

AUTOREFERAT

1. Imię i nazwisko.

WITOLD BOCHENEK

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

2005 - doktor nauk o Ziemi w zakresie geografii, Instytut Geografii i Przestrzennego

Zagospodarowania PAN, praca doktorska: „Krążenie wody i ługowanie pokryw w profilu podłużnym pogórskiego stoku fliszowego”. Promotor: prof. dr hab. Wojciech Froehlich, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN.

1996 - magister geografii, specjalizacja: geografia społeczno-ekonomiczna, Instytut Geografii

Wyższej Szkoły Pedagogicznej im. KEN w Krakowie, praca magisterska: „Przemiany struktur demograficznych i społeczno-zawodowych w gminach Gorlice i Sękowa w latach 1989-1994”. Promotor: Prof. dr hab. Lech Pakuła

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.

1.01.2015 - główny specjalista ds. środowiskowej aparatury badawczej

1.01.2006 - 31.12.2014 - adiunkt

1.11.2005 - 31.12.2005 - specjalista

1.11.1997- 31.10.2005 - asystent

1.07.1996 - 31.10.1997 - młodszy dokumentalista

1.03.1996 - 30.06.1996 - młodszy technik dokumentalista (1/2 etatu)

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy.

Osiągnięciem naukowym, stanowiącym podstawę wszczęcia postępowania habilitacyjnego, jest monografia „**Prawidłowości obiegu wody na obszarze beskidzko-pogórskim Karpat Zachodnich na przykładzie zlewni Bystrzanki w świetle zmian klimatu i działalności człowieka**”, **Prace Geograficzne nr 271, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania, Polska Akademia Nauk, Warszawa 2020.**

Zarysowanie problemu badawczego

Badania prowadzone w małych zlewniach rzecznych są źródłem ważnych informacji o funkcjonowaniu środowiska przyrodniczego regionów fizycznogeograficznych. W małych zlewniach generowane są zdarzenia oraz procesy hydrologiczne i geomorfologiczne, m. in. niżówki rzeczne (van Huijgevoort M. H. i in. 2010; Staudinger i in. 2011) i wezbrania (Bryndal 2014; Stähli i in. 2011), erozja gleb (Dotterweich 2008; Verstraeten i Poesen 2002) i in.

Cieki małych górskich zlewni wywierają decydujący wpływ na pozostałą część sieci rzecznej poprzez zatrzymywanie lub transport osadów wraz ze składnikami odżywczymi oraz zapewnienie siedlisk i tworzenie korytarzy migracyjnych dla organizmów wodnych i lęgowych (Schumm 1977; Gomi i in. 2002; Wohl 2017). W efekcie, małe cieki zapewniają łączność i w znacznym stopniu kontrolują przepływ energii i materii w systemie stokowo-korytowym. W ciekach małych zlewni najwyraźniej i najszybciej odzwierciedlają się również zmiany antropogeniczne w postaci zmian użytkowania ziemi (Wohl 2006). Wynika to ze stosunkowo małego obszaru ich zasilania, krótkiego czasu dostawy wody i materiału do koryt przez spływ powierzchniowy i podpowierzchniowy, a także niewielkich możliwości retencyjnych zlewni.

W małej, fliszowej zlewni karpackiej obieg wody jest dodatkowo przyspieszony wskutek dużego nachylenia stoków i słabej przepuszczalności gliniasto-ilastych pokryw stokowych (Starkel 1978). Sprzyja to gwałtownym wzrostom natężenia przepływu w korycie cieków oraz szybkim ich recesjom i występowaniu niżówek (Soja 1981; Soja 2002). W takich warunkach wzrasta też udział spływu powierzchniowego w dostawie wody do koryt cieków. W dużych zlewniach, których bezwładność jest znacznie większa, zmiany natężenia przepływu następują wolniej.

Zlewnia górnej Wisły składa się z setek zlewni wielkości Bystrzanki. Szczególnie w czasie intensywnych opadów wiosennych lub letnich, w największym stopniu kształtują one przepływ wezbraniowy (czasem powodziowy) w korycie Wisły poniżej Zawichostu (środkowa i dolna część dorzecza Wisły). Obliczony przez autora (na podstawie danych z IMGW) odpływ ze zlewni górnej Wisły, zajmującej 26% jej całkowitego dorzecza, w czasie powodzi w maju 2010 stanowił 79% jej całkowitego odpływu.

Pomimo wielu badań nad fizycznymi, chemicznymi i biologicznymi funkcjami cieków w małych zlewniach i ich znaczeniem dla całej sieci rzecznej, stosunkowo rzadkie są studia oparte o kilkudziesięcioletnie serie obserwacyjne poszczególnych składników bilansu wodnego (Likens 2004). Istnieje również potrzeba większej liczby szczegółowych studiów i

ocen, w jaki sposób zmiany klimatu i użytkowanie terenu wpływają na obieg wody w małych zlewniach (Rogger i in., 2017; Wohl 2017). Na obszarze Polski badania nad obiegiem wody były prowadzone na wybranych poligonach badawczych (najczęściej zlewniach rzecznych). W ramach Programu Małych Zlewni realizowanego przez IMGW (Ostrowski 1997) prowadzone są badania wyłącznie w relacji opad-odpływ. Prowadzone były również badania w małych zlewniach Karpat Zachodnich, m.in. w Beskidzie Sądeckim (Figuła 1966; Twardy i in. 1997; Kostuch 2003; Kostuch 2004), w Beskidzie Małym (Rajda i in. 2002) i na Pogórzu Wadowickim (Ostrowski i Bogdał 2006) oraz w Sudetach (Fatyga i Wiatkowski 2003) i w Wielkopolsce (Miler i Murat-Błażejewska 1996; Kostrukiewicz i in. 2002). Prowadzone od 1994 r. kompleksowe badania środowiska przyrodniczego w ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, obejmujące zlewnię Bystrzanki i 11 innych zlewni w różnych geosystemach Polski, dają pełną informację o kształtowaniu się składników obiegu wody, kierunkach i przyrodniczych skutkach ich zmian, występujących w wieloletnim w małych zlewniach rzecznych.

Cel i zakres badań

Zmiany klimatu i pokrycia terenu obserwowane w Polsce wpływają na obieg wody w skali zlewni. Dzieje się tak zarówno w przebiegu wieloletnim, jaki i w przestrzeni, wskutek interakcji poszczególnych składników obiegu wody z pozostałymi komponentami środowiska przyrodniczego, w które ingeruje człowiek (Gutry-Korycka 2018).

Zasadniczym celem badań było wskazanie wzajemnych związków między składnikami obiegu wody w małej zlewni, położonej na obszarze fliszu karpackiego oraz wskazanie ich czasowo-przestrzennej zmienności, ze szczególnym uwzględnieniem obserwowanych zmian klimatycznych i form pokrycia terenu, w tym użytkowania ziemi.

Badaniami objęto składniki obiegu wody w zlewni Bystrzanki (13 km²) w latach 1971-2015. Zlewnia Bystrzanki zarówno pod względem klimatu jak i cech krajobrazowych (rzeźby terenu, pokrycie terenu i rozwoju sieci osadniczej) jest reprezentatywna dla obszaru gór niskich i pogórzy (Starkel 1972). Środowiskowe skutki przemian społeczno-gospodarczych obserwowane są na obszarze Karpat Zachodnich i przejawiają się wzrostem transportu zawiesiny w korytach cieków, spowodowanym rozwojem sieci osadniczej (wzrost powierzchni utwardzonych) i infrastruktury drogowej (Kijowska-Strugała 2019) oraz wzrostem powierzchni lasów (Kozak 2009; Bucała-Hrabia 2017).

Zmiany klimatu i pokrycia terenu obserwowane w długim okresie czasu, obejmującym 45 lat, pozwalają na wykrycie prawidłowości obiegu wody w małej zlewni, poprzez

określenie wielkości i kierunków zmian poszczególnych składników obiegu wody, proporcji między nimi, interakcji między badanymi elementami oraz zmian w przebiegu rocznym. Badania prowadzone w układzie zlewni rzecznej, jako systemie quasi-zamkniętym, pozwoliły zbilansować wszystkie składniki bilansu wodnego, ze wskazaniem różnicy między „przychodową” (opad) i „rozchodową” (ewapotranspiracja + odpływ powierzchniowy + odpływ śródpokrywowy + odpływ gruntowy) stroną bilansu wodnego, świadcząc o stanie retencji zlewni. Analiza składników obiegu wody została przeprowadzona w układzie: opad - ewapotranspiracja - spływ powierzchniowy - spływ śródpokrywowy - stany wód podziemnych - odpływ rzeczny. Została ona oparta na danych pochodzących z pomiarów prowadzonych na Stacji Badawczej Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, znajdującej się w zlewni potoku Bystrzanka w Szymbarku. Są to najdłuższe serie pomiarowe składników obiegu wody w całych Karpatach. W okresie 50 lat badań prowadzonych na Stacji powstały liczne i często cytowane opracowania, dotyczące poszczególnych elementów środowiska przyrodniczego badanej zlewni, m.in. Słupik 1973, Gil 1979, Soja 1981, Welc 1985, Gil 1999, Bochenek i Gil 2010, Kijowska-Strugała 2015, Bochenek 2016a, Bochenek 2016b, Kijowska-Strugała 2019. Przeprowadzona analiza jest pierwszą próbą ujęcia kompleksowego, wskazującego długookresowe kierunki zmian badanych składników obiegu wody na obszarze zlewni Bystrzanki na tle zmieniających się uwarunkowań klimatycznych oraz sposobu użytkowania ziemi.

Obszar badań.

Zlewnia Bystrzanki położona jest w dorzeczu górnej Wisły i stanowi zlewnię cieków IV rzędu wg Mapy Podziału Hydrograficznego Polski. Zajmuje ona powierzchnię 13,0 km², a ciek o tej samej nazwie jest dopływem Ropy, którego ujście znajduje się na 38 km biegu rzeki. Zlewnia reprezentuje krajobrazowe cechy charakterystyczne dla gór niskich i pogórzy (Starkel 1972). Jej położenie w obrębie dwóch jednostek geomorfologicznych: Beskidu Niskiego i Dołów Jasielsko-Sanockich determinuje zróżnicowanie wielkości składników obiegu wody, wynikających ze złożoności środowiska geograficznego. Średnia wysokość zlewni wynosi 467 m n.p.m., przy rozpiętości od 297 do 753 m n.p.m. Zachodnia, beskidzka, wyżej wyniesiona (powyżej 600 m n.p.m.) część badanej zlewni jest porośnięta przez las (zbiornik buczyny karpackiej), zajmujący ok. 38% powierzchni. Wschodnia, pogórska część jest w przeważającej części użytkowana rolniczo. Zabudowania mieszkalne i gospodarcze skupione są głównie w dnach doliny Bystrzanki i jej dopływów. Zróżnicowanie rzeźby tego obszaru wynika z litologii i tektoniki. Czoło nasunięcia płaszczowiny magurskiej

wysuwa się tutaj ku północy w postaci tzw. półwyspu tektonicznego Łużnej (Kozikowski 1956, Świdziński 1973). Cechuje go zróżnicowanie litologiczne utworów wieku paleogeńskiego. Beskidzka, zachodnia część zlewni, charakteryzuje się występowaniem w podłożu grubo- i średnioławicowych piaskowcowo-łupkowych utworów serii magurskiej, strefy facjalnej raczańskiej północnej (serii Siar) (Kopciowski i in. 1997). Pogórska, wschodnią części zlewni Bystrzanki, budują łupkowo-piaskowcowe warstwy inoceramowe (piaskowce cienko-, średnio- i gruboławicowe z łupkami i marglami fukoidowymi) wieku kredowo-paleogeńskiego (senon-paleocen) (Kopciowski i in. 1997). Na niewielkim obszarze, we wschodniej części zlewni odsłaniają się iłowłupkowe utwory krośnieńskie (warstwy z Gorlic), należące do płaszczowiny śląskiej. Szczegółowe badania glebowe przeprowadzone na obszarze badanej zlewni przeprowadzone zostały przez Adamczyka i in (1973). Ogólna miąższość pokrywy glebowej w badanej zlewni kształtuje się od 80-100 cm w partiach podszczytowych do 200-400 cm na stokach. Gleby wytworzyły się na pokrywach stokowych, które w części zlewni zbudowanej z piaskowców magurskich zawierają 50-80% frakcji kamienistej, natomiast na seriach łupkowo-piaskowcowych warstw inoceramowych i krośnieńskich udział części szkieletowych wynosi 20-40%. Pod względem składu mechanicznego, gleby badanego obszaru są glinami lekkimi, średnimi (na grzbietach beskidzkich) lub ciężkimi (na garbach pogórskich). Dominującym typem gleb są gleby brunatne, które na badanym obszarze występują w 6 podtypach jako: kwaśne, wyługowane, wyługowane oglejone, słabo wyługowane, właściwe i właściwe oglejone (Adamczyk i in. 1973).

Pod względem klimatycznym, większa część obszaru badanej zlewni jest położona w piętrze klimatu umiarkowanie ciepłego, o średniej rocznej temperaturze 6-8°C (Hess 1965; Obrębska-Starkel 1973, Hess i in. 1977). Jedynie najwyższe partie wierzchowinowe grzbietów beskidzkich są położone w piętrze umiarkowanie chłodnym. Izoterma roczna 6°C, rozdzielająca te dwa podpiętra przebiega na wysokości ok. 570 m n.p.m (Hess i in. 1977).

W badanym okresie 45 lat, na obszarze Karpat Zachodnich i w badanej zlewni wystąpiły bardzo znaczące zmiany powierzchni i struktury użytków rolnych, będące skutkiem przemian ustrojowych. Stwierdzono zmniejszenie się powierzchni użytków rolnych z 50,3% powierzchni w 1969 r. do 44,7% w 2015 r. Równocześnie nastąpiła zmiana użytkowania, polegającą przede wszystkim na konwersji gruntów ornych w użytki zielone; powierzchnia gruntów ornych zmniejszyła się z 45,9% w 1969 r. do 8,8% w 2015 r., natomiast powierzchnia użytków zielonych zwiększyła się z 4,4% w 1969 r. do 35,9% w 2015 r.

Powierzchnia lasów między obydwooma przekrojami czasowymi wzrosła z 35,9% do 38,2%, natomiast powierzchnia zakrzaczeń i ciągów drzew - z 4,1% do 9,4%. Największe zmiany w okresie ostatnich 50 lat dotyczyły zatem powierzchni gruntów ornych, która zmniejszyła się ponad 5-krotnie, kosztem 8-krotnego wzrostu powierzchni zajmowanej przez użytki zielone.

Źródła danych i metody badań.

Podstawowym źródłem informacji były dane zgromadzone w archiwum Stacji Badawczej Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN w Szymbarku za okres 1971-2015, r. Od 1996 r. brałem udział w badaniach terenowych, zbieraniu i archiwizacji danych. Wykorzystane zostały dane klimatyczne (stacja meteorologiczna położona w dolnej części zlewni Bystrzanki), dobowe stany wody i przepływy z profilu wodowskazowego zamykającego zlewnię Bystrzanki, stany wód gruntowych mierzone w piezometrach oraz wysokość spływu powierzchniowego i śródpokrywowego, mierzona na 6-arowych poletkach na stoku doświadczalnym w dolnej części badanej zlewni. Ponadto wykorzystano mapy gleb (Adamczyk i in. 1973) oraz pokrycia terenu w przekrojach czasowych: 1969 (Gil 1979), 1997 (Olędzki i in. 2007), 2009 (Gudowicz i Zwoliński 2010).

Reprezentatywność danych opadowych ze stacji meteorologicznej IGiPZ PAN w zlewni Bystrzanki wykazano analizując je na tle danych z 26 posterunków opadowych (IMGW) rozmieszczonych do ok. 40 km wokół zlewni. Wykorzystano również średnie dobowe przepływy w profilach zamykających zlewnię Sękówki (wodowskaz Gorlice - 121 km²) i Olszynki (wodowskaz Siepietnica - 142 km²).

Podczas analizy danych zastosowano liczne metody analityczne. Obliczono sumy lub średnie wartości dla wielolecia, poszczególnych lat hydrologicznych oraz miesięcy. Zmienność badanych elementów przedstawiono za pomocą współczynnika zmienności C_v . Powszechnie stosowano wartości względne w postaci wskaźników lub współczynników: wskaźnik opadowy J (Schmuck 1965), wskaźnik nierównomierności opadów V (Wilgat 1948), indeks sezonowości IS (Markham 1970), wskaźnik śnieżności zim W_{sn} (Paczos 1982), współczynnik hydrotermiczny K Sielanianowa, wskaźnik zagrożenia suszą gruntową k_n (Kazimierski i in. 2008), współczynnik odpływu α , wskaźnik koncentracji odpływu GMO (Olivier 1980) i współczynnik przepływu k (Parde 1957).

Wykorzystano również klasyfikacje: dobowej wysokości opadu (Olechnowicz-Bobrowska 1970), wskaźnika rzeczywistego opadu rocznego (Kaczorowska 1962) i miesięcznego (Tomaszewska 1994), miesięcznych wartości współczynnika hydrotermicznego K Sielanianowa, natężenia suszy meteorologicznej (Schmuck 1962), wskaźnika zagrożenia

suszą gruntową k_n (Kazimierski i in. 2008), natężenia niżówki hydrologicznej (Hisdal i in. 2004), klasyfikację genetyczną wezbrań (Lambor 1965) i wielkości wezbrań w oparciu o maksymalny przepływ (Ozga-Zielińska i Brzeziński 1997).

Na podstawie kryteriów opisanych w literaturze, obliczono progowe wartości natężenia przepływu dla niżówek (Hisdal i in. 2004) i wezbrań (Ozga-Zielińska i Brzeziński 1997).

Ponadto wykorzystano formuły do obliczeń:

- ewapotranspiracji wskaźnikowej ET_0 (Penman 1948),
- wskaźnika tendencji opadowych WTO (Szpikowski i in. 2006),
- bilansu wodnego: klimatycznego (KBW) i surowego (SBW),
- natężenia maksymalnego przepływu o określonym prawdopodobieństwie w oparciu o rozkład Pearsona typ III,
- warstwy niedoboru odpływu podczas niżówek (n) i nadmiaru odpływu podczas wezbrań (w)

Dla potrzeb obliczeń w niniejszej monografii dokonałem modyfikacji wskaźnika tendencji opadowych (WTO), polegającej na obliczeniu średniej wartości ze skumulowanego szeregu odchyłeń od miesięcznych sum opadu. Odjęcie tak obliczonej wartości od każdego elementu skumulowanych odchyłeń od miesięcznych sum opadu spowodowało, że bezwzględne sumy odchyłeń ujemnych i dodatnich były sobie równe. W analogiczny sposób obliczyłem wskaźnik tendencji odpływu (WTH), nie stosowany dotychczas w literaturze hydrologicznej.

