzkich przeznaczonych pod budownictwo wodne na przykładzie projektowanego zbiornika Krempna na rzece Wisłoce, *Wydawnictwo IGSMiE, Kraków*, ss. 152.
- World Commission on Dams (WCD, 2000). Social Impact Assessment: WCD Thematic Review 2. Environmental and Social Assessment for Large Dams. *World Commission on Dams, Cape Town*.
- Wiejaczka Ł. (2009). Wpływ zbiornika wodnego „Klimkówka” na abiotyczne elementy środowiska przyrodniczego w dolinie Ropy, *maszynopis rozprawy doktorskiej, IGiPZ PAN, Szymbark*, 295 ss.

2.4. Podsumowanie

Podsumowując problematykę poruszoną w 7 publikacjach (oraz w pozostałych opracowaniach dotyczących oddziaływania karpackich zbiorników zaporowych na środowisko geograficzne, których jestem autorem/współautorem) **za moje najważniejsze osiągnięcie naukowe uważam wykazanie wielokierunkowych skutków funkcjonowania dużych zbiorników zaporowych dla środowiska geograficznego w polskich Karpatach.** Podobnych, wielokierunkowych prac badawczych brakuje w odniesieniu do większości obszarów górskich na świecie, w których funkcjonują zbiorniki zaporowe, ponieważ studia skupiają się głównie na analizie wybranych elementów środowiska geograficznego, często w odniesieniu do pojedynczych obiektów hydrotechnicznych.

Również w Karpatach badania dotyczące wpływu zbiorników zaporowych na środowisko były rozproszone (brak wiodącego ośrodka naukowego) i koncentrowały się głównie na analizie wybranych zagadnień hydrologicznych i geomorfologicznych, w mniejszym zakresie klimatycznych. Moje publikacje naukowe dotyczące oddziaływania karpackich zbiorników zaporowych na środowisko geograficzne wypełniają lukę w dotychczasowych badaniach realizowanych przez zespoły naukowe m.in. z Instytutu Ochrony Przyrody PAN i Uniwersytetu Jagiellońskiego, które wniosły istotny wkład w rozpoznanie innych środowiskowych skutków antropopresji tj. regulacji rzek oraz eksploatacji rumowiska z rzek górskich na obszarze polskich Karpat.

Udokumentowany w moich opracowaniach wpływ funkcjonowania zbiorników zaporowych można, w większości rozpatrywanych przypadków, uznać za negatywny dla środowiska geograficznego Karpat. Negatywne skutki budowy zbiorników obejmują m.in.: ochłodzenie wody w okresie letnim - istotne dla rozwoju życia biologicznego rzek, zaburzenia w naturalnych relacjach między elementami środowiska przyrodniczego, nasilenie procesów erozji i akumulacji zachodzących w korytach rzek, modyfikację naturalnego stanu hydromorfologicznego i jakości siedliskowej rzek. Mniej liczne, pozytywne aspekty funkcjonowania karpackich zbiorników zaporowych to: wzmocnienie regularności rocznego cyklu procesów przyrodniczych, zwiększenie różnorodności (w niektórych przypadkach) elementów przyrodniczych decydujących o jakości siedliskowej rzek oraz pozytywne postrzeganie funkcjonowania zbiornika przez lokalną społeczność. Trudna w kontekście pozytywów/negatywów jest ocena zmian w użytkowaniu ziemi. Z jednej strony powstanie zbiornika skutkuje np. spadkiem powierzchni leśnej w dolinie, a z drugiej w tym samym miejscu powstaje akwen wodny, jako nowy element przestrzeni geograficznej.

Przedstawione zarówno w moich opracowaniach (jak i wcześniejszych publikacjach dotyczących zbiorników i rzek karpackich) skutki budowy i funkcjonowania zbiorników zaporowych nie wyczerpują całości zagadnienia ze względu na jego złożoność i wielokierunkowość. Dalszych prac badawczych wymaga m.in. udokumentowanie wpływu wszystkich dużych zbiorników zaporowych istniejących na obszarze polskich Karpat na abiotyczne i biotyczne elementy środowiska, a także na człowieka stanowiącego jego integralną część. W tym aspekcie moim niezwykle istotnym zadaniem jest pozyskanie ambitnych studentów geografii, którzy w drodze własnego rozwoju naukowego będą kontynuować ten ważny kierunek badań w geografii. Stworzenie kilkusobowego zespołu naukowego ukierunkowanego na badania wpływu zbiorników zaporowych na środowisko geograficzne jest jednym z zasadniczych celów mojej dalszej pracy naukowo-zawodowej.

5. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO - BADAWCZYCH.

5.1. Pozostałe prace badawcze w Polsce

Poza omówionymi powyżej pracami badawczymi dotyczącymi wpływu karpackich zbiorników zaporowych na środowisko geograficzne stanowiącymi główne osiągnięcie naukowe prowadziłem także badania dotyczące innych zagadnień w odniesieniu do środowiska przyrodniczego obszaru polskich Karpat:

1. W 2010 roku została wydana praca zbiorowa pod redakcją W. Sroczyńskiego pt. *"Ochrona georóżnorodności relikтового krajobrazu polskich Karpat fliszowych na przykładzie źródeł Sidławy w Beskidzie Niskim"* będąca rezultatem badań w ramach projektu badawczego MNiSW (NN525206433) pod takim samym tytułem. Jako autor i współautor kilku rozdziałów (II-D[31], [32], [33]) przedstawiłem w niej wyniki moich badań dotyczących hydrologicznych, fizykochemicznych, klimatycznych oraz morfologicznych uwarunkowań zlewni Sidławy. W przeprowadzonych badaniach dokumentowałem m.in. mało spotykany w w ciekach położonych w bezpośrednim sąsiedztwie karpackiego działu wodnego kręty/pseudomeandrowy przebieg jednego z potoków (Dzielec) w zlewni Sidławy.

2. Jestem także współautorem monografii *"Kierunki przemian środowiska przyrodniczego dolin gorczańskich"* (II-D[36]) powstałej, jako efekt prac w ramach grantu NCN (NN306659940) *"Wpływ zmian społeczno-gospodarczych na przebieg procesów przyrodniczych i przekształcenia geosystemów górskich w Gorcach"* w ramach, którego prowadziłem badania m.in. nad stanem hydromorfologicznym oraz jakością siedliska potoków gorczańskich (Jaszcz i Jamne), a także ich hydrologicznymi i fizykochemicznymi właściwościami. Wyniki tych badań zostały przedstawione także w opracowaniach: (II-D[23],

[41], [48]). W pracach tych wykazano m.in. związek pomiędzy stopniem antropopresji w dolinach gorczańskich (np. zabudowania) a stopniem przekształcenia hydromorfologii koryt i jakością siedliska potoków.

3. Prace badawcze prowadzone w ramach mojej pracy naukowej w kraju, które udokumentowałem publikacjami skupiały się także na ocenie:

- wieloletnich zmian położenia dna koryt rzek karpackich w oparciu analizę przebiegu stanów wody (Ropa, Zdynia, Wisłok): publikacje II-A[3], II-D[10]; wykazano różne tendencje w wieloletniej dynamice poziomu den koryt rzecznych w Beskidzie Niskim, tj. obniżanie, pogłębianie oraz stagnację, uzależnione od czynników naturalnych i antropogenicznych,
- zmian chemizmu wody w rzekach karpackich (Raba, Dunajec, Ropa) w kontekście oddziaływania zbiorników zaporowych (prace wstępne): II-A[5]; wskazano, że zbiorniki nie powodują zauważalnego i trwałego pogorszenia jakości wód rzecznych,
- wieloletniej dynamiki poziomu piętrzenia wody w karpackich zbiornikach zaporowych (Czorsztyn, Sromowce Wyżne, Klimkówka, Besko): II-D[20], [26]; wykazano, że szeroki zakres wahań poziomu wody w zbiornikach zaporowych w cyklu rocznym jest zależny od głównie od dynamiki przepływów wody w rzekach, a dodatkowo od gospodarki wodnej prowadzonej na poszczególnych obiektach hydrotechnicznych,
- zmian morfologii doliny Ropy w miejscu lokalizacji zbiornika Klimkówka: II-D[19], [34], [39], [40], [42]; wykazano m.in., że zmiany morfologii zboczy doliny w obrębie strefy brzegowej zbiornika zaporowego zachodzą głównie poprzez rozwój klifów,
- podatności karpackich zbiorników zaporowych na degradację wód: II-D[27]; wykazano, że zbiorniki wyrównawcze o stosunkowo małej pojemności i szybkim tempie wymiany wody (np. Myczkowce, Czchów, Sromowce Wyżne) są bardziej podatne na degradację wód niż pozostałe zbiorniki zaporowe o stosunkowo większej pojemności (np. Solina, Czorsztyn, Dobczyce).

5.2. Międzynarodowe prace badawcze

W trakcie mojej pracy naukowej w IGiPZ PAN prowadziłem również prace badawcze poza granicami kraju:

1. Od 2011 roku we współpracy z North Bengal University (NBU) w Indiach prowadzę regularne badania zmian środowiskowych pod wpływem czynników naturalnych oraz działalności człowieka w Himalajach oraz na ich przedpolu. Badania te prowadzone są w ramach polsko-indyjskich projektów IGiPZ PAN oraz NBU (dzięki umowie o wymianie między Polską i Indyjską Akademią Nauk): *"The anthropogenic factor and the extreme floods*

shapes the landscape of the Eastern Himalaya margin (stage II)" oraz "The role of man and extreme events in the transformation of environment at the margin of the Eastern Himalaya and their piedmont".

Od 2013 roku we współpracy z North Eastern Hill University (NEHU) w Shillongu w Indiach w ramach projektu badawczego IGiPZ PAN oraz NEHU *"Impact of extreme rainfalls and human activity on soil properties and water resources in Northeast India"* prowadzę badania nad rolą człowieka w kształtowaniu chemizmu wód powierzchniowych na Wyżynie Meghalaya.

Do najważniejszych prac badawczych wykonanych do tej pory w Indiach i udokumentowanych publikacjami naukowymi należą:

- ocena wpływu nowobudowanych zbiorników zaporowych w Himalajach na chemizm wód rzecznych (rzeka Tista - dopływ Brahmaputry): publikacja II-D[30], [50]; wykazano, m.in., że zmiany właściwości fizykochemicznych oraz stężeń jonów spowodowane przez zbiorniki są niwelowane przez czynniki środowiskowe jeszcze na obszarze Himalajów na odcinku do kilkunastu kilometrów poniżej zapory,
- ocena stanu hydromorfologicznego oraz jakości siedliskowej rzek himalajskich: II-A[2]; wykazano m.in., że jakość siedliska rzeki Tisty na odcinkach o zauważalnej antropopresji nie odbiega znacząco od jakości siedliska na odcinkach bez widocznej ingerencji człowieka,
- ocena tempa wcinania się rzek himalajskich oraz podnoszenia den koryt rzek na przedpolu Himalajów: II-D[35], [60]; wykazano m.in. tendencję do podnoszenia den koryt rzek na przedpolu Himalajów spowodowaną przez czynniki naturalne (akumulację rumowiska) oraz do obniżania poziomu dna wywołanego przez czynniki antropogeniczne (eksploatacja materiału dennego),
- ocena roli dopływów w kształtowaniu morfologii koryt rzek himalajskich: II-A[7]; wskazano m.in. na rolę ekstremalnych zdarzeń hydrologicznych w kształtowaniu morfologii koryt rzek himalajskich.

2. Od 2014 roku prowadzę badania z zakresu hydromorfologii koryt rzecznych na Pustyni Negev w Izraelu we współpracy z Hebrew University w Jerozolimie. W ramach tych prac wykonano do tej pory:

- ocenę stanu hydromorfologicznego oraz jakości siedliskowej rzek pustynnych o różnym stopniu antropopresji: II-A[8]; wykazano m.in. zróżnicowanie naturalnych i antropogenicznych elementów stanu hydromorfologicznego decydujących o jakości siedliskowej rzek pustynnych,

- ocenę zmian chemizmu i składu granulometrycznego osadów korytowych rzek pustynnych pod wpływem zbiorników małej retencji: *w trakcie opracowania*.

5.3. Inne osiągnięcia naukowe

1. Bardzo ważnym aspektem mojego rozwoju naukowego było uzyskanie (w 2010 roku) uprawnień do wykonywania oceny stanu hydromorfologicznego i jakości siedliska rzek metodą River Habitat Survey (*RHS*), akredytowanych przez brytyjską Environment Agency. Metodę *RHS* zastosowałem w badaniach prowadzonych zarówno w Polsce w odniesieniu do rzek karpackich, jak i rzek w innych regionach świata – w Himalajach (Indie) oraz na Pustyni Negev (Izrael). Wyniki tych badań przedstawione zostały w publikacjach o zasięgu krajowym (publikacje: II-D[14], [46], [55]) i międzynarodowym (I-B[4], II-A[2], [8], II-D[23], [28]) przyczyniając się do przetestowania metody *RHS* w różnych warunkach przyrodniczych oraz jej rozpowszechnienia na świecie.
2. Wyniki moich badań prezentowałem w ramach 10 wykładów/referatów zamawianych w zagranicznych jednostkach naukowych w Indiach, Rosji, Szwecji, Chinach (wymienione w punkcie III-Q w załączniku 4).
3. W latach 2015-2016 byłem kierownikiem projektu w ramach, którego wykonano ekspertyzę (III-M[1]) dla Zespołu Elektrowni Wodnych Niedzica S.A. mającą na celu ocenę zmian morfologicznych w obrębie czaszy zbiornika Czorsztyn w okresie jego funkcjonowania oraz wyznaczenie nowej krzywej pojemności zbiornika. Ekspertyzę oparto m.in. o badania terenowe z wykorzystaniem naziemnego skaningu laserowego oraz zastosowanie technik GIS.

Łukasz Wójcik