

Magdalena Halina Matysik

Autoreferat

Maj, 2018

1. Imiona i Nazwisko:

Magdalena, Halina Matysik

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

- Doktor nauk o Ziemi, w zakresie geografii – stopień uzyskany w 2001 roku na podstawie rozprawy doktorskiej pt. „*Antropogeniczne i naturalne zmiany źródeł w dorzeczu górnej Odry*” (uchwała Rady Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego z dn. 23 października 2001 r.); promotor w przewodzie doktorskim: prof. dr hab. Andrzej T. Jankowski; recenzenci: dr. hab. prof. UW Jan Tomaszewski, dr hab. Stanisław Czaja, prof. dr hab. ing. Vladislav Kříž (Ostravská univerzita);
- Magister geografii, specjalność: kształtowanie i ochrona środowiska – tytuł uzyskany w 1997 roku na Wydziale nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego na podstawie pracy magisterskiej pt. „*Charakterystyka hydrologiczna i hydrochemiczna źródeł w zlewni Rudy*”; promotor: dr hab. prof. UŚ Andrzej T. Jankowski.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych:

- 1997–1999 – specjalista w Pracowni Studialno-Wynikowej II - Ośrodek Badań i Kontroli Środowiska PP. w Katowicach
- 2002-2014 – adiunkt w Zakładzie Hydrologii i Gospodarki Wodnej Obszarów Urbanizowanych Katedry Geografii Fizycznej Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego (po likwidacji zakładów w strukturze Wydziału Nauk o Ziemi – w Katedrze Geografii Fizycznej tegoż Wydziału);
- 2014 – nadal – starszy wykładowca w Katedrze Geografii Fizycznej Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego;

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/artystycznego:

Wpływ zrzutów wód kopalnianych na odpływ rzek Górnośląskiego Zagłębia Węglowego

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

Magdalena Matysik, 2018: *Wpływ zrzutów wód kopalnianych na odpływ rzek Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice, ss. 164.

Recenzent wydawniczy dr hab. prof. UJK Tadeusz Ciupa

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

Wprowadzenie

Obieg wody na terenach przekształconych w wyniku działalności człowieka jest zależny od czynników klimatycznych i antropogenicznych. Proporcja wpływu poszczególnych czynników zależy od stopnia odporności środowiska geograficznego, a także od stopnia nasilenia antropopresji. Jednym ze skutków działalności człowieka w środowisku są ilościowe zmiany w niektórych fazach obiegu wody. Na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) czynniki antropogeniczne oddziałują intensywniej na środowisko od początku rozwoju górnictwa w XII wieku i trwają do dnia dzisiejszego. Oddziaływaniom tym podlegają wszystkie elementy środowiska, ale bardzo wyraźnie uwidaczniają się one w zmianach środowiska wodnego. Obszar GZW ze względu na swoją położeń w strefie wododziałowej charakteryzuje się stosunkowo niewielkimi zasobami wodnymi. Sieć rzeczna stanowią odcinki źródłowe dopływów Wisły i Odry. Do nich odprowadzane są wody kopalniane pochodzące z odwodnienia kopalń: węgla kamiennego, piasków czwartorzędowych oraz rud cynku i ołowiu. Wody kopalniane są jednym z zasadniczych czynników, które spowodowały wyraźną, zauważalną zmianę stosunków wodnych na obszarze GZW. W świetle analizy Raportów Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Katowicach za lata 2000-2013 stanowią one przeszło 40% wszystkich ścieków odprowadzanych na tym terenie do wód powierzchniowych.

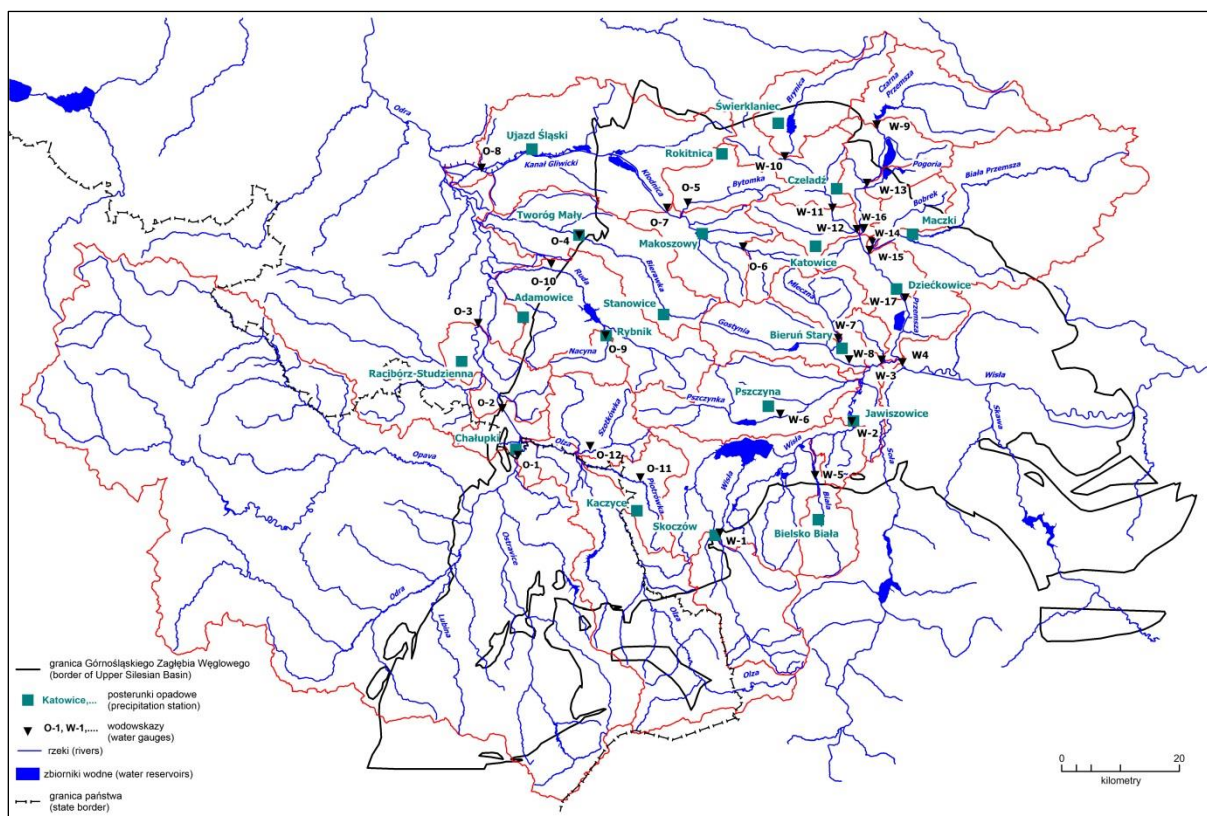
Przesłanką do podjęcia przeze mnie tematyki wpływu wód kopalnianych na zmiany odpływu w rzekach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego jest przede wszystkim brak kompleksowego opracowania obejmującego oddziaływania zrzutu wód kopalnianych na rzeki będące ich odbiornikami w dorzeczach Odry i Wisły. Nie bez znaczenia jest wybrany do analiz okres, w którym można uchwycić: początek intensywniejszych oddziaływań zrzutów wód kopalnianych na odpływ (lata 1967–1977), maksimum tych oddziaływań (lata 1978–1988) oraz stopniowy spadek oddziaływań (lata 1989–2013). Takie podejście wydaje się być niezbędne w zrozumieniu zmian odpływu rzek w GZW w okresie ostatnich 50 lat.

Głównym celem pracy jest określenie wpływu zrzutu wód dołowych z kopalń na kształtowanie odpływu rzek w GZW. Osiągnięcie tak postawionego celu wymagało odpowiedzi na następujące pytania:

- Czy wody kopalniane doprowadziły do zmian ilościowych odpływu rzek GZW w ciągu analizowanego pięćdziesięciolecia?
- Czy stwierdzone tendencje i zmiany odpływu rzek na terenie GZW zostały spowodowane przez czynniki naturalne czy są wynikiem antropopresji?
- Czy rzeki położone na terenie GZW, obciążone zrzutami wód kopalnianych, wykazują te same tendencje co rzeki nieobciążone tymi zrzutami?
- Czy zachodziły zmiany koncentracji przepływów rzek w rocznym cyklu hydrologicznym?

Do osiągnięcia postawionego celu i rozwiązania problemu zastosowałam następujące metody badawcze: analityczne, porównawcze oraz matematyczno-statystyczne. Pozwoliły one na określenie roli czynników naturalnych oraz wód kopalnianych w przeobrażeniach odpływu rzek na terenie GZW. Wykorzystałam również nowoczesne metody i narzędzia GIS (Geograficznych Systemów Informacyjnych), które umożliwiły mi przeprowadzenie analiz przestrzennych oraz wizualizację uzyskanych wyników badań.

Analizę wpływu objętości zrzucanych wód kopalnianych do rzek przeprowadziłam dla okresu 1967–2013, dopiero bowiem od 1967 roku dostępne są wiarygodne dane źródłowe z zakładów górniczych. Udział wód kopalnianych analizowałam w następujących przekrojach wodowskazowych: Odra – Krzyżanowice, Odra – Miedonia, Nacyna – Rybnik, Ruda – Ruda Kozielska, Bierawka – Tworóg Mały, Kłodnica – Kłodnica, Kłodnica – Gliwice, Bytomka – Gliwice, Wiśła – Jawiszowice, Wiśła – Nowy Bieruń, Wiśła – Pustynia, Mleczna – Bieruń Stary, Gostynia – Bojszowy, Czarna Przemsza – Radocha, Brynica – Czeladź, Brynica – Szabelnia, Biała Przemsza – Niwka, Bobrek – Niwka, Przemsza – Jeleń (ryc. 1).



Ryc. 1. Rozmieszczenie posterunków opadowych i przekrojów wodowskazowych zamykających analizowane zlewnie: O-1 Odra - Chałupki, O-2 Odra - Krzyżanowice, O-3 Odra - Miedonia, O-4 Bierawka - Tworóg M., O-5 Bytomka - Gliwice, O-6 Kłodnica - Kłodnica, O-7 Kłodnica - Gliwice, O-8 Kłodnica - Lenartowice, O-9 Nacyna - Rybnik, O-10 Ruda - Ruda Kozielska, O-11 Piotrówka - Zebrzydowice, O-12 Szotkówka - Gołkowice, W-1 Wiśła - Skoczów, W-2 Wiśła - Jawiszowice, W-3 Wiśła - Nowy Bieruń, W-4 Wiśła - Pustynia, W-5 Biała - Czechowice Bestwina, W-6 Pszczynka - Pszczyna, W-7 Mleczna - Bieruń Stary, W-8 Gostynia - Bojszowy, W-9 Czarna Przemsza - Przeczyce, W-10 Brynica - Namiarki, W-11 Brynica - Czeladź, W-12 Brynica - Szabelnia, W-13 Pogoria - Dąbrowa Górnicza, W-14 Bobrek - Niwka, W-15 Biała Przemsza - Niwka, W-16 Czarna Przemsza - Radocha, W-17 Przemsza - Jeleń.

Do ilościowych analiz odpływu wybrałam przepływy: minimalne roczne NQ_R , średnie roczne z minimów miesięcznych SNQ_R i średnie roczne SQ_R . Na ich podstawie obliczyłam i poddałam analizie średnie roczne niskie i średnie roczne odpływy jednostkowe oraz średnie roczne współczynniki odpływu. Do analiz zmian koncentracji przepływów (GMO) w rocznym cyklu hydrologicznym wykorzystałam średnie miesięczne przepływy z wielolecia 1961–2013. Analiza zmienności rocznych sum opadów atmosferycznych stanowiła tło analiz ilościowych odpływów.

Analizy ilościowe przeprowadziłam dodatkowo dla rzek i przekrojów: Odra w Chałupkach, Piotrówka w Zebrzydowicach, Szotkówka w Gołkowicach, Wisła w Skoczowie, Biała w Czechowicach – Bestwinie, Pszczyńska w Pszczynie, Czarna Przemsza w Przeczycach, Brynica w Namiarkach (ryc. 1). Przekroje te zostały przeze mnie uwzględnione w analizach mimo braku obciążenia wodami kopalnianymi ze względu na ich położenie na terenie GZW. Szotkówka i Piotrówka były okresowo odbiornikami wód kopalnianych, a Odra w Chałupkach jest obciążona zrzutami wód dołowych z kopalń czeskich z regionu ostrawskiego. W sumie analizą objęłam 17 posterunków wodowskazowych w dorzeczu Wisły oraz 12 na terenie dorzecza Odry.

Hydrologiczne skutki działalności górnictwa

Działalność górnicza jest ważnym czynnikiem modyfikującym reżim odpływu wód powierzchniowych i podziemnych na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Wody pochodzące z odwodnień głębokich horyzontów wydobywczych (tzw. wody dołowe lub kopalniane) w warunkach naturalnych nie biorą udziału w lokalnym obiegu wody. Są to wody apotamiczne, szczególnie gdy odwodnienia dokonuje się w rejonie z występującą nad odwadnianym złożem warstwą izolacyjną, rozdzielającą wody podziemne płytkie (potamiczne) od głębokich poziomów wodonośnych (apotamicznych). Wody dołowe stanowią więc antropogeniczne źródło zasilania rzek, dość systematyczne, zmieniające się w niewielkim zakresie z roku na rok (Jankowski, 1986). W procesie wydobywania węgla kamiennego konieczne jest stałe odwadnianie wyrobisk górniczych.

Według moich obliczeń dokonanych za pomocą narzędzi GIS tereny górnicze eksploatowanych kopalń zajmują łącznie powierzchnię $1\,238\text{ km}^2$, a tereny górnicze kopalń nieczynnych – 942 km^2 . Na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego zidentyfikowałam 64 funkcjonujące zrzuty wód kopalnianych do powierzchniowej sieci hydrograficznej, 23 na terenie polskiej i 8 na terenie czeskiej części dorzecza Odry oraz 33 zrzuty na terenie dorzecza Wisły. Głównymi „odbiornikami” odprowadzanych wód kopalnianych są: Odra, Ruda z Nacyną, Bierawka, Kłodnica z Bytomką, Czarna Przemsza z Pogorią i Brynicą, Biała Przemsza z Bobrkiem, Przemsza, Gostynia z Mleczną oraz Wisła.

W latach 1967–2013 na terenie GZW do rzek odprowadzano średnio $10,39\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ wód pochodzących z odwadniania kopalń węgla kamiennego. Do Odry zrzucano $2,46\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, a do Wisły $7,94\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. Wykazałam iż w okresie 1967–2013 zrzuty wód kopalnianych o największej objętości – wynoszącej $14,72\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ - odprowadzono w roku 1987. Do rzek w zlewni Wisły trafiło $11,59\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, a do Odry - $3,13\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. W zakresie objętości wód dołowych zrzucanych do cieków powierzchniowych w wieloleciu 1967–2013 wyróżniłam 4 okresy:

- 1967–1976 – średnia objętość zrzucanych wód wynosiła $10,33 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (do Wisły – $7,73 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, do Odry – $2,60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$);
- 1977–1989 - średnia objętość zrzucanych wód wynosiła $12,23 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (do Wisły – $9,25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, do Odry – $2,98 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$);
- 1990–1999 - średnia objętość zrzucanych wód wynosiła $9,91 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (do Wisły – $7,81 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, do Odry – $2,10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$);
- 2000–2013 - średnia objętość zrzucanych wód wynosiła $9,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (do Wisły – $6,96 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, do Odry – $2,09 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

Stwierdziłam, że w latach 2000–2013 objętość zrzucanych wód dołowych zmniejszyła się o 26% w stosunku do okresu 1977–1989. W zlewni Wisły spadek ten wyniósł 25%, a w zlewni Odry – 30%. Było to spowodowane głównie przez restrukturyzację górnictwa rozpoczętą w roku 1989.

Największa ilość wód kopalnianych odprowadzana jest do zlewni Przemszy. W analizowanym okresie wynosiła ona średnio $6,66 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. W dorzeczu Odry najwięcej wód kopalnianych odprowadzanych jest do Kłodnicy - w wieloleciu 1967–2013 średnia objętość tych wód wynosiła $1,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Najwyższym udziałem wód dołowych w średnich niskich przepływach (SNQ) charakteryzuje się Brynica w Czeladzi, gdzie średni udział wód kopalnianych wynosił 61%, a w SSQ - 43%. Okresowo w tej zlewni notowano przeszło 100% udziału wód kopalnianych w SNQ - w okresach niżówkowych rzeką płynęły właściwie tylko wody kopalniane. W profilu zamykającym zlewnię Brynicy, w Szabelni udział wód kopalnianych wynosił w analizowanym okresie w SNQ - 31%, a w SSQ - 24%. W Białej Przemszy stwierdziłam ponad 50% udziału wód kopalnianych w średnich rocznych niskich przepływach i 46% udziału w średnich rocznych przepływach. Ponadto stwierdziłam ponad 30% udziału wód kopalnianych w średnich rocznych niskich przepływach w: Mlecznej, Gostyni, Przemszy, Pogorii, Brynicy (Szabelnia) i Wiśle (Pustynia). W średnich rocznych przepływach udział ten wynosił ponad 30% w Mlecznej i Przemszy, 20% w Gostyni, Pogorii i Brynicy (Szabelnia), 18% w Wiśle (Pustynia). Najniższy udział wód kopalnianych nieprzekraczający 10% w SNQ i SQ w okresie 1967–2013 wykazałam w Wiśle w Jawiszowicach i Nowym Bieruniu oraz w Czarnej Przemszy w przekroju Radocha.

W dorzeczu Odry najwięcej, bo aż 15 zrzutów wód kopalnianych znajduje się w zlewni Kłodnicy. Wykazałam, że udział wód kopalnianych w okresie 1967–2013 w średnich rocznych niskich przepływach Bytomki wynosił 32%, a w średnich rocznych przepływach 26%. Obliczony przeze mnie udział wód kopalnianych w SNQ w przekrojach Kłodnica - Kłodnica i Kłodnica - Gliwice przekracza 20%, a dla SQ wynosi odpowiednio 12 i 14%. Podobnym udziałem procentowym wód kopalnianych w SNQ i SQ w okresie 1979–2013 charakteryzowała się Nacyna, dopływ rzeki Rudy. W przepływach Bierawki udział ten w okresie 1969–2013 wynosił w SNQ – 22% a w SQ – 12%. Stwierdziłam, że udział wód kopalnianych w przepływach Odry jest niewielki, w okresie 1967 – 2013 nie przekraczał on 4% w SNQ i 2% w SQ.

Wykazałam, że zmniejszenie objętości zrzutów wód kopalnianych najbardziej uwidoczniło się w Pogorii. Od roku 2011 ich udział w rocznych SNQ i SQ nie przekraczał 4%. Stwierdziłam,

że przepływy tej rzeki zmniejszyły się wyraźnie w roku 1989 – na samym początku okresu restrukturyzacji górnictwa. W tym czasie wielkość zrzutu wód kopalnianych zmniejszyła się o połowę. Zmniejszenie ilości wód dołowych wpłynęło na spadek rocznych NQ i SNQ w latach 1990–2013 odpowiednio o 0,304 i 0,388 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (co stanowiło 60% NQ i 62% SNQ). Spadek średnich rocznych przepływów, który można korelować z dalszym zmniejszeniem ilości zrzucanych wód dołowych zaobserwowałam od końca lat 90. XX wieku.

Odwrotną sytuację stwierdziłam w przekroju Brynica – Szabelnia, gdzie mimo zmniejszenia objętości zrzucanych wód kopalnianych nastąpił wzrost udziału wód kopalnianych w przepływach, który od roku 2007 w SNQ przekroczył 40%, a w SQ – 25%. W tym przekroju jest to wynikiem spadku wartości średnich rocznych i niskich przepływów.

Wzrost objętości zrzucanych wód kopalnianych zaobserwowałam tylko w przypadku Bytomki. Zrzuty wód dołowych wyraźnie wzrastały w latach 2001–2013 – o 24% w stosunku do okresu 1990–2000 i o 13% w porównaniu z okresem 1977–1989. Do połowy lat 90. XX wieku udział wód dołowych w rocznych SNQ i SQ nie przekraczał 40%. Od tego czasu udział wód dołowych w przepływach wykazywał wzrost, osiągając w latach 2012 i 2013 przeszło 70% wartości SNQ oraz 50% SQ. Stwierdziłam, że spowodowane to zostało nie tylko wzrostem objętości wód dołowych odprowadzanych do Bytomki, ale także malejącymi przepływami. Prawdopodobnie zadecydował o tym również wzrost retencji powierzchniowej zlewni spowodowanej powstawaniem wypełnionych wodą bezodpływowych niecek osiadań. Kolejnym powodem zaistniałej sytuacji mógł być również spadek objętości zrzucanych pozostałych ścieków lub rozszczelnienie koryta i ucieczki wody w głąb górotworu.

Uwarunkowania klimatyczne odpływu rzek na terenie GZW

W celu określenia potencjalnego wpływu zrzutów wód kopalnianych na wielkość odpływu rzecznoego dokonałam oceny uwarunkowań klimatycznych, a więc wysokości i rozkładu opadów atmosferycznych.

Wykazałam, że opady na omawianym terenie charakteryzują się dużą stabilnością, nie wykazując istotnych tendencji zmian. Uzyskane wyniki nie potwierdzają obecnie prognozy zmian opadów zachodzących w wyniku zmian klimatu dla Polski wskazywanych m. in. przez G. Landerinkę i E.V. Meijgaardę (2008), M. Gutry-Korycką i innych (2014) czy Z.W. Kundzewicza (2014).

Wpływ wód kopalnianych na kształtowanie odpływu rzecznoego

Analizy tendencji przepływów w większości zlewni dokonałam dla okresu 1961–2013. W badaniach uwzględniłam przepływy minimalne roczne NQ, średnie roczne z minimów miesięcznych SNQ i średnie roczne SQ. Tendencje badałam za pomocą regresji liniowej i nieliniowej (funkcja wielomianu drugiego stopnia). Istotność statystyczną potwierdzałam za pomocą dwóch testów monotonicznych: t–Studenta i τ –Manna-Kendalla. Najlepsze dopasowanie w przebiegu rocznych przepływów: NQ, SNQ i SQ w większości przypadków uzyskałam dla funkcji opisanej wielomianem 2–stopnia, co dodatkowo umożliwiło ocenę tendencji rozwojowych zjawiska.

Wykazałam, że roczne niskie przepływy (NQ_R) we wszystkich badanych zlewniach w dorzeczu Odry charakteryzują się istotnym statystycznie ujemnym trendem, czyli spadkiem wartości. W dorzeczu Wisły ujemne i statystycznie istotne tendencje wystąpiły w 10 zlewniach. Tendencje dodatnie niskich rocznych przepływów stwierdziłam tylko w trzech zlewniach: Gostynia – Bojszowy, Brynica – Namiarki i Brynica – Czeladź. W czterech przekrojach: Wisła – Skoczów, Mleczna – Bieruń Stary, Czarna Przemsza – Przeczyce, Biała Przemsza – Niwka nie zaobserwowałam istotnej statystycznie tendencji NQ_R w analizowanym wieloleciu.

Decydującymi przyczynami stwierdzonych malejących i rosnących tendencji rocznych NQ_R są czynniki antropogeniczne. Wyrównany przebieg NQ_R (brak tendencji) Białej Przemszy oraz Mlecznej wynika z dopływu wód kopalnianych, a roczne NQ_R Czarnej Przemszy w przekroju Przeczyce są wyrównane przez zlokalizowany powyżej zbiornik zaporowy. Tylko w Piotrówce oraz Odrze we wszystkich analizowanych przekrojach (Chałupki, Krzyżanowice, Miedonia) główną przyczyną zaobserwowanych tendencji są czynniki klimatyczne.

Stwierdziłam także, że tendencje średnich rocznych niskich przepływów (SNQ_R) w analizowanych zlewniach w dorzeczu Odry charakteryzują się ujemnym trendem na wysokim poziomie istotności statystycznej. Brak trendu występuje w Odrze (w Chałupkach, Krzyżanowicach i Miedoni) oraz w Bierawce. W dorzeczu Wisły tendencje średnich rocznych niskich przepływów w większości analizowanych zlewni są ujemne, trend dodatni wystąpił jedynie w zlewniach: Wisły w Jawiszowicach, Gostyni, Brynicy w Namiarkach i Czeladzi. Trendu nie zaobserwowałam w zlewni Mlecznej oraz Czarnej Przemszy w Przecycach. Podobnie jak w przypadku NQ_R , ujemne i dodatnie tendencje SNQ_R są wywołane w większości przez czynniki antropogeniczne, tylko w przypadku Odry, Piotrówki oraz Wisły w Skoczowie spadek wywołany został przez czynniki klimatyczne. Stwierdziłam, że brak tendencji zwłaszcza w przekrojach poniżej zbiorników zaporowych (Wisła w Jawiszowicach, Nowym Bieruniu, Czarnej Przemszy w Przecycach) jest wynikiem ich regulacyjnego wpływu na odpływ. Brak tendencji w Bierawce oraz Mlecznej wynika z kolei z ich wyrównania przez odprowadzane wody kopalniane.

W wieloletnim przebiegu średnich rocznych przepływów (SQ_R) nie zaobserwowałam trendu w zlewniach: Odry, Piotrówki, Bierawki, Gostyni, Wisły (w Skoczowie i w Pustyni). Wzrost średnich rocznych przepływów zanotowałam w Brynicy (w Namiarkach i Czeladzi) oraz w Wiśle (w Jawiszowicach i Nowym Bieruniu). Jednocześnie wykazałam, że w pozostałych zlewniach średnie roczne przepływy w analizowanym okresie charakteryzowały się istotną statystycznie, ujemną tendencją. Stwierdzone przeze mnie ujemne i dodatnie tendencje przepływów w analizowanych zlewniach są spowodowane głównie przez czynniki antropogeniczne. Również brak tendencji w zlewni Wisły (w przekroju Pustynia), Bierawki i Gostyni spowodowany jest przez ich wyrównanie wywołane odprowadzanymi wodami kopalnianymi.

Wykazałam, że najwyższym dopasowaniem funkcji do danych empirycznych, wyrażającym się udziałem wariancji wyjaśnionej wynoszącym od 40% do ponad 50% charakteryzują się rzeki będące pod wpływem największej antropopresji, w tym „odbiorniki”

wód kopalnianych. Wykryłam, że charakterystyczną cechą w przebiegu NQ_R , SNQ_R , SQ_R w wieloleciu 1961–2013 w rzekach charakteryzujących się ujemną tendencją przepływów i będących odbiornikami wód kopalnianych jest wyraźny wzrost tych charakterystycznych wartości od początku lat 70. do początku XXI wieku z maksimum w połowie lat 80. XX wieku. Miało to ścisły związek ze zrzutami wód kopalnianych, których maksymalna objętość zrzucana do rzek przypadła na lata 80. XX wieku, co spowodowało maksymalne wartości NQ_R , SNQ_R , SQ_R . W pozostałych zlewniach okres 1982–1992 zaznaczył się wyraźnym obniżeniem wartości przepływów. W wyniku restrukturyzacji górnictwa, a także innych gałęzi przemysłu znacząco ograniczono zrzuty ścieków do wód powierzchniowych. Spowodowało to systematyczny spadek przepływów.

Ocena zmian odpływu metodą podwójnej krzywej kumulacyjnej

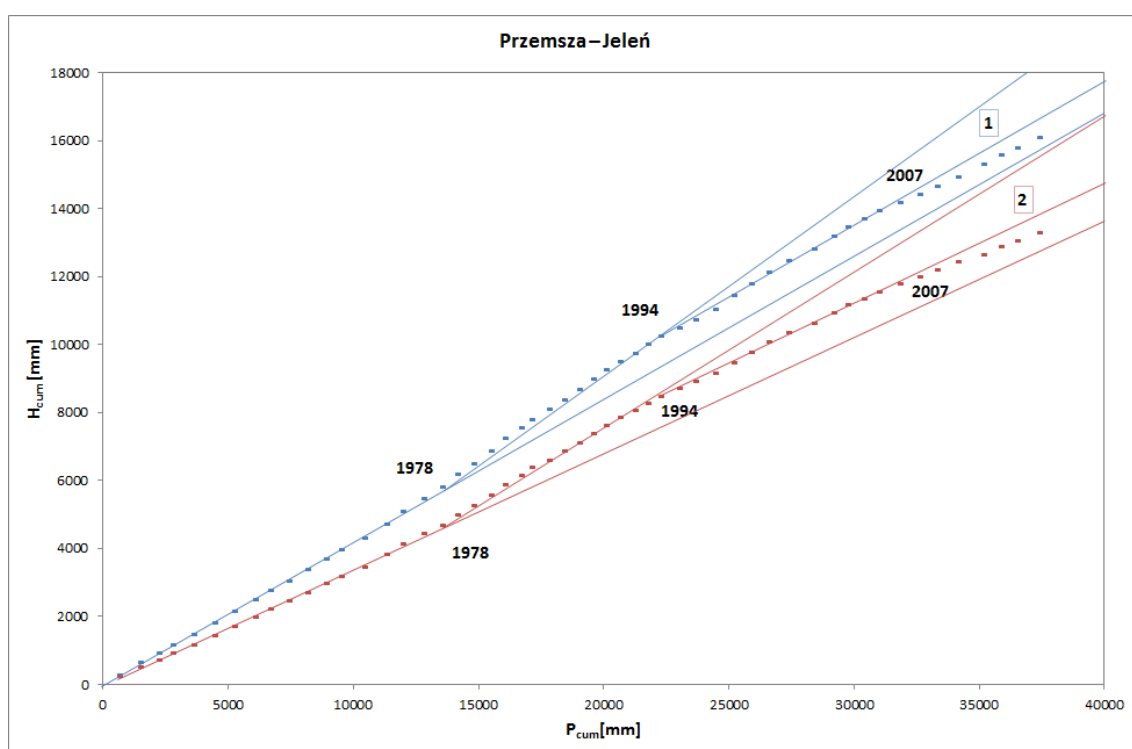
W celu oddzielenia różnokierunkowej ingerencji człowieka w procesie odpływu rzeczno od efektów wywołanych przez naturalną zmienność klimatu, przeanalizowałam zmiany odpływu za pomocą podwójnych krzywych kumulacyjnych. Podwójna krzywa kumulacyjna odpływu i opadu wskazuje na lata, w których nastąpiły wyraźne zmiany, oraz pokazuje kierunek tych zmian (Absalon, 1998).

Wykazałam, że w przebiegu skumulowanych rocznych sum opadów atmosferycznych i średnich rocznych przepływów w zlewniach dorzeczy Wisły i Odry w zdecydowanej większości pierwsze załamanie krzywej, świadczące o wzroście odpływu, przypadło na okres 1975–1978. Kolejny wzrost średnich rocznych i średnich rocznych niskich przepływów przypadł na początek lat 80. XX wieku. Trzeci okres zaobserwowanego załamania podwójnej krzywej kumulacyjnej opadów i odpływu, świadczący o wzroście odpływów, wystąpił w latach 1995–1998. W dwóch zlewniach - w Jawiszowicach na Wiśle drugi wzrost wystąpił w roku 2009, a w zlewni Gostyni – trzeci wzrost odpływu nastąpił w roku 2008. Zmiany odpływu w latach 70. i na początku lat 80. XX wieku miały podwójną genezę. Na wzrost przepływów wpłynęły zarówno czynniki klimatyczne, jak i czynniki antropogeniczne. Wpływ tych pierwszych na wzrost przepływów w tym okresie wykazali A. Bartnik i P. Jokieli (1997). Czynniki antropogenicznymi były głównie: postępująca urbanizacja zlewni, eksploatacja nowych kopalń węgla, wzrastające zapotrzebowanie na wodę pokrywane w znacznym stopniu z przerzutów wody między zlewniami, co powodowało systematyczny wzrost przepływów w tym czasie. Wzrost odpływu w drugiej połowie lat 90. XX wieku spowodowany został głównie przez czynniki klimatyczne.

Spadki wartości średnich rocznych przepływów (SQ_R) nastąpiły w połowie lat 80. XX wieku, co stwierdziłam na Czarnej Przemszy w Przeczycach, Białej Przemszy, Odrze w Krzyżanowicach i Miedoni. W drugiej połowie lat 80. XX wieku spadek odpływu stwierdziłam w Gostyni i w Odrze w Chałupkach. Na spadek ten oprócz czynników klimatycznych miały wpływ również czynniki antropogeniczne (intensywny pobór wód, retencjonowanie wody, zmniejszająca się objętość zrzucanych wód dołowych). Kolejny okres spadku odpływu to pierwsza połowa lat 90. XX wieku. Stwierdziłam, że był on skutkiem zmniejszania się objętości zrzucanych wód dołowych oraz pozostałych ścieków, zarówno przemysłowych, jak i komunalnych, a także, na co wskazują badania A. Bartnika i P. Jokiela

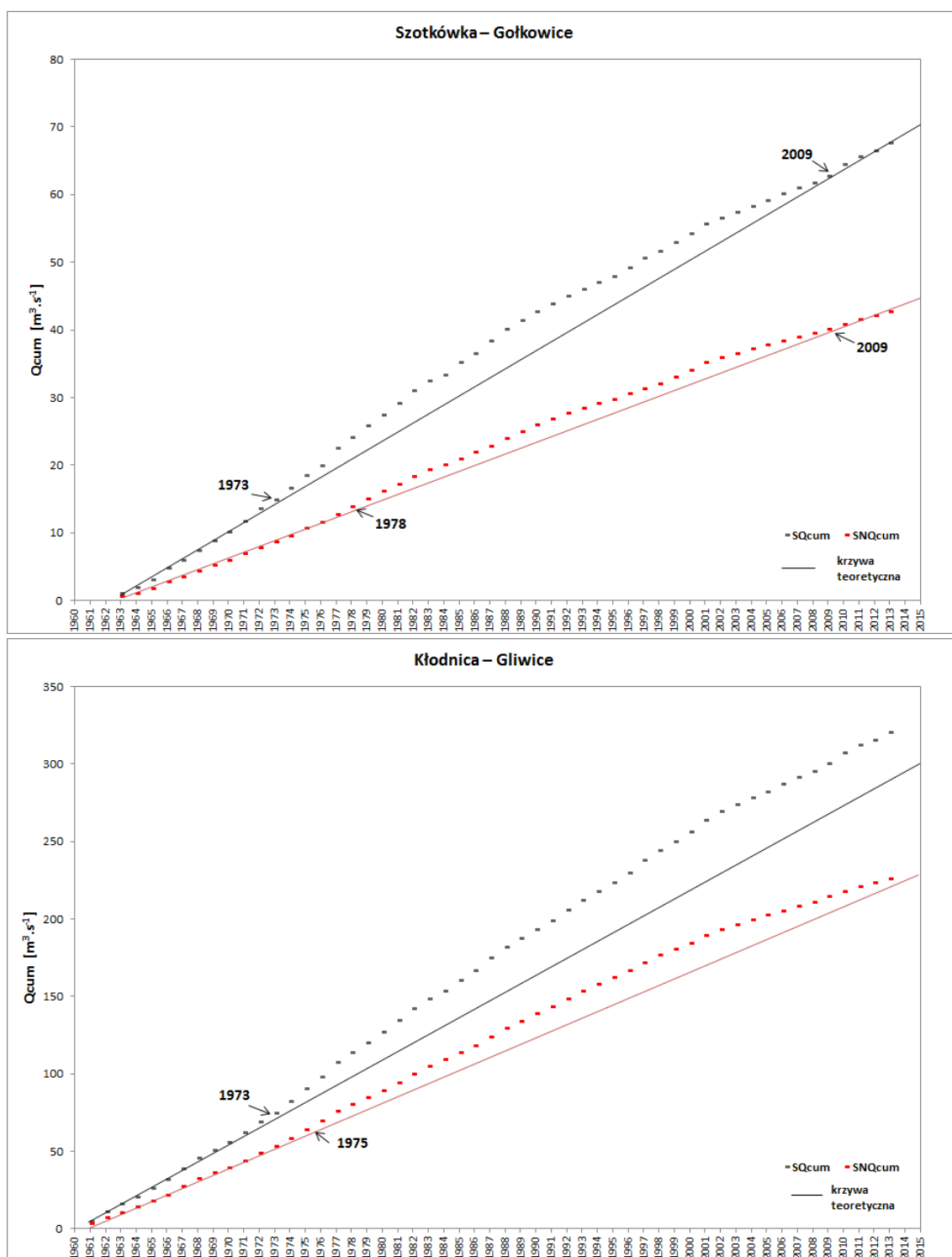
(1997, 2005), wynikiem mniejszego zasilania atmosferycznego w okresie od 1984 do 1994 roku. Kolejne spadki odpływu stwierdziłam od początku XXI wieku do roku 2010. Zaobserwowane wówczas spadki nie były wynikiem zmniejszonego zasilania atmosferycznego. Decydującą rolę odegrały w tym przypadku czynniki antropogeniczne, szczególnie, że zmniejszenie wartości odpływu w większości nastąpiło w najbardziej przeobrażonych zlewniach.

Analizując podwójne krzywe kumulacyjne wskazałam na wysokie wartości średniego niskiego odpływu w rzekach o wysokim stopniu przeobrażenia, np. w: Białej Przemszy, Przemszy, Bobrku, Pogorii, Brynicy, Szotkówce, Kłodnicy i Bytomce – „odbiornikach” wód dołowych. W tych zlewniach wartości średniego niskiego rocznego odpływu były zbliżone do wartości średniego odpływu (ryc. 2).



Ryc. 2. Przykładowa podwójna krzywa kumulacyjna opadów P [mm] i odpływów H [mm] w zlewni będącej głównym odbiornikiem wód kopalnianych: 1 – średni roczny wskaźnik odpływu, 2 – średni roczny niski wskaźnik odpływu

Bardzo interesujących danych dostarczyła analiza krzywej kumulacyjnej przepływów w zlewni Szotkówki, która do roku 1983 była głównym „odbiornikiem” wód dołowych z Rybnickiego Okręgu Węglowego (ROW), a w całym analizowanym okresie – ścieków komunalnych i przemysłowych z Jastrzębia Zdroju. W tym przypadku jednoznacznie stwierdziłam, że w roku 2009 przepływy „wróciły” do wartości sprzed stwierdzonej zmiany na początku lat 70. XX wieku. Podobną sytuację zauważyłam w przebiegu średnich rocznych niskich odpływów w zlewniach Białej w Czechowicach Bestwinie i Kłodnicy w Gliwicach. Ich wzrost nastąpił w połowie lat 70. XX wieku, a w roku 2013 średnie roczne niskie przepływy „wróciły” do wartości sprzed stwierdzonej zmiany (ryc. 3).



Ryc. 3. Krzywe kumulacyjne średnich rocznych niskich i średnich rocznych przepływów w wieloletniu 1961–2013 w przekrojach: Szotkówka–Gołkowie, Kłodnica–Gliwice.

Identyfikacja skokowych zmian przepływów

Kolejnym krokiem w celu określenia zmian przepływów było wykrycie wzrostu lub spadku wartości przepływów w wyniku niejednorodności szeregu obserwacyjnego. Wskazuje to na istotne impulsy zmieniające warunki opadu i odpływu w zlewni. Mogą one być efektem zarówno zmian klimatycznych, jak i zmian będących wynikiem antropopresji. Do określenia

punktów skokowej zmiany wykorzystałam test Pettitta, a wykryte zmiany potwierdziłam dodatkowo testami: Buishands'a oraz „Standard Normal Homogeneity Test” (SNHT).

W większości analizowanych zlewni wykryłam zmiany skokowe przepływów, istotne statystycznie na poziomie 0,05 i większym. Analizy takie przeprowadziłam dla przepływów rocznych niskich, średnich niskich i średnich. Na podstawie stosunku wartości przepływu w okresie przed i po „skoku” określiłam zmianę wielkości przepływu. Zmian skokowych w analizowanych przepływach nie wykryłam tylko na Odrze, Bierawce i Wiśle w Skoczowie.

Stwierdziłam, że w badanych zlewniach przeważają skokowe spadki wartości przepływów. Wzrost przepływów wystąpił w zlewniach: Wisły w Nowym Bieruniu, Brynicy w Namiarkach i Czeladzi, Bobrku, Gostyni, Mlecznej. Przyczyny skokowych zmian przepływów mogą być: antropogeniczne, klimatyczne oraz wynikają z obu tych oddziaływań równocześnie. Stwierdzony przeze mnie wzrost przepływów uwarunkowany jest głównie czynnikami antropogenicznymi, do których należą: zrzuty wód kopalnianych, ścieków przemysłowych, zaniechanie poboru wody. Odwrotna sytuacja – spadek wartości przepływów uwarunkowany był w latach 80. XX wieku czynnikami klimatycznymi. Skokowe zmiany w latach 90. XX wieku i na początku XXI wieku były spowodowane głównie czynnikami antropogenicznymi: zmniejszeniem ilości zrzucanych ścieków przemysłowych, w tym wód kopalnianych oraz wpływem sztucznych zbiorników wodnych.

Wykazałam, że w analizowanych zlewniach okres 1982–1994 charakteryzował się występowaniem lat suchych, sporadycznie były to lata skrajnie suche. Zaznaczył się również duży niedobór opadów, a dodatkowo okres ten zbiegł się z maksymalnym zapotrzebowaniem na wodę przez przemysł i na potrzeby komunalne. Wykryte przeze mnie zmiany skokowe niskich i średnich przepływów zwłaszcza w latach 80. XX wieku były spowodowane generalnie przez czynniki klimatyczne. W tym okresie nastąpił przeważnie spadek wartości przepływów, który dodatkowo był pogłębiany przez intensywne pobory wód powierzchniowych. Na lata 1984–1988 przypadło maksimum zrzutów wód kopalnianych. Analizując przebieg średnich i niskich rocznych przepływów oraz ilość zrzucanych wód dołowych do rzek, które są głównymi „odbiornikami” wód dołowych, zwłaszcza w dorzeczu Wisły, wykazałam, że wysokie zrzuty wód dołowych korelują z podniesionymi w tym czasie przepływami: Brynicy, Przemszy, Pogorii, Bobrka, Gostyni, Mlecznej i Wisły w przekroju Pustynia. Zależności takiej nie stwierdziłam w analizowanych zlewniach dorzecza Odry.

Mimo niewątpliwego wpływu czynników klimatycznych na kształtowanie się przepływów w tym czasie, wody dołowe stanowią czynnik w znaczącym stopniu modyfikujący wielkość odpływu w rzekach będących ich głównymi „odbiornikami”. Sądzę, że gdyby nie ciągła dostawa dużych objętości wód dołowych zanotowane spadki przepływów byłyby znacznie większe, tym bardziej że większość głównych ujęć wód powierzchniowych zlokalizowana jest w dorzeczu Wisły, a część wód była przetrzucana do dorzecza Odry.

Przyczyny zaobserwowanych skokowych zmian w przepływach poszczególnych rzek podzieliłam na następujące grupy:

- Wzrost przepływów spowodowany przez oddziaływania antropogeniczne:
 - zrzuty wód kopalnianych: Wisła - Nowy Bieruń, Mleczna, Gostynia, Kłodnica;
 - zrzuty ścieków przemysłowych i wód kopalnianych: Bobrek;
 - zaniechanie poboru wody: Brynica - Namiarki i Brynica - Czeladź.
- Wzrost przepływów spowodowany przez oddziaływania antropogeniczne i klimatyczne: Gostynia, Mleczna, Bobrek, Brynica w Czeladzi;
- Spadek przepływów spowodowany przez oddziaływania antropogeniczne:
 - zmniejszenie ilości zrzucanych ścieków przemysłowych, w tym wód kopalnianych i komunalnych, po roku 1990: Biała, Brynica - Szabelnia, Kłodnica - Gliwice, Bytomka, Szotkówka, Pogoria, Biała Przemsza, Czarna Przemsza;
 - wpływ zbiorników oraz innych obiektów hydrotechnicznych (np. Kanału Gliwickiego) i prowadzonej gospodarki wodnej: Pogoria, Pszczyńska, Czarna Przemsza - Przeczyce, Wisła - Jawiszowice, Kłodnica - Lenartowice, Ruda;
 - intensywne pobory wody w pierwszej połowie lat 80. XX wieku: Biała Przemsza, Czarna Przemsza - Przeczyce, Czarna Przemsza - Radocha, Przemsza - Jeleń.
- Spadek przepływów spowodowany przez oddziaływania antropogeniczne i klimatyczne: Wisła -Pustynia, Czarna Przemsza, Biała Przemsza, Przemsza -Jeleń, Mleczna, Gostynia, Ruda, Pszczyńska

Wpływ antropopresji na wielkość odpływu jednostkowego

W świetle przeprowadzonych obliczeń w analizowanym dorzeczu górnej Odry średni niski odpływ jednostkowy wynosił $6,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$, a w dorzeczu Małej Wisły $6,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Najwyższy średni niski odpływ jednostkowy stwierdziłam w zlewni Pogorii – $21,3 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ oraz w zlewni Bytomki – $14,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Najniższe natomiast w zlewni w zlewni Brynicy po przekrój Namiarki – $1,7 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ oraz Kłodnicy zamkniętej przekrojemw Lenartowicach - $3,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$.

Analizując średnie niskie odpływy jednostkowe w zlewniach, zauważyłam istotny wpływ kształtujących je czynników. Najwyraźniej zaznacza się wpływ zbiorników wodnych oraz Kanału Gliwickiego. Ekstremalnie niskie wartości SN_q w przekroju Namiarki na Brynicy były wynikiem intensywnego poboru wód ze zbiornika „Kozłowa Góra” eksploatowanego przez Górnośląskie Przedsiębiorstwo Wodociągów w Katowicach. Z kolei głównym czynnikiem powodującym wysokie wartości SN_q był duży udział wód obcych, na który składają się zarówno zrzuty wód pochodzących spoza zlewni, jak i wody kopalniane (Bytomka, Kłodnica – Kłodnica, Kłodnica - Gliwice, Nacyna, Szotkówka, Mleczna, Gostynia, Brynica - Szabelnia, Pogoria, Bobrek, Biała Przemsza i Przemsza).

Średni roczny odpływ jednostkowy w analizowanym dorzeczu górnej Odry w wieloletniu 1961–2013 wynosił $11,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$, a w dorzeczu Małej Wisły – $12,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Najwyższy średni odpływ jednostkowy stwierdziłam w zlewni Pogorii – $29,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ oraz Bytomki - $17,98 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Z kolei najniższy wskaźnik, podobnie jak

w przypadku średnich niskich odpływów, w zlewni Brynicy zamkniętej przekrojem w Namiarkach – $3,23 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ oraz w zlewni Kłodnicy po przekrój w Lenartowiczach – $6,28 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$.

Wartości średnich rocznych odpływów jednostkowych w większości analizowanych zlewni charakteryzują z reguły zlewnie rzek górskich (Gutry-Korycka i in., 2014; Michalczyk, 2009). Na podstawie wartości odpływu jednostkowego można stwierdzić, że tylko w zlewni Wisły (przekrój Skoczów), Odry i Piotrówki odpływ zależy w głównej mierze od warunków środowiska geograficznego. W pozostałych analizowanych zlewniach jest wyraźnie zaburzony i kształtowany przez czynniki antropogeniczne.

Zmiany współczynnika odpływu

W wieloleciu 1961–2013 średni roczny współczynnik odpływu w analizowanym dorzeczu Odry osiągnął wartość 0,52 a w dorzeczu Wisły – 0,45. Dla porównania współczynnik odpływu dla Polski wynosi 0,28 (Wrzeński, 2013).

Najwyższy średni współczynnik odpływu w wieloleciu 1961–2013 w analizowanych zlewniach dorzecza Odry stwierdziłam w zlewni Bytomki (0,80). W zlewni Szotkówki, Kłodnicy (przekrój Gliwice) oraz Bierawki średni współczynnik odpływu zawiera się w przedziale 0,60–0,65. W zlewni Kłodnicy (zamkniętej przekrojem Kłodnica) i Nacyny jego wartość wynosi 0,55. Analizowane zlewnie dorzecza Wisły charakteryzują się większym zróżnicowaniem współczynnika odpływu. Najwyższe średnie wartości α wykazałam w zlewni Białej – 0,85. Wysoką wartością współczynnika odpływu charakteryzuje się Pogoria. Jego średnia wartość w analizowanym wieloleciu wynosiła 0,64. Skrajnie niski średni współczynnik odpływu α stwierdziłam w zlewni Brynicy (po Namiarki) - 0,14. Uzyskane przeze mnie wartości współczynnika odpływu potwierdzają fakt, że odpływ jest wyraźnie zaburzony i kształtowany głównie przez czynniki antropogeniczne.

Określiłam również zmiany skokowe współczynnika odpływu, w których wykorzystałam te same metody jak w przypadku określenia zmian skokowych przepływów. W większości zlewni wykryłam zmiany skokowe współczynników odpływu, istotne statystycznie na poziomie 0,05 i większym. Zmiany skokowe współczynnika odpływu w rzekach stwierdziłam także w zlewniach, w których nie wykryłam zmian skokowych średnich rocznych przepływów: Odrze (Chałupki, Krzyżanowice), Bierawce, Kłodnicy w Kłodnicy i Wiśle w Nowym Bieruniu oraz w Pustyni.

Zmiany skokowe współczynników odpływu α wykryte przeze mnie w latach 1999 i 2000 w przekrojach Przemsza – Jeleń i Wisła – Pustynia, czyli tam, gdzie bilansowana jest sumaryczna ilość wód kopalnianych w zlewni Małej Wisły, potwierdzają zmniejszający się udział tych wód w odpływie. W Gostyni, Mlecznej i Bierawce zmiany skokowe współczynnika odpływu wystąpiły w okresie 1986–1990. Zmiany te również powiązałam ze zmniejszonym zrzutem wód dołowych. Podobną genezę miała zmiana skokowa współczynnika odpływu α , która wystąpiła w roku 1978 w przekroju Kłodnica – Kłodnica, z tym, że jego wzrost w tym czasie związany jest ze wzrostem objętości zrzucanych wód kopalnianych.

Zmiany skokowe, które stwierdziłam w okresie 1993–1995 w zlewniach Szotkówki, Pogorii, Bytomki i Kłodnicy w Gliwicach nie pokrywają się z okresem wystąpienia skokowych

zmian średnich rocznych przepływów. Zmiany te nie są spowodowane przez zmniejszone zrzuty wód dołowych. Prawdopodobną przyczyną tych zmian są zarówno czynniki klimatyczne, jak również malejący udział pozostałych odprowadzanych ścieków. W tych rzekach wysokie wartości współczynnika odpływu utrzymywały się od lat 70. XX wieku aż do momentu wystąpienia zmiany skokowej, czyli do pierwszej połowy lat. 90. XX wieku, co świadczyło o dużym udziale wód „obcych” w odpływie w tym okresie.

Zmiany wskaźnika koncentracji przepływów (GMO)

W celu określenia wpływu wód kopalnianych na zmianę reżimu rzek Górnośląskiego Zagłębia Węglowego zastosowałam wskaźnik koncentracji GMO. Pozwala on ocenić stopień koncentracji odpływu w rocznym cyklu hydrologicznym, a analizowany w długiej serii pomiarowej daje możliwość sprawdzenia, czy doszło do przekształcenia reżimu hydrologicznego.

Obliczone średnie wartości wskaźnika koncentracji GMO w badanych zlewniach w analizowanym wieloleciu są zróżnicowane. Najniższe – nieprzekraczające 9 – wystąpiły w zlewniach: Pogorii (8,55), Białej Przemszy (8,57), Przemszy (8,63), Bytomki (8,68), Brynicy do przekroju w Szabelni (8,71), Bobrka (8,90) i Nacyny (8,98). Świadczy to o tym, że średnie miesięczne przepływy tych rzek są prawie całkowicie wyrównane. Podobne warunki odpływu występują przykładowo w niewielkiej zlewni Prądnika zasilanej w 95% wodami podziemnymi (Soja, 2002). Wyrównany przebieg średnich miesięcznych przepływów w zlewniach o najniższym średnim wskaźniku koncentracji świadczy o przeobrażeniu reżimu tych rzek.

Stwierdziłam, że w pozostałych zlewniach, które również są i były odbiornikami wód kopalnianych średni wskaźnik koncentracji GMO zawiera się w przedziale od 9 do 10 (Wisła – Pustynia, Mleczna, Gostynia, Brynica – Czeladź, Czarna Przemsza – Radocha, Kłodnica, Ruda, Szotkówka). Wyższe wartości wskaźnika GMO wskazują, że zlewnie te mają bardziej skoncentrowany odpływ w rocznym cyklu i wyraźniej zaznacza się w nich wzrost odpływu w okresie wiosennym. Mimo znacznego obciążenia zrzutami wód kopalnianych można stwierdzić, że decydującą rolę w kształtowaniu ich reżimu odrywają czynniki klimatyczne.

Pozostałe analizowane zlewnie charakteryzują się wskaźnikiem koncentracji powyżej 10. Wykazałam, że w przebiegu średnich miesięcznych przepływów w takich zlewniach zaznacza się wyraźnie dwudzielny okres wzmożonego odpływu oraz niskie odpływy jesienią. Charakteryzuje on zlewnie, które nie podlegają istotnym wpływom antropopresji oraz gdzie udział wód dołowych stanowi tylko 4% średniego przepływu (np. Odra – Miedonia, Wisła – Nowy Bieruń). Stwierdziłam, że wody kopalniane nie wpływają na zmianę reżimu w tych przekrojach oraz na wyrównanie ich odpływu w ciągu roku.

Jednoznacznie stwierdziłam, że im wyższy jest wskaźnik koncentracji, tym bardziej decydującą rolę w kształtowaniu się reżimu odpływu odgrywają zbiorniki zaporowe, co stwierdziłam m.in. w Brynicy w Namiarkach i Czeladzi, gdzie mimo znacznego udziału wód kopalnianych istotne znaczenie ma gospodarka wodna prowadzona na zbiorniku „Kozłowa Góra”.

Podsumowanie

Działalność górnicza jest istotnym czynnikiem modyfikującym wielkość i reżim odpływu wód powierzchniowych na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. W kształtowaniu się stosunków wodnych na terenach górniczo-przemysłowo-miejskich z dominującym przemysłem wydobywczym decydującą rolę odgrywają czynniki antropogeniczne, a warunki naturalne mają wyraźnie mniejsze znaczenie.

Badania na temat wpływu wód kopalnianych na odpływy rzek prowadzone w latach 80. XX wieku wykazywały, że przepływy rzek zwiększyły się w wyniku wprowadzenia w lokalny obieg wód kopalnianych. W przepływach m.in. Brynicy, Przemszy, Gostyni, Mlecznej, Bytomki, Kłodnicy i Szotkówki obserwowano generalnie tendencje rosnące, zwłaszcza w latach 70. XX wieku. Stabilizacja nastąpiła w następnym dziesięcioleciu. Badacze obserwowali stałe osłabianie wpływu czynników hydrometeorologicznych na reżim odpływu tych rzek przy rosnącym udziale w odpływie wód obcych. Jednym z przykładów może być Szotkówka, która w tamtym okresie była największym odbiornikiem wód obcych – ich udział w odpływie wynosił 66% (Włodarczyk, Ośródka, 1988; Hołda, Ośródka, 1989). Prognozy A.T. Jankowskiego (1986) przewidywały wzrost objętości wód kopalnianych zrzucanych do Szotkówki. Jednak w związku z restrukturyzacją górnictwa objętość wód kopalnianych zmniejszała się, a przepływy Szotkówki „wróciły” do wartości sprzed ich wzrostu na początku lat 70. XX wieku.

Prognozy z lat 80. XX wieku zakładały także wzrost objętości zrzucanych wód kopalnianych w zlewni Brynicy, Czarnej i Białej Przemszy o około $0,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Miało to – zdaniem S. Czai i A.T. Jankowskiego (1991) – nie podwyższyć ogólnej ilości wód obcych, ze względu na zaprzestanie odwadniania kopalń rud cynku i ołowiu. Zamykanie kopalń oraz zmniejszenie wydobywania węgla spowodowało zmniejszenie objętości zrzucanych wód kopalnianych. Wykazałam że, w zlewni Wisły spadek ten wyniósł 25%, a w zlewni Odry – 30% w stosunku do szczytowego okresu wydobywania węgla w latach 1977–1989.

Stwierdziłam, że istotna zmiana przepływów, którą można powiązać ze zmniejszeniem zrzutów wód dołowych, zaszła w zlewni Pogorii. Wielkość przepływów wyraźnie spadła w roku 1989 – na samym początku okresu restrukturyzacji górnictwa. W tym czasie zrzuty wód kopalnianych zmniejszyły się o połowę. Wpłynęło to na spadek rocznych NQ_R i SNQ_R w latach 1990–2013. Z kolei spadek średnich rocznych przepływów, który można korelować z dalszym zmniejszeniem się objętości zrzucanych wód dołowych, obserwowany jest od końca lat 90. XX wieku.

We wszystkich badanych zlewniach w dorzeczu Odry roczne niskie przepływy (NQ_R) zmniejszyły się. W dorzeczu Wisły ujemne i statystycznie istotne tendencje zanotowano w 10 zlewniach. Tendencje dodatnie przebiegu niskich rocznych przepływów wystąpiły tylko w trzech przekrojach: Gostynia – Bojszowy, Brynica – Namiarki oraz Czeladź. W czterech przekrojach: Wisła - Skoczów, Mleczna - Bieruń Stary, Czarna Przemsza – Przeczyce, Biała Przemsza – Niwka nie zanotowano istotnej statystycznie tendencji NQ_R .

Zaobserwowałam także spadki wartości średnich rocznych niskich przepływów (SNQ_R) w 8 zlewniach w dorzeczu Odry. Brak trendu stwierdziłam w przypadku Odry (przekroje:

Chałupki, Krzyżanowice i Miedonia) oraz Bierawki. W dorzeczu Wisły tendencje ujemne średnich rocznych niskich przepływów odnotowałam w 10 zlewniach. Trend dodatni zaobserwowałam w zlewniach: Wisły (Jawiszowice), Gostyni, Brynicy (Namiarki i Czeladź). Trend nie wystąpił w zlewniach: Mlecznej oraz w Czarnej Przemszy w Przeczycach.

W wieloletnim przebiegu średnich rocznych przepływów istotnego trendu nie zanotowałam w zlewniach: Odry, Piotrówki, Bierawki, Gostyni oraz Wisły (Skoczków i Pustynia). Wzrost średnich rocznych przepływów zarejestrowałam w przypadku Brynicy (Namiarki i Czeladź) oraz Wisły (Jawiszowice i Nowy Bieruń). W 17 zlewniach średnie roczne przepływy w analizowanym okresie charakteryzowały się istotną statystycznie, ujemną tendencją.

Główną przyczyną stwierdzonych przeze mnie tendencji są czynniki antropogeniczne, a wśród nich odprowadzanie wód kopalnianych do rzek. Paradoksalnie czasami brak tendencji w niektórych przekrojach także może być skutkiem czynników antropogenicznych. Do takich sytuacji dochodziło w zlewniach, w których obserwowany był spadek opadów lub zwiększony pobór wody, równoważony przez dopływ wód obcych, w tym wód kopalnianych.

Analiza zmian skokowych wykazała, że w badanych zlewniach przeważają spadki wartości przepływów. Wzrost przepływów wykazałam tylko w 7 przypadkach. Stwierdzony wzrost przepływów uwarunkowany jest głównie czynnikami antropogenicznymi, do których należą: zrzuty wód kopalnianych, zrzuty ścieków przemysłowych czy zaprzestanie poboru wód. Z kolei spadki wartości przepływów w latach 80. uwarunkowane były czynnikami klimatycznymi, a w latach 90. XX wieku i na początku XXI wieku spowodowane zostały głównie zmniejszeniem ilości zrzucanych ścieków przemysłowych, w tym wód kopalnianych.

Zmiany skokowe średniego rocznego współczynnika odpływu α stwierdzone w latach 1999 i 2000 w przekrojach: Przemsza - Jeleń i Wisła -Pustynia, czyli tam, gdzie bilansowana jest sumaryczna objętość wód kopalnianych w dorzeczu Wisły, potwierdzają zmniejszający się udział tych wód w odpływie.

Odpowiadając na pytanie, czy w przebiegu wieloletnim niskich, średnich rocznych niskich i średnich przepływów występuje wyłącznie wpływ odprowadzania wód kopalnianych, można stwierdzić, że tylko w przekroju Kłodnica - Kłodnica wzrost odpływu jest związany ze zwiększeniem ilości zrzucanych wód kopalnianych, natomiast tylko w Pogorii spadek odpływu można jednoznacznie połączyć ze zmniejszeniem ich ilości.

W zlewniach będących głównymi odbiornikami wód kopalnianych odpływ jednostkowy osiąga wartości, które obserwujemy w zlewniach rzek górskich. Odpływ jest wyraźnie zaburzony i kształtowany głównie przez czynniki antropogeniczne. Potwierdzają to wysokie wartości współczynnika odpływu (α), który w zlewniach Bytomki, Kłodnicy (Gliwice), Bierawki, Szotkówki i Pogorii osiąga ponad 60%, co świadczy o dużym udziale „wód obcych”, w tym wód kopalnianych, w ich odpływie.

Wykazałam, że zmniejszający się udział wód kopalnianych oraz pozostałych ścieków ponownie zwiększa zmienność odpływu w ciągu roku. Zjawisko to zachodzi dość powoli. Obserwuje się je na razie w małych zlewniach, np. Pogorii czy Białej. Można przewidywać, że dalsze ograniczenie zrzutów wód kopalnianych w wyniku planowanych działań

restrukturyzacyjnych w górnictwie węglowym będzie skutkować coraz większą zmiennością odpływu rzek. W perspektywie kilkudziesięciu lat całkowite zaprzestanie odwadniania kopalń węgla kamiennego spowoduje, że odpływ będzie mniej wyrównany, a na jego zmienność w cyklu hydrologicznym ponownie w coraz większym stopniu będą oddziaływać czynniki klimatyczne.

Inne skutki wydobywania węgla odzwierciedlające się w postaci zmian sieci rzecznej, przebiegu działów wodnych, zmian zbiorników wodnych, wskazywane m.in. przez A.T. Jankowskiego (1986) oraz S. Czaję (1999), mają charakter długotrwały i częściowo nieodwracalny. Zmiany te nadal będą występować zwłaszcza na obszarach, gdzie prowadzone jest wydobywanie węgla metodą na zawał. Problem ten został zauważony i podejmowanych jest coraz więcej przedsięwzięć renturyzacyjnych w dolinach rzecznych.

Uzyskane wyniki i zaobserwowane prawidłowości można także wykorzystać w przypadku powstania nowych kopalń węgla kamiennego lub innych surowców, których wydobywanie związane jest z odwadnianiem wyrobisk i odprowadzaniem wód do sieci hydrograficznej. W ocenach oddziaływania tych przedsięwzięć na środowisko można uwzględnić zaobserwowane wpływy związane z odprowadzaniem wód kopalnianych na obieg wody w prowadzeniu racjonalnej gospodarki wodnej.

Literatura:

- Absalon D., 1998: *Antropogeniczne zmiany odpływu rzecznego w zlewni Rudy*, Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, ss. 141.
- Bartnik A., Jokiel P., 1997: *Zmiany odpływu na obszarze Polski w latach 1971–1990 w świetle analiz jednorodności szeregów przepływu rzek*, Wiadomości IMGW, XX (XLI), z. 4, s. 67–85.
- Bartnik A., Jokiel P., 2005: *Niektóre problemy zmian i zmienności rocznego hydrogramu przepływu rzeki na podstawie Pilicy w Przedborzu*, Wiadomości IMGW, XXVIII (XLIX) z. 2, s. 5–31.
- Czaja S., 1999: *Zmiany stosunków wodnych w warunkach silnej antropopresji (na przykładzie konurbacji katowickiej)*, Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, ss. 199.
- Czaja S., Jankowski A.T., 1991: *Udział wód kopalnianych w odpływie rzek woj. katowickiego w latach 1985–1987*. W: Jankowski A.T., red.: *Przeobrażenia stosunków wodnych na obszarach silnej antropopresji. Materiały konferencyjne, Sosnowiec 16–18 września 1991*, Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Sosnowiec, s. 145–156.
- Gutry-Korycka M., Sadurski A., Kundzewicz Z.W., Pociask-Karteczka J., Skrzypczyk L., 2014: *Zasoby wodne a ich wykorzystanie*, Nauka 1/2014, s. 77–98.
- Hołda I., Ośródko L., 1989: *Próba ustalenia odpływu antropogenicznego wybranych rzek województwa katowickiego*, Archiwum Ochrony Środowiska, 1/2, s. 73–89.
- Jankowski A.T., 1986: *Antropogeniczne zmiany stosunków wodnych na obszarze uprzemysłowianym i urbanizowanym (na przykładzie Rybnickiego Okręgu Węglowego)*, Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, ss. 278.
- Kundzewicz Z.W., 2014: *Konsekwencje zmian klimatu dla zasobów wodnych*, [w:] Magnuszewski A., red.: *Hydrologia w ochronie i kształtowaniu środowiska*, Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej PAN, T. 2, Z. 20, s. 7–16.

- Landerink G., Meijgaard E.V., 2008: *Increase in hourly precipitation extremes beyond expectations from temperature changes*, Nature Geoscience No 1, s. 511–514.
- Michalczyk Z., 2009: *Średnie i skrajne odpływy z obszaru Polski*, W: Bogdanowicz R., Fac-Beneda J., red.: *Zasoby i ochrona wód. Obieg wody i materii w zlewniach rzecznych*, Gdańsk, Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, s. 37–46.
- Soja R., 2002: *Hydrologiczne aspekty antropopresji w Polskich Karpatach*, Prace Geograficzne IGiPZ PAN, 186, 30 ss. 130.
- Włodarczyk J., Ośródko L., 1988: *Udział wód obcych w przepływach rzek województwa katowickiego*, Archiwum Ochrony Środowiska T. 1–2, PAN Zabrze, s. 39–53.
- Wrześciński D., 2013: *Entropia odpływu rzek w Polsce*, Studia i Prace z Geografii i Geologii nr 33, Poznań Bogucki wydawnictwo Naukowe, ss. 204.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych (artystycznych).

Charakterystyka hydrologiczna i chemiczna źródeł

Badania krenologiczne rozpoczęłam w trakcie przygotowywania pracy magisterskiej pt. „*Charakterystyka hydrologiczna i hydrochemiczna źródeł w zlewni Rudy*”. Praca ta obejmowała problematykę wydajności wybranych źródeł oraz jakości ich wody w zlewni Rudy, która jest prawobrzeżnym dopływem Odry odwadniającym teren o bardzo zróżnicowanej antropopresji, w tym również górniczej.

Dalsze badania źródeł na tym obszarze prowadziłam po rozpoczęciu pracy naukowo-dydaktycznej, pod kierunkiem prof. dr hab. A.T. Jankowskiego, czego efektem były publikacje. Efekty swoich badań przedstawiłam również na trzech ogólnopolskich konferencjach:

Absalon D., Jankowski A.T., **Matysik M.**, 1999: *Problematyka ochrony źródeł w zlewni Rudy*, [w:] Biesiadka E., Czachorowski S. (red.), *Źródła Polski. Stan badań, monitoring i ochrona*, WSP, Olsztyn, 9-18.

Matysik M., 2001: *Charakterystyka hydrologiczna i termiczna źródeł w zlewni Rudy*, *Geographia, studia et dissertationes*, t. 24, Wydawnictwo UŚ, Katowice, 41-61.

W ramach prowadzonych badań wykazałam, że źródła na terenie zlewni Rudy są zagrożone poprzez zmniejszanie się zasobów wód podziemnych wskutek prowadzenia prac odwodnieniowych podczas eksploatacji węgla kamiennego. Wiele wypływów wód podziemnych, które znalazły się w zasięgu leja depresyjnego związanego z pracami odwodnieniowymi w kopalniach zanikło, o czym świadczą suche, górne odcinki cieków na obszarach górniczych. Wykazałam również, że zanieczyszczenie wód niektórych źródeł jest wynikiem działalności rolniczej, która powoduje dostarczanie wraz z nawozami substancji biogenych, przedostających się do wód podziemnych. Działalność przemysłowa z kolei powoduje zanieczyszczanie powietrza atmosferycznego, w wyniku czego do wód podziemnych docierają różnorodne substancje wraz z infiltrowanymi w głąb zanieczyszczonymi wodami opadowymi. Zakwaszone opady atmosferyczne powodują obniżanie się pH wód podziemnych na terenach, których litologia utworów

powierzchniowych i szata roślinna nie pozwalają na naturalne buforowanie kwaśnego odczynu opadów.

Kolejne badania źródeł prowadziłam w ramach pracy doktorskiej pt. „*Antropogeniczne i naturalne zmiany źródeł w dorzeczu górnej Odry*”. Obszar badań obejmował dorzecze górnej Odry od jej źródeł po wodowskaz w Koźlu. Jest to teren o zróżnicowanych warunkach fizjograficznych i podlegający zróżnicowanej antropopresji. Obok terenów słabo przekształconych (Masyw Jesioników, Beskidy, Góry Opawskie) znaczny obszar dorzecza górnej Odry zajmują tereny zdegradowane lub będące pod silnym wpływem antropopresji (Górnośląski Okręg Przemysłowy, Ostrawsko-Karwiński Okręg Przemysłowy, Rybnicki Okręg Węglowy). Badaniami na terenie dorzecza górnej Odry objęto 26 źródeł oraz 20 studni kopanych. Wykonałam oznaczenia głównych kationów: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ i anionów: Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- , PO_4^{2-} , określiłam także twardość ogólną, oraz przewodnictwo właściwe i pH. Obserwacje prowadziłam raz w miesiącu od 1996 do 2000 r. określając chemizm, termikę oraz wydajność obserwowanych źródeł. Wykazałam, że kształtowany przez czynniki naturalne skład chemiczny wód podziemnych na tym obszarze został w znacznej mierze zmieniony przez gospodarczą działalność człowieka. Określiłam także reżim i tendencję zmian wydajności obserwowanych źródeł. Efektem tych badań były m.in. publikacje oraz prezentacja wyników na międzynarodowych i ogólnopolskich konferencjach:

Kaňok J., **Matysik M., 1999:** *Zmiany wydajności wybranych źródeł na terenie czeskiej części dorzecza górnej Odry*, [w:] Peřka-Gořciniak J., Rzętała M. (red.), Górnośląsko-ostrawski region przemysłowy: wybrane problemy ochrony i kształtowania środowiska, WNoZ, Přírodovědecká fakulta Ostravské univerzity, Sosnowiec, 14-19.

Matysik M., 1999: *Wstępne wyniki badań źródeł w zlewniach Szotkówki i Piotrówki*, [w:] Chełmicki W., Pociask-Karteczka J. (red.), Interdyscyplinarność w badaniach dorzecza, Instytut Geografii Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, 191-199.

Matysik M., 2001: *Antropogeniczne zmiany źródeł w zlewniach Piotrówki i Szotkówki*, [w:] Prášek J. (red.), Změny geografického prostředí v pohraničních oblastech hornoslezského a ostravského regionu, Ostravská univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ostrava, 76-84.

Matysik M., 2001: *Badania naturalnych wyptywów wód podziemnych w dorzeczu górnej Odry*, [w:] Szymańska H. (red.), Problemy oczyszczania ścieków i ochrony wód w dorzeczu Odry, Wrocław, 329-338.

Matysik M., 2003: *Charakterystyka hydrochemiczna źródeł w dorzeczu górnej Odry*, [w:] Jankowski A. T., Rzętała M. (red.), Problemy Geoekologiczne Górnośląsko-Ostrawskiego Regionu Przemysłowego, WNoZ UŚ, Sosnowiec, 7-15.

Matysik M., 2003: *Charakterystyka hydrologiczna i hydrochemiczna źródeł na terenie górskich obszarów dorzecza górnej Odry*, Zeszyty Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej nr 9, seria 4. Bielsko-Biała, s. 147-155.

Absalon D., **Matysik M., 2004:** *Hydrochemical profile of springs in the Upper Oder Basin*, [in:] Ides D. (red.), Hydrogeochemia 04 „Teorie a praxe v hydrogeologických aplikacích”, Vysoká Škola Báňská – Technická Univerzita Ostrava, (CD).

Matysik M., Kaňok J, **2004:** *Hydrological regime of some springs of the upper Oder river basin*, Moravian Geographical Reports No 1, V 12, Czech Academy of Sciences, Institute of Geonics, Brno.

Matysik M., 2005: *Hydrological and hydrochemical profile of springs in the mountainous part of the Upper Oder river basin*, [in:] *Landschaftsökologie und Umweltforschung*, 48, A. Herrmann (ed.), Institut für Geoökologie der Technischen Universität, Braunschweig, s. 99-107.

Ze względu na walory przyrodnicze i gospodarcze badane źródła powinny być zabezpieczone przed dewastacją i zanieczyszczeniem. Niejednokrotnie podkreślałam, że wykorzystanie źródeł w celach gospodarczych powinno być prowadzone racjonalnie, w sposób, który nie wpływa na zmianę reżimu hydrologicznego źródła. Źródła na terenie dorzecza górnej Odry pełnią dodatkowo funkcje krajobrazowe. Zauważone przeze mnie podczas badań procesy dewastacji i niekorzystanej ingerencji, często prowadziły do całkowitego zniszczenia źródła. Skłoniło mnie to do działań zmierzających do ochrony źródeł, czego wynikiem jest stworzona baza GIS źródeł na tym terenie oraz publikacje dotyczące problematyki ochrony źródeł. Tematyka ochrony źródeł poruszana była również na międzynarodowych i ogólnopolskich konferencjach:

Matysik M., 2001: *Badania naturalnych wypyływów wód podziemnych w dorzeczu górnej Odry*, [w:] Szymańska H. (red.), *Problemy oczyszczania ścieków i ochrony wód w dorzeczu Odry*, Wrocław, 329-338.

Absalon D., Jankowski A. T., **Matysik M., 2002:** *Application of GIS in research and protection of springs within Upper Oder river basin*, [in:] Kereković D. (red.), *GIS Odyssey 2002 Proceedings*, GIS Forum Croatia, Zagreb, 146-154.

Absalon D., **Matysik M., 2003:** *Zastosowanie geograficznych systemów informacyjnych w badaniach i ochronie źródeł w dorzeczu górnej Odry*, [w:] Szymańska H. (red.), *Problemy ochrony zasobów wodnych w dorzeczu Odry*, Duszniki Zdrój, 167-176.

Oprócz źródeł na terenie dorzecza górnej Odry badałam również inne źródła na terenie Górnego Śląska, w tym Górnośląskiego Związku Metropolitalnego i Katowic, a także zlewni Białki Lelowskiej. Były to badania hydrologiczne oraz hydrochemiczne, co pozwoliło na śledzenie zmian zachodzących w składzie chemicznym wody, przebiegu zmian wydajności źródeł oraz zmian zachodzących w otoczeniu wybranych źródeł. Było to istotne ze względu na to, że badane źródła położone są na obszarach o różnym stopniu antropopresji. Stwierdziłam, że źródła regionu górnośląskiego znajdują się w bezpośrednim zasięgu leja depresji powstałego na skutek odwadniania kopalń węgla kamiennego, co powoduje spadek ich wydajności, a w niektórych przypadkach całkowity zanik. Dodatkowo postępująca zabudowa terenu, szczególnie w obszarach alimentacji warstw wodonośnych, prowadząca do ograniczenia infiltracji wód opadowych, skutkuje zmniejszeniem zasobów wód podziemnych. Pewien paradoks pojawia się w sytuacji antropopresji górniczej, związanej z osiadaniem terenu i odwadnianiem eksploatowanego górotworu. Osiedlenia terenu prowadzą do pojawienia się na jego powierzchni lokalnych obniżzeń, które w efekcie końcowym są albo zawodnione albo suche. Wraz z obniżeniem się powierzchni terenu i powstaniem niecek, następuje w nich wypływ wód podziemnych na powierzchnię. Mogą

się, więc pojawić liniowe wypływy wód podziemnych, czy też wypływy zbliżone charakterem do młak. W przypadku zaprzestania odwadniania nieczynnych kopalń zwierciadło wód podziemnych będzie się podnosić aż do osiągnięcia stanu quasi-naturalnego. Wtedy na podtopienia mogą być narażone głęboko wcięte doliny, których cieki nie będą w stanie przejąć dodatkowego zasilania oraz zagłębienia bezodpływowe, w których suche obecnie dna są efektem obniżenia zwierciadła wód gruntowych nad odwadnianymi wyrobiskami kopalń. Doprowadzi to zapewne w wielu przypadkach do ponownego pojawienia się wcześniej zanikłych źródeł. Potwierdziły to badania wód podziemnych na terenie Jaworzna, w dzielnicy Ciężkowice, będącej w zasięgu leja depresji zatopionej kopalni węgla „Siersza” oraz leja związanego z odwodnieniem kopalni rud cynku i ołowiu „Trzebionka”. W miejscach objętych lejami depresji po kilkudziesięciu latach ponownie pojawiają się płytkie wody gruntowe.

W wypływach położonych na obszarach wiejskich m.in. źródłach Czarnej Przemszy, Warty czy też w większości źródeł na terenie zlewni Białki Lelowskiej stwierdziłam wysokie stężenia azotanów oraz fosforanów. Jakość wód tych źródeł jest wynikiem zanieczyszczeń z nieskanalizowanych terenów osiedli wiejskich, które przyczyniają się do zanieczyszczenia wód podziemnych. Dochodzi do tego zanieczyszczenie związkami biogennymi poprzez nawożenie pól uprawnych. Nagminnym zjawiskiem było wykorzystywanie nieczynnych studni do gromadzenia ścieków. Do pogorszenia jakości wód podziemnych przyczyniają się również zakwaszone opady atmosferyczne. Wykazałam, że źródła położone na obszarach leśnych, z dala od powierzchniowych ognisk zanieczyszczeń charakteryzują się lepszą jakością wody (niektóre źródła górnej części zlewni Białej Przemszy, źródła na terenie zlewni Białki Lelowskiej). Niemniej jednak zaobserwowałam bakterie grupy Coli i Coli typu fekalnego oraz podwyższone stężenia metali: baru, glinu, ołowiu i chromu. Świadczy to o doływie zanieczyszczeń komunalnych do warstwy wodonośnej, z której zasilane są źródła.

Matysik M., Molenda T., 1999: *Wstępna charakterystyka hydrograficzna i hydrologiczna wybranych źródeł na terenie Katowic*, [w:] Pełka-Gościński J., Rzętała M. (red.), Górnośląsko-ostrowski region przemysłowy: wybrane problemy ochrony i kształtowania środowiska, WNoZ, Přírodovědecká fakulta Ostravské univerzity, Sosnowiec, 14-19.

Absalon D., **Matysik M.**, Tyc A., 2000: *Chemizm i jakość wody wybranych źródeł na terenie Górnego Śląska i jego północno-wschodniego obrzeżenia*, [w:] Burchard J., (red.), Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 301-311.

Matysik M., 2007: *Chemizm i jakość wód wybranych źródeł w zlewni Białki Lelowskiej*, [w:] Jokieli P., Moniewski P., Ziułkiewicz M. (red.), Źródła Polski – Wybrane problemy krenologiczne, Wydział Nauk Geograficznych Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 200-213.

Matysik M., Smolarek W., 2008: *Źródła na obszarze GZM*, [w:] Dulias R., Hibszer A. (red.), Górnośląski Związek Metropolitalny. Zarys geograficzny, Polskie Towarzystwo Geograficzne, Sosnowiec, 50-55.

Zmiany jakości wody

Przedmiotem moich zainteresowań badawczych były także zmiany jakości wód powierzchniowych. Analizy stanu jakości wód rzecznych prowadziłam w zlewni Żylicy położonej w Beskidzie Śląskim. Zlewnia ta jest w znacznym stopniu zurbanizowana, w jej górnej części położone jest miasto Szczyrk. Moim udziałem w badaniach tej zlewni było opracowanie zagadnień fizykochemicznych, wykonanie analiz zmian stężeń substancji biogenych odprowadzanych rzeką Żylicą do Jeziora Żywieckiego. Wykazałam spadek stężeń związków azotu (okres 1988-2002), ale jednocześnie wzrost stężeń fosforanów (okres 1983-2002). Proces ten był wynikiem zmniejszenia udziału terenów rolniczych na obszarze zlewni. Wzrost stężeń fosforanów można korelować z postępującą urbanizacją terenu i niewielkim stopniem wyposażenia budynków w kanalizację sanitarną.

Badałam także zmiany jakości górnego odcinka Odry, gdzie analizowałam dane w 8 przekrojach kontrolno-pomiarowych na Odrze (od Chałupek po Krapkowice). Mój udział w badaniach polegał na opracowaniu zagadnień fizykochemicznych, m. in. wykonaniu analiz zmian stężeń oraz współudział w opracowaniu wniosków. Wstępne wyniki przedstawiono w formie referatu oraz posteru na konferencjach: X Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej w Jugowicach (2004 r.), 6th International Conference: "Sharing a common vision of our water resources" (2005, Menton, France), a ostateczne wyniki zostały zaprezentowane i przedyskutowane na International Conference: „The Fluvial System - past and present dynamics and controls" (2005, Bonn, Germany).

Kolejne prace w zakresie zmian jakości wody w górnym odcinku Odry, zamkniętym profilem pomiarowo-kontrolnym w Zdieszowicach, objęły trzydziestolecie 1970-2000. Jakość wód na tym odcinku Odry jest syntezą bardzo wielu czynników przyrodniczych, na które nakładają się silne skutki antropopresji. Analizowałam wskaźniki (BZT₅, CHZT_{Mn}, siarczan SO₄²⁻, chlorki Cl⁻, azot amonowy N-NH₄⁺, azot azotanowy N-NO₃⁻). Dynamikę zmian jakości wód rzecznych Odry rozpatrywałam w dwóch aspektach: przestrzennym (zmienność wartości wskaźników w miarę przyrostu dorzecza) oraz czasowym. Najwyższe stężenia analizowanych wskaźników występowały w latach 1985-1990. Zdecydowana poprawa jakości wód Odry nastąpiła pod koniec ostatniej dekady okresu 1970-2000. Wpłynął na to przede wszystkim upadek wielu branż i zakładów przemysłowych przyczyniających się do zanieczyszczenia wód, związany z transformacją ustrojową na terenie Polski i Republiki Czeskiej. Ponadto stwierdziłam także, że na jakość Odry największą presję wywiera odprowadzanie słonych wód pochodzących z odwadniania podziemnych wyrobisk kopalń węgla kamiennego. W przypadku Odry znaczne zasolenie notowane jest już od przekroju granicznego w Chałupkach, gdzie obserwowany jest wpływ zasolonych wód kopalnianych pochodzących z czeskich kopalń węgla. Stężenie chlorków i siarczanów wzrasta wraz z biegiem rzeki osiągając maksymalne wartości poniżej ujścia Kłodnicy. Zaznacza się również wpływ użytkowanej rolniczo lewostronnej części dorzecza górnej Odry poprzez wysokie stężenia azotu amonowego, azotanowego oraz fosforanów. Oprócz stężeń zostały przeanalizowane także ładunki zanieczyszczeń odprowadzane w latach charakterystycznych (suchym – 1990 i mokrym – 1997). Dodatkowo w artykule "The changes in water quality and

runoff in the upper Oder river basin" (Absalon, Matysik, 2007) dokonano analizy zmian odpływu w trzech przekrojach wodowskazowych na górnej Odrze: Chałupki, Krzyżanowice i Miedonia w okresie 1970-2000 i zawartym w nim okresie 1990-2000. W badanych zlewniach stwierdziłam malejący trend odpływu w okresie 1970-2000 przy jednoczesnym silnie rosnącym trendzie odpływu w ostatniej dekadzie XX wieku.

Absalon D., Matysik M., 2003: *Zmiany jakości wody w dorzeczu Żylicy (Beskidy Zachodnie)*. [w:] Szczypek T, Rzętała M. (red.), Człowiek i Woda, PTG, Sosnowiec, 9-21.

Absalon D., **Matysik M., 2004:** *Dynamika zmian jakości wody w górnym odcinku Odry w okresie 1970-2000*, [w:] Szymańska H. (red.), Problemy ochrony zasobów wodnych w dorzeczu Odry, Wydawnictwo RZGW, Wrocław, 189-198.

Absalon D., **Matysik M., 2005:** *The Changes in Water Quality in the Upper Section of the Oder River*, [in:] Proceedings International Conference: "The Fluvial System – Past and present dynamics and controls", Bonn, Germany.

Absalon D., **Matysik M., 2005:** *The Changes in Water Quality in the Upper Oder River Basin*. [in:] Proceedings 6th International Conference: "Sharing a common vision of our water resources", Menton, France, 1-11, 69.

Absalon D., **Matysik M., 2007:** *Changes in Water Quality and Runoff in the Upper Oder River Basin*, *Geomorphology*, 92, 106–118.

Prowadziłam również analizy dotyczące jakości wód powierzchniowych i podziemnych w zlewni Liswarty o typowo rolniczym użytkowaniu terenu. Działalność rolnicza powoduje zanieczyszczenia wód podziemnych i powierzchniowych m. in. związkami azotu i fosforu. W zlewni Liswarty największy udział w pokryciu terenu mają tereny rolne, których powierzchnia wynosi 955 km² (61% powierzchni całej zlewni). Użytkowanie terenu rozpoznałam na podstawie danych Corine Land Cover (CLC 2000 i CLC 2006). Analizą w wodach powierzchniowych i podziemnych objęłam następujące substancje: NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃²⁻, N_{og}, P_{og} oraz PO₄²⁻.

Wykazałam, że na obszarze zlewni Liswarty wysokie stężenia związków azotu i fosforu w wodach powierzchniowych oraz azotu w wodach podziemnych są ściśle związane z zagospodarowaniem zlewni. W wodach powierzchniowych wysokie stężenia związków biogenych występują zarówno w zlewniach z przewagą gruntów rolnych, jak i w zlewni Bieszczu, gdzie zlokalizowane jest największe miasto tego terenu – Kłobuck. Podwyższone stężenia związków biogenych w wodach rzeki Białej Okszy są wynikiem zanieczyszczenia wód ściekami komunalnymi. Wody rzeki Liswarty oraz jej dopływów można uznać za zeutrofizowane lub istnieje w nich duże ryzyko wystąpienia eutrofizacji. Natomiast zanieczyszczenie wód podziemnych związkami azotu ma charakter lokalny (punktowy). Podwyższone stężenia amoniaku i azotynów, a niewielkie stężenia azotanów świadczą o stałym dopływie zanieczyszczeń do wód podziemnych, zjawisko to ma charakter trwały. W przypadku wód podziemnych, w których średnie stężenia azotanów przekraczają 50 mg dm⁻³ mamy do czynienia z zanieczyszczeniem odległym w czasie. Wskazałam na rozwiązania mogące ograniczyć zagrożenia: rolnictwo precyzyjne (precision farming) oraz oczyszczanie ścieków z podwyższonym usuwaniem biogenów. Wyniki badań dotyczące wpływu użytkowania terenu zlewni Liswarty na jakość wód podziemnych zaprezentowałam

na 10th *International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering (ICCMSE 2014)*, Athens, Greece, 4–7.04.2014 oraz w publikacjach:

Matysik M., Absalon D., Ruman M., **2015**: *Surface Water Quality in Relation to Land Cover in Agricultural Catchments (Liswarta River Basin Case Study)*, Pol. J. Environ. Stud. Vol. 24, No. 1, 87–96.

Matysik M., 2014: *The impact of land management in agricultural catchments on groundwater pollution levels*, AIP Conference Proceedings 1618, 293-296.

Monitoring jakości wody

Brałam również udział w dużym projekcie pn. „Zintegrowany system wspomagający zarządzaniem i ochroną zbiornika zaporowego (ZiZOZap)”, który był realizowany w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka (POIG 01.01.02-24-078/09). W projekcie tym byłam wykonawcą dwóch dużych zadań: „Monitoring badawczy zbiornika” oraz „Opracowanie i realizacja monitoringu operacyjnego”. Realizacja tych zadań pozwoliła na opracowanie optymalnego rozwiązania monitoringu jakości wód Zbiornika Goczałkowickiego. Zbiornik wodny „Goczałkowice”, zlokalizowany na rzece Wiśle, został wybudowany w latach 1950-1955 na południe od miasta Pszczyna. „Goczałkowice” są zbiornikiem wielozadaniowym. Jego podstawowa funkcja, to zaopatrzenie w wodę konurbacji górnośląskiej. Wodociąg grupowy Górnośląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów S.A. w Katowicach obejmuje swym zasięgiem obszar o łącznej powierzchni około 4300 km². Dostarcza wodę do 66 gmin województwa śląskiego i 3 gmin województwa małopolskiego, czyli do około 3,4 mln mieszkańców. Pozostałe funkcje zbiornika, to: ochrona przeciwpowodziowa, wyrównanie odpływów niżówkowych, gospodarka rybacka, ochrona przyrody i rekreacja (Absalon, Matysik, Ruman, 2011).

Wraz z zespołem wybrałam 3 lokalizacje dla stałych punktów monitoringowych: na Wiśle powyżej zbiornika, w pelagialu zbiornika w najgłębszym punkcie, w dawnym korycie Wisły oraz na Wiśle na wyplywie ze zbiornika. Ciągły monitoring własności fizycznych i chemicznych wody wykonywany jest przy użyciu automatycznych sond wieloparametrowych umożliwiających pomiar: temperatury wody (również w przekroju pionowym), tlenu rozpuszczonego, odczynu pH, potencjału redox, przewodnictwa elektrolitycznego właściwego, chlorofilu, mętności, amoniaku, azotanów, chlorków. Sonda na zbiorniku została zamocowana na pławie (boi), która dodatkowo realizuje pomiar podstawowych parametrów meteorologicznych. Posiada ona również autonomiczny system zasilania oparty o panele słoneczne. Transmisja danych z całego systemu prowadzony jest zdalnie dzięki modemom GSM-GPRS. Tak zaprojektowany monitoring zbiornika prowadzony od czerwca 2010 r. jest jednym z pierwszych tego typu projektów w Polsce i kilku w Europie. Zakres mierzonych parametrów pozwala na monitoring badawczy (potamiczny i limniczny), dostarcza także informacji o jakości wód doptywających i wyptywających ze zbiornika, co jest niezmiernie istotne w ocenie obiegu materii w układzie rzeka–jezioro (Bajkiewicz-Grabowska, 2002). Pozwala na ocenę jakości wody w zbiorniku oraz wpływu akwenu na jakość wód Wisły oraz dostarcza podstawowych informacji meteorologicznych. Wszystkie badane parametry zasilają model funkcjonowania zbiornika. Dane z sond zbierane są do tej

pory w ramach trwałości projektu i sukcesywnie opracowywane. Prawie ośmioletni ciąg obserwacji pozwoli na dalsze publikacje.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdziłam, że wyniki uzyskane za pomocą monitoringu ciągłego są bardziej reprezentatywne od pozyskiwanych w dotychczasowy sposób, a tradycyjny monitoring oparty na rzadkich pomiarach w specyficznych warunkach może prowadzić do błędnych wniosków na temat stanu obiektu badań. Dotyczy to, co udowodniono, szczególnie wskaźników o dużej zmienności dobowej, takich jak: mętność, stężenie chlorofilu oraz tlenu rozpuszczonego. Nabiera to szczególnego znaczenia wobec aktualnego sposobu prowadzenia monitoringu, określonego w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 19 lipca 2016 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych (Dz.U. 2016 poz. 1178). Zakres i częstotliwość prowadzonych badań dla poszczególnych elementów klasyfikacji stanu ekologicznego i chemicznego Jednolitych Części Wód będących zbiornikami zaporowymi jest zdecydowanie niewystarczający, zwłaszcza w przypadku zbiornika, którego główną funkcją jest zaopatrzenie w wodę. Również wybór miejsca monitoringu, które zgodnie z ww. Rozporządzeniem wyznacza się w strefie przejściowej lub strefie właściwej dla typu zbiornika zaporowego oraz w miejscu oddalonym od lokalnych źródeł oddziaływań antropogenicznych oraz ujść dopływających cieków wydaje się niewłaściwy. Założenia takie powodują, że nie można ocenić m.in. nagłego dopływu zanieczyszczeń, które trwale lub na dłuższy czas mogą spowodować uniemożliwienie poboru wody.

Już w roku 2010 dowiedziono, że w zbiorniku występuje stratyfikacja termiczna pomimo niewielkiej głębokości maksymalnej akwenu. Ze względu na niewielką głębokość oraz intensywne mieszanie wiatrowe wód w okresie stagnacji letniej pojawiają się okresy, kiedy nie występuje uwarstwienie termiczne i cała masa wody znajduje się w zasięgu ciepłego epilimnionu. Maksymalnie temperatura wody w pionie wykazuje zróżnicowanie przekraczające 11°C. Z końcem sierpnia w zbiorniku rozpoczyna się okres cyrkulacji jesiennej. W wyniku ochłodzenia warstw powierzchniowych wody oraz ich mieszania wiatrowego i konwekcyjnego, różnice temperatur pomiędzy epilimnionem a hipolimnionem zanikają. Koniec ochładzania jesiennego kończy osiągnięcie temperatury 4°C w całym profilu termicznym (homotermia jesienna), które w omawianym akwenu następuje na przełomie listopada i grudnia. Występowanie stratyfikacji termicznej wpływa na przebieg innych procesów zachodzących w zbiorniku, np. chemicznych czy biologicznych.

Ponadto monitoring ciągły parametrów fizycznych i chemicznych wody pokazuje dynamikę obserwowanych wskaźników, nie tylko sezonową, lecz dobową. Poprawia to możliwości właściwej interpretacji otrzymywanych wartości i szybkość reakcji na zagrożenia. Stwierdziłam, że pomiary z wykorzystaniem sond automatycznych, poza ciągłym dostępem do wyników niezależnym od pogody, pory roku, dnia czy warunków meteorologicznych są przyszłościowymi rozwiązaniami w zakresie monitorowania jakości wód.

Absalon D., **Matysik M.**, Ruman M., 2011: *Location, hydrological conditions and factors influencing water quality of Goczałkowice reservoir and its catchment*. Anthropogenic and natural transformations of lakes, vol. 5, UMK, Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej, Polish Limnological Society, Toruń, 7-15.

Absalon D., Kostecki M., Łaszczycza P., **Matysik M.**, Ruman M., **2014**: *Ciągły monitoring automatyczny a monitoring klasyczny – alternatywa czy dopełnienie metod oceny jakości wody*. *Gospodarka Wodna*, 8, 296-299.

Absalon D., Ruman M., **Matysik M.**, Koziół K., Polkowska Ż., 2014: *Innovative Solutions in Surface Water Quality Monitoring*, APCBEE Procedia 10 (2014), 26 – 30.

Ruman M., Absalon, D., **Matysik M.**, **2013**: *Innowacyjne rozwiązania w monitoringu jakości wód powierzchniowych*, [w:] Woźniak L., Kanabrocka A., Hejduk M., (red.), *Ekoinnowacje w Polsce*, 72-82, (ISBN 978-83-936130-4-5).

Absalon, D., Ruman M., **Matysik M.**, **2014**: *Monitoring ciągły – możliwości i perspektywy lepszej oceny zmian jakości wód*, [w:] *Hydrologia w ochronie i kształtowaniu środowiska*, T. II, Magnuszewski A. (red.), *Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej PAN*, Zeszyt XX, 329-340. (ISSN 0867-7816).

Dodatkowo doświadczenia zdobyte w projekcie ZiZOZap zaowocowały publikacją na temat metod pomiaru przepływu. Zostały porównane pomiary wykonane tradycyjnym młynkiem hydrometrycznym oraz za pomocą przepływomierzy profilujących oraz akustycznych czujników prędkości przepływu wody. Biorąc pod uwagę możliwości każdego z testowanych urządzeń można stwierdzić, iż sprzęt mimo różnych producentów, spisuje się wzorowo nie odbiegając wynikami pomiarowymi od siebie. Różnice wynikają z ograniczeń dotyczących minimalnych miąższości wody, które muszą znajdować się pod głowicą urządzenia do prawidłowego funkcjonowania. W przypadku nowoczesnych urządzeń, zarówno przepływomierzy, jak i akustycznych czujników prędkości przepływu wody nie bez znaczenia jest również fakt natychmiastowego otrzymania wyniku, lub wręcz śledzenia go w czasie rzeczywistym oraz znaczne skrócenie czasu wykonywania pomiaru.

Absalon D., Kubiciel P., **Matysik M.**, Ruman M., 2015, *Nowoczesne metody pomiaru przepływu w rzekach*, [w:] Absalon D., **Matysik M.**, Ruman M. (red.), 2015, *Nowoczesne metody i rozwiązania w hydrologii i gospodarce wodnej*, *Monografie Komisji Hydrologicznej Polskiego Towarzystwa Geograficznego*, t. 3, Komisja Hydrologiczna PTG, PTG Oddział Katowicki, Sosnowiec, 27-43. (ISBN 978-83-61695-26-4).

Zmiany, które zaszły zarówno w prowadzeniu monitoringu, a także zakres oznaczanych wskaźników zainspirował mnie do zbadania jakie parametry jakości wody są reprezentatywne, a z których wskaźników można zrezygnować oraz jakie oznaczenia poszczególnych parametrów będą najbardziej efektywne.

Po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej wdrożono wspólnotowe prawo ochrony środowiska, w tym środowiska wodnego, regulowane przez Ramową Dyrektywę Wodną (Directive 2000/60/EC). W 2008 roku wprowadzono nowe regulacje dotyczące jakości klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych (Matysik, 2008). Najważniejszymi w tej klasyfikacji są elementy biologiczne, a elementy hydromorfologiczne oraz fizykochemiczne są traktowane jako wspierające element biologiczny. Z Ramowej Dyrektywy Wodnej wynika również sposób prowadzenia monitoringu wód, który podzielony został na cztery rodzaje: diagnostyczny, operacyjny, badawczy, obszarów chronionych. Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 19 lipca 2016 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych (Dz. U. 2016 Poz. 1178) monitoring ten prowadzony jest w cyklu 6-letniego aktualizacji planu

gospodarowania wodami na obszarze dorzecza. W związku z tym nastąpiło znaczne ograniczenie liczby punktów monitoringu w zlewniach, zakresu oznaczania podstawowych wskaźników charakteryzujących w poszczególnych rodzajach monitoringu m.in. zasolenia, warunków tlenowych, substancji biogennych, zakwaszenia, substancji szczególnie szkodliwych – specyficznych zanieczyszczeń syntetycznych i niesyntetycznych. Nowymi oznaczeniami są substancje priorytetowe na podstawie, których ocenia się stan chemiczny Jednolitych Części Wód. W zlewniach o dużym wpływie antropopresji, uprzemysłowionych z przewagą przemysłu wydobywczego zaniechanie podstawowych oznaczeń uniemożliwia określenie decydującego wpływu konkretnej gałęzi przemysłu lub presji komunalnej na wody.

Do przeprowadzenia badań została wybrana zlewnia poddana silnej antropopresji przemysłowej z dominującym przemysłem wydobywczym. Wyniki opublikowano w amerykańskim czasopiśmie „Journal of Environmental Quality” w pracy pt. *„Reducing Monitoring Costs in Industrially Contaminated Rivers: Cluster and Regression Analysis Approach”*. Przed przygotowaniem ostatecznej wersji publikacji wstępne wyniki zaprezentowano na konferencji „2nd Water Research Conference” organizowanej przez International Water Association (IWA), która odbyła się w styczniu 2013 roku w Singapurze (referat i poster pod tytułem *„Monitoring Strategy for Industrially Contaminated Rivers – A Study of All Year Round Behaviour of Kłodnica River Catchment, Upper Silesia, Poland”*). Mój udział w przygotowaniu tego opracowania polegał na współpracowaniu wyników i końcowych wniosków. Nowa strategia monitoringu została opracowana w wyniku przeprowadzenia analizy klastrowej i analizy regresji. Dane o zmienności stężeń zanieczyszczeń zebrano 4 razy w roku, w tych samych punktach. Badano następujące wskaźniki: odczyn pH, przewodność elektrolityczną, jony nieorganiczne, pierwiastki śladowe, a także wybrane zanieczyszczenia organiczne. Korelacje pomiędzy różnymi wskaźnikami jakości wody sprawiają, że można odtworzyć zmienność jednego parametru na podstawie pomiaru innych parametrów. Uzyskane w wyniku analiz dane podzielono na grupy, przy użyciu analizy klastrowej. Grupy te były następnie badane za pomocą modeli regresji w celu określenia współzależności między zmiennymi. Określono 60, 65, i 70% poziom determinacji (R^2) na przyjęcie danego modelu regresji. W rezultacie stwierdzono, że monitoring może być zmniejszony o 15 (60% poziomu) lub 10 (65 i 70%) z 43 analizowanych wskaźników. Redukcja kosztów będzie najbardziej skuteczna, jeżeli z monitoringu zostaną wyłączone pierwiastki śladowe lub zanieczyszczenia organiczne, ponieważ są to wskaźniki, których analizy są najdroższe.

Na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) czynniki antropogeniczne oddziałują na środowisko od XII wieku, od początku rozwoju górnictwa i trwają do dnia dzisiejszego. Oddziaływaniom tym podlegają wszystkie elementy środowiska. Bardzo wyraźnie uwidaczniają się także w zmianach środowiska wodnego. Niemal wszystkie ciek powierzchniowe GZW poddane zostały zabiegom technicznej zabudowy koryt, które objęły: uszczelnianie koryt, zabudowę skarp, pogłębianie, obwałowanie, przełożenia odcinków cieków, umieszczanie odcinków koryt w zamkniętych kanałach np. Szarlejka czy Rawa.

Zauważalnym problemem jest również ingerencja w doliny cieków, a przypadku rzeki Szarlejki na odcinku około 2 km dolina rzeki została całkowicie zmieniona. Teren ten został w 100% przeobrażony przez człowieka – oba zbocza zostały całkowicie „zamaskowane” przez zwałowiska skały płonnej – odpady pogórnice, a także zwałowiska odpadów hutniczych. W związku z tym podjęłam się uczestnictwa w badaniach o charakterze aplikacyjnym i wdrożeniowym, podczas prac nad projektem „Czysta rzeka Szarlejka – rekultywacja terenów doliny rzeki Szarlejki na cele przyrodnicze” finansowanym przez gminę Radzionków przy udziale funduszy Unii Europejskiej. Badania te były podstawą projektu technicznego i wykonawczego. W efekcie prac powstała koncepcja renaturyzacji fragmentu doliny i koryta rzeki Szarlejki, przepływającej przez miasto Radzionków na terenie poddanym wielowiekowej antropopresji, głównie górniczej. Na analizowanym obszarze doszło do wyraźnych antropogenicznych przeobrażeń stosunków wodnych. Stwierdziłam także, że Szarlejka należy do jednej z najbardziej zanieczyszczonych rzek w województwie śląskim i w Polsce, na co wpływają zrzuty do sieci hydrograficznej ścieków komunalnych, przemysłowych i zasolonych wód kopalnianych. Koncepcja renaturyzacji została oparta na analizie dostępnych danych, archiwalnych map oraz przeprowadzonych prac terenowych. Na terenie doliny Szarlejki zaproponowano hydrologiczne i hydrotechniczne przedsięwzięcia renaturyzacyjne, które objęły: elementy, struktury i obiekty powodujące, że przez samo ich istnienie wody stają się bliższe naturze (stopnie hamujące erozję, połączenia umożliwiające komunikację organizmów wodnych, skarpy o zmiennym nachyleniu). Zaproponowano także stworzenie starorzeczy w zachowanych odcinkach dawnego koryta rzeki oraz budowę stawu w miejscu otwartego kolektora (odprowadzającego wody opadowe z największego w południowej Polsce kraju terminalu przeładunkowego paliwa) wraz z mokradłem i wyspą. Na potrzeby opracowywanej koncepcji renaturyzacji stworzono system informacji geograficznej (GIS), który umożliwił generowanie map numerycznych, tworzenie baz danych oraz obliczenia. Przygotowana koncepcja renaturyzacji została przyjęta do realizacji i pod nadzorem autorów wykonano projekt techniczny, który został już zrealizowany. Wybrane wyniki prac nad koncepcją opublikowano w artykule *“Renaturation Plan for a River Valley Subject to High Human Impact – Hydrological Aspects”*.

Efekty przeprowadzonych prac renaturyzacyjnych na podstawie autorskiej koncepcji okazały się na tyle spektakularne, że w roku 2014 wraz z zespołem zorganizowaliśmy sesję terenową w ramach konferencji regionalnej Unii Geograficznej (IGU Regional Conference) pt. *„Anthropogenic transformations of water conditions in mining and industrial areas in the Upper Silesian conurbation”*. Ostateczne efekty działań renaturyzacyjnych zostały zaprezentowane na *13th International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering (ICCMSE 2017)*, Thessaloniki, Greece, 21-25.04.2017 oraz opublikowane w recenzowanych materiałach konferencyjnych uwzględnionych w Web of Science.

Matysik M., 2008: *Jakość wód powierzchniowych w świetle dyrektyw Unii Europejskiej i polskich rozporządzeń*, [w:] Absalon D., Hibszer A. (red.), *Geograficzne aspekty antropopresji*, Polskie Towarzystwo Geograficzne, Sosnowiec, 59–64.

Matysik M., Absalon D., **2012**, *Renaturalization Plan for a River Valley Subject to High Human Impact – Hydrological Aspects*, Pol. J. Environ. Stud., Vol. 21, No. 2, 249–257.

Absalon, D., **Matysik M.**, Ruman M., Ślesak B., **2014**: *Stop 1.7. Anthropogenic transformations of water conditions in mining and industrial areas in the Upper Silesian conurbation*, [in:] Dulias R., Prokop P. (eds.) *Land degradation and reclamation in the Silesian Upland and the Polish Carpathians*. Faculty of Earth Sciences, University of Silesia, Department of Geoenvironmental Research, Institute of Geography and Spatial Organization, Polish Academy of Sciences, IGU Commission on Land Degradation and Desertification (COMLAND).

Absalon D., Ruman M., **Matysik M.**, Koziół K., Polkowska Ż., **2014**: *Innovative Solutions in Surface Water Quality Monitoring*, APCBEE Procedia 10 (2014), 26–30.

Ruman M., Olkowska E., Koziół K., Absalon D., **Matysik M.**, Polkowska Ż., **2014**, *Reducing Monitoring Costs in Industrially Contaminated Rivers: Cluster and Regression Analysis Approach*, Journal of Environmental Quality, 43, 753–762.

Absalon D., **Matysik M.**, **2017**, *Effects of renaturalization of the river valley transformed as a result of mining activity - The Szarlejka river case study*, AIP Conference Proceedings 1906, 170010 (2017)

Badania jezior wulkanicznych na świecie

Poza terenem Polski i Republiki Czeskiej prowadziłam także badania w Azji. Podczas wyprawy naukowej do Azji Południowo-Wschodniej w 2013 i 2014 roku wraz z innymi badaczami z różnych ośrodków naukowych zainteresowaliśmy się kilkoma jeziorami wulkanicznymi oraz źródłami termalnymi. W trakcie prac terenowych pobrano próby wody z kilku obiektów. Mój udział w tych badaniach polegał na dokonaniu charakterystyki geograficznej i opracowaniu map. Brałam także udział w poborze prób zarówno z brzegu, jak i z toni jeziora. Współpracowałam również przy opracowaniu wniosków. Pierwsze wyniki tych badań zostały zaprezentowane na konferencji:

5th International Conference on Environmental Science and Development (ICESD 2014), Singapore, 19-21.02.2014; referat: The Specific Nature of Chemical Composition of Water from Volcanic Lakes Based on Bali Case Study.

a następnie opublikowane:

Polkowska Ż, Ruman M., Lehmann S., **Matysik M.**, Absalon D., **2014**, *The Specific Nature of Chemical Composition of Water from Volcanic Lakes Based on Bali Case Study*, APCBEE Procedia, 10, 21–25.

Polkowska Ż., Wolska L, Łęczyński L., Ruman M., Lehmann S., Kozak K., **Matysik M.**, Absalon D., **2015**, *Estimating the Impact of Inflow on the Chemistry of Two Different Caldera Type Lakes Located on the Bali Island (Indonesia)*, Water, 7(4), 1712-1730.

W publikacjach tych dokonano wstępnej oceny składu chemicznego wody w dwóch jeziorach kalderowych położonych na indonezyjskim archipelagu Bali. Jezioro Batur znajduje się w obszarze, który jest aktualnie aktywny wulkanicznie, w przeciwieństwie do jeziora Bratan, stąd stwierdzona odmienność cech fizycznych i chemicznych wody w obu akwenach.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że stężenia kationów (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}), anionów (SO_4^{2-} , F^- , Cl^- , Br^-) i mikroelementów (Li, B, Al, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Sr, Mo, Cd, Sn, Cs, Ba, Pb, U, Be, Ag, Tl, Sb, Bi) różnią się znacznie w obu jeziorach. Stężenia większości parametrów chemicznych w jeziorze Batur, położonym w strefie aktywnej wulkanicznie, były od kilkudziesięciu do kilkuset razy wyższe niż w jeziorze Bratan. Porównano również stężenia związków organicznych (kwasów tłuszczowych i estrów) w obu jeziorach. Obecność związków organicznych w jeziorach wynika głównie z aktywności biologicznej bytujących w nich mikroorganizmów: bakterii, planktonu i zooplanktonu. Uzyskane wyniki sugerują różnorodność mikroorganizmów zamieszkujących oba jeziora. Badano także wody z zespołu źródeł termalnych położonych w sąsiedztwie jeziora Batur – stwierdzono duże podobieństwo składu chemicznego źródeł z wodami tego jeziora.

Zmiany odpływu w silnie zurbanizowanych zlewniach będących pod wpływem działalności górniczej

Moje zainteresowania naukowe obejmowały również zagadnienia zmian odpływu w zlewniach będących pod silnym wpływem antropopresji. Do badań wybrano najbardziej zurbanizowane zlewnie GZW: Bytomki, Szotkówki, Pogorii i Bobrka. Na terenie tych zlewni główną presją jest trwająca od ponad dwóch wieków działalność górnicza. Badane rzeki są odbiornikami ścieków komunalnych, przemysłowych oraz wód kopalnianych. Oprócz zastosowanych metod statystycznych, do oceny genezy tendencji i zmian skokowych, wykonałam analizy użytkowania terenu wykorzystując dane Corine Land Cover 2012 (CLC) oraz Urban Atlas. Na podstawie wykonanych badań stwierdziłam, że największym udziałem terenów antropogenicznych charakteryzuje się zlewnia Pogorii (61% powierzchni całej zlewni). Obliczyłam że udział terenów antropogenicznych w zlewni Bytomki wynosi 49%, a w zlewni Bobrka stanowią one 41% powierzchni zlewni. W zlewni Szotkówki udział ten jest najniższy i wynosi 36%. Oprócz terenów antropogenicznych w zlewniach tych wykazałam stosunkowo duży udział terenów rolniczych, który np. w zlewni Szotkówki wynosi aż 51% jej powierzchni. Analizy użytkowania były bardzo ważne ponieważ duży udział terenów antropogenicznych w zlewni z reguły powoduje modyfikację sieci hydrograficznej. Oprócz tego nieprzepuszczalne powierzchnie mają znaczny wpływ na zwiększenie składowej powierzchniowej odpływu. W przypadku zlewni Bytomki największe znaczenie ma fakt, że tylko 6% powierzchni zlewni położone jest poza terenami górniczymi kopalń węgla kamiennego. Działalność górnicza na terenie tych zlewni jest ważnym czynnikiem modyfikującym reżim odpływu wód powierzchniowych i podziemnych.

Wykazałam, że zmiany odpływu nawiązują do przebiegu procesów gospodarczych i społecznych, jakie miały miejsce w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat. Szczególnie wyraźnie jest zauważalny wzrost gospodarczy w latach 1970-1985 oraz regres i zmiany ustroju społeczno-gospodarczego w roku 1990. Te wahania w wymierny sposób „przełożyły się” na ilościowe zmiany odpływu rzeczno. Potwierdzają to wysokie wartości przepływów przypadające na lata 80 XX wieku. Zmiany średnich rocznych przepływów w analizowanych

zlewniach spowodowane są głównie przez czynniki antropogeniczne. Wyniki tych badań zostały zaprezentowane na konferencjach:

II Konferencja Naukowo-Techniczna „*Hydrologia Zlewni Zurbanizowanych*”, 22-23.09.2016 Warszawa; referat pt. „*Zmiany odpływu w silnie zurbanizowanych zlewniach województwa śląskiego*”;

13th International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering (ICCMSE 2017), Thessaloniki, Greece, 21-25.04.2017; referat pt. „*Impact of land development on shaping catchment runoff under the influence of mining activity*”;

oraz opublikowane

Absalon D., **Matysik M., 2016:** *Zmiany odpływu w silnie zurbanizowanych zlewniach województwa śląskiego*, [w:] Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej PAN, z. 29, s. 175-185, (ISSN 0867-7816).

Matysik M., 2017: *Impact of land development on shaping catchment runoff under the influence of mining activity*, AIP Conference Proceedings 1906, 170013 (2017).

Podsumowanie działalności naukowo-badawczej

Łącznie opublikowałam 50 prac, z czego 5 artykułów w czasopismach posiadających współczynnik wpływu Impact Factor, znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (część A wykazu MNiSW) oraz 5 publikacji z konferencji międzynarodowych uwzględnionych w Web of Science. Ponadto 2 artykuły opublikowałam w czasopismach zamieszczonych w części B wykazu MNiSW.

Samodzielnie opublikowałam jedną monografię naukową w języku polskim. Jestem także autorką i współautorką 24 rozdziałów w monografiach. Byłam także członkiem komitetu redakcyjnego monografii. Szczegółowy wykaz zamieszczono w załączniku nr 3 do wniosku.

Opublikowany dorobek charakteryzują następujące wskaźniki – sumaryczny Impact Factor według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania wynosi 7,930, natomiast uwzględniając sumaryczny 5-Year IF – 10,322. Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS) wynosi 61, natomiast uwzględniając dane z bazy Scopus – 55. Liczba cytowań wg bazy Google Scholar wynosi 110. Indeks Hirscha dla publikacji indeksowanych w bazie Web of Science (WoS) wynosi – 4, wg bazy Scopus – 3, a bazy Google Scholar – 6.

Brałam udział w 2 projektach badawczych. Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora byłam kierownikiem grantu KBN „*Charakterystyka hydrologiczna i hydrochemiczna wybranych źródeł na terenie dorzecza górnej Odry*”. Po uzyskaniu stopnia doktora byłam wykonawcą dwóch zadań w strategicznym projekcie badawczym wykonywanym w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka pt. „*Zintegrowany system wspomagający zarządzaniem i ochroną zbiornika zaporowego*” (POIG 01.01.02-24-078/09) współfinansowanego ze środków UE.

Byłam także zaproszona do projektu realizowanego przez Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy we współpracy z naukowcami z Niemiec, Francji, Szwecji oraz Rosji - *“Fluvial processes and sediment dynamics of slope channel systems: Impacts of socioeconomic and climate change on river’s system characteristics and related services, acronym FLUMEN”*, finansowanym przez Komisję Europejską z 7-go Programu Ramowego UE nr PIRSES-GA-2012-318969. W ramach tego projektu brałam udział w ekspedycji badawczej, gdzie prowadziłam badania hydrometryczne i hydromorfologiczne rzeki Dniepr.

W 2013 roku wraz z zespołem otrzymałam nagrodę za *„Innowacyjne rozwiązania w monitoringu jakości wód powierzchniowych”* na Kongresie *„Ekoinnowacje w ochronie środowiska”*. Wyróżnienie to, promujące współpracę z otoczeniem biznesowym, zostało przyznane przez Izbę Gospodarczą *„Grono Targowe Kielce”* pod patronatem Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Od roku 1997 brałam czynny udział w 37 konferencjach, kongresach i sympozjach. Przed uzyskaniem stopnia doktora czynnie uczestniczyłam w 8 konferencjach, w tym 3 konferencjach międzynarodowych i zagranicznych. Po uzyskaniu stopnia doktora uczestniczyłam w 29 konferencjach w tym 14 zagranicznych, na których przedstawiłam łącznie 34 referatów i posterów (szczegółowy wykaz zamieszczono w załączniku nr 3).

W 2013 roku IMAGIS SA, polski przedstawiciel amerykańskiego koncernu Pitney Bowes Software Inc. ze Stamford (USA), zaprosił mnie do przedstawienia wraz zespołem referatu pt. *„Zastosowanie GIS w badaniach i opracowaniach środowiskowych”* na konferencji *„Innowacyjne Rozwiązania Geoprzestrzenne”* w Warszawie.

W 2013 roku wraz z zespołem zostałam zaproszona do wygłoszenia referatu pt. *„Innowacyjne rozwiązania w monitoringu jakości wód powierzchniowych”* na Kongresie *„Ekoinnowacje w ochronie środowiska”* w Kielcach. Zaproponowane przez nas rozwiązanie zostało nagrodzone.

Na konferencji regionalnej Unii Geograficznej (IGU Regional Conference) w 2014 roku w Krakowie przygotowałam wraz z zespołem jeden z punktów terenowych sesji pt. *„Anthropogenic transformations of water conditions in mining and industrial areas in the Upper Silesian conurbation”*.

Podsumowanie działalności dydaktycznej

Po uzyskaniu stopnia doktora byłam promotorem 12 prac licencjackich studentów geografii na Wydziale Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego. W roku akademickim 2014/2015 byłam opiekunem naukowym studenckiego koła GIS.

W ramach działalności dydaktycznej prowadzę następujące zajęcia na kierunku *„Geografia”* (studia I i II stopnia): Hydrologia i oceanografia (ćwiczenia), Ćwiczenia terenowe z hydrologii, GIS Geograficzne systemy informacyjne (laboratorium GIS), Zastosowania GIS w badaniach środowiska (laboratorium GIS), Bazy danych (laboratorium GIS), Planowanie przestrzenne (ćwiczenia), Pracownia licencjacka, Pracownia magisterska, Ćwiczenia dyplomowe indywidualne; Zastosowanie GIS w planowaniu przestrzennym (wykład). Na kierunku *„Ochrona Środowiska”* (studia I i II stopnia): Degradacja i ochrona wód

powierzchniowych (wykład i ćwiczenia), Gospodarka wodna (ćwiczenia), Hydrologia i gospodarowanie wodą, GIS Geograficzne systemy informacyjne (ćwiczenia), Pozyskiwanie danych przestrzennych do opracowań środowiskowych (laboratorium GIS), Analiza uwarunkowań i zagrożeń środowiskowych w raportach oddziaływania na środowisko (ćwiczenia), Pracownia magisterska; Monitoring i biomonitoring środowiska (wykład), Podstawy zarządzania środowiskiem (wykład). Na kierunku „Inżynieria zagrożeń środowiskowych” studia I stopnia inżynierskie prowadzę ćwiczenia: Hydrologia, Metody hydrologiczne w analizie geozagrożeń, GIS Geograficzne systemy informacyjne, Ćwiczenia terenowe – terenowe metody hydrologiczne i wykład: Analiza uwarunkowań i zagrożeń środowiskowych.

Prowadzone przeze mnie zajęcia dydaktyczne uzyskują bardzo dobre oceny studentów: Oceny uzyskane na podstawie analiz ankiet studentów za rok akademicki 2015/2016, to 4,78; za rok 2016/2017, to 4,36; za rok 2017/2018, to 4,43.

Podsumowanie działalności popularyzującej naukę

Moja działalność popularyzująca wiedzę naukową polegała m. in. na udziale w programie telewizyjnym „Bliżej natury” emitowanym w TVP 3 Katowice, gdzie przybliżyłam informacje na temat źródeł na terenie Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej.

Prowadziłam także lekcje akademickie dla uczniów 7 klasy szkoły podstawowej oraz klas gimnazjalnych na temat hydrologii oraz Geograficznych Systemów Informacyjnych.

Aktualnie przygotowuję wraz z zespołem ofertę dydaktyczną i popularyzującą wiedzę w ramach Śląskiego Centrum Wody.

Podsumowanie działalności organizacyjnej

Oprócz działalności naukowej i dydaktycznej uczestniczę w pracy organizacyjnej Uniwersytetu Śląskiego, Wydziału Nauk o Ziemi i Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska. Jestem Członkiem zespołu pomocniczego przy Kierunkowym Zespole ds. Zapewniania Jakości Kształcenia dla kierunku „Ochrona Środowiska. Od roku 2017 jestem Członkiem Komitetu Sterującego Śląskiego Centrum Wody Uniwersytetu Śląskiego.

Inne osiągnięcia

Opanowanie nowoczesnych metod GIS było dla mnie także niezbędnym warunkiem prac w charakterze konsultanta naukowego cyfrowych map tematycznych. Byłam konsultantem Mapy Hydrograficznej Polski (15 arkuszy: M-34-27-D Radomsko, M-34-39-B Kłomnice, M-34-39-C Częstochowa, M-34-39-D Olsztyn, M-34-40-A Dąbrowa Zielona, M-34-40-B Włoszczowa, M-34-40-C Koniecpol, M-34-40-D Secemin, M-34-51-A Koziegłowy, M-34-51-B Myszków, M-34-51-D Zawiercie, M-34-52-A Kroczyce, M-34-52-B Szczekociny, M-34-52-C Ogrodzieniec, M-34-52-D Wolbrom) w ramach projektu „*Model bazy danych przestrzennych dotyczących środowiska przyrodniczego wraz z systemem zarządzania w aspekcie kartograficznych opracowań tematycznych*”.

Jestem członkiem Zespołu do spraw merytorycznej weryfikacji treści kartograficznego opracowania tematycznego w postaci cyfrowych map hydrograficznych powołanego przez Głównego Geodetę Kraju Zarządzeniem nr 11 z dnia 4 maja 2016 roku.

Wykonałam także 22 ekspertyzy, głównie z zakresu hydrologii i gospodarki wodnej, ochrony środowiska i planowania przestrzennego. Ekspertyzy były wykonywane zarówno na zamówienie organów władzy publicznej, samorządu terytorialnego, podmiotów realizujących zadania publiczne oraz przedsiębiorców.

Wykonałam 7 recenzji artykułów w czasopismach z listy A, 3 recenzje indeksowanych w Web of Science materiałów konferencyjnych oraz 7 recenzji rozdziałów w monografiach.

Matysik