Dla płytkich wód podziemnych (piezometry) obliczyłem współczynnik stanów wody l , analogiczny do współczynnika przepływu k w korycie rzeki. Jego standaryzacja pozwoliła na wskazaniem okresów o niskim lub wysokim udziale średnich miesięcznych stanów wody w średnim rocznym stanie wody.

Do przedstawienia przestrzennej zmienności składników obiegu wody na obszarze zlewni Bystrzanki wykorzystano model Soil and Water Assessment Tool (SWAT), który umożliwia modelowanie natężenia procesów i zjawisk hydrologicznych w zlewni (Allen i in. 1998). Dobór modelu był podyktowany jego uniwersalnością dla różnych stref klimatycznych, powszechnością stosowania, mającą odzwierciedlenie w licznych publikacjach (wg *SWAT Literature Database*, stan dn. 15.09.2017 - 2990 recenzowanych publikacji) oraz możliwością symulowania wszystkich badanych składników obiegu wody.

SWAT w obecnej postaci zaklasyfikować można jako model oparty na podstawach fizycznych, deterministyczny, operujący w skali zlewni rzecznej dla dobowego kroku obliczeń. Jego efektywność obliczeniowa umożliwia wykonywanie symulacji dla długich okresów czasu, sięgających 150 lat. Ze względu na możliwości odzwierciedlenia charakterystyk przestrzennych zlewni, SWAT zaliczyć można do modeli o parametrach quasi-przestrzennie rozłożonych. Model SWAT jest powszechnie używany do symulacji odpływu i substancji w różnych lokalizacjach na kuli ziemskiej, niezależnie od litologii, rzeźby czy strefy klimatycznej. Każdy z elementów podlegający symulacji przez model SWAT w zlewni Bystrzanki został zweryfikowany z wynikami pochodzącymi z pomiarów punktowych lub poletkowych.

Ważniejsze wyniki przeprowadzonych badań

Średnie wieloletnie sumy oraz trendy zmian badanych składników obiegu wody

Średnia roczna suma opadów atmosferycznych w zlewni Bystrzanki wyniosła 834,6 mm, przy współczynniku zmienności C_v równym 17,7%. W okresie 45 lat roczne sumy opadu nie wykazywały trendu. Potwierdza to prawidłowość zaobserwowaną przez K. Kożuchowskiego (2004), który stwierdził, że roczne sumy opadów w Polsce charakteryzują się raczej nieregularnymi fluktuacjami nadmiaru i niedoboru opadów aniżeli trwałym ich trendem. Zmiany rocznych sum opadów w przebiegu wieloletnim dobrze korespondują ze zmiennością w seriach opadowych dla dorzecza górnej Wisły (Cebulska i in., 2007). Obliczenie, na podstawie zebranych danych, wskaźników klimatycznych dla Stacji w Szymbarku pozwoliło stwierdzić narastanie cech kontynentalizmu pluwialnego (Bochenek i in. 2018), potwierdzone dla obszaru południowo-wschodniej Polski (Czarnecka i Nidzgorska-Lencewicz 2012). Dowodem na to jest wzrost częstości „bardzo słabych” opadów o dobowych sumach 0,1-1,0 mm.

Ewapotranspiracja terenowa (ET) wyniosła średnio 567,9 mm rok⁻¹ a współczynnik zmienności C_v sum rocznych wyniósł 16,1%. Ewapotranspiracja terenowa (ET), obliczona na podstawie ewapotranspiracji wskaźnikowej (ET_0) wg formuły Penmana-Montheitha (Penman 1948), nie wykazywała w badanym okresie trendu z powodu występującego co kilka lat obniżenia rocznej sumy ET_0 , spowodowanej wzrostem częstości opadów (kilkudniowe opady rozlewane), obniżeniem temperatury powietrza i skróceniem czasu trwania usłonecznienia w miesiącach letnich, czyli w części roku, kiedy sumy ewapotranspiracji są najwyższe. Średnie sumy ewapotranspiracji wskaźnikowej (ET_0), obliczone dla okresu wegetacyjnego (V-X) są

porównywalne z wynikami obliczeń dla południowo-wschodniej części Polski (Kasperska-Wołkowicz i Łabędzki 2004).

Spływ powierzchniowy przyjął średnią sumę $155,4 \text{ mm rok}^{-1}$ i współczynnik zmienności C_v równy 63,4%. Roczne sumy spływu powierzchniowego były wypadkową warunków opadowych: postaci opadu (deszczowy lub śnieżny) i jego natężenia oraz zmian pokrycia terenu i użytkowania ziemi, jakie zaszły w badanym okresie. Ograniczenie powierzchni gruntów ornych (w tym upraw rzędowych) kosztem wzrostu powierzchni użytków zielonych, spowodowało zmniejszenie wysokości spływu powierzchniowego na stokach i towarzyszącej mu erozji wodnej gleb (Kijowska-Strugała 2015). Potwierdzają to wyniki uzyskane na podstawie pomiarów na 6-arowych poletkach, które wskazują na występowanie w wieloleciu ujemnego trendu tego elementu obiegu wody na stoku. Jednakże, rozwój infrastruktury drogowej (utwardzanie lub asfaltowanie dróg, rowy przydrożne) spowodował przyspieszenie odpływu przez sieć antropogenicznie wytworzonych linii drenażu, dlatego w badanym okresie nie stwierdzono statystycznie istotnego kierunku zmian spływu powierzchniowego z obszaru badanej zlewni, obliczonego na podstawie rozdziału hydrogramu odpływu.

Wśród omawianych elementów obiegu wody najniższą średnią roczną sumę stwierdzono dla spływu śródpokrywowego, wynoszącą 70,2 mm, przy współczynniku zmienności C_v równym 47,0%. Wielkość i udział tego składnika obiegu wody w obrębie stoków karpackich jest duży w porównaniu z obszarami nizinnymi Polski, gdzie wysokość spływu śródpokrywowego nie przekracza 1% rocznej sumy opadu (Szpiłowska 2003; Fatyga i Stodolak 2005). Fliszowe pokrywy stokowe, w których składzie mechanicznym wysoki udział mają frakcje ilaste i pylaste, utrudniają infiltrację wody do głębszego podłoża. Spływ śródpokrywowy, w odróżnieniu od spływu powierzchniowego, w okresie 45 lat badań przyjął dodatni kierunek trendu, na który wpływ wywarł wzrost częstości opadów „bardzo słabych” ($0,1-1,0 \text{ mm doba}^{-1}$) i „słabych” ($1,1-5,0 \text{ mm doba}^{-1}$). Rola spływu śródpokrywowego jako elementu krążenia wody w obrębie stoku zwiększyła się w omawianym okresie i jest prawdopodobnie skutkiem wzrostu powierzchni łąk, kosztem zmniejszenia powierzchni gruntów ornych z uprawą roślin okopowych i zbóż, szczególnie widocznego w ostatnich dwóch-trzech dekadach.

Odpływ gruntowy średnio wyniósł $152,8 \text{ mm rok}^{-1}$, przy współczynniku zmienności C_v rocznych sum 54,0%. W obszarach górskich udział tej składowej w odpływie ze zlewni jest relatywnie niski w porównaniu z obszarami Niżu Polskiego (Brykała 2009). Udział odpływu podziemnego w całkowitym rocznym odpływie ze zlewni stanowił średnio 40% i

odpowiadał średniemu udziałowi tej formy odpływu ze zlewni rzek karpackich (Soja 1981). W badanym okresie ten składnik obiegu wody charakteryzował się spadkowym trendem rocznych sum.

Średni roczny odpływ ze zlewni Bystrzanki wyniósł 370,4 mm. Roczne sumy odpływu kształtowały się od 85,8 mm (2012r.) do 897,8 mm (2010r.) a współczynnik zmienności C_v wyniósł 41,8%. W latach 1971-2015 nie stwierdzono trendu rocznych sum odpływu ze zlewni Bystrzanki. Roczna wysokość odpływu jest uzależniona głównie od sumy opadu ($r=0,727$), który z roku na rok był bardzo zmienny (od 530,0 mm do 1180,0 mm) i również nie wykazywał statystycznie istotnego trendu. W przebiegu rocznych sum odpływu, stwierdzono ich obniżenie w latach 1984-1994. Podobną sytuację zaobserwowano dla odpływu z obszaru Polski (Gutry-Korycka i in. 2014). Zauważalne jest również obniżenie współczynnika odpływu α w latach 80. i 90. XX w., stwierdzone również w rzekach środkowej Polski przez P. Jokiela i A. Bartnika (2001), którego przyczyn autorzy dopatrują się we wzroście parowania terenowego.

Odwzorowaniem relacji między zasilaniem koryta cieków przez spływ śródpokrywowy i odpływ gruntowy są stany wody w płytkich piezometrach gruntowych. Badania przeprowadzono na dwóch stanowiskach piezometrycznych, położonych w środkowej i dolnej części stoku. Na każdym z nich codziennie mierzono stany wody w piezometrach o głębokości 1,0 m i 1,5 m. Na stanowisku w środkowej części stoku średnia roczna głębokość zwierciadła wody wyniosła: w otworze płytszym 68,6 cm i 105,0 cm w otworze głębszym, natomiast w dolnej części stoku średnia głębokość zwierciadła wody wyniosła: 82,8 cm w płytszym piezometrze i 101,8 cm w głębszym piezometrze. Najwyższe średnie roczne stany wody wystąpiły w różnych latach, natomiast stany najniższe we wszystkich otworach wystąpiły w jednym roku - 2015. Współczynnik zmienności C_v średnich rocznych stanów wody kształtował się od 7 do 14%. W badanym wieloleciu współczynnik trendu średnich rocznych głębokości zwierciadła wody (GZW) w środkowej części stoku w otworze o głębokości 1,0 m wyniósł 2,1 cm na 10 lat, natomiast w otworze o głębokości 1,5 m wyniósł - 3,1 cm na 10 lat. Spadkowy trend głębokości zwierciadła wody w głębszym otworze był spowodowany przez dwa czynniki: małą miąższość pokryw w tej części stoku, pod którymi występuje podścielająca warstwę gliniastych utworów zwietrzelina z dużym udziałem frakcji kamienistej (piaskowiec), oraz dodatnim trendem temperatury powietrza, szczególnie w okresie wiosennym, powodującym wzrost ewapotranspiracji. W otworach piezometrycznych w dolnej części stoku wystąpiły trendy rosnące średniej głębokości zwierciadła wody,

spowodowane wzrostem objętości wody spływającej w pokrywach stokowych, potwierdzone dodatnim trendem rocznych sum spływu śródpokrywowego w okresie badań.

Rozkład wybranych składników obiegu wody w ciągu roku

Na podstawie miesięcznych sum opadu, odpływu oraz średnich miesięcznych stanów wód podziemnych, dla każdego roku obliczono wartości indeksu sezonowości (*IS*) (Markham 1970). Przedstawiają one rozkład analizowanych elementów (sum lub średnich) w ciągu roku i ich udział w sumie (średniej) rocznej.

Średni *IS* opadu w badanym okresie wyniósł 29,1%, wykazując najniższe wartości w latach 1976 i 1977 (9,9 i 7,4%), spowodowane wysokimi miesięcznymi sumami opadu w trzech, odległych od siebie w czasie, miesiącach roku (np. w 1976 były to styczeń, maj i wrzesień). Przyczyną najwyższej wartości *IS*, która wystąpiła w 1973 r. (47,5%) i w 2011 r. (47,1%), była bardzo wysoka suma opadu w jednym z miesięcy roku (w 1973 r. w czerwcu - 296,6 mm; w 2011 r. w lipcu - 325,0 mm). Współczynnik zmienności C_v rocznych wartości *IS* wyniósł 32,7%. W okresie 45 lat szereg czasowy indeksu sezonowości (*IS*) nie wykazywał statystycznie istotnego trendu. W przebiegu rocznym najwyższa miesięczna średnia suma opadów wystąpiła w czerwcu (122,1 mm), a najniższa - w lutym (36,6 mm). Wieloletnie serie pomiarowe wysokości opadów upoważniają do wyznaczenia kierunków zmian (trendów), pod warunkiem zachowania istotności statystycznej ($p < 0,05$) współczynnika trendu a . Z powodu dużych różnic sum opadu danego miesiąca, występujących w kolejnych latach, statystycznie istotne, dodatnie trendy wystąpiły tylko w lutym i marcu. Wzrostowy trend opadów w marcu stwierdzono dla obszaru Polski w latach 1951-2000 (Degirmendzić i in. 2004). Współczesne prognozy klimatyczne, w tym badania ekspertów IPCC (Solomon et al. 2007) wskazują, że w Europie Centralnej należy spodziewać się wzrostu opadów zimą. Dodatnie trendy miesięcznych sum opadu w Szymbarku w okresie styczeń-marzec potwierdzają taki kierunek zmian.

Obliczenia wysokości ewapotranspiracji terenowej *ET* w poszczególnych miesiącach roku wskazują na występowanie najwyższej średniej wartości w lipcu, wynoszącej 112,7 mm oraz najniższej w grudniu 11,4 mm. Obliczenie trendów miesięcznych sum wskazało na występowanie dodatnich współczynników trendu *ET* od lutego do czerwca, które kształtowały się w granicach od 0,029 do 0,446 i miały związek temperaturą powietrza, której średnie miesięczne wartości od kwietnia do czerwca w badanym okresie przyjmowały trend dodatni.

Na podstawie średnich miesięcznych stanów wody w poszczególnych otworach piezometrycznych obliczono indeks sezonowości *IS*. Wyższe średnie wartości indeksu

sezonowości *IS* w okresie 1971-2015 stwierdzono w piezometrach w środkowej części stoku, które wyniosły odpowiednio: 27,7 i 33,6% w otworach o głębokości odpowiednio: 1,0 m i 1,5 m, w porównaniu z otworami w dolnej części stoku, w których średni *IS* wyniósł 23,1 i 18,1%. Występujące różnice świadczą o większej dynamice wahań stanów wody w środkowej części stoku, w której dominuje infiltracyjna składowa zasilania pokryw. Najwyższe średnie miesięczne stany wody wystąpiły w marcu i były spowodowane głównie zasilaniem pokryw stokowych przez wody roztopowe. Stany najniższe wystąpiły we wrześniu lub październiku i zostały wywołane częstymi okresami niedoborów opadu przy wzroście ewapotranspiracji terenowej. Podobną prawidłowość stwierdził W. Chełmicki (1991) w opracowaniu traktującym o krążeniu płytkich wód podziemnych w Polsce. Roczny przebieg stanów wody w badanych piezometrach odpowiada przynależności do obszaru o reżimie kontynentalnym (II) i podobszaru, w którym poza kulminacją wiosenną, możliwa jest drugorzędna kulminacja zwierciadła latem (II b) wg klasyfikacji Chełmickiego (1991). W kilkuletnich okresach obserwowane były duże odchylenia od ustroju ustalonego na podstawie średnich miesięcznych stanów wody.

Średnia roczna wartość *IS* odpływu ze zlewni, która wyniosła 36,9%, świadczy o większym „skoncentrowaniu” w ciągu roku odpływu niż opadu (*IS* opadu = 29,1%). Wartość tego wskaźnika była wyższa od analogicznego parametru, obliczonego dla większości dużych zlewni rzek karpackich (Jokiel i Tomalski 2017) i rzek nizinnych (Jokiel i Stanisławczyk 2016), z powodu krótkiego czasu spływu wody do koryta głównego cieku i jego dopływów z najdalej położonych części badanej zlewni. Najwyższy miesięczny odpływ ze zlewni wystąpił w marcu – średnio 54,6 mm, spowodowany topnieniem zakumulowanej w poprzednich miesiącach pokrywy śnieżnej i występowaniem wezbrań roztopowych. Najniższe średnie miesięczne sumy odpływu wystąpiły w okresie wrzesień-listopad, w wyniku coraz częstszych i dłuższych okresów susz atmosferycznych, występujących w drugiej połowie lata i jesienią. Spośród miesięcy, tylko w grudniu wystąpił statystycznie istotny ujemny trend odpływu. Rzeki karpackie cechuje duża zmienność przepływów rocznych i miesięcznych w kolejnych latach, stąd osiągnięcie statystycznie istotnych trendów jest dla innych miesięcy niemożliwe. Obliczony, na podstawie średnich miesięcznych sum odpływu, współczynnik przepływu *k* (Parde 1957) wskazuje, że Bystrzanka reprezentuje reżim hydrologiczny „śnieżno-deszczowy”. W kilkuletnich przedziałach czasu charakteryzuje się on dużą zmiennością i znacząco odbiega od średniego przebiegu w ciągu roku.

Uwarunkowania i charakterystyka ponadprzeciętnych zdarzeń hydrologicznych - niżówek i wezbrań

Zbiór wyników średnich dobowych przepływów w badanym okresie pogrupowano wg wartości kwantylowych. Stwierdzono statystycznie istotny trend spadkowy ($\alpha = -1,74$) przepływów średnich (percentyl 0,25-0,75), spowodowany wzrostem częstości dni z przepływami niskimi (percentyl 0,02-0,05) i zmniejszeniem się liczby dni z przepływami wysokimi (percentyl 0,95-0,98).

Obliczenie wskaźników klimatycznych: termicznych (oceanizmu [Marsz 1995] i kontynentalizmu termicznego [Gorczyński 1922]) oraz opadowych (deszczowy [Lang 1915], pluwiotermiczny [Rychliński 1923] i suchości klimatu [Ped 1977]) dla Stacji w Szymbarku pozwoliło stwierdzić narastanie cech kontynentalizmu pluwialnego (Bochenek i in. 2018), potwierdzone również dla obszaru południowo-wschodniej Polski (Czarnecka i Nidzgorska-Lencewicz 2012). Warunki termiczno-opadowe (współczynnik hydrotermiczny K Sielianinowa) dla cieplej części roku (od maja do października) oraz susze atmosferyczne wskazują, że od połowy lat 90. XX wieku wydłużeniu ulegają okresy niedoboru opadów, wywołujące zjawisko silnej i długotrwałej suszy, mające odzwierciedlenie w wydłużaniu się okresów niżówek, szczególnie niżówek głębokich.

Przepływy niżówkowe, przyjęte wg założeń Hisdala i in. (2004) występowały średnio przez 140 dni w roku, w tym przepływ poniżej progu niżówki płytkiej - przez 90 dni w roku i niżówki głębokiej – przez 50 dni w roku. Długi czas trwania przepływów niżówkowych wystąpił w latach 1982-1989 oraz w okresie 2001-2015. Wzrost czasu trwania niżówek w odpływie w latach 1982-1987 wystąpił również w małych zlewniach pienińskich (Kostuch 2004). W latach 80. XX wieku w korycie Bystrzanki niżówka głęboka występowała, gdy liczba dni z niżówką płytką przekraczała 115 dni, natomiast w okresie ostatnich kilkunastu lat, obserwowana jest ona przy niższej, wynoszącej skrajnie ok. 20 dni, liczbie dni z niżówką płytką. Recesja natężenia przepływu następuje więc znacznie szybciej, w wyniku coraz częściej pojawiających się susz atmosferycznych w okresie lata.

W serii dobowych przepływów można wyróżnić okresy niżówek wg następujących kryteriów: progowej wartości natężenia przepływu (powyżej kwantyla 0,7 w uszeregowanym malejąco ciągu średnich dobowych przepływów), czasu trwania (minimum 10 dni) i krótkotrwałego wzrostu przepływu (do 3 dni, przy maksymalnym wzroście natężenia przepływu nie przekraczającym SSQ), który nie przerywał występującego wcześniej zdarzenia niżówki. Przyjęto stałe (dla całego roku) i zmienne (dla miesięcy) progowe wartości

natężenia przepływu, poniżej którego występowało to zjawisko. Zastosowanie zmiennego proggu przepływu (tzw. poziomu odcięcia) wynikało z naturalnego zróżnicowania w przebiegu rocznym czynników powodujących wystąpienie omawianego zjawiska (van Loon i in. 2014). Liczba wyróżnionych niżówek przy stałym proggu odcięcia wyniosła 182, natomiast przy zmiennej progowej wartości natężenia przepływu - 130. Średni czas trwania pojedynczej niżówki wyniósł: przy stałym proggu odcięcia - 32 dni, natomiast przy zmiennym proggu natężenia przepływu - 35 dni. Zastosowanie zmiennego proggu odcięcia spowodowało zatem zmniejszenie liczby niżówek i wydłużenie czasu ich trwania. Średnia liczba dni w roku z niżówką wyróżnioną wg przyjętych kryteriów, przy stałym proggu odcięcia wyniosła 130, w tym z niżówką głęboką - 46. Stosując delimitację z zastosowaniem zmiennych (miesięcznych) progów niżówek, średnia liczba dni z niżówką w roku wyniosła 96 dni, w tym z niżówką głęboką - 17 dni. Średni roczny niedobór niżówki przy stałym poziomie odcięcia wyniósł 16,1 mm oraz 9,5 mm przy zmiennym poziomie odcięcia.

Do wyznaczenia wezbrań przyjęto kryterium podane przez M. Ozga-Zielińską i J. Brzezińskiego (1997). Progowe wartości przepływów (Q_{gr}), obliczone oddzielnie dla zimowego i letniego półroczu hydrologicznego, posłużyły do delimitacji wezbrań w obydwu częściach roku hydrologicznego. Łączna liczba wezbrań w okresie badanych 45 lat wyniosła 428. Przyjmując kryteria genetyczne (Lambor 1965), liczba wezbrań opadowych wyniosła 302, stanowiących łącznie 70,6% ogólnej liczby wezbrań. Wezbrania roztopowe, w liczbie 89, stanowiły 20,6% ogółu przypadków. Dominacja wezbrań opadowych jest zgodna z przestrzennym rozkładem typów wezbrań zaprezentowanym przez J. Stachy'ego i B. Fal (1986) na obszarze Polski. Czas trwania wezbrań wyniósł 17850 godzin, stanowiąc 4,6% czasu trwania wielolecia 1971-2015. Spośród wyróżnionych genetycznych typów tylko wezbrania opadowe rozlewne charakteryzował wzrost czasu trwania, który był skorelowany z dodatnim trendem ich liczebności. W ostatnich kilkunastu latach (po 2000 r.) obserwowane było skrócenie czasu trwania wezbrań roztopowych, potwierdzone statystycznie istotnym współczynnikiem trendu ($\alpha = -0,735$), mimo iż w latach 1971-2015 nie stwierdzono statystycznie istotnego trendu rocznej sumy opadu w postaci śniegu. Zmianie czasu trwania wezbrań roztopowych sprzyja szybki wzrost temperatury powietrza w kolejnych dniach na przełomie zimy i wiosny, czego efektem jest coraz krótszy czas trwania termicznego przedwiośnia (Bochenek 2016a). Warstwa odpływu wezbraniowego, przekraczającego Q_{gr} , wyniosła 4466,3 mm, stanowiąc 26,7% odpływu w badanym okresie. Największą objętość wody odprowadziły ze zlewni Bystrzanki wezbrania opadowe ulewne - 1572,1 mm, których udział stanowił 35,2% w odprowadzaniu wód wezbraniowych i był znacząco wyższy w

porównaniu z pozostałymi typami wezbrań. Na podstawie czasu koncentracji i czasu trwania wezbrania oraz maksymalnego przepływu, sporządzono uśrednione hydrogramy odpływu, stanowiące model każdego genetycznego typu wezbrania w badanej zlewni.

Klasyfikację wezbrań przeprowadzono również w oparciu o kryterium maksymalnego przepływu (Ozga-Zielińska i Brzeziński 1997), wyróżniając wezbrania: małe, duże (zwykłe) i wielkie. W badanym okresie wyróżniono 74 wezbrania małe (17,3%), 255 wezbrań dużych (zwykłych) (59,6%) i 99 wezbrań wielkich (23,1%). Największa objętość wody odpłynęła ze zlewni podczas wezbrań wielkich – 60,9%. Na podstawie obydwu zastosowanych klasyfikacji określono liczebność wezbrań i objętość wody, która odpłynęła z badanej zlewni podczas ich trwania. Pod względem liczebności, wystąpiło najwięcej wezbrań „opadowych rozlewnych - dużych” - 74 oraz „opadowych ulewnych - zwykłych” - 69, stanowiących łącznie 33,4% ogółu przypadków. Wezbrania małe najliczniej wystąpiły w grupie „opadowych rozlewnych” - 30 wezbrań, natomiast wezbrania wielkie - w grupie wezbrań „opadowych ulewnych” - 53 przypadki. Podczas wezbrań opadowych ulewnych aż 87% objętości wody zostało wyniesione przez wezbrania wielkie (1277,0 mm), nieco mniejsza była rola wezbrań tej wielkości podczas wezbrań opadowych ulewno-rozlewnych - 67% (448,1 mm). Większość wody spływającej ze zlewni podczas wezbrań opadowych rozlewnych, roztopowych i mieszanych wyniosły wezbrania duże (zwykłe), odpowiednio: 55% (442,4 mm), 50% (336,4 mm) i 68% (236,9 mm).

W badanym okresie 45 lat, zarówno czas trwania wezbrań jak i niżówek cechował się kilkuletnimi fluktuacjami liczebności dni w roku, wyraźniej zarysowanymi w latach 80. i 90. XX w.. Dekada lat 70. XX wieku charakteryzowała się względnie wysoką liczebnością dni wezbraniowych. W latach 80. nastąpił wzrost liczby dni z przepływem niżówkowym. Kolejna dekada, lata 90., cechowała się przeciętną liczbą dni z wezbraniem i względnie małą - dni z niżówką. Od początku XXI w., w kolejnych latach obserwowana była duża zmienność czasu trwania niżówek i wezbrań. Z tych powodów zarówno liczba dni w roku z wezbraniem, jak i z niżówką nie wykazała statystycznie istotnego trendu.

Przestrzenne zróżnicowanie składników odpływu w zlewni Bystrzanki w świetle zastosowania modelu SWAT

Pomiar odpływu ze zlewni w zamykającym ją profilu wodowskazowym był wypadkową składników obiegu wody, występujących ze zróżnicowanym natężeniem w różnych częściach zlewni. Przestrzenna dyspersja sum składników obiegu wody jest uwarunkowane nachyleniem terenu, litologią wraz ze składem mechanicznym pokryw

stokowych i głębszego podłoża fliszowego, oraz pokryciem terenu i użytkowaniem ziemi. Pierwsze dwa czynniki nie zmieniły się znacząco w okresie 1971-2015. Pokrycie terenu i użytkowanie ziemi w zlewni Bystrzanki w badanym okresie uległo jednak znaczącym zmianom. Zastosowanie modelowania hydrologicznego (model *Soil and Water Assessment Tool* - SWAT) pozwoliło przedstawić przestrzenne zróżnicowanie składników odpływu na wydzielonych fragmentach zlewni (71 zlewni cząstkowych), w postaci średnich sum wieloletnich. Umożliwiło także wskazanie kierunków i wielkości zmian w zlewniach cząstkowych i roli, jakie odegrały w nich zmiany w pokryciu terenu i użytkowaniu ziemi. W zlewniach cząstkowych pokrytych przez las w zachodniej, beskidzkiej części zlewni Bystrzanki, średnia roczna suma spływu powierzchniowego (SURQ) kształtowała się w granicach od 31-35 mm, natomiast skrajnie wysokie średnie sumy roczne tego składnika krążenia wody, przekraczające 200 mm, wystąpiły w części zlewni o największym udziale gruntów ornych. Łączny obszar występowania wzrostowej, statystycznie istotnej tendencji SURQ pokrywał 5,11 km² (39,3% powierzchni zlewni Bystrzanki), natomiast spadkowy trend wystąpił na obszarze 4,29 km² (33,0 % powierzchni). Na użytkowanych rolniczo obszarach pogórskich średnia roczna suma spływu śródpokrywowego (LATQ) nie przekroczyła 90 mm rok⁻¹. W leśnej, beskidzkiej części zlewni, wielkość odpływu śródpokrywowego przekraczała 150 mm rok⁻¹, a w całkowicie zalesionych zlewniach cząstkowych, w najwyżej położonej części badanej zlewni, zbudowanej z gruboławicowych piaskowców magurskich, o dużym udziale części szkieletowych w pokrywach stokowych, przekroczyła 200 mm rok⁻¹. Łączna powierzchnia obszaru zmniejszania się (ujemnego trendu) LATQ wyniosła 0,68 km² (5,2% powierzchni zlewni). Na obszarze 9,21 km² (70,8% powierzchni) wystąpił wzrostowy trend tego składnika krążenia wody. Najwyższe średnie roczne sumy odpływu gruntowego (GWQ), przekraczające 260 mm rok⁻¹, wystąpiły w zlewniach cząstkowych, w których podłożu geologicznych występują eoceńskie łupki pstry, podścielające warstwy piaskowców magurskich. Wysoka średnia roczna suma GWQ w tych subzlewniach wynika z wypływu wód podziemnych na kontakcie położonych wyżej utworów o składzie mechanicznym piasku gliniastego (LS), powstałego w wyniku procesów wietrzenia piaskowca magurskiego, o większej przepuszczalności i podścielających go utworów o składzie mechanicznym glin ilastych (CL) i glin pylasto-ilastych (SICL), powstałych w obrębie pstrych łupków i inoceramowych utworów łupkowo-piaskowcowych. W wyróżnionych zlewniach cząstkowych, w wieloleciu nie stwierdzono statystycznie istotnego ujemnego trendu odpływu gruntowego. Obszar występowania dodatniego trendu odpływu podziemnego (GWQ) zajmował 6,97 km² (56,3% powierzchni zlewni).

Wysokie sumy odpływu wystąpiły w zlewniach cząstkowych w dużym stopniu pokrytych przez las mieszany, na obszarze o wysokim odpływie śródpokrywowym (LATQ), kształtowały się w granicach od 450-470 mm. Najniższe średnie sumy odpływu, w granicach 370-380 mm, wystąpiły w północno-wschodniej, użytkowanej rolniczo części zlewni Bystrzanki, w której pokrywy stokowe są słabo przepuszczalne, powstałe na zwietrzelinie łupkowo-piaskowcowej utworów krośnieńskich. W omawianym wieloleciu w 40 zlewniach cząstkowych stwierdzono statystycznie istotne i wyłącznie dodatnie tendencje odpływu.

Związki między badanymi składnikami obiegu wody

Na podstawie rocznych sum opadu (P) i ewapotranspiracji wskaźnikowej (ET_0) obliczony został klimatyczny bilans wodny (KBW), którego średnia roczna wartość wyniosła 117,2 mm. Najwyższe wartości na obszarze Polski KBW najczęściej przyjmuje w Karpatach Zachodnich z powodu względnie wysokich sum opadu i niskiej ewapotranspiracji wskaźnikowej (Kuźniar i in. 2004). W okresie 1971-2015 przeważały lata z dodatnim KBW w liczbie 33, stanowiące 73% okresu badań. Surowy bilans wodny zlewni (SBW), obliczony na podstawie rocznych sum opadu (P), ewapotranspiracji terenowej (ET) i odpływu (H), wskazujący na wielkość deficytu odpływu (Byczkowski 1999), przyjął średnią roczną sumę 19,6 mm. Większość miesięcznych sum surowego bilansu wodnego w badanym okresie przyjęło wartości ujemne, przy czym w drugiej połowie badanego wielolecia zauważalne są niższe wartości świadczące o większym deficycie wody w zlewni. Potwierdza to przebieg miesięcznych wartości wskaźnika tendencji odpływu (WTH), który w tym okresie przewyższa wskaźnik tendencji opadu (WTO). W okresie 1971-2015 ewapotranspiracja terenowa stanowiła średnio 60,5%, zaś odpływ 39,5% „rozchodowej” części surowego bilansu wodnego (SBW).

Dla interpretacji obserwowanych zmian wielkości składników obiegu wody, znacznie lepsze rozpoznanie można uzyskać na podstawie trendu dla dekadowych, 10- (11-) dniowych przedziałów czasu. Dodatni trend opadów (P) w okresie wiosennym skutkował takim samym kierunkiem zmian stanów wody w piezometrach stokowych (WS), przy równoczesnym spadkowym trendzie odpływu ze zlewni (H). Taka sytuacja świadczy o wzroście udziału pokryw stokowych w retencjonowaniu wody oraz roli odpływu śródpokrywowego w zasilaniu cieków. Wzrostowa tendencja ewapotranspiracji terenowej (ET) w miesiącach wiosennych (luty-czerwiec) przynosi negatywny skutek w postaci obniżania się poziomu i zaniku wody w glebie. Dodatkowo, ujemna temperatura powietrza i niskie sumy opadów w

okresie jesiennym i zimowym powodują zmniejszanie się odpływu ze zlewni, trwające od października do początku marca.

Związki między badanymi składnikami obiegu wody określono poprzez wyznaczenie funkcji regresji liniowej między sumami opadów a wysokością spływu powierzchniowego i śródpokrywowego. Najlepszą korelację z rocznymi sumami spływu powierzchniowego uzyskano zarówno dla liczby dni, jak i sum opadów dobowych przekraczających 40 mm, świadczącą o jego występowaniu podczas intensywnych opadów ulewnych (spływ powierzchniowy nienasycony). Roczne sumy spływu śródpokrywowego wykazują statystycznie istotną korelację z sumami opadów. Podobna sytuacja dotyczy półroczy hydrologicznych. W półroczu hydrologicznym letnim (V-X) występuje niższy współczynnik regresji liniowej, spowodowany większymi stratami początkowymi opadu, związanymi z występowaniem roślinności trawiastej w fazie wegetacji oraz wyższą sumą ewapotranspiracji terenowej.

Podsumowanie uzyskanych wyników

Wyniki moich badań wskazują na wystąpienie w okresie 45 lat czasowych i przestrzennych zmian wielkości, udziału i tendencji poszczególnych składników obiegu wody w zlewni Bystrzanki. Kierunek i wielkość zmian są zróżnicowane dla każdego badanego elementu obiegu wody w wieloleciu. Zmienność każdego badanego składnika z roku na rok jest bardzo duża, wynikająca z położenia obszaru badań w przejściowej odmianie klimatu umiarkowanego i oddziaływania ośrodków barycznych z różnych kierunków (Twardosz i in. 2011). Obserwowane w badanej zlewni zmiany klimatyczne (Bochenek 2012; Bochenek i in. 2018) wpisują się w światowe trendy zmian klimatycznych (IPCC Report..., 2019). Na wyżej wymieniony czynnik nakładają się zmiany pokrycia terenu, na które znaczący wpływ wywarły zmiany polityczne i społeczno-gospodarcze, które nastąpiły w Polsce po 1989 r., związane z zaprzestaniem funkcjonowania gospodarki planowej (centralnie sterowanej) i przystąpieniem Polski do Unii Europejskiej.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdziłem następujące prawidłowości dotyczące zmian składników obiegu wody w badanym okresie:

1. W latach 1971-2015 nie stwierdzono istotnej statystycznie tendencji rocznych sum opadu. Zaobserwowano jednakże wzrostową tendencję liczby dni z opadem ($\alpha=0,53$), głównie za sprawą wzrostu liczby dni z opadem „bardzo słabym”, poniżej 1,0 mm ($\alpha=0,44$). Można zatem przypuszczać, iż tak niskie dobowe sumy opadu nie zrekompensują strat wody

związanych z ewapotranspiracją terenową i nie zwiększą wilgotności gleby. Roczne sumy opadu w postaci śniegu charakteryzowały się fluktuacjami, przejawiającymi się wzrostem wysokości opadu śnieżnego co 4-6 lat.

2. Używając metod: długości okresów bezopadowych oraz wskaźnika hydrotermicznego K Sielianiowa (tylko dla cieplej pory roku), od połowy lat 90. XX w. stwierdzono wzrost liczebności przypadków i czasu trwania susz atmosferycznych, przechodzących w susze glebowe, w tym szczególnie dotkliwych susz długotrwałych (powyżej 28 dni), potwierdzony wynikami badań z wybranych regionów Polski (Skowera 2014). Zjawiska suszy glebowej skutkowały wystąpieniem suszy hydrologicznej i niżówek w korycie cieku, których frekwencja wyraźnie wzrastała od połowy lipca do początku grudnia.

3. Roczne sumy ewapotranspiracji wskaźnikowej (ET_0) i terenowej (ET) nie wykazywały w badanym wieloleciu statystycznie istotnej tendencji rozwojowej. Średnia roczna suma ET_0 w okresie wegetacyjnym (IV-IV) była zgodna z wynikami badań dla południowo-wschodniej części Polski (Kasperska-Wołkowicz i Łabędzki 2004). Statystycznie istotne, dodatnie trendy ewapotranspiracji terenowej (ET) stwierdzono dla kolejnych miesięcy od lutego do czerwca. Zjawisko to jest niekorzystne dla upraw (rośliny okopowe i zboża) oraz traw, których zapotrzebowanie na wodę w okresie intensywnego wzrostu, jest szczególnie duże. Wzrostowe tendencje ET w okresie wiosennym, skutkują coraz szybszą recesją stanów wód podziemnych, trwającą od początku września do połowy grudnia, oraz zmniejszeniem odpływu rzeczny - od października do lutego.

4. Wielkość spływu powierzchniowego w latach 1971-2015 zmniejszyła się z powodu zmian w strukturze użytkowania ziemi w zlewni Bystrzanki: odejściem od użytkowania gruntów ornych w kierunku wzrostu powierzchni łąk (Kijowska-Strugała 2015). Recesja powierzchni upraw rzędowych, na których generowane są wysokie objętości spływu powierzchniowego, została zrekompensowana wzrostem powierzchni utwardzonych: podwórek wykładanych kostką brukową, asfaltowanych nawierzchni dróg i towarzyszących im rowów przydrożnych (dodatkowe linie drenażu). Taka zmiana, obserwowana od 2006 r., nie została w wystarczającym stopniu uwzględniona przez model SWAT, dla którego powierzchnie dróg czy obszarów zabudowy są zbyt małe i w niewystarczającym stopniu wpływają na wzrost spływu powierzchniowego z obszaru zlewni.

5. W latach 1971-2015 zaznaczył się dodatni trend średniej głębokości wody w płytkich piezometrach glebowych. Sytuację tę potwierdzają roczne i miesięczne wartości

wskaźnika zagrożenia suszą gruntową k_n . Stwierdzono korelację kierunków zmian średnich rocznych stanów wody płytkich wód gruntowych z wysokością spływu śródpokrywowego. Można zatem stwierdzić, że w badanym okresie zwiększyła się rola pokryw stokowych w retencjonowaniu wody i jej późniejszej dostawie do koryta cieku. Dotyczy to głównie obszaru zlewni, na którym występuje użytkowanie łąkowe. W świetle informacji zawartej w poprzednich wnioskach, zjawisko to należy uznać za pozytywne. Wysokość spływu śródpokrywowego jest ściśle związana z wysokością opadów, potwierdzona dodatnim i statystycznie istotnym współczynnikiem korelacji między sumami rocznymi i dla półroczy hydrologicznych.

6. Średnia wysokość odpływu gruntowego w badanym wieloleciu wyniosła 152,8 mm i w skali wielolecia była zbliżona do wysokości odpływu powierzchniowego (155,4 mm). Roczne sumy odpływu podziemnego wykazywały tendencję spadkową, spowodowaną zmniejszającą się częstością długotrwałych opadów rozlewnych, które zrekompensowałyby deficyt wody tzw. głębokiego krążenia. Zmniejszanie się odpływu podziemnego powoduje wzrost czasu trwania niżówek i niedoboru odpływu podczas ich występowania.

7. W okresie 1971-2015 wystąpiły kilkunastoletnie okresy wzrostu częstości wezbrań lub niżówek. Na podstawie czasu koncentracji, czasu trwania i maksymalnego przepływu stworzono modelowe hydrogramy wezbrań wyróżnionych na podstawie kryteriów genetycznych (Lambor 1965). Połączenie dwóch klasyfikacji wezbrań: genetycznej i uwzględniającej natężenie maksymalnego przepływu pozwoliło wyróżnić największą liczebność „wezbrań opadowych ulewnych - zwykłych” i „wezbrań opadowych rozlewnych - zwykłych”, stanowiących blisko 1/3 ogółu wezbrań. Największą rolę w odprowadzaniu wody odegrały „wezbrania opadowe ulewne wielkie”, podczas których odpłynęło 32,7% objętości wody.

8. Przedstawiono progowe wartości deficytu opadu, wywołującego niżówkę w korycie rzeczonym, z podziałem na poszczególne miesiące. W okresie wiosennym (marzec-maj) deficyt opadów na poziomie kilku milimetrów jest wystarczający do wystąpienia przepływu niżówkowego. W okresie letnim (czerwiec-wrzesień) deficyt opadów niezbędny do wystąpienia przepływu niżówkowego jest większy, w okresie 10-dniowym przekraczający 20 mm. W tej części roku dla wystąpienia niżówki wystarczającym jest 10-dniowy okres deficytu opadów, podczas gdy w okresie wiosennym wystąpienie niżówki wymaga dłuższego czasu z deficytem opadów.

9. Oceniono sezonowość zmian badanych składników obiegu wody w zlewni, posługując się m. in. indeksem sezonowości (*IS*). Sekwencja wielkości indeksu sezonowości *IS*: opadu (29%), płytkich wód gruntowych (18-34%) i odpływu (36%), wskazuje na jego wyższe wartości w badanej zlewni niż w zlewniach środkowej Polski (Tomalski 2015, 2016) oraz inaczej ustawiony porządek *IS* w zależności od miejsca w obiegu wody. Przesunięcie terminu połowy odpływu (*TPO*) z 1 kwietnia na 9 maja świadczy o zmniejszającej się roli wezbrań roztopowych w rocznym odpływie ze zlewni, potwierdzonej na obszarze Polski (Piętka 2009).

10. Ocena nierównomierności (wskaźnik nierównomierności *V* Wilgata) składników obiegu wody (opadu, ewapotranspiracji terenowej i odpływu) w kolejnych latach wskazuje na wzrost odchylenia odpływu w stosunku do średniego jego przebiegu w ciągu roku (wzrost okresowości), spowodowany występowaniem niżówek. Średnie wartości *V* w wieloleciu 1971-2015 wyniosły: dla opadu 0,52, dla ewapotranspiracji terenowej 0,61 i dla odpływu 0,71. W przypadku opadu i odpływu wskaźnik ten wykazywał bardzo dobrą, dodatnią korelację z indeksem sezonowości (*IS*) Markhama.

11. W całym okresie żaden z badanych składników obiegu wody (z wyjątkiem stanów wód gruntowych) nie wykazywał statystycznie istotnej tendencji rozwojowej sum rocznych. W nielicznych miesiącach w ciągu roku stwierdzono statystycznie istotne trendy miesięcznych sumy opadów, ewapotranspiracji terenowej i odpływu. Nie stwierdzono zbieżności między występowaniem trendów badanych składników obiegu wody w poszczególnych miesiącach. W lutym i marcu wystąpił dodatni trend sum opadów, w okresie od lutego do czerwca - dodatni trend ewapotranspiracji, natomiast w grudniu - ujemny trend odpływu.

12. Na podstawie modelowania SWAT w badanej zlewni stwierdzono zróżnicowanie średnich wartości składników obiegu, będące skutkiem zróżnicowanego pokrycia terenu. Spływ powierzchniowy na obszarach z przewagą użytkowania rolniczego jest ok. 6-krotnie większy niż w zlewniach cząstkowych z przewagą pokrycia leśnego. Spływ śródpokrywowy na obszarach pokrytych przez las jest ok. 10-krotnie większy niż na obszarach użytkowanych rolniczo.

Przeprowadzona przeze mnie analiza obiegu wody w małej zlewni, typowej dla Karpat Zachodnich, ukazuje kierunki zmian w stosunkach wodnych, występujące na skutek globalnych zmian klimatycznych, które uwidaczniają się również w małej skali przestrzennej,

oraz oddziaływania człowieka i związanego z nim pokrycia terenu, uwarunkowanego postępowaniem cywilizacyjnym oraz zmianami gospodarczymi.

Spis publikacji cytowanych w punkcie 4 Autoreferatu:

Adamczyk, B., Maciaszek, W., Januszek, K. (1973). Gleby gromady Szymbark i ich wartość użytkowa. W: L. Starkel (red.), *Gleby i zbiorowiska leśne okolic Szymbarku*, Dokumentacja Geograficzna, 1, 15-66, Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper, 56, 1-300 Rzym: FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Bochenek W., 2012, Ocena zmian warunków opadowych na Stacji Naukowo-Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku w okresie 40 lat obserwacji (1971–2010) i ich wpływ na zmienność odpływu wody ze zlewni Bystrzanki, *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 12, 2, s. 29-44.

Bochenek, W. (2016 a a). Termiczne pory roku w Szymbarku (1968-2013), *Prace Geograficzne IGiPZ UJ*, 147, 67-80.

Bochenek, W. (2016 b). Zmienność wskaźnika zagrożenia suszą w pokrywach glebowo zwietrzelinowych pogórskiego stoku fliszowego na Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku w latach 2000-2015, *Acta Agrophysica*, 23, 3, 319-330.

Bochenek, W., Gil, E. (2010). Zróżnicowanie spływu powierzchniowego i spłukiwania gleby na poletkach doświadczalnych o różnej długości (Szymbark, Beskid Niski), W: E. Smolska, J. Rodzik (red.), *Procesy erozyjne na stokach użytkowanych rolniczo (metody badań, dynamika i skutki)*, Prace i Studia Geograficzne, 45, 265-278. Warszawa: Wydział Geografii i Studiów Regionalnych UW.

Bochenek, W., Kijowska-Strugała, M., Kiszka, K., (2018). Wieloletnie tendencje warunków klimatycznych w Szymbarku na podstawie wybranych wskaźników, *Przegląd Geograficzny*, 90, 1, 35-52.

Brykała, D. (2009). *Przestrzenne i czasowe zróżnicowanie odpływu rzecznego w dorzeczu Skrzy Lwowej*, Prace Geogr. IGiPZ PAN, 221, 142. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN

Bryndał, T. (2014b). Parametry hydrologiczne gwałtownych wezbrań opadowo-nawałnych w małych zlewniach w polskiej słowackiej i rumuńskiej części Karpat, *Przegląd Geograficzny*, 86, 1, 5-21

Bucała-Hrabia, A. (2017). Long-term impact of socio-economic changes on agricultural land use in the Polish Carpathians. *Land Use Policy*, 64, 391-404.

Cebulska, M., Twardosz, R., Cichocki, J. (2007). Zmiany rocznych sum opadów atmosferycznych w dorzeczu górnej Wisły w latach 1881-2030, W: K. Piotrowicz, R. Twardosz (red.), *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*, 383-390. Kraków: Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ

Chełmicki, W. (1991). *Reżim płytkich wód podziemnych w Polsce*, Rozprawy habilitacyjne, 218. Kraków: Uniwersytet Jagielloński.

Czarnecka, M., Nidzgorska-Lencewicz, J. (2012). Wieloletnia zmienność sezonowych opadów w Polsce, *Woda - Środowisko - Obszary Wiejskie*, 12, 2(38), 29-44.

Degirmendzić, J., Kożuchowski, K., & Żmudzka, E. (2004). Changes of air temperature and precipitation in Poland in the period 1951–2000 and their relationship to atmospheric circulation. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 24(3), 291-310.

- Dotterweich, M. (2008). The history of soil erosion and fluvial deposits in small catchments of central Europe: deciphering the long-term interaction between humans and the environment—a review. *Geomorphology*, 101(1-2), 192-208.
- Fatyg, J., Wiatkowski, M. (2003). Rola małych eksperymentalnych zlewni w badaniach hydrologicznych w Sudetach. *Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie*, 46(3), 139-142.
- Figuła, K. (1966). Kształtowanie się odpływów w zlewniach potoków Biała i Czarna Woda. Badania nad gospodarką wodną zlewni górskich zalesionych i niezalesionych. Cz. 2. *Roczniki Nauk Rolniczych. Ser. DT*, 118, 51-90.
- Gil, E. (1979). *Typologia i ocena środowiska naturalnego okolic Szymbarku*, Dokum. Geogr., 5.
- Gil, E., (1999), *Obieg wody i spłukiwanie na fliszowych stokach użytkowanych rolniczo w latach 1980-1990 (wyniki badań przeprowadzonych na poletkach doświadczalnych na Stacji Naukowej IGiPZ PAN w Szymbarku)*, Zeszyty IGiPZ PAN, 60, 78.
- Gomi, T., Sidle, R. C., & Richardson, J. S. (2002). Understanding processes and downstream linkages of headwater systems: headwaters differ from downstream reaches by their close coupling to hillslope processes, more temporal and spatial variation, and their need for different means of protection from land use. *BioScience*, 52(10), 905-916.
- Gorczyński, W., 1922, *The calculation of the degree of continentality*. Monthly Weather Review, 50, s. 370.
- Gutry-Korycka M., (2018). Zasoby wód płynących Polski: uwarunkowania, wykorzystanie, zmiany. Warszawa: Wyd. IMGW-PIB
- Gutry-Korycka, M., Sadurski, A., Kundzewicz, Z. W., Pociask-Karteczka, J., Skrzypczyk L. (2014). Zasoby wodne i ich wykorzystanie, *Nauka*, 1, 77-98.
- Hess, M. (1965). *Piętra klimatyczne w polskich Karpatach Zachodnich*, Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne, 11.
- Hess, M., Niedźwiedz, T., Obrębska-Starkłowa, B. (1977). *Stosunki termiczne Beskidu Niskiego (metoda charakterystyki reżimu termicznego gór)*, Prace Geograficzne, 123. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN.
- Hisdal, H., Tallaksen, L.M., Clausen, B., Peters, E., Gustard, A. (2004). Hydrological Drought Characteristics, W: L.M. Tallaksen, H. A. J. van Lanen (red.), *Hydrological Drought. Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater*, 139-198, Developments in Water Science, 48, Amsterdam: Elsevier
- IPCC Special Raport 2019, *Global Warming of 1,5°C*, Pobrane z : <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- Jokiel, P., Bartnik, A. (2001). Zmiany w sezonowym rozkładzie odpływu w Polsce środkowej w wieloletniu 1951-1998. *Wiadomości IMGW*, 24(2), 3-17.
- Jokiel, P., Stanisławczyk, B. (2016). Zmiany i wieloletnia zmienność sezonowości przepływu wybranych rzek Polski. *Prace Geograficzne UJ*, 144, 10-33.
- Jokiel, P., Tomalski, P. (2017). Sezonowość odpływu z wybranych zlewni karpackich, *Przegląd Geograficzny*, 89(1), 29-44.
- Kaczorowska, Z. (1962). *Opady w Polsce w przekroju wieloletnim*. Prace Geogr., 33. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN.
- Kasperska-Wołowicz, W., Łabędzki, L. (2004). Porównanie ewapotranspiracji wskaźnikowej według Penmana i Penmana-Monteitha w różnych regionach Polski. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 4, 2a(11), 123-136.
- Kazimierski, B., Cabalska, J., Mikołajczyk, A., Pilichowska-Kazimierska, E. (2008). Ocena zagrożenia suszą hydrogeologiczną (gruntową) na obszarze Polski. W: W. Bochenek, M. Kijowska (red.), *Materiały XVIII*

Ogólnopolskiego Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, 40-41. Szymbark: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN.

Kijowska-Strugała, M. (2015). *Transport zawiesiny w warunkach zmieniającej się antropopresji w zlewni Bystrzanki (Karpaty Fliszowe)*. Prace Geogr., 247. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN.

Kijowska-Strugała, M. (2019). Sediment variability in a small catchment of the Polish Western Carpathians during transition from centrally planned to free-market economics. *Geomorphology*, 325, 119-129.

Kopciowski, R., Zimnal, Z., Chrzastowski, J., Jankowski, L., Szymakowska, F. (1997). Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1: 50000, Arkusz Gorlice. Państwowy Instytut Geologiczny.

Kostrzewski, A. (1991). *Koncepcja programu: Monitoring obiegu materii, kompleksowy monitoring środowiska przyrodniczego w podstawowych typach geoeosystemów Polski*. Komitet Naukowy przy Prezydium PAN "Człowiek i Środowisko", Poznań.

Kostuch, M. (2003). Odpływy podziemne i niskie w potokach górskich. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 3, 193-203.

Kostuch, M. (2004). Charakterystyka niżówek w potokach górskich w zlewniach różnej lesistości. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 4, 63-71.

Kosturkiewicz, A., Czopor, S., Korytowski, M., Stasik, R., Szafranski, C. (2002). Odpływy i retencja siedlisk lesnych w małych zlewniach. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. Melioracje i Inżynieria Środowiska*, (23), 217-227.

Kozak, J. (2009). Forest cover changes and their drivers in the Polish Carpathian Mountains since 1800. In *Reforestation Landscapes* (pp. 253-273). Springer, Dordrecht.

Kozikowski, H. (1956). Geologia płaszczowiny magurskiej i jej okien tektonicznych na południowy zachód od Gorlic. *Biul. Inst. Geol.*, 110, 47-91.

Koźuchowski, K. (red.), 2004, *Skala, uwarunkowania i perspektywy współczesnych zmian klimatycznych w Polsce*. Łódź: Biblioteka

Kuźniar, A., Twardy, S., Kopacz, M. (2004). Zmienność czasowa klimatycznego bilansu wodnego Małych Pienin w latach 1960-2003. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. 4, 2b, 135-146.

Lambor, J. (1965). *Podstawy i zasady gospodarki wodnej*. Wyd. Komunik. i Łączn., 60. Warszawa: PIHM

Lang R., 1915, *Versuch einer exakten Klassifikation der Böden in klimatischer und geologischer Hinsicht*. Int. Mitt. f. Bodenkunde, 5, s. 312-346.

Likens, G. E. (2004). Some perspectives on long- term biogeochemical research from the Hubbard Brook ecosystem study. *Ecology*, 85(9), 2355-2362.

Makowiec, M. (1983). Wyznaczanie termicznych pór roku. *Przegląd Geofizyczny*, 28(2), 209-220.

Markham, Ch.G. (1970). Seasonality in the Precipitation in the United States. *Annales of the Association of American Geographers*, 3, 593-597.

Marsz A., 1995, *Wskaźnik oceanizmu jako miara klimatycznego współoddziaływania w systemie ocean – atmosfera – kontynenty*, WSM, Gdynia, s. 1-110.

Miler, A., Murat-Błażejewska, S. (1996). Zmiany ilości i jakości wód w typowych małych zlewniach Wielkopolski. *Przegląd Naukowy Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska*, (11).

Obrębska-Starkłowa, B. (1973). *Stosunki mezo- i mikroklimatyczne Szymbarku*. Dokumentacja Geogr., 5. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN.

- Olędzki, J. R. (2007). Raport z badań „Monitorowanie użytkowania ziemi obszarów badawczych Stacji Bazowych Zintegrowanego Monitoringu Środowiska (program P1)”, maszynopis. Warszawa: Główny Inspektorat Ochrony Środowiska.
- Olivier, J. E. (1980). Monthly precipitation distribution: a comparative index, *Professional Geographer*, 32(3), 300-309.
- Ostrowski, K., Bogdał, A. (2006). Ocena zasobów wód odpływających z wybranych małych zlewni rolniczych Pogórza Wadowickiego. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 6, 281-292.
- Ozga-Zielińska, M., Brzeziński, J. (1997). *Hydrologia stosowana*. Warszawa: PWN.
- Paczos, S. (1982). *Stosunki termiczne i śnieżne zim w Polsce*. Rozprawa habilitacyjna. UMCS, Lublin.
- Parde, M. (1957). *Rzeki*. Warszawa: PWN.
- Ped D.A., 1977, *The analysis of two summer seasons with different weather conditions*, Trudy GNIC, 171, s. 3–19.
- Penman, H.L. (1948). Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences*, 193(1032), 120-145.
- Piętka, I. (2009). Wieloletnia zmienność wiosennego odpływu rzek polskich. *Prace i Studia Geograficzne*, 43, 81-95.
- Rajda, W., Kowalik, T., Ostrowski, K. (2002). Wskaźniki i współczynniki odpływu w dwu mikrozelewniach rolniczych na Pogórzu Wielickim. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie. Inżynieria Środowiska*, (22).
- Rychliński J. P., 1923, *Wahania opadów w Polsce*. Wiad. Met., 2.
- Schmuck, A. (1962). Posuchy i wysokie opady atmosferyczne w województwie wrocławskim w latach 1950-59. *Czasop. Geogr.*, 33(4), 411-440.
- Schmuck, A. (1965). Regiony pluwiotermiczne w Polsce. *Czasop. Geogr.*, 36(3), 239-244.
- Schumm S. A. (1977). *The Fluvial System*. New York: Wiley and Sons
- Skowera, B. (2014), Zmiany warunków hydrotermicznych na obszarze Polski (1971–2010). *Fragm. Agron.*, 31(2), 74–87.
- Słupik, J. (1973). *Zróźnicowanie spływu powierzchniowego na fliszowych stokach górskich*. Dokumentacja Geogr., 2. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN.
- Soja, R. (1981). *Analiza odpływu z fliszowych zlewni Bystrzanki i Ropy (Beskid Niski)*. Dokumentacja Geogr., 1, Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN.
- Soja, R. (2002). *Hydrologiczne aspekty antropopresji w Karpatach Polskich*. Prace Geogr., 186. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN.
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. (red.) (2007). *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Intergovernmental Panel on Climate Change. [Dostęp 30.01.2012]. Pobrane z: www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter7.pdf
- Stachý, J., Fal, B. (1986). Zasady obliczania maksymalnych przepływów prawdopodobnych. *Prace Inst. Bad. Dróg i Mostów*, 3-4, 91-147.
- Stähli, M., Badoux, A., Ludwig, A., Steiner, K., Zappa, M., Hegg, C. (2011). One century of hydrological monitoring in two small catchments with different forest coverage. *Environmental monitoring and assessment*, 174(1-4), 91-106.

- Starkel, L. (1972). Charakterystyka rzeźby Polskich Karpat (i jej znaczenie dla gospodarki ludzkiej). *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich*, 10, 75-91.
- Starkel, L. (1970). Wstęp. W: L. Starkel (red.), *Badania fizyczno-geograficzne otoczenia Stacji Naukowo-Badawczej Instytutu Geografii PAN w Szymbarku*, 5-6, *Dokumentacja Geograf.*, z. 3. Warszawa: Instytut Geografii PAN
- Starkel, L., (1978). Główne jednostki regionalne i zasady analizy zróżnicowania środowiska. W: L. Starkel (red.), *Studia nad typologią i oceną środowiska geograficznego Karpat i Kotliny Sandomierskiej*, 13-17, *Prace Geogr. IGiPZ PAN*, 125. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN.
- Staudinger, M., Stahl, K., Seibert, J., Clark, M. P., & Tallaksen, L. M. (2011). Comparison of hydrological model structures based on recession and low flow simulations. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(11), 3447-3459.
- Szpikowski, J. (2006). Stacja Bazowa Storkowo. W: A. Kostrzewski (red.), *Stan, przemiany i funkcjonowanie geoekosystemów Polski w latach 1994-2004 na podstawie Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego*, 95-136, Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa: WN Gabriel Borowski.
- Świdziński, H. (1973). Budowa geologiczna i roponośność rejonu Szymbarku. Z badań geologicznych w Karpatach. *Przegl. Geol.*, 80, 11-61.
- Tomalski, P. (2015). Sezonowa zmienność zasobów wód podziemnych o zwierciadle swobodnym w zlewni Pilicy. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin - Polonia*, 52(2), 101-116.
- Tomalski, P. (2016). Sezonowa zmienność stanów wód podziemnych w dolinie Sokołówki (Łódź). *Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej PAN*, 39, 49-61.
- Tomaszewska, T. (1994). Susze atmosferyczne na przestrzeni ostatniego czterdziestolecia. *XXV Zjazd Agrometeorologów*, Olsztyn–Mierki, 169-178. Olsztyn: Wydaw. ART.
- Twardosz, R., Niedźwiedz, T., Łupikasa, E. (2011). The influence of atmospheric circulation on the type of precipitation (Krakow, southern Poland). *Theoretical and Apply Climatology*, 104, 233–250.
- Twardy, S., Szymczak, T., Kostuch, M. (1997). Wpływ czynników klimatycznych na kształtowanie się odpływów w małych zlewniach górskich. In W: *Zagrożenie powodziowe w zlewniach górskich*. Konf. nauk.-techn. Bielsko-Biała (pp. 14-16).
- van Huijgevoort, M. H., van Loon, A. F., Rakovec, O., Haddeland, I., Horacek, S., & van Lanen, H. A. (2010). Drought assessment using local and large-scale forcing data in small catchments. In 6th World FRIEND Conference on Global Change: Facing Risks and Threats to Water Resources (pp. 77-85). International Association of Hydrological Scientists.
- van Loon, A. F., Tiedeman, E., Wanders, N., Van Lanen, H. J., Teuling, A. J., & Uijlenhoet, R. (2014). How climate seasonality modifies drought duration and deficit. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119(8), 4640-4656.
- Verstraeten, G., & Poesen, J. (2002). Using sediment deposits in small ponds to quantify sediment yield from small catchments: possibilities and limitations. *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group*, 27(13), 1425-1439.
- Welc, A. (1985). Zmienność denudacji chemicznej w karpatach fliszowych (na przykładzie zlewni potoku Bystrzanka). *Dokumentacja Geograficzna*, 5.
- Wilgat, T. (1948). Okresowość opadów na kuli ziemskiej. *Annales UMCS*, 3B, 333-386.
- Wohl, E. (2017). The significance of small streams. *Frontiers of Earth Science*, 11(3), 447-456.
- Wohl, E., 2006. Human impacts to mountain streams. *Geomorphology* 79, 217–248.

Zwoliński, Zb., Gudowicz, J. (2011). Pokrycie terenu i użytkowania ziemi w zlewniach Stacji Bazowych ZMŚP – mapy inwentaryzacyjne, maszynopis. Poznań: Archiwum Centrum ZMŚP, UAM.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

Jestem zatrudniony na Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku od 1996 r. Stacja w ramach działalności statutowej „Obieg wody i substancji w środowisku gór niskich i pogórzy” (Starkel 1970), prowadzi badania z wykorzystaniem bogatego systemu pomiarowego. Od 1968 r. rozpoczęto pomiary meteorologiczne i hydrologiczne. W 1973 r. wprowadzono pomiary procesów stokowych: spływu powierzchniowego i towarzyszącej mu erozji wodnej gleby, spływu śródpokrywowego i stanów wód gruntowych. Od 1993 r. Stacja należy do sieci Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (Kostrzewski 1991) i prowadzi badania w bardzo szerokim zakresie elementów abiotycznych i biotycznych środowiska przyrodniczego.

Zatrudnienie na Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku wiązało się z rozwojem moich szerokich zainteresowań badawczych, nie tylko z zakresu geografii (klimatologia, hydrologia i geomorfologia), lecz również chemii i biologii. Wymagało to także poznania nowych metod badań.

Moją aktywność badawczą i publikacyjną można zawrzeć w 5 grupach tematycznych:

- I. Zmiany klimatyczne, ich uwarunkowania i przyrodnicze skutki.
- II. Dynamika procesów hydrologicznych i geomorfologicznych na pogórskich stokach.
- III. Dynamika hydrologicznych i geomorfologicznych procesów w korytach rzecznych.
- IV. Intensywność ruchów osuwiskowych, ich przestrzenne zróżnicowanie oraz środowiskowe i społeczno-gospodarcze skutki.
- V. Wielkość i kierunki przeobrażeń środowiska przyrodniczego w wyniki działania czynników naturalnych i antropogenicznych.

Ad. I. Zmiany klimatyczne, ich uwarunkowania i przyrodnicze skutki

Wieloletnie serie danych klimatycznych Stacji Badawczej IGiPZ PAN posłużyły do przygotowania artykułów naukowych lub rozdziałów w monografiach.

Przeprowadziłem badanie struktury dobowych sum opadów atmosferycznych z zastosowaniem klasyfikacji opadowej Kaczorowskiej (1962) oraz analizę trendów częstości

opadów o różnych sumach dobowych w okresie 1968-2001 (Bochenek 2003). Z wykorzystaniem danych z roczników opadowych IMGW przeprowadziłem badania porównawcze rocznych, półrocznych i miesięcznych sum opadów ze stacji meteorologicznej IGiPZ PAN w Szymbarku z wynikami z 26 posterunków opadowych, położonych na obszarze beskidzkim i pogórskim, w odległości do 40 km od Stacji. Celem tych badań było określenie reprezentatywności wyników opadowych z posterunku opadowego IGiPZ PAN w różnych skalach czasowych i przestrzennych. Przedstawiono również analizę zmian sum opadów atmosferycznych, struktury i czasu trwania oraz ich wpływu na dynamikę odpływu wody ze zlewni Bystrzanki w latach 1971-2010 (Bochenek 2012). Stwierdziłem, że w okresie wegetacji roślin występowały niedobory wody, spowodowane zmniejszaniem się liczby dni z opadami przeciętnymi, kształtującymi średnie przepływy w korycie cieku i równocześnie zapewniającymi zapas wody w zlewni, niezbędny dla procesów życiowych organizmów. Następstwem tego były coraz częstsze susze atmosferyczne i przepływy niżówkowe w korycie, obserwowane głównie w drugiej połowie lata i jesienią. Na podstawie dobowej temperatury powietrza w latach 1996-2005 przygotowano opracowanie bioklimatyczne, polegające na analizie częstości bioklimatycznego wskaźnika wielkości ochładzającej powietrza, z zastosowaniem skali odczuć cieplnych wg Petrovica i Kacvinky'ego (Dobek i Bochenek 2009). Najczęściej występującym odczuciem cieplnym było „chłodno”. Jednakże, większą częstością charakteryzowały się odczucia uważane za komfortowe niż dyskomfortowe.

Dane klimatyczne Stacji posłużyły mi również do wyznaczenia termicznych pór roku w Szymbarku w latach 1968-2013 z zastosowaniem metodyki wyróżniania pór roku Makowca (1983) (Bochenek 2016a). Stwierdziłem dużą zmienność dat początku i długości 8 pór roku. Najdłuższą porą roku jest lato (89 dni), które rozpoczyna się coraz wcześniej i trwa coraz dłużej. Wzrost długości dotyczy również przedwiośnia i jesieni. W okresie wielolecia obserwuje się natomiast coraz krótsze okresy termicznej zimy i wiosny.

W oparciu o dane termiczne i opadowe obliczono wskaźniki klimatyczne i ich tendencje w latach 1971-2015 (Bochenek i in. 2018a). Wykorzystanie różnych wskaźników klimatycznych wskazuje na intensyfikację cech klimatu kontynentalnego w Szymbarku.

Przeprowadziłem analizę dynamiki miesięcznych sum i trendów ewapotranspiracji terenowej i odpływu w zlewni Bystrzanki w latach 1971-2015, z uwzględnieniem wpływu uwarunkowań termiczno-opadowych (Bochenek 2016b). Wskazano udział sum opadu, ewapotranspiracji terenowej oraz odpływu w kształtowaniu surowego bilansu wodnego,

utożsamianego ze stanem retencji zlewni, w poszczególnych miesiącach roku hydrologicznego.

Na podstawie termicznych danych z bazy GLDAS (*Global Land Data Assimilation System*) w rozdzielczości przestrzennej 0,25° siatki geograficznej, obliczono skrajne daty okresu wegetacyjnego dla południowo-wschodniej Polski w latach 2001-2011 (Bochenek i in. 2013). Stwierdzono, że okres wegetacyjny najwcześniej rozpoczyna się i najpóźniej kończy na obszarze Kotliny Sandomierskiej i w zachodniej części Wyżyny Śląskiej. Okres wegetacyjny najkrócej trwa w najwyższych partiach Karpat Polskich. Najwyższa średnia temperatura powietrza w okresie wegetacyjnym występuje wzdłuż dolin: Wisły i Sanu na obszarze Kotliny Sandomierskiej (powyżej 14°C), natomiast najniższa – w Tatrach (poniżej 11°C)

Spis publikacji z moim udziałem do powyżej omawianego zagadnienia - przed uzyskaniem stopnia doktora:

Bochenek W., 2003, Zmiany w strukturze opadów atmosferycznych na Stacji Naukowej IGiPZ PAN (Stacji Bazowej ZMSP) w Szymbarku w latach 1968-2001, [w:] Red. Witold Bochenek, Eugeniusz Gil, Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego. Funkcjonowanie i monitoring geoeosystemów Polski ze szczególnym uwzględnieniem zjawisk ekstremalnych, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa, , s. 114-122.

Spis publikacji z moim udziałem do powyżej omawianego zagadnienia - po uzyskaniu stopnia doktora:

Bochenek W., 2007, Możliwość ekstrapolacji wyników punktowych pomiarów wysokości opadów atmosferycznych na przykładzie posterunku opadowego "IG PAN" w Szymbarku w różnych skalach czasowych, [w:] Red. Andrzej Kostrzewski, Anna Andrzejewska, Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Program Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego a zadania ochrony obszarów Natura 2000, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Kampinoski Park Narodowy, Warszawa, , s. 101-114.

Dobek M., **Bochenek W.**, 2009, Charakterystyka wielkości ochładzającej powietrza w Szymbarku (1996-2005), [w:] Red. Witold, Bochenek, Małgorzata Kijowska, Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego. Funkcjonowanie środowiska przyrodniczego w okresie przemian gospodarczych w Polsce, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Stacja Naukowo-Badawcza IGiPZ PAN, Szymbark, , s. 79-83.

Bochenek W., Dedo J., Marczewski W., 2013, Zróżnicowanie długości i warunków termicznych okresu wegetacyjnego na obszarze Karpat Zachodnich w latach 2001-2011 na podstawie danych zgromadzonych w bazie GLDAS, Monitoring Środowiska Przyrodniczego, 14, s. 69-75.

Bochenek W., 2012, Ocena zmian warunków opadowych na Stacji Naukowo-Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku w okresie 40 lat obserwacji (1971–2010) i ich wpływ na zmienność odpływu wody ze zlewni Bystrzanki, Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 12, 2, s. 29-44.

Bochenek W., 2016a, Termiczne pory roku w Szymbarku (1968–2013), Prace Geograficzne, 147, s. 67-80.

Bochenek W., 2016b, Wieloletnie tendencje warunków klimatycznych i ich wpływ na funkcjonowanie środowiska przyrodniczego fliszowej zlewni Bystrzanki, [w:] Red. Andrzej Kostrzewski, Józef Szpikowski, Monika Domańska, Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Funkcjonowanie, tendencje rozwoju, zagrożenia i ochrona środowiska przyrodniczego Polski. XXV Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, Biblioteka Monitoringu Środowiska, 30, Uniwersytet im. A. Mickiewicza, Stacja Geoekologiczna UAM w Storkowie, Storkowo, s. 131-135.

Bochenek W., Kijowska-Strugała M., Kiszka K., 2018a, Wieloletnie tendencje warunków klimatycznych w Szymbarku na podstawie wybranych wskaźników, Przegląd Geograficzny, 90, 1, s. 35-52.

Ad. II. Dynamika procesów hydrologicznych i geomorfologicznych na pogórskich stokach

Moim zainteresowaniem badawczym są również procesy stokowe: hydrologiczne i denudacyjne. W latach 1999-2001 byłem kierownikiem projektu badawczego KBN nr 6PO4E 3017 „Mechanizm procesu denudacji chemicznej w obrębie pogórskiego stoku fliszowego”. Został przygotowany program badań i system pomiarowy (piezometry o głębokości: 20, 50, 100, 150 i 230 cm), które umożliwiły mi zebranie materiału do przygotowania rozprawy doktorskiej pt. „Krążenie wody i ługowanie pokryw w profilu podłużnym pogórskiego stoku fliszowego” (Bochenek 2005), którą obroniłem 13 grudnia 2005 r.

Na stoku doświadczalnym prowadziłem eksperymentalne pomiary infiltracji z wykorzystaniem cylindra Burgera, których celem było rozpoznanie udziału składowych: pionowej (infiltracyjnej) i zgodnej z nachyleniem stoku (drenaż) w transmisji wody w pokrywach stokowych oraz wpływu składu mechanicznego pokryw stokowych na długość okresów występowania wody w piezometrach (Bochenek 2002). Badania wysokości i natężenia spływu powierzchniowego, prowadzone na poletkach o różnej długości: 2, 4, 8, 16 i 32 m, użytkowanych jako tzw. „czarny ugor”, wykazały wzrost objętości spływu z długością stoku i równocześnie 5-krotne zmniejszenie warstwy odpływu między najkrótszym i najdłuższym poletkiem (Bochenek i Gil 2003). Stosunek masy materiału glebowego, wyniesionego z najdłuższego i najkrótszego poletka opisany był wyższą wartością niż stosunek między objętością wody spływającej z tych poletek (Bochenek i Gil 2010). Na podstawie 32-letniej serii badań wyznaczono ekstremalne wartości spłukiwania (erozji wodnej), występujące na uprawach okopowych (ziemniaki), przyjmując jako dolną granicę zdarzenia ekstremalnego wskaźnik denudacji równy 1,0 mm (Gil i Bochenek 2009). Uzyskane wyniki pomiarów erozji wodnej na poletkach posłużyły również do przeprowadzenia modelowania odpływu zawiesiny ze zlewni Bystrzanki z zastosowaniem modelu RUSLE (Kijowska-Strugała i in. 2016). Przedstawiono wielkość i rolę spływu powierzchniowego i śródpokrywowego oraz erozji wodnej gleb na fliszowym stoku, z uwzględnieniem wpływu wysokości opadu na kształtowanie się ich rocznych sum na obszarze badanej zlewni. Przeprowadzono symulacje spływu powierzchniowego z zastosowaniem 3 modeli infiltracji: Green-Ampt, Diskina-Nazimowa i NRCS-CN, których wyniki zweryfikowano z bezpośrednimi pomiarami z dwóch zdarzeń hydrometeorologicznych o wysokiej sumie spływu powierzchniowego (Zydroń i in. 2014).

Oszacowano wielkość spływu śródpokrywowego w pokrywach pogórskiego stoku i określono jego rolę w odprowadzaniu wody i wybranych substancji rozpuszczonych ze zlewni (Bochenek i Gil 2001). Prowadzono badania wilgotności pokryw stokowych w dwóch profilach pionowych o głębokości 70 cm. Obserwuje się różnicowanie zmian wilgotności

gleby w środkowej i dolnej części stoku eksperymentalnego, uzależnione od właściwości mechanicznych gleby oraz krążenia wody w profilu podłużnym stoku (Bochenek 2006). Przeprowadzona analiza wpływu wybranych czynników klimatycznych wskazuje na większe znaczenie natężenia opadu niż jego sumy w kształtowaniu wilgotności. Związki funkcyjne wilgotności gleby z temperaturą powietrza są ujemne. Porównanie zależności między wilgotnością na poszczególnych głębokościach obydwu profili pomiarowych wskazuje na bezpośrednie oddziaływanie opadu (infiltracja) tylko do głębokości 30-40 cm na całej długości stoku.

Analiza przebiegu stanów wody oraz jej właściwości chemicznych pozwoliła zbudować model krążenia wody w pokrywach pogórskiego stoku fliszowego (Bochenek 2004; Bochenek 2009). Przeprowadzono również badanie zasobności w wodę pokryw stokowych w latach 2000-2015, z zastosowaniem wskaźnika zagrożenia suszą k_m , posługując się wynikami codziennych pomiarów stanu wody w piezometrach glebowych,. Wskazano prawidłowości przebiegu badanego wskaźnika w badanym wieloleciu oraz w ciągu roku, wynikające z uwarunkowań klimatycznych (Bochenek 2016).

Spis publikacji z moim udziałem do powyżej omawianego zagadnienia - przed uzyskaniem stopnia doktora:

Bochenek W., Gil E., 2001, Rola spływu śródglebowego w transporcie wody i substancji rozpuszczonych w profilu podłużnym fliszowego stoku, [w:] Red. Marek Józwiak, Alojzy Kowalkowski, Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego w Polsce. Funkcjonowanie i monitoring geosystemów z uwzględnieniem zanieczyszczenia powietrza, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Stacja Monitoringu Akademii Świętokrzyskiej, Kielce, , s. 327-335.

Bochenek W., 2002, Ocena możliwości retencyjnych pokryw glebowo-zwietrzelinowych na stoku pogórskim, Reg. Monitoring Środ. Przyr., 3, s. 103-107.

Bochenek W., Gil E., 2003, Uwarunkowania obiegu wody na fliszowym stoku pogórskim, [w:] Red. Andrzej Kostrzewski, Józef Szpikowski, Funkcjonowanie geosystemów zlewni rzecznych. Praca zbiorowa, Obieg Wody. Uwarunkowania i Skutki w Środowisku Przyrodniczym, 3, Bogucki Wydaw. Nauk., Poznań, , s. 295-305.

Bochenek W., 2004, Mechanizm krążenia wody na pogórskim stoku fliszowym, [w:] Red. Marek Kejna, Joanna Uscka, Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego. Funkcjonowanie i monitoring geosystemów w warunkach narastającej antropopresji, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Oficyna Wydaw. Turpress, Toruń, , s. 199-207.

Bochenek W., 2005. Krążenie wody i ługowanie pokryw w profilu podłużnym pogórskiego stoku fliszowego. maszynopis, 156 ss.

Spis publikacji z moim udziałem do powyżej omawianego zagadnienia - po uzyskaniu stopnia doktora:

Bochenek W., 2006, Dynamika i wpływ czynników kształtujących wilgotność karpackich fliszowych pokryw stokowych na przykładzie stoku doświadczalnego IGiPZ PAN w Szymbarku, Monitoring Środ. Przyr., 7, s. 39-47.

Bochenek W., Gil E., 2007, Procesy obiegu wody, erozji gleb i denudacji chemicznej w zlewni Bystrzanki, *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 16, z.2, s. 28-42.

Bochenek W., 2009, Mechanizm krążenia wody w pokrywach pogórskiego stoku fliszowego, [w:] Red. Witold, Bochenek, Małgorzata Kijowska, *Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego. Funkcjonowanie środowiska przyrodniczego w okresie przemian gospodarczych w Polsce*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Stacja Naukowo-Badawcza IGiPZ PAN, Szymbark, , s. 131-142.

Gil E., **Bochenek W.**, 2009, Ekstremalne wartości spłukiwania gleby na karpackich stokach fliszowych w oparciu o wyniki pomiarów na Stacji Naukowo-Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku w latach 1969-2000, *Współczesne przemiany środowiska przyrodniczego w obszarach użytkowanych rolniczo. Ogólnopolska Konferencja Naukowa Zorganizowana z okazji 25-lecia Stacji Naukowej IGiP UJ w Łazach k/Bochni oraz 45-lecia Stacji Naukowej IGiP UJ w Gaiku-Brzezowej k/Dobczyc, IGiP UJ, Kraków, , s. 28-32.*

Bochenek W., Gil E., 2010, Zróżnicowanie spływu powierzchniowego i spłukiwania gleby na poletkach doświadczalnych o różnej długości (Szymbark, Beskid Niski), *Prace i Studia Geogr. WGiSR UW*, 45, s. 265-278.

Zydroń T., Wałęga A., **Bochenek W.**, 2014, Zastosowanie wybranych modeli hydrologicznych do określania wielkości spływu powierzchniowego, *Acta Scientiarum Polonorum Formatio Circumiectus*, 13, 2, s. 81-93.

Bochenek W., 2016, Zmienność wskaźnika zagrożenia suszą w pokrywach glebowo-zwietrzelinowych pogórskiego stoku fliszowego na stacji badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku w latach 2000-2015, *Acta Agrophysica*, 23, 3, s. 319-330.

Kijowska-Strugała M., **Bochenek W.**, Gil E., Demczuk P., 2016, Wpływ zmian użytkowania ziemi na procesy erozji w zlewni pogórsko-beskidzkiej w ostatnich 40 latach, [w:] Red. Andrzej Kostrzewski, Józef Szpikowski, Monika Domańska, *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Funkcjonowanie, tendencje rozwoju, zagrożenia i ochrona środowiska przyrodniczego Polski. XXV Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, 30, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Stacja Geoekologiczna UAM w Storkowie, Storkowo, , s. 111-116.

Ad. III. Dynamika zjawisk oraz procesów hydrologicznych i geomorfologicznych w korytach rzecznych

W okresie po uzyskaniu stopnia doktora podjąłem tematykę procesów hydrologicznych i geomorfologicznych, występujących w korycie rzecznym.

Przeprowadziłem badania czasu trwania, liczebności, rozkładu niżówek w czasie i wielkości niedoborów wody spowodowanych wystąpieniem niskich (niżówkowych) przepływów w korycie Bystrzanki w okresie 25 lat (1991–2015) (Bochenek 2017a). Średni czas trwania niżówki w roku wyniósł 124 dni (stały poziom odcięcia) i 111 dni (zmienny poziom odcięcia) i wykazywał tendencję wzrostową w badanym wieloleciu. Średni niedobór odpływu podczas niżówek uzależniony był od przyjętej metody wyróżnienia okresów niżówkowych i wyniósł 16,6 mm rok⁻¹ (stały poziom odcięcia) i 12,1 mm rok⁻¹ (zmienny poziom odcięcia).

Podjąłem również badania nad wezbraniami występującymi w korycie Bystrzanki (Bochenek 2017b; Bochenek 2019), określając rodzaj, liczebność i czas trwania wezbrań, objętość odpływu wezbraniowego i rolę poszczególnych typów wezbrań, wyróżnionych na podstawie klasyfikacji: genetycznej (Lambor 1965) i maksymalnego przepływu (Ozga-Zielińska i Brzeziński 1997). Na podstawie uśrednionych parametrów fal wezbraniowych: czasu koncentracji i czasu trwania wezbrania oraz maksymalnego przepływu, przedstawiono wzorcowe hydrogramy poszczególnych typów genetycznych wezbrań.

Brałem udział w badaniach nad wpływem intensywności opadu na rozwój epizodycznej sieci drenażu powierzchniowego. Opady deszczu o dużym natężeniu wpływają na aktywizację sieci drenażu (*ADN*) i 5-krotny wzrost gęstości sieci cieków (Bryndal i in. 2020, [lista JCR]). Gęstość sieci drenażu wynosi wówczas $11,2 \text{ km km}^{-2}$, z czego 25% stanowią elementy antropogeniczne (drogi, rowy i bruzdy), które są wbudowane w system odwadniający. Według hierarchizacji Hortona, około 37% odcinków cieków pierwszego i drugiego rzędu aktywnej sieci drenażu (*ADN*) ma pochodzenie antropogeniczne, którymi spływa 22% objętości wody odpływającej ze zlewni. Stwierdzono, że dzięki zastosowaniu *ADN* podczas rekonstrukcji parametrów fali powodziowej za pomocą modeli hydrologicznych opad-odpływ (modele *SCS-CN* i *GIUH*) podczas opadów ulewnych uzyskujemy dokładniejsze odwzorowania w stosunku do hydrogramu wezbrania. Zastosowanie *ADN* wpływa głównie na szczyt fali powodziowej, powodując zwiększenie natężenia przepływu maksymalnego do 11%.

Dla 45 lat badań (1971-2015) przedstawiono wielkość zmian oraz tendencje odpływu ze zlewni Bystrzanki, wskazując wpływ uwarunkowań klimatycznych na wielkość odpływu i kierunki jego zmian (Bochenek 2017 c).

Przeprowadzone zostały badania natężenia transportu materiału w postaci zawiesiny, odprowadzanego ze zlewni Bystrzanki podczas wezbrań wywołanych przez opady ulewne (Kijowska i Bochenek 2011), które pozwoliły ustalić uśredniony przebieg krzywej histerezy - zależności natężenia transportu materiału podczas zmieniającego się natężenia przepływu. Przedstawiono rolę różnych typów wezbrań w odprowadzaniu substancji rozpuszczonych oraz zawiesiny ze zlewni Bystrzanki (Kijowska i Bochenek 2013).

Od 2009 r. prowadzone były badania zmian morfologicznych w korycie Ropy, polegające na określeniu tempa erozji lub akumulacji. W 6 profilach poprzecznych, rozłożonych na całym biegu rzeki, wykonywano pomiary niwelacyjne z częstotliwością 1 raz w roku. Nasze badania wykazały największe przekształcenie koryta po wielkim wezbraniu na początku czerwca 2010 r. (Wiejaczka i Bochenek 2013; Wiejaczka i in. 2014). Przedstawione

wyniki badań terenowych oraz analiza danych hydrologicznych wykazały istotną rolę dużych wezbrań w kształtowaniu dna koryta Ropy, będącej przykładem rzeki karpackiej. Rezultaty badań wskazują także na wpływ zbiornika retencyjnego „Klimkówka” na przebieg procesów fluwialnych w korycie rzeki, a tym samym na kształtowanie morfologii jej dna i brzegów.

Najbardziej doniosłą rolę w przekształcaniu morfologii koryt rzecznych odgrywają wielkie wezbrania. Intensywne opady w maju i na początku czerwca 2010 r. spowodowały na obszarze Beskidu Niskiego ekstremalne natężenia przepływu. Całkowite napełnienie koryt rzecznych doprowadziło do modyfikacji brzegów i den koryt rzecznych: Ropy i jej dopływów - Bielanki i Bystrzanki (Kijowska i in. 2017, [lista JCR]).

Spis publikacji z moim udziałem do powyżej omawianego zagadnienia - po uzyskaniu stopnia doktora:

Kijowska M., **Bochenek W.**, 2011, Dynamics of suspended material carried out from the flysch Bystrzanka catchment during selected rainfall events in the period of 1997-2008, *Quaest. Geogr.*, 30, nr 1, s. 47-56.

Kijowska-Strugała M., **Bochenek W.**, 2013, The dynamics of the concentration and transport of suspended and dissolved material in the Bystrzanka stream during different types of floods, *Geomorphologia Slovaca et Bohemica*, 13, 1, s. 38.

Wiejaczka Ł., **Bochenek W.**, 2013, Przekształcanie dna koryta rzeki górskiej w czasie dużych wezbrań na przykładzie Ropy, *Prace Geograficzne*, 132, s. 27-38.

Wiejaczka Ł., Kiszka K., **Bochenek W.**, 2014, Changes of the morphology of the Ropa river upstream and downstream of the Klimkówka water reservoir, *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, 48, s. 61-76.

Kijowska-Strugała M., Wiejaczka Ł., Gil E., **Bochenek W.**, Kiszka K., 2017, The impact of extreme hydro-meteorological events on the transformation of mountain river channels (Polish Flysch Carpathians), *Zeitschrift für Geomorphologie*, 61, 1, s. 75-89.

Bochenek W., 2017a, Nizówki w korycie Bystrzanki w wieloleciu 1991-2015, *Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, 19, s. 61-68.

Bochenek W., 2017b, Charakterystyka wezbrań Bystrzanki w latach 1996-2015, [w:] Red. Marek Kejna, Joanna Uscka-Kowalkowska, Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego. Funkcjonowanie środowiska przyrodniczego Polski w warunkach globalnych zmian klimatu, *Biblioteka Monitoringu Środowiska*, 31, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń, s. 139-144.

Bochenek W., 2017c, Długookresowe zmiany wielkości i tendencje odpływu z małej pogórsko-beskidzkiej zlewni potoku Bystrzanka, [w:] Red. Włodzimierz Marszelewski, Zasoby i perspektywy gospodarowania wodą w dorzeczu Wisły, *Monografie Komisji Hydrologicznej PTG*, 4, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń, s. 7-20.

Bochenek W., 2019, Flood in a mountain stream of the Western Carpathians (SE Poland), 5-th International Scientific Conference Geobalcanica, 13-14 June, 2019 Sofia, Republic of Bulgaria. *Proceedings, Geobalcanica Society, Skopje*, s. 145-152.

Bryndal T., Krocak R., Kijowska-Strugała M., **Bochenek W.**, 2020. How human interference changes the drainage network operating during heavy rainfalls in a medium-high relief flysch mountain catchment? The case study of the Bystrzanka catchment (Outer Carpathians, Poland). *Catena*, 194, 104662.

Ad. IV. Intensywność ruchów osuwiskowych, ich przestrzenne zróżnicowanie oraz środowiskowe i społeczno-gospodarcze skutki

Moja działalność naukowa, dotycząca badań procesów osuwiskowych, wpisywała się w program badawczy Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku. W oparciu o pomiary geodezyjne wykonywane w latach 1995-1997 na dwóch osuwiskach położonych w okolicach Szymbarku: Kawiory i Zapadle, w ramach zadania realizowanego na zlecenie Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (WFOŚiGW) w Nowym Sączu, obliczyłem długości wektorów przemieszczeń, świadczące o dynamice powierzchniowych ruchów osuwiskowych (Gil i Bochenek 1998).

W latach 2001-2004 uczestniczyłem w realizacji międzynarodowego programu badawczego ALARM (*Assessment of Landslide Risk and Mitigation in Mountain Areas*), finansowanego w ramach 5 Ramowego Programu Unii Europejskiej. Program realizowany był przez jednostki naukowe z Włoch, Francji, Portugalii, Hiszpanii i Polski (PIG Oddział Karpacki w Krakowie, Instytut Budownictwa Wodnego PAN w Gdańsku i Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN - Stacja Badawcza w Szymbarku). Brałem udział w czterech spotkaniach (workshop) uczestników projektu (Szymbark-Polska, Barcelonnette-Francja, Laredo-Hiszpania, Padwa-Włochy), poświęconych opracowaniu metod analizy podatności osuwiskowej, ryzyka i wyceny strat związanych z uruchomieniem osuwisk w obszarach testowych oraz wymianie doświadczeń w tym zakresie. Na obszarze testowym (osuwisko Kawiory i połączone zlewnie potoków Bystrzanka i Biczyska) prowadziłem pomiary stanów wody w piezometrach oraz pomiary inklinometryczne. Na podstawie badań prowadzonych na osuwisku Kawiory, nie stwierdzono zależności między stanami wody w piezometrach i wielkością przemieszczeń w otworach inklinometrycznych. Dopiero skumulowane różnice między stanami wody w kolejnych pomiarach (wahania) wykazują ścisłą, prostoliniową zależność ze skumulowanymi długościami wektorów przemieszczeń (Zabuski i in. 2004). Naprzemienne cykle wysychania i zawilgocenia gruntu wpływają zatem na jego osłabienie i wywołanie ruchu koluwiów. Zakres i metodyka badań stosowanych w projekcie ALARM zostały przedstawione w publikacjach Mrozek i in. (2005) i Mrozek i in. (2006), których jestem współautorem. Dodatkowym efektem mojej działalności w projekcie ALARM było przygotowanie ścieżki edukacyjnej pt. „Mieszkamy w terenie osuwiskowym”, zawierającej 5 tablic informacyjnych, przybliżających tematykę osuwiskową (opis i rodzaje osuwisk, metody badań osuwisk, skutki aktywności osuwiskowej i metody zapobiegania ruchom osuwiskowym).

W 2010-2012 r. brałem udział w projekcie pt. System Osłony Przeciwsuwiskowej (SOPO), realizowanym na zlecenie Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej przez Państwowy Instytut Geologiczny. Badania prowadziłem na obszarze Karpat: w gminie Szaflary (54 km²) i gminie Łużna (56 km²). Najważniejszym celem badań było rozpoznanie i udokumentowanie na mapie w skali 1:10 000 wszystkich osuwisk oraz terenów potencjalnie zagrożonych ruchami masowymi. Wyniki kartowania terenowego w postaci cyfrowych map osuwisk i terenów zagrożonych z zasięgiem i stopniem aktywności osuwisk oraz kart rejestracyjnych zostały zgromadzone w bazie danych SOPO. Są one wykorzystywane w celach planistycznych do uzgadniania studiów uwarunkowań przestrzennych i planów zagospodarowania przestrzennego na etapie ich sporządzania lub aktualizacji. W gminie Szaflary rozpoznano i udokumentowano 68 osuwisk o łącznej powierzchni 158,23 ha oraz wyznaczono 2 tereny zagrożone (ok. 8 ha). Zarejestrowano 4 aktywne osuwiska o łącznej powierzchni 5,48 ha, 14 osuwisk okresowo aktywnych (24,67 ha) i 50 osuwisk nieaktywnych (128,08 ha) (Błaszczewicz i in. 2011 a, b). W gminie Łużna rozpoznano i udokumentowano 316 osuwisk o łącznej powierzchni 842 ha (15% powierzchni gminy) oraz 5 terenów zagrożonych ruchami masowymi o łącznej powierzchni 17 ha (Błaszczewicz i in. 2012 a, b).

Spis publikacji z moim udziałem do powyżej omawianego zagadnienia - przed uzyskaniem stopnia doktora:

Gil E., **Bochenek W.**, 1998, Raport Stacji Bazowej Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk w Szymbarku za lata hydrologiczne 1994-1997, [w:] Red. Andrzej Kostrzewski, Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Stan geosystemów Polski w latach 1994-1997, Biblioteka Monitoringu Środowiska, PIOŚ, Warszawa, s. 183-221.

Zabuski L., Gil E., **Bochenek W.**, 2004, Interdependence between groundwater level and displacement of the landslide slope, Proceedings of the conference "Risks caused by the geodynamic phenomena in Europe", May 20-22, 2004, Wysowa, Poland. Scientific editors: Marek Graniczny, Anna Piątkowska, Panagiotis Balabanis, Polish Geological Institute Special Papers, 15, PIG, Warszawa, s. 39-41.

Mrozek T., Wójcik A., Rączkowski W., Nieścieruk P., Zimnal Z., Gil E., **Bochenek W.**, Zabuski L., 2005, Osuwiska okolic Szymbarku. Aplikacyjne aspekty projektu "ALARM", [w:] Red. Adam Kotarba, Zofia Rączkowska, Wybrane problemy geomorfologii Karpat fliszowych. VII Zjazd Geomorfologów Polskich, Kraków, 19-22 września 2005, IGiGP UJ, Kraków, s. 62-68.

Spis publikacji z moim udziałem do powyżej omawianego zagadnienia - po uzyskaniu stopnia doktora:

Mrozek T., **Bochenek W.**, Gil E., Rączkowski W., Wójcik A., Zabuski L., 2006, Zintegrowane badania osuwiskowe w rejonie Szymbarku, Beskid Niski - na przykładzie projektu Alarm w 5 Programie Ramowym Unii Europejskiej, [w:] Red. Lech Krzysztofiak, Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Funkcjonowanie i monitoring geosystemów Polski w warunkach narastającej antropopresji, Biblioteka Monitoringu Środowiska, GIOŚ, Warszawa, s. 121-134.

Błaszkiwicz M., Bochenek W., Bucala A., Długosz M., Płoskonka D., Rączkowska Z. 2011 a, *Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi, Gmina: Szaflary, w skali 1 : 10 000, arkusze: M-34-88-D-b-3, M-34-88-D-B-4, M-34-88-C-a-3, M-34-88-D-d-1, M-34-88-D-d-2, M-34-88-C-c-1, M-34-88-D-d-4. Skala 1:10 000. 7 arkuszy map*, Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.

Błaszkiwicz M., **Bochenek W.**, Bucala A., Długosz M., Płoskonka D., Rączkowska Z., 2011 b, *Objaśnienia do mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi, Gmina: Szaflary. Powiat nowotarski. Województwo małopolskie*, Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 22 s.

Błaszkiwicz M., **Bochenek W.**, Bucala A., Budek A., Długosz M., Kijowska M., Płoskonka D., Rączkowska Z., Tyszkowski S., 2012a. *Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi, Gmina: Łużna. Skala 1:10 000*. Państwowy Instytut Geologiczny, Państwowy 28 Instytut Badawczy, Warszawa, arkusze: M-34-78-D-d-2, M-34-79-C-c-1, M-34-79-C-c-2, M-34-79-C-c-3, M-34-79-C-c-4, M-34-91-A-a-1, M-34-91-A-a-2

Błaszkiwicz M., **Bochenek W.**, Bucala A., Budek A., Długosz M., Kijowska M., Płoskonka D., Rączkowska Z., Tyszkowski S., 2012b. *Objaśnienia do mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi, Skala 1:10 000, Gmina: Łużna. Powiat gorlicki. Województwo małopolskie*. Państwowy Instytut Geologiczny, Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 29 s.

Ad. V. Wielkość i kierunki przeobrażeń środowiska przyrodniczego w wyniku działania czynników naturalnych i antropogenicznych w skali małej zlewni

Od początku mojego zatrudnienia na Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku w roku 1996, biorę udział w realizacji programu badawczo-pomiarowego Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego (ZMŚP), który funkcjonuje w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska. Stacja w Szymbarku jest jedną z 11 Stacji Bazowych ZŚMP w Polsce. Aktywnie działając w sieci ZMŚP uczestniczyłem w realizacji kolejnych, 17 projektów badawczych, finansowanych przez NFOŚiGW. Badania, prowadzone w zlewni Bystrzanki, dostarczają informacji o poszczególnych elementach środowiska przyrodniczego (przyrody ożywionej i nieożywionej) i umożliwiają kompleksową ocenę funkcjonowania monitorowanego geosystemu zlewni Bystrzanki (Gil i Bochenek 1998; Bochenek 2006; Bochenek i in. 2018). Od 2017 r. sieć badawczo-pomiarowa ZMŚP należy do europejskiego programu *ICP Integrated Monitoring*. Efektem prowadzonych badań w zlewni Bystrzanki są coroczne raporty o stanie i przemianach środowiska przyrodniczego badanego geosystemu (spis: *Raporty roczne (niepublikowane) przygotowywane w ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego*) oraz internetowe bazy, które obejmują dane: meteorologiczne, chemizmu powietrza, chemizmu opadów atmosferycznych, chemizmu opadu podkoronowego, chemizmu spływu po pniach drzew, metali ciężkich i siarki w porostach, roztworów glebowych, wód podziemnych, opadu organicznego, wód powierzchniowych, uszkodzenia drzew i drzewostanów, epifitów nadrzewnych, fauny bezkręgowej i gatunków inwazyjnych obcego pochodzenia. Uzyskane dane wraz z badaniami

z innych Stacji Bazowych stanowią podstawę do sporządzenia prognoz rozwoju środowiska przyrodniczego w Polsce oraz przedstawienia sposobów przeciwdziałania jego zagrożeniom.

W 2018 r. ukazała się synteza badań prowadzonych na poszczególnych Stacjach Bazowych w latach 1994-2015 (Bochenek i in. 2018a). W opracowaniu zaprezentowano kompleksowe informacje o związkach przyczynowo-skutkowych w środowisku geograficznym poszczególnych Stacji Bazowych. W potoku Bystrzanka ważnym wskaźnikiem jakości środowiska były koncentracje biogenów (Bochenek i in. 2018a). Mimo wzrostowego trendu średnich rocznych stężeń substancji rozpuszczonych w wodzie Bystrzanki stwierdzono coraz niższe sumaryczne koncentracje substancji biogennych, na co wpływ miało kilka czynników: (1) zmiany pokrycia i użytkowania terenu na obszarze zlewni (zmniejszenie powierzchni użytków rolnych), (2) ograniczona dostawa substancji pochodzenia rolniczego (głównie nawozów mineralnych) oraz (3) rozwój sieci kanalizacyjnej w dolnej części zlewni Bystrzanki, przez co ograniczeniu uległa dostawa ścieków bytowych do koryta. Stwierdzono, że średni roczny ładunek substancji dostarczanych z opadem atmosferycznym stanowi jedynie 5,5% ładunku odprowadzanego z odpływem wody poza zlewnię Bystrzanki.

Dokonano interpretacji wpływu warunków meteorologicznych: temperatury powietrza, kierunku wiatru oraz typów cyrkulacji atmosferycznej na dobowe stężenia SO₂ i NO₂ oraz koncentracje metali ciężkich w plechach porostów (Bochenek 2015). Wskazano na wpływ spadku temperatury powietrza na wzrost lokalnej emisji zanieczyszczeń (paleniska domowe) oraz uwarunkowań cyrkulacyjnych i kierunku wiatru na napływ zanieczyszczeń transgranicznych ze Słowacji (metale ciężkie).

Na podstawie wieloletnich badań przedstawiono zmiany właściwości fizykochemicznych wód opadowych (pH i przewodności elektrolitycznej właściwej) w Szymbarku, w nawiązaniu do temperatury powietrza i wysokości opadów atmosferycznych (Bochenek 2008) oraz uwarunkowań związanych z cyrkulacją mas powietrza (Bochenek 2005; Kozłowski i in. 2012a, Bochenek i in. 2016). Określono sezonową zmienność oraz trendy pH wody opadowej w wieloleciu (Bochenek 2014). Badano również zmiany ilości wody i stężeń jonów przenikających przez korony drzew (opad podkoronowy) graba (*Carpinus betulus*) i świerka (*Picea excelsa*). Przestrzenne zróżnicowanie wysokości opadu podkoronowego wynika z jego lokalizacji w stosunku do pnia i korony drzewa (Bochenek i in. 2008; Bochenek i Kijowska 2009) oraz wykazuje sezonowe zróżnicowanie spowodowane występowaniem lub brakiem organów asymilacyjnych. Przedstawiono również wielkość wymywania głównych kationów, asymilowanych przez korony drzew, przez wody opadu

podkoronowego (Kozłowski i in. 2012 b [lista JCR], Kozłowski i in. 2012 c). Stwierdzono, że proces największego wzbogacenia wód przenikających przez drzewostan nasilała się przede wszystkim w sezonie wegetacyjnym, a wielkość ługowania potasu z organów asymilacyjnych drzew kształtuje się w kolejności od największego jesienia>latem>wiosną>zimą. Uwarunkowania i wielkość transformacji wody w układzie: opad atmosferyczny - opad podkoronowy - spływ po pniu przedstawiono w trzech obszarach testowych w południowo-wschodniej Polsce (Łysogóry, Roztocze i Beskid Niski), uwzględniając zróżnicowanie gatunków drzew typowych dla każdego z badanych obszarów (Kozłowski i in. 2018). Przetawiono również meteorologiczne i hydrologiczne uwarunkowania, które kształtują pH i przewodność elektrolityczną właściwą wody spływu śródpokrywowego (Bochenek i Gil 2007). Nasze badania wykazały, że przewodność elektrolityczna właściwa wody spływu śródpokrywowego była średnio 2,5-krotnie wyższa niż wody opadowej, świadcząca o dużym wylugowaniu pogórskich pokryw stokowych, a wyższy średni odczyn (pH) świadczył o alkalizacji wody opadowej w pokrywach stokowych. Analiza zależności z wybranymi czynnikami hydrometeorologicznymi wskazuje, że wielkość przewodności elektrolitycznej zależy od intensywności spływu, zaś pH – od długości okresu poprzedzającego jego wystąpienie (okres od zakończenia ostatniego zdarzenia). Przedstawiono także wpływ redukcji atmosferycznej depozycji na wielkość odpływu siarczanów i azotanów z wybranych zlewni leśnych w Europie (Vuorenmaa i in. 2018 c [lista JCR]). Przeprowadzone badania wskazały na statystycznie istotne zmniejszenie się stężeń i ładunków SO_4 w wodach powierzchniowych odpowiednio w 90% i 60% wybranych zlewni. Zmniejszenie ładunków NO_3 i NH_4 w wodzie opadowej spowodowało jego znaczącą redukcję w odpływie: odpowiednio w 73% i 63% badanych zlewni.

W prowadzonych przeze mnie badaniach podjąłem tematykę obiegu wody i rozpuszczonych w niej substancji na obszarze zlewni Bystrzanki (Bochenek i Gil 1998), w tym odprowadzania biogenów ze zlewni, poddanej oddziaływaniu człowieka i jego gospodarki (Bochenek i Gil 2005; Bochenek 2007). W ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego brałem udział realizacji programów biotycznych: struktury i dynamiki szaty roślinnej na stałych powierzchniach badawczych (Chmura i in. 2013) i fauny epigeicznej *Carabidae* (Huruk i in. 2007; Huruk i in. 2017). Z realizacją badań w ramach ZMŚP są związane publikacje będące przeglądem wyników realizacji projektu w okresach rocznych lub kilkuletnich w serii Biblioteka Monitoringu Środowiska (Gil i Bochenek 1997; 1998a; 1998b; 2000) lub w rocznych raportach Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony Środowiska w Nowym Sączu i Krakowie (Bochenek 2004; 2005).

W 2018 r. zostałem powołany do grona ekspertów ZMŚP. Jestem odpowiedzialny za opracowanie wytycznych i realizację programu Q1 „Modelowanie zmian bilansu wodnego i biogeochemicznego dla zlewni reprezentatywnych ZMŚP”. Modelowanie przestrzennych i czasowych zmian składników obiegu wody i substancji w wybranych zlewniach prowadzone jest z wykorzystaniem modelu Soil and Water Assessment Tool (SWAT).

W latach 2009-2012 uczestniczyłem w realizacji programu Europejskiej Agencji Kosmicznej SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity/Wilgotność gleby i zasolenie oceanów), poprzez krajowe konsorcjum instytutów naukowych SWEX/R (Soil, Water And Energy Exchange/Research/Gleba, woda i wymiana energii/Badania). W ramach tego programu prowadzone były naziemne pomiary: meteorologiczne (temperatura powietrza i suma opadu) oraz hydrologiczne (spływ powierzchniowy, spływ śródpokrywowy, wilgotność gleby i odpływ rzeczny) w zlewni Bystrzanki i Ropy w celu walidacji z wynikami misji SMOS. Wykazały one wpływ nachylenia terenu i użytkowania ziemi w wybranych obszarach testowych na wilgotność gleby (Bochenek i Marczewski 2014).

Spis publikacji z moim udziałem do powyżej omawianego zagadnienia - przed uzyskaniem stopnia doktora:

Gil E., **Bochenek W.**, 1997, Monitoring abiotycznych elementów środowiska w stacji bazowej w Szymbarku w roku hydrologicznym 1996, [w:] Red. Lech Krzysztofiak, Maciej Romański, Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego. Materiały z VIII Sympozjum ZMŚP "Funkcjonowanie geosystemów na terenach pojeziernych", Wigry, 10-11 września 1997, [b.w.], Suwałki, s. 29-35.

Gil E., **Bochenek W.**, 1998 a, Raport Stacji Bazowej Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk w Szymbarku za lata hydrologiczne 1994-1997, [w:] Red. Andrzej Kostrzewski, Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Stan geosystemów Polski w latach 1994-1997, Biblioteka Monitoringu Środowiska, PIOŚ, Warszawa, s. 183-221.

Gil E., **Bochenek W.**, 1998 b, Zakres i wyniki badań wybranych elementów środowiska przyrodniczego zlewni Bystrzanki w roku hydrologicznym 1997, Raport o stanie środowiska w województwie nowosądeckim, Biblioteka Monitoringu Środowiska, WIOŚ, Nowy Sącz, s. 74-83.

Bochenek W., Gil E., 1998, Obieg wody, substancji rozpuszczonych i zawiesiny w zlewni Bystrzanki w latach hydrologicznych 1994-1997, [w:] Red. Andrzej Kostrzewski, Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego. Funkcjonowanie i tendencje rozwoju geoekosystemów Polski. Materiały z IX Sympozjum ZMŚP, Storkowo, 2-4 września 1998, Biblioteka Monitoringu Środowiska, PIOŚ, Warszawa, s. 93-103.

Gil E., **Bochenek W.**, 2000, Wyniki badań elementów środowiska przyrodniczego prowadzonych na Stacji Naukowo-Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku w roku hydrologicznym 1995, [w:] Red. Gabriel Wójcik, Kazimierz Marciniak, Funkcjonowanie i monitoring geoekosystemów z uwzględnieniem lokalnych problemów ekologicznych. VI Ogólnopolskie Seminarium "Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego", Toruń, Koniczynka 19-21 IX 1996. Praca zbiorowa, Zeszyty Naukowe, 25, Komitet Naukowy przy Prezydium PAN "Człowiek i Środowisko", Warszawa, s. 75-86.

Bochenek W., 2004, Zakres i wyniki badań prowadzonych w ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w zlewni Bystrzanki (Stacja Bazowa w Szymbarku) w roku hydrologicznym 2003, Raport o stanie środowiska naturalnego w województwie małopolskim w 2003 roku, WIOŚ, Kraków, 16 s.

Bochenek W., 2005, Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na przewodność elektrolityczną roztworów wody opadowej w zlewni Bystrzanki w latach 1995-2004, Monitoring Środowiska Przyr., 6, s. 49-58.

Bochenek W., Gil E., 2005, Wpływ warunków meteorologicznych i hydrologicznych na wysokość ładunków substancji biogenych odprowadzanych ze zlewni Bystrzanki w latach 1995-2003, [w:] Red. Andrzej Kostrzewski, Robert Kolander, Zintegrowany Monitoring Środowiska przyrodniczego. Funkcjonowanie geosystemów Polski w warunkach zmian klimatu i różnokierunkowej antropopresji, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Bogucki Wydaw. Nauk., Poznań, s. 85-97.

Bochenek W., 2005, Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego, [w:] Red. Leszek Sebesta, Raport o stanie środowiska w województwie małopolskim w 2004 r, Biblioteka Monitoringu Środowiska, WIOŚ, Kraków, s. 143-153.

Spis publikacji z moim udziałem do powyżej omawianego zagadnienia - po uzyskaniu stopnia doktora:

Bochenek W., 2006, Stacja Bazowa Szymbark, [w:] Red. tomu Robert Kruszyk, Stan, przemiany i funkcjonowanie geosystemów Polski w latach 1994-2004 na podstawie Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa, s. 259-294.

Huruk S., Huruk A., **Bochenek W.**, 2007, Analiza struktury zgrupowania biegaczowatych (Col., Carabidae) w lesie wyżynnym w obrębie stacji monitoringu Szymbark, Monitoring Środ. Przyr., 8, s. 99-104.

Bochenek W., Gil E., 2007, Rola wybranych czynników meteorologicznych i hydrologicznych w kształtowaniu przewodności elektrolitycznej właściwej i odczynu wody spływu śródglebowego w zlewni Bystrzanki (lata 1999-2005), Monitoring Środ. Przyr., 8, s. 43-50.

Bochenek W., 2007, Zróżnicowanie stężeń substancji biogenych podczas obiegu wody w zlewni Bystrzanki, Raport o stanie środowiska w województwie małopolskim w 2006 roku, Biblioteka Monitoringu Środowiska, WIOŚ, Kraków, s. 164-167.

Bochenek W., Józwiak M., Kijowska M., Kozłowski R., 2008, Zróżnicowanie opadu podkoronowego w wybranych ekosystemach leśnych w Górach Świętokrzyskich i w Beskidzie Niskim, Monitoring Środ. Przyr., 9, s. 47-55.

Bochenek W., 2008, Wpływ wielkości opadów i temperatury powietrza na pH i przewodność elektrolityczną właściwą wody opadowej, Przegl. Geogr., 80, z.3, s. 403-421.

Bochenek W., Kijowska M., 2009, Przestrzenne zróżnicowanie wskaźnika opadu podkoronowego, PH i przewodności elektrolitycznej właściwej w drzewostanie świerkowym (*Picea excelsa*) i grabowym (*Carpinus betulus*) w 2007 r, [w:] Red. Witold Bochenek, Małgorzata Kijowska, Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego. Funkcjonowanie środowiska przyrodniczego w okresie przemian gospodarczych w Polsce, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Stacja Naukowo-Badawcza IGiPZ PAN, Szymbark, s. 42-55.

Kozłowski R., Józwiak M., **Bochenek W.**, 2012 a, Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na przemieszczanie i imisję zanieczyszczeń w wodach opadowych zbieranych na Stacjach Bazowych ZMŚP Św. Krzyż i Szymbark w latach 2004-2009, [w:] Red. Rafał Kozłowski, Krajobraz i turystyka w warunkach zrównoważonego rozwoju, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska UJK, Kielce, s. 114-116.

Kozłowski R., Józwiak M., Józwiak M., **Bochenek W.**, 2012 b, Ocena wielkości wymywania jonów K⁺, Ca²⁺ i Mg²⁺ w wybranych drzewostanach w warunkach kwaśnej depozycji, Sylwan, 156, 8, s. 607-615.

Kozłowski R., Józwiak M., Bochenek W., 2012 b, Transformation of precipitation in the Low Mountains and Foothill area [publikacja internetowa], Uniwersytet Opolski, Opole, 5 s.

Chmura D., Salachna A., **Bochenek W.**, 2013, Zmiany w lesie gospodarczym z jodłą w Beskidzie Niskim spowodowane gospodarką leśną po 11 latach, *Inżynieria Ekologiczna*, 33, s. 21-28.

Bochenek W., 2014, Sezonowa zmienność i wieloletnie tendencje pH w opadzie atmosferycznym na Stacji Bazowej ZMŚP w Szymbarku w latach 1999-2013, *Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, 16, s. 41-47.

Bochenek W., Marczewski W., 2014, The dynamics of soil moisture content based on the SMOS (ESA) data, *IGU 2014 Book of Abstracts*, IGU, Cracow

Bochenek W., 2015, Klimatyczne uwarunkowania emisji gazowych zanieczyszczeń powietrza na Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku w latach 2005-2014, *Rocznik Świętokrzyski Seria B - Nauki Przyrodnicze*, 36, s. 9-20.

Bochenek W., Kozłowski R., Józwiak M., 2016, Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na transport i emisję zanieczyszczeń deponowanych z wodami opadowymi w górach niskich i na pogórzu w Europie Środkowej, *Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, 18, 2, s. 29-41.

Huruk S., Huruk A., Barsevskis A., Wróbel G., Degórska A., Skotak K., Krzysztofiak L., Szpikowski J., **Bochenek W.**, Janisz B., Huruk K., 2017, Wybrane elementy struktury zgrupowań biegaczowatych (Coleoptera, Carabidae) w badanych typach siedliskowych lasu w otoczeniu Stacji Bazowych ZMŚP, [w:] Red. Marek Kejna, Joanna Uscka-Kowalkowska, *Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego. Funkcjonowanie środowiska przyrodniczego Polski w warunkach globalnych zmian klimatu*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, 31, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń, s. 177-184.

Kozłowski R., **Bochenek W.**, Stachyra P., Józwiak M., 2018 b, Transformacja opadów atmosferycznych w wybranych geosystemach gór niskich, wyżyn i pogórza, [w:] Red. Witold Bochenek, Małgorzata Kijowska-Strugała, *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Ocena funkcjonowania i kierunków zmian środowiska przyrodniczego Polski na podstawie badań stacjonarnych*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, 32, Stacja Badawcza IGiPZ PAN, Szymbark, s. 147-153.

Bochenek W., Kijowska-Strugała M., Kiszka K., 2018 a, Stan i przemiany środowiska przyrodniczego geosystemu zlewni Bystrzanki, [w:] Red. Andrzej Kostrzewski, Mikołaj Majewski, *Stan i przemiany środowiska przyrodniczego geosystemów Polski w latach 1994-2015 w oparciu o realizację programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa, s. 359-390.

Vuorenmaa J., Augustaitis A., Beudert B., **Bochenek W.**, Clarke N., De Wit H., Dirnbock T., Frey J., Hakola H., Kleemola S., Kobler J., Kram P., Lindroos A., Lundin L., Lofgren S., Marchetto A., Pecka T., Schulte-Bisping H., Skotak K., Srybny A., Szpikowski J., Ukonmaanaho L., Váňa M., Åkerblom S., Forsius M., 2018 c, Long-term changes (1990–2015) in the atmospheric deposition and runoff water chemistry of sulphate, inorganic nitrogen and acidity for forested catchments in Europe in relation to changes in emissions and hydrometeorological conditions, *Science of the Total Environment*, 625, s. 1129-1145.

Raporty roczne (niepublikowane) przygotowywane w ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego:

Bochenek W., Gil E., 1997. Raport z realizacji programu pomiarowego Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego w roku hydrologicznym 1996, 44 ss.

Bochenek W., Gil E., 1998. Monitoring funkcjonowania wybranych elementów środowiska przyrodniczego w geosystemie zlewni flisowej w roku hydrologicznym 1997 (zlewnia Bystrzanki), 41 ss.

Bochenek W., Gil E., 1999. Raport o stanie środowiska przyrodniczego w zlewni Bystrzanki w roku hydrologicznym 1998, 43 ss.

Bochenek W., 2000. Funkcjonowanie abiotycznych elementów środowiska przyrodniczego w zlewni Bystrzanki w roku 1999, 40 ss.

Bochenek W., 2001. Raport o stanie środowiska przyrodniczego zlewni Bystrzanki w roku hydrologicznym 2000, 43 ss.

Bochenek W., 2002. Raport z pomiarów wykonywanych w ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w zlewni Bystrzanki (Beskid Niski) w roku hydrologicznym 2001, 60 ss.

Bochenek W., 2003. Raport z pomiarów wykonywanych w ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w zlewni Bystrzanki (Beskid Niski) w roku hydrologicznym 2002, 48 ss.

Bochenek W., 2004. Raport z pomiarów wykonywanych w ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w zlewni Bystrzanki [Beskid Niski] w roku hydrologicznym 2003, 66 ss.

Bochenek W., 2005. Raport z pomiarów wykonywanych w ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w zlewni Bystrzanki [Beskid Niski] w roku hydrologicznym 2004, 70 ss.

Bochenek W., 2006. Raport z pomiarów wykonywanych w ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w zlewni Bystrzanki [Beskid Niski] w roku hydrologicznym 2005. 78 ss.

Bochenek W., 2007. Raport o stanie środowiska przyrodniczego zlewni Bystrzanki w roku 2007, 81 ss.

Bochenek W., (red.), 2008. Raport z badań wykonywanych w ramach ZMŚP w zlewni Bystrzanki [Beskid Niski] w roku hydrologicznym 2007, 97 ss.

Bochenek W., Kijowska M., 2009. Raport z badań wykonywanych w ramach ZMŚP w zlewni Bystrzanki [Beskid Niski] w roku hydrologicznym 2008, 87 ss.

Bochenek W., Kijowska M., 2010. Raport z badań wykonywanych w ramach ZMŚP w zlewni Bystrzanki [Beskid Niski] w roku hydrologicznym 2009, 95 ss.

Bochenek W., Kijowska-Strugała M., Kiszka K., 2013. Raport z badań wykonywanych w ramach ZMŚP w zlewni Bystrzanki [Beskid Niski] w roku hydrologicznym 2012, ss. 154.

Kijowska M., **Bochenek W.**, 2011. Raport z badań wykonywanych w ramach ZMŚP w zlewni Bystrzanki [Beskid Niski] w roku hydrologicznym 2010, 99 ss.

Bochenek W., Kijowska M., Kiszka K., 2012. Raport z badań wykonywanych w ramach ZMŚP w zlewni Bystrzanki [Beskid Niski] w roku hydrologicznym 2011, 127 ss.

Bochenek W., Kijowska-Strugała M., Kiszka K., 2014. Raport z badań wykonywanych w ramach ZMŚP w zlewni Bystrzanki [Beskid Niski] w roku hydrologicznym 2013, 140 ss.

Bochenek W., Kijowska-Strugała M., Kiszka K., 2017. Raport z badań wykonywanych w ramach ZMŚP w zlewni Bystrzanki [Beskid Niski] w roku hydrologicznym 2016, 141 ss.

Kijowska-Strugała M., **Bochenek W.**, Kiszka K., Ptaszek E., 2018. Raport z realizacji programu badawczo-pomiarowego Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w Stacji Bazowej Szymbark w 2017 roku, 183 ss.

Kijowska-Strugała M., **Bochenek W.**, Kiszka K., Ptaszek E., 2019. Raport z realizacji programu badawczo-pomiarowego Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w Stacji Bazowej Beskid Niski w 2018 roku, 175 ss.

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

W latach 2008-2017 prowadziłem działalność dydaktyczną w Katedrze Ochrony i Kształtowania Środowiska UJK w Kielcach (KOiKŚ); prowadziłem wykłady i ćwiczenia z przedmiotu *Hydrologia i gospodarowanie wodą* (pierwszy rok studiów licencjackich) (łącznie 900 godzin). Dodatkowo, w roku akademickim 2013/2014, przez jeden semestr prowadziłem wykłady z przedmiotów: *Geograficzne systemy informatyczne* (drugi rok studiów licencjackich) (15 godzin), natomiast w roku akademickim 2012/2013 przedmiot *Monitoring środowiska przyrodniczego* (trzeci rok studiów licencjackich) (45 godzin) i oraz *Pracownię magisterską* (15 godzin). W ramach praktyk studenckich, od 2008 roku prowadzę zajęcia z hydrologii oraz geomorfologii (tematyka osuwiskowa) ze studentami ochrony środowiska KOiKŚ UJK. W 2015 r. byłem koordynatorem 4-dniowych warsztatów dla Studenckiego Koła Naukowego Geoekologów UJK pt. „Wykorzystanie zdjęć lotniczych do analizy i interpretacji zmian pokrycia terenu”.

W ramach współpracy z Uniwersytetem Komeńskiego w Bratysławie (2009 r.) przedstawiłem studentom Koła Naukowego Geografów tegoż Uniwersytetu problematykę badawczą Stacji w Szymbarku. W 2009 r. na Uniwersytecie Komańskiego w Bratysławie wygłosiłem 2 wykłady dla szerszej grupy studentów.

Na Stacji w Szymbarku prowadziłem również zajęcia z hydrologii i hydrochemii ze studentami Międzywydziałowych Studiów Ochrony Środowiska UW, odbywającymi praktyki studenckie w ramach *Zintegrowanych Technik Pomiarowych*. Przygotowałem 2 rozdziały do skryptu dedykowanego tym praktykom (Bochenek 2009; Bochenek i Gil 2009).

W 2013 r. byłem promotorem pomocniczym (wspólnie z Prof. Romanem Soją) pracy licencjackiej pt. „Dynamika koncentracji zanieczyszczeń gazowych w powietrzu w Szymbarku w sezonach grzewczych 2007/2008-2011/2012” autorstwa Anety Jurusik (Instytut Geografii UP Kraków). Zrecenzowałem 3 prace licencjackie studentów Katedry Ochrony i Kształtowania Środowiska UJK.

Moja działalność dydaktyczna początkowo wiązała się z przedstawianiem opisu środowiska przyrodniczego oraz zakresu badań Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku i ich najważniejszych wyników w okresie wieloletnim. Prezentacje terenowe (opis systemu pomiarowego, zasada działania urządzeń pomiarowych) oraz kameralne (multimedialne) przedstawiałem uczniom klas szkoły podstawowej i średniej, głównie z pobliskich miejscowości oraz studentom kierunków przyrodniczych licznych uczelni (m. in. UJ, UW, UJK, ATH Bielsko-Biała, PWSZ Tarnów, PWSZ Nowy Sącz). W ramach działalności popularyzatorskiej przygotowałem ścieżkę edukacyjną na temat zagrożeń osuwiskami w

ramach projektu EU „ALARM”, która jest stałym elementem zajęć dydaktycznych, przybliżające tematykę badawczą Stacji.

W latach 1997-2008 sprawowałem opiekę merytoryczną nad 4-osobowymi grupami uczniów Zespołu Szkół nr 1 w Gorlicach, specjalność: technik ochrony środowiska, odbywającymi miesięczne praktyki zawodowe.

Byłem głównym organizatorem 3 sympozjów Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w latach 2002, 2008 i 2018.

Spis publikacji do rozdziału 6 Autoreferatu:

Bochenek W., 2009, Badania hydrochemiczne, [w:] Red. Jan R. Olędzki, Zintegrowane badania środowiska, WGiSR UW, Warszawa, , s. 146-150.

Bochenek W., Gil E., 2009, Cele i zadania Stacji Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w Szymbarku, [w:] Red. Jan R. Olędzki, Zintegrowane badania środowiska, WGiSR UW, Warszawa, , s. 73-80.

7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.

W latach 2006-2018 pełniłem funkcję kierownika Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku. Poza działalnością naukową, odpowiedzialny byłem za organizację badań i funkcjonowanie Stacji.

PODSUMOWANIE

Wyniki prowadzonych badań przedstawiłem w 107 publikacjach, w tym w 27 artykułach naukowych, 38 rozdziałach w monografiach i 42 abstraktach i notatkach naukowych. Jestem współautorem 4 artykułów z listy JCR (Sylwan $IF_{2012}=0,263$; Zeitschrift für Geomorphologie $IF_{2017}=0,99$; Science of the Total Environment $IF_{2018}=5,589$; Catena, $IF_{2018}=3,851$; sumaryczny IF za lata publikacji równy 10,694) (zestawienie w pkt. 2 i 4 załącznika *Wykaz osiągnięć naukowych i artystycznych*).

Oprócz wymienionych tytułów z listy JCR, publikowałem w krajowych czasopismach o wysokiej renomie (punktacja wg listy MNiSW z 2019 r.):

Przegląd Geograficzny - 70 pkt,

Questiones Geographicae - bez punktów,

Prace Geograficzne IGiGP UJ - 20 pkt,

Prace i Studia Geograficzne WGiSR UW - 20 pkt.,

Acta Agrophysica - 20 pkt.

Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica - bez punktów,
Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie - bez punktów (miałem 12 pkt.),
Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska SGGW - bez punktów,
Monitoring Środowiska Przyrodniczego,
Roczniki Świętokrzyskie- Seria B Nauki Przyrodnicze,
Acta Scientiarum Polonorum Formatio Circumiectus - 20 pkt.,
Inżynieria Ekologiczna,
oraz w seriach wydawniczych:
Biblioteka Monitoringu Środowiska,
Monografie Komisji Hydrologicznej PTG.

Po uzyskaniu stopnia doktora (14 grudnia 2005 r.) opublikowałem 25 artykułów naukowych, 24 rozdziały w monografiach i 30 abstraktów oraz notatek naukowych. Ponadto jestem autorem lub współautorem 21 rocznych raportów Stanu Środowiska Przyrodniczego w zlewni Bystrzanki (zestawienie w załączniku *Wykaz osiągnięć naukowych i artystycznych*), przygotowywanych dla Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (projekt ZMŚP) oraz współautorem 17 arkuszy Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w gminach Szaflary i Łużna wraz z objaśnieniami do tych map (projekt SOPO).

Byłem redaktorem 3 tomów serii wydawniczej Biblioteka Monitoringu Środowiska.

Wyniki moich prac badawczych przedstawiłem na konferencjach naukowych, w tym: 9 międzynarodowych i 30 krajowych, w formie 34 referatów oraz 6 posterów (zestawienie w pkt. 7 załącznika *Wykaz osiągnięć naukowych i artystycznych*). Ponadto, wyniki swoich badań zaprezentowałem w formie 2 wykładów zamawianych w instytucjach zagranicznych: Uniwersytet Komeńskiego w Bratysławie.

Moje dane naukometryczne (na dzień 1.09.2020r.):

- Sumaryczny Impact Factor (IF) = 10,694
- Sumaryczna liczba punktów MNiSW, wg roku publikacji wynosi 317
- H-index:
 - Web of Sciences = 2
 - Scopus = 3
 - Google Scholar = 7

- Liczba cytowań (bez autocytacji):

- Web of Sciences = 25
- Scopus = 31
- Google Scholar = 139

Witold Bochenek

(podpis wnioskodawcy